

Aanvullende informatie ten aanzien van:
Milieu Effect Rapport

“De inzet van secundaire grond- brand- en hulpstoffen
en emissiereductie 2000”

Inspanningen ENCI t.b.v. emissiereductie bij reststoffeninzet

1. Doelstellingen / toetsingscriteria

In de brief van de Provincie Limburg d.d. 9 januari 1996 en de Positioneringsnota van Gedeputeerde Staten van 23 februari 1996 wordt aan ENCI het volgende bekend gemaakt.

• *Doelstelling*

De in de brief van februari 1993 kenbaar gemaakte doelstellingen voor SO₂, NO_x en stof zullen als uitgangspunt worden gehanteerd.

- totale emissie SO₂ op jaarbasis 100 - 200 ton
- totale emissie NO_x op jaarbasis 1250 ton
- stofemissie overeenkomstig Nederlandse Emissie Richtlijn (NER)

• *Toetsingcriteria*

Door de Provincie zullen een aantal genoemde componenten worden getoetst aan de in Nederland gangbare emissie-eisen. In bijna alle gevallen is gekozen voor de strengste eis namelijk het BLA (Besluit Luchtemissie Afvalverbranding).

In het BLA worden emissie-eisen gesteld aan componenten die relevant zijn voor de volledige verbranding. Een cementoven kan wat betreft proces en emissies niet vergeleken worden met een afvalverbrander. Zoals in de MER is uitgelegd zijn de emissies van een cementoven onafhankelijk van de brandstof, ze worden met name bepaald door de grondstoffen en het proces.

2. Huidige emissiegegevens

Vanuit de Europese brancheorganisatie voor de cementindustrie (CEMbureau) zijn voor het BAT Reference document de gemiddelde emissiewaarden voor cementovens als range in de onderstaande tabel aangegeven.

<i>Representative Emissions from European Cement Kilns (long term averages)</i>	
Dust	20 - 200 mg/m ³
NO _x	400 - 2,000 mg/m ³
SO ₂	10 - 2,500 mg/m ³
TOC	10 - 100 mg/m ³
CO	500 - 2,000 mg/m ³
Fluorides	< 5 mg/m ³
Chlorides	< 25 mg/m ³
PCDD/F	< 0.1 n/m ³
Heavy metals:	
- Group I (Hg, Cd, Tl)	< 0.2 mg/Nm ³
- Group II (As, Co, Ni, Se, Te)	< 0.1 mg/Nm ³
- Group III (Sb, Pb, Cr, Cu, Mn, V, Sn, plus Zn)	< 0.3 mg/Nm ³

Praktische range ENCI oven

Bij de beoordeling van de emissiecijfers moet men rekening houden met de natuurlijke variaties die inherent zijn aan het cementovenproces. Verlagen of verhogen van de emissies moeten dan ook in relatie tot het praktische spreidingsgebied van de betreffende oven worden geïnterpreteerd.

Overzicht externe emissiemetingen Oven 8

Periode	nov. '88	okt. '91	sep. '93	nov. '94	mrt. '95	mei '95	jun. '95	jul '95	aug. '96	aug. '96	mrt. '97	apr. '97	Gemiddelde	Std	Aantal
	Dyckerhoff	TNO	Blanco	FINAT-Pellets	Polyester chips	Rubber chips	Anoden-cokes	Blanco	Papierslib	Blanco	Blanco	Communaal sfb			
Roetgascomponenten															
O ₂ (%)	12,8	8,3	9,2	10,1	9,7	9,6	9,7	9,5	9,0	9,6	9,2	9,2	9,7	1,1	11
H ₂ O (%)		17,2	13,6	12,4	13,6	13,8	13	13	14,3	nb	14,7	16,9	14,0	1,4	9
Zuurvormende emissies															
NO ₂ (mg/Nm ³)	450		925	847	590	483	521	697	538	490	472	374	601	167	10
SO ₂ (mg/Nm ³)	15		269	261	94	132	78	61	158	231	276	202	158	96	10
HCl (mg/Nm ³)			nb	1	1,3	1	1,4	1,4	0,7	nb	1,1	2,5	1,3	0,5	8
HF (mg/Nm ³)			nb	0,03	0,02	0,03	0,03	0,05	0,13	nb	0,03	0,14	0,046	0,038	7
Organische emissies															
CO (mg/Nm ³)	113		182	191	134	149	120	173	235	246	201	221	174	46	10
PAK (mg/Nm ³)			nb	nb	nb	nb	0,01	nb	0,10	nb	0,11	0,15	0,073	0,055	3
CxHy (mg/Nm ³)		18	nb	nb	nb	nb	10	nb	10	nb	18	27	14,0	4,6	4
Dioxine (ng TEQ/Nm ³)	nb		nb	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	explosie	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0
Stof (mg/Nm ³)			25	33	33	31	37	41	42	43	28	27	34,8	6,4	9

Alle emissieconcentraties en het debiet betrokken op : 273 K, 101,3 kPa droog rookgas en 10% O₂.

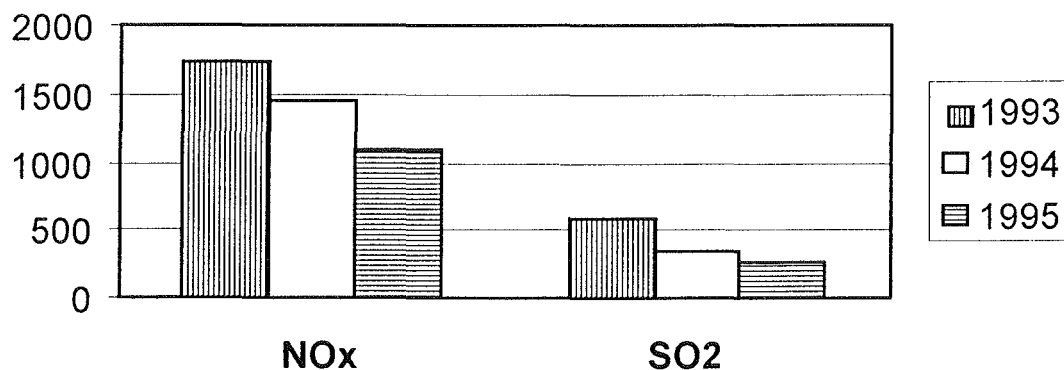
Behalve stof: droog rookgas en actueel O₂.

HCl, HF en dioxinen/furanen: 273 K, 101,3 kPa, droog rookgas en 11% O₂.

* = op basis van steekproefvariatie (S).

Als gevolg van met name procesgeïntegreerde maatregelen heeft ENCI in de jaren negentig reeds een forse reductie bereikt.

NO_x en SO₂-emissies Oven 8



3. Emissiereductie bij reststoffeninzet

3.1. NO_x

- *Low-NO_x brander*

Dit is milieutechnisch de gunstigste maatregel: procesgeïntegreerd zonder extra energie en chemicaliën zoals bij nageschakelde technieken noodzakelijk is.

- *SNCR*

Als doelstelling 2000 voor NO_x niet wordt gerealiseerd met een Low-NO_x brander, wordt indien de haalbaarheid is aangetoond, SNCR toegepast.

Een haalbaarheidsstudie is noodzakelijk, omdat de bij de ENCI-oven NH₃ geïnjecteerd moet worden in de draaiende ovenpijp. Een praktijkproef is daarvoor absoluut nodig. De haalbaarheidsstudie is onderdeel van het clusterproject PRINDUCEB dat ENCI met TNO zal uitvoeren.

- *Kosten*

Het blijkt dat voor NO_x de kosteneffectiviteit varieert tussen *f* 5.000,-- en *f* 10.000,-- per ton NO_x. Als bovengrens voor het referentiekader wordt door VROM een waarde van *f* 10.000,-- per ton NO_x voorgesteld. Het blijkt dat - indien de maximale reductiemogelijkheden van de techniek beschouwd worden - alle NO_x verwijderingsmethoden (low NO_x brander, SNCR en SCR) aan dit criterium voldoen. Indien wordt uitgegaan van de kosten voor het behalen van de milieudoelstelling 2000 vallen alleen de low NO_x brander en het SNCR-systeem binnen het referentiekader. Met betrekking tot NO_x gaat het voorkeursalternatief uit naar low NO_x branders waarmee de doelstelling (1250 ton) wordt bereikt.

3.2. Stof

Hierover kan het volgende worden opgemerkt:

- Uit onderzoek blijkt dat in de cementindustrie momenteel twee technieken worden toegepast voor stof te weten:

- doekfilters
- electrofilters

Andere technieken zijn (nog) niet erg gebruikt.

- Vanuit effectiviteit en verwijderingsrendement blijkt uit de praktijk op voorhand niet de voorkeur aan een van beide technieken te gegeven te kunnen worden.

In Europa blijken momenteel electrofilters het meest toegepast.

- Uit de inventarisatie in het kader van de Nederlandse BAT-studie blijkt dat met bestaande electrofilters 30-40 mg/m³ in het algemeen behaald wordt. De recentere electrofilters van een aantal fabrikanten worden blijkbaar zelfs gegarandeerd tot 20 en zelfs 10 mg/m³.

- Uit de NeR-oogpunt zou hier de beste techniek toegepast moeten worden. Op “papier” is dat een doekenfilter waarvoor de NeR stelt dat 10 mg/m³ gehaald zou moeten worden. Voor niet-filtrerende afscheiders (waartoe electrofilters behoren) geldt een NeR-norm van 25 mg/m³.
- In het Nederlandse concept van het BAT-document (Best Available Techniques) wordt geen voorkeur voor de toepassing van doekenfilters dan wel electrofilters uitgesproken. Als haalbare norm met de meest moderne voorzieningen wordt 10 - 20 mg/m³ genoemd.

ENCI zet in het MER in op 25 mg/m³ wat waarschijnlijk aan de veilige kant gekozen is. In de praktijk zal met enige zorg een goede filterkeuze een lagere concentratie kunnen worden behaald.

- *Keuze doekfilter of electrofilter*

ENCI heeft vanwege de bedrijfszekerheid van haar specifieke oven met een 2-traps voorwarmer en een afgastemperatuur van 470 - 510 °C gekozen voor een E-filter. Bij storingen in de nageschakelde droger kan gas van 400 °C in het stoffilter komen. Een doekfilter zou daarbij ernstig beschadigd worden, wat tot onaanvaardbare stofemissies zou leiden, zodat de installatie stilgelegd zou moeten worden.

Bij de meest recente nieuwbouw van een cementoven in Duitsland (1995 in Lägerdorf) is eveneens voor een E-filter gekozen.

De keuze van een E-filter staat toepassing van toekomstige ontwikkelingen van goedkopere technologieën niet in de weg, zoals nog zal worden toegelicht. Steeds zijn zowel doekfilters als E-filters geschikt als afscheidingsinstallaties in een DESOX.

Dat enige fabrieken in Europa en de VS wel voor een doekfilter hebben gekozen heeft verschillende achtergronden. Deze zijn financieel en technisch (bijv. oventype) van aard of hangen samen met de plaatselijke regelgeving (bijv. Californië). Wat de technische en financiële aspecten betreft wordt verwezen naar een vergelijking van FLS tussen E-filter en doekfilter in bijlage 3.

Het motief in Californië om een doekfilter voor te schrijven is het voorkomen van een verhoogde emissie bij afschakelen van een E-filter bij CO-pieken i.v.m. explosiegevaar.

De ervaringen met doekfilters zijn over het algemeen goed, mits men continu een voldoende koeling kan garanderen.

In België heeft CCB ernstige problemen gehad met het bedienen van de koeltoren (Ø 7,5 * 20 m) vóór het doekfilter van de oven. Het was onmogelijk een juist evenwicht te realiseren en het proces goed te beheersen. Dit leidde tot frequente ovenstops.

Kostbare installatiewijzigingen waren nodig om de bedrijfszekerheid van de oven op een aanvaardbaar peil te krijgen.

Van de CBR-fabrieken (CBR is moeder van ENCI, met 14 fabrieken en 21 ovens, zijn alleen de 2 fabrieken in Californië (Tehachapi en Redding) uitgerust met een glasvezel-doekfilter. Het betreft fabrieken met een 6- resp 4-traps voorwarmer en een afgastemperatuur na voorwarmer van 300 resp. 325°C. Glasvezel-doekfilters kunnen thermisch tot 250 °C worden belast. Het risico op thermische destructie van de stoffilters is in deze fabrieken dus gering. De standtijd van de stofzakken bedraagt 2 à 3 jaren.

3.3. SO₂

Uitgaande van de huidige situatie is in het MER verkend hoe voldaan kan worden aan de doelstelling 2000. Op blz. 81 is een samenvatting gegeven van de mogelijkheden. Voor de formulering van het mma zijn, op basis van het criterium "technische haalbaarheid", een aantal mogelijkheden afgevallen (zie argumentatie blz. 82).

Op basis van het mma blijkt vervolgens dat de doelstelling SO₂ niet volledig gehaald kan worden. Bovendien zijn op blz. 128 kosten aangegeven.

Voor de verwijdering van SO₂ varieert de gangbare kosteneffectiviteit tussen f 5.000,-- en f 7.000,-- per ton SO₂. De kosten voor ENCI Nederland B.V. zijn ruim een factor drie hoger dan de gangbare kosten en vallen daarmee buiten het referentiekader.

In 1994 is een studie verricht naar de "Emissie-Reductietechnieken voor Zwavel- en Stikstofoxides". Hiermee werd invulling gegeven aan één van de actiepunten (nr. 9) van een milieu-werkprogramma dat met de Provincie in 1993 is opgesteld (zie bijlage 1). De 10 actiepunten zijn inmiddels uitgevoerd en gerapporteerd.

De samenvatting van de studie naar de emissiereductie vindt men in bijlage 2.

Voor de verwijdering van zwavel kwamen als BAT alleen droge en natte insputting van een geschikt absorbens (bijv. kalkhydraat) in de gasstroom in aanmerking.

Wat betreft de bereikbare SO₂-emissiereductie dient men voor de relatief lage ingangconcentratie bij ENCI uit te gaan van een reductie van ca. 40%.

Als bewezen techniek voor cementovens is ENCI alleen het systeem van de fabriek van Holderbank in Untervaz (Zwitserland) bekend. Deze installatie hebben wij in 1995 bezocht.

Ook overleg met de gerenommeerde Oostenrijkse leverancier van rookgasreinigingsinstallaties AE (Austrian Energy and environment) leverde een aanbieding op die identiek is aan de installatie in Untervaz.

Gezien het investeringsniveau (15 miljoen gulden) en de hoge kosten per ton klinker is deze techniek voor ENCI niet haalbaar. In het investeringsbedrag van 15 miljoen zijn nog niet opgenomen de extra kosten voor een tweede stoffilter. De totale investeringen in Untervaz bedragen 35 miljoen gulden!

In tegenstelling tot de kalksteen van ENCI bevat de kalksteen in Untervaz veel pyritische zwavel, wat tot een onaanvaardbare emissie van 3000 mg/Nm³ leidde. De huidige norm is 500 mg/Nm³.

Goedkopere technologieën, zoals "in stream kalkinjectie", zijn in principe zowel met een E-filter als doekfilter mogelijk. De verdeling van de kalkhydraatdeeltjes in de gasstroom is problematisch. Het wordt dan moeilijk het proces zodanig te sturen dat aan stricte emissie-eisen wordt voldaan. Het toepassingsgebied is gelimiteerd tot een ondergrens van ca. 400 mg/Nm³.

Proeven met deze techniek zijn zowel in Zwitserland als Duitsland uitgevoerd, maar deze hebben niet geleid tot een invoering van deze technologie.

ENCI volgt de ontwikkelingen op DESOX-gebied in de cementwereld op de voet, met name door regelmatig overleg met de leveranciers van milieu-equipment.

Zo is er binnenkort een studiedag in Brussel, waarbij FLS Miljö o.a. de jongste ontwikkelingen op DESOX-gebied presenteert.

ENCI heeft samen met AE in 1995 een verkennende studie naar emissie-reductie uitgevoerd, resulterend in een ontwerp met o.a. een DESOX door kalkinjectie in een sproeitoren tussen E-filter en doekfilter.

Zeer recent (juni 1997) is door ENCI bij ABB-Fläkt in Zweden gediscussieerd over de diverse DESOX-technologieën voor een cementoven.

ABB-Fläkt beschikt in Växjö over een omvangrijk research-centrum voor rookgasreiniging.

Op het gebied van DESOX-technologie kan men de volgende ontwikkelingstadia met afnemende complexiteit en kosten onderscheiden.

Wet Scrubber

Natte gaswasser voor de verwijdering van alle zure componenten, dus naast SO₂ ook HCl en HF. Het ontzwavelen in de natte fase heeft als nadeel dat men de vervuiling eerst van het lucht- naar het watercompartiment verplaatst, waarna men via een waterzuiveringsinstallatie tot de definitieve afscheiding van zwavel en andere uitgewassen toxische componenten moet komen.

Spray Dry Desulpharization (SDD)

Halfdroge DESOX met kalkhydraatinjectie in een sproeidroogtoren tussen twee ontstoffingsinstallaties (twee 2 E-filters of E-filter + doekfilter). Voordeel: het product van de ontzwaveling kan direct worden gerecirculeerd naar de cementoven en/of de cementmaling. Nadeel: duur en niet kosteneffectief bij relatief kleine zwavelstromen.

New Industrial Development (NID)

Speciaal voor situaties, waar een beperkte hoeveelheid zwavel moet worden verwijderd tegen aanvaardbare kosten, wordt momenteel het "NID"-proces ontwikkeld.

Het betreft een speciale vorm van "in stream" kalkinjectie. Het hart van de installatie is een speciale mengschroef waarin een grote recirculatie-stofstroom wordt bevochtigd en gemengd met reagens (bijv. kalkhydraat). Zie bijlage 4.

De resultaten zijn veelbelovend, ook bij lagere SO₂-concentraties.

Voordelen:

- slechts een (bestaande) ontstoffingsinstallatie nodig (E- of doekfilter)
- geen grote sproeidroogtoren nodig
- toch een goede verdeling van het absorbens
- lage investering en laag energieverbruik.

Het project verkeert in het pilot stadium. In het research-centrum werden veelbelovende resultaten behaald en men probeert NID nu uit op deelstromen in de praktijk.

ENCI zal de toepasbaarheid van het NID-proces nader bestuderen.

De voorgenomen investering in een nieuw geavanceerd E-filter past volledig in een eventuele toekomstige aanschaf van deze technologie.

Conclusie

Op grond van het bovenstaande is door ENCI geen DESOX in het voorkeursalternatief opgenomen.

4. Bypass-technologie

De bypass-technologie wordt bij een cementoven toegepast voor het verlagen van de chloor- en alkali-kringlopen. Hierbij wordt een deel van het hete, met stof beladen ovengas dat rijk is aan vluchtige componenten afzonderlijk afgekoeld en ontstoft.

Het bypass-stof moet worden afgevoerd zodat de componenten niet meer in de kringloop komen. Dit kan een ernstig probleem opleveren vanwege de samenstelling van het stof.

Een chloorbypass wordt toegepast om de aanzetproblemen in ovens met een hoge chloorinput op te heffen. Een alkalibypass maakt het mogelijk low-alkali cementklinker te produceren.

Toepassing van de bypass-techniek om de zwavelemissie te verlagen is niet effectief. Er is ons geen voorbeeld bekend.

De fabriek van CBR in Antoing beschikt over een bypass voor chloor van max. 15% van het ovengas. Hiermee worden de chloorproblemen voorkomen, maar de zwavelemissie is er niet door verlaagd.

Nadelen van de bypass-techniek zijn het genoemde reststofprobleem en een toename van het energieverbruik van de installatie. Een deel van het ovengas wordt namelijk afgekoeld met water, zodat de warmte niet benut kan worden in de kalksteendroger.

Bijlagen:

1. Werkprogramma Milieu ENCI
2. Samenvatting Emissie-reductietechnieken
3. FLS miljö "Electrostatic Precipitator vs. Bag Filter"
4. Schema NID-reagent and recirculation concept

BIJLAGE 1

2.8 Optimalisatiestudie Emissies Oven 8

Doel : Optimaliseren emissies

Toelichting : Een projectgroep "Optimaliseren emissies Oven 8" wordt geïnstalleerd. Beoogd wordt het optimaliseren van de emissies door het onderzoeken van relaties met procescondities. Elke variatie vergt enkele weken voordat een evenwicht wordt bereikt en het effect vastgesteld kan worden. Als randvoorwaarden gelden de bedrijfszekerheid en de productkwaliteit. Een belangrijk onderdeel is de zwavelhuishouding in de cementoven. Op basis van metingen en input-gegevens moet inzicht verkregen worden in het niveau en de variaties van het zwavelbindingsrendement en de factoren die dit rendement beïnvloeden.

Resultaat : Onderzoeksrapport

Tijdschema : Aanvang : juli 1993 einde : einde 1994

2.9 Emissiereducties SO₂ en NO_x

Doel : Studie emissiereducties SO₂ en NO_x

Toelichting : In voorschrift II.B.8 van de vergunning is bepaald dat een studie moet worden verricht naar de mogelijkheden om de emissies van NO_x en SO₂ te reduceren. Daarbij dienen ook de Best Technical Means onderzocht te worden

Resultaat : Rapport

Tijdschema : Aanvang : 1993 einde : 1994

2.10 Vracht of concentratie als emissie-eis

Doel : Discussie over nieuwe emissie-normen

Toelichting : Op dit moment worden aan de concentraties en uurvrachten NO_x en SO₂ emissie-eisen gesteld. Door ENCI wordt voorgesteld de mogelijkheid te bespreken dit te beperken tot uitsluitend de vrachten in een nieuwe WMB-vergunning. Hierin worden de resultaten van de verschillende studies van dit werkprogramma betrokken

Resultaat : Revisievergunning

Tijdschema : Aanvang : 1994 einde : 1996

BIJLAGE 2

Samenvatting

Zwavel wordt in de productie van cement toegevoerd via grondstof en brandstof en verlaat het proces als sulfaat in de klinker of als gasvormig zwaveldioxide (SO_2) in het rookgas. Het grootste deel van de in de sinterzone dissociërende sulfaatzwavel wordt in de klinker gebonden en het overgebleven deel wordt grotendeels geabsorbeerd in de cyclonen-warmtewisselaars. De meer vluchtige sulfidezwavel en organisch gebonden zwavelverbindingen komen al vrij in het bovenste gedeelte van de cyclonen en komen grotendeels in de atmosfeer terecht.

Stikstofoxiden (NO_x) ontstaan bij elke verbranding bij hoge temperatuur. Thermische NO wordt gevormd in de vlam ($1400\text{ }^\circ\text{C}$) door stikstof en zuurstof uit de verbrandingslucht. De vorming is sterk afhankelijk van de temperatuur. Brandstof-NO wordt al gevormd bij temperaturen beneden $900\text{ }^\circ\text{C}$ en wordt gevormd door stikstof uit de brandstof en zuurstof uit de verbrandingslucht. Van de gevormde NO wordt 5 tot 10% omgezet tot NO_2 .

Een goede reductiemaatregel is het voorkomen of verminderen van de vorming van SO_2 en NO_x door middel van procesgeïntegreerde maatregelen.

Zo kan de SO_2 -vorming onder andere verminderd worden door een verhoging van het zuurstofgehalte in het ovensgas en een fijne meelverdeling. Het kiezen van zwavelarme grond- en brandstoffen lijkt weinig invloed te hebben op de SO_2 -emissie (afgezien van grondstoffen met pyritische zwavel).

De NO_x -vorming kan verminderd worden door een verlaging van de vlamtemperatuur en verkleining van de zuurstofconcentratie.

Zowel de SO_2 - als de NO_x -vorming kunnen worden beperkt door een constante procesvoering, het vermijden van temperatuurpieken en een optimalisatie van de vlamvorm.

De brander is ook van invloed op de NO_x -vorming. Gekozen kan worden voor waterinspuiting in een bestaande drie-kanaals brander of het toepassen van een zogenaamde low- NO_x brander.

Een meer ingrijpende maatregel is het toepassen van meertrapsverbranding, waarbij de NO_x -vorming wordt tegengegaan door het gedeeltelijk stoken met een luchttondermaat, gevolgd door een volledige verbranding van de ontstane brandstofresten.

Een verdergaande procesgeïntegreerde maatregel om SO₂-emissies te controleren is de directe inspuiting van een absorbens, zoals kalkhydraat (Ca(OH)₂) of geactiveerd vliegias, in een gasleiding. Het is mogelijk om het absorbens droog in te spuiten bij hoge temperaturen voordat of nadat het rookgas met water wordt bevochtigd. Het water is belangrijk voor de reactie tussen het absorbens en het SO₂. Als reactieproduct ontstaat gips, dat weer in de cementproductie te gebruiken is. Het temperatuurgebied voor deze techniek ligt tussen 200 en 400 °C bij verblijftijden van 30 tot 60 seconden. Van invloed op de SO₂-omzetting zijn de temperatuur, het watergehalte, de verhouding tussen de hoeveelheid ingespoten absorbens en de concentratie SO₂ in het rookgas en in mindere mate het specifieke oppervlak van het absorbens. De zuurstof- en koolstofdioxide-gehalten zijn niet van invloed op de SO₂-omzetting. De te bereiken SO₂-reductie ligt tussen de 60 en 80%. Een tweede mogelijkheid is het inspuiten van natte absorbens bij lage temperaturen van 70 tot 170 °C en korte verblijftijden van enkele seconden. Hierbij kunnen reducties van 40 tot 80% bereikt worden.

Om NO_x-emissies te controleren is het mogelijk om NH_x-bevattende absorbentia in de gasleiding te doseren. Dit zogenaamde SNCR-proces gebeurt in het temperatuurgebied van 900-1100 °C. Dit temperatuurgebied is eventueel te verlagen door het inbrengen van stoffen die OH-radicalen kunnen leveren. Deze radicalen bevorderen de omzetting van het absorbens in reactieve tussenproducten. Als absorbentia worden voornamelijk ammoniak-water en ureum-oplossingen gebruikt. Ammoniak-water geeft iets betere resultaten dan ureum-oplossingen, maar brengt wel hogere bedrijfskosten met zich mee. Als reactieproduct van de NO_x-omzetting ontstaan stikstof, waterdamp en in mindere mate lachgas (N₂O).

De NO_x-omzetting is afhankelijk van de verhouding tussen de hoeveelheid ingespoten absorbens en de NO_x-concentratie. De invloed van het zuurstof- en waterdampgehalte op de NO_x-omzetting is gering. Als de eis van kracht is, dat er geen extra ammoniak-uitstoot mag optreden, dan is de bereikbare NO_x-reductie ongeveer 60%.

Indien procesgeïntegreerde emissiereductietechnieken onvoldoende effect hebben kan bestudeerd worden of een nageschakelde techniek haalbaar is. Een voorbeeld hiervan is een nareiniging met actieve koolstof. Actieve cokes kan gebruikt worden als katalysator voor de reiniging van SO₂ en NO_x, maar ook van andere verontreinigingen, zoals zware metalen, koolwaterstoffen, halogenen, dioxines en stof.

SO₂ wordt op het oppervlakte van de katalysator omgezet in zwavelzuur, waardoor de katalysator periodiek geregenereerd moet worden. Deze omzetting vindt plaats bij ongeveer 200 °C.

De NO_x-omzetting verloopt katalytisch met behulp van ammoniak, waarbij alleen gasvormige reactieproducten ontstaan. Hierdoor is het bij de NO_x-omzetting niet nodig om de katalysator periodiek te regenereren. De NO_x-omzetting vindt plaats boven 90 °C.

Het is niet mogelijk om met één katalysator simultaan SO₂ en NO_x te verwijderen uit het rookgas, zodat twee in serie geschakelde reactoren nodig zijn, waarbij eerst het SO₂ verwijderd wordt.

SO₂-reducties van 95% en NO_x-reducties van 70% zijn mogelijk. De NO_x-reductie kan nog verder worden verhoogd bij het gebruik van aangepaste koolstof-katalysatoren.

Doordat alle reacties in de poriën van de koolstof-katalysator exotherm zijn en zuurstof zich bijzonder sterk in de poriën bindt, bestaat er gevaar voor zelfontbranding van de actieve koolstof. Het is daarom belangrijk, dat de ontstane warmte door het rookgas wordt afgevoerd.

Een ander proces voor de simultane reiniging van SO₂ en NO_x is het DESONOX-proces. Dit proces bestaat uit een selectieve katalytische NO_x-reductie met behulp van ammoniak en een speciale oxidatie-katalysator voor de omzetting van SO₂ in zwavelzuur.

Voor de verwijdering van NO_x wordt gebruik gemaakt van speciale katalysatoren bij temperaturen van 400 tot 460 °C. Als reactieproducten ontstaan stikstof en water.

Bij de verwijdering van SO₂ wordt dit eerst katalytisch geoxideerd tot SO₃ bij temperaturen van 400 tot 450 °C, waarna het SO₃-rijke gas tot zwavelzuur wordt gecondenseerd.

NO_x-reducties van 80% en SO₂-reducties rond 90% zijn mogelijk.

SO₂ en NO_x kunnen ook uit het rookgas worden verwijderd met behulp van het elektronenstraalproces bij 60 tot 120 °C. Hierbij wordt ammonium-sulfaat-salpeter (ASS) gevormd, dat verkoopbaar is. Door middel van een elektronenstraal ontstaan vrije radicalen, die met NO en SO₂ reageren tot respectievelijk salpeterzuur en zwavelzuur. Deze zuren worden vervolgens met behulp van ammoniak omgezet in ASS.

SO₂- en NO_x-omzettingen van respectievelijk 80 en 95% zijn mogelijk in dit nog experimentele elektronenstraalproces.

Een ander proces is de verwijdering van SO_2 bij $300\text{ }^\circ\text{C}$ met behulp van een met electrolyt gevulde membraan onder invloed van een elektrisch veld, waarbij een SO_3 -rijk gas wordt gevormd, dat verwerkbaar is tot zwavelzuur. De bereikbare SO_2 -reductie is 90%.

Tenslotte kunnen SO_2 en NO_x simultaan uit het rookgas verwijderd worden bij $300\text{-}450\text{ }^\circ\text{C}$ met behulp van een koperoxide-absorbens op een silica-drager. Hierbij wordt het NO_x omgezet tot stikstof en water. Het SO_2 wordt aan het koperoxide geabsorbeerd en kan na regeneratie als SO_2 -rijk gas verwerkt worden tot zwavelzuur. De bereikbare reductie van SO_2 en NO_x zijn respectievelijk 60 en 80-98%.

In onderstaande tabellen worden de hoofdpunten van de reductietechnieken met elkaar vergeleken.

Tabel S-1, Vergelijking emissie-reductietechnieken

Emissie-reductie techniek	Reductie van	Reducties (%)		Temperatuurgebied (°C)		Verhoging reductie door
		SO ₂	NO _x	SO ₂	NO _x	
waterinspuiting in vlam	NO _x		0-40		>1400	fijnere verneveling
low-NO _x brander	NO _x		10-50		>1400	instelling aanpassen aan oven
zuurstofconcentratie verhogen (vergroten ventilatoren)	SO ₂	50		in sinterzone		Fuzzy Logic regeling van SO ₂ -emissie
ovenbesturingssysteem (Fuzzy Logic)	SO ₂ , NO _x	voorkómen van pieken	voorkómen van pieken	gehele proces	gehele proces	specifieke algoritmen voor SO ₂ en NO _x emissie
meertrapsverbranding	NO _x		10-50		empirisch vast te stellen	optimale inzet restbrandstoffen
verbeteren contact meel\gas	SO ₂ ,	20?		800-1000° C		o.a. hefschoepen in draaien-oven

Tabel S-2, Vergelijking nageschakelde emissie-reductietechnieken

Emissie-reductie-techniek	Reductie van	Reducties (%)		Temperatuurgebied (°C)		Verhoging reductie door
		SO ₂	NO _x	SO ₂	NO _x	
inspuiting kalkhydraat (droog)	SO ₂	60-80		200-400		-temperatuurverhoging -verhoging Ca/S -verhoging H ₂ O-conc.
inspuiting kalkhydraat (nat)	SO ₂	40-80		70-170		-verhoging Ca/S
SNCR met ammoniak	NO _x		60		900-1100	-verhoging NH ₃ /NO verhouding
actieve cokes	SO ₂ , NO _x , stof zware metalen halogenen dioxines	>95	70	25-200	90-110	voor SO ₂ : -temperatuur niet te hoog voor NO _x : -NH ₃ /NO verhouding omhoog -O ₂ -conc. omhoog -H ₂ O-conc. omhoog
Waterloo	SO ₂ , NO _x , stof zware metalen halogenen dioxines	>95	80-90	100	130-150	voor SO ₂ : -verhoging H ₂ O-conc.
DESONOX	SO ₂ , NO _x	>90	80	400-450	400-460	
elektronen-straal	SO ₂ , NO _x en andere verontreinigen	80	55	60-120	60-120	
membraan-proces	SO ₂	98		300		-gebruik van een pre-oxidatie-katalysator
koperoxide absorbers	SO ₂ , NO _x	60	80-98	300-450	300-450	voor SO ₂ : -verhogen H ₂ O-conc. voor NO _x : -bij optimale temp.

BIJLAGE 3

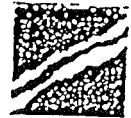
Electrostatic Precipitator vs. Bag Filter

For a number of different applications both the Electrostatic Precipitator and the Bag Filter (Baghouse, Fabric Filter) are capable of reducing particulate emission to the requested level.

Since the early stage of the Electrostatic Precipitator applications, improvement in design and especially the introduction of microprocessor technology for the control system of the high voltage power supply, has significantly improved the efficiency of Electrostatic Precipitators. Below table gives a comparison of the two types of dust collectors:

Electrostatic Precipitator (ESP)	Bag Filter (BF)
<p>Operation The ESP can easily accept high temperature, normally up to 400-450 oC, and the FLS ESP is specially designed to allow free heat expansions of all internal parts. The maximum temperature of 400-450 oC is due to the structural strength of the steel. We have although experienced temperature above 550 oC, without damage to the ESP. So, abnormal operation with high temperature, does not necessitate stop of the ESP.</p>	<p>The BF is sensitive to high temperature, which will damage the fabric of the bags. If Nomex bags are used, a temperature of 180 oC will be the maximum operation temperature. In case the temperature will exceed 180 oC it will be necessary to cool the gas, either by air bleeding or by air-to-air heatexchanger, which will increase the cost of installation and operation. By using glassfiberbags temperature up to 250 oC can be accepted.</p>
<p>Operation Cost Due to the very low pressure drop of the ESP, approx. 20-30 mmWG, the power consumption of the flue gas fan becomes relatively low, which gives specifically, a total lower power consumption, also taking into account the power consumption of the ESP itself.</p>	<p>Depending on the type of bag and design of the BF, the pressure drop will be around 100-200 mmWG. The power consumption will be approx. 11kW/1000 m³/50 mmWG, which often will result in a significantly higher power consumption by operating a BF instead of an ESP.</p>

<p>Corrosion Condensation might result in corrosion of the collecting plates and discharge electrodes if the ESP is operated with temperature below the dew point of the gas. However, experience shows that this occurs very seldom and as a number of steps like proper insulation and electrical heating of the bottom hopper can be taken, the problem can be avoided.</p>	<p>Condensation might damage the fabric used for the bags (Hydrolyses and clogging), as well as the tread-net on which the bags are located. Glassfiberbags will however not hydrolyse. Wet bags can be clogged, when dust enters the bag. Also the casing itself can be corroded. During start up, it might be required to by-pass some of the sections in order to avoid condensation of the bags due to low dew point, which then might cause emission problem.</p>
<p>Efficiency The ESP can today be sized for extreme high efficiencies of 99.99%, and dust emissions for some processes are today guaranteed down to 5 mg/Nm³. All kinds of particles can be dedusted in the ESP, and it is relatively insensitive to fluctuation of the process.</p>	<p>At dry, none abrasive dust and a low moisture content, the BF can operate with high efficiency.</p>
<p>Upgrading As enviromental laws tend to become more and more strict, the future might require increasement of the efficiency. Here, the ESP offers the possibility to increase the efficiency simply, by replacing the conventional DC-generators with High Pulse-generators. FLS miljø are world leaders in this field, with a number of successfully installed High Pulse Generators.</p>	<p>Improvement of BF might be possible by changing the fabric of the bags but in most cases, an enlargement of the BF casing, i.e. a larger fabric area are required. This again, will often require the fan capacity to be increased also.</p>



<p>Maintenance The ESP requires a significantly lower maintenance than the BF. In general, an ESP can maintain the efficiency for half and whole years under normal operation, without the need to stop the process for maintenance of the unit. The cost of maintenance for the ESP will also be significantly lower than for the BF. Often, the additional initial cost for an ESP will be paid back within 3-4 years, by the savings in maintenance cost.</p>	<p>The BF requires more maintenance than the ESP because the bags have to be replaced, the valves have to be controlled and the sealing of the dampers between the boundaries of clean and flue gas, has to be checked. In case a single bag will be damaged, it will result in high emission. Normally one section can be isolated, which allows the damaged bags to be changed, however, with higher emission during the repair as a result. The lifetime of Nomex bags is 1-1.5 years and for Glassfiberbags it is 3-4 years before replacement is required.</p>
<p>Chemical Resistance Acid content in the flue gas might result in corrosion of the collecting plates and discharge electrodes, especially around the dew point of the sulphuric acid of ca. 150 oC. If there is a risk for this, the ESP can be designed with stainless steel or aluminium collecting plates and stainless steel discharge electrodes.</p>	<p>Acid and flouric contents can cause corrosion of the fabric of the bags. This is normally a problem in the temperature range of 120-150 oC. Some dust will agglomerate so that the bags can be difficult to clean, and hence require design of the BF with relatively big fabric area or very frequently cleaning intervals which will reduce the lifetime of the bags.</p>
<p>Dimensioning As the ESP has a welknown pressure drop of 20-30 mmWG from flange to flange, the dimensioning of the flue gas fan regarding pressure and gas volume capacity becomes very reliable and results in optimum sizing.</p>	<p>For the BF the estimation of the pressure drop is more unreliable and false air entering the BF also requires a bigger fan and a higher power consumption.</p>
<p>Dust Handling Experience with ESP shows that the dust is precipitated so steady that a buffer silo will not be required, in case the dust has to be recovered and dosed back into the process.</p>	<p>The BF discloses the dust in an unregular way, probably due to the technique of pulse cleaning the bags. This might, for some processes require a buffersilo, if the dust is to be recovered.</p>



<p>Conclusion In Europe, the ESP for many years has been the most attractive dust collector, due to the low maintenance and operation cost. The ESP can be designed to very low dust emissions and will normally offer a very reliable operation.</p>	<p>A BF with glassfiberbags offers a high efficiency. The overall power consumption and maintenance cost will be higher than for the ESP.</p>
---	---

BIJLAGE 4

NID-REAGENT AND RECIRCULATION CONCEPT

