

Bijlage diverse technieken

In de Bref Afgas – en afvalwater wordt is BAT een aantal technieken genoemd welke reeds in gebruik zijn dan wel overwogen kunnen worden.

Hierbij een opsomming van deze technieken.

- Stofwassing (algemeen)/Natte ontstoffer/Wet dust scrubber
- Venturi-wasser/Venturi-scrubber/Wervelwasser
- Adsorptie (Algemeen)
- Absoluut filter/HEPA-filter/oppervlaktefilter/patronenfilter
- Droge Elektrostatische filter
- Gaswasser (algemeen)/Scrubber/Absorber/Luchtwasser
- Zure gaswasser/ Basische gaswasser
- Biologische wasser/Bioscrubber
- Thermische oxidatie
- Membraanfiltratie/solventrecuperatie/luchtscheiding met membranen

Bij Synres /DFM en PP zijn navolgende technieken van toepassing:

- Diverse Filtratie technieken/instellingen
- Gaswasser/scrubber (algemeen en basische)
- Thermische oxidatie (incinerator, met energie terugwinning in de vorm van stoom)
- Biologische wasser (Biorotor met biologische reiniging van organische componenten in het afvalwater).

Stofwassing (algemeen)/Natte ontstoffer/Wet dust scrubber

Natuurlijk vervangingsmoment Nee

Toepasbaarheid

Onder meer in de chemische industrie en asfaltproductie. Voor de specifieke toepassingen, zoals de venturi- en rotatiewasser, wordt verwezen naar de specifieke techniekbladen van de verschillende varianten.

Componenten

Verwijderde componenten	Verwijderings-efficiëntie ¹ , %	Restemissie, mg/m ³	Validatiekengetal
(fijn) stof	99	< 10	2

¹ Afhankelijk van de specifieke configuratie en bedrijfscondities. Waarden zijn in principe gebaseerd op halfuursgemiddelde waarden. Andere componenten zoals zware metalen en anorganische stoffen kunnen tegelijkertijd worden verwijderd (zie hiervoor ook absorptie).

Randvoorwaarden

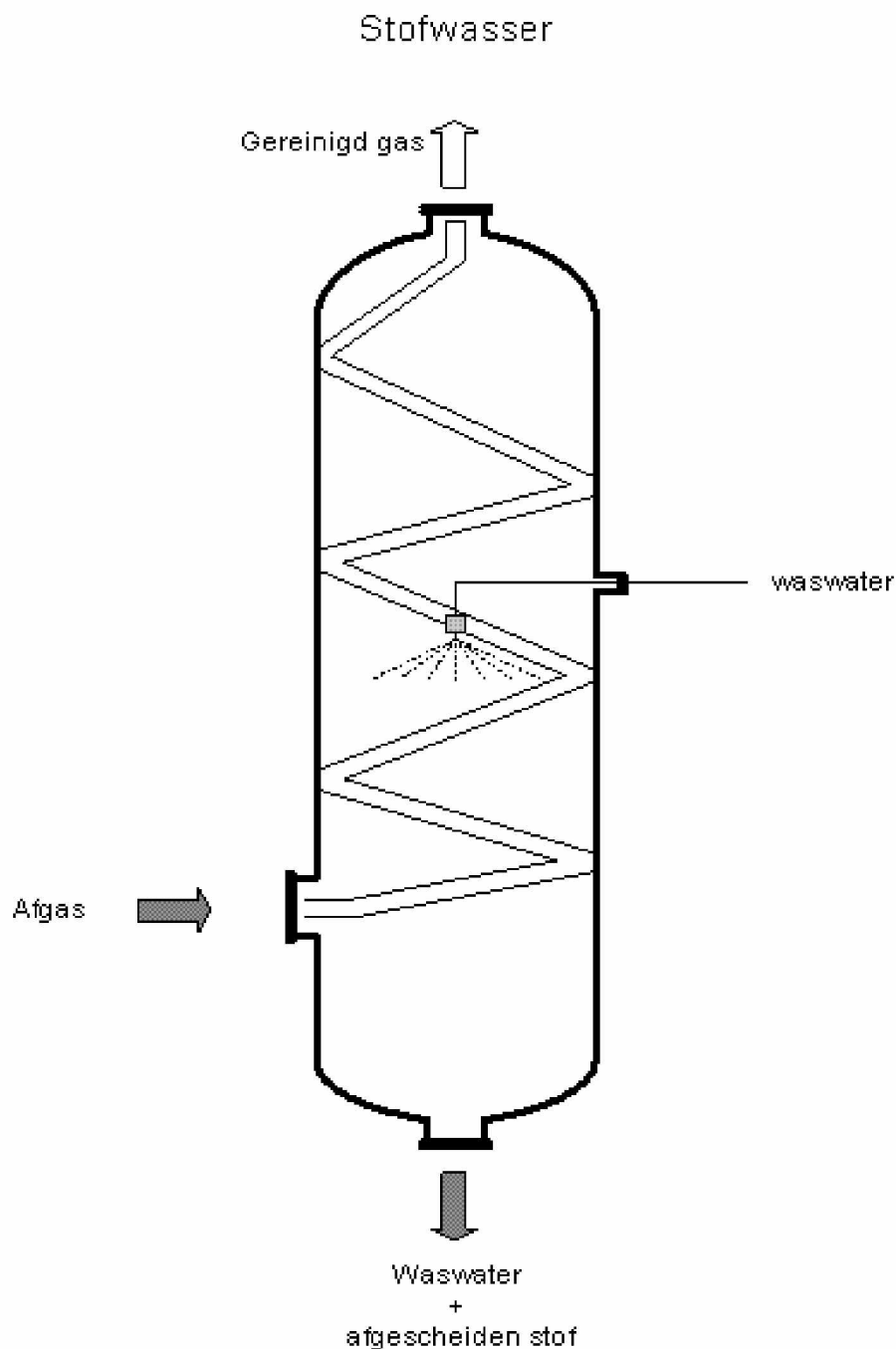
Debiet, m ³ /h	720 – 170.000
Temperatuur, °C	4 - 370
Stof, g/m ³	0,2 - 115
Druk, bar	atmosferisch
Drukval, mbar	20 – 50

Beschrijving

Natte stofwassing is een variant op natte gaswassing. De twee meest voorkomende technieken zijn de venturi- en rotatiewassers. Bij natte ontstopping wordt het stof afgescheiden door intensieve menging van de afgassen met water, meestal in combinatie

met afscheiding van de grofste deeltjes door centrifugale kracht. Het gas wordt daarvoor tangertiaal (invoer schuin vanaf de zijkant van de wasser) in de stofwasser gevoerd. De afgevangen vaste stof wordt opgevangen in het onderste deel van de stofwasser. Naast stof kunnen ook anorganische stoffen zoals SO_2 en NH_3 en VOS worden afgevangen en zware metalen die zich op het stof kunnen bevinden. Het hoofddoel dat hier beoogd wordt met de wasser, is de afvangst van stof.

Principeschema



Financiële aspecten

Investerings, EUR/1.000 m³/uur

5.000

Operationele kosten

5.000 - 50.000

Personeel, uur per week

Circa 4

Hulp en reststoffen

Afvoer van afvalstoffen en behandeling afvalwater

Venturi-wasser/Venturi-scrubber/Wervelwasser

Natuurlijk vervangingsmoment

Nee

Toepasbaarheid

De wasser wordt vooral toegepast voor het afvangen van fijnstof (PM₁₀). Breed toepassingsgebied in onder meer de volgende sectoren:

- Chemische industrie
- Basis metaalindustrie
- Productie van asfalt
- Hout en papierindustrie
- Afvalverbrandingsinstallaties

COMPONENTEN			
Verwijderde componenten	Verwijderings-efficiëntie ¹ , %	Restemissie, mg/m ³	Validatiekengetal
PM ₁₀	70-99 ²	<10	2
PM _{0,3} à PM _{0,5}	<50 ³	-	1
HCl, HF	50 - 90	<10	2

¹ Afhankelijk van de specifieke configuratie, bedrijfscondities and reagens. Waarden zijn in principe gebaseerd op halfuursgemiddelde waarden

² Afhankelijk van de deeltjesgrootteverdeling

³ Zeker bij componenten die niet goed bevochtigbaar zijn, is het rendement laag.

Randvoorwaarden

Debiet, m³/h

720 – 100.000

Temperatuur, °C¹

4 – 370

Stof in, g/m³

1 - 115

Druk, bar

atmosferisch

Drukval, mbar

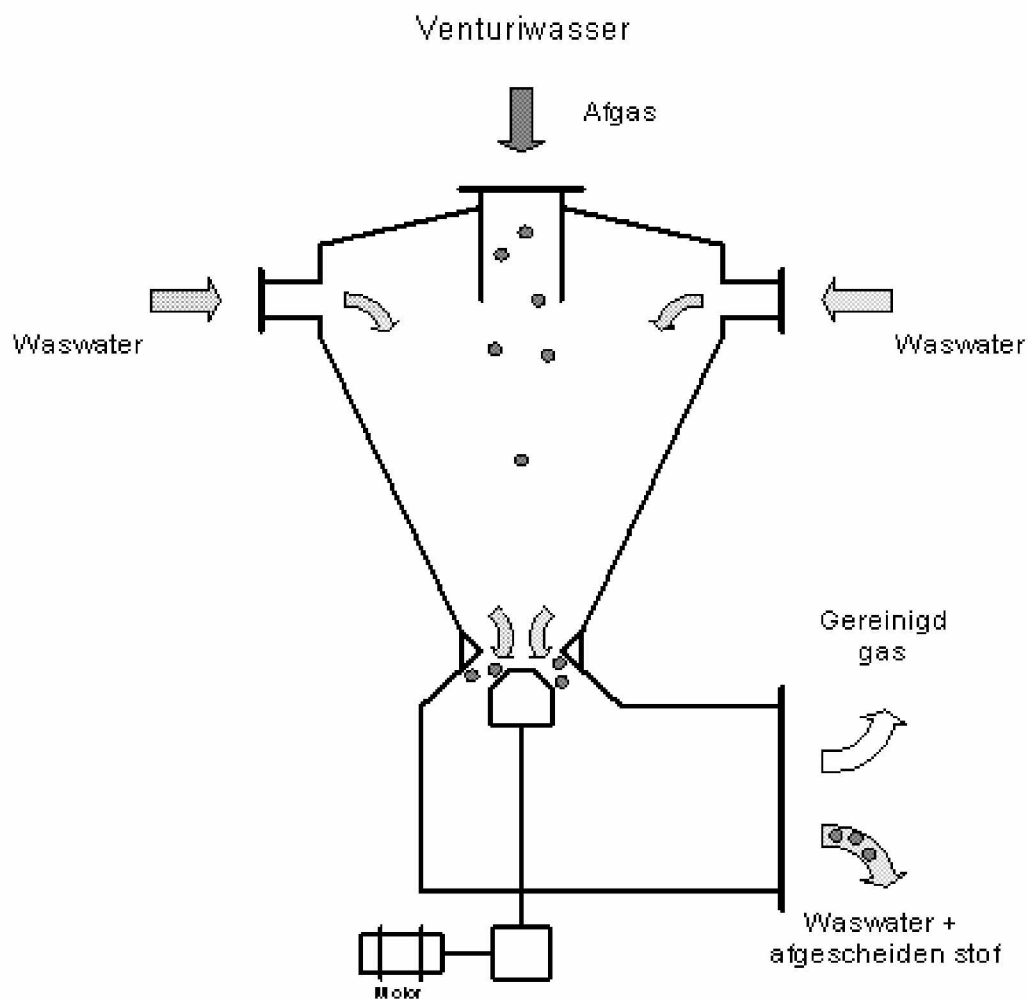
25 – 200

¹ De venturiwasser wordt ook als koeler gebruikt om hete afgassen (tot 1.000 °C) te “quenchen” (plotselinge afkoeling).

Beschrijving

Een venturiwasser bestaat uit een convergerende hals (het nauwste deel van de venturibuis), een divergerende expansiekamer met daarna een druppelafscheider. Het stof/gasmengsel stroomt door de venturibuis en bereikt in de hals de hoogste snelheid. Daarna komt het mengsel in de expansiekamer waarin de gassnelheid weer vermindert. De vloeistof wordt in of voor de hals aan de gasstroom toegevoegd. In de hals van de venturibuis vindt dan een intensieve menging plaats tussen gas en vloeistof. Door de hoge snelheid van gas en vloeistof valt het water in fijne waterdruppels uiteen waardoor intensief contact tussen gasfase en vloeistoffase wordt gerealiseerd. Om deze fijne druppelverdeling te bereiken is relatief veel energie nodig. Venturiwassers kunnen worden toegepast voor het verwijderen van kleine deeltjes (< 1 µm) uit een gasstroom, al wordt in het algemeen het rendement wel snel kleiner naarmate de deeltjes kleiner worden. Ze kunnen echter ook voor grotere deeltjes worden gebruikt, hoewel het energieverbruik dan relatief hoog is ten opzichte van concurrerende technieken. Sommige stofsoorten zijn zelfs bij zeer hoge drukval niet af te scheiden.

Principeschema



Financiële aspecten

Investerings, EUR/1.000 m³/uur

5.000 - 7.000, afhankelijk van uitvoering

Operationele kosten

2.000 - 50.000

Personeel, uur per week

Circa 1

Hulp en reststoffen

Sterk afhankelijk van toepassing

Energieverbruik, kWh/1.000 m³/uur

0,5 - 7

Baten

Geen

Uitgebreide beschrijving

Varianten

Sommige venturi's hebben het voordeel dat de hals in doorsnee kan worden gevarieerd en dat op deze manier de afscheider bij een variërend debiet kan worden aangepast om een hoog rendement te blijven behouden. Een variant is de Vane-Cage scrubber, waarbij door interne statische schoepen een mistnevel wordt gecreëerd.

Installatie: ontwerp en onderhoud

De venturiwasser zelf heeft een klein volume. De totale afmeting van de installatie wordt vooral bepaald door de druppelafscheider, die enkele malen groter kan zijn dan de wasser.

Een vloeistof-gas- (L/G) verhouding van 1 à 5 m³ per 1.000 m⁰³/h kan als richtinggevend worden beschouwd. De venturi is vaak geconstrueerd van erosie- en corrosiebestendig materiaal om de levensduur significant te verhogen. Vervuiling van de druppelvanger moet regelmatig worden gecontroleerd. In principe is er weinig onderhoud nodig voor de venturiwasser.

Monitoring

Om het rendement te meten van de wasser is het nodig de concentratie in- en uitgaand te meten. Dit kan afhankelijk van de component met infrarood of nat-chemisch worden bepaald. Voor stof dient de monsterneming isokinetisch te gebeuren. Voor details wordt hier naar de Nederlandse emissierichtlijn lucht (NeR) paragraaf 3.7 en bijlage 4.7 verwezen.

Voor- en nadelen milieu

Specifieke voordelen

- Relatief weinig onderhoud
- Hoge verwijderingsrendementen
- Eenvoudige en compacte constructie
- Geen mechanische onderdelen
- Gasvormige componenten worden geabsorbeerd
- Ongevoelig voor fluctuerende gasdebieten

Specifieke nadelen

- Grote drukvallen en daaraan gekoppeld energieverbruik
- Reële kans op erosie en corrosie
- Geluidsproblemen mogelijk
- Beperkt tot stof (PM) en goed wateroplosbare gascomponenten

Hulpstoffen

- Water

Cross Media Effects

- Afvalwater dat moet worden behandeld of geloosd
- Reststoffen die na ontwatering moeten worden afgevoerd

Informatiebron

1. Beschrijving van luchtemissiebeperkende technieken, L26 InfoMil/Tauw, maart 2000
2. Gids luchtzuiveringstechnieken, VITO 2004/IMS/R/066
3. IPPC Reference document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector, February 2003
4. EPA-CICA fact sheet; <http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/fventuri.pdf>(opent in nieuw venster)(verwijst naar een andere website)
5. <http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4-60.html>(opent in nieuw venster)(verwijst naar een andere website)
6. Dutch Association of Cost Engineers, editie 25, November 2006
7. Nederlandse emissierichtlijn lucht (NeR) paragraaf 3.7 en bijlage 4.7, 2008
8. Leveranciersinformatie: Pure Air Solutions

Adsorptie (algemeen)

Natuurlijk vervangingsmoment

Nee

Toepasbaarheid

Breed toepassingsgebied in de volgende sectoren:

- ontvetting
- verfspuiten
- oplosmiddelen extractie
- oppervlaktebehandeling metalen, plastics en papier
- farmacie
- gieterijen
- chemie
- afvalverbranding

Adsorptie is minder geschikt voor hoge concentraties VOS omdat de regeneratie dan te kostbaar wordt.

Componenten

Verwijderde componenten	Verwijderings efficiëntie ¹ , %	Restemissie, mg/m ³	Validatiekengetal
VOS	80 – 95	-	Zie specifieke adsorptietechnieken
Tolueen	90	-	
Geur	80 – 95	-	
Kwik	-	< 0,01 – 0.05	
H ₂ S	80 – 95	-	

Verwijderde componenten	Verwijderings efficiëntie ¹ , %	Restemissie, mg/m ₀ ³	Validatiekengetal
Dioxines	-	< 0,1 ng TEQ ² /m ₀ ³	

¹ Afhankelijk van de specifieke configuratie en bedrijfscondities. Waarden zijn in principe gebaseerd op halfuursgemiddelde waarden.

² TEQ = toxiciteitsequivalent.

Randvoorwaarden

Debiet, m03/uur

- 100 – 100.000

Temperatuur, °C

- Actief kool: 15 – 80
- Zeolieten < 250

Druk, bar

- Actief kool: 0,1 – 2
- Zeolieten: atmosferisch

Vochtgehalte, %

Actief kool: < 70, zo laag mogelijk

VOC

Maximaal 25% van LEL1 waarde

Dioxines, ng TEQ*/m03

10 -100

¹ LEL = lower explosion limit of onderste explosiegrens

Beschrijving

Adsorptie is een heterogene reactie waarbij de verontreinigde componenten worden gebonden aan een vaste stof of vloeistof (adsorbent) dat een voorkeur heeft om een bepaalde stof te binden, en zo dus te verwijderen uit de afgasstroom. Adsorptie is een

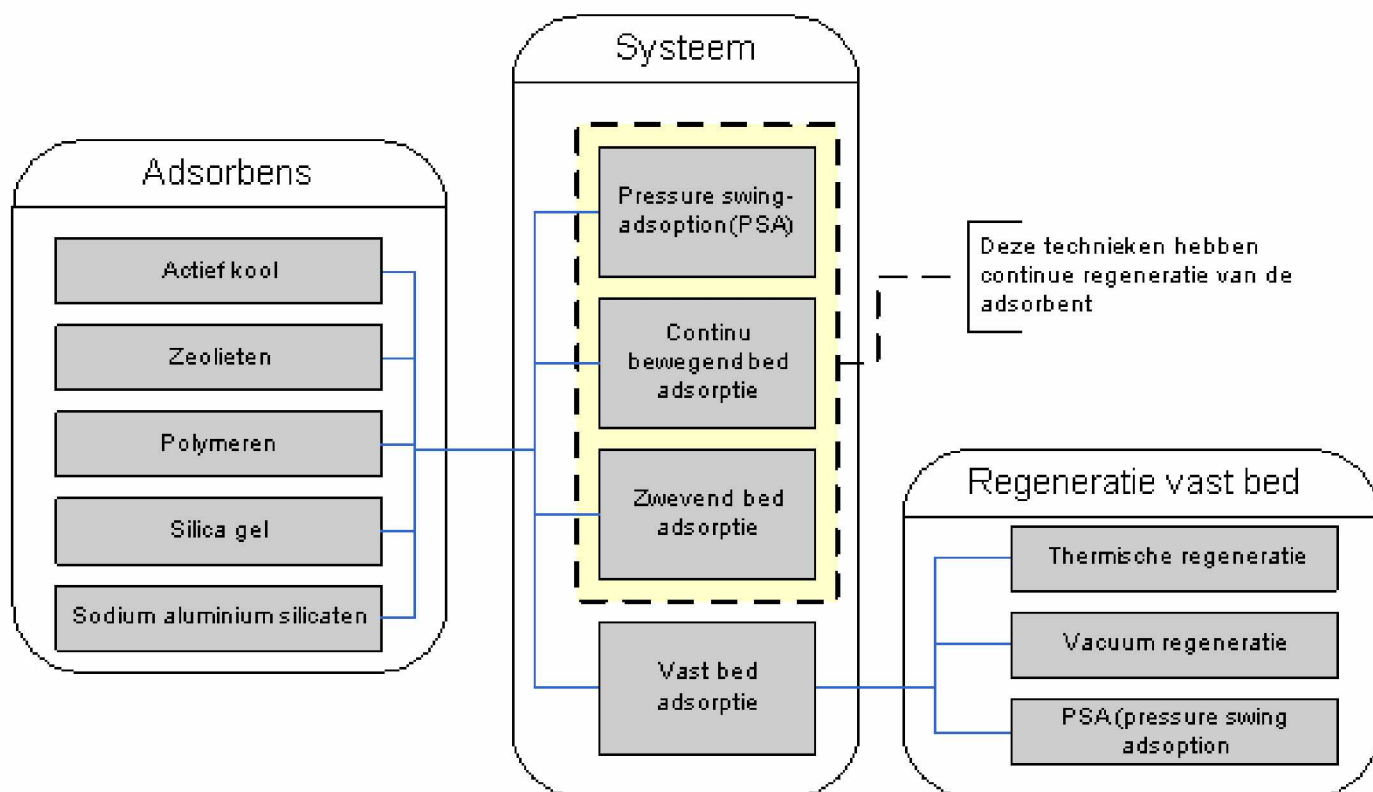
exothermisch proces. Als de adsorbent zich volledig heeft gevuld, kan het worden vernietigd of worden geregenereerd (desorptie). Tijdens de regeneratie komen de verwijderde stoffen in hogere concentratie weer vrij en kunnen zo worden teruggewonnen of worden vernietigd. Er zijn verschillende adsorbenten, waarvan actief kool de meest toegepaste is. De systemen zijn in verschillende uitvoering gebouwd, waarbij er een onderscheid kan worden gemaakt in systemen waarbij continue regeneratie van het adsorbent is geïntegreerd en systemen waarbij de regeneratie gescheiden van het adsorptieproces plaatsvindt.

Het desorberen kan gebeuren via drukverlaging, temperatuurverhoging of een combinatie. Meestal gebeurt de desorptie met stoom, hete lucht of heet inert gas. De gassen die vrijkomen bij de desorptie moeten verder worden behandeld. In het geval van stoom of vacuümregeneratie kan met behulp van een condensor uit de desorptiegassen gemakkelijk het solvent worden teruggewonnen. Er is dan slechts een zeer kleine stroom niet condenseerbare componenten over die eventueel terug naar de adsorptiekring kan worden gestuurd. Belangrijk is dat de werkcapiaciteit van het adsorbens in een regeneratieve installatie kleiner is dan van vers adsorbens. Dit komt doordat niet alle actieve plaatsen weer vrijkomen bij de desorptiecyclus.

Bij actieve kool is de werkcapiaciteit ongeveer 50% van de capaciteit van verse actieve kool. Bij zeoliet is dit ongeveer 90% van vers zeoliet en bij polymeer varieert de werkcapiaciteit tussen 50 en 90%. Hiermee moet rekening gehouden worden bij het ontwerp van de installatie.

Specifieke uitvoeringsvarianten worden in aparte factsheets nader toegelicht. In de figuur hieronder wordt een overzicht gegeven van de verschillende adsorbenten, systemen en regeneratieprocessen.

Overzichtsschema



Sodium = Natrium

Financiële aspecten

Zie de specifieke factsheets.

Uitgebreide beschrijving

Bepaling van de drukval is belangrijk om verstopping van het filter door stof, of door verpulvering van het granulaat, te kunnen bepalen. Over het bed moet de druk ongeveer constant zijn. Temperatuurmeting is noodzakelijk om brand te voorkomen. Door continue metingen uit te voeren kan worden bepaald wanneer een bed is verzadigd en regeneratie moet starten. Hierdoor worden de bedden en de desorptie optimaal toegepast wat leidt tot een hogere energie-efficiëntie.

Varianten

De belangrijkste uitvoeringsvormen zijn:

- Vast-bed-adsorptie. Vast-bed-adsorptie wordt veel toegepast, meestal in de vorm waarbij er meerdere bedden zijn zodat één bed kan worden geregenereerd terwijl de overgebleven bedden het afgas kunnen behandelen. De regeneratie is niet geïntegreerd en gebeurt door verhitting van het adsorbent, aanbrengen van een vacuüm of pressure-swing adsorptie.
- Zwevend-bed-adsorptie. De afgasstroom (afgassnelheid tussen de 0,8 en 1,2 m/s) houdt het adsorbent zwevend. Het adsorbent moet bestand zijn tegen slijtage zodat het niet tot stof vergaat. De regeneratie gaat continu doordat het adsorbent wordt geregenereerd met een warmtewisselaar onder de adsorber. Het adsorbent wordt vervolgens pneumatisch weer in het systeem ingebracht.
- Continu-bewegend-bed adsorptie. De adsorbent wordt continue boven in de adsorber ingebracht en passeert de afgasstroom dus in tegenstroom. Onderin de adsorber wordt het verzadigde adsorbent afgevoerd en geregenereerd in een bewegend - bed regenerator.
- Pressure-swing adsorptie (PSA). PSA scheidt gassen of dampen uit een gasmengsel en regenereert het adsorbent continue. Het proces bestaat uit vier stappen. 1) druk wordt opgebouwd door het gas dat in de adsorber stroomt. 2) adsorptie van pure componenten vindt plaats bij hoge druk. 3) drukverlaging. 4) componenten komen weer vrij bij lage druk of vacuüm.

Regeneratie

- Thermische regeneratie. Bij thermische regeneratie bestaat de installatie uit 2 of meer adsorbensbedden. Hierbij wordt één bed geregenereerd, het andere bed blijft actief voor adsorptie. Het eventuele derde bed wordt na de regeneratie gedroogd, gekoeld en staat in stand-by. De regeneratie wordt uitgevoerd door stoom, hete lucht, hete stikstof, ingebouwde verwarmingselementen en microgolven. Dit gebeurt bij temperaturen tussen 80 en 200 °C. Na het desorberen wordt er koellucht door het bed geblazen zodat het afkoelt en droogt. Dit wordt gedaan tot de gewenste temperatuur en vochtigheid van het bed is bereikt. Thermische regeneratie is het meest geschikt voor vluchtige VOS.
- In een rotor concentrator is het adsorbens in een ronddraaiend wiel gebracht. De grootste oppervlakte van het wiel wordt gebruikt om de verontreinigingen te verwijderen uit de afgassen. Een klein gedeelte van de rotor wordt gebruikt om te desorberen. In een rotor-concentrator worden de afgassen 10 - 15 maal opgeconcentreerd waardoor de nageschakelde verbrandingsinstallatie een factor 10 kleiner kan zijn en slechts een fractie van de oorspronkelijke steunbrandstof verbruikt. Vooral bij grote afgasdebieten met lage solventconcentraties is een rotor concentrator aangewezen om de kosten voor afgasreiniging

te drukken. Zeer belangrijk is dat de geconcentreerde gasstroom onder 25 % van de onderste explosiegrens (LEL) blijft vanuit veiligheidsoverwegingen.

Installatie: ontwerp en onderhoud

Zie specifieke factsheets.

Monitoring

Voor- en nadelen milieu

Specifieke voordelen

- Hoge efficiëntie voor VOS-verwijdering en terugwinning
- Simpele en robuuste technologie
- Hoge verzadigingswaarde van het adsorbent
- Eenvoudige installatie en onderhoud

Specifieke nadelen

- Stofdeeltjes in de afgasstroom kunnen problemen veroorzaken
- Mengsels kunnen een vroegtijdige doorbraak in het adsorptiebed veroorzaken
- Niet geschikt voor vochtige afgasstromen
- Brandgevaar

Hulpstoffen

Zie de specifieke factsheets voor actief kool en polymeren.

Cross Media Effects

Als er geen regeneratie plaatsvindt, moet het adsorbent worden afgevoerd als afval waarna het kan worden verbrand (behalve als er kwik in zit). Bij regeneratie met stoom ontstaat er afvalwater met relatief hoge concentraties van afvalstoffen.

Informatiebron

1. Beschrijving van luchtmissiebeperkende technieken, L26 InfoMil/Tauw, maart 2000
2. Gids luchtzuiveringstechnieken, VITO 2004/IMS/R/066
3. IPPC Reference document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector, February 2003
4. Dutch Association of Cost Engineers, editie 25, November 2006
5. [US EPA CACT Air Pollution Control Technology Factsheet](#)

Absoluutfilter/HEPA-filter/oppervlaktefilter/patronenfilter/microfilter

Natuurlijk vervangingsmoment

Nee

Toepasbaarheid

Absoluutfilters zijn toepasbaar voor de verwijdering van stof tussen $PM_{0,12}$ en $PM_{0,3}$ en voor toxische of gevaarlijke stofdeeltjes, zoals de meeste zware metalen. Vanwege de hoge verwijderingsefficiëntie wordt er voor het absoluutfilter een techniek geplaatst voor het verwijderen van de grovere stofdeeltjes een elektrostatische of een doekfilter. Absoluutfilters worden veel gebruikt voor binnenluchtfiltratie op plaatsen waar een goede luchtkwaliteit noodzakelijk is, zoals in operatiekamers van ziekenhuizen of in productieruimten in de farmaceutische, de fotografische en de elektronica sector. Andere sectoren waar absoluutfilters worden toegepast zijn:

- biochemische industrie
- levensmiddelenindustrie
- chemische industrie

Componenten

Verwijderde componenten	Verwijderings-efficiëntie ¹ , %	Restemissie, mg/m_0^3	Validatiekengetal
PM	> 99,999	> 0,0001	1
$PM_{0,01}$	> 99,99	niet bekend	1
$PM_{0,1}$	> 99,999	niet bekend	1

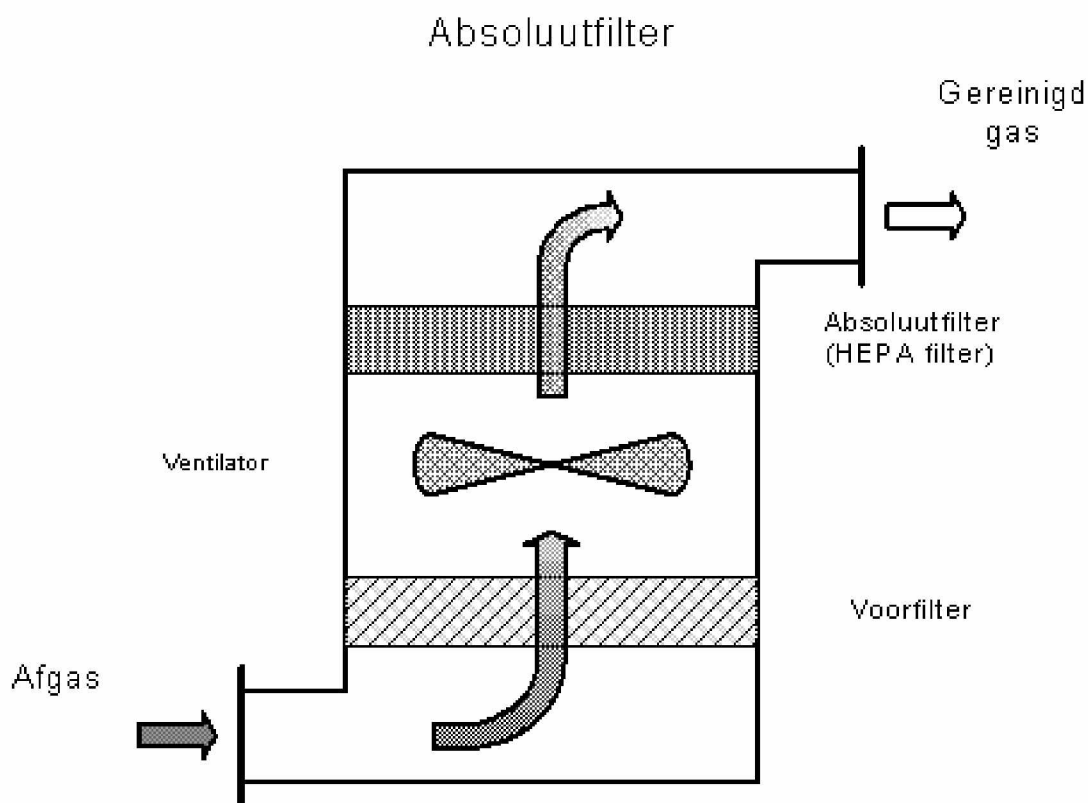
¹ Afhankelijk van de specifieke configuratie en bedrijfscondities.

Randvoorwaarden

Debiet, m_0^3/h	100 – 360 per module
Temperatuur, °C	< 200 voor meest gangbare HEPA

	< 530 voor glas of keramische HEPA
Druk	Atmosferisch
Drukval, mbar	grootte niet bekend, wel sprake van drukval
Vochtgehalte, %	< 95; altijd boven dauwpunt van het afgas
Ingaande concentratie stof, mg/m³	1 - 30

Beschrijving



De te reinigen gasstroom wordt in een kamer geleid en door een zogenaamde ^{2E} Efficiency Particle Air filter (HEPA-filter) gevoerd. Het filtermateriaal van een HEPA-filter bestaat uit zeer dunne glasvezels die in papier zijn gevat of een papieren filter. Om een zo groot mogelijk filteroppervlak te verkrijgen, is dit glasvezelpapier als een harmonica opgevouwen. Dit is noodzakelijk omdat de dichte massa van het glasvezelpapier weinig lucht doorlaat. Om een voldoende grote luchthoeveelheid te kunnen verplaatsen is dus een groot oppervlakte nodig. Het stof blijft achter op de filter, maar dringt er niet in door. Het gaat dus

om een proces van oppervlaktefiltratie. De stoflaag die zich afzet op de filter kan het stofvangstrendement aanvankelijk gunstig beïnvloeden. Als de drukval over de filter te groot wordt, na enige standtijd, moet deze vervangen worden. Het HEPA-filter kan direct in een pijpleiding worden geplaatst of in een aparte behuizing. HEPA-filters vereisen wel een voorreinigingsstap om het grovere stof af te vangen, hierdoor zijn HEPA-filters vaak de laatste filterstap voor het verwijderen van stof. HEPA-filters worden slechts zelden hergebruikt, omdat de reiniging aanleiding kan geven tot beschadiging en lekkage van de filter.

Principeschema

Financiële aspecten

Investeringskosten, EUR/1.000 m³/h	2.400 – 3.200
Operationele kosten, kWh/1.000 m³/h	< 0,1
Personeel, uur per week	Circa 2
Hulp en reststoffen, EUR per jaar/1.000 m³/h	100 - 190
Kostenbepalende parameters	Debiet, filtermateriaal
Baten	Geen

Uitgebreide beschrijving

Varianten

Er kan onderscheid gemaakt worden naar twee varianten:

- HEPA (High Efficiency Particle Air) filter: minimaal 99,97% verwijderingrendement voor fijnstof > 0,3 micrometer
- ULPA (Ultra Low Penetration Air) filter: minimaal 99,9995 % verwijderingrendement voor fijnstof > 0,12 micrometer

Installatie: ontwerp en onderhoud

Absoluutfilters zijn de laatste filterstap bij de verwijdering van stof, voorafgaand aan het absoluutfilter wordt een ESP of doekenfilter toegepast om de grove stofdeeltjes af te vangen.

Bepalende parameters voor het ontwerp van de mechanische uitvoering en de behuizing zijn de temperatuur en de druk. Bij de meest voorkomende uitvoeringsvormen zijn de filtereenheden ofwel rechthoekig ofwel cilindrisch van vorm. Het filter is gevouwen om het oppervlak te vergroten.

Monitoring

In de restgasstroom kan met behulp van een isokinetische sampler of een meter gebaseerd op UV, lichtdoorlaatbaarheid, bètastraling of deeltjesdetectie bepaald worden.

Voor- en nadelen milieu

Specifieke voordelen

- Filtert submicron deeltjes fijnstof
- Zeer hoog rendement, lage restemissie (zie werkingsgraad)
- Gefilterde afgasstroom is zeer schoon en kan gerecirculeerd worden in de inrichting
- Modulaire opbouw
- Weinig gevoelig voor kleine variaties in de gasstroom
- Relatief eenvoudige bedrijfsvoering
- Weinig corrosiegevoelig

Specifieke nadelen

- Niet geschikt voor verwijdering van nat stof of vochtige condities
- Niet geschikt bij hoge stofbelasting (tenzij na voorfiltratie)
- Niet geschikt voor gasstromen die basen bevatten
- Explosierisico aanwezig
- Regelmatige vervanging van filterelement is noodzakelijk

Hulpstoffen

- Filtermateriaal (papier en/of glasvezels) moet regelmatig vervangen worden
- Energiegebruik $< 0,1 \text{ kW/1.000 m}_0^3/\text{h}$

Cross Media Effects

Het gebruikte filter wordt als afval afgevoerd, één filtermodule kan in het algemeen 1 kg stof absorberen. Er kunnen meerder modules tegelijk bedreven worden.

Informatiebron

1. Beschrijving van luchtemissiebeperkende technieken, L26 InfoMil/Tauw, maart 2000.
2. Gids luchtzuiveringstechnieken, VITO 2004/IMS/R/066.
3. IPPC Reference document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector, February 2003.

4. Dutch Association of Cost Engineers, editie 25, November 2006.
5. <http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/ff-hepa.pdf>(opent in nieuw venster)(verwijst naar een andere website)

Droge Elektrostatisch filter/Electrostatic Precipitator (ESP)/Droge E-filter/Droge ESP/Droge Elektrostatische Precipitator/Elektrofilter

Natuurlijk vervangingsmoment

Nee

Toepasbaarheid

De voornaamste toepassingsgebieden zijn complexe grote rookgasreinigingsystemen in energiecentrales en afvalverbrandingsinstallaties.

COMPONENTEN			
Verwijderde componenten	Verwijderings-efficiëntie ¹ , %	Restemissie, mg/m ³	Validatiekengetal
Stof, aerosolen PM ₁ PM ₂ PM ₅	> 97 > 98 > 99,9	5 – 20	3

¹ Afhankelijk van de specifieke configuratie en bedrijfscondities. Waarden zijn in principe gebaseerd op halfuursgemiddelde waarden.

RANDVOORWAARDEN

Debiet, m ³ /uur	360.000 – 2.000.000 (plaatfilter) 1.800 – 180.000 (pijpfilter)
Temperatuur, °C	≤ 700
Druk	Atmosferisch

Drukval, mbar	0,5 – 3
Stof, mg/m³	2 - 110 (plaatfilter) 1 – 10 (pijpfilter)

Beschrijving

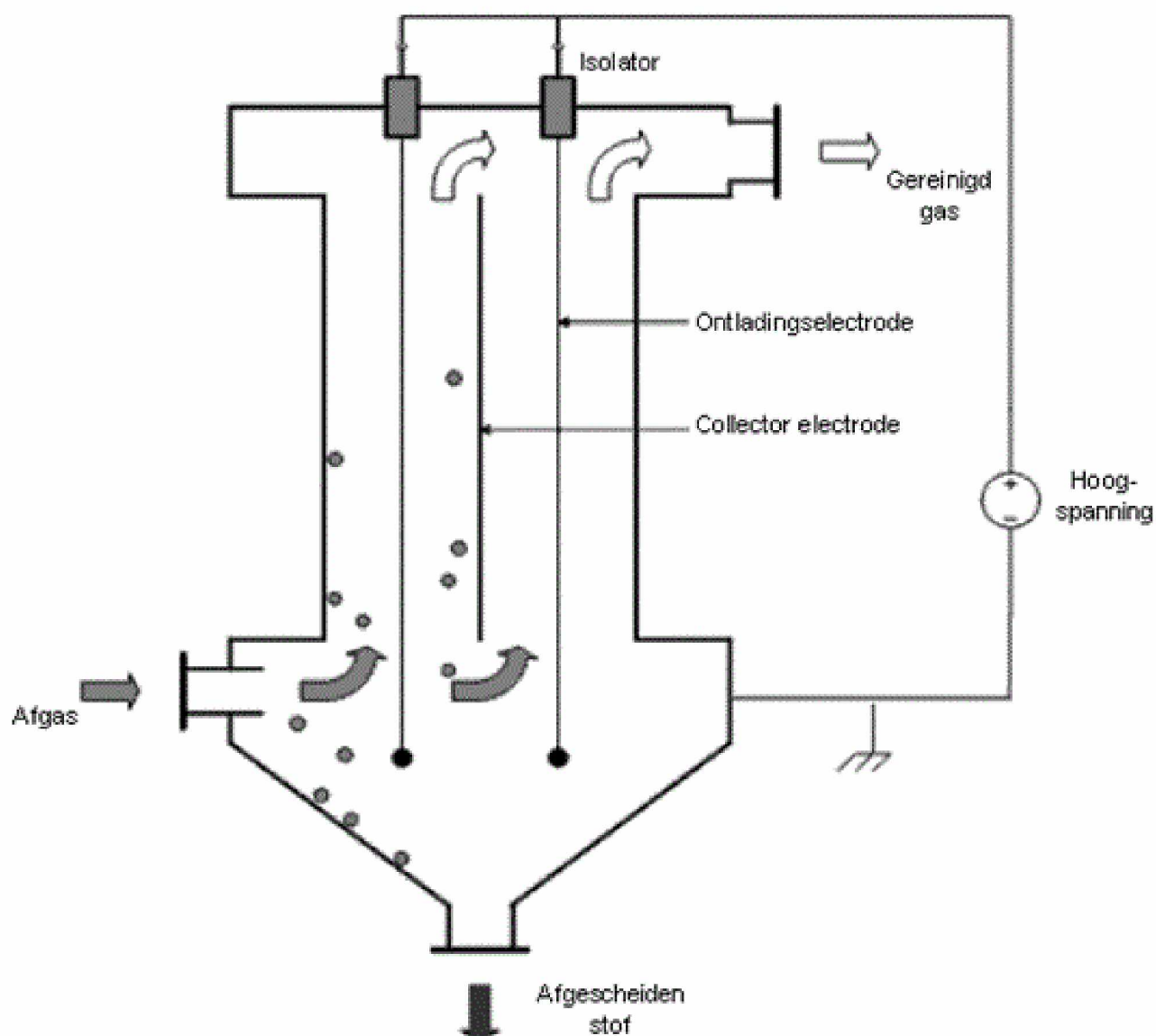
Een droge elektrostatische filter is een apparaat dat door middel van elektrische velden deeltjes lading geeft (ionisatie) en uit een gasstroom onttrekt naar verzamelelektroden. De afgescheiden deeltjes vallen door de zwaartekracht of, zoals bij vaste stoffen door periodiek kloppen of trillen van de verzamelelektroden, en komen in een stortbunker terecht.

Er zijn twee typen droge elektrostatische filters:

- De plaatfilter waar het gas horizontaal langs plaatmateriaal wordt gevoerd
- De pijpfilter waarbij het gas verticaal door buizen wordt gevoerd

Principeschema

Electrostatische filter



FINANCIËLE ASPECTEN

Investeringsen, EUR/1.000 m_0^3/uur	10.000 – 30.000 (voor systemen van 30.000 – 200.000 m_0^3 /uur) ¹
Operationele kosten, EUR/1.000 m_0^3/uur	0,05 – 0,1 (voor systemen > 50.000 m_0^3 /uur)
Personeel, uur/dag	circa 0,25 (onderhoud elektrodes)

Hulp en reststoffen, EUR/ton	<p>Verwerkingskosten van het afgescheiden stof zijn afhankelijk van de aard van de reststof.</p> <p>Bij recycling: 0</p> <p>Inert niet gevaarlijk afval: circa 75</p> <p>Gevaarlijk afval: 150 – 250</p>
Energieverbruik, kW/1.000 m³/uur	0,2 - 1
Kostenbepalende parameters	Debiet, stofconcentratie, rendement
Baten	Gebruik afgescheiden stof

¹ Kosten kunnen hoger uitpakken wanneer in verband met de aard van de af te vangen stoffen het systeem in bijvoorbeeld roestvast staal of titanium uitgevoerd dient te worden.

Uitgebreide beschrijving

Varianten

De tweetraps elektrofilter is opgebouwd uit twee compartimenten waarbij in het eerste compartiment de ionisatie (lading geven) van deeltjes plaatsvindt en in het tweede compartiment de deeltjes worden afgevangen en verzameld.

Installatie: ontwerp en onderhoud

Materiaalkeuze: staal

- Dimensioneringsgrondslag: debiet, gassnelheid in filter (0,6 – 1 m/s)
- Inhoud (m³/1.000 m³/uur): 1,4 – 2,8

Constructieve aspecten

Een elektrofilter bestaat uit één of meer kamers waarover het te reinigen gas gelijkmatig wordt verdeeld. Dit gebeurt door middel van een gasverdeelscherm. Het systeem is opgebouwd uit een aantal onafhankelijk van elkaar werkende en in serie geplaatste velden. Het eerste veld verwijdert het grootste deel van het stof, terwijl de laatste velden er zijn om restemissies laag te houden. Onafhankelijke regelbare velden genieten de voorkeur vanwege de bedrijfszekerheid, ieder van deze velden dient met een eigen stofrechter uitgevoerd te zijn.

Reiniging van elektrodes

Door het kloppen van de elektrodes kan het afgevangen stof worden verzameld in de stoftrechter. Maar wanneer er teveel platen tegelijk worden gereinigd zal de restemissie tijdelijk hoger zijn, het is dus gunstig het aantal simultaan geklopte elektrodes te beperken.

De platen moeten regelmatig geklopt worden om te voorkomen dat de vliegasaag te dik wordt waardoor de efficiëntie afneemt. Maar wanneer te vaak geklopt wordt, wordt de vliegasaag niet voldoende dik, breekt in stukken en wordt meegenomen in de gasstroom. De configuratie van de platen is in dit verband belangrijk, waarbij zones met geringe gassnelheid en de hoogte/breedte verhouding van de platen bepalend zijn voor een goed rendement.

Onderhoud

Elektrofilters zijn relatief gevoelig voor onderhoud en juiste afstellingen. In het bijzonder de afvoer van stof en het klopmechanisme kunnen voor extra onderhoud zorgen.

Monitoring

De werking van het filter kan worden gecontroleerd door het meten van de deeltjesconcentratie in het effluentgas. Dit kan met behulp van bijvoorbeeld een isokinetische monsternamemeter, UV/doorschijnendheidsmeter. Voor details wordt hier naar de NeR paragraaf 3.7 en bijlage 4.7 verwezen. Het systeem zelf dient regelmatig gecontroleerd te worden op corrosie van de elektroden en het isolatiemateriaal.

Voor- en nadelen milieu

Specifieke voordelen

- Zeer hoog rendement (ook voor kleine deeltjes)
- Stof kan droog worden afgescheiden, dit biedt de mogelijkheid tot hergebruik
- Geschikt voor zeer grote gasstromen
- Geschikt voor hoge temperaturen
- Het rendement van elektrofilters kan door aanbouw van meerdere velden of zones worden vergroot
- Lage drukvallen

Specifieke nadelen

- Minder geschikt voor processen met variabele gasstromen, temperaturen en stofconcentratie. Dit kan door automatische regelingen gedeeltelijk worden opgevangen. Variabele bedrijfsomstandigheden zijn geen probleem, als de installatie is ontworpen op de meest ernstige situatie
- Gevoelig voor onderhoud en juiste afstellingen
- Explosiegevaar bij brandbaar stof (zoals roet)
- Reinigingscapaciteit is afhankelijk van de geleidbaarheid van de af te scheiden deeltjes
- Neemt veel ruimte in beslag

Hulpstoffen

Geen

Cross Media Effects

Het afgevangen stof kan afhankelijk van de aard worden hergebruikt als bijvoorbeeld vulmiddel in de asfalt- en cementsector, of moet als afval worden verwerkt.

Informatiebron

1. Factsheets luchtemissiebeperkende technieken, InfoMil
2. Gids luchtzuiveringstechnieken, VITO 2004/IMS/R/066
3. IPPC, BREF, Large Combustion Plants, July 2006
4. IPPC, BREF Waste water and Waste Gas Treatment, 2003
5. Nederlandse emissierichtlijn lucht (NeR) paragraaf 3.7 en bijlage 4.7, 2008
6. Nederlandse elektriciteitscentrale, emissiemeting, 2008
7. Kok, H. Deeltjesgrooteverdeling van geëmitteerd fijnstof bij industriële bronnen, TNO oktober 2006.

Gaswasser (algemeen)/Scrubber/Absorber/Luchtwasser

Natuurlijk vervangingsmoment

Nee

Toepasbaarheid

De techniek wordt vooral toegepast bij stoffen die goed oplosbaar zijn in water zoals alcoholen en aceton. Daarnaast zijn er ook systemen met organische wasvloeistoffen. Terugwinnen van grondstoffen is bij deze techniek soms goed mogelijk. De techniek is soms ook voor bestrijding van geur in te zetten. Breed toepassingsgebied in onder andere de volgende sectoren:

- Chemische industrie
- Oppervlaktebehandeling
- Op- en overslag van chemicaliën
- Farmaceutische industrie
- Afvalverbrandingsinstallatie
- Veeteelt
- Primaire aluminiumindustrie

COMPONENTEN			
Verwijderde componenten	Verwijderings-efficiëntie ¹ , %	Restemissie, mg/m ³	Validatiekengetal
Alcoholen	30 - 99	> 100	3
Zuren zoals HCl, HF	99	< 10	3
Chroomzuur	99	< 10	3
Geur	60 - 85	-	-
Ammonia, Amines	> 99	-	-
Anorganische stoffen	95-99	-	-
VOS	50-99	-	-
SO ₂	95-98	< 10	1

¹ Afhankelijk van de specifieke configuratie, bedrijfscondities en reagens. Waarden zijn in principe gebaseerd op halfuursgemiddelde waarden.

Randvoorwaarden

Debiet, m03/uur

50 – 500.000

Temperatuur, °C

5 – 65

Druk

atmosferisch

Vochtgehalte

Geen beperkingen

Stof, mg/m03

<10; voor een goede werking zijn lage stofconcentraties wenselijk. Wassers die ontworpen zijn voor stofverwijdering kunnen bij hogere stofconcentraties werken.

Ingaande concentratie, mg/m03:**Alcoholen****Zuren zoals HCl, HF**

- 200 – 5.000
- 50 – 50.000

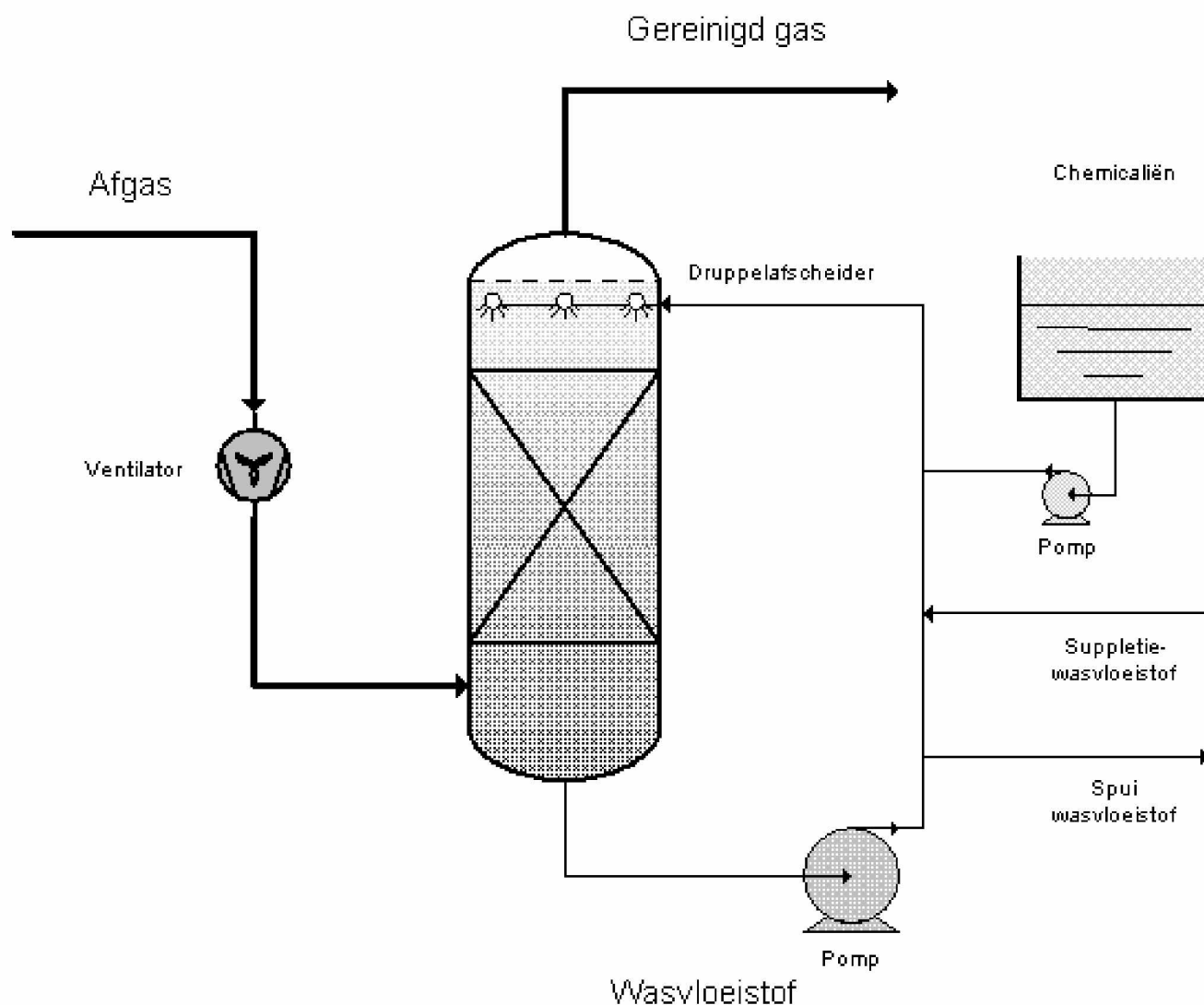
Beschrijving

Een gaswasser is een luchtreinigingsinstallatie waarin een gasstroom in intensief contact wordt gebracht met een vloeistof, vaak water (of waterige oplossing), met als doel bepaalde gasvormige componenten uit het gas naar de vloeistof te laten overgaan. Gaswassers kunnen als emissiebeperkende techniek bij zeer veel gasvormige emissies worden toegepast. Gaswassing is een vorm van absorptie. In principe bestaat een gaswasser uit drie onderdelen: een absorptiesectie voor stofuitwisseling op bevochtigde pakking, een druppelvanger en een recirculatietank. De reinigingsgraad van gaswassers is een samenspel van vooral de verblijftijd van het gas in de absorptiesectie, het type pakking, de gas-vloeistofverhouding (L/G), de verversingsgraad, de temperatuur van het water en het toevoegen van chemicaliën (zie zure en alkalische waters).

Bij stofwassers spelen de zwaartekracht en de centrifugaalkracht meer dan bij gaswassers een rol bij de afscheiding van deeltjes (zie factsheet). Het toevoegen van chemicaliën is meer typisch voor gaswassers.

Principeschema

Gaswassing



Financiële aspecten

Investerings, EUR/1.000 m³/uur

2.500 – 25.000, afhankelijk van uitvoering

Operationele kosten, uren per week

Circa 4

Personeel, EUR/jaar

Circa 5.000 - 8.000

Hulp en reststoffen

Sterk afhankelijk van toepassing

Energieverbruik, kWh/1.000 m³

0,2 – 0,5

Kostenbepalende parameters

Debiet en eventuele reststoffenbehandeling (afvalwater)

Baten

Als terugwinning plaatsvindt van grondstoffen

Uitgebreide beschrijving

Varianten

Meestroom-, kruisstroom- en tegenstroomwassers. Waters met pakkingmateriaal of schotels, en waters zonder pakkingmateriaal ingebouwd, zoals venturi- en straalwassers en sproeitors.

Installatie: ontwerp en onderhoud

- Een optimaal ontwerp van een watersysteem met lage emissies vereist een hoge betrouwbaarheid, een volledige automatisering en een goede staat van onderhoud.
- Inhoud: 1 - 2 (m³/1.000 m³/uur).
- De belangrijkste ontwerpparameters zijn afgasdebiet, bedrijfstemperatuur, maximale temperatuur en afgassamenstelling.

Monitoring

Om het rendement te meten van de water is het nodig de gasconcentratie in- en uitgaand te meten. Dit kan afhankelijk van de component met infrarood of nat-chemisch worden bepaald. Voor details wordt hier naar de NeR paragraaf 3.7 en bijlage 4.7 verwezen.

Routinemetingen moeten gaan over de drukval, make-up waterstroom, recycle stroom, de reagensstroom en in sommige gevallen de pH, temperatuur en geleidbaarheid van de uitgaande waterstroom.

Voor- en nadelen milieu

Specifieke voordelen

- Breed toepassingsbereik
- Zeer hoge verwijderingrendementen mogelijk
- Compacte installatie en eenvoudig in onderhoud
- Relatief eenvoudige technologie
- Kan ook als koeling dienen voor warme gasstromen (quencher)

Specifieke nadelen

- Afvalwater moet worden behandeld
- Water- en reagentieverbruik

- Wanneer stof gelijktijdig wordt afgevangen, is extra spuien vereist; overigens wordt voor het uitwassen van stof meestal een ander ontwerp toegepast
- Vorst- en corrosiegevoelig
- Pluim kan zichtbaar zijn (maar afkoeling geeft minder pluimstijging wat nadelig is voor geurverspreiding)
- Afhankelijk van de plaats kan een draagconstructie nodig zijn
- Pakkingmateriaal is mogelijk gevoelig voor verstopping door stof ($> 10 \text{ mg/m}_0^3$) en vet
- Voor geurproblemen zijn pilottesten vereist om de haalbaarheid in te schatten
- Recirculatie van waswater kan leiden tot toename van de geuremissie

Hulpstoffen

- Water. Verdampingsverliezen worden voornamelijk bepaald door het verschil in luchtvochtigheid van de ingaande en uitgaande luchtstroom en de instelling van de spui (verversingsgraad) van het waswater. Verdampingsverliezen worden voornamelijk bepaald door de temperatuur en de luchtvochtigheid van de ingaande gasstroom. De uitgaande gasstroom is meestal volledig verzadigd met waterdamp
- Reagentia: zuren, basen, oxidatiemiddelen, bleekwater, peroxide, e.a. Dit is afhankelijk van de te behandelen componenten in het afgas

Cross Media Effects

Afvalwater: in de meeste gevallen moet het spuiwater worden gereinigd. In bepaalde gevallen kan het worden ingedampt en opgewerkt voor herwinning van producten. Zuur waswater wordt voor regeling van de pH gedeeltelijk gespuid. Het waswater wordt aangevuld met water. Het gespuide waswater moet worden behandeld voor het wordt geloosd.

Informatiebron

1. Beschrijving van luchtmissiebeperkende technieken, L26 InfoMil/Tauw, maart 2000
2. Gids luchtzuiveringstechnieken, VITO 2004/IMS/R/066
3. IPPC Reference document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector, February 2003
4. IPPC Reference document on Best Available Techniques
5. <http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/fventuri.pdf>(opent in nieuw venster)(verwijst naar een andere website)
6. <http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4-60.html>(opent in nieuw venster)(verwijst naar een andere website)
7. Dutch Association of Cost Engineers, editie 25, November 2006
8. Nederlandse emissierichtlijn lucht (NeR) paragraaf 3.7 en bijlage 4.7, 2008
9. Leveranciersinformatie DMT Milieutechniek, KWB en Askove.

Zure gaswasser/Acid scrubber

Natuurlijk vervangingsmoment

Nee

Toepasbaarheid

De zure water wordt onder andere toegepast in de volgende sectoren:

- Mestverwerking (ammoniak)
- Compostering (ammoniak)
- Afvalverwerkingsinstallatie (ammoniak, amines)
- Kunstmestproductie (ammoniak)
- Farmaceutische industrie (esters)
- Chemische industrie (esters)
- Gieterijen (amines)
- Productie van visvoeder (amines)

Het wordt vooral toegepast bij basische componenten in het afgas.

COMPONENTEN			
Verwijderde componenten	Verwijderings-efficiëntie ¹ , %	Restemissie, mg/m ³	Validatiekengetal
NH ₃ en amines	99	< 1	3
Esters	80	-	3
Ethyleenoxide	99	-	1

¹Afhankelijk van de specifieke configuratie, bedrijfscondities en reagens. Waarden zijn in principe gebaseerd op halfuursgemiddelde waarden.

RANDVOORWAARDEN

Debiet, m ³ /uur	50 – 500.000
-----------------------------	--------------

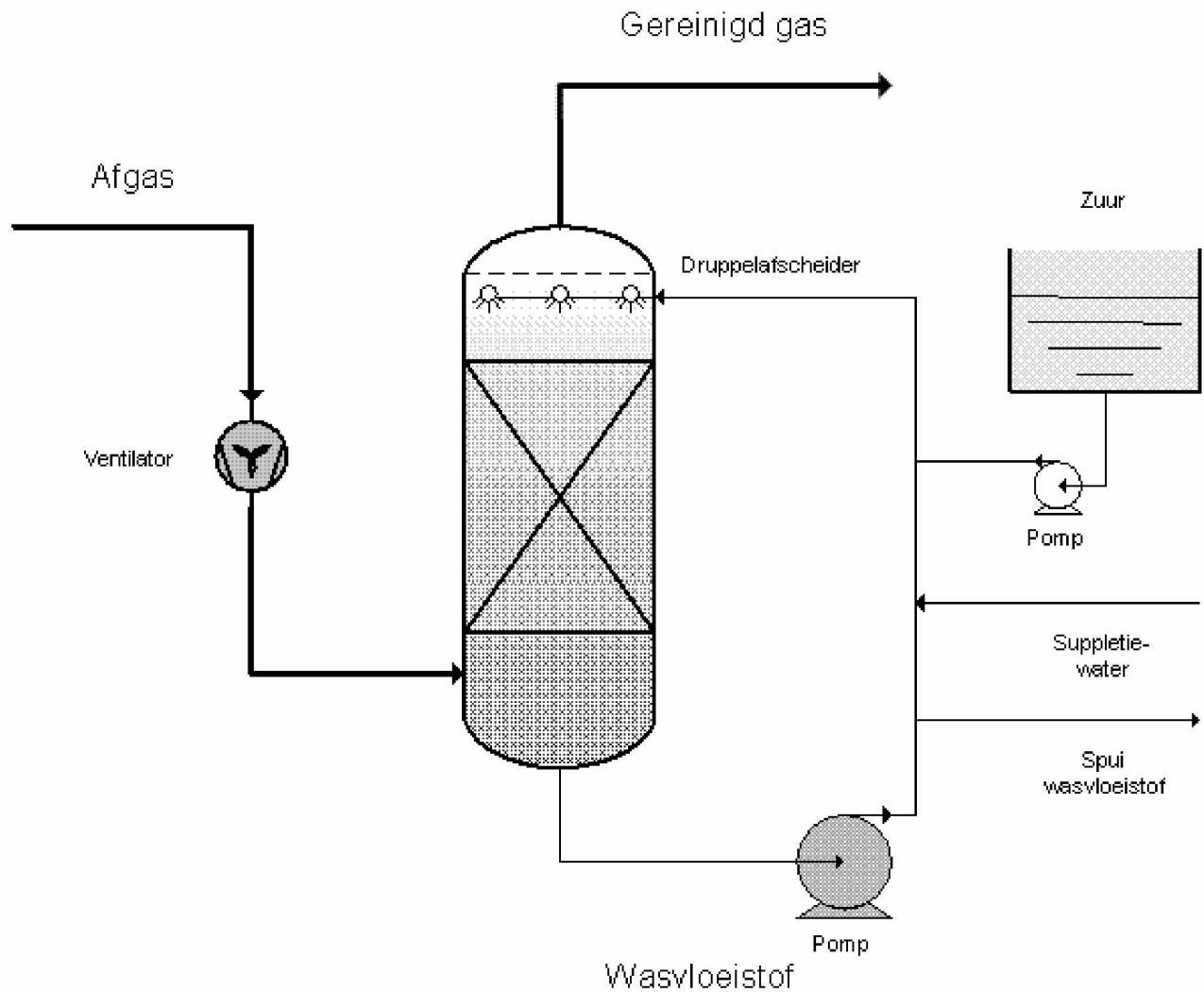
Temperatuur, °C	5 – 80
Druk	Atmosferisch
Drukval, mbar	4 - 8
Vochtgehalte	Geen beperkingen
Ingaande concentratie, mg/m³ Stof Ammoniak Amines Esters	< 10 200 – 1.000 10 – 1.000 > 100

Beschrijving

Voor de algemene werking van de gaswasser wordt verwezen naar de factsheet 'Gaswasser (algemeen)'. Een zure water werkt bij lage zuurgraad waardoor basische componenten beter worden afgevangen. Hierbij worden zouten gevormd. Op basis van densiteit en/of geleidbaarheid wordt een gedeelte van het waswater gespuid. De spui kan tot 15% zouten bevatten en wordt ofwel na zuivering geloosd, ofwel ingedampt voor hergebruik. De dosering van het zuur gebeurt door middel van een pH-regeling. De zuurgraad wordt in de meeste gevallen tussen pH 3 en 6 gestuurd. Als zuur wordt meestal, uit economische redenen, zwavelzuur (H₂SO₄) gebruikt. Voor specifieke toepassingen, bijvoorbeeld voor het afvangen van NH₃, wordt ook wel salpeterzuur (HNO₃) gebruikt. Hierbij wordt ammoniumnitraat gevormd dat gebruikt kan worden als kunstmest. Door hun basisch karakter kunnen ook amines en esters worden afgevangen in een zure water.

Principeschema

Zure gaswassing



FINANCIËLE ASPECTEN

Investeringsen, EUR/1.000 m_0^3/uur	7.500 – 25.000, afhankelijk van schaalgrootte en uitvoering
Operationele kosten, uren per week	-
Personeel, mandag per week	Circa 0,5

Hulp en reststoffen, EUR/ton	Zuren, circa 150
Energieverbruik, kWh/1.000 m³ / uur	0,2 – 1
Kostenbepalende parameters	Debiet, reagentia en eventueel reststoffenbehandeling (afvalwater)
Baten	Is mogelijk, afhankelijk van toepassing

Uitgebreide beschrijving

Varianten

Meestroom- , kruisstroom- en tegenstroomwassers. Zie ook wassing algemeen.

Installatie: ontwerp en onderhoud

- Bij de ontwerpen van de zure wasser wordt vooral kunststof als constructiemateriaal gebruikt.
- Inhoud: 0,5 - 1 (m³/1.000 m³/uur).
- De belangrijkste ontwerpparameters zijn debiet, maximale temperatuur en de samenstelling van het te reinigen gas.

Monitoring

Om het rendement te meten van de wasser is het nodig de gasconcentratie in- en uitgaand te meten. De concentratie kan afhankelijk van de component bijvoorbeeld met UV, IR of nat chemisch worden bepaald. Voor details wordt hier naar de NeR paragraaf 3.7 en bijlage 4.7 verwezen. Het functioneren van een zure gaswasser kan worden gevolgd door te monitoren op: de drukval, de hoeveelheid suppletiewater (make-up waterstroom), recycle stroom, de reagensstroom en de pH, temperatuur en geleidbaarheid van de uitgaande waterstroom.

Voor- en nadelen milieu

Specifieke voordelen

- Zeer hoge verwijderingrendementen
- Compacte installatie
- Kan modulair worden opgebouwd

Specifieke nadelen

- Afvalwater moet worden behandeld
- Verbruik van reagentia

Hulpstoffen

Suppletiewater en reagentia zoals zwavelzuur, zoutzuur, of salpeterzuur.

Cross Media Effects

In de meeste gevallen moet het spuiwater worden gereinigd. In bepaalde gevallen kan het worden ingedampt en opgewerkt voor terugwinning van producten. Zuur waswater wordt om de pH te regelen gedeeltelijk gespuid. Het waswater wordt aangevuld met water. Het gespuide waswater moet worden behandeld vooraleer het wordt geloosd.

Informatiebron

1. Beschrijving van luchtmissiebeperkende technieken, L26 InfoMil/Tauw, maart 2000
2. Gids luchtzuiveringstechnieken, VITO 2004/IMS/R/066
3. IPPC Reference document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector, February 2003
4. <http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/fventuri.pdf>(opent in nieuw venster)(verwijst naar een andere website)
5. <http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4-60.html>(opent in nieuw venster)(verwijst naar een andere website)
6. Dutch Association of Cost Engineers, editie 25, November 2006
7. Nederlandse emissierichtlijn lucht (NeR) paragraaf 3.7 en bijlage 4.7, 2008
8. Leveranciersinformatie DMT Milieutechniek.

Alkalische gaswasser/basische water

Toepasbaarheid

De alkalische water wordt vooral toegepast bij zure componenten in het afgas in de volgende sectoren:

- Chemische industrie
- Galvanische industrie
- Op- en overslag van chemicaliën
- Afvalverbrandingsinstallatie
- Slibverwerkingsinstallaties, rioolwaterpompstations, RWZI's

COMPONENTEN			
Verwijderde componenten	Verwijderings-efficiëntie ¹ , %	Restemissie, mg/m ³	Validatiekengetal
HCl	99	<10	3
HF	99	<1	3
SO ₂	99	<10	1
H ₂ S	90-95	< 10 ppm	1
Fenolen	90	-	1

¹ Afhankelijk van de specifieke configuratie, bedrijfscondities en reagens. Waarden zijn in principe gebaseerd op halfuursgemiddelde waarden.

RANDVOORWAARDEN

Debiet, m ³ /uur	50 – 500.000
Temperatuur, °C	5 – 80
Druk	atmosferisch

Vochtgehalte	Geen beperkingen
Ingaande concentratie, mg/m³	
Stof	< 10; voor stofwassers is dit hoger (zie de factsheets)
HCl	50 – 20.000
HF	50 – 1.000
Fenolen	< 5.000
SO₂	100 – 10.000
H₂S	1.000 – 10.000 ppm

Beschrijving

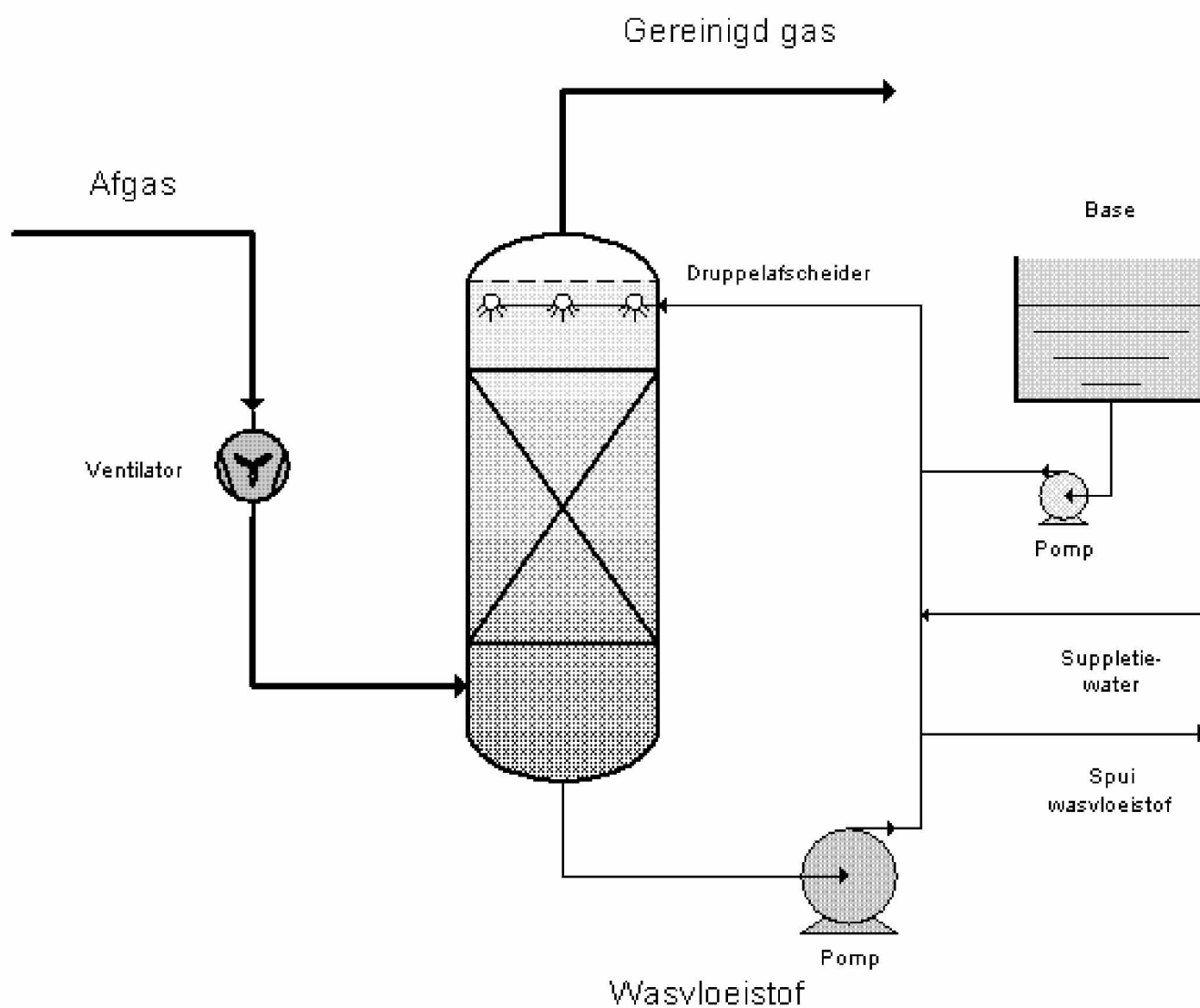
Voor de algemene werking van de gaswasser wordt verwezen naar de factsheet 'Gaswasser (algemeen)'.

Bij een alkalische wasser worden zuurvormende componenten beter afgevangen door neutralisatie met een base (loog) als wasvloeistof. Hierbij worden zouten gevormd die eventueel kunnen worden opgewerkt. Het spuiwater wordt gezuiverd en geloosd op het rioleringsnet.

De dosering van base gebeurt op basis van een pH sturing of een directie meting in de uitgaande luchtstroom, bijvoorbeeld een H₂S-meting. Meestal wordt de pH van een alkalische wasser tussen 8,5 en 9,5 gestuurd. Men kan de zuurgraad niet te hoog maken in verband met absorptie van CO₂ in het water. Vanaf een pH boven 10 zal het opgeloste CO₂ als carbonaat aanwezig zijn in het water waardoor het loogverbruik zeer sterk zal stijgen. Het calciumcarbonaat zal eveneens neerslaan op de pakking waardoor de drukval zal verhogen. Om dit te vermijden, wordt ook aangeraden om in een alkalische wasser onthard water te gebruiken.

Principeschema

Basische gaswassing



FINANCIËLE ASPECTEN

Investerings, EUR/1.000 m_0^3/uur	2.500 – 35.000, afhankelijk van schaalgrootte en uitvoering
Operationele kosten	-
Personeel, mandag per week	Circa 0,5

Hulp en reststoffen, EUR/ton	Vooraf base, bijvoorbeeld gebruik natronloog (20%)
Energieverbruik, kWh/1.000 m³ / uur	0,02 – 1
Kostenbepalende parameters	Debiet, reagentia en eventueel reststoffenbehandeling (afvalwater)
Baten	Meestal niet

Uitgebreide beschrijving

Varianten

Meestroom- , kruisstroom- en tegenstroomwassers. Zie ook wassing algemeen.

Installatie: ontwerp en onderhoud

- Bij de ontwerpen van de alkalische wasser wordt vooral kunststof als constructiemateriaal gebruikt
- Inhoud: 1 - 2 (m³/1.000 m³/uur)
- De belangrijkste ontwerpparameters zijn afgasdebiet, maximale temperatuur van het te reinigen gas en de afgassamenstelling

Monitoring

Om het rendement te meten van de wasser is het nodig de gasconcentratie in- en uitgaand te meten. De concentratie kan afhankelijk van de component bijvoorbeeld met UV, IR of nat chemisch worden bepaald. Voor details wordt hier naar de NeR paragraaf 3.7 en bijlage 4.7 verwezen. Routinemetingen moeten gaan over de drukval, suppletiewaterstroom, recycle stroom, de reagensstroom en de pH, temperatuur, dichtheid en geleidbaarheid van de uitgaande waterstroom.

Voor- en nadelen milieu

Specifieke voordelen

- Zeer hoge verwijderingrendementen
- Mogelijke simultane verwijdering stof
- Compacte installatie
- Relatief eenvoudige technologie
- Kan modulair worden opgebouwd

Specifieke nadelen

- Afvalwater moet worden behandeld
- Gipsopbrengst bij SO₂-verwijdering is verwaarloosbaar
- Water- en reagentiaverbruik
- Wanneer stof gelijktijdig wordt afgevangen, kan extra spuien vereist zijn
- Pluimstijging kan zichtbaar zijn (is herverhitting nodig?)
- Pakkingmateriaal is mogelijk gevoelig voor verstopping door stof ($> 10 \text{ mg/m}_0^3$) en vet

Hulpstoffen

- Water. Het waterverbruik is afhankelijk van de in- en uitgaande concentraties van de gasvormige componenten. Verdampingsverliezen worden voornamelijk bepaald door de temperatuur en de luchtvochtigheid van de ingaande gasstroom. De uitgaande gasstroom is meestal volledig verzadigd met waterdamp.
- Reagentia. Basische stoffen zoals natronloog.

Cross Media Effects

Afvalwater. Waswater wordt, voor regeling van de pH en/of het neerslaan van zouten te voorkomen, gedeeltelijk gespuid. Het gespuide waswater moet meestal worden behandeld voor het wordt geloosd. In bepaalde gevallen kan het worden opgewerkt, bijvoorbeeld tot gips in het geval van SO₂-verwijdering. Het waswater wordt aangevuld met water.

Informatiebron

1. Beschrijving van luchtmissiebeperkende technieken, L26 InfoMil/Tauw, maart 2000
2. Gids luchtzuiveringstechnieken, VITO 2004/IMS/R/066
3. IPPC Reference document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector, February 2003
4. <http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/fventuri.pdf>(opent in nieuw venster)(verwijst naar een andere website)
5. <http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4-60.html>(opent in nieuw venster)(verwijst naar een andere website)
6. Dutch Association of Cost Engineers, editie 25, November 2006
7. Nederlandse emissierichtlijn lucht (NeR) paragraaf 3.7 en bijlage 4.7, 2008
8. Leveranciersinformatie: Pure Air Solutions, DMT Milieutechniek, KWB en Askove

Biologische wasser (algemeen)/Bioscrubber/Biowasser

Natuurlijk vervangingsmoment

Nee

Toepasbaarheid

¹ Afhankelijk van de specifieke configuratie, bedrijfscondities en reagens. Waarden zijn in principe gebaseerd op halfuursgemiddelde waarden.

Breed toepassingsgebied in de volgende sectoren:

- Sigarettenindustrie
- Waterzuiveringsinstallaties
- Verwijderen van geur voortkomend uit de productie van enzymen
- Verwijderen van geur voortkomend uit de productie van aromaproductie
- Rubberindustrie
- Verwijdering van geur- en zwavelcomponenten uit afgassen bij de productie van methionine
- Verwijdering van geur- bij de productie van polymeren
- Verwijdering van geur, VOS en stikstofcomponenten bij de verwerking van verfafval
- Stortplaatsen voor gevaarlijke afvalstoffen
- Veehouderij
- Koffiebranderijen
- Slachthuizen

COMPONENTEN			
Verwijderde componenten	Verwijderings-efficiëntie ¹ , %	Restemissie	Validatiekengetal
Geur ² , ouE/m ³	70 - 80	100 – 150	1
Ammoniak, mg/m ³	80 - 95	-	1
VOS, mg/m ³	80 - 90	-	1

² Onder andere fenolen, mercaptanen, H₂S, azijnzuur en acetaten dragen bij aan de geur.

RANDVOORWAARDEN

Debiet, m³/uur	-
Temperatuur, °C	15 – 40; optimale temperatuur 30 – 35°C
Druk	atmosferisch
Drukval, mbar	2– 5
Vochtgehalte	Geen beperkende voorwaarden
Stof	-
Ingaande concentratie:	
VOS, mg/m³	100 – 1.000
Slibconcentratie, g/l	6 - 8
Geur, ou_E/m³	> 10.000
Geleidbaarheid, m S/cm	< 5.000

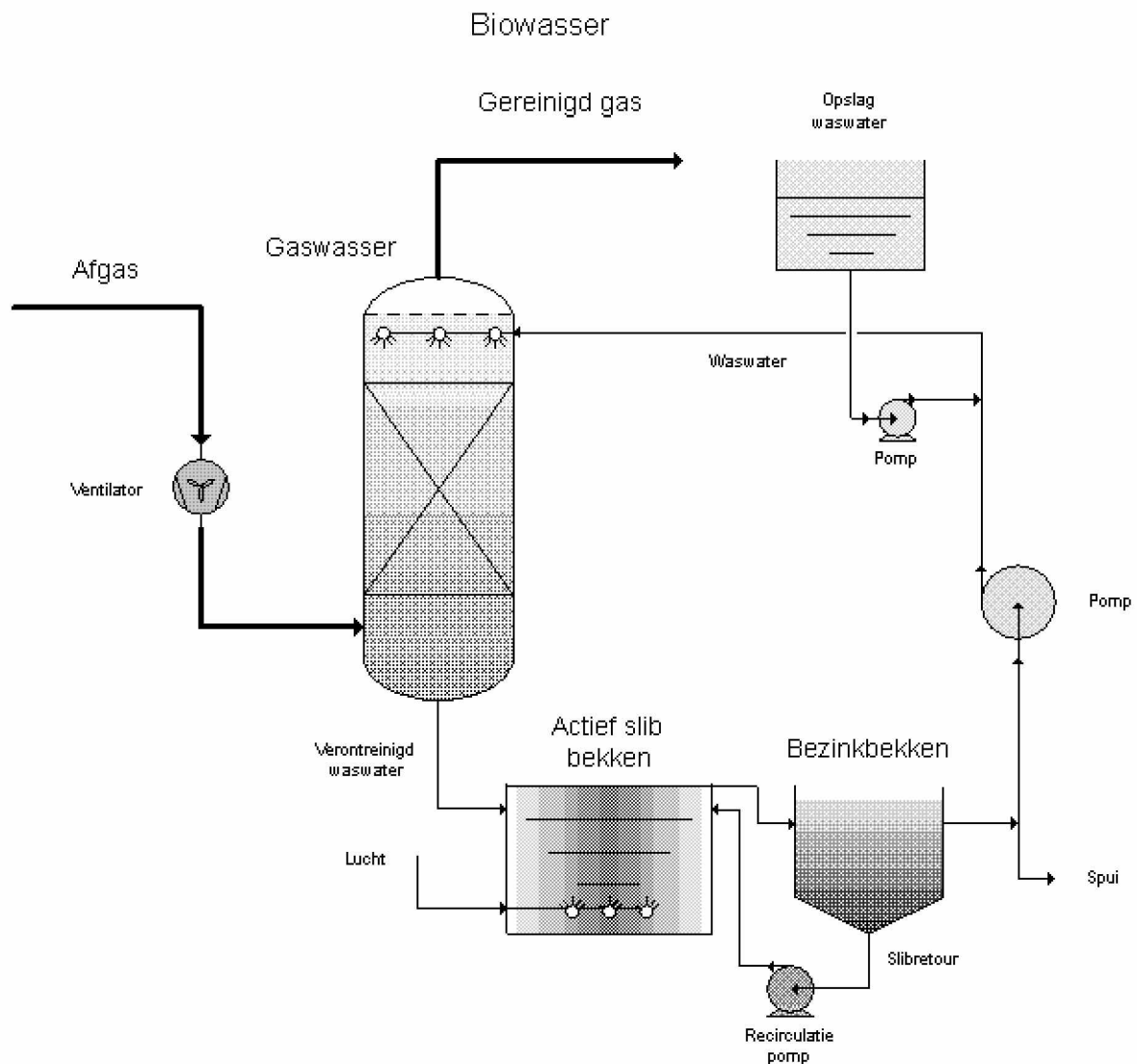
Verder geldt:

- De verontreinigingen moeten verder wateroplosbaar zijn
- De verontreinigingen moeten aëroob biologisch afbreekbaar zijn
- De emissie moet continu in de tijd worden aangeboden; piekbelastingen kunnen wel enigszins worden opgevangen

Beschrijving

Een biowasser bestaat uit een gaswasser en een biologische reactor. In de gaswasser worden de te verwijderen componenten uit de gasstroom in het waswater geabsorbeerd. In de biologische reactor worden de geabsorbeerde verontreinigingen in het waswater vervolgens biologisch afgebroken. De gezuiverde wasvloeistof wordt gerecirculeerd naar de gaswasser. Biologisch afbreekbare koolwaterstoffen worden in de biowasser omgezet in water en CO_2 . De niet afbreekbare koolwaterstoffen blijven in het waswater aanwezig. Componenten zoals H_2S en NH_3 worden achtereenvolgens in sulfaat en nitraat omgezet. Om het zoutgehalte en het gehalte niet-afbreekbare VOS laag genoeg te houden moet regelmatig gespuid worden. Dit kan op basis van geleidbaarheid of via een vaste spui gebeuren. De mate van spui is afhankelijk van de samenstelling van het te reinigen gas. Een hydraulische verblijftijd van het waswater van 20 – 40 (maximum) dagen geeft goede resultaten.

Principeschema



FINANCIËLE ASPECTEN

Investeringsen, EUR/1000 m³/uur	6.000 – 20.000
Personeel, uur/week	Circa 4
Hulp en reststoffen	Relatief laag
Energieverbruik, kWh/1000 m³/uur	0,2 - 0,5
Elektriciteitskosten	-
Kostenbepalende parameters	Debiet, type en concentratie te verwijderen component(en)
Baten	Niet

Uitgebreide beschrijving

Varianten

Eventueel in combinatie met bestaande biologische waterzuivering.

Installatie: ontwerp en onderhoud

De gaswasser moet zodanig worden ontworpen dat de verblijftijd van de gassen in de water ongeveer 1 seconde is. Afhankelijk van de oplosbaarheid van de componenten kan dit iets meer of minder zijn. De water moet een speciale open pakking en speciale sproeikoppen hebben om verstoppingen door het biologische slib te vermijden. Een hydraulische verblijftijd van het waswater van 20 – 40 (maximum) dagen geeft goede resultaten.

Monitoring

Om het rendement te meten van de water is het nodig de geur- en/of gasconcentratie in- en uitgaand te meten. Voor details wordt hier naar de NeR paragraaf 3.6, 3.7 en bijlage 4.7 verwezen. Routinemetingen moeten gaan over de drukval, de recycle stroom, de pH, temperatuur en geleidbaarheid van de uitgaande waterstroom.

Voor- en nadelen milieu

Specifieke voordelen

- Biodegradatie of natuurlijke afbraak van componenten
- Hoge concentraties van zwavel-, stikstof- en chloorcomponenten kunnen worden verwijderd door de mogelijkheid van pH controle
- Piekemissies kunnen beter worden opgevangen dan bij een biofilter en biotricklingfilter

Specifieke nadelen

- Vooral geschikt voor goed oplosbare componenten
- Componenten moeten biologisch afbreekbaar zijn
- Productie van een slib dat moet worden afgevoerd
- Het spuiwater moet verder worden behandeld
- Gevoelig voor wisselingen in debiet en procescondities
- Biomassa kan zich op de pakking gaan hechten waardoor verstoppingen kunnen optreden of zelfs de pakking in kan klinken

Hulpstoffen

- Suppletiewater om verdampings- en spuiwaterverlies aan te vullen
- Chemicaliën zoals zuur of base om de pH voor een optimale biologische activiteit te garanderen
- Nutriënten voor het slib

Cross Media Effects

Een biowasser creëert twee afvalstromen:

- Spuiwater beladen met zouten en niet-biologisch afbreekbare CZV
- Spuislib van de bioreactor, dat op een milieuverantwoordelijke manier moet worden verwijderd

Er moet opgelet worden met de tussenopslag van het waswater. Door anaërobe omstandigheden kunnen hier geurcomponenten worden gevormd. Deze moeten dan verder worden behandeld.

Informatiebron

1. Beschrijving van luchtmissiebeperkende technieken, L26 InfoMil/Tauw, maart 2000
2. Gids luchtzuiveringstechnieken, VITO 2004/IMS/R/066
3. IPPC Reference document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector, February 2003
4. Dutch Association of Cost Engineers, editie 25, November 2006
5. Nederlandse emissierichtlijn lucht, NeR paragraaf 3.6, 3.7 en bijlage 4.7, 2008

Thermische oxidatie

Configuratie en bedrijfscondities. Waarden zijn in principe gebaseerd op halfuursgemiddelde waarden.

² Bij het verbranden van gehalogeneerde verbindingen kunnen er zeer schadelijke dioxines, en verbindingen hiervan, worden gevormd.

RANDVOORWAARDEN			
	Normaal	Recuperatief	Regeneratief
Debiet, m ³ /uur	900 – 86.000	90 – 86.000	900 – 86.000
Temperatuur, °C	750 – 1.200 (afhankelijk van type vervuiling)		
Druk	atmosferisch		
Drukval, mbar	10 - 50		
Vochtgehalte	-		
Stof, mg/m ³	< 3		
Ingaande concentratie VOS	< 25% van de onderste explosiegrens gas (LEL) ¹		
Verblijftijd	0,5 – 2 seconde (afhankelijk van temperatuur)		

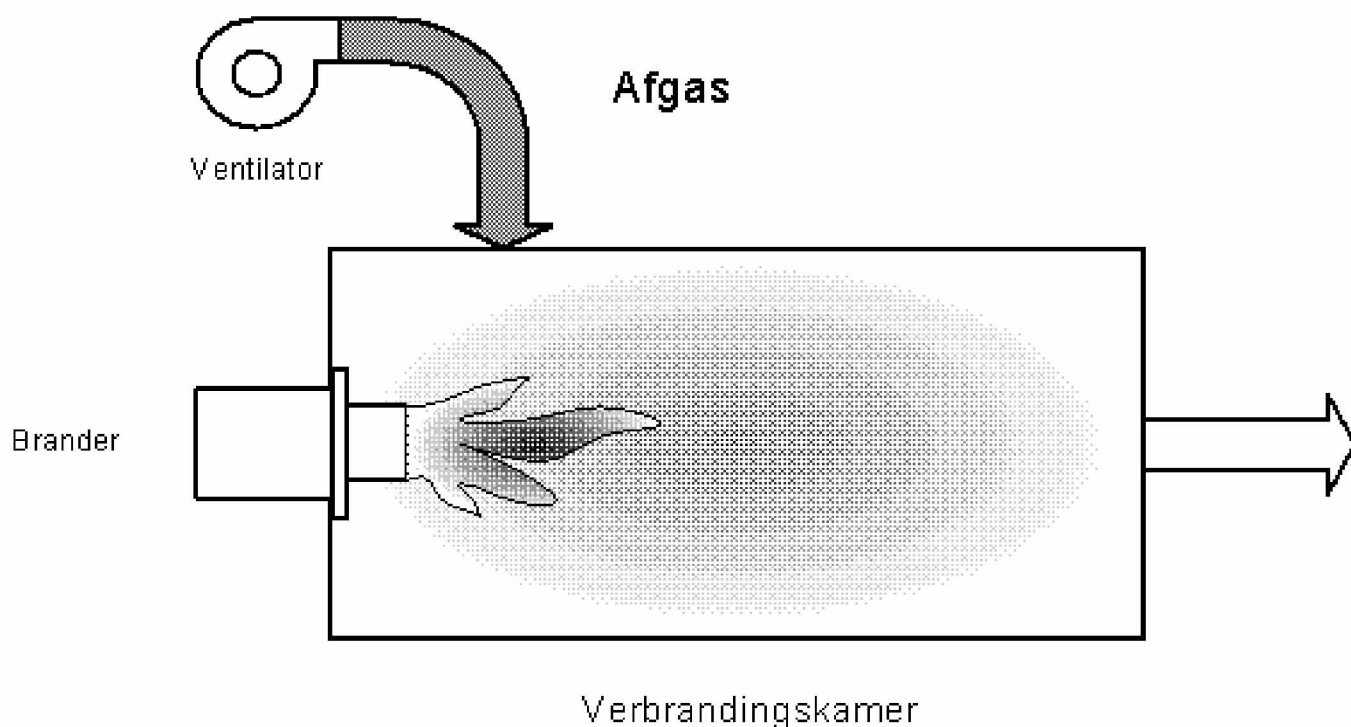
¹ Voor de veiligheid dient de VOS-concentratie van het afgas onder 25% van de onderste explosiegrens (LEL) te worden gehouden.

Beschrijving

Afgassen worden door middel van verbranding op een hoge temperatuur gebracht. Deze temperatuur varieert bij thermische naverbranding tussen 750 en 1.200 °C. Wanneer het afgas voldoende lang op deze hoge temperatuur wordt gehouden oxideren de verontreinigingen (VOS, geur) tot stoffen als CO₂, H₂O, NO_x, SO_x.

Principeschema

Thermische oxidatie



FINANCIËLE ASPECTEN

	Normaal	Recuperatief	Regeneratief
Investeringsen, EUR/1.000 m³/uur	10.000 – 40.000	10.000 – 50.000	20.000 – 40.000
Operationele kosten, EUR per jaar/ 1.000 m³/uur	< 1.000	3.000 – 14.000	1.000

Personeel, dagen per jaar	2	5	2
Hulp en reststoffen, EUR per jaar/1.000 m₀³/uur	24.000 - 45.000 kan nodig zijn voor steunbrandstof ¹	-	-
Energieverbruik, kWh/1000 m₀³/uur	3 – 8	-	1,5 – 2,25
Elektriciteitskosten, EUR/1.000 m₀³/uur	Afhankelijk van EUR/kWh		
Kostenbepalende parameters	Debiet, energie-inhoud afgassen, vereiste verwijderingsefficiency, type katalysator, meet- en regelapparatuur		
Baten	Geen		

¹ Er is steunbrandstof nodig om de verbranding in stand te houden. Het energieverbruik is afhankelijk van het VOS-gehalte van de afgassen. Bij de oxidatie van de organische componenten in de afgassen komt immers warmte vrij. Als de concentratie aan VOS groot genoeg is, volstaat de vrijgestelde warmte om het proces op temperatuur te houden.

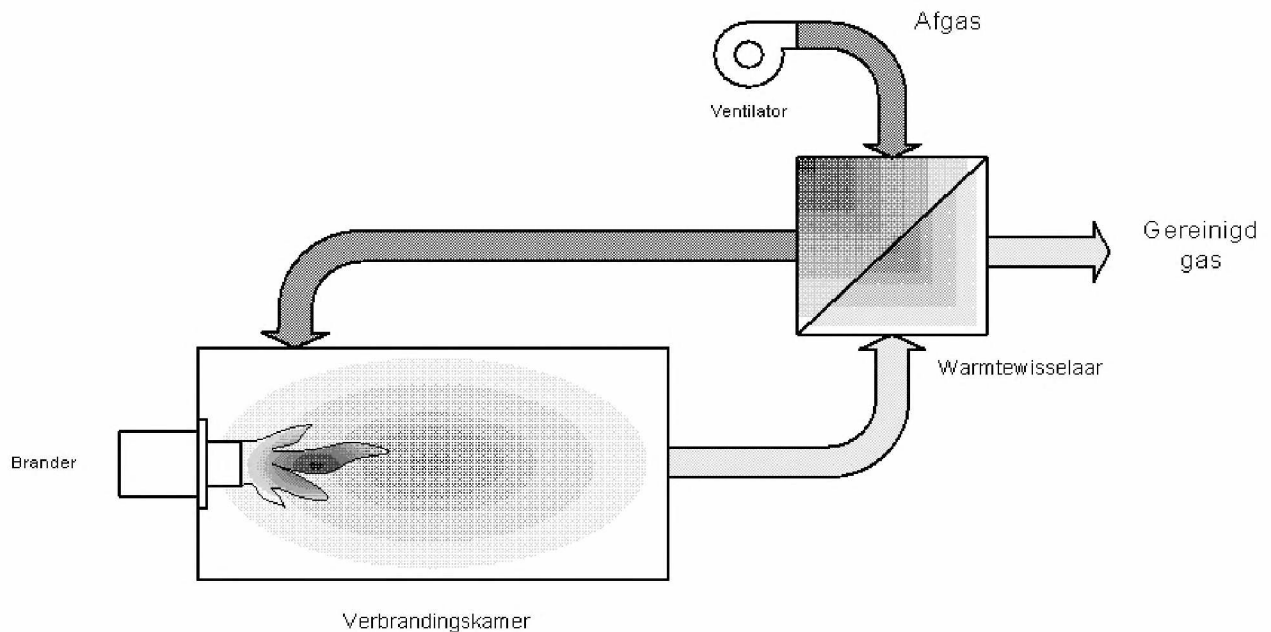
Uitgebreide beschrijving

Varianten

De belangrijkste varianten zijn de:

- Recuperatieve naverbrander

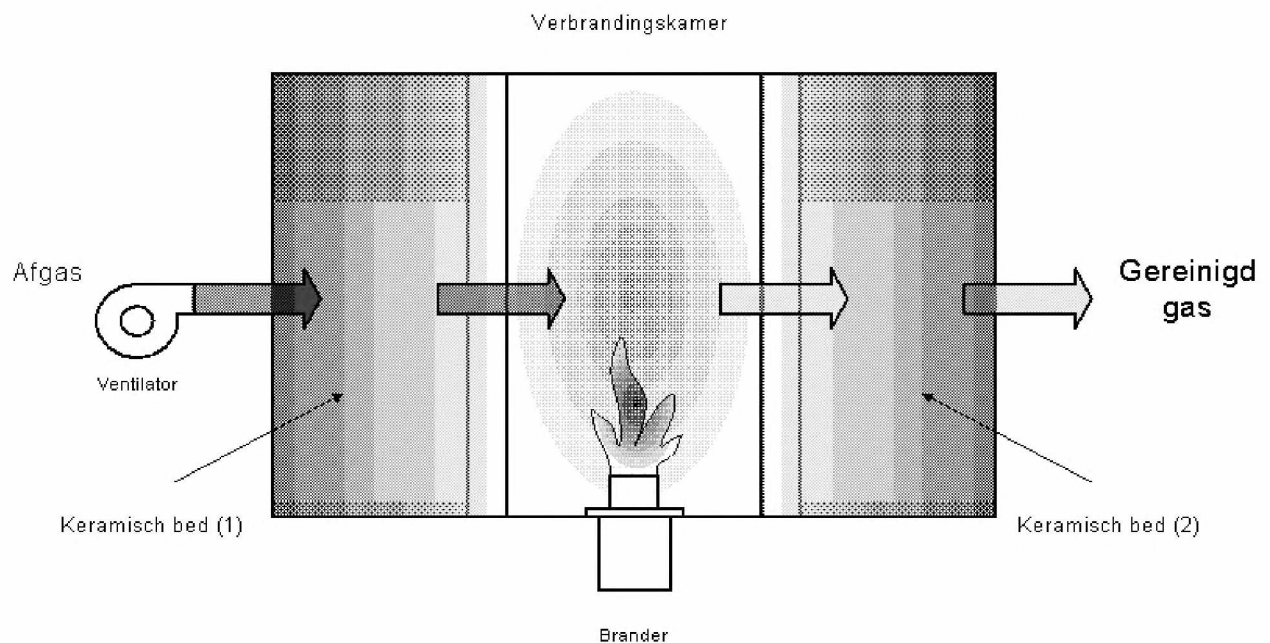
Recuperatieve thermische oxidatie



De recuperatieve naverbrander is nagenoeg identiek aan de thermische naverbrander echter is er een warmtewisselaar aanwezig. Met behulp van de warmtewisselaar wordt de te reinigen lucht voorverwarmd met de verbrandingsgassen waardoor tot 80% van de vrijkomende warmte kan worden benut.

- Regeneratieve naverbrander

Regeneratieve thermische oxidatie



Een regeneratieve naverbrander gebruikt twee of meer keramische bedden. Het principe is dat de warmte van het gereinigde gas wordt opgeslagen in het bed en nadien wordt afgegeven aan het te reinigen gas. Het thermisch rendement kan oplopen tot 97%. In de

verbrandingsruimte wordt het gas verder verhit, zodat thermische oxidatie optreedt. Het hete gas dat de verbrandingsruimte verlaat, verwarmt het tweede keramische bed. Het afgekoelde gas kan hierna worden afgevoerd. Als het tweede bed voldoende is verhit, wordt de gasstroom omgekeerd, waardoor het tweede bed zorgt voor de opwarming van de te zuiveren gassen en het eerste voor de afkoeling van de gereinigde gassen. Bij het omschakelen kan een *piekmissie optreden*.

Regeneratieve en recuperatieve naverbranding zijn in principe kosteneffectiever dan een “gewone” thermische naverbrander vanwege de verminderde brandstofkosten.

Installatie: ontwerp en onderhoud

Branders moeten regelmatig worden geïnspecteerd, en als het nodig is worden gereinigd ten gunste van de goede werking en efficiency. Als overmatige afzetting plaatsvindt, moeten er preventieve maatregelen worden getroffen door bijvoorbeeld het afgas te reinigen voor het de brander ingaat.

Uit ervaring met recuperatieve naverbranders is gebleken dat aan de warme zijde van de warmtewisselaar lasnaden kunnen falen, waardoor de onderhoudskosten kunnen oplopen. Er zijn bedrijven bekend die om deze redenen zijn overgestapt naar een regeneratieve naverbrander.

Monitoring

De efficiency van het systeem kan worden bepaald door het monitoren van de concentraties voor en na de thermische naverbrander. Vluchtige organische stoffen (VOS) kunnen worden gemeten als totaal koolstof door een vlam-ionisatie detector. Een kwalitatieve emissieanalyse kan worden gemaakt door het analyseren van afgasmonsters met GC/MS.

Voor- en nadelen milieu

Bij de inzet van steunbrandstof komt meer CO₂ vrij dan in de ongereinigde situatie. Naast CO₂ kunnen ook geringe hoeveelheden CO en NO_x worden gevormd. Vorming van grote hoeveelheden CO en NO_x kan vermeden worden door een goede procescontrole en branderinstellingen.

Specifieke voordelen

- Bewezen technologie, veel toegepast
- Hoge efficiëntie haalbaar tot een rendement van > 99,9%
- Goede werking bij hoge VOS-concentraties
- Benutting van de energie-inhoud van de afgassen

Specifieke nadelen

- Hoge variabele kosten voor brandstof bij lage VOS-concentraties
- Niet erg geschikt voor sterk variabele debieten
- Vorming van corrosieve zure gassen bij verbranding van halogeen- en zwavelhoudende componenten
- Niet kosteneffectief bij lage concentraties en hoge debieten, brandstof nodig voor opstarten

Hulpstoffen

Indien van toepassing steunbrandstof (bijvoorbeeld aardgas).

Cross Media Effects

-

Informatiebron

1. Beschrijving van luchtemissiebeperkende technieken, L26 InfoMil/Tauw, maart 2000
2. Gids luchtzuiveringstechnieken, VITO 2004/IMS/R/066
3. IPPC BREF, Waste water and Waste Gas treatments, 2003
4. US EPA, Air Pollution Control Technology Factsheet Thermal Incinerator, EPA-452/F-03-022

Membraanfiltratie/Solventrecuperatie/Luchtscheiding met membranen

Natuurlijk vervangingsmoment

Nee

Toepasbaarheid

Breed toepassingsgebied in de productie of recuperatie van (industriële) gasen in de:

- Chemische industrie
- Petrochemische industrie
- Farmaceutische industrie
- Raffinaderijen

COMPONENTEN			
Verwijderde componenten	Verwijderings-efficiëntie ¹ , %	Restemissie, mg/m ₀ ³	Validatiekengetal
VOS	< 99,9	150 - 300	1

¹ Afhankelijk van de specifieke configuratie, bedrijfscondities en reagens. Waarden zijn in principe gebaseerd op halfuurgemiddelde waarden

RANDVOORWAARDEN

Debiet, m ₀ ³ /uur	< 3.000
Temperatuur	Omgevingstemperatuur, afhankelijk van membraanmateriaal
Druk, bar	Circa 3,5; bij anorganische membranen tot 100
Drukval, bar	1 - 10

Stof	Zeer lage concentratie, stof vervuult het membraan
Ingaande concentratie: VOS	Hoge concentraties kunnen worden behandeld

FINANCIËLE ASPECTEN

Investerings, EUR	345.000 voor een systeem van 200 m ³ /uur
Operationele kosten, EUR/1.000 m³/uur	< 50
Personeel, dagen per jaar	4
Energieverbruik, kWh/1000 m³/uur	250 – 300 (inclusief ventilator)
Kostenbepalende parameters	Debiet, technische levensduur membraan; vereiste terugwinning; vereiste eindconcentratie
Baten	Eventueel teruggewonnen product

Uitgebreide beschrijving

Varianten

De configuratie van het membraan is afhankelijk van de leverancier: dit varieert van vlakke membranen tot holle vezelmembranen. Ook bestaat de keuze tussen organische en anorganische membranen. De keuzes tussen deze verschillende systemen zijn afhankelijk de gaskenmerken (temperatuur, druk, permeabiliteit, etcetera).

Installatie: ontwerp en onderhoud

De installatie wordt gedimensioneerd op basis van het debiet, concentratie, type gassen, type membraan (oppervlaktebelasting) en vereiste mate van terugwinning van component. Het werkingsprincipe is eenvoudig en vereist weinig onderhoud.

Bij het ontwerp dient rekening te worden gehouden met het eventueel bereiken van LEL-waarden om explosiegevaar tot een minimum te beperken.

Monitoring

De efficiency van membraanfiltratie kan worden bepaald door de concentraties stoffen voor en na het membraan te meten. Vluchtige organische stoffen (VOS) kunnen worden gemeten als totaal koolstof door een vlam-ionisatie detector.

Gelet op de veiligheid moet de ratio tussen de VOS en zuurstof gecontroleerd worden in verband met explosiegevaar.

Voor- en nadelen milieu

Specifieke voordelen

- Hergebruik van grondstoffen mogelijk
- Gemakkelijk in gebruik (weinig onderhoud, bedieningsgemak)
- Geen afval geproduceerd door het proces.

Specifieke nadelen

- Membraanfiltratie is slechts een concentratietechniek en moet worden gevolgd door een tweede zuiveringsstap
- Explosiegevaar.

Hulpstoffen

Periodiek zal het membraan moeten worden vervangen, hoewel deze theoretisch een onbeperkte levensduur heeft. De garantie van de levensduur van de membranen bedraagt vaak 5 jaar.

Cross Media Effects

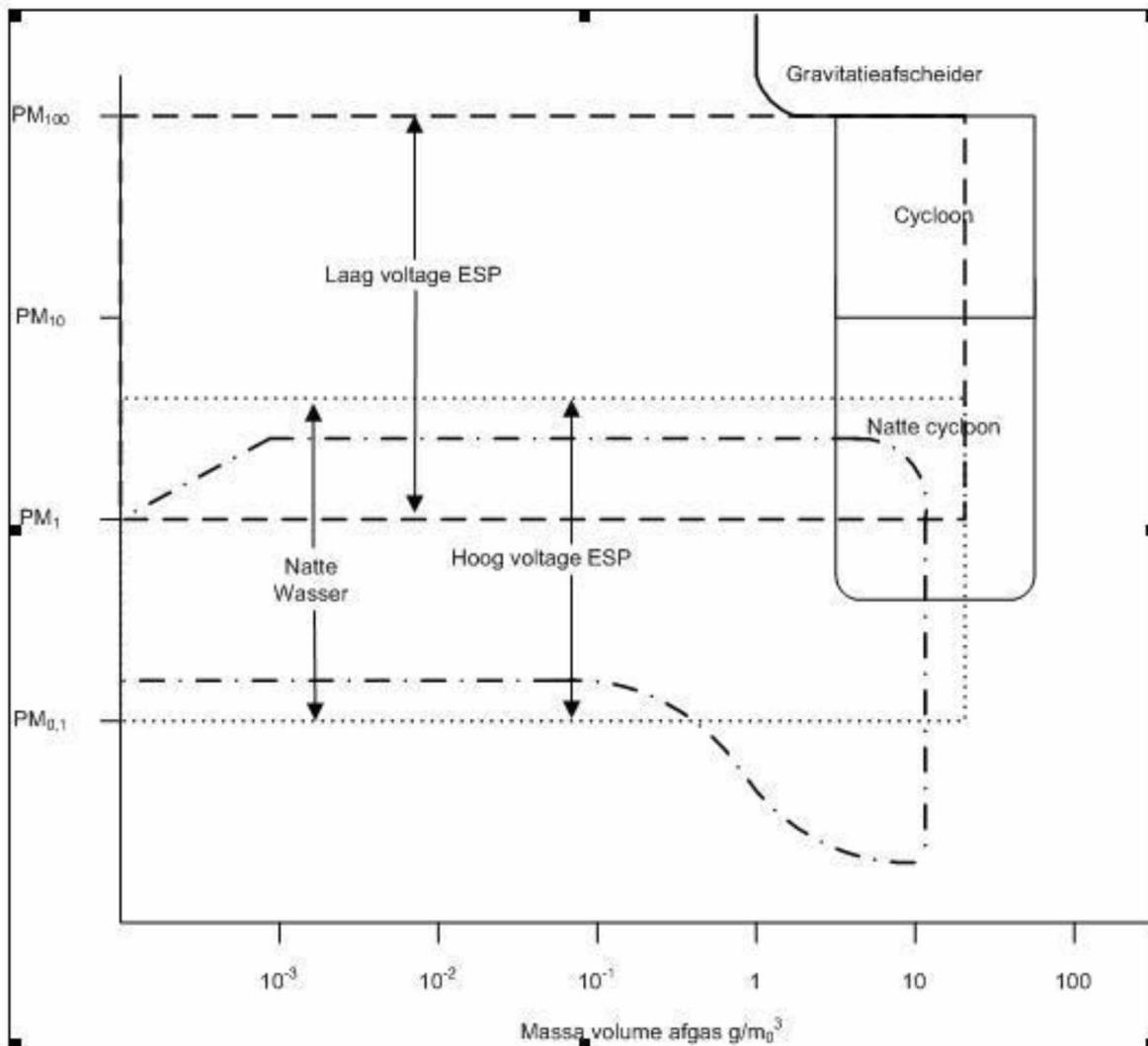
De techniek wordt meestal gebruikt voor terugwinning van een component in een geconcentreerde stroom. De restemissie moet vaak verder worden behandeld. In bepaalde gevallen kan de solventconcentratie toch direct tot onder de norm worden gereduceerd met de membraanafscheiding.

Informatiebron

1. Beschrijving van luchtmissiebeperkende technieken, L26 InfoMil/Tauw, maart 2000
2. Gids luchtzuiveringstechnieken, VITO 2004/IMS/R/066
3. IPPC BREF, Waste Water and Waste Gas Treatment, February 2003

Selectie op afgaseigenschappen voor verwijdering van fijnstof

Voor een eerste selectie van technieken voor verwijdering van fijnstof kan onderstaand figuur worden gebruikt. In dit figuur is bijvoorbeeld af te lezen dat een cycloon en gravitatie-afscheider bij een grotere stofbelading (circa 10 g/m^3) en deeltjesgrootte ($> \text{PM}_{10}$) effectief zijn en een natte wasser juist bij een lagere stofbelading en kleinere deeltjes. Soms kan een combinatie van technieken nodig zijn om een lage emissiewaarde te kunnen realiseren.



Indicatief overzicht van technieken voor verwijdering van (fijn) stof