

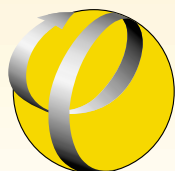
Emissies uit bijstoken van gevaarlijke afvalstromen

in vergelijking tot BLA en AVI

Aanvullende notitie bij “Emissies uit bijstoken, verbranden en vergassen van niet-gevaarlijke afvalstromen, in vergelijking tot BLA en AVI”

Delft, februari 2000

Opgesteld door: drs S.A.H. Moorman
 drs H.J. Croezen



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

drs S.A.H. Moorman, drs H.J. Croezen

Emissies uit bijstoken, verbranden en vergassen van gevaarlijke afvalstromen, in vergelijking tot BLA en AVI, aanvullende notitie

Delft : Centrum voor energiebesparing en schone technologie, 2000

Afvalverbranding / Thermische behandeling / CO-verbranding / Verbranding / Vergassing / Emissies / Residu / Afval / Procestechologie / Vergelijkend onderzoek / Rookgasreiniging / Kosten

Dit rapport kost f 22,50 (€ 10,21) (exclusief verzendkosten).

Publicatienummer: 00.5713.02

Opdrachtgever: Ministerie van VROM, directie Lucht en Energie

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider mevrouw S.A.H. Moorman.

© copyright, CE, Delft

Het CE in het kort

Het Centrum voor energiebesparing en schone technologie (CE) is een onafhankelijk onderzoek- en adviesbureau dat werkzaam is op het raakvlak van milieu, economie en technologie. Wij stellen ons tot doel om vernieuwende, structurele oplossingen te ontwikkelen die beleidsmatig haalbaar, praktisch uitvoerbaar en economisch verstandig zijn. Inzicht in de verschillende maatschappelijke belangen is daarbij essentieel.

Het CE is onderverdeeld in vier sectoren die zich richten op de volgende werkvelden:

- milieu-economie
- verkeer en vervoer
- materialen en afval
- (duurzame) energie

Van elk van deze werkvelden is een publicatielijst beschikbaar. Geïnteresseerden kunnen deze opvragen bij het CE. Daarnaast verschijnt er tweemaal per jaar een nieuwsbrief met daarin een overzicht van de actuele projecten. U kunt zich hierop zonder kosten abonneren (tel: 015-2150150).

Inhoud

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Voorwoord | 1 |
| 2 | Uitgangspunten | 3 |
| 2.1 | Beschouwde afval-techniek-combinaties | 3 |
| 2.2 | Kenmerken van afvalstromen | 3 |
| 2.3 | Uitgangspunten technieken en rookgasreiniging | 4 |
| 3 | Resultaten | 5 |
| 3.1 | Emissies t.o.v. BLA- en AVI-niveau | 5 |
| 3.1.1 | Kwalitatief overzicht | 5 |
| 3.1.2 | Overschrijdingsfactoren | 6 |
| 3.2 | Rookgasreiniging | 7 |
| 3.3 | Toxische stoffen buiten BLA | 8 |
| 4 | Conclusies | 9 |
| A | Chemische samenstelling afvalstromen | 13 |
| B | Emissieniveaus BLA en AVI | 15 |
| C | Bijstoken in poederkoolcentrale | 17 |
| D | Bijstoken in cementoven | 19 |
| E | Overzicht emissies t.o.v. BLA en AVI | 21 |
| | Literatuur | 25 |

1 Voorwoord

Voorliggende notitie is opgesteld door het Centrum voor energiebesparing en schone technologie (CE) in opdracht van het Ministerie van VROM, directie Lucht en Energie. Deze notitie is een aanvulling op de rapportage "Emissies uit bijstoken, verbranden en vergassen van niet-gevaarlijke afvalstromen, in vergelijking tot BLA en AVI" [5], waarin alleen niet-gevaarlijke afvalstromen zijn beschouwd. Deze aanvullende notitie richt zich specifiek op gevaarlijke afvalstromen.

In totaal zijn zeven gevaarlijke afvalstromen bekeken. Gegevens hiervan zijn afkomstig uit de MER voor de Maasvlakte-centrale [3]¹. Als technieken voor verwerking van deze gevaarlijke afvalstromen zijn beschouwd:

- bijstoken in een poederkoolcentrale;
- bijstoken in een cementoven.

Geanalyseerd zijn de emissies (BLA en niet-BLA) die optreden bij de verwerking van de afvalstromen in de afvalverwerkingstechnieken en de rookgasreiniging die (eventueel) nodig is om de emissies te laten voldoen aan BLA-niveau en het gemiddelde emissieniveau van een AVI.

Bij de analyses van emissies en kosten van eventuele rookgasreiniging ligt de nadruk op het bepalen van *ordegroottes*. Waar mogelijk is gebruik gemaakt van eerder ontwikkelde modellen uit de BTC-studie [1], eventueel met geringe aanpassingen. Verder is gebruik gemaakt van literatuur, raadpleging van experts en eigen inzichten. Achtergrondinformatie over de technieken is te vinden in [5].

¹ Bij de ENCI cementoven bestaan geen plannen voor bijstoken van gevaarlijk afval.



2 Uitgangspunten

2.1 Beschouwde afval-techniek-combinaties

In onderstaande tabel staat een overzicht van de geselecteerde afval-techniek-combinaties. De afvalstromen zijn geselecteerd uit de MER Maasvlakte [3], als zijnde afvalstromen die zullen worden bijgestookt in de Maasvlakte-centrale. Bij de analyse is gekeken naar het bijstoken van deze afvalstromen in poederkoolcentrales en in een cementoven. Bijstoken in een poederkoolcentrale sluit aan op de huidige praktijk van verwerking van gevaarlijk afval in Nederland. Bij de enige Nederlandse cementoven (van de ENCI) is geen bijstoken van gevaarlijk afval voorzien. Deze is voor het verkrijgen van inzicht in de emissies toch meegenomen in deze studie.

Tabel 1 Beschouwde afval-techniek-combinaties

| Afvalstroom | Technieken | |
|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | Bijstoken in poederkoolcentrale | Bijstoken in cementoven |
| Veegkolen | X | X |
| Oplosmiddelen | X | X |
| Olie maximaal | X | X |
| Olie gemiddeld | X | X |
| Restproduct chemische industrie | X | X |
| Arcru | X | X |
| Heavy ends | X | X |

2.2 Kenmerken van afvalstromen

In onderstaande tabel staat een beknopte beschrijving van de geselecteerde afvalstromen.

Tabel 2 Beschrijving gevaarlijke afvalstromen

| Afvalstroom | omschrijving | stookwaarde (GJ/ton) | beoogd bijstookvolume (kton/jaar) |
|---------------------------------|--|----------------------|-----------------------------------|
| Veegkolen | afkomstig uit kolenoverslagbedrijf | 16 | 10 |
| Oplosmiddelen | halogeenarme oplosmiddelen, die niet meer middels destillatie kunnen worden opgewerkt (surplus van verwerkingsbedrijven) | 33 | 10 |
| Olie maximaal | olie-fractie van olie/water/slibmengsels die ontstaan bij reparaties van voertuigen en machines (surplus van verwerkingsbedrijven) | 39 | 5 |
| Olie gemiddeld | | 38 | 5 |
| Restproduct chemische industrie | ? | 29 | 38 |
| Arcru | ? | 28 | 10 |
| Heavy ends | restproduct van chemische industrie | 16 | 1,2 |

2.3

Uitgangspunten technieken en rookgasreiniging

Er is gekeken naar bijstoken in een poederkoolcentrale en bijstoken in een cementoven. Hiervoor gelden de volgende uitgangspunten:

Bijstoken in poederkoolcentrale

Bij bijstoken in poederkoolcentrale is uitgegaan van het huidige Nederlandse park van poederkoolcentrales (inclusief spreiding). Het gemiddeld vermogen van deze poederkoolcentrales is ca. 600 MW. Er is gerekend met 10 massa% bijstook van afval. De door bijstoken van afval veroorzaakte emissies zijn toegerekend aan het afvaldeel; er is dus niet gerekend met verdunning van de rookgassen met de van kolen afkomstige rookgassen.

Wat betreft de rookgasreiniging is gerekend met twee rookgasreinigingsniveaus:

- de standaard rookgasreiniging van het Nederlandse park, bestaande uit een elektrofilter voor stof, rookgasontzwaveling (ROI) en al dan niet een SCR voor NO_x ;
- extra rookgasreiniging met een doekfilter met actieve koolinjectie.

Bijstoken in cementoven

In deze studie is uitgegaan van de cementoven van ENCI met een vermogen van $100 \text{ MW}_{\text{input}}$ en 30% bijstook op energiebasis. In Nederland zijn geen andere cementovens. De emissies zijn toegerekend aan het afvaldeel.

3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de studie gepresenteerd. Het gaat hier om de vergelijking tussen de concentraties van verontreinigingen in de rookgassen van de afval-techniek-combinaties en twee referentieniveaus, te weten de emissienormen volgens BLA (Besluit Luchtemissies Afvalverbranding) en de restconcentraties van een AVI voor huisvuilverbranding. Voor de AVI is gerekend met de gemiddelde emissies in 1997 [2].

Voor de precieze hoogte van de emissies in beide referentiesituaties verwijzen we naar bijlage B van deze rapportage. De gegevens per techniek (ruwe rookgassen, rookgasreiniging) worden gepresenteerd in de bijlagen C en D in voorliggende rapportage en bijlage D en E in de rapportage "Emissies uit bijstoken, verbranden en vergassen van niet-gevaarlijke afvalstromen, in vergelijking tot BLA en AVI" [5]. In bijlage E van deze rapportage staat een overzicht van de verhouding van de emissies van de verschillende afval-techniek-combinaties t.o.v. BLA- en AVI-niveau.

3.1 Emissies t.o.v. BLA- en AVI-niveau

3.1.1 Kwalitatief overzicht

Tabel 3 Score van de technieken t.o.v. BLA-niveau

| Component | Technieken | | |
|-------------------------------|---|--|-------------------------|
| | Bijstoken in poederkoolcentrale zonder doekfilter | Bijstoken in poederkoolcentrale met doekfilter | Bijstoken in cementoven |
| Stof | ≈ | < | < |
| HCl | </> ^{1,2} | </> ¹ | < |
| HF | </> ^{1,2} | < | < |
| CO | < | < | > |
| C _x H _y | < | < | > |
| SO ₂ | </> ¹ | </> ^{1,2} | </> ¹ |
| NO _x | </> ² | </> ² | > |
| Som ZM | </> ^{1,2} | < | << |
| Cd | < | < | << |
| Hg | </> ^{1,2} | < | </> ¹ |
| PCDD/F | << | << | < |

legenda:

- ≈ **emissieniveau ongeveer gelijk aan BLA**
- > **emissieniveau hoger dan BLA**
- >> **emissieniveau veel hoger dan BLA**
- < **emissieniveau lager dan BLA**
- << **emissieniveau veel lager dan BLA**

¹ Afhankelijk van de specifieke afvalstroom.

² Afhankelijk van de specifieke kolencentrale waarin de afvalstroom wordt meegeestookt.

Tabel 4 Score van de technieken t.o.v. AVI-niveau

| Component | Technieken | | |
|-------------------------------|---|--|-------------------------|
| | Bijstoken in poederkoolcentrale zonder doekfilter | Bijstoken in poederkoolcentrale met doekfilter | Bijstoken in cementoven |
| Stof | ≈ | ≈ | ≈ |
| HCl | </> ¹ | </> ¹ | </> ¹ |
| HF | </> ¹ | </> ¹ | </> ¹ |
| CO | < | < | > |
| C _x H _y | > | > | > |
| SO ₂ | </> ¹ | </> ¹ | </> ¹ |
| NO _x | </> ² | </> ² | > |
| Som ZM | </> ¹ | </> ¹ | < |
| Cd | </> ¹ | < | < |
| Hg | </> ¹ | </> ¹ | > |
| PCDD/F | > | < | >> |

legenda:

- ≈ **emissieniveau ongeveer gelijk aan AVI**
- > **emissieniveau hoger dan AVI**
- >> **emissieniveau veel hoger dan AVI**
- < **emissieniveau lager dan AVI**
- << **emissieniveau veel lager dan AVI**

¹ Afhankelijk van de specifieke afvalstroom.

² Afhankelijk van de specifieke kolencentrale waarin de afvalstroom wordt meegeestookt.

Uit Tabel 3 blijkt dat het al dan niet halen van BLA over het algemeen afhankelijk is van de specifieke afvalstroom. Alleen bij stof, Cd en PCDD/F wordt bij alle beschouwde afvalstromen aan BLA voldaan. Bij poederkoolcentrales zonder aanvullende rookgasreiniging kunnen, afhankelijk van de afvalstroom, overschrijdingen optreden voor HCl, HF, SO₂ zware metalen en Hg, bij cementovens zonder aanvullende rookgasreiniging voor SO₂ en Hg.

Uit Tabel 4 blijkt dat ook ten opzichte van AVI-niveau de verschillen tussen de verschillende afvalstromen groot zijn. Concentraties van HCl, HF en SO₂ (poederkool en cementoven), zware metalen, Cd en Hg (alleen poederkool) kunnen, afhankelijk van de specifieke afvalstroom, zowel hoger als lager dan AVI-niveau zijn. Bij de cementoven geldt verder dat de concentraties van zware metalen en cadmium lager zijn dan AVI-niveau.

3.1.2 Overschrijdingsfactoren

In onderstaande tabellen wordt voor de afval-techniek-combinaties waarbij een overschrijding van BLA, danwel het AVI-niveau plaatsvindt, de maximale overschrijdingsfactor (afgerond op hele getallen) gegeven. Deze factor geeft de verhouding weer tussen de rookgasconcentratie en het referentieniveau. Een '1' betekent dat er (afgerond) geen overschrijding is (factor ≤ 1). Voor een overzicht van alle overschrijdingsfactoren wordt verwezen naar bijlage E.



Tabel 5 Maximale overschrijdingsfactoren t.o.v. BLA-niveau

| Component | Technieken | | |
|-------------------------------|---|--|-------------------------|
| | Bijstoken in poederkoolcentrale zonder doekfilter | Bijstoken in poederkoolcentrale met doekfilter | Bijstoken in cementoven |
| Stof | - | - | - |
| HCl | 15 | 2 | - |
| HF | 16 | - | - |
| CO | - | - | 5 |
| C _x H _y | - | - | 3 |
| SO ₂ | 28 | 3 | 3 |
| NO _x | 4 | 4 | 9 |
| Som ZM | 2 | - | - |
| Cd | - | - | - |
| Hg | 6 | - | 11 |
| PCDD/F | - | - | - |

Tabel 6 Maximale overschrijdingsfactoren t.o.v. AVI-niveau

| Component | Technieken | | |
|-------------------------------|---|--|-------------------------|
| | Bijstoken in poederkoolcentrale zonder doekfilter | Bijstoken in poederkoolcentrale met doekfilter | Bijstoken in cementoven |
| Stof | 6 | - | 2 |
| HCl | 109 | 11 | 9 |
| HF | 158 | 8 | 6 |
| CO | - | - | 10 |
| C _x H _y | 3 | 3 | 23 |
| SO ₂ | 246 | 25 | 25 |
| NO _x | 5 | 5 | 10 |
| Som ZM | 36 | 6 | - |
| Cd | 5 | - | - |
| Hg | 64 | 13 | 128 |
| PCDD/F | 11 | - | 125 |

3.2 Rookgasreiniging

Tabel 7 Toepassing van rookgasreiniging

| Rookgasreinigingstechniek | Voldoet bij de beschouwde afvalstromen aan: | kosten-schatting (gld/ton) |
|---|--|----------------------------|
| doekfilter na poederkoolcentrale | BLA-niveau, behalve bij HCl, SO ₂ en NO _x | 50 – 60 |
| andere reagens injecteren in doekfilter na poederkoolcentrale | BLA-niveau, behalve bij NO _x | 60 – 70 |
| naverbrander na cementoven | BLA-niveau, behalve bij HCl, SO ₂ , Hg en NO _x | 40 |
| doekfilter na cementoven | BLA-niveau, behalve bij CO en NO _x | 20 |

De variatie in de kosten van het doekfilter na de poederkoolcentrale wordt veroorzaakt door verschillen tussen de verschillende afvalstromen. Voor de naverbrander is in de tabel het gemiddelde weergegeven van alle typen secundaire brandstof die in de ENCI zullen worden bijgestookt².

3.3 Toxische stoffen buiten BLA

Bij de beschouwde afval-techniek-combinaties is gekeken naar de concentraties van enkele toxische stoffen die buiten BLA vallen, te weten Ag, Ba, Be, Br, Mo en Zn. De concentraties van deze verontreinigingen zijn in alle gevallen laag, zoals blijkt uit de tabellen in de bijlagen C en D. De risico's voor de volksgezondheid zijn daarom gering.

Er zijn in de geraadpleegde bronnen geen aanwijzingen gevonden voor het voorkomen van andere potentieel toxische stoffen, zoals TI en I.

² 12 kton RWZI-slib, 10 kton rubber, 30 kton papierslib, 20 kton RDF [2].

Emissieniveaus en kosten van rookgasreiniging t.o.v. BLA en AVI

De emissieniveaus van de verschillende afval-techniek-combinaties zijn berekend op basis van m.n. praktijkgegevens, schattingen en modellering. De onzekerheid in de emissieniveaus is 20 - 40%.

1 Bijstoken in poederkoolcentrale

- **Emissies t.o.v. BLA:** Bij de standaard-rookgasreiniging van een poederkoolcentrale zijn de emissies van CO, C_xH_y, Cd en dioxines bij alle beschouwde afvalstromen onder BLA-niveau. De emissies van HCl, HF, SO₂, som ZM en Hg liggen onder of boven BLA-niveau, afhankelijk van de specifieke afvalstroom. De maximale overschrijdingsfactoren bedragen: HCl 15x, HF 16x, SO₂ 28x, zware metalen 2x, Hg 6x.
- **Emissies t.o.v. AVI 1997:** Bij de standaard-rookgasreiniging van een poederkoolcentrales zijn, afhankelijk van de specifieke afvalstroom, zowel hogere als lagere concentraties verontreinigingen in de rookgassen dan het gemiddelde AVI-niveau mogelijk. De concentratie zware metalen kan tot 36x hoger zijn dan de AVI, cadmium tot 5x en kwik tot 64x.
- **Mogelijke extra rookgasreiniging:** Door naschakeling van een doekfilter met absorbens-injectie³ (kosten: ca. 50 tot 60 gulden per ton afval, afhankelijk van de afvalstroom) is het mogelijk om de concentraties van HF, Hg en zware metalen bij alle afvalstromen tot onder BLA-niveau terug te brengen. Emissies van HCl en SO₂ zijn bij sommige afvalstromen dan nog steeds boven BLA (met een maximale factor van resp. 2 en 3). Bij toepassing van het doekfilter kunnen ten opzichte van AVI-niveau overschrijdingen optreden van de concentraties van HCl (tot 11x), HF (tot 8x), SO₂ (tot 25x), zware metalen (tot 6x) en Hg (tot 13x).
- De emissies van SO₂ en HCl zijn eventueel nog verder te reduceren door toepassing van een andere reagens⁴ met kosten van ca. 60 tot 70 gulden per ton afval, afhankelijk van de afvalstroom.

2 Cementoven

- **Emissies t.o.v. BLA:** Bij bijstoken in een cementoven worden de BLA-normen voor NO_x en CO vanwege de gebruikelijke bedrijfsvoering overschreden. Daarnaast kunnen, afhankelijk van de specifieke afvalstroom, overschrijdingen optreden bij SO₂ (tot 3x) en Hg (tot 11x). Concentraties van andere stoffen liggen op of onder BLA.
- **Emissies t.o.v. AVI 1997:** Bij bijstoken in een cementoven is de Hg-concentratie van alle beschouwde afvalstromen hoger dan de gemiddelde restconcentratie van de AVI, met een factor variërend van 2 tot 128. Daarnaast zijn bij sommige afvalstromen de concentraties van HCl, HF en SO₂ hoger dan bij de AVI. Concentraties van zware metalen en cadmium zijn over het algemeen lager.
- **Mogelijke extra rookgasreiniging:** De emissie van CO kan onder BLA-niveau gebracht worden door toepassing van een naverbrander (kosten: ca 40 gulden per ton afval). De emissies van SO₂ en Hg komen onder

³ Bijvoorbeeld injectie van actieve kool of een mengsel van actieve kool en gehydrateerde kalk.

⁴ Bijvoorbeeld spongiacal© en BICAR©.

BLA-niveau bij toepassing van een doekfilter met absorbens-injectie³
(kosten: ca. 20 gulden per ton afval).

Toxische stoffen buiten BLA

- De concentraties van enkele toxische stoffen buiten BLA (Ag, Ba, Be, Br, Mo, Zn) zijn in alle gevallen laag, zodat geen risico's bestaan voor de volksgezondheid. Er zijn in de geraadpleegde bronnen geen aanwijzingen gevonden voor het voorkomen van andere potentieel toxische stoffen, zoals I en TI.



**Emissies uit bijstoken van
gevaarlijke afvalstromen**
in vergelijking tot BLA en AVI

Bijlagen

Delft, februari 2000

Opgesteld door: drs S.A.H. Moorman
drs H.J. Croezen





A Chemische samenstelling afvalstromen

| Component | Afvalstromen | | | | | | |
|---|--------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------------------|-------|------------|
| | Veegkolen | Oplosmiddelen | Olief maximaal | Olief gemiddeld | Restproduct chem. industrie | Arcru | Heavy ends |
| water | 10,0% | | | | | | |
| as | 41,4% | 1,2% | 0,5% | 0,5% | 0,1% | 0,3% | 2,8% |
| macro-elementen (gewichts% in de natte stof) | | | | | | | |
| C | 41,0% | 72,0% | 82,1% | 81,4% | 60,6% | 58,5% | 60,0% |
| H | 2,6% | 8,0% | 12,2% | 12,1% | 10,0% | 9,5% | 10,0% |
| O | | | 3,5% | 4,9% | 28,0% | 31,6% | 27,1% |
| N | 0,9% | 10,0% | 0,1% | 0,1% | 0,1% | 0,1% | 0,1% |
| S | 4,1% | 10,0% | 1,5% | 1,0% | 1,8% | 0,0% | 0,0% |
| asvormende elementen (m.u.v. S en Cl) (mg per kg natte stof) | | | | | | | |
| Al | | | | | | | |
| Ca | 414.400 | 12.000 | 5.100 | 5.000 | 500 | 3.000 | 28.000 |
| Fe | - | - | - | - | - | - | - |
| K | - | - | - | - | - | - | - |
| Mg | - | - | - | - | - | - | - |
| Na | - | - | - | - | - | - | - |
| P | - | - | - | - | - | - | - |
| Si | - | - | - | - | - | - | - |
| Ti | - | - | - | - | - | - | - |
| overige micro- en sporenelementen (mg per kg natte stof) | | | | | | | |
| As | 43 | 10 | 5 | 10 | 10 | 1 | 1 |
| Ba | 11.000 | 600 | 202 | 10 | 10 | 1 | 1 |
| Cd | 15 | 10 | 10 | 10 | 1 | 1 | 1 |
| Cl | 3.960 | 10 | 5.100 | 25.100 | 10 | 102 | 100 |
| Co | 10 | 10 | 25 | 10 | 10 | 1 | 1 |
| Cr | 10 | 600 | 51 | 10 | 10 | 1 | 2 |
| Cu | 50 | 10 | 25 | 10 | 10 | 2 | 1 |
| F | 500 | 10 | 101 | 101 | 50 | 2 | 2 |
| Hg | 0,1 | 10 | 0,2 | 0,2 | 1 | 1 | 0,1 |
| Mn | 2.100 | 10 | 101 | 10 | 10 | 1 | 2 |
| Mo | 10 | 10 | 101 | 10 | 10 | 2.183 | 22 |
| Ni | 180 | 10 | 101 | 10 | 10 | 4 | 1 |
| Pb | 478 | 5 | 101 | 10 | 25 | 1 | 1 |
| Sb | 15 | 50 | 1 | 10 | 1 | 1 | 1 |
| Se | 50 | 10 | 10 | 10 | 10 | 1 | 1 |
| Sn | 10 | 350 | 10 | 10 | 1 | 1 | 1 |
| Te | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| V | 300 | 10 | 25 | 10 | 10 | 1 | 1 |
| Zn | 300 | 10 | 253 | 10 | 10 | 1 | 1 |
| nieuwe componenten | | | | | | | |
| Ag | - | - | - | - | - | - | - |

| Component | Afvalstromen | | | | | | |
|-----------------------------|--------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------------|-------|------------|
| | Veegkolen | Oplosmiddelen | Olie maximaal | Olie gemiddeld | Restproduct chem. industrie | Arcru | Heavy ends |
| Be | 10 | 10 | 2 | 10 | 10 | 0,1 | |
| Br | 10 | 10 | 25 | 1.005 | 1 | 10 | 10 |
| Stookwaarde (GJ/ton) | 16,45 | 33,05 | 38,52 | 38,09 | 29,32 | 28,02 | 16,45 |
| Verh. S/Cl | 10,38 | 10.000 | 2,98 | 0,40 | 1.800 | 0,98 | 1,00 |

Bronnen: |3,4|⁵

⁵ Alleen voor de Hg-concentraties van veegkolen, olie, arcru en heavy ends.

B Emissieniveaus BLA en AVI

In de volgende tabel staan de emissie-eisen volgens BLA en de gemiddelde emissies van een AVI voor huisvuilverbranding in 1997 [2]⁶.

Tabel 8 Rookgasemissienormen volgens BLA en rookgasemissies AVI in 1997 (11 vol% O₂ droge rookgassen)

| Component | BLA mg/Nm ³ | Emissie AVI (1997) | |
|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------|
| | | mg/Nm ³ | % BLA |
| Stof | 5 | 1 | 20 % |
| HCl | 10 | 1,4 | 14 % |
| HF | 1 | 0,08 | 8 % |
| CO | 50 | 24,32 | 49 % |
| C _x H _y | 10 | 1,1 | 11 % |
| SO ₂ | 40 | 4,5 | 11 % |
| NO _x | 70 | 63 | 90 % |
| Som zware metalen | 1 | 0,06 | 6 % |
| Cd | 0,05 | 0,0034 | 7 % |
| Hg | 0,05 | 0,0044 | 9 % |
| PCDD/PCDF | 0,1 * 10 ⁻⁶ | 0,16 * 10 ⁻⁹ | 0,2 % |

⁶ Oorspronkelijke cijfers in grammen per ton rookgas. Dit is omgerekend met de aanname van een rookgasvolume van 5000 Nm³ per ton.



C Bijstoken in poederkoolcentrale

Voor de procesbeschrijving van bijstoken in een poederkoolcentrale en de beschrijving van de berekeningsmethodiek verwijzen we naar bijlage D van [5].

N.B. De rookgasconcentraties nemen niet lineair toe met de concentraties van verontreinigingen in de brandstof (zie bijlage A), vanwege verschillen in rookgasvolume per gewichtseenheid brandstof.

C.1 Rookgassen zonder extra rookgasreiniging

Tabel 9 Ruwe rookgassen van bijstoken in poederkoolcentrales zonder extra rookgasreiniging, met spreiding (in mg/Nm³, 11 vol% O₂)

| Component | BLA-norm | Afalstromen | | | | | | |
|-------------------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|
| | | Veegkolen | Oplosmiddelen | Olief maximaal | Olief gemiddeld | Restproduct chem. industrie | Arclu | Heavy ends |
| in BLA | | | | | | | | |
| Stof | 5 | 1-6 | 1-6 | 1-6 | 1-6 | 1-6 | 1-6 | 1-6 |
| HCl | 10 | 23-54 | 0,03-0,07 | 13-31 | 64-153 | 0,04-0,09 | 0,39-0,94 | 0,36-0,88 |
| HF | 1 | 4-16 | 0,04-0,16 | 0,3-1,4 | 0,3-1,4 | 0,2-1,0 | 0,01-0,04 | 9-40 E ⁻³ |
| CO | 50 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| C _x H _y | 10 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| SO ₂ | 40 | 447-893 | 555-1109 | 72-145 | 49-98 | 124-247 | 1 | 1 |
| NO _x | 70 | 50-293 | 50-293 | 50-293 | 50-293 | 50-293 | 50-293 | 50-293 |
| Som ZM | 1 | 0,06-0,34 | 0,10-0,55 | 0,12-0,67 | 0,06-0,36 | 0,4-2,2 | 1-7 E ⁻³ | 4-24 E ⁻³ |
| Cd | 0,05 | 1-7 E ⁻⁴ | 2-10 E ⁻³ | 3-20 E ⁻³ | 2-10 E ⁻³ | 2-9 E ⁻³ | 2-10 E ⁻⁵ | 1-8 E ⁻⁴ |
| Hg | 0,05 | 0,04-0,11 | 0,11-0,28 | 5-12 E ⁻³ | 0,01-0,03 | 0,01-0,04 | 0,01-0,04 | 1-4 E ⁻³ |
| PCDD/F (ng) | 0,1 | 2 E ⁻³ | 2 E ⁻³ | 2 E ⁻³ | 2 E ⁻³ | 2 E ⁻³ | 2 E ⁻³ | 2 E ⁻³ |
| ex BLA | | | | | | | | |
| Ag | | | | | | | | |
| Ba | | 0,02-0,13 | 0,03-0,19 | 0,02-0,09 | 6-30 E ⁻⁴ | 4-20 E ⁻³ | 5-30 E ⁻⁶ | 3-19 E ⁻⁵ |
| Be | | 1-8 E ⁻⁵ | 4-20 E ⁻⁴ | 1-6 E ⁻⁴ | 4-20 E ⁻⁴ | 3-10 E ⁻³ | 4-20 E ⁻⁷ | |
| Br | | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 1,36 | 2,E-03 | 0,02 | 0,02 |
| Mo | | 5-30 E ⁻⁵ | 1-8 E ⁻³ | 0,02-0,10 | 1-8 E ⁻³ | 9-50 E ⁻³ | 0,03-0,15 | 2-10 E ⁻³ |
| Zn | | 2-10 E ⁻³ | 2-10 E ⁻³ | 0,06-0,33 | 2-10 E ⁻³ | 0,01-0,06 | 2-9 E ⁻⁵ | 1-6 E ⁻⁴ |

De spreiding geeft de maximale en minimale concentraties, die in het huidige Nederlandse park van kolencentrales kunnen worden gerealiseerd.

C.2 Rookgassen bij toepassing doekfilter

Tabel 10 Rookgassen van bijstoken in poederkoolcentrales met nageschakeld doekfilter, met spreiding over het park (in mg/Nm³, 11 vol% O₂)

| Component | BLA-norm | Afalstromen | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|
| | | Veegkolen | Oplosmiddelen | Olie maximaal | Olie gemiddeld | Restproduct chem. industrie | Arcru | Heavy ends |
| in BLA | | | | | | | | |
| Stof | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| HCl | 10 | 2 - 5 | 0,00 | 1 – 3 | 6 – 15 | 0,00 | 0,04-0,09 | 0,04-0,09 |
| HF | 1 | 0,18-0,79 | 0,00-0,01 | 0,02-0,07 | 0,02-0,07 | 0,01-0,05 | 5-20 E ⁻⁴ | 5-20 E ⁻⁴ |
| CO | 50 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| C _x H _y | 10 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| SO ₂ | 40 | 45-89 | 55-111 | 7-14 | 5-10 | 12-25 | 0,07-0,15 | 0,07-0,14 |
| NO _x | 70 | 50-293 | 50-293 | 50-293 | 50-293 | 50-293 | 50-293 | 50-293 |
| Som ZM | 1 | 0,06 | 0,10 | 0,12 | 0,06 | 0,38 | 1 E ⁻³ | 4 E ⁻³ |
| Cd | 0,05 | 1 E ⁻⁴ | 2 E ⁻³ | 3 E ⁻³ | 2 E ⁻³ | 2 E ⁻³ | 2 E ⁻⁵ | 1 E ⁻⁴ |
| Hg | 0,05 | 0,01-0,02 | 0,02-0,06 | 1-2 E ⁻³ | 2-5 E ⁻³ | 3-10 E ⁻³ | 3-7 E ⁻³ | 3-7 E ⁻⁴ |
| PCDD/F (ng) | 0,1 | 2 E ⁻⁵ | 2 E ⁻⁵ | 2 E ⁻⁵ | 2 E ⁻⁵ | 2 E ⁻⁵ | 2 E ⁻⁵ | 2 E ⁻⁵ |
| ex BLA | | | | | | | | |
| Ag | | | | | | | | |
| Ba | | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 6 E ⁻⁴ | 4 E ⁻³ | 5 E ⁻⁶ | 3 E ⁻⁵ |
| Be | | 1 E ⁻⁵ | 4 E ⁻⁴ | 1 E ⁻⁴ | 4 E ⁻⁴ | 3 E ⁻³ | 4 E ⁻⁷ | |
| Br | | 2 E ⁻³ | 8 E ⁻⁴ | 2 E ⁻³ | 0,07 | 1 E ⁻⁴ | 1 E ⁻³ | 1 E ⁻³ |
| Mo | | 5 E ⁻⁵ | 1 E ⁻³ | 0,02 | 1 E ⁻³ | 9 E ⁻³ | 0,03 | 2 E ⁻³ |
| Zn | | 2 E ⁻³ | 2 E ⁻³ | 0,06 | 2 E ⁻³ | 0,01 | 2 E ⁻⁵ | 1 E ⁻⁴ |

D Bijstoken in cementoven

Voor de procesbeschrijving van bijstoken in een cementoven en de beschrijving van de berekeningsmethodiek verwijzen we naar bijlage E van [5].
N.B. De rookgasconcentraties nemen niet lineair toe met de concentraties van verontreinigingen in de brandstof (zie bijlage A), vanwege verschillen in rookgasvolume per gewichtseenheid brandstof.

D.1 Rookgassen zonder extra rookgasreiniging

Tabel 11 geeft voor de zeven beschouwde reststoffen een overzicht van de geschatte rookgasconcentraties.

Tabel 11 Ruwe rookgassen van bijstoken in cementoven (in mg/Nm³, 11 vol% O₂)

| Component | BLA-norm | Afalstromen | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|
| | | Veegkolen | Oplosmiddelen | Olief maximaal | Olief gemiddeld | Restproduct chem. industrie | Arcru | Heavy ends |
| in BLA | | | | | | | | |
| Stof | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| HCl | 10 | 4 | 0,01 | 3 | 13 | 0,01 | 0,08 | 0,07 |
| HF | 1 | 0,58 | 6 E ⁻³ | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 2 E ⁻³ | 1E-03 |
| CO | 50 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| C _x H _y | 10 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| SO ₂ | 40 | 90 | 112 | 15 | 10 | 25 | 0,15 | 0,14 |
| NO _x | 70 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Som ZM | 1 | 0,03 | 5 E ⁻³ | 2 E ⁻³ | 4 E ⁻⁴ | 6 E ⁻⁴ | 1 E ⁻⁴ | 1 E ⁻⁴ |
| Cd | 0,05 | 1 E ⁻⁴ | 4 E ⁻⁵ | 4 E ⁻⁵ | 4 E ⁻⁵ | 5 E ⁻⁶ | 6 E ⁻⁶ | 5 E ⁻⁶ |
| Hg | 0,05 | 0,01 | 0,56 | 0,01 | 0,01 | 0,07 | 0,07 | 7 E ⁻³ |
| PCDD/F (ng) | 0,1 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| ex BLA | | | | | | | | |
| Ag | | | | | | | | |
| Ba | | 0,09 | 3 E ⁻³ | 7 E ⁻⁴ | 4 E ⁻⁵ | 5 E ⁻⁵ | 6 E ⁻⁶ | 5 E ⁻⁶ |
| Be | | 8 E ⁻⁵ | 4 E ⁻⁵ | 7 E ⁻⁶ | 4 E ⁻⁵ | 5 E ⁻⁵ | 6 E ⁻⁷ | |
| Br | | 0,01 | 6 E ⁻³ | 0,01 | 0,49 | 7 E ⁻⁴ | 8 E ⁻³ | 7 E ⁻³ |
| Mo | | 8 E ⁻⁵ | 4 E ⁻⁵ | 4 E ⁻⁴ | 4 E ⁻⁵ | 5 E ⁻⁵ | 0,01 | 1 E ⁻⁴ |
| Zn | | 2 E ⁻³ | 4 E ⁻⁵ | 9 E ⁻⁴ | 4 E ⁻⁵ | 5 E ⁻⁵ | 6 E ⁻⁶ | 5 E ⁻⁶ |



E Overzicht emissies t.o.v. BLA en AVI

In deze bijlage wordt voor de vijf beschouwde technieken met factoren (verhoudingsgetallen) aangegeven in hoeverre de emissieniveaus verschillen van BLA- en AVI-niveau. De factoren zijn berekend door de verhouding te nemen tussen de emissies zoals gepresenteerd in de bijlagen C en D en de emissies bij de referentieniveaus (bijlage B). Alle factoren zijn afgerond op hele cijfers.

Factor "0" betekent dus dat de betreffende emissies lager zijn dan het referentieniveau, factor "1" betekent dat de emissies (afgerond) gelijk zijn aan het referentieniveau en een factor hoger dan 1 betekent dat de emissies hoger zijn dan het referentieniveau.

E.1 Bijstoken in poederkoolcentrale

E.1.1 Zonder extra rookgasreiniging

Tabel 12 Verhoudingsfactoren t.o.v. BLA

| Component | Afalstromen | | | | | | |
|-------------------------------|-------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------------|-------|------------|
| | Veegkolen | Oplosmiddelen | Olie maximaal | Olie gemiddeld | Restproduct chem. industrie | Arcru | Heavy ends |
| Stof | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 |
| HCl | 2-5 | 0 | 1-3 | 6-15 | 0 | 0 | 0 |
| HF | 4-16 | 0 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0 | 0 |
| CO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C _x H _y | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SO ₂ | 11-22 | 14-28 | 2-4 | 1-2 | 3-6 | 0 | 0 |
| NO _x | 1-4 | 1-4 | 1-4 | 1-4 | 1-4 | 1-4 | 1-4 |
| Som ZM | 0 | 0-1 | 0-1 | 0 | 0-2 | 0 | 0 |
| Cd | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hg | 1-2 | 2-6 | 1-2 | 2-5 | 0-1 | 0-1 | 0 |
| PCDD/F | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabel 13 Verhoudingsfactoren t.o.v. AVI-niveau

| Component | Afvalstromen | | | | | | |
|-------------------------------|--------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------------|-------|------------|
| | Veegkolen | Oplosmiddelen | Olie maximaal | Olie gemiddeld | Restproduct chem. industrie | Arcru | Heavy ends |
| Stof | 1-6 | 1-6 | 1-6 | 1-6 | 1-6 | 1-6 | 1-6 |
| HCl | 16-39 | 0 | 9-22 | 45-109 | 0 | 0-1 | 0-1 |
| HF | 37-158 | 0-2 | 3-14 | 3-14 | 2-10 | 0 | 0 |
| CO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C _x H _y | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| SO ₂ | 99-199 | 123-246 | 16-32 | 11-22 | 27-55 | 0 | 0 |
| NO _x | 1-5 | 1-5 | 1-5 | 1-5 | 1-5 | 1-5 | 1-5 |
| Som ZM | 1-6 | 2-9 | 2-11 | 1-6 | 6-36 | 0 | 0 |
| Cd | 0 | 1-4 | 1-5 | 1-4 | 0-3 | 0 | 0 |
| Hg | 10-25 | 26-64 | 11-28 | 23-57 | 3-8 | 3-9 | 0-1 |
| PCDD/F | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |

E.1.2 Met doekfilter

Tabel 14 Verhoudingsfactoren t.o.v. BLA

| Component | Afvalstromen | | | | | | |
|-------------------------------|--------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------------|-------|------------|
| | Veegkolen | Oplosmiddelen | Olie maximaal | Olie gemiddeld | Restproduct chem. industrie | Arcru | Heavy ends |
| Stof | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HCl | 0-1 | 0 | 0 | 1-2 | 0 | 0 | 0 |
| HF | 0-1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C _x H _y | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SO ₂ | 1-2 | 1-3 | 0 | 0 | 0-1 | 0 | 0 |
| NO _x | 1-4 | 1-4 | 1-4 | 1-4 | 1-4 | 1-4 | 1-4 |
| Som ZM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cd | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hg | 0 | 0-1 | 0 | 0-1 | 0 | 0 | 0 |
| PCDD/F | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabel 15 Verhoudingsfactoren t.o.v. AVI-niveau

| Component | Afalstromen | | | | | | |
|-------------------------------|-------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------------|-------|------------|
| | Veegkolen | Oplosmiddelen | Olie maximaal | Olie gemiddeld | Restproduct chem. industrie | Arcru | Heavy ends |
| Stof | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| HCl | 2-4 | 0 | 1-2 | 5-11 | 0 | 0 | 0 |
| HF | 2-8 | 0 | 0-1 | 0-1 | 0 | 0 | 0 |
| CO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C _x H _y | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| SO ₂ | 10-20 | 12-25 | 2-3 | 1-2 | 3-5 | 0 | 0 |
| NO _x | 1-5 | 1-5 | 1-5 | 1-5 | 1-5 | 1-5 | 1-5 |
| Som ZM | 1 | 2 | 2 | 1 | 6 | 0 | 0 |
| Cd | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Hg | 2-5 | 5-13 | 2-6 | 5-11 | 1-2 | 1-2 | 0 |
| PCDD/F | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

E.2 Bijstoken in cementoven

Tabel 16 Verhoudingsfactoren t.o.v. BLA

| Component | Afalstromen | | | | | | |
|-------------------------------|-------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------------|-------|------------|
| | Veegkolen | Oplosmiddelen | Olie maximaal | Olie gemiddeld | Restproduct chem. industrie | Arcru | Heavy ends |
| Stof | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HCl | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| HF | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CO | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| C _x H _y | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| SO ₂ | 2 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| NO _x | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Som ZM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cd | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hg | 0 | 11 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| PCDD/F | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabel 17 Verhoudingsfactoren t.o.v. AVI-niveau

| Component | Afvalstromen | | | | | | |
|-------------------------------|--------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------------|-------|------------|
| | Veegkolen | Oplosmiddelen | Olie maximaal | Olie gemiddeld | Restproduct chem. industrie | Arcru | Heavy ends |
| Stof | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| HCl | 3 | 0 | 2 | 9 | 0 | 0 | 0 |
| HF | 6 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| CO | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| C _x H _y | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| SO ₂ | 20 | 25 | 3 | 2 | 6 | 0 | 0 |
| NO _x | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Som ZM | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cd | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hg | 2 | 128 | 22 | 22 | 16 | 17 | 2 |
| PCDD/F | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 |

Literatuur

- |1| G.C. Bergsma et al
Beperking van emissies naar de lucht bij conversie van biomassa naar elektriciteit en warmte
CE, Delft, april 1999
- |2| Jaarverslag VVAV 1998
- |3| Milieu-effectrapport, Bijstoken secundaire brandstoffen in de Centrale Maasvlakte
Kema, Arnhem, juli 1999
- |4| Correspondentie met de heer E. Noks over de Hg-concentraties van een aantal afvalstromen, EZH Hoofdeenheid Nieuwbouw, december 1999
- |5| S.A.H. Moorman en H.J. Croezen
Emissies uit bijstoken, verbranden en vergassen van niet-gevaarlijke afvalstromen, in vergelijking tot BLA en AVI
CE, Delft, januari 2000.