

Door de lagere vuurhaardtemperatuur wordt ook de vorming in de recirculatiezone gunstig beïnvloed, terwijl tenslotte een optimalisatie kan plaatsvinden van aantal en configuratie van de branders, zodanig dat de interactie van de branders ten opzichte van elkaar verwaarloosbaar is en relatief koude gassen uit de vuurhaard in de vlammen kunnen worden bijgemengd.

- Verbrandingstemperatuur

Thermische NO_x -vorming kan beperkt worden door tijdens het verbrandingsproces de vlamtemperatuur te verlagen of door te zorgen dat bij de hoogste vlamtemperaturen een luchttondermaat bestaat of door de verblijftijd bij de hoogste temperaturen te bekorten.

- Verbrandingslucht

Stikstof en zuurstof uit de verbrandingslucht zijn nodig om thermisch NO te vormen. In het normale bereik van luchtovermaten, die in stoomketels gehanteerd worden, neemt zowel de vorming van brandstof NO_x als van thermisch NO_x toe met stijgende luchtvermaat. Door plaatselijk in een vlam reducerende en oxiderende zones te creëren kan een belangrijke vermindering bereikt worden.

- Menging van brandstof, lucht en rookgas

Externe recirculatie van rookgas in de vlam leidt tot verdunning van brandstof en lucht, het verlaagt de vlamtemperatuur en leidt derhalve tot kleinere NO_x -emissies. Een trage menging van brandstof en lucht onderdrukt eveneens de vorming van brandstof- NO_x . De werking van de eerste generatie NO_x -arme branders berust in wezen op een vertraging van de menging van de brandstof met de verbrandingslucht, waardoor er een reducerende zone dichtbij de brander ontstaat, waar de vorming van NO_x wordt tegengegaan. De rest van de verbrandingslucht wordt in een latere fase geleidelijk in de vlam gebracht. De eerste generatie NO_x -arme branders is echter behept met een aantal problemen, zoals onvoldoende vlamstabiliteit, grote vlamlengte en slechte uitbrand bij kolenstoken. Ook is het gedrag van de branders moeilijk te voorspellen. In geavanceerde NO_x -arme branders is er sprake van een verbeterd ontwerp. In de eerste plaats een verbeterde vlamstabilisatie en een intensieve menging van de brandstof met een deel van de lucht. Omdat het verbrandingsproces sneller en beter reproduceerbaar op gang wordt gebracht, is het ook mogelijk de menging met de tertiaire lucht zodanig te laten plaatsvinden, dat de vlamlengte wordt verkort, de voltooiing van het verbrandingsproces wordt versneld en het onverbrand gehalte van de vliegias acceptabele waarden bereikt.

Verbrandingsmodificaties

- Beperking luchtvermaat

Het stoken van poederkool met een minimale luchtvermaat beperkt de NO_x -emissie. Dit mag echter niet zover gaan dat bij kolenstoken een verhoogde CO-uitworp en een hoog koolstofgehalte in de vliegashout ontstaat. Een hoger koolstofgehalte betekent ten eerste een lager rendement, maar kan daarnaast tot gevolg hebben dat de vliegashout minder toepasbaar is.

- Branderontwikkeling

Bij de ontwikkeling van NO_x -arme branders ligt in eerste instantie de nadruk op fasering van de luchttoevoer en splitsing van de vlam in een brandstofrijke primaire zone en een uitbrandzone, waar de rest van de verbrandingslucht wordt toegevoegd. Voorbeelden hiervan zijn de dubbelregister frontbranders, waarbij de secundaire lucht gescheiden wordt in 2 concentrische stromen en de parallel flow-branders, die in tangentiële vuurhaarden worden toegepast. Bij deze laatste worden extra luchtcompartimenten aangebracht tussen de reeds aanwezige poorten. Dit kan nog geoptimaliseerd worden door de uitstroomrichting van een deel van de hulp lucht meer langs de ketelwand te richten, waardoor deze vertraagd mengt met de vuurbal. Bij al deze ontwikkelingen is sprake van een vertraging van de mengprocessen. Hierdoor worden de temperaturen lager en worden de vlammen langer en trager.

Bij de geavanceerde NO_x -arme verbrandingssystemen is uitgegaan van zeer gedetailleerde kennis van de NO_x -vorming en wordt gezorgd voor een stromingstechnisch geoptimaliseerd ontwerp. Dit wordt toegepast in een verdere ontwikkeling van de dubbelregister branders waarbij een stabilisatie-element op de poederkoolpijp is aangebracht. De intensieve menging van de poederkool met de secundaire lucht resulteert in een hogere temperatuur in het primaire deel van de vlam. Onder reducerende omstandigheden wordt daar de produktie van vluchtige bestanddelen vergroot, zodat een groter deel van de brandstof in de primaire vlam verbrand wordt. Bovendien is door het aanbrengen van een kraag de scheiding tussen secundaire en tertiaire lucht verbeterd. De tertiaire lucht heeft tevens een hoge rotatie, waardoor deze lucht op enige afstand van de brander snel met de verbrandingsgassen kan mengen. Door verbeterde vlamstabilisatie is optimalisatie goed mogelijk. De parallel flowbranders zijn verder ontwikkeld door de brandstofstroom in tweeën te delen. Een deel van de primaire verbranding vindt in een meer reducerende en een deel in een meer oxyderende omgeving plaats dan normaal. Bovendien wordt het vrijkomen van vluchtige bestanddelen bevorderd.

*Op Maandag
het geval*

- Getrapt stoken

Bij tweetrapsverbranding wordt een deel van de verbrandingslucht toegevoerd via luchtpoorten, die boven de branders gesitueerd zijn. Voor nieuw te bouwen ketels kan deze techniek in combinatie met NO_x -arme branders goede mogelijkheden bieden. Door een goede keuze van aantal en plaats van de bovenluchtpoorten en de wijze waarop de lucht uitstroomt, kan een goede menging met de verbrandingsgassen gerealiseerd worden. Zowel in het horizontale vlak als in verticale richting is optimalisatie mogelijk. In verticale richting dient enerzijds de afstand tussen branders en bovenluchtpoorten groot genoeg te zijn, om een maximale NO_x -reductie te bereiken en anderzijds moet de verblijftijd tussen de bovenluchtpoorten en het vuurhaardeinde lang genoeg zijn om het verbrandingsproces volledig te voltooien.

- Rookgasrecirculatie

Indien een deel van de rookgassen met de verbrandingslucht wordt vermengd, wordt de vlamtemperatuur verlaagd, zodat de vorming van thermisch NO_x wordt tegengegaan. Indien evenwel reeds maatregelen getroffen zijn in het ontwerp van vuurhaard en branders om de NO_x -uitworp te beperken, dan is de lokale vlamtemperatuur reeds zover verminderd, dat althans voor kolenstoken, deze methode niet erg effectief is. De toepassing van rookgasrecirculatie kan zelfs een averechts effect hebben, omdat de vergroting van de uittredesnelheid van de verbrandingslucht tot een vergroting van de verbrandingsintensiteit kan leiden.

II In-vuurhaard NO_x -reductie (IVNR)

Deze methode berust op het reduceren van reeds gevormde NO_x tot N_2 boven de branderzone. In deze hoge-temperatuurzone wordt een reducerende atmosfeer geschapen door aparte brandstoftoevoer (10-30%). De uit de brandstof ontstane radicalen reduceren dan de NO . Om een volledige uitbrand te krijgen wordt boven deze extra brandstoftoevoer nog een restant verbrandingslucht toegevoerd. Bij gas- en oliegestookte ketels is deze methode met succes toegepast in Japan. Bij kolengestookte eenheden zou voor de Nederlandse situatie gekozen kunnen worden voor gas of poederkool als "boven"-brandstof (de aparte brandstoftoevoer). Indien hier voor gas gekozen wordt is vanzelfsprekend het gevolg dat de koleninzet weer voor 10 à 30% door gas wordt vervangen, waardoor de oorspronkelijke doelstelling van kolenstoken wordt aangetast. Daarnaast zijn de kosten die hiermee gemoeid zijn hoog.

Met kolen als bovenbrandstof worden nog problemen ervaren: bij de oververhitterbundels treden onaanvaardbare slakafzettingen op. Voorts worden regeltechnisch nog de nodige moeilijkheden ervaren. Ook in Japan is er met deze variant van IVNR nog nauwelijks ervaring. Bij oliestoken worden NO_x -emissiereducties bereikt van circa 50%. Om met deze techniek ervaring op te doen wordt in Nederland een project uitgevoerd bij de Flevocentrale op basis van gas- en oliestoken. Hiermee kan bij goed gedefinieerde omstandigheden basiskennis omtrent IVNR verkregen worden.

III Rookgasdenitrificatie

De processen, waarmee NO_x -verbindingen uit de rookgassen verwijderd kunnen worden, zijn als volgt in te delen:

Natte processen

- Absorptie-reductie (S)
- Oxydatie-reductie (S)
- Oxydatie-absorptie -(S)
- Equimoleculaire absorptie (S).

Droge processen

- Selectieve niet-katalytische reductie -
- Selectieve katalytische reductie -
- Niet-selectieve adsorptie (S)
- Niet-selectieve katalytische reductie (S)
- Elektronenstraal (S).

Bij sommige processen wordt alleen NO_x verwijderd (aangeduid met -), terwijl bij een aantal andere processen naast NO_x ook SO_2 verwijderd wordt. Deze processen worden daarom ook wel simultane processen genoemd. Ze zijn aangeduid met (S). Bij de natte oxydatie-absorptie-processen zijn er, die alleen NO_x kunnen verwijderen, maar bij andere processen in deze groep wordt zowel NO_x als SO_2 verwijderd.

De meeste natte processen en het niet-selectieve katalytische reductieproces zijn of worden alleen nog op laboratoriumschaal getracht te ontwikkelen. Het elektronenstraalproces, het niet-selectieve adsorptieproces en het simultane absorptie-reductie proces zijn nog in de demonstratiefase en bieden vooralsnog economisch weinig perspectief. Er wordt daarom van verdere beschrijving van deze processen afgezien. Hierna volgt een korte beschrijving van de andere processen.

- Selectieve niet-katalytische reductie (SNCR)

Bij dit proces wordt gebruik gemaakt van de reactie tussen ammoniak (NH_3) en NO te weten: $4 \text{ NO} + 4 \text{ NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{ N}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$, die in een betrekkelijk klein temperatuurgebied tussen 900 en 1000 °C in de gasfase verloopt. Gezien de hoge temperatuur waarbij dit optreedt, wordt dit proces ook wel "thermische denitrificatie" genoemd. Beneden 900 °C is de reactiesnelheid te laag, en boven 1000 °C treedt de concurrerende oxidatiereactie van ammoniak steeds meer op de voorgrond: $4 \text{ NH}_3 + 5 \text{ O}_2 \rightarrow 4 \text{ NO} + 6 \text{ H}_2\text{O}$. Door introductie van een tweede reductiemiddel zoals H_2 of CH_4 kan het temperatuurgebied aan de benedenzijde worden vergroot. Het principe van dit proces is tamelijk eenvoudig. Op het punt, waar de temperatuur geschikt is, wordt ammoniak gemengd met lucht, al dan niet samen met een tweede reductiemiddel, geïnjecteerd. Het kleine temperatuurgebied is echter een handicap. Bij belastingwisselingen varieert het punt van de optimale temperatuur in de ketel, terwijl voorts de temperatuur- en snelheidsverdelingen in één vlak verre van homogeen zijn. Daardoor is in de praktijk gebleken, dat het maximaal bereikbare verwijderingsrendement circa 50% is, terwijl dit gepaard gaat met een aanzienlijke doorslip van ammoniak (15-20 mg/m 3).

Bij olie- en gasstoken zijn reeds verschillende installaties voor de totale ketelcapaciteit in bedrijf. Voor kolenstoken zijn tot nu toe alleen experimenten op kleine schaal uitgevoerd.

- Selectieve katalytische reductie (SCR)

Bij deze processen wordt gebruik gemaakt van de reacties tussen ammoniak en NO: $4 \text{ NO} + 4 \text{ NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{ N}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$ en in geringe mate $6 \text{ NO} + 4 \text{ NH}_3 \rightarrow 5 \text{ N}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$. De reactiesnelheid wordt hierbij vergroot door een katalysator toe te passen.

Er is een aantal katalysatoren ontwikkeld, waarmee bij temperaturen tussen 300 °C en 400 °C goede resultaten bereikt zijn. De huidige generatie katalysatoren heeft TiO_2 als drager en W- en V-oxiden als actieve componenten. Er is bovendien groeiende belangstelling voor moleculaire zeven en actieve kooks. Katalysatoren, die bij circa 100 °C werkzaam zijn als NH_4Br , zijn alleen op laboratoriumschaal beproefd.

Bij toepassing van deze techniek wordt daarom de reactor met de katalysator in het rookgaskanaal tussen de economizer en de luchtvoorwarmer geplaatst. Vóór de reactor vindt de injectie van ammoniak, verdund met lucht, plaats.

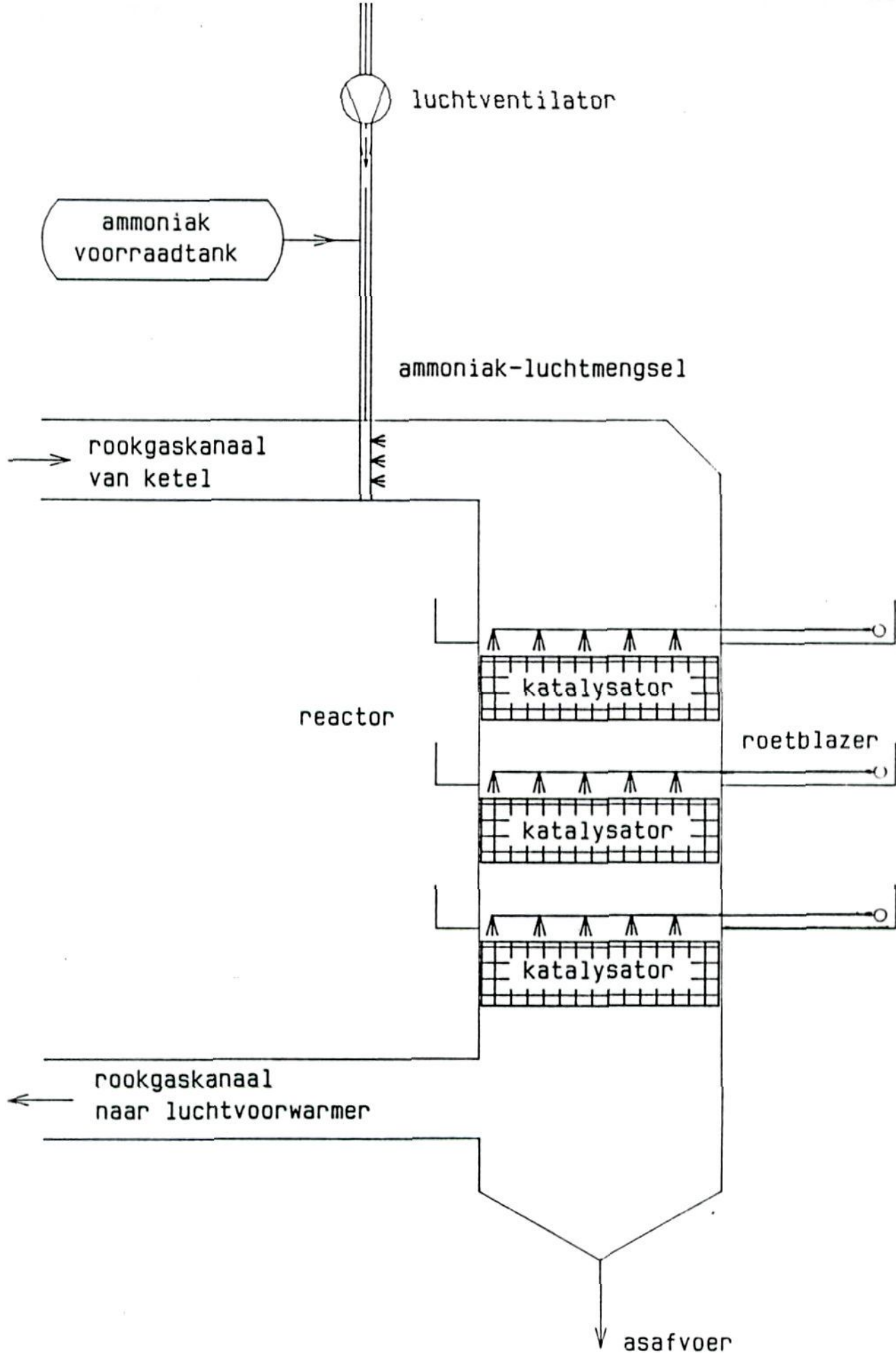
Bij dit proces kunnen problemen ontstaan indien teveel ammoniumsulfaat en ammoniumbisulfaat gevormd wordt. Deze zouten kunnen in de koudere achtergelegen installatiedelen, zoals de luchtvoorwarmer, verstoppingen en/of corrosie veroorzaken.

Een andere mogelijkheid bij kolenstoken is om de katalysatorreactor na luvo en vliegassvanger te plaatsen. Dit betekent echter, dat de rookgassen eerst weer opgewarmd moeten worden tot 350 °C à 400 °C, hetgeen een dure zaak is. Wel kunnen deze kosten door toepassing van een regeneratieve warmtewisselaar beperkt blijven, maar daar staan hogere investeringskosten tegenover.

De drukval over de katalysatorreactor bedraagt circa 10 mbar.

Een selectieve katalytische denitrificatie-installatie bestaat uit een reactor, waarin een aantal katalysatorlagen is opgenomen. De katalysator is van het honingraat- of plaattype. Het reactorhuis heeft voor 600 MW (el.) een rechthoekige doorsnede van 12 m x 12 m (2 stuks) en is inclusief de astrechter aan de onderzijde circa 25 m hoog. De katalysatorlagen kunnen veelal gereinigd worden met roetblazers. Dientengevolge is het nodig om naast de reactor roetblazerbordessen aan te brengen, die de nodige ruimte vergen. Ook is een hijsstelling naast de reactor nodig om de katalysatorelementen te kunnen vervangen. Het totale ruimtebeslag wordt daarmee, afhankelijk van het keteltype (toren- of tweetreksketel), minstens 16 m x 40 m. Met extra ruimte voor toe- en afvoerkanalen is hierbij nog geen rekening gehouden. Indien, zoals hiervoor beschreven, de reactor in het rookgaskanaal tussen de ketel (economizer) en de luchtvoorwarmer is geschakeld, worden in het kanaal tussen ketel en reactor de ammoniaklucht-lansen geplaatst (zie figuur 3.2.2).

Op basis van dit proces is een groot aantal installaties bij kolengestookte eenheden in Japan en Duitsland in bedrijf. Met deze techniek is het mogelijk om bij inlaatconcentraties van 400 mg/m³ uitlaatconcentraties van rond de 100 mg/m³ te bereiken.



Figuur 3.2.2 Selectieve katalytische denitrificatie-installatie

IV Milieu-implicaties bij toepassing NO_x-uitworp beperkende maatregelen

Naast het hoofddoel van NO_x-emissiebeperking kunnen de hiervoor beschreven maatregelen mogelijk ook nadelige effecten teweeg brengen.

De NO_x-arme verbrandingstechnieken zouden kunnen leiden tot een minder goede uitbrand. Het is echter juist een voorwaarde, dat deze niet noemenswaardig nadelig beïnvloed mag worden. Een toename van enige betekenis van bijvoorbeeld CO-gehalte of PAK-gehalte in de rookgassen wordt dan ook niet verwacht. Wel zou de vliegaskwaliteit beïnvloed kunnen worden. Zowel het gehalte aan onverbrande koolstof (zou enigermate toe kunnen nemen) als de morfologie en textuur van de vliegasjeeltjes zouden kunnen veranderen.

Toepassing van selectieve katalytische reductie zou kunnen leiden tot contaminatie van de vliegask met ammoniumzouten. Onderzoek hiernaar maakt deel uit van het demonstratieproject in Nijmegen (zie V).

Voorts zal in de nageschakelde ROI de doorgeslipte ammoniak uitgewassen worden en uiteindelijk in het afvalwater terecht komen met concentraties van circa 200 mg/l. Hieruit is het met een speciale behandeling te verwijderen tot concentraties van 1 à 10 mg/l.

V Ontwikkelingen ten aanzien van NO_x-uitworp beperking en bereikbare uitworpconcentraties

Het bereiken van een lage NO_x-uitworp bij kolengestookte centraleketels vormt reeds jaren onderwerp van uitgebreide studies. Daarnaast zijn diverse experimenten, proefprojecten en installatiewijzigingen uitgevoerd. Ook zijn vanaf begin jaren '80 bij nieuwe installaties technieken ter beperking van de NO_x-uitworp toegepast. Zo zijn in de omgebouwde centrales van Borssele en Maasvlakte tangentiële NO_x-arme branders ingebouwd, waarmee uitworpconcentraties beneden 270 g/GJ (= 748 mg/m³) bereikt worden.

De bestrijding van NO_x-uitworp voor nieuwe installaties is door de rijksoverheid ingedeeld in twee fasen (Staatscourant 1987). De eerste fase loopt tot 1 augustus 1988 en is gebaseerd op de stand van de bestrijdingstechnieken van enkele jaren geleden (eerste generatie primaire maatregelen). De maximale uitworpconcentratie voor deze periode bedraagt 800 mg/m³ (voor gasstoken 350 mg/m³). In de tweede fase, die op 1 augustus 1988 ingaat, zijn de maximale uitworpconcentraties op 400 mg/m³ en 200 mg/m³ voor respectievelijk kolen- en gasstoken (bij vermogens groter dan 300 MW (th.)) gesteld; dit wordt de tweede generatie primaire maatregelen genoemd.

Deze indeling in twee fasen is opgezet om de ervaring die thans wordt opgedaan met NO_x-arme branders te evalueren en te benutten voor ontwikkeling van de derde generatie NO_x-arme branders. Momenteel zijn hiertoe diverse projecten gaande. Bij de ombouw van Maascentrale 6 zijn hoekbranders en bovenluchtpoorten geïnstalleerd van een bijzonder ontwerp. Bij eenheid 5 in deze centrale worden speciale tweede generatie NO_x-arme frontbranders beproefd. In de Flevocentrale wordt de IVNR-techniek voor gasstoken nader onderzocht. Eind 1988 komen naar verwachting de onderzoeksresultaten van deze projecten ter beschikking.

Voor selectieve katalytische reductie is een demonstratie-installatie equivalent aan 65 MW (el.) bij de Centrale Gelderland in Nijmegen gebouwd. Doel daarvan is, die aspecten, die vooral voor de Nederlandse omstandigheden afwijken van de Japanse en Duitse omstandigheden, te onderzoeken. De SCR-techniek is gevoelig voor de te gebruiken kolensoorten; gezien de grote variëteit in Nederland dient hieraan bijzondere aandacht besteed te worden. Voorts kan een grillig belastingpatroon, waarbij vaker aan de grens van de mogelijkheden gewerkt wordt, aanleiding geven tot afzettingen en verstoppingen. Tot slot dient de toepassing van de vlieggas, die met ammoniumzouten gecontamineerd wordt, nader bezien te worden. Het beproevingsprogramma van 2 jaar bij de installatie in Nijmegen is onlangs van start gaan; de resultaten worden eind 1989, begin 1990 verwacht.

Momenteel wordt de SCR-techniek in Japan en Duitsland als stand van de techniek aangemerkt. Daarbij is in Duitsland de situatie verschillend van Nederland door de grotere koleninzet en de veel hogere NO_x-uitworp van bestaande centrales.

Een definitieve evaluatie door de rijksoverheid, die ook een beslissing over toepassing van SCR zal omvatten, zal eind 1988 of begin 1989 plaatsvinden.

Zoals besproken zijn de maatregelen ter beperking van de NO_x-uitworp grofweg in twee categorieën in te delen:

- 1 primaire maatregelen:
 - in en bij de vuurhaard (inclusief IVNR)
- 2 secundaire maatregelen:
 - rookgasbehandeling, met name selectieve katalytische reductie (SCR).

Daar de secundaire maatregelen veel meer kosten met zich brengen dan de primaire, is de aandacht van de elektriciteitsbedrijven vooral gericht op deze laatste categorie.

Voor een 600 MW (el.)-eenheid bedragen de jaarkosten voor NO_x-emissiebeperking met primaire maatregelen namelijk hooguit enkele miljoenen NLG per jaar, terwijl voor SCR-techniek aan circa 25 miljoen NLG gedacht moet worden. Per ton NO_x-verwijdering zijn deze kosten respectievelijk NLG 1.000,-- en NLG 10.000,--.

Zoals in 3.1.5 aangegeven zal de ketelinstallatie van E8 zo ontworpen worden, dat de uitlaatconcentratie in ieder geval beneden 400 mg/m³ (etmaalgemiddelde) komt te liggen. Hiervoor zullen de tweede generatie primaire technieken worden toegepast.

*achtergeschikt
hecht*

Er wordt verwacht dat met de derde generatie primaire maatregelen, die hedentendage wordt ontwikkeld, in de toekomst aanzienlijk lagere waarden bereikt zullen worden, waarbij gedacht wordt aan 200 à 300 mg/m³. Zou de ketelinstallatie uitgebreid worden met een SCR-installatie dan is het bij inlaatconcentraties van 400 mg/m³ of lager in principe mogelijk uitlaatconcentraties rond de 100 mg/m³ te bereiken. Het demonstratieproject bij de Centrale Gelderland is juist bedoeld om aan te tonen of deze techniek voor de Nederlandse omstandigheden bruikbaar is. Indien het in de toekomst noodzakelijk zou blijken, naast primaire maatregelen ook secundaire maatregelen toe te passen, dan is in het algemeen de goedkoopste oplossing om met de primaire maatregelen een zo laag mogelijke waarde te zien te bereiken en het restant met secundaire maatregelen te verwezenlijken. Mede daarom is het van groot belang de primaire maatregelen zover mogelijk te ontwikkelen. Ook in dat geval echter blijft het kostenaandeel van het secundaire maatregeldeel verhoudingsgewijs aanzienlijk.

gevoegd Notitie

IV Keuze van alternatief voor beschouwing van milieubeïnvloeding

Voor de beschouwing van de milieubeïnvloeding van het alternatief zal uitgegaan worden van 200 mg/m³, zonder daarbij aan te geven met welke techniek dit nu precies bereikt kan worden. Deze waarde is gekozen om de volgende redenen:

- de NO_x-emissiebeperkende technieken zijn nog volop in ontwikkeling en het is nog niet mogelijk definitief aan te geven welke maximale emissieconcentraties er mee behaald kunnen worden
- de immissiewaarden en daarmee directe milieu effecten zijn zo beperkt, dat het weinig absoluut verschil maakt, welke waarde gekozen wordt (zie hoofdstuk 6)

- in de notitie "tussentijdse evaluatie verzuringsbeleid" (VROM, 1988) wordt deze waarde als rekenwaarde gehanteerd.

De waarde van 200 mg/m_0^3 zal om dezelfde redenen ook voor de beschouwing van het meest milieuvriendelijke alternatief gebruikt worden (zie 3.2.4.1). In principe is het mogelijk, ook indien met verbrandingstechnische maatregelen waarden rond de 200 mg/m_0^3 bereikt worden, selectieve katalytische reductie na te schakelen. Op basis van het nu door de rijksoverheid gevoerde beleid, uitgaande van de kosteneffectiviteit van de te nemen maatregelen, is het echter vrij onwaarschijnlijk, dat deze weg gevolgd zal worden. Vandaar dat deze optie niet beschouwd wordt.

3.2.3.4 Alternatief voor de zuivering van ROI-afvalwater

Zoals in paragraaf 3.1.10 beschreven wordt het afvalwater, dat vrijkomt bij de rookgasontzwaveling, gereinigd in een zuiveringsinstallatie, die gericht is op neutralisatie en het verlagen van het zwevend stofgehalte en de zware-metaalconcentraties. Bij het laatste zijn vooral de verwijdering van cadmium en kwik van groot belang. Met deze afvalwaterbehandeling wordt vrijwel geen chloride, fluoride en sulfaat verwijderd, terwijl ook restconcentraties zware metalen aanwezig zullen zijn.

De lozing van het afvalwater zou op twee manieren te vermijden zijn:

- door indamping van het afvalwater
- door keuze van een rookgasontzwavelingsproces waarbij geen afvalwater ontstaat.

De eerste methode is zeer duur (zie hoofdstuk 7); voor de keuze van het rookgasontzwavelingsproces wordt verwezen naar paragraaf 3.2.3.1.

3.2.3.5 Aangroeibestrijding in koelwatersystemen

Als alternatief voor de continue chloring gedurende drie weken, die eens per één à twee jaar plaats moet vinden om de mosselaangroei in de koelwatersystemen tegen te gaan (zie 3.1.7) zou de thermoshock-methode toegepast kunnen worden. Deze methode houdt in, dat het koelwater één maal per jaar gedurende korte tijd op een temperatuur van circa 40°C wordt gebracht. Na afloop van de thermoshock-behandeling wordt kortdurend koelwater geloosd met een temperatuur van 39 à 40°C . De thermoshock-methode wordt tot nu toe alleen bij centrales, die met zeewater koelen, of die met een koeltoren uitgerust zijn, toegepast. Bij zeewater gekoelde eenheden wordt door de eb- en vloedbeweging een snelle vermindering van de opwarming bereikt en bij koeltorenbedrijf treedt evenmin ontoelaatbare thermische belasting van het oppervlaktewater op (zie verder paragraaf 6.2.2.3).

3.2.3.6 Condensorkoelwaterkoeling met een koeltoren

Om thermische lozing via het koelwater vergaand of geheel terug te kunnen brengen, kan de eenheid uitgebreid worden met een koeltoren. In plaats van naar het water wordt de laagwaardige warmte dan naar de lucht afgevoerd.

Koeltorens zijn in drie types in te delen: natte, droge en hybride koeltorens. Bij de natte koeltoren wordt het koel-effect voornamelijk bereikt door verdamping van een klein gedeelte van het te koelen water (het condensorkoelwater). Daartoe wordt dit water in open contact gebracht met de voor de koeling benodigde lucht. Doordat koeling met behulp van verdamping zeer effectief is, kan met een relatief kleine koeltoren volstaan worden. Bij droge koeltorens vindt de warmteoverdracht door convectie plaats. Als scheiding tussen het te koelen water en de lucht worden daarbij in het algemeen vinpijpen gebruikt. De hybride koeltoren is opgebouwd uit een nat en een droog gedeelte. Zowel bij de natte als bij de droge koeltoren kan de lucht, of door natuurlijke trek of wel geforceerd door ventilatoren, door de koeltoren worden gevoerd. Bij de hybride koeltoren gebeurt het meestal geforceerd.

In Nederland wordt bij grote eenheden uitsluitend het natte koeltorentype met natuurlijke trek toegepast. Dit type is in het gebruik veel goedkoper dan het droge en het hybride type, terwijl ook de investering veel lager is. Het natte type met geforceerde trek heeft als nadeel dat de pluim op geringe hoogte ontstaat en daardoor overlast kan geven. Ook bij de natte natuurlijke trek koeltoren treedt pluimvorming op. In de voorkomende gevallen werd deze echter, mede door de grotere hoogte waarop deze ontstaat, niet onaanvaardbaar geacht. Hierbij komt, dat de koeltorens in Nederland slechts gedurende beperkte tijd van het jaar in bedrijf zijn en dat de weersomstandigheden dan meestal niet dusdanig zijn, dat de pluimvorming op zijn sterkst is.

Indien E8 met een koeltoren uitgerust zou worden, zou dit daarom het beste met een natte, natuurlijke trek koeltoren kunnen gebeuren. Deze zou noordwestelijk van de centrale gesitueerd worden. Extra koelwaterkanalen zouden de koeltoren met de condensor verbinden en daarnaast zouden extra koelwaterpompen geïnstalleerd moeten worden om het drukverschil over het koeltorencircuit te kunnen compenseren. Het koelvermogen van de koeltoren zou maximaal 944 MW (th) behoeven te bedragen (zie 6.2.1).

Alle andere capaciteiten beneden deze waarde zijn in principe mogelijk, waarbij vanzelfsprekend bij kleinere vermogens gedurende perioden met lage koeldebieten in het Noordzeekanaal wel belastingbeperking van de centrale noodzakelijk is ofwel meer thermische lozing op het water moet plaatsvinden. Uit praktische overwegingen wordt als kleinste variant 300 MW (th) gekozen. De afmetingen van een koeltoren voor 944 MW (th) bedragen globaal: grond-diameter 100 m, diameter op pakkethoogte 90 m en hoogte 120 m. Voor 300 MW (th) zijn deze afmetingen respectievelijk 70, 60 en 80 m.

Een nadeel van toepassing van een koeltoren is, dat de condensaattemperatuur hoger is dan bij koeling met oppervlaktewater. Het gevolg is een lager eenheidsrendement; indien de koeltoren in bedrijf is, is dit circa 1% lager. Daarnaast vergen de koelwaterpompen extra energie. Over het gehele jaar gemiddeld, uitgaande van een inzetijd van 15% van het jaar, zal het totale extra energieverbruik 0,25% à 0,50% bij 944 MW (th) en 0,15 à 0,35% bij 300 MW (th) bedragen. De investeringskosten voor een koeltoren met een koelvermogen van 944 MW (th) bedragen circa NLG 30 mln. en voor 300 MW (th) zijn deze circa NLG 15 mln. Per kWh gemiddeld over het hele jaar zijn deze kosten 0,12 à 0,15 ct respectievelijk 0,06 à 0,08 ct.

Betreffende de geluidsaspecten van toepassing van een koeltoren wordt verwezen naar paragraaf 6.4.4.

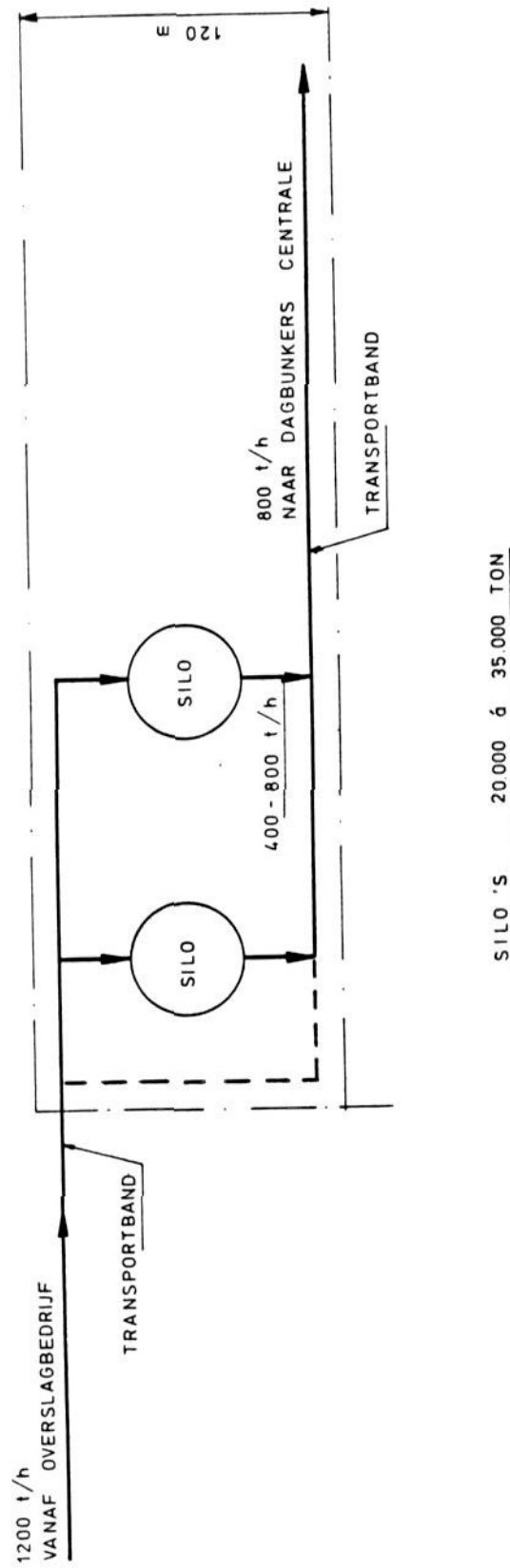
3.2.3.7 Kolenopslag in silo's

De voorgenomen activiteit voor kolenopslag is beschreven in paragraaf 3.1.4. Deze bestaat uit een open opslagveld van 40 000 à 70 000 ton. De kolen zullen worden aangevoerd vanaf een nabijgelegen overslagbedrijf met een enkele transportband met een capaciteit van 1 200 t/h. Vanaf het centraleterrein worden de kolen eveneens per transportband naar de 6 dagbunkers, met een opslagcapaciteit van 800 ton elk, gevoerd.

Als alternatief zouden de kolen op het centrale terrein in silo's kunnen worden opgeslagen (zie figuur 3.2.2). Met een dergelijke kolenopslag is nog weinig ervaring opgedaan. De laatste jaren is er echter enige ontwikkeling met kolensilo's gaande (opslagcapaciteit in de orde van grootte van 10 000 ton). Naast de milieu-aspecten zijn ook de kosten en de wijze waarop met de opslag betrouwbaar bedrijf gevoerd kan worden, van belang. De aangevoerde kolen worden in het centrum van de silo gestort. In de toevoerlijn bevinden zich een zeef-, breek-, ontijzeringsinstallatie en een metaal-detector en vindt tevens bemonstering en weging plaats. Een ronddraaikraan in de silo, die is voorzien van schroeftransporteurs, verdeelt de kolen egaal vanuit het centrum naar de silowand.

Voor het legen van de silo, wordt de draairichting van de schroeftransporteurs omgekeerd en worden de kolen naar het midden van de silo, waar zich de uitstroom-kolom bevindt getransporteerd. In de bodem van de silo bevindt zich de uittrekapparatuur, waarmee de kolen via een gezamenlijke afvoerband naar de dagbunkers worden vervoerd (transport-capaciteit 800 ton/h). Iedere silo heeft een stortpunt boven deze afvoerband. In dit bandtransport is ook een bemonsterings- en weegfaciliteit opgenomen. Het verdelen van de kolen over de 6 dagbunkers gebeurt in volgorde met een bunker-verdeelinrichting.

Daar de bovenste kolenlaag in principe het eerste uit de silo wordt gehaald en voor het vullen en legen van de silo de schroeftransporteurs verschillende draairichting hebben, moet de silo-opslag uit 2 strangen bestaan (2 x 20 000 à 35 000 ton). Terwijl de ene silo-strang wordt geleegd, kan de andere worden opgevuld. Het beladen van de silo's zal gebeuren met steeds een vaste hoeveelheid kolen van 4 000 à 6 000 ton van een bepaalde soort. Hierdoor wordt een flexibele bedrijfsvoering bij het overslagbedrijf bewerkstelligd.



Figuur 3.2.2 Kolenopslag in silo's

De netto hoofdmaten van de 2 silo's (25 000 à 44 000 m³ inhoud) bedragen: hoogte 20 m en diameter 40 à 53 m. Zodra de dagbunkers half leeg zijn, wordt de vulcyclus gestart, waarbij in een bepaalde volgorde de bunkers gevuld worden (vultijd $6 \times 400/800 = 3$ h). De ventilatie boven in de silo geschiedt door middel van natuurlijke luchtcirculatie. Een methaan- en CO-detectie zullen worden aangebracht. Het creëren van een inerte gasatmosfeer wordt niet nodig geacht. Wel zal de silo bovenin voorzien worden van een brandblussysteem. In de silo is alleen de bovenzijde van de kolenhoop met de omgevingslucht in contact, zodat deze laag enig risico kan lopen voor het optreden van broei. Hiertegenover staat echter dat deze laag veelal een korte verblijftijd in de silo heeft. Steenkool in deze silo's heeft een opslagverlies (broeiverlies) dat in dezelfde orde van grootte ligt als van goed gecompacteerd kool.

De totale investeringskosten voor opslag in de 2 silo's zijn hoger dan die bij open opslag, te weten NLG 4 à 5 mln. Daarbij is ook rekening gehouden met de "slechte grondslag". De exploitatiekosten (exclusief kapitaalslasten) zijn bij silo's een fractie hoger dan bij de open opslag.

3.2.3.8 Tijdelijke vliegasopslag in silo's

De voorgenomen activiteit voor vliegasopslag is beschreven in paragraaf 3.1.12. Deze tijdelijke opslag is noodzakelijk om perioden van stagnatie in de afzet te kunnen overbruggen en seizoeninvloeden op de afzetmogelijkheid op te vangen. De omvang van deze opslag zal circa 200 000 ton bedragen. De tijdelijke vliegasopslag is geprojecteerd in het Westelijk Havengebied. Afhankelijk van de gebruiksmogelijkheden worden aan de vliegas verschillende kwaliteitseisen gesteld. De opslag zal daarom over 2 of meer compartimenten worden verdeeld. Het transport van de vliegas vanaf het centrale terrein naar de tijdelijke opslag zal plaatsvinden per schip en eventueel per vrachtauto (afstand circa 8 km). De afvoer van de vliegas naar de gebruikers zal hoofdzakelijk per schip gebeuren.

Als alternatief zou de vliegas in het Westelijk Havengebied in silo's opgeslagen kunnen worden (zie figuur 3.2.3). Indien de opslag in silo's plaatsvindt, geldt dat tijdens het transport en de opslag de vliegas "in een droge toestand" gehouden moet worden. De vliegas zal daarom per silo-schip of per silo-auto worden getransporteerd in plaats van met een "open-bevochtigd" transportsysteem. De aangevoerde vliegas wordt met een vliegaslift of elevator in het centrum van de silo gestort.

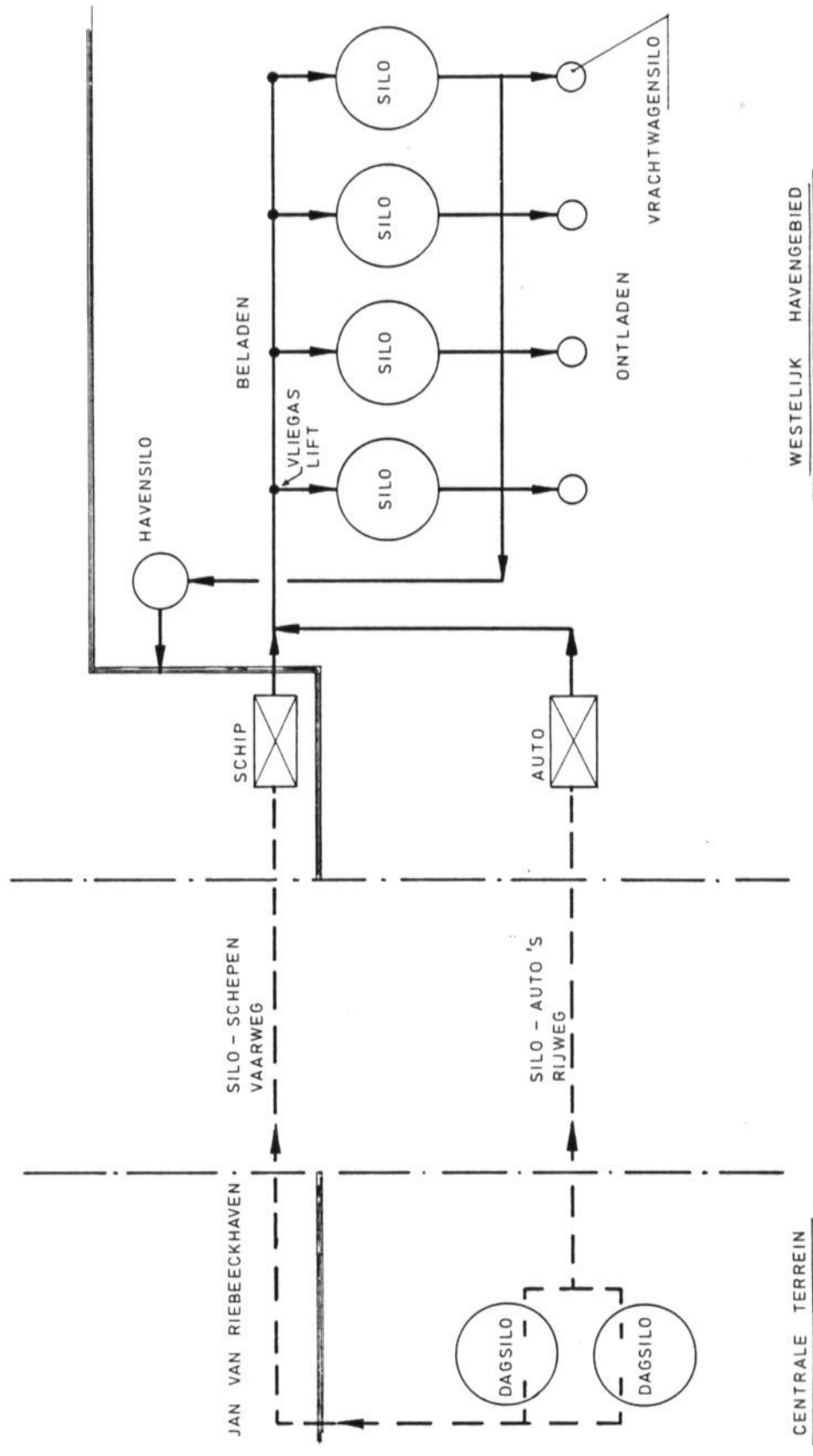
Een ronddraaikraan in de silo, die is voorzien van schroeftransporteurs, verdeelt de vliegasegaal vanuit het centrum naar de silowand. Voor het legen van de silo wordt de draairichting van de schroeftransporteurs omgekeerd en wordt ook vliegase naar het midden van de silo, waar zich de uitstroomkolom bevindt, getransporteerd. Tot de ontlaadingsapparatuur behoren de fluïdisatiebodems, havensilo's en eventueel vrachtwagensilo's en een ontstoffsinstallatie. Hier wordt zwevend stof via een ventilatiesysteem met doekfilter afgezogen. De maximale stofconcentratie na het filter bedraagt 50 mg/m^3 .

Zoals in de aanhef is vermeld, moet uit oogpunt van kwaliteitseisen de opslag over 2 of meer compartimenten worden verdeeld. Op grond van voorgaande beschouwingen wordt gedacht aan ronde silo's met een totale opslagcapaciteit van $2 \times 100\,000$ ton (minimaal vereist aantal) of $4 \times 50\,000$, hetgeen gescheiden opslag van meer soorten vliegase toelaat. De vliegase kan in verband met de losproblematiek in de silo's niet hoger dan circa 25 m opgeslagen worden. De netto hoofdmaten van een silo van 50.000 m^3 bedragen: hoogte 25 m, diameter 50,5 m.

De investeringskosten bij opslag in silo's zijn hoger dan die bij open opslag. In dit geval moet eveneens de "slechte grondslag" mede worden beschouwd. In het geval dat 4 silo's van $50\,000 \text{ m}^3$ worden toegepast bedragen de meerdere investeringskosten ten opzichte van open opslag (bij veronderstelde grondprijs van NLG $75/\text{m}^2$), NLG 27 mln. De investeringskosten voor silo's zijn circa een factor 3 hoger (KEMA, 1984). Bij opdeling in 2 silo's van $100\,000 \text{ m}^3$ elk, waarbij zoals hiervoor beschreven minder soorten vliegase kunnen worden opgeslagen, bedraagt de extra investering circa NLG 21 mln. Dit is een factor 2,3 hoger.

Bij de opslag van vliegase in silo's in vergelijking met open opslag, valt verder het volgende op te merken:

- daar zoals hiervoor vermeld het transport in droge vorm plaatsvindt, hetgeen aanmerkelijk duurder zal zijn dan het "open-bevochtigde" transport, zijn de exploitatiekosten hoger dan bij open opslag
- indien uitgegaan wordt van een opslagcapaciteit in volume (m^3), zal de opslagcapaciteit in massa (kg) bij de vochtige opslag (open opslag) circa 20% groter zijn dan bij de droge opslag (silo's).



Figuur 3.2.3. TIJDELIJKE VLIEGASOPSLAG IN SILO'S

3.2.3.9 Varianten met betrekking tot geluidvoorzieningen

Ten aanzien van de te treffen geluidvoorzieningen bij E8 is een situatie beschouwd, waarbij middels verdergaande maatregelen getracht is de geluidbijdrage ten opzichte van de actuele situatie niet te verhogen. Hierbij is gekomen tot een situatie waarbij voor de akoestische maatregelen met betrekking tot E8 alsmede het kolenpark de kwalificatie "Best Technical Means" (B.T.M.) goeddeels wordt benaderd. Er is ten opzichte van de maatregelen zoals genoemd bij de voorgenomen activiteit (paragraaf 3.1.16) rekening gehouden met de volgende verdergaande/aanvullende akoestische voorzieningen.

A Machinezaal

Reducering van de binnengeluidniveaus met 2 à 3 dB(A). Daarbij kan gedacht worden aan uitgebreidere omkastingen, isolaties om leidingen, e.d. Hiermede is een nagalmgeluidniveau van 82 à 83 dB(A) boven de bedieningsvloer en circa 87 à 88 dB(A) onder de bedieningsvloer realiseerbaar.

B Machinetransformator

De machinetransformator dient in een totaal gesloten cel geplaatst te worden, terwijl de eigen bedrijfstransformatoren naar de omgeving akoestisch afgeschermd dienen te worden.

C Ketelhuis

Reducering van de nagalmgeluidniveaus met 3 à 4 d(A) door middel van zwaardere en uitgebreidere voorzieningen.

Zowel voor machinezaal als voor ketelhuis kan in plaats van reducereing van de nagalmgeluidniveaus, eenzelfde akoestisch resultaat verkregen worden door een verbeterde gevelconstructie waarbij bij voorbeeld gedacht dient te worden aan het toepassen van een drievoudige wand en verdergaande voorzieningen met betrekking tot de ventilatie.

In het aanzuigkanaal van de verbrandingsluchtventilatoren zullen zeer lange (circa 5 à 6 m) geluiddempers geplaatst dienen te worden.

D Buiteninstallaties (inclusief ROI)

- Zeer lange geluiddempers (resonantietype) aan de pers- en zuigzijde van de rookgas- en eventueel opjaagventilatoren.
- (Zeer) zware akoestische ommanteling van de rookgaskanalen.
- Inbouwen (omkasten) van ventilatoren, pompen, e.d.
- Toepassen akoestische isolatie bij ESV.
- Thermische/akoestische isolatie bij de wasvaten.

E "Top schoorsteen"

- Hierbij kan gedacht worden aan het plaatsen van (zeer) lange persdempers bij de rookgasventilatoren (geluidarme uitvoering).
- Actieve maatregelen met betrekking tot de geluidproductie in de ROI (onder andere vallend water wasser).

F Kolenpark/kolentransport

F.1 Transportbanden

Hierbij kan gedacht worden aan de transportbanden zoals genoemd bij variant A (rubber, niet ingebouwd), welke bij deze variant ingebouwd worden.

Of, indien niet ingebouwd:

- rubberband
- toepassen van stalen rollen zonder langslasnaad, met extra eisen met betrekking tot rondloopnauwkeurigheid en oppervlakteruwheid
- toepassen van met rubber of kunststof beklede stalen rollen
- beperking van de bandsnelheid tot maximaal circa 3 m/s
- speciale aandacht met betrekking tot lagering van de rollen en trillingoverdracht naar de draagconstructie
- speciale aandacht met betrekking tot het vervuiliingsaspect van rollen en band.

F.2 Aandrijf/overstortstations

- reducering binnengeluidniveaus met circa 5 dB(A) tot maximaal circa 85 dB(A) óf
- toepassing dubbelwandige gevelconstructies.

F.3 Afgraver/opwerper

- toepassing van transportbanden zoals genoemd onder F.1 (niet ingebouwd).

3.2.3.10 Scenario's voor kolenreststofverwerking

Inleiding

De kolenreststoffen, die bij uitvoering van de voorgenomen activiteit afgezet gaan worden, zijn vlieggas, bodemas en gips. Het is momenteel niet exact aan te geven hoe zowel de produktie als de markt voor deze reststoffen in de periode na 1994 zal verlopen. Beschouwingen hierover kunnen voorts niet per elektriciteitsproduktie-eenheid of per centrale gehouden worden, maar dit kan alleen in landelijk verband. In enkele gevallen dienen zelfs invloeden van ons omringende landen meebeschoofd te worden. Om beter inzicht in deze problematiek te krijgen heeft de Ontwikkelings Groep Kolen Reststoffen (OGKR), een industrieel verband waarvan ook de Vliegassunie B.V. deel uitmaakt, door DHV Raadgevend Ingenieursbureau B.V. een logistiekstudie uit laten voeren, waarbij diverse produktie- en afzetscenario's voor de diverse kolenreststoffen opgesteld zijn (DHV, 1986). De reststoffenafzetmogelijkheden zullen in dit MER aan de hand van de resultaten van deze studie besproken worden. Voordat hiertoe overgegaan wordt, worden nog enkele woorden gewijd aan het ontstaan van vlieggas en bodemas en daarmee samenhangende eigenschappen.

Tijdens het verbrandingsproces in een conventionele ketel smelten de asbestanddelen van de zeer fijn gemalen steenkool en vormen kleine druppeltjes. Een deel van deze druppeltjes klontert samen en valt gestold op de bodem van de ketel: de bodemas of slak. Het belangrijkste deel van de asdruppels stolt echter afzonderlijk en wordt met de rookgassen uit de ketel gevoerd. In de vliegassvangers wordt vrijwel al deze as afgevangen. Deze afgevangen as wordt poederkoolvliegass genoemd. Poederkoolvliegass bestaat voornamelijk uit kleine bolletjes van 0 μm tot 100 μm . Aan het oppervlak van de vliegasskorrels kunnen bepaalde elementen, waaronder enige zware metalen, in relatief hoge concentraties voorkomen. In contact met water kunnen deze in oplossing gaan en in het milieu worden verspreid. Bodemas kent deze verrijking van elementen aan het oppervlak in veel mindere mate en is dan ook nauwelijks onderhevig aan uitloging. In de regel wordt in een poederkoolgestookte ketel circa 90% van de kolenas als poederkoolvliegass en 10% als bodemas afgevoerd.

Poederkoolvliegass

Poederkoolvliegass werd in het verleden slechts gezien als een waardeloos en milieu-hygiënisch schadelijk afvalprodukt. Inmiddels is duidelijk geworden dat zowel in gebonden als goed gecontroleerde ongebonden vorm milieu-hygiënisch verantwoorde en waardevolle toepassingsmogelijkheden bestaan. Zo zijn er markten aanwezig in de cement- en betonindustrie, de baksteenfabricage en in de wegenbouw. Door de gebonden toepassingen van vliegass wordt de belasting van het milieu in belangrijke mate beperkt. Tevens behoeven geen kosten gemaakt te worden voor deponie. Een indirect positief gevolg van de vliegastoepassing is het verminderde verbruik van natuurlijke grondstoffen, zoals mergel, zand, klei en grind.

In Nederland zullen, gebaseerd op het opgestelde kolenvermogen volgens het Elektriciteitsplan 1987-1996 en rekenend met 11% as in de kolen, de onderstaande hoeveelheden vliegass worden geproduceerd:

1993 (na inbedrijfstelling Amercentrale 9)	665 000 t/a
1994 (na inbedrijfstelling Hemwegcentrale 8)	780 000 t/a
1995 (na inbedrijfstelling nog onbenoemde centrale)	893 000 t/a

In de in de inleiding genoemde DHV-studie is de ontwikkeling van de afzetmogelijkheden op grond van een aantal verwachtingen met drie scenario's beschreven waarvan de scenario's 2 en 3 kunnen worden beschouwd als een indicatie van de onder- en de bovengrens van de afzet zoals deze nu op basis van huidige kennis en inzicht wordt ingeschat:

- scenario 1 gaat uit van een gestadige groei van de afzetmogelijkheden van vliegass
- scenario 2 gaat uit van een afname van de exportmogelijkheden van vliegass en bodemas tot het nulniveau in de periode van 1990 tot 1995, een geringere afzet van kunstgrind en trage ontwikkelingen van diverse deelmarkten
- scenario 3 houdt rekening met een snellere stijging van de af te zetten hoeveelheden op verscheidene deelmarkten, mede doordat de deponiekosten een prikkel zullen vormen om de afzet tot een zo hoog mogelijk niveau te bevorderen, en verder als gevolg van positieve technische ontwikkelingen in de grond-, weg- en waterbouwsector (ophogingen en dergelijke); ook is rekening gehouden met een belangrijke toeneming van de vraag naar kunstgrind.

De afzetmogelijkheden voor de scenario's 2 en 3 zijn in tabel 3.2.5 weergegeven. De hierin genoemde types V1, V2 en V3 zijn kwaliteitsaanduidingen, met de volgende betekenis:

- V1 Aan deze vliegas worden de meeste eisen gesteld overeenkomstig de Duitse norm DIN 1045 en is daarmee geschikt voor toepassing in cement en beton. Deze as wordt alleen droog toegepast.
- V2 Aan deze vliegas worden enige eisen gesteld met betrekking tot het percentage onverbrand (C-gehalte), het Fe_2O_3 -gehalte en de fijnheid. Deze vliegas wordt zowel in droge vorm (V2d) als in aangevochtigde vorm (V2n) toegepast.
- V3 Aan deze vliegas worden vrijwel geen nadere eisen gesteld. Ook deze vliegas wordt in droge vorm (V3d) of aangevochtigd (V3n) toegepast.

Het is niet algemeen zo, dat de klassen V1, V2 en V3 in die volgorde laagwaardiger zijn. Voor bepaalde toepassingen is bij voorbeeld een hoog C-gehalte juist gewenst.

Tabel 3.2.5 Afzetmogelijkheden voor vliegas bij scenario's 2 en 3

Afzet	x 1000 ton	Scenario 2			Scenario 3		
		Kleine vraag			Grote vraag		
		1995	2000	2010	1995	2000	2010
Vliegas type V1 (droog)							
cementindustrie		120	130	150	190	210	210
beton/betonwaren		60	75	75	75	95	100
polysilbeton		15	20	20	20	20	20
Vliegas type V2 (droog)							
cementindustrie		60	60	60	60	60	60
kunstgrind		210	210	210	360	600	1000
wegenbouwvulstoffen		70	70	70	150	150	150
licht beton/gasbeton		35	35	35	35	35	35
overige		25	25	25	25	25	25
Vliegas type V2 (nat)							
cementindustrie		-	-	-	-	-	-
grof keramiek		10	10	10	20	20	20
Vliegas type V3 (droog)							
cementindustrie		-	-	-	60	60	60
grof keramiek		-	-	-	80	80	80
Vliegas type V3 (nat)							
kalkzandsteen		80	80	80	80	80	80
wegfunderingen/ ophogingen		10	10	10	60	100	150
Totaal		695	725	745	1215	1535	1990

Voor de middelgrote vraag (scenario 1) bedragen de totaal-cijfers voor 1995, 2000 en 2010 respectievelijk 895 500, 1 075 000 en 1 155 000 t/a.

Uit bovenstaande cijfers blijkt, dat na inbedrijfstelling van E8 de totale produktie ongeveer midden tussen de waarden van het kleine vraag scenario (2) en het middelgrote scenario (1) ligt. Dit betekent, dat er een grote kans is, dat de totale vliegashoeveelheid, die dan in Nederland geproduceerd wordt, nog afzetbaar zal zijn.

Voor de langere termijn geeft een DHV-studie de scenario's zoals aangegeven in tabel 3.2.6. In het kernscenario zijn 3 kernenergie-eenheden van 1 000 MW (el.) opgenomen; het kolenscenario gaat uit van 70% elektriciteitsopwekking op basis van kolen.

Tabel 3.2.6 Produktie- en vraagscenario's voor poederkoolvliegias (1000 t/a)

Peiljaren	2000	2010
Produktie		
kolenscenario	1536	1734
kernscenario	928	1108
Vraag		
kleine vraag (2)	725	745
middelgrote vraag (1)	1075	1155
grote vraag (3)	1535	1990

Met deze gegevens is berekend, dat indien besloten wordt het kolenaandeel in de totale elektriciteitsopwekking uit te breiden tot 70%, er rond het jaar 2000 een gecumuleerd overschot zal bestaan aan vliegias dat ligt tussen 0,3 en 4,0 miljoen ton (scenario 3 en 2). Indien echter het aandeel van de kolen in de totale elektriciteitsopwekking beperkt blijft tot 40% zal alle vliegias afgezet kunnen worden, uitgaande van de gemiddeld verwachte groei in de vraag naar vliegias (scenario 1).

Voor de eventuele situaties van de grote groei van het kolenaandeel of van tegenvallende vraag naar vliegias wordt landelijk naar een oplossing gezocht. De Vliegiasunie en de Sep zijn hieromtrent in overleg met de centrale overheid. Een eventuele centrale permanente deponie zou ook gebruikt kunnen worden om kleine fracties onbruikbare kwaliteiten (bij voorbeeld ontstaan bij storingen) op te kunnen slaan.

Bodemas

De op basis van het Elektriciteitsplan 1987-1996 berekende produktiehoeveelheden bodemas zijn hieronder vermeld. Door de industrie zal in de vermelde jaren circa 30 000 t/a geproduceerd worden.

1993 (na inbedrijfstelling Amercentrale 9)	95 000 t/a
1994 (na inbedrijfstelling Hemwegcentrale 8)	112 000 t/a
1995 (na inbedrijfstelling nog onbenoemde centrale)	128 000 t/a

De produktiehoeveelheden voor de verdere toekomst (ontleend aan de DHV-studie) zijn vermeld in tabel 3.2.7.

Tabel 3.2.7 De produktiehoeveelheden bodemas volgens de twee inzetscenario's (in 1000 t/a)

Peiljaar	Bodemasproduktie				totaal
	door centrales kolen scenario	kern scenario	door industrie	kolen scenario	kern- scenario
2000	217	131	47	264	178
2010	244	157	58	302	215

In tabel 3.2.8 zijn de vraaghoeveelheden aangegeven.

Tabel 3.2.8 De vraag naar bodemas (in 1000 t/a)

Afnemer	1995	2000	2010
Wegenbouw	120	140	160
Betonwaren	10	10	10
Toeslag pleisters	20	20	20
Totaal	150	170	190

Het blijkt, dat na inbedrijfstelling van E8 circa 142 000 t/a bodemas geproduceerd zal worden, terwijl 150 000 t/a afgezet kan worden. In de verdere toekomst zal de gezamenlijke Nederlandse bodemasproduktie de afzetmogelijkheden gaan overtreffen. Net als voor de vliegase wordt voor die situatie door Vliegaseunie, Sep en rijksoverheid naar een mogelijkheid voor permanente deponie gezocht.

Gips

Voor de afzetmogelijkheden van gips, het bijproduct van de rookgasontzwaveling die bij E8 zal worden toegepast, wordt verwezen naar paragraaf 3.1.15.

In de DHV-studie wordt het overschot aan gips (indien bij alle toekomstige kolencentrales gipsproducerende ontzwavelingsprocessen worden toegepast) tot het jaar 2000 bij een aandeel kolenvermogen van 70% geraamd op 1,3 miljoen ton. Indien het kolenaandeel in de elektriciteitsopwekking beperkt blijft tot 40%, wordt het overschot tot het jaar 2000 geraamd op 100 000 ton. Omdat met de huidige in het Elektriciteitsplan 1987-1996 opgenomen uitbreidingen het kolenaandeel in de elektriciteitsproductie pas tot 30% oploopt, zal naar verwachting het door E8 geproduceerde gips kunnen wordt afgezet.

3.2.3.11 Voorschakelen van gasturbines

Voorschakelen van een gasturbine betekent het installeren van een gasturbine bij een ketelininstallatie, waarbij de hete uitlaatgassen van de gasturbine, die nog een aanzienlijke hoeveelheid zuurstof bevatten, gebruikt worden om de brandstof in de ketel te verbranden. Doordat de warmte van de gasturbine-uitlaatgassen benut wordt, heeft de gecombineerde installatie een hoger rendement dan een afzonderlijke ketelininstallatie. Het rendement is ongeveer 3% hoger, bij voorbeeld 43% in plaats van 40%.

Omstreeks 1984 is, naar aanleiding van de hoge gasprijzen en het verbeterd rendement van gasturbines, door de N.V. Sep bestudeerd of door het voorschakelen van gasturbines bij gasgestookte ketels de produktiekosten verlaagd konden worden. Hierbij is in aanmerking genomen, dat het goedkoper producerend kolenvermogen tijdens uren met lage belasting zoveel mogelijk benut blijft door gedurende die perioden gasvermogen buiten bedrijf te stellen. Daarom kwamen vooral de eenheden, die zich goed lenen voor dagelijkse in- en uitbedrijfsname en die gedurende de daguren veel elektriciteit produceren, voor gasturbinevoorschakeling in aanmerking.

De uitkomsten van de Sep-studie waren zodanig, dat besloten werd bij 10 eenheden met een totaal vermogen van ruim 3600 MW (el.) gasturbines voor te schakelen. Een bijkomend voordeel hierbij is dat de NO_x-uitworp lager wordt.

Het voorschakelen van gasturbines voor koleneenheden wordt niet overwogen. Hiervoor zijn 3 redenen:

- een deel (circa 30%) van de elektriciteit zou toch weer met gas opgewekt worden
- de totale produktiekosten zijn, ondanks het hogere rendement en de lagere investering, door de hogere brandstofkosten hoger
- uit milieuoogpunt zijn er geen voordelen. De SO_2 -uitlaatconcentratie in het rookgas is mogelijk iets lager; per ton verstookte steenkool zal de uitworp echter hoger zijn. Betreffende de NO_x -uitworp kan het volgende opgemerkt worden. Bij vollast moet, daar de gehele rookgasstroom van de gasturbine in de ketel verwerkt moet worden, de luchtvermaat groot zijn. Bij lagere belastingen stijgt deze luchtvermaat nog verder. Dit zou eventueel te vermijden zijn door een deel van de rookgasstroom langs de ketel te leiden. Hierdoor zou het rendement echter dalen, zouden extra investeringen nodig zijn, zou de regelbaarheid nadelig beïnvloed worden en zou een relatief gecompliceerde installatie ontstaan. Dit is dus geen aantrekkelijk alternatief. Het gevolg is dat geen optimale situatie voor NO_x -beperking zoals bij kolenstoken, zonder gasturbinevoorschakeling, gecreëerd kan worden. De NO_x -uitworp zal daarom met een voorgeschakelde gasturbine niet lager zijn. Voor de stofuitworp geldt hetzelfde als voor SO_2 .

Om deze redenen wordt bij E8 geen gasturbine voorgeschakeld.

3.2.3.12 Gefaseerde bouw

Daar de techniek van kolenvergassing nog niet zover ontwikkeld blijkt te zijn, dat op basis daarvan een KV-STEG-installatie van 600 MW (el.) gebouwd kan worden (zie 3.2.4.2), wordt hier nagegaan wat de mogelijkheden zijn de bouw van deze eenheid in fases uit te voeren waarbij eerst de STEG-eenheden worden gebouwd en in een later stadium, wanneer het kolenvergassingsdeel ook zijn betrouwbaarheid heeft bewezen, dit deel wordt toegevoegd.

Een en ander zou betekenen dat eerst drie aardgasgestookte STEG-eenheden gebouwd zouden worden met gasturbines, die ook middencalorisch gas kunnen verstoken. Het rendement van deze eenheden zal betrekkelijk hoog zijn, gemiddeld zeker boven 45%. Daar de warmte van de vergassers dan nog niet ter beschikking staat, zal het totale vermogen circa 80% van 600 MW (el.), dat wil zeggen 480 MW (el.) bedragen. De bedrijfsvoering van een STEG-installatie, die ook geschikt moet zijn om eventueel in een latere fase gecombineerd bedrijf met een kolenvergasser te kunnen voeren, is gecompliceerder dan van een STEG, die alleen voor gasstoken is ontworpen.

Er zou dan met deze drie STEG-eenheden bedrijf gevoerd worden tot het moment dat de geïntegreerde kolenvergassing voldoende ontwikkeld is. Met de ontwikkelingstijden, die hiervoor gebruikelijk zijn en voorts de benodigde bouw tijden, zouden de vergassereenheden zeker niet voor 1998 in bedrijf zijn. Hierbij is gerekend met bouw tijden (inclusief voorbereiding en engineering) van 3 à 4 jaar en een demonstratieperiode van 2 jaar.

Gezien het feit, dat een geïntegreerde KV-STEG-installatie van 600 MW (el.) op zijn vroegst pas in 1998 gerealiseerd kan zijn en volgens het Elektriciteitsplan in 1994 600 MW (el.) kolengestookt vermogen beschikbaar dient te zijn, strookt dit niet met het in het Elektriciteitsplan genomen besluit. Bovendien wordt met een dergelijke aanpak gedurende een aantal jaren meer aardgas verstoekt dan uit kosten oogpunt gewenst is. Het verschil, voornamelijk brandstofkosten, bedraagt 2 ct/kWh.

Voorts is de gasturbinetechnologie thans zodanig in ontwikkeling, dat met gefaseerde bouw op ontwikkelingen wordt vooruitgelopen. Dit zou vooral tot uiting komen bij de gasturbines, die op het moment van toevoegen van de vergasserinstallaties verouderd zouden zijn, waardoor dan niet het hoogst haalbare rendement gerealiseerd zou worden. Tevens kan als gevolg daarvan geen optimale integratie van STEG- en KV-techniek plaatsvinden, hetgeen eveneens nadelige invloed heeft op het totale rendement van de installatie.

Ten slotte is in deze opzet van gefaseerde bouw een niet-acceptabel risico opgenomen. Mocht namelijk de demonstratieperiode uitwijzen, dat de KV-STEG-techniek, zoals deze daarbij toegepast is, ook met aanvaardbare wijzigingen, nog niet acceptabel blijkt te zijn, dan zal nog veel langer met een niet gewenste STEG-vermogensuitbreiding bedrijf gevoerd moeten worden.

De conclusie is, dat gefaseerde bouw van een 600 MW (el.) KV-STEG-installatie in de huidige situatie geen redelijk alternatief voor de voorgenomen activiteit blijkt te zijn.

Gefaseerde bouw wordt in sommige andere landen zoals de Verenigde Staten wel overwogen. De omstandigheden zijn in die gevallen echter afwijkend van die in Nederland. Vaak is daar behoefte aan snel regelbaar vermogen en voorts is er geen vraag naar extra kolenvermogen uit diversificatie-oogpunt. Ook wordt in de Verenigde Staten, waar overheidsregelingen gelden volgens welke het de elektriciteitsbedrijven niet toegestaan is om tijdelijke vermogensoverschotten in de tarieven door te berekenen, komt gefaseerde bouw in zijn algemeenheid reeds eerder in aanmerking. Daarnaast wordt het aardgas daar tegen een lagere prijs aangeboden.

3.2.3.13 Varianten op het kolentransport

In 3.1.4 is beschreven, dat de voorgenomen activiteit betreffende het kolentransport bestaat uit de aanvoer per transportband vanaf een op een afstand van de centrale van enkele kilometers gelegen overslagbedrijf naar het kolenpark op het centraleterrein.

In de richtlijnen voor het MER E8 is aangegeven, dat de uitvoeringsalternatieven betrokken kunnen worden op het transport vanaf IJmuiden (onder andere slurrytransport via een pijpleiding) en op de overslagfaciliteiten.

Een groot deel van de kolen zal rechtstreeks per zeeschip naar het kolenoverslagbedrijf gevoerd worden, zonder dat andere Nederlandse havens zijn aangedaan. Voorts zal van het restant nog een groot deel eveneens per zeeschip naar het overslagbedrijf gebracht worden, nadat een deel van de lading in een andere Nederlandse haven is gelost. Dit elders geloste deel is niet voor E8 bestemd. Het zal duidelijk zijn, dat de alternatieve methode met pijpleidingstransport een geheel andere opzet vereist, waarbij het overslagbedrijf slechts zijdelings ingeschakeld wordt, ofwel dat het pijpleidingstransport van IJmuiden naar het overslagbedrijf is gedacht.

Gezien het feit dat de voorgenomen activiteit het kolentransport vanaf het overslagbedrijf betreft, kan pijpleidingstransport naar het overslagbedrijf niet als reëel alternatief worden beschouwd. Gelet op de richtlijnen wordt hieronder toch een korte beschouwing gegeven over slurrytransport per pijpleiding.

Begin tachtiger jaren is voor de indertijd geplande 600 MW (el.) kolengestookte eenheid 5 in Dordrecht onderzocht of slurrytransport een alternatief zou kunnen zijn voor duwbaktransport (KEMA, 1981). De conclusie van deze studie was, dat het slurry-transport aanmerkelijk duurder uitkwam dan het duwbaktransport en wel op jaarbasis zou het verschil NLG 19 mln bedragen. De belangrijkste voordelen daartegenover zijn:

- geluid door kolenhandling op het centraleterrein wordt tot een minimum beperkt
- de kans op stofoverlast op het centraleterrein is geringer.

Naast het kostenaspect zijn er nog andere nadelen:

- de capaciteit is moeilijk te wijzigen
- na aankomst op het terrein is ontwateren en drogen van de kolen noodzakelijk.

Daar er ook nog een aantal technische onzekerheden bestonden werd in de studie gesteld, dat het wenselijk was eerst een beproevingsinstallatie te bouwen.

De conclusies zijn in principe ook voor E8 geldig. Hierbij zijn de milieuvoordelen voor het pijpleidingtransport echter beperkter, daar hier niet van duwbaktransport sprake is, maar van transport met zeeschepen. Ook het prijsverschil zal, afgezien van inflatiecorrectie, daardoor nog groter zijn. Een verder nadeel van kolenslurrytransport is nog, dat bij leidingbreuk milieuvervuiling kan optreden.

In het kader van de vergunningverleningprocedures voor de geplande kolengestookte eenheid in Dordrecht en voor de ombouw naar kolen van eenheid 12 (400 MW) in Borssele is uitvoerig aandacht besteed aan slurry-overslag en -opslag van kolen. Door Systems Engineering Consultants B.V. (SEC) zijn toendertijd ontwerpstudies gemaakt (SEC, 1983, SEC, 1982) en door de KEMA is voor het geval Borssele een vergelijkende studie gemaakt (KEMA, 1983). De conclusie van deze laatste studie was, dat het door SEC voorgestelde systeem nog zoveel technische onzekerheden bevatte, dat nog allerm minst van een bewezen techniek gesproken kon worden. Verder is geconcludeerd dat het ontbreken van stofemissie en geringere verliezen van broei voordelen van deze slurrsystemen zijn, maar dat daartegenover staat dat de kosten van deze systemen hoger zijn.

In de laatste jaren hebben zich betrekkelijk weinig ontwikkelingen op het gebied voor kolenslurrytransport voorgedaan. Hierbij dient bedacht te worden, dat er voor de Nederlandse situatie nog minder drijfveren zijn dan in sommige andere situaties, daar in Nederland een uniek systeem van watertransportwegen bestaat en bovendien niet zoals in sommige andere landen bestaande olietransportleidingen voor kolenslurrytransport gebruikt zouden kunnen worden.

Het transport vanaf het overslagbedrijf naar het centraleterrein zal met geheel omhulde transportbanden plaatsvinden. Dit is zowel een milieuvriendelijke als goedkope oplossing. Het alternatief, dit transport met duwbakken plaats te laten vinden, is in milieuopzicht (stofoverlast, geluid, gevolgen van morsen bij transport en overslag) minder attractief en ook duurder. Vandaar dat aan deze transportwijze verder geen aandacht wordt besteed.

De conclusies ten aanzien van het kolentransport zijn, dat slurrytransport vanuit IJmuiden geen reëel alternatief is en dat voor het transport van het overslagbedrijf naar het centraleterrein een methode is gekozen, die geen nadelige effecten op het milieu heeft.

3.2.3.14 Nabeschuwing betreffende de behandelde alternatieven voor de voorgenomen activiteit

De hiervoor beschouwde uitvoeringsalternatieven en varianten zijn in te delen in twee categorieën:

- de alternatieven of varianten, die dezelfde of vrijwel gelijke effecten op het milieu teweeg kunnen brengen als de voorgenomen activiteit
- de alternatieven of varianten, die afwijkende effecten op het milieu veroorzaken vergeleken met de voorgenomen activiteit.

Zoals uit het voorgaande blijkt behoren de volgende besproken onderwerpen tot de eerste categorie:

- rookgasontzwaveling
- stofemissiereductie.

Alleen voor de tweede categorie kunnen de (afwijkende) milieu-effecten met die van de voorgenomen activiteit worden vergeleken.

Tot de tweede categorie behoren:

- NO_x-uitworpbeperking
- alternatief voor de zuivering van ROI-afvalwater
- aangroeibestrijding in het koelwatersysteem
- condensorkoelwaterkoeling met een koeltoren
- kolenopslag in silo's
- tijdelijke vliegasoopslag in silo's
- geluidvoorzieningen.

3.2.4 Milieuvriendelijkste alternatief

Zoals in paragraaf 3.2.1 aangegeven zullen hier twee varianten behandeld worden:

- het alternatief, waarbij de meest milieuvriendelijke uitvoeringsalternatieven voor een poederkoolgestookte elektriciteitsproduktie-eenheid worden samengevoegd
- kolenvergassing geïntegreerd met elektriciteitsopwekking.

3.2.4.1 Milieuvriendelijkste alternatief, bestaande uit samenvoeging van milieuvriendelijke uitvoeringsalternatieven

Het milieuvriendelijkste alternatief, dat ontstaat door de bij de uitvoeringsalternatieven behandelde milieuvriendelijke alternatieven te combineren, bestaat uit de voorgenomen activiteit zoals behandeld in paragraaf 3.1 met de volgende modificaties:

- een zodanige techniek van NO_x-emissiebeperking dat de uitworp maximaal 200 mg/m³ bedraagt
- geen ROI-afvalwater
- aangroeibestrijding met de thermoshock-methode (aannemende dat "thermoshock" niet tot een vissterfte leidt in het uitlaatgebied door het kortdurend lozen van water met een temperatuur van circa 40 °C)
- kolenopslag in silo's
- tijdelijke vliegasoopslag in silo's
- condensorkoelwaterkoeling met een koeltoren
- verdergaande geluidvoorzieningen.

Voor verdere details wordt verwezen naar de paragrafen 3.2.3.3, 3.2.3.4 en 3.2.3.6 tot en met 3.2.3.9.

3.2.4.2 Kolenvergassing-STEG

Inleiding

Elektriciteitsopwekking op basis van kolen kan ook via kolenvergassing plaatsvinden (zie ook NEOM 1987, Comprimo 1987 en Fluor Daniel, 1988). Voordat hier dieper op wordt ingegaan, zal eerst aandacht besteed worden aan de vergassingsprocessen zelf.

Kolenvergassingsprocessen

Bij de vergassing worden de kolen onder toevoeging van lucht of zuurstof in gas omgezet. Dit gas bestaat voornamelijk uit koolmonoxide (CO) en waterstof (H₂). Het gebruik van zuurstof voor de vergassing heeft het voordeel dat het geproduceerde gas weinig stikstof bevat en daardoor een veel hogere stookwaarde heeft dan wanneer lucht wordt gebruikt. Ook de beheersbaarheid van het vergassingsproces is beter. Een belangrijk nadeel is echter, dat de produktie van zuurstof energie kost, waardoor het totaalrendement van de KV-STEG-installatie bij zuurstoftoevoeging lager is dan wanneer lucht wordt gebruikt.

De kolenvergassingsprocessen worden gewoonlijk onderscheiden naar de wijze van uitvoering van de vergassingsreactor en de wijze van het in contact brengen van de vaste steenkooldeeltjes met de reagerende gassen. De belangrijkste op de markt zijnde processen voor kolenvergassing worden meestal ingedeeld in:

- bewegend bed-processen (ook wel vast of glijdend bed genoemd)
- wervelbed-processen
- stofwolk-processen (ook wel "entrained" bed genoemd).

Bij het bewegend bed-proces worden betrekkelijk grove steenkooldeeltjes (3 tot 30 mm) boven in het reactorvat gebracht, terwijl de vergassingsmiddelen in de bodem worden ingeblazen. Omdat de doorlaatbaarheid van het kolenbed belangrijk is worden specifieke eisen gesteld aan de korrelgrootte van de kolen.

De wervelbed-processen vereisen een kolenvoeding met fijne steenkooldeeltjes (1 tot 5 mm). De vergassingsmiddelen (lucht en zuurstof) worden met een zodanige snelheid onder in de reactor geblazen, dat de steenkooldeeltjes zwevende worden gehouden. De maximale temperatuur in het bed wordt bepaald door de temperatuur waarbij de as begint te verwerken. Wervelbed-processen moeten namelijk altijd op een temperatuur worden bedreven die onder dat verwekingspunt ligt.

De stofwolk-proces reactor werkt met nog fijner gemalen steenkool (kleiner dan 0,1 mm), zo fijn dat de deeltjes worden meegesleept door het vergassingsmedium. Bij dit proces worden het vergassingsmedium en de steenkooldeeltjes in gelijkstroom door de reactor gevoerd. De reactietijd is zeer kort en de vergassing heeft bij hoge temperatuur plaats. Praktisch alle soorten kolen kunnen bij dit proces verwerkt worden. De as wordt voor het overgrote deel (circa 90%) onder in de vergasser afgevoerd en wordt in een waterbad afgeschrikt, waardoor een korrelig materiaal (slak) ontstaat. Van de processen volgens het stofwolk-proces zijn het Dow-, het Shell- en het Texaco-kolenvergassingsproces het verst ontwikkeld. Bij het Dow- en het Texaco-proces worden de kolen toegevoerd in de vorm van een slurry. Bij het Shell-proces daarentegen worden de fijne steenkooldeeltjes in de vorm van droog poeder in de reactor gebracht. De technische uitvoering voor het inbrengen van de steenkool in de reactor is het meest wezenlijke verschil tussen deze stofwolk-processen.

In tabel 3.2.11 wordt een overzicht van de belangrijkste activiteiten, die op kolenvergassingsgebied zijn ont-plooid, weergegeven.

Tabel 3.2.11 Overzicht kolenvergassingsprojecten

Project	Land	Kolenverbruik/producten	status
Rhein Braun wervelbed Winkler	BRD	750 t bruinkool/d Methanol	start 1985
British Gas bewegend bed Lurgi	Schot land	550 t/d elektriciteit 30 MW (el.)	start 1984
Kilngas bewegend bed Allis Chalmers	USA	500 t/d bruinkool stookgas	start 1984
VEW-Werne stofwolk	BRD	250 t/d stookgas	start 1986
BP stofwolk Deutsche Babcock	BRD	100 t/d synthese gas	midden 1986
Tennessee Eastman stofwolk Texaco	USA	820 t/d Methanol Acetanhydride	start eind 1983
Coolwater stofwolk Texaco	USA	900 t/d elektriciteit	start mei 1984
UBE-Industries stofwolk Texaco	Japan	1500 t/d NH ₃	eind 1984
Ruhrchemie/ Ruhrkohle stofwolk Texaco	BRD	750 t/d OXO-producten	start juni 1986
Shell Deer park stofwolk	USA	250 t/d hoogzw. kolen 400 t/d bruinkool synthese gas	start midden 1987
Krupp-Koppers Prenflo stofwolk	BRD	48 t/d stookgas	start eind 1986
Dow Plaquemine stofwolk	USA	2200 t/d elektriciteit 150 MW (el.)	midden 1987

Kolenvergassing bij elektriciteitsopwekking

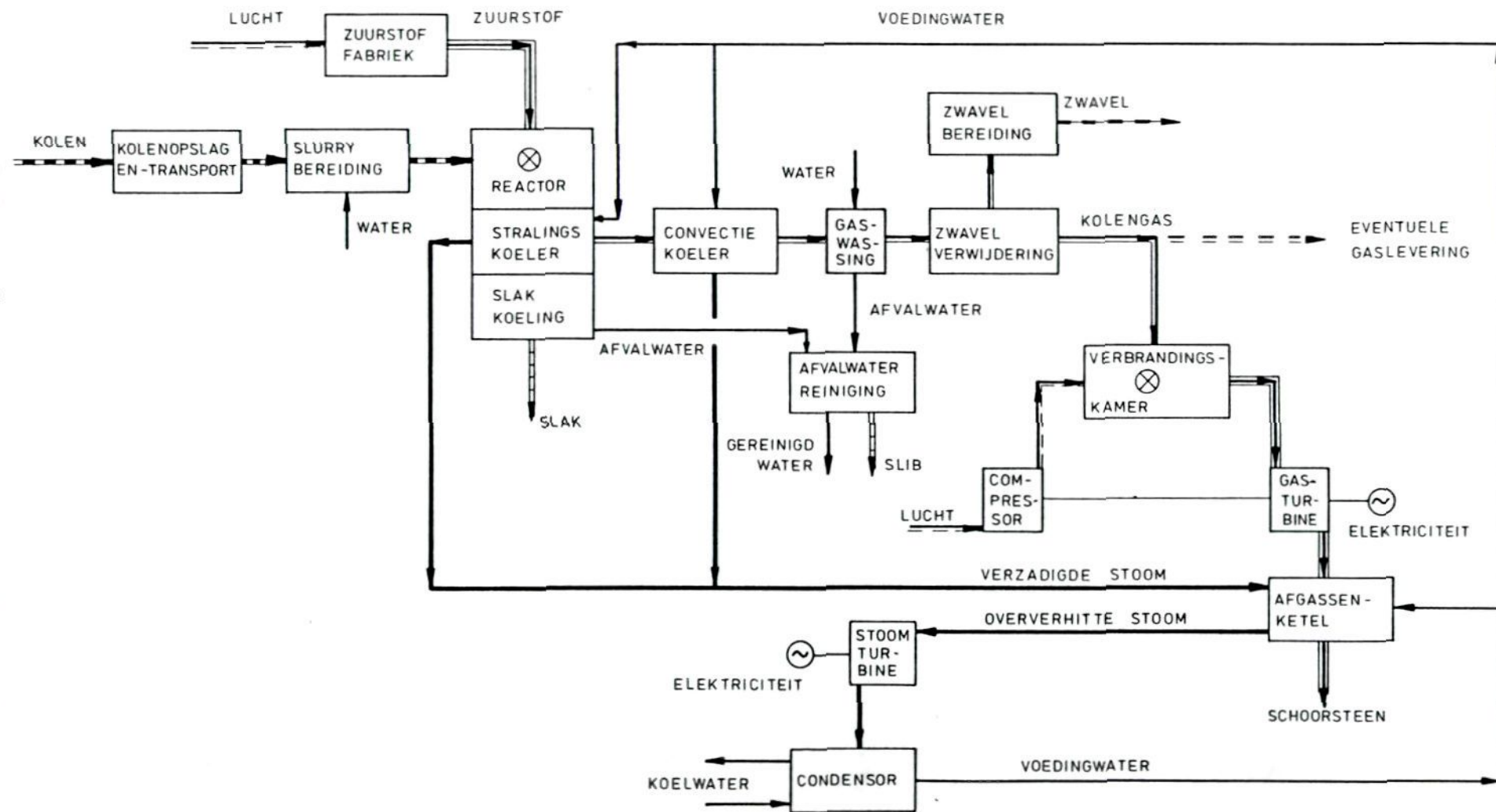
Ontwikkelingen op het gebied van kolenvergassing in combinatie met elektriciteitsopwekking zijn recent en dientengevolge zijn er nog diverse varianten, zowel op het gebied van het vergassingsproces zelf als bij de diverse bijkomende systemen. Het principe van toepassing van kolenvergassing bij de produktie van elektriciteit kent echter, in het zogenaamde geïntegreerde kolenvergassing-STEG (KV-STEG)-systeem een aantal hoofdstappen, die vastliggen (zie figuur 3.2.4).

De kolenhandling en -opslag tot en met de opslag op het centraleterrein zijn hetzelfde als bij conventioneel poederkoolstoken. Voordat de kolen vergast worden vindt ook verkleining van de koolafmetingen plaats, echter zoals hiervoor al aangegeven bij het bewegend bed en het wervelbedproces in veel mindere mate dan bij het stofwolkproces dat in dit opzicht vergelijkbaar is met poederkoolstoken. Bij de processen, waarbij de kolen in slurryvorm in de vergassingsreactor worden gebracht, wordt tijdens de maling water toegevoegd. Soms wordt daarbij ook nog een additief gevoegd teneinde de slurry homogeen te houden. Dit additief bestaat uit een organische stof, die volledig verbrandt en geen extra milieubelasting van betekenis te weegbrengt.

Tijdens de vergassing komt warmte vrij, die benut wordt om water in verzadigde hoge-drukstoom om te zetten. Als vergassingsmedium wordt vanwege de betere beheersbaarheid van het proces meestal zuurstof gebruikt. In verband hiermee is de vergassingstechniek op basis van zuurstof ook het verst ontwikkeld. De gesmolten slak, die tijdens het vergassingsproces ontstaat, wordt onderin de reactor in water afgeschrikt en vervolgens uit de reactor gehaald. Het geproduceerde gas wordt vervolgens gereinigd. Eerst wordt het stof (meest vlieggas) uitgewassen. Daarna wordt met een speciale wasvloeistof H_2S verwijderd. Ook de kleine fractie COS wordt, eventueel na omzetting in H_2S , uit de rookgassen gehaald. Na de reiniging wordt het gas naar de verbrandingskamer van een gasturbine gevoerd. Het bij deze verbranding ontstane gas geeft een deel van zijn energie af in een gasturbine, die gekoppeld is aan een elektriciteit producerende generator.

Een verder deel van de energie uit de verbrandingsgassen wordt in een afgassenketel benut om de bij de vergassing geproduceerde stoom in temperatuur te verhogen (te oververhitten). Deze stoom wordt naar een stoomturbine gevoerd, waardoor de in de stoom aanwezige energie via deze turbine en de daaraan gekoppelde generator in elektriciteit wordt omgezet.

Figuur 3.2.4. GEÏNTEGREERDE KOLENVERGASSING - STEG



Bij de keuze van een kolenvergassingsproces voor elektriciteitsopwekking zullen de volgende criteria een belangrijke rol spelen:

- mogelijkheid tot toepassen van verschillende brandstoffen, in ieder geval van een grote variëteit aan kolensoorten
- het energetisch rendement
- de kosten
- de milieubeïnvloeding
- de vorm, waarin de bijprodukten ontstaan, in verband met toepassing en/of deponie.

De stofwolk-processen lijken in dit opzicht een goede optie, maar ook varianten van de andere processen zijn zeker niet uitgesloten. Vanwege het feit dat de milieueffecten bij de verschillende kolenvergassingsprocessen in sterke mate overeenkomen, zal bij de verdere bespreking, vooral ten aanzien van de milieuproblematiek, in verband met eenvoud van presentatie voornamelijk van het stofwolk-proces worden uitgegaan.

Er is een aantal verwachtingen, dat spreekt voor de eventuele toepassing van kolenvergassing voor de grootschalige elektriciteitsopwekking:

- hoge rendementen
- lage milieubelasting
- flexibiliteit in brandstof en energievorm.

Rendement

Het rendement van de omzetting van kolen naar elektriciteit is bij poederkoolketel- en turbine-installaties in de afgelopen decennia sterk verbeterd door het toepassen van steeds hogere stoomtemperaturen en stoomdrukken. Dit omzettingsrendement bedraagt nu met de voorzieningen, die nodig zijn voor beperking van de milieubelasting, circa 40%. Dit rendement kan in de toekomst met de ontwikkelingen die nog op materiaalgebied te verwachten zijn slechts weinig toenemen.

Toepassing van kolenvergassing maakt het echter mogelijk om te kunnen aansluiten op die opwektechniek waar verdere ontwikkelingen ten aanzien van rendementsverbetering voor de toekomst mogelijk zijn, namelijk de STEG-installatie. Met geïntegreerde KV-STEG-centrales worden in de toekomst (eind negentiger jaren) omzettingsrendementen van circa 45% verwacht. Bij de huidige stand van de kolenvergassingstechniek en gasturbinetechnologie echter is bij vollast een maximaal rendement van circa 39 à 41% te verwachten.

Milieubelasting

Een belangrijk voordeel van geïntegreerde KV-STEG-centrales is de verwachte gunstige milieubelasting. Dit aspect wordt hierna meer in detail behandeld.

Flexibiliteit in brandstof en energievorm

Bij KV-STEG-centrales is er een grote flexibiliteit ten aanzien van zowel de in te zetten brandstoffen als de op te wekken energievorm. In KV-STEG-centrales kunnen, indien daarmee in het ontwerp rekening is gehouden, naast een brede range van diverse kolensoorten zowel in droge vorm als ook in de vorm van slurry, ook gas, olie en residuen van olie verstoekt worden. Als energievorm kan met dit soort centrales naast elektriciteit ook gas (middencalorisch kolengas) en warmte geproduceerd worden. Het extra geproduceerde gas kan over enige afstand worden getransporteerd en worden aangewend voor warmtekrachtkoppeling of als grondstof voor de chemische industrie.

Milieu-aspecten bij KV-STEG-centrales

Emissies naar de lucht

In figuur 3.2.4 is aangegeven dat het stookgas wordt gereinigd door achtereenvolgens gaswassing en zwavelverwijdering. Stof en H_2S wordt daarmee vergaand uit het stookgas verwijderd. Het gevolg is dat de uitworp van SO_2 en stof uit de schoorsteen van de afgassenketel zeer laag is. De gemiddelde verwachtingswaarden voor een 600 MW (el.)-KV-STEG bedragen respectievelijk 3 g/s en 0,9 g/s. In de verbrandingskamer voor de gasturbine wordt NO_x gevormd. Door toepassing van moderne technieken wordt deze NO_x -vorming echter zoveel mogelijk beperkt. Met toepassing hiervan moet het mogelijk zijn verwachtingswaarden van circa 120 g/GJ (betrokken op de gasturbine) te bereiken. De hierdoor ontstane NO_x -uitworp uit de schoorsteen van de afgassenketel bedraagt bij 600 MW (el.) 132 g/s.

Naast de uitworp uit de schoorsteen komen ook emissies vrij bij het affakkelen van het restgas van de zwavelbereiding. Ook weer voor 600 MW (el.) bedragen de emissies voor SO_2 , NO_x en stof respectievelijk 54 g/s, 3 g/s en 0,1 g/s. In plaats van affakkelen kan ook naverbranding plaatsvinden in een oven, waarna de restgassen via een schoorsteen in de atmosfeer worden gebracht. Op de emissiewaarden heeft dit echter geen invloed. In tabel 3.2.12 zijn de totale emissiewaarden naar de lucht voor KV-STEG en poederkoolstoken vermeld.

Tabel 3.2.12 Emissiewaarden voor een 600 MW (el.)-KV-
STEG- en een poederkoolstookeenheid in g/s

	KV-STEG	Poederkoolstoken
SO ₂	57	120 ($\hat{=}$ 205 mg/m ³)
NO _x	135	234 ($\hat{=}$ 400 mg/m ³)
Stof	< 1	6 ($\hat{=}$ 10 mg/m ³)

by 100 of 200 mg
C and je p 20-160

Net als bij conventioneel poederkoolstoken zal de uitworp van PAK's bij een KV-STEG-installatie van verwaarloosbare betekenis zijn.

Stofemissie ten gevolge van kolenhandling is dezelfde als die bij de voorgenomen activiteit.

Emissies naar het water

Zowel bij de slakkoeling als bij de gaswassing ontstaat afvalwater (zie figuur 3.2.4). De eerste afvalwaterstroom is echter te vermijden, door een indirect koelsysteem toe te passen. De tweede afvalwaterstroom heeft een dusdanige samenstelling dat deze niet ongereinigd geloosd kan worden. Afhankelijk van het gekozen gasreinigingsproces kunnen ook nog andere kleine afvalwaterstromen voorkomen. De precieze samenstelling hiervan is van geval tot geval zeer verschillend. Op de gemiddelde samenstelling van de totale afvalwaterhoeveelheid heeft dit echter weinig invloed. De verwachte gemiddelde concentraties verontreinigingen in het ongereinigde KV-STEG-afvalwater zijn in tabel 3.2.13 aangegeven.

Tabel 3.2.13 Verwachte gemiddelde concentraties verontreinigingen in ongereinigd KV-STEG-afvalwater

Cl ⁻	2000 mg/l	As	100 µg/l
NH ₃	1300 mg/l	Cd	5 µg/l
CN ⁻	20 mg/l	Cr	5 µg/l
F ⁻	30 mg/l	Cu	80 µg/l
CNS ⁻	30 mg/l	Hg	5 µg/l
PAK	n.b.	Ni	500 µg/l
SO ₄ ⁼	50 mg/l	Pb	22 µg/l
		Zn	800 µg/l

n.b. niet bekend

De hoeveelheid afvalwater bedraagt bij een 600 MW (el.)-eenheid circa 170 m³/h. Momenteel zijn de afvalwaterbehandelingsinstallaties voor reiniging van dit afvalwater nog in ontwikkeling. Verwacht mag worden dat met een goed ontworpen installatie tot acceptabele concentraties gekomen kan worden. Voor bepaling van de milieubeïnvloeding zullen de waarden zoals aangegeven in tabel 3.2.14 aangehouden worden.

Tabel 3.2.14 Verwachte gemiddelde concentraties verontreinigingen gemiddelde etmaalwaarden (n=10) in KV-STEG-afvalwater na behandeling

	concentratie	vracht		concentratie	vracht
Cl ⁻	2000 mg/l	340 kg/h	As	20 µg/l	3,4 g/h
NH ₃	10 mg/l	1,7 kg/h	Cd	1 µg/l	0,17 g/h
CN ⁻	1 mg/l	170 g/h	Cr	15 µg/l	2,5 g/h
F ⁻	30 mg/l	5,1 kg/h	Cu	10 µg/l	1,7 g/h
CNS ⁻	30 mg/l	5,1 kg/h	Hg	1 µg/l	0,17 g/h
PAK	n.b.	--	Ni	15 µg/l	2,5 g/h
SO ₄ ⁼	50 mg/l	8,5 kg/h	Pb	50 µg/l	8,5 g/h
			Zn	50 µg/l	8,5 g/h

n.b. niet bekend

Het is nog niet duidelijk of het slib (circa 5 kg tot 10 kg droge stof per ton verstookte kolen bevattend, met een vochtgehalte van 20 à 25%), dat als restprodukt van de afvalwaterbehandeling ontstaat, teruggestookt kan worden. Indien dit niet zo is, zal nader bekeken moeten worden of afzet na verdere behandeling mogelijk is of dat het als chemisch afval gedeponeerd moet worden. Daarnaast zal als restprodukt nog een ammoniakoplossing kunnen ontstaan.

Als alternatief voor de afvalwaterbehandeling zou net als bij de voorgenomen activiteit indamping van het afvalwater te overwegen zijn.

Koelwater

De hoeveelheid benodigd koelwater bij KV-STEG-centrales is voor de Nederlandse situatie vooralsnog slechts weinig lager dan die vereist is bij poederkoolgestookte centrales. Naast de benodigde koeling van de hoofdcondensor, die ongeveer twee derde van die bij poederkoolstoken bedraagt, zijn er nog diverse andere koelers, onder andere bij de O₂-fabricage en de gasreiniging, die met water gekoeld moeten worden. Worden in de toekomst bij KV-STEG-centrales hogere rendementen gerealiseerd, dan zal minder koelwater nodig zijn.

Emissies naar de bodem

Emissies naar de bodem ten gevolge van de kolenopslag zullen, daar de opslag op dezelfde wijze plaatsvindt als bij de voorgenomen activiteit, bij KV-STEG-installaties hetzelfde zijn als bij de poederkoolgestookte ketel. Hiervoor wordt dan ook naar hetgeen elders in dit rapport hierover geschreven is verwezen (zie 6.3.2). De slak- en vliegasoopslag zal eveneens op vergelijkbare wijze plaatsvinden. Indien dit met de juiste voorzorgsmaatregelen uitgevoerd wordt, zal geen bodemverontreiniging optreden.

Kolenreststoffen

Bij kolenvergassing in een stofwolkreactor wordt er naar gestreefd de gesmolten as na de vergassingsreactie zo volledig mogelijk te laten agglomereren zodat deze in de vorm van slak uit de reactor kan worden afgevoerd. Slechts een klein deel van de as wordt als fijne deeltjes meegevoerd en in de gasreinigungsstraat afgescheiden. Bij kolenvergassing is derhalve de verhouding vlieggas/slak veel meer in de richting van de slak verschoven. De nog beperkte industriële ervaring wijst op een uitlooggedrag van de slak dat vergelijkbaar is met bodemas van conventionele poederkoolgestookte eenheden. Bij diverse instituten (KEMA, ECN) wordt onderzoek verricht naar het uitlooggedrag. De resultaten zullen waarschijnlijk in de loop van 1988 beschikbaar komen.

Tabel 3.2.15 geeft een overzicht van de belangrijkste reststofstromen, die bij een 600 MW (el.)-KV-STEG vrijkomen. Ter vergelijking zijn ook de waarden voor conventioneel poederkoolstoken (voorgenomen activiteit) opgenomen.

Tabel 3.2.15 Kolenreststofstromen voor 600 MW (el.)-eenheden in t/a

	KV-STEG	Poederkoolstoken
Vliegas	10 000	115 000
Bodemas/slak	122 000	16 500
Gips	-	58 000
Zwavel	11 500	-

De verwachting is dat de vliegas uit KV-STEG-installaties in eigenschappen weinig zal afwijken van poederkoolvlieg-as. Deze as komt nat beschikbaar, waarbij contaminatie met proceswater niet moet worden uitgesloten. Toepassingsmogelijkheden zijn waarschijnlijk dezelfde als voor natte poederkoolvliegas (zie paragrafen 3.1.15 en 3.2.3.10).

Slak uit een KV-STEG zal naar verwachting vergelijkbare eigenschappen hebben als bodemas van conventionele poederkoolgestookte eenheden. Het onderzoek naar toepassingsmogelijkheden is echter pas recent gestart en definitieve uitspraken zijn niet te doen. Indien slak uit een KV-STEG op dezelfde wijze toepasbaar zou zijn als bodemas, kan dit negatieve gevolgen hebben voor de afzet van de bodemas (zie paragrafen 3.1.15 en 3.2.3.10). De hoeveelheid slak, die beschikbaar komt uit een KV-STEG is namelijk een factor 8 à 10 groter dan de hoeveelheid bodemas uit een conventionele ketel van vergelijkbare grootte. Het is dan ook te verwachten dat bij grootschalige invoering van KV-STEG-installaties een overschot aan slak/bodemas ontstaat, dat zal moeten worden gedeponeerd.

Voor de toepassingsmogelijkheden van zwavel wordt verwezen naar paragraaf 3.2.3.1. Mocht tot deponie overgegaan moeten worden, dan heeft zwavel als bijproduct het voordeel, dat het volume ongeveer ééntiende is van hetgeen met gips als bijproduct ontstaat.

Kolenvergassing en E8

Zoals uit het voorgaande blijkt biedt kolenvergassing, geïntegreerd met een STEG-centrale goede vooruitzichten om bij de toekomstige elektriciteitsvoorziening een belangrijke rol te gaan spelen. Drie factoren zullen hierbij van doorslaggevend belang zijn:

- betrouwbaarheid
- milieubeïnvloeding
- economie.

Over geen van deze factoren zijn in dit stadium definitieve uitspraken te doen, omdat de KV-STEG-technologie nog in ontwikkeling is. Om te verduidelijken waarom voor E8 de KV-STEG-technologie niet in aanmerking kan komen, zal op deze factoren toch ingegaan worden. Betrouwbaarheid is niet alleen belangrijk voor de financiële kant van de elektriciteitsopwekking, maar is ook van groot belang om een ononderbroken stroomvoorziening mogelijk te maken. Kennis omtrent betrouwbaarheid kan alleen aan bestaande installaties ontleend worden. Tot nu toe is de KV-STEG-installatie in Coolwater de enige installatie, die een voldoende grootte en bedrijfstijd heeft om daaruit een indruk over de betrouwbaarheid te verkrijgen. Deze eenheid heeft een vermogen van circa 100 MW (el.). Het rendement is betrekkelijk laag, circa 30%. Dit lage rendement is een gevolg van het feit dat:

- het rendement van de in 1980 gekozen gasturbine betrekkelijk laag is
- de geïntegreerde stoomkringloop niet geoptimaliseerd is
- er nog materiaalontwikkelingen nodig waren om hogere stoomdrukken en -temperaturen mogelijk te maken.

Met de Coolwater-installatie is van midden 1984 tot begin 1987 een belastingfactor* van 50% behaald. Met poederkoolgestookte eenheden in Nederland worden momenteel belastingfactoren van circa 80% bereikt. Vanzelfsprekend is de Coolwater-installatie een installatie, waar onderzoek en beproevingen plaatsvinden en is een waarde van 50% dus alleszins verklaarbaar. Anderzijds is met deze eenheid nog geenszins aangetoond, dat een voldoende betrouwbaarheid bereikt kan worden. Daarboven is de opschaling naar zowel een hoger vermogen als een hoger rendement geen sinecure.

* Belastingfactor is verhouding tussen geproduceerde kWh en theoretisch maximaal te produceren kWh.

Ten aanzien van milieubeïnvloeding kan gezegd worden, dat de resultaten bij Coolwater bemoedigend zijn. Vooral echter ten aanzien van NO_x-uitworp, waar bij gasturbines die met hogere temperaturen werken meer problemen te verwachten zijn, en van de afvalwaterproblematiek dienen nog verdere onderzoeksresultaten afgewacht te worden.

Voorts dient ten aanzien van de verwachtingswaarden voor de emissies naar de lucht opgemerkt te worden dat deze niet zonder meer vergelijkbaar zijn met de waarden van een nu ontworpen poederkoolgestookte centrale, zoals E8. Ook bij een poederkoolgestookte centrale zijn ontwikkelingen gaande die genoemde emissiewaarden in de toekomst mogelijk kunnen maken. Tegen de tijd dat een KV-STEG-centrale van dezelfde omvang als E8 economisch en betrouwbaar kan worden ingezet voor de openbare elektriciteitsvoorziening, zullen de maatregelen voor beperking van milieubeïnvloeding bij een poederkoolgestookte centrale ook verder geoptimaliseerd zijn. Voor de stofemissie is te verwachten dat deze bij KV-STEG-centrales ook in de toekomst aanmerkelijk lager zal zijn dan bij poederkoolgestookte centrales. Het belang van de zeer geringe stofemissie bij vergassing is echter slechts ondergeschikt, daar ook de waarden, die bij poederkoolstoken nu bereikt worden zo laag zijn, dat deze uit milieuoogpunt geen probleem vormen. De SO₂-uitworp zal tegen lagere meerkosten verder te beperken zijn. In hoeverre dit vereist zal zijn, is nog onderwerp van onderzoek.

Verder is ook niet bekend in hoeverre het door een KV-STEG-centrale geproduceerde zwavel en de slakken in de toekomst een nuttige en milieu-vriendelijke toepassing kunnen vinden. Vooral indien op grote schaal KV-STEG-centrales gebouwd zouden worden kunnen afzet-problemen ontstaan. Nader onderzoek is nog noodzakelijk.

Betreffende de economie van KV-STEG-installaties zijn op basis van de uitgevoerde projecten alleen prognoses met grote onzekerheidsmarges te geven.

Door de N.V. Sep werd in het Elektriciteitsplan 1987-1996 een nadere studie aangekondigd inzake het toekomstperspectief voor geïntegreerde kolenvergassings/STEG-eenheden in Nederland. Het verrichten van deze studie is begin 1987 door de Sep aan Comprimo B.V. opgedragen. De eerste uitkomsten van de studie zijn via een persbericht in november 1987 door de Sep in de openbaarheid gebracht. De studie wijst uit, dat vanwege de beperkte ervaring in binnen- en buitenland grootschalige toepassing van kolenvergassing bij de elektriciteitsopwekking nog niet mogelijk is.