

# BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN (BBT) VOOR HET ACTUALISEREN VAN DE ALGEMENE EMISSIONSGRENSWAARDEN VOOR LUCHTEMISSIES VAN ZORGWEKKENDE STOFFEN



## Auteurs

Sander Vander Aa, Kristof Custers

Studie uitgevoerd door  
het Vlaams Kenniscentrum  
voor Beste Beschikbare Technieken (VITO)  
in opdracht van het Vlaams Gewest

Finale draft – September 2026

Deze uitgave kwam tot stand in het kader van het project 'Vlaams kenniscentrum voor de Beste Beschikbare Technieken en bijhorend Energie en Milieu Informatie Systeem' (BBT/EMIS) van het Vlaams Gewest.

BBT/EMIS wordt begeleid door een stuurgroep met vertegenwoordigers van de Vlaamse ministers van het departement Omgeving, het departement Economie, Wetenschap en Innovatie (EWI), en de agentschappen VLAIO, OVAM, VEKA, VLM, VMM en Zorg en Gezondheid.

Hoewel al het mogelijke gedaan is om de accuraatheid van de studie te waarborgen, kunnen noch de auteurs, noch VITO, noch het Vlaams Gewest aansprakelijk gesteld worden voor eventuele nadelige gevolgen bij het gebruik van deze studie. Specifieke vermeldingen van procédés, merknamen, enz. moeten steeds beschouwd worden als voorbeelden en betekenen geen beoordeling of engagement.

#### VOOR VERDERE INFORMATIE, KAN U TERECHT BIJ:

**Vlaams BBT-kenniscentrum**  
VITO  
Boeretang 200  
B-2400 MOL  
e-mail: [bbt@vito.be](mailto:bbt@vito.be)  
[emis.vito.be/bbt](http://emis.vito.be/bbt)

Alle rechten, waaronder het auteursrecht, op de informatie vermeld in dit document berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek NV ("VITO"), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916. De informatie zoals verstrekt in dit document is vertrouwelijke informatie van VITO. Zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO mag dit document niet worden gereproduceerd of verspreid worden noch geheel of gedeeltelijk gebruikt worden voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin aangewend worden.

## INLEIDING

Voor u ligt één van de BBT-studies die worden gepubliceerd door het BBT-kenniscentrum. Dit sectorrapport behandelt de beste beschikbare technieken voor het actualiseren van de algemene emissiegrenswaarden voor luchtmissies van zorgwekkende stoffen.

### WAT ZIJN BBT-STUDIES?

De BBT-studies zijn rapporten die per sector de BBT beschrijven. Deze sectorrapporten worden digitaal (<http://www.emis.vito.be>) verspreid, zowel naar de overheid als naar de bedrijven.

### WAT ZIJN BBT?

Milieuvriendelijke technieken hebben als doel de milieu-impact van bedrijven te beperken. Het kunnen technieken zijn om afval te hergebruiken of te recyclen, bodem en grondwater te saneren, of afgassen en afvalwater te zuiveren. Vaker nog zijn het preventieve maatregelen die de emissie van vervuilende stoffen voorkomen en het gebruik van energie, grondstoffen en hulpstoffen verminderen. Wanneer zulke technieken, in vergelijking met alle andere, gelijkaardige technieken, ecologisch gezien het best scoren én ze bovendien betaalbaar zijn, dan wordt gesproken over Beste Beschikbare Technieken (BBT).

### WAT IS HET BBT-KENNISCENTRUM?

In opdracht van de Vlaamse Regering heeft de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO) in 1995 een kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken (BBT) opgericht. Het BBT-kenniscentrum inventariseert informatie over milieuvriendelijke technieken, evalueert per bedrijfstak de Beste Beschikbare Technieken (BBT) en formuleert BBT-aanbevelingen naar de Vlaamse overheid en bedrijven.

Het BBT-kenniscentrum wordt, samen met het zusterproject EMIS (<http://www.emis.vito.be>) gefinancierd door het Vlaamse Gewest. Het kenniscentrum wordt begeleid door een stuurgroep die wordt voorgezeten door het Departement Omgeving, afdeling Gebiedsontwikkeling, Omgevingsplanning en -projecten (GOP). De andere betrokken entiteiten in het beleidsdomein (diverse afdelingen van het Departement Omgeving en de Vlaamse Milieumaatschappij, OVAM, VEKA, VLM) zetelen eveneens in de stuurgroep.

### WAAROM ZIJN BBT-STUDIES NUTTIG?

De vergunningsvoorwaarden die aan de bedrijven worden opgelegd en de ecologiepremie die in Vlaanderen van kracht is, zijn in belangrijke mate gebaseerd op de BBT. Zo geven de sectorale voorwaarden uit VLAREM II vaak de mate van milieubescherming weer die met de BBT haalbaar is. Het bepalen van BBT is dus niet alleen nuttig voor de bedrijven, maar ook als referentie voor de overheid in het kader van het vergunningenbeleid. In bepaalde gevallen verleent de Vlaamse overheid ook subsidies aan de bedrijven als zij investeren in BBT.

Het BBT-kenniscentrum werkt BBT-studies uit voor een bedrijfstak of voor een groep van gelijkaardige activiteiten. Deze studies beschrijven de BBT en geven bovendien de nodige achtergrondinformatie. Die achtergrondinformatie helpt de vergunningverlenende overheid om de dagelijkse bedrijfspraktijk beter aan te voelen. Bovendien toont ze de bedrijven de wetenschappelijke basis voor de milieuvorwaarden in hun vergunning.

De BBT-studies formuleren ook aanbevelingen om de vergunningsvoorwaarden en de regels inzake ecologiepremie aan te passen. De ervaring leert dat de Vlaamse overheid de aanbevelingen vaak ook werkelijk gebruikt voor nieuwe milieuregelgeving. In afwachting hiervan worden de aanbevelingen echter als niet-bindend beschouwd.

## HOE KWAM DEZE STUDIE TOT STAND?

Elke BBT-studie is het resultaat van een intensieve zoektocht in de literatuur, bezoeken aan bedrijven, samenwerking met experts in de sector, bevestigingen van producenten en leveranciers, uitgebreide contacten met bedrijfs- en milieuverantwoordelijken en ambtenaren enzovoort. De beschreven BBT zijn een momentopname en bovendien niet noodzakelijk volledig: niet alle BBT die vandaag en in de toekomst mogelijk zijn, zijn in de studie opgenomen.

Voor de wetenschappelijke begeleiding van de studie werd een begeleidingscomité samengesteld met vertegenwoordigers van industrie en overheid en milieuorganisaties. Dit comité kwam 4 keer samen om de studie inhoudelijk te sturen (op 19/04/2024, 23/10/2024, 24/02/2025, 22/10/2025), gevolgd door een schriftelijke consultatie in de periode van 23/01/2026 tot 20/04/2026. De namen van de leden van dit comité en van de externe deskundigen die aan deze studie hebben meegewerkt, zijn opgenomen in bijlage 1. Het BBT-kenniscentrum heeft, voor zover mogelijk, rekening gehouden met de opmerkingen van de leden van het begeleidingscomité. Dit rapport is echter geen compromistekst. Het weerspiegelt de technieken die het BBT-kenniscentrum op dit moment als actueel beschouwt en de aanbevelingen die daaraan beantwoorden.

DRAFT

## LEESWIJZER

In **Hoofdstuk 1** wordt het begrip Beste Beschikbare Technieken (BBT) en de invulling ervan in Vlaanderen toegelicht en wordt vervolgens het algemene kader geschetst van de voorliggende BBT-studie. De scope en aanpak worden kort beschreven

**Hoofdstuk 2** beschrijft algemene informatie over emissies van zorgwekkende stoffen, zoals de groepen van stoffen, hun aanwezigheid in omgevingslucht en depositie, luchtemissies, belangrijke bronnen, verspreiding en gedrag in het milieu, en globale milieu- en gezondheidsimpact.

In **Hoofdstuk 3** is de milieujuridische situering gegeven, met de voornaamste relevante wetgeving in binnen- en buitenland gerelateerd aan algemene emissiegrenswaarden voor luchtemissies.

**Hoofdstuk 4** geeft een overzicht van de technieken die bedrijven kunnen toepassen om milieuhinder te voorkomen of te beperken.

In **Hoofdstuk 5** worden deze milieuvriendelijke technieken geëvalueerd en worden de BBT geselecteerd. Niet alleen de technische haalbaarheid, maar ook de milieuvoordelen en de economische haalbaarheid (kostenhaalbaarheid en -effectiviteit) worden daarbij in rekening gebracht.

**Hoofdstuk 6** geeft aanbevelingen op basis van de BBT. Dit omvat aanbevelingen voor de milieuregelgeving en voor verder onderzoek.

## SAMENVATTING

Het BBT-kenniscentrum, opgericht in opdracht van de Vlaamse Regering bij VITO, heeft tot taak het inventariseren, verwerken en verspreiden van informatie rond milieuvriendelijke technieken. Tevens moet het kenniscentrum de Vlaamse overheid adviseren bij het concreet maken van het begrip Beste Beschikbare Technieken (BBT).

Deze sectoroverschrijdende BBT-studie onderzoekt hoe de algemene emissiegrenswaarden (AEGW) en grensmassastromen voor geleide luchtmissies van zorgwekkende stoffen in Vlaanderen kunnen worden geactualiseerd. De AEGW vormen een vangnet wanneer geen sectorale of bijzondere emissiegrenswaarden gelden. Actualisatie wordt nodig geacht omdat het huidige kader grotendeels teruggaat op de Duitse TA Luft van 1986, terwijl kennis over stofeigenschappen en emissiebeperkingstechnieken sterk is geëvolueerd. De studie is gericht op alle relevante ingedeelde inrichtingen of activiteiten, en omvat bijgevolg zowel grote industriële installaties onder de Richtlijn Industriële Emissies als kleinere activiteiten. De AEGW gelden voor geleide emissiebronnen. Binnen de BBT-studie ligt de focus daarom op normering van deze geleide emissiebronnen op vlak van zorgwekkende stoffen, maar is ook gekeken naar gerelateerde algemene milieuvoorwaarden in VLAREM.

Om de context van de AEGW en gerelateerde algemene milieuvoorwaarden te duiden, wordt eerst algemene informatie over zorgwekkende stoffen beschreven, waaronder hun afbakening en mogelijke groeperingen, uitstoot naar de lucht en voorname sectoren, aanwezigheid en gedrag in omgevingslucht, en globale impact op milieu en gezondheid. Verder is er een milieujuridische situering, zowel van de huidige Vlaamse milieuvoorwaarden, als relevante nationale en internationale regelingen en normenkaders.

Door het grote aantal zorgwekkende stoffen combineert de studie een gerichte en een generieke analyse. De gerichte analyse selecteert stoffen en stofgroepen op basis van milieu- en gezondheidsrisico's, de bijdrage van industriële bronnen en de beschikbaarheid en effectiviteit van reductiemaatregelen. De generieke analyse onderzoekt een complementaire regeling voor de overige stoffen. De studie vergelijkt de huidige Vlaamse regelgeving met emissierapportage, luchtkwaliteits- en gezondheidskundige toetsingswaarden, Europese BBT-referentiedocumenten, regelgeving uit Nederland, Duitsland en Frankrijk en informatie over emissiebeperkingstechnieken.

Kandidaat-technieken zijn op een generiek niveau beoordeeld op technische haalbaarheid, milieuvoordeel en economische haalbaarheid. De techniekbeschrijvingen en BBT-conclusies gaan van preventie en beheersing aan de bron en procesgeïntegreerde technieken tot toepassing van end-of-pipe technieken (afgasbehandeling) en opvolging via emissiemetingen. Voor alle installaties gelden inventarisatie en karakterisering van emissiebronnen, risicobeoordeling, reductieplanning, preventief onderhoud, opleiding, materiaalbeheer, procesoptimalisatie en procescontrole als BBT. Waar technisch en economisch haalbaar behoren ook substitutie, gesloten systemen, droge processen, verbeterde verbranding, katalytische processen en inertisering tot BBT. Een geschikte combinatie van afgasbehandeling en periodieke metingen is BBT van geval tot geval: voor kleine emissiebronnen zijn ze mogelijk geen BBT ingeval de kosten of effecten op andere milieucompartimenten disproportioneel zijn.

Databeperkingen van de verschillende informatiebronnen, onder meer op vlak van kosteneffectiviteit en cross-media effecten, verhinderen eenduidige BBT-geassocieerde emissieniveaus voor alle stoffen, maar de gecombineerde bronnen geven een onderbouwde indicatie van algemeen haalbare niveaus.

De studie stelt op basis van een parameterspecifieke analyse lagere of nieuwe AEGW en grensmassastromen voor voor arseen(verbindingen), lood(verbindingen), benzeen, formaldehyde, verschillende polycyclische aromatische koolwaterstoffen, dioxines en dioxineachtige verbindingen, kwik(verbindingen), cadmium(verbindingen), nikkel(verbindingen), kobalt(verbindingen). Voor

lood(verbindingen) en kobalt(verbindingen) blijven twee verdedigbare opties zonder voorkeurskeuze open, maar beide opties houden een verlaging van de AEGW in. Voor per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS) worden drie mogelijke, deels combineerbare normenkaders beschreven, namelijk een vangnet in lijn met de recente BBT-studie PFAS luchtmissies, een richtwaardenset, en/of een set van lange-termijnstreefwaarden. Voor enkele zorgwekkende stoffen wordt geen wijziging van de AEGW voorgesteld, zoals benzo(a)pyreen en dibenzo(a,h)antraceen, zeswaardig chroom(verbindingen). Voor verscheidene andere stoffen, namelijk hexachloorbenzeen, dibutylftalaat, diisobutylftalaat, prioritaire set gebromeerde vlamvertragers, bisfenolen BPA, BPS, BPB en en 4,4-isobutylethylideendifenol en polychloor-naftalenen, wordt monitoring aanbevolen, maar doet de BBT-studie geen expliciet voorstel voor een AEGW.

Generiek wordt aanbevolen om in de algemene milieuvorwaarden bepalingen voor inventarisatie en karakterisering van mogelijke emissiebronnen op te nemen, aangevuld met een risicobeoordeling en evaluatie van eventuele emissiebeperkende maatregelen. Een tweede generieke aanbeveling is om de regeling voor niet-opgelijste stoffen te herzien en te verduidelijken, met specifieke voorzieningen voor persistente en/of hormoonversturende stoffen die een analyse van hun invloed op milieu en gezondheid inhouden. Het wordt verder aanbevolen om sombepalingen voor uitstoot van meerdere zorgwekkende stoffen te behouden, bestaande AEGW en grensmassastromen voor zorgwekkende stoffen niet te verhogen. Verder wordt op basis van een algemeen haalbaar geacht emissieniveau voor zorgwekkende stoffen een emissieplafond van 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 5 g/u voorgesteld voor stoffen die als categorie 1 carcinogeen, mutageen, reprotoxisch of hormoonversturend zijn ingedeeld, of die onder specifieke categorieën voor persistentie en bioaccumulatie of mobiliteit vallen. De studie werkt voor dit emissieplafond drie beleidsopties uit: toepassing op alle betrokken stoffen, toepassing op stoffen die reeds zijn opgelijst, of gebruik als richtwaarde. Verder worden diverse varianten beschreven, waaronder een variant die zich beperkt tot stoffen ingedeeld als categorie 1 carcinogeen, mutageen, reprotoxisch en varianten met een alternatieve sombepaling. Voor elke optie en variant zijn de motivatie, overwegingen en voor- en nadelen uitgebreid beschreven. Verstrengingen van de AEGW en nieuwe AEGW moeten gepaard gaan met een gemotiveerde afwijkmogelijkheid. Verder wordt een beoordeling van de omgevingsrisico's aanbevolen, bestaande uit beoordeling van immissie (concentraties in de omgevingslucht) voor uitstoot van alle zorgwekkende stoffen en, beoordeling van depositie naar bodem en water voor persistente zorgwekkende stoffen. Tot slot is een generieke aanbeveling om de basismeetfrequentie af te stemmen eventuele wijziging van de grensmassastroom.

Verder onderzoek is nodig naar meetmethoden, relevantie/significantie van de AEGW voor diverse zorgwekkende stoffen, uniforme criteria en methodiek voor prioritering en normafleiding, gecombineerde effecten, een gepaste regeling voor carcinogene, mutagene of reprotoxische stoffen van categorie 2, haalbare niveaus voor persistente en hormoonversturende stoffen en nieuwe reductietechnieken.

De informatieverzameling, BBT-selectie en de adviesverlening is tot stand gekomen op basis van o.a. literatuurstudie, intensief overleg met vertegenwoordigers van individuele bedrijven en van federaties, technologieleveranciers, specialisten uit de overheidsadministraties en studiebureaus, screening van omgevingsvergunningen, vergelijking met buitenlands beleid en internationale normen- en referentiekaders. Het formeel overleg gebeurde in een begeleidingscomité.

## ABSTRACT

The Centre for Best Available Techniques (BAT) is founded by the Flemish Government, and is hosted by VITO. The BAT centre collects, evaluates and distributes information on environmentally friendly techniques. Moreover, it advises the Flemish authorities on how to translate this information into its environmental policy. Central in this translation is the concept “BAT” (Best Available Techniques). BAT corresponds to the techniques with the best environmental performance that can be introduced at a reasonable cost.

This cross-sectoral BAT study investigates how the General Emission Limit Values (GELVs) and mass flow thresholds for guided air emissions of Substances of Concern in Flanders can be updated. The GELVs serve as a safety net when no sectoral or installation-specific emission limit values apply. An update is deemed necessary because the current framework largely dates back to the German TA Luft of 1986, whereas knowledge regarding substance properties and emission control techniques has evolved significantly. The study focuses on all relevant classified installations or activities and consequently covers both large industrial installations under the Industrial Emissions Directive and smaller activities. The GELVs apply to guided emission sources. Within the BAT study, the focus is therefore on setting norms for these guided emission sources regarding Substances of Concern, but related general environmental conditions in VLAREM have also been examined.

To clarify the context of the GELVs and related general environmental conditions, general information regarding Substances of Concern is first described, including their scope and possible groupings, air emissions and major sectors, presence and behavior in ambient air, and global impact on the environment and health. Furthermore, the legal context is described, covering both the current Flemish environmental conditions and relevant national and international regulations and normative frameworks.

Due to the large number of substances of concern, the study combines a targeted and a generic analysis. The targeted analysis selects substances and substance groups based on environmental and health risks, the contribution of industrial sources, and the availability and effectiveness of reduction measures. The generic analysis investigates a complementary regulation for the remaining substances. The study compares current Flemish regulations with emission reporting, air quality and health assessment values, European BAT reference documents, regulations from the Netherlands, Germany, and France, and information on emission control techniques.

Candidate techniques have been assessed at a generic level regarding technical feasibility, environmental benefit, and economic feasibility. The technique descriptions and BAT conclusions range from prevention and control at the source and process-integrated techniques to the application of end-of-pipe techniques (waste gas treatment) and monitoring via emission measurements. For all installations, the inventory and characterization of emission sources, risk assessment, reduction planning, preventive maintenance, training, materials management, process optimization, and process control are considered BAT. Where technically and economically feasible, substitution, closed systems, dry processes, enhanced combustion, catalytic processes, and inerting are also considered BAT. A suitable combination of waste gas treatment and periodic measurements is BAT on a case-by-case basis: for small emission sources, they may not be BAT if the costs or effects on other environmental compartments are disproportionate.

Data limitations of the various information sources, including those regarding cost-effectiveness and cross-media effects, prevent unambiguous BAT-associated emission levels for all substances, but the combined sources provide a substantiated indication of generally achievable levels. Based on a parameter-specific analysis, the study proposes lower or new GELVs and mass flow thresholds for arsenic (compounds), lead (compounds), benzene, formaldehyde, various polycyclic aromatic hydrocarbons,

dioxins and dioxin-like compounds, mercury (compounds), cadmium (compounds), nickel (compounds), and cobalt (compounds). For lead (compounds) and cobalt (compounds), two defensible options remain open without a preferred choice, but both options entail a reduction in the GELV. For per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS), three possible, partially combinable frameworks are described, namely a safety net in line with the recent BAT study on PFAS air emissions, a set of guidance values, and/or a set of long-term target values. For several substances of concern, no change to the GELV is proposed, such as benzo(a)pyrene and dibenzo(a,h)anthracene, and hexavalent chromium (compounds). For several other substances, namely hexachlorobenzene, dibutyl phthalate, diisobutyl phthalate, priority set of brominated flame retardants, bisphenols BPA, BPS, BPB and 4,4-isobutylethylidenediphenol and polychloronaphthalenes, monitoring is recommended, but the BAT study does not make an explicit proposal for a GELV.

A generic recommendation is to include provisions for the inventory and characterization of potential emission sources in the General Environmental Conditions, supplemented by a risk assessment and evaluation of potential emission-reducing measures. A second generic recommendation is to revise and clarify the regulations for unlisted substances, with specific provisions for persistent and/or endocrine-disrupting substances, requiring evaluation of their impact on health and environment. It is further recommended to retain sum provisions for emissions of multiple Substances of Concern and not to increase existing GELVs and mass flow thresholds. Furthermore, based on an generally deemed feasible emission level for Substances of Concern, an emission ceiling of 1 mg/Nm<sup>3</sup> above 5 g/h is proposed for substances classified as category 1 carcinogenic, mutagenic, reprotoxic, or endocrine-disrupting, or falling under specific categories for persistence and bioaccumulation or mobility. The study develops three policy options for this emission ceiling: application to all relevant substances, application to substances that are already listed, or use as a guidance value. Furthermore, variants are described, including a variant limited to substances classified as category 1 carcinogenic, mutagenic, and reprotoxic, as well as variants with an alternative sum provision. For each option and variant, the rationale, considerations, and advantages and disadvantages are extensively described. Stricter GELV and new GELV must be accompanied by a possibility for substantiated derogation. Furthermore, an assessment of environmental risks is recommended, consisting of an assessment of immission (concentrations in ambient air) for emissions of all Substances of Concern and an assessment of deposition to soil and water for persistent Substances of Concern. Finally, a generic recommendation is made to align the baseline measurement frequency with any potential modification of the mass flow threshold.

Further research is needed into measurement methods, the relevance/significance of the GELV for various Substances of Concern, uniform criteria and methodology for prioritization and norm determination, combined effects, an appropriate regulation for carcinogenic, mutagenic, or reprotoxic substances of Category 2, achievable levels for persistent and endocrine-disrupting substances, and new reduction techniques.

The information gathering, BAT selection, and recommendations were established on the basis of, among other things, a literature review, intensive consultation with representatives of individual companies and federations, technology suppliers, specialists from government administrations and engineering firms, screening of environmental permits, and comparison with foreign policy and international standards and reference frameworks. Formal consultation took place within a steering committee.

# INHOUD

|                                                                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>HOOFDSTUK 1. OVER DEZE BBT-STUDIE .....</b>                                                                           | <b>2</b>  |
| 1.1 Beste Beschikbare Technieken in Vlaanderen .....                                                                     | 2         |
| 1.1.1 Definitie .....                                                                                                    | 2         |
| 1.1.2 Beste Beschikbare Technieken als begrip in het Vlaamse milieubeleid .....                                          | 2         |
| 1.2 BBT-studie voor het actualiseren van de algemene emissiegrenswaarden naar lucht voor zorgwekkende stoffen (zs) ..... | 3         |
| 1.2.1 Aanleiding van de studie .....                                                                                     | 4         |
| 1.2.2 Doelstellingen van studie .....                                                                                    | 4         |
| 1.2.3 Inhoud van studie .....                                                                                            | 5         |
| 1.2.4 Scope en plan van aanpak van de studie .....                                                                       | 5         |
| 1.2.5 Selectie van parameters voor gerichte studie .....                                                                 | 8         |
| 1.2.6 Vergelijkende stoffenlijsten .....                                                                                 | 10        |
| <b>HOOFDSTUK 2. ALGEMENE INFORMATIE OVER EMISSIES VAN ZORGWEKKENDE STOFFEN .....</b>                                     | <b>14</b> |
| 2.1 Definitie van zorgwekkende stoffen (ZS) .....                                                                        | 14        |
| 2.2 Groepen van Zorgwekkende Stoffen .....                                                                               | 15        |
| 2.2.1 Metaalverbindingen .....                                                                                           | 15        |
| 2.2.2 Gehalogeneerde Organische verbindingen .....                                                                       | 17        |
| 2.2.3 Endocriene verstoorders .....                                                                                      | 19        |
| 2.2.4 Persistente, mobiele en toxische stoffen (pmt/zpzm) .....                                                          | 19        |
| 2.2.5 Andere Organische polluenten .....                                                                                 | 20        |
| 2.2.6 Vezelachtige silicaten (asbest) .....                                                                              | 21        |
| 2.3 ZS in omgevingslucht en depositie .....                                                                              | 22        |
| 2.4 ZS-emissies naar de lucht .....                                                                                      | 23        |
| 2.4.1 Emissiekenmerken .....                                                                                             | 23        |
| 2.4.2 Emissies van ZS naar de lucht in Vlaanderen .....                                                                  | 24        |
| 2.4.3 Emissierapportage via het IMJV .....                                                                               | 25        |
| 2.4.4 Diffuse en abnormale of accidentele luchtemissies .....                                                            | 27        |
| 2.5 Beschrijving van sectoren en activiteiten die ZS uitstoten .....                                                     | 28        |
| 2.5.1 Metaalindustrie .....                                                                                              | 28        |
| 2.5.2 Chemische industrie .....                                                                                          | 30        |
| 2.5.3 Petrochemische industrie .....                                                                                     | 31        |
| 2.5.4 Afvalverwerkings- en recyclingbedrijven .....                                                                      | 32        |
| 2.5.5 Energieproductie .....                                                                                             | 33        |
| 2.5.6 Afvalwaterzuivering .....                                                                                          | 34        |
| 2.5.7 Niet-industriële bronnen van ZS luchtemissies .....                                                                | 34        |
| 2.6 Verspreiding en gedrag van ZS in het milieu .....                                                                    | 35        |
| 2.6.1 Atmosferisch transport .....                                                                                       | 35        |
| 2.6.2 Depositie .....                                                                                                    | 35        |
| 2.6.3 Verdere verspreiding volgend op depositie .....                                                                    | 37        |
| 2.6.4 Voedselketen .....                                                                                                 | 38        |
| 2.6.5 Fotochemische reacties .....                                                                                       | 40        |
| 2.7 Globale milieu- en gezondheidsimpact van ZS-emissies naar de lucht .....                                             | 41        |
| 2.7.1 Mens-gezondheid .....                                                                                              | 41        |
| 2.7.2 Luchtkwaliteit .....                                                                                               | 50        |
| 2.7.3 Water- en bodemkwaliteit .....                                                                                     | 51        |

|                                                                                      |                                                                                |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.7.4                                                                                | Biodiversiteit en ecosystemen .....                                            | 51         |
| 2.7.5                                                                                | Klimaat effecten .....                                                         | 53         |
| 2.8                                                                                  | Alternatieven voor ZS .....                                                    | 53         |
| <b>HOOFDSTUK 3. MILIEUJURIDISCHE SITUERING .....</b>                                 |                                                                                | <b>55</b>  |
| 3.1                                                                                  | Milieujuridische situering .....                                               | 55         |
| 3.1.1                                                                                | VLAREM milieuvvoorwaarden.....                                                 | 55         |
| 3.1.2                                                                                | Overige Vlaamse regelgeving .....                                              | 61         |
| 3.1.3                                                                                | Overige Belgische wetgeving.....                                               | 61         |
| 3.1.4                                                                                | Europese wetgeving .....                                                       | 62         |
| 3.1.5                                                                                | Internationale wetgeving .....                                                 | 68         |
| 3.1.6                                                                                | Buitenlandse wetgeving .....                                                   | 68         |
| <b>HOOFDSTUK 4. BESCHIKBARE MILIEUVRIENDELIJKE TECHNIEKEN .....</b>                  |                                                                                | <b>81</b>  |
| 4.1                                                                                  | Toepassen van beheerstechnieken.....                                           | 82         |
| 4.2                                                                                  | Toepassen van preventieve technieken .....                                     | 86         |
| 4.3                                                                                  | Toepassen van procesgeïntegreerde emissiereductietechnieken .....              | 93         |
| 4.4                                                                                  | Toepassen van één of een geschikte combinatie van end-of-pipe technieken.....  | 102        |
| 4.4.1                                                                                | Scheidingstechnieken .....                                                     | 102        |
| 4.4.2                                                                                | Omzettingstechnieken.....                                                      | 107        |
| 4.5                                                                                  | Uitvoeren van periodieke metingen van geleide ZS-emissies .....                | 118        |
| <b>HOOFDSTUK 5. SELECTIE VAN DE BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN .....</b>               |                                                                                | <b>121</b> |
| 5.1                                                                                  | Evaluatie van de beschikbare milieuvriendelijke technieken.....                | 121        |
| 5.2                                                                                  | Evaluatietabel beschikbare milieuvriendelijke technieken .....                 | 126        |
| 5.3                                                                                  | Conclusies .....                                                               | 127        |
| 5.3.1                                                                                | Beheerstechnieken (4.1) .....                                                  | 127        |
| 5.3.2                                                                                | Preventieve technieken (4.2) .....                                             | 127        |
| 5.3.3                                                                                | Procesgeïntegreerde technieken (4.3) .....                                     | 127        |
| 5.3.4                                                                                | Toepassen van end-of-pipe technieken (4.4) .....                               | 127        |
| 5.3.5                                                                                | Uitvoeren van periodieke metingen van geleide ZS-emissies (4.5) .....          | 128        |
| 5.4                                                                                  | Algemeen haalbare emissieniveaus.....                                          | 128        |
| 5.4.1                                                                                | Individuele parameters .....                                                   | 128        |
| 5.4.2                                                                                | Generiek .....                                                                 | 129        |
| 5.5                                                                                  | Bepaling van de algemene emissiegrenswaarden voor ZS naar de lucht.....        | 130        |
| <b>HOOFDSTUK 6. AANBEVELINGEN OP BASIS VAN DE BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN .....</b> |                                                                                | <b>132</b> |
| 6.1                                                                                  | Inleiding.....                                                                 | 132        |
| 6.2                                                                                  | Aanbevelingen voor de algemene voorwaarden in VLAREM .....                     | 132        |
| 6.2.1                                                                                | Parameterspecifieke aanbevelingen voor de algemene milieuvvoorwaarden.....     | 133        |
| 6.2.2                                                                                | Generieke aanbevelingen voor de algemene milieuvvoorwaarden .....              | 137        |
| 6.3                                                                                  | Aanbevelingen voor verder onderzoek en technologische ontwikkeling.....        | 157        |
| 6.3.1                                                                                | Aanbevelingen voor verbetering van huidige kennis .....                        | 157        |
| 6.3.2                                                                                | Aanbevelingen voor ontwikkeling van nieuwe milieuvriendelijke technieken ..... | 162        |
| <b>LITERATUURLIJST.....</b>                                                          |                                                                                | <b>163</b> |
| <b>BEGRIPPENLIJST .....</b>                                                          |                                                                                | <b>165</b> |

|                                                                                                  |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>BIJLAGE 1: MEDEWERKERS VAN DE BBT-STUDIE .....</b>                                            | <b>166</b> |
| <b>BIJLAGE 2: STOFFICHES .....</b>                                                               | <b>168</b> |
| Detailfiches.....                                                                                | 169        |
| Beknopte fiches.....                                                                             | 202        |
| <b>BIJLAGE 3: WETGEVING FRANKRIJK.....</b>                                                       | <b>242</b> |
| Artikel L.220-1 tot L.221-8: Bescherming van de luchtkwaliteit.....                              | 242        |
| Artikel L.512-1 en volgende: Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) | 243        |
| <b>BIJLAGE 4: FINALE OPMERKINGEN .....</b>                                                       | <b>245</b> |

DRAFT

## LIJST VAN TABELLEN

|                                                                                                                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 1: Selectiecriteria voor mogelijke kandidaatparameters voor gerichte studie .....                                                                                 | 9   |
| Tabel 2: Stoffenlijsten opgenomen in de Excel-bijlage .....                                                                                                             | 11  |
| Tabel 3: Berekende immissieconcentratie overeenkomstig met de grensmassastromen .....                                                                                   | 44  |
| Tabel 4: Overeenkomstige immissieconcentraties voor VLAREM II bijlage 4.4.2 massastromen berekend volgens RIVM (2013). .....                                            | 48  |
| Tabel 5: Toepasbaarheid van verschillende beheerstechnieken (4.1).....                                                                                                  | 84  |
| Tabel 6: Financiële aspecten van verschillende beheerstechnieken (4.1).....                                                                                             | 84  |
| Tabel 7: Toepasbaarheid van verschillende preventieve technieken (4.2).....                                                                                             | 89  |
| Tabel 8: Toepasbaarheid van verschillende procesgeïntegreerde technieken (4.3) .....                                                                                    | 96  |
| Tabel 9: Verwijderde ZS voor verschillende procesgeïntegreerde technieken (4.3) .....                                                                                   | 98  |
| Tabel 10: Financiële aspecten van verschillende procesgeïntegreerde technieken (4.3) .....                                                                              | 99  |
| Tabel 11: Verwijderde ZS voor verschillende end-of-pipe scheidingstechnieken (4.4.1).....                                                                               | 106 |
| Tabel 12: Toepasbaarheid van verschillende end-of-pipe omzettingstechnieken (4.4.2).....                                                                                | 111 |
| Tabel 13: Verwijderde ZS voor verschillende end-of-pipe omzettingstechnieken (4.4.2).....                                                                               | 115 |
| Tabel 14: Financiële aspecten van verschillende end-of-pipe omzettingstechnieken (4.4.2) .....                                                                          | 116 |
| Tabel 15: Evaluatie van beschikbare milieuvriendelijke technieken en selectie van BBT .....                                                                             | 126 |
| Tabel 16: Berekende verhouding van emissie en maximale jaargemiddelde omgevingsconcentratie per type emissiebron. ....                                                  | 155 |
| Tabel 17: Aanbevelingen voor verder onderzoek ter verbetering van huidige kennis.....                                                                                   | 158 |
| Tabel 18: Overzicht berekend toetsingscriterium en overeenkomstige emissieconcentratie voor<br>aftoetsing van immissie som EFSA4 PFAS (PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS) ..... | 232 |
| Tabel 19: Overzicht berekend toetsingscriterium voor aftoetsing van depositie PFOS en PFBA per type<br>emissiebron .....                                                | 234 |
| Tabel 20: Overzicht berekend toetsingscriterium en overeenkomstige emissieconcentratie voor<br>aftoetsing van depositie PFOS en PFBA per type emissiebron .....         | 235 |

## LIJST VAN FIGUREN

|                                                                                                                                                                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figuur 1: Natte en droge depositie (Biodiverszorggroen, n.d.).....                                                                                                                                                                         | 37  |
| Figuur 2: Bioaccumulatie en biomagnificatie (Volksgezondheid Veiligheid van de Voedselketen Leefmilieu, n.d.).....                                                                                                                         | 40  |
| Figuur 3: Visuele voorstelling van het door RIVM gekozen scenario voor bepaling van de maximum immissieconcentraties (Bron: RIVM, 2013).....                                                                                               | 44  |
| Figuur 4: Stofvormige ZZS NL - Vergelijking berekende immissieconcentratie overeenkomstig grensmassastroom MVP1 met toxicologische referentiewaarden (Bron: RIVM, 2013).....                                                               | 46  |
| Figuur 5: Gasvormige ZZS NL – Vergelijking berekende immissieconcentratie overeenkomstig grensmassastroom MVP2 met toxicologische referentiewaarden (Bron: RIVM, 2013).....                                                                | 47  |
| Figuur 6: Omgevingspolluenten of hun metabolieten gemeten in bloed (B) of urine (U) bij jongeren van de FLEHS IV campagne in vergelijking met gehalten in de vorige campagne (FLEHS III). (Bron: Steunpunt milieu & gezondheid, 2021)..... | 49  |
| Figuur 7: Spreiding emissiewaarden Nederland voor stofklassen MVP1 (linksboven), MVP2 (rechtsboven) en ERS (onder). Bron: Hoekstra et al., 2021. ....                                                                                      | 71  |
| Figuur 8: Selectie van BBT op basis van scores voor verschillende criteria .....                                                                                                                                                           | 124 |
| Figuur 9: Schematische weergave van de verschillende opties voor toepassing van het generieke emissieplafond. ....                                                                                                                         | 145 |
| Figuur 10: Luchtemissies van arseen per sector in kg/jaar. Bron: VMM .....                                                                                                                                                                 | 173 |
| Figuur 11: Luchtemissies lood per sector in kg/jaar. Bron: VMM.....                                                                                                                                                                        | 179 |
| Figuur 12: Luchtemissies van som van 4 PAK's per sector in kg/jaar. Bron: VMM .....                                                                                                                                                        | 197 |
| Figuur 13: Luchtemissies van dioxines en furanen per sector in mg TEQ/jaar. Bron: VMM .....                                                                                                                                                | 202 |
| Figuur 14: Luchtemissies totaal chroom per sector in kg/jaar. Bron: VMM .....                                                                                                                                                              | 207 |
| Figuur 15: Luchtemissies kwik per sector in kg/jaar. Bron: VMM.....                                                                                                                                                                        | 208 |
| Figuur 16: Luchtemissies cadmium per sector in kg/jaar. Bron: VMM .....                                                                                                                                                                    | 212 |
| Figuur 17: Luchtemissies nikkel in kg/jaar. Bron: VMM.....                                                                                                                                                                                 | 212 |

## LIJST VAN AFKORTINGEN EN SYMBOLEN

|                             |                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>6:2 FTS</b>              | 6:2 fluortelomeersulfonzuur                                                                                                                                      |
| <b>°C</b>                   | Graden Celsius                                                                                                                                                   |
| <b>µg</b>                   | Microgram                                                                                                                                                        |
| <b>ABFR</b>                 | Aromatische gebromeerde vlamvertrager (Engels: aromatic brominated flame retardant)                                                                              |
| <b>AEGW</b>                 | Algemene luchtemissiegrenswaarde(n)                                                                                                                              |
| <b>AHH</b>                  | Afdeling Handhaving (departement Omgeving)                                                                                                                       |
| <b>AIP</b>                  | Afdeling Instrumenten en Programmatie (departement Omgeving)                                                                                                     |
| <b>AOP</b>                  | Geavanceerde oxidatieprocessen                                                                                                                                   |
| <b>ARP</b>                  | Geavanceerde reductieprocessen                                                                                                                                   |
| <b>As</b>                   | Arseen                                                                                                                                                           |
| <b>ATE</b>                  | Allyl 2,4,6-tribroomfenylether                                                                                                                                   |
| <b>BAT</b>                  | Best Available Techniques                                                                                                                                        |
| <b>BAT-AEL</b>              | Emission levels associated with the best available techniques                                                                                                    |
| <b>BBT</b>                  | Beste Beschikbare Technieken                                                                                                                                     |
| <b>BBT-GEN</b>              | Met BBT geassocieerde emissieniveaus                                                                                                                             |
| <b>BBT-GMPN</b>             | Met BBT geassocieerde milieuprestatieniveaus                                                                                                                     |
| <b>BC</b>                   | Begeleidingscomité                                                                                                                                               |
| <b>BEP</b>                  | Best environmental practices                                                                                                                                     |
| <b>BPA/BPAF/BPB/BPF/BPS</b> | Bisfenol A/AF/B/F/S                                                                                                                                              |
| <b>BPR</b>                  | Biociden verordening                                                                                                                                             |
| <b>BREF</b>                 | BAT reference document (zie <a href="#">website EU-BRITE</a> voor de 2-/3-letterige codes van de individuele BREF's)                                             |
| <b>BS</b>                   | Belgisch Staatsblad                                                                                                                                              |
| <b>BTBPE</b>                | 1,2-bis(2,4,6-tribromophenoxy)ethane                                                                                                                             |
| <b>BTW</b>                  | belasting over de toegevoegde waarde                                                                                                                             |
| <b>C</b>                    | Carcinogeen                                                                                                                                                      |
| <b>CAS</b>                  | Chemical Abstracts Service                                                                                                                                       |
| <b>Cd</b>                   | Cadmium                                                                                                                                                          |
| <b>CFK</b>                  | Chloorfluorkoolwaterstof                                                                                                                                         |
| <b>CLP</b>                  | Classification, labelling and packaging – in de context van EU Verordening 1272/2008 betreffende de indeling, etikettering en verpakking van stoffen en mengsels |
| <b>cm</b>                   | Centimeter                                                                                                                                                       |
| <b>CMR</b>                  | Carcinogeen, Mutageen, Reprotoxisch                                                                                                                              |
| <b>Co</b>                   | Kobalt                                                                                                                                                           |
| <b>CO<sub>2</sub></b>       | Koolstofdioxide                                                                                                                                                  |
| <b>Cr</b>                   | Chroom                                                                                                                                                           |
| <b>Cr VI</b>                | Hexavalent chroom                                                                                                                                                |
| <b>CRT</b>                  | Cathode ray tube                                                                                                                                                 |
| <b>DBDP</b>                 | 1,1'-(ethane-1,2-diyl)bis[pentabromobenzene]                                                                                                                     |
| <b>DBP / DnBP</b>           | Dibutylftalaat                                                                                                                                                   |
| <b>DBzP</b>                 | Dibenzyl ftalaat                                                                                                                                                 |
| <b>DDT</b>                  | Dichloordifenyldichloorethaan                                                                                                                                    |
| <b>DEP</b>                  | Diethylftalaat                                                                                                                                                   |
| <b>DEHP</b>                 | Bis(2-ethylhexyl)ftalaat                                                                                                                                         |
| <b>DiBP</b>                 | Diisobutylftalaat                                                                                                                                                |
| <b>diPAP</b>                | Fosfaatdiesters                                                                                                                                                  |

|                 |                                                                                                                                                         |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>DNEL</b>     | Derived No-Effect Level                                                                                                                                 |
| <b>EC</b>       | Europese Commissie                                                                                                                                      |
| <b>ECHA</b>     | Europees Agentschap voor chemische stoffen (Engels: European Chemicals Agency)                                                                          |
| <b>ED</b>       | Hormoonverstorend (Engels: Endocrine Disrupting)                                                                                                        |
| <b>EEA</b>      | Europees MilieuAgentschap (Engels: European Environment Agency)                                                                                         |
| <b>EFSA</b>     | Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (Engels: European Food Safety Authority)                                                                     |
| <b>EFSA-4</b>   | PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA                                                                                                                               |
| <b>EG</b>       | Europese Gemeenschap                                                                                                                                    |
| <b>EGW</b>      | Emissiegrenswaarde                                                                                                                                      |
| <b>EHTBB</b>    | 2-ethylhexyl 2,3,4,5-tetrabromobenzoate                                                                                                                 |
| <b>EMIS</b>     | Energie en Milieu Informatiesysteem voor het Vlaamse Gewest                                                                                             |
| <b>EPA</b>      | Environmental Protection Agency                                                                                                                         |
| <b>EU</b>       | Europese Unie                                                                                                                                           |
| <b>EU-BRITE</b> | European Bureau for Research on Industrial Transformation and Emissions (voorheen EIPPCB - European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau) |
| <b>EPS</b>      | Expanderend polystyreenschuim                                                                                                                           |
| <b>ERS</b>      | Extreem Risicovolle Stof                                                                                                                                |
| <b>ESP</b>      | Elektrostatische precipitator                                                                                                                           |
| <b>F-gas</b>    | Gefluoreerd broeikasgas                                                                                                                                 |
| <b>FLEHS</b>    | Flemish Environmental and Health Studies                                                                                                                |
| <b>FOD WASO</b> | Federale Overheidsdienst Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal Overleg                                                                                     |
| <b>g</b>        | Gram                                                                                                                                                    |
| <b>GAW</b>      | Gezondheidskundige advieswaarde                                                                                                                         |
| <b>GMS</b>      | Grensmassastroom/-stromen                                                                                                                               |
| <b>GOP</b>      | Afdeling Gebiedsontwikkeling, Omgevingsplanning en -projecten van het Departement Omgeving                                                              |
| <b>GPBV</b>     | Geïntegreerde Preventie en Bestrijding van Verontreiniging                                                                                              |
| <b>GTW</b>      | Gezondheidskundige toetsingswaarde                                                                                                                      |
| <b>H</b>        | Hoogte                                                                                                                                                  |
| <b>HBB</b>      | Hexabroombenzeen                                                                                                                                        |
| <b>HBCD(D)</b>  | Hexabroomcyclododecaan                                                                                                                                  |
| <b>HCB</b>      | Hexachloorbenzeen                                                                                                                                       |
| <b>HFK</b>      | Hydrofluorkoolwaterstof                                                                                                                                 |
| <b>HFPO-DA</b>  | Perfluor-2-propoxypropaanzuur                                                                                                                           |
| <b>Hg</b>       | Kwik                                                                                                                                                    |
| <b>IMJV</b>     | Integraal Milieujaarverslag                                                                                                                             |
| <b>IMPACT</b>   | Immission Prognosis Air Concentration Tool                                                                                                              |
| <b>INCITE</b>   | Innovatiecentrum voor industriële transformatie en emissies                                                                                             |
| <b>IPLO</b>     | Informatiepunt Leefomgeving                                                                                                                             |
| <b>IPPC</b>     | Integrated Pollution Prevention and Control                                                                                                             |
| <b>ITRC</b>     | Interstate Technology and Regulatory Council                                                                                                            |
| <b>j</b>        | jaar                                                                                                                                                    |
| <b>K</b>        | Kelvin                                                                                                                                                  |
| <b>K.B.</b>     | Koninklijk Besluit                                                                                                                                      |
| <b>KE</b>       | Kosteneffectiviteit                                                                                                                                     |
| <b>kg</b>       | Kilogram                                                                                                                                                |
| <b>kmo</b>      | kleine of middelgrote onderneming                                                                                                                       |
| <b>l</b>        | Liter                                                                                                                                                   |
| <b>LUC</b>      | Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht                                                                                           |

|                                         |                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>LUSS</b>                             | Luchtzuiveringstechnieken Selectiesysteem                                                                                                            |
| <b>m</b>                                | Meter                                                                                                                                                |
| <b>M</b>                                | Mutageen                                                                                                                                             |
| <b>m<sup>2</sup></b>                    | Vierkante meter                                                                                                                                      |
| <b>m<sup>3</sup></b>                    | Kubieke meter                                                                                                                                        |
| <b>m.e.r.</b>                           | Milieueffectrapportage                                                                                                                               |
| <b>MKN</b>                              | Milieukwaliteitsnorm                                                                                                                                 |
| <b>MTR</b>                              | Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau                                                                                                                    |
| <b>MVP1</b>                             | Minimalisatieverplichte vaste stoffen                                                                                                                |
| <b>MVP2</b>                             | Minimalisatieverplichte gasvormige stoffen                                                                                                           |
| <b>MW</b>                               | MegaWatt                                                                                                                                             |
| <b>ng</b>                               | Nanogram                                                                                                                                             |
| <b>Nm<sup>3</sup></b>                   | Normaal kubieke meter (hoeveelheid gas, technisch vrij van waterdamp, die bij 0 °C (273,15 K) en 1,01325 bar een volume inneemt van 1 kubieke meter) |
| <b>NO<sub>x</sub>/NO/NO<sub>2</sub></b> | Stikstofoxiden/stikstofmonoxide/stikstofdioxide                                                                                                      |
| <b>n.v.t.</b>                           | niet van toepassing                                                                                                                                  |
| <b>n.v.w.b.</b>                         | niet visueel waarneembaar                                                                                                                            |
| <b>NACE</b>                             | Nomenclature générale des activités économiques dans les Communautés Européennes                                                                     |
| <b>Ni</b>                               | Nikkel                                                                                                                                               |
| <b>OESO</b>                             | Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling                                                                                            |
| <b>OMG</b>                              | Departement Omgeving van de Vlaamse Overheid                                                                                                         |
| <b>OSPAR</b>                            | Verdrag inzake de bescherming van het mariene milieu in het noordoostelijk deel van de Atlantische Oceaan                                            |
| <b>OVAM</b>                             | Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij                                                                                                            |
| <b>Pa</b>                               | Pascal                                                                                                                                               |
| <b>PAK</b>                              | Polycyclisch aromatisch koolwaterstof                                                                                                                |
| <b>Pb</b>                               | Lood                                                                                                                                                 |
| <b>(P)BB</b>                            | Polygebromeerde bifenylen                                                                                                                            |
| <b>PBBA</b>                             | Pentabroombenzylacrylaat                                                                                                                             |
| <b>PBBz</b>                             | Pentabroombenzeen                                                                                                                                    |
| <b>(P)BDE</b>                           | Polygebromeerde difenylethers                                                                                                                        |
| <b>PBEB</b>                             | Pentabroommethylbenzeen                                                                                                                              |
| <b>PBT</b>                              | Persistent, bioaccumulerend en toxisch (CLP-indeling) / pentabroomtolueen (aromatische gebromeerde vlamvertrager)                                    |
| <b>PCB</b>                              | Polychloorbifenylen                                                                                                                                  |
| <b>PCDD/F</b>                           | Dioxinen en furanen                                                                                                                                  |
| <b>PFAS</b>                             | Per- en polyfluoralkylstoffen                                                                                                                        |
| <b>PFBA</b>                             | Perfluorbutaanzuur                                                                                                                                   |
| <b>PFBS</b>                             | Perfluorbutaansulfonzuur                                                                                                                             |
| <b>PFDA</b>                             | Perfluordecaanzuur                                                                                                                                   |
| <b>PFHxA</b>                            | Perfluorhexaansulfonzuur                                                                                                                             |
| <b>PFHxS</b>                            | Perfluorhexaanzuur                                                                                                                                   |
| <b>PFK</b>                              | Perfluorkoolwaterstof                                                                                                                                |
| <b>PFNA</b>                             | Perfluornonaanzuur                                                                                                                                   |
| <b>PFOA</b>                             | Perfluorooctaanzuur                                                                                                                                  |
| <b>PFOS</b>                             | Perfluorooctaansulfonzuur                                                                                                                            |
| <b>PFPrA</b>                            | Perfluorpropaanzuur                                                                                                                                  |
| <b>pg</b>                               | picogram                                                                                                                                             |
| <b>PIC</b>                              | Product of incomplete combustion                                                                                                                     |
| <b>PM<sub>2,5</sub></b>                 | Stofdeeltjes van 2,5 micrometer of kleiner                                                                                                           |

|                    |                                                                                                              |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PMT</b>         | Persistent, mobiel en toxisch                                                                                |
| <b>PNEC</b>        | Predicted No-effect Concentrations                                                                           |
| <b>POP</b>         | Persistente organische pollutanten                                                                           |
| <b>ppb</b>         | deeltjes per miljard (parts per billion)                                                                     |
| <b>ppm</b>         | deeltjes per miljoen (parts per million)                                                                     |
| <b>PTFE</b>        | Polytetrafluoretheen                                                                                         |
| <b>PVDF</b>        | Polyvinylideen fluoride                                                                                      |
| <b>Q</b>           | Warmte-inhoud                                                                                                |
| <b>QSAR</b>        | Quantitative structure–activity relationship                                                                 |
| <b>R</b>           | Reprotoxisch                                                                                                 |
| <b>REACH</b>       | Registration, Evaluation, Authorization and restriction of CHemicals                                         |
| <b>RIE</b>         | Richtlijn Industriële Emissies (2010/75/EU)                                                                  |
| <b>RIVM</b>        | Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu                                                                |
| <b>RPF</b>         | Relative Potency Factor                                                                                      |
| <b>s</b>           | Seconde                                                                                                      |
| <b>SCCP</b>        | Korte keten gechloreerd paraffine (Engels: short-Chain chlorinated paraffin)                                 |
| <b>SVHC</b>        | Substances of Very High Concern volgens REACH                                                                |
| <b>TA Luft</b>     | Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (DE)                                                           |
| <b>TBBPA</b>       | Tetrabroombisfenol A                                                                                         |
| <b>TBPH</b>        | Bis(2-ethylhexyl) tetrabromophthalate                                                                        |
| <b>TBX</b>         | 2,3,5,6-tetrabroom-p-xyleen                                                                                  |
| <b>TEQ</b>         | Toxiciteit Equivalenten (voor emissies PCDD/F en PCB's)                                                      |
| <b>TFA</b>         | Trifluorazijnzuur                                                                                            |
| <b>TFMS</b>        | Trifluormethaansulfonzuur                                                                                    |
| <b>TFE</b>         | Tetrafluorethyleen                                                                                           |
| <b>TI</b>          | Thallium                                                                                                     |
| <b>TOC</b>         | Totaal organisch koolstof                                                                                    |
| <b>TOF</b>         | Totaal organisch fluor                                                                                       |
| <b>TOP</b>         | Total Oxidizable Precursor                                                                                   |
| <b>TRL</b>         | Technology readiness level                                                                                   |
| <b>TTC</b>         | Threshold of Toxicological Concern                                                                           |
| <b>u</b>           | Uur                                                                                                          |
| <b>v.g.t.g.</b>    | in de vergunning toegelaten gehalte of van geval tot geval                                                   |
| <b>v.r.</b>        | Veiligheidsrapportage                                                                                        |
| <b>VITO</b>        | Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek                                                              |
| <b>VLAREM (II)</b> | Besluit van de Vlaamse regering houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne               |
| <b>VLAREM III</b>  | Besluit van de Vlaamse regering houdende bijkomende algemene en sectorale voorwaarden voor GPBV-installaties |
| <b>VMM</b>         | Vlaamse Milieumaatschappij                                                                                   |
| <b>VOS</b>         | Vluchtige organische stoffen                                                                                 |
| <b>WAC</b>         | Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van water                                                |
| <b>WGC</b>         | Common Waste Gas Management and Treatment Systems in the Chemical Sector (BREF)                              |
| <b>WGO / WHO</b>   | Wereldgezondheidsorganisatie / World Health Organisation                                                     |
| <b>XPS</b>         | Extruderend polystyreenschuim                                                                                |
| <b>zPzB</b>        | Zeer persistent en zeer bioaccumulerend                                                                      |
| <b>zPzM</b>        | Zeer persistent en zeer mobiel                                                                               |
| <b>ZS</b>          | Zorgwekkende stoffen                                                                                         |
| <b>ZZS</b>         | Zeer Zorgwekkende Stoffen                                                                                    |

---

# HOOFDSTUK 1. OVER DEZE BBT-STUDIE



## HOOFDSTUK 1. OVER DEZE BBT-STUDIE

In dit hoofdstuk wordt eerst het begrip Beste Beschikbare Technieken (BBT) toegelicht. Vervolgens wordt het algemene kader van deze Vlaamse BBT-studie geschetst. Onder meer de doelstellingen, de inhoud, de begeleiding en de werkwijze van de BBT-studie worden verduidelijkt.

### 1.1 BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN IN VLAANDEREN

#### 1.1.1 DEFINITIE

Het begrip “Beste Beschikbare Technieken”, afgekort BBT, wordt in VLAREM II, artikel 1.1.2, gedefinieerd als:

“het meest doeltreffende en geavanceerde ontwikkelingsstadium van de activiteiten en exploitatiemethoden, waarbij de praktische bruikbaarheid van speciale technieken om in beginsel het uitgangspunt voor de emissiegrenswaarden en andere vergunningsvoorwaarden te vormen is aangetoond, met het doel emissies en effecten op het milieu in zijn geheel te voorkomen of, wanneer dat niet mogelijk blijkt algemeen te beperken;

- “technieken”: zowel de toegepaste technieken als de wijze waarop de installatie wordt ontworpen, gebouwd, onderhouden, geëxploiteerd en ontmanteld;
- “beschikbare”: op zodanige schaal ontwikkeld dat de betrokken technieken, kosten en baten in aanmerking genomen, economisch en technisch haalbaar in de industriële context kunnen worden toegepast, onafhankelijk van de vraag of die technieken al dan niet op het grondgebied van het Vlaamse Gewest worden toegepast of geproduceerd, mits ze voor de exploitant op redelijke voorwaarden toegankelijk zijn;
- “beste: het meest doeltreffend voor het bereiken van een hoog algemeen niveau van bescherming van het milieu in zijn geheel.”

Deze definitie vormt het vertrekpunt om het begrip BBT concreet in te vullen voor het actualiseren van de algemene emissiegrenswaarden naar lucht voor zorgwekkende stoffen in Vlaanderen.

#### 1.1.2 BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN ALS BEGRIP IN HET VLAAMSE MILIEUBELEID

##### ACHTERGROND BIJ BEGRIP

Bijna elke menselijke activiteit (b.v. woningbouw, industriële activiteit, recreatie, landbouw) beïnvloedt op de één of andere manier het leefmilieu. Vaak is het niet mogelijk in te schatten hoe schadelijk die beïnvloeding is. Vanuit deze onzekerheid wordt geoordeeld dat iedere activiteit met maximale zorg moet uitgevoerd worden om het leefmilieu zo weinig mogelijk te belasten. Dit stemt overeen met het zogenaamde voorzorgsbeginsel.

In haar milieubeleid gericht op het bedrijfsleven heeft de Vlaamse overheid dit voorzorgsbeginsel vertaald naar de vraag om de “Beste Beschikbare Technieken” toe te passen. Deze vraag wordt als zodanig opgenomen in de algemene voorschriften van VLAREM II (art. 4.1.2.1). Het toepassen van de BBT betekent in de eerste plaats dat iedere exploitant al wat technisch en economisch mogelijk is, moet doen om milieuschade te vermijden. Daarnaast wordt ook de naleving van de vergunningsvoorwaarden geacht overeen te stemmen met de verplichting om de BBT toe te passen.

Binnen het Vlaamse milieubeleid wordt het begrip BBT in hoofdzaak gehanteerd als basis voor het vastleggen van vergunningsvoorwaarden. Dergelijke voorwaarden die aan inrichtingen in Vlaanderen worden opgelegd steunen op twee pijlers:

- de toepassing van de BBT;
- de resterende milieu-effecten mogen geen afbreuk doen aan de vooropgestelde milieukwaliteitsdoelstellingen.

Ook de Europese [Richtlijn Industriële Emissies](#) (2010/75/EU, gewijzigd door 2024/1785/EU) en haar voorganger, de “IPPC” Richtlijn (2008/1/EC), schrijven de lidstaten voor op deze twee pijlers te steunen bij het vastleggen van vergunningsvoorwaarden.

### CONCRETISERING VAN BEGRIP

Om concreet inhoud te kunnen geven aan het begrip BBT, dient de algemene definitie van VLAREM II nader verduidelijkt te worden. Het BBT-kenniscentrum hanteert onderstaande invulling van de drie elementen.

- “Beste” betekent “beste voor het milieu als geheel”, waarbij het effect van de beschouwde techniek op de verschillende milieucompartimenten (lucht, water, bodem, afval, ...) wordt afgewogen;
- “Beschikbare” duidt op het feit dat het hier gaat over iets dat op de markt verkrijgbaar en redelijk in kostprijs is. Het zijn dus technieken die niet meer in een experimenteel stadium zijn, maar effectief hun waarde in de bedrijfspraktijk bewezen hebben. De kostprijs wordt redelijk geacht indien deze haalbaar is voor een ‘gemiddeld’ bedrijf uit de beschouwde sector én niet buiten verhouding is tegenover het behaalde milieuresultaat;
- “Technieken” zijn technologieën én organisatorische maatregelen. Ze hebben zowel te maken met procesaanpassingen, het gebruik van minder vervuilende grondstoffen, end-of-pipe maatregelen, als met goede bedrijfspraktijken.

Het is hierbij duidelijk dat wat voor het ene bedrijf een BBT is dat niet voor een ander hoeft te zijn. Toch heeft de ervaring in Vlaanderen en in andere regio’s/landen aangetoond dat het mogelijk is algemene BBT-lijnen te trekken voor groepen van bedrijven die dezelfde processen gebruiken en/of gelijkaardige producten maken. Dergelijke sectorale of bedrijfstak-BBT maken het voor de overheid mogelijk sectorale milieuvoorwaarden vast te leggen. Hierbij zal de overheid doorgaans niet de BBT zelf opleggen, maar wel de milieuprestaties die met BBT haalbaar zijn als norm beschouwen.

Het concretiseren van BBT voor sectoren vormt tevens een nuttig referentiepunt bij het toekennen van steun bij milieuvriendelijke investeringen door de Vlaamse overheid. De regeling ecologiepremie bepaalt dat bedrijven die milieu-inspanningen leveren die verdergaan dan de wettelijke vereisten, kunnen genieten van een investeringssubsidie.

## 1.2 BBT-STUDIE VOOR HET ACTUALISEREN VAN DE ALGEMENE EMISSIEGRENSWAARDEN NAAR LUCHT VOOR ZORGWEKKENDE STOFFEN (ZS)

Deze BBT-studie onderzoekt de actualisatie van de algemene emissiegrenswaarden voor geleide luchtmissies van zorgwekkende stoffen (ZS) in Vlaanderen. Deze algemene emissiegrenswaarden fungeren in het Vlaamse vergunningsbeleid als een soort vangnet voor luchtmissies die niet via sectorale of bijzondere emissiegrenswaarden geregeld worden.

De studie komt voort uit de noodzaak om de huidige emissiegrenswaarden, die gebaseerd zijn op verouderde inzichten, aan te passen aan de nieuwste wetenschappelijke kennis en technologische

ontwikkelingen. Het doel is om een kader te creëren dat de gezondheid van mens en milieu beter beschermt, in lijn met de VISIE 2050 van de Vlaamse regering en recente Europese ontwikkelingen.

### 1.2.1 AANLEIDING VAN DE STUDIE

De algemene emissiegrenswaarden in VLAREM II zijn gebaseerd op de Duitse TA-Luft die dateert van 1986. Verschillende organische en anorganische stoffen zijn ingedeeld in klassen op basis van hun eigenschappen. De gebruikte stoffen en het wetenschappelijk inzicht inzake toxiciteit en schadelijkheid van stoffen is sindsdien in belangrijke mate geëvolueerd. Daarnaast zijn ook de technieken om luchtemissies te behandelen in belangrijke mate geëvolueerd. De wetgeving in omliggende landen (bv. Nederland, Duitsland) is in de laatste 35 jaar regelmatig herzien en geactualiseerd. Hierbij is er bijzondere aandacht voor toxische, CMR- en andere zorgwekkende stoffen.

#### Een Vlaamse beleidsprioriteit

In het Vlaams luchtbeleidsplan wordt uitgegaan van de VISIE 2050 van de Vlaamse regering waarbij op lange termijn wordt gestreefd naar een Vlaamse luchtkwaliteit die geen significante negatieve invloed heeft op de gezondheid van haar bewoners. Door de risico's van deze zeer zorgwekkende stoffen<sup>1</sup> op mens en milieu sluit het terugbrengen van hun uitstoot aan bij de VISIE2050 van de Vlaamse regering.

De studie sluit ook nauw aan bij de aanbevelingen van de parlementaire onderzoekscommissie PFAS-PFOS. Teneinde kwalitatieve adviesverlening te kunnen waarborgen moet de milieuwetgeving volledig up to date zijn met de laatste stand der techniek. De algemene voorwaarden rond luchtverontreiniging en daarbij horende emissiegrenswaarden zijn een minimaal vertrekpunt voor de vergunningverlening en de beheersing van de uitstoot van chemische stoffen.

In het Vlaams Actieplan hormoonverstoring – poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS) zijn acties opgenomen om de verspreiding van PFAS in kaart te brengen en te reduceren. Zoals vermeld in het eindrapport van de Vlaamse opdrachthouder (zie hoofdstuk 4 “Toekomstige aanpak van PFAS en zeer zorgwekkende stoffen”) is het van belang om te werken aan een verbrede werking rond PFAS en andere zeer zorgwekkende stoffen binnen, of beter door en met, de Vlaamse overheid. Hiervoor wordt een Hub Zeer Zorgwekkende Stoffen opgericht, die naast kennisuitwisseling onder andere zal instaan voor beleidsontwikkeling, waarin ook deze BBT-studie past.

Deze visie op het Vlaamse (emissie)beleid rond zeer zorgwekkende stoffen werd verder verankerd in de [Conceptnota Visie Zeer Zorgwekkende Stoffen](#) (2023).

### 1.2.2 DOELSTELLINGEN VAN STUDIE

BBT-studies zijn rapporten die per sector of sectoroverschrijdend de BBT beschrijven. Deze sectorrapporten worden digitaal (<http://www.emis.vito.be>) verspreid, zowel naar de overheid als naar de bedrijven.

Deze BBT-studie heeft tot doel een actualisatie van de algemene voorwaarden (AEGW) voor luchtverontreiniging (VLAREM II hoofdstuk 4.4) en daarbij horende emissiegrenswaarden naar lucht (VLAREM II bijlage 4.4.2), specifiek voor zorgwekkende stoffen. Dit op basis van actuele kennis inzake stofeigenschappen (toxiciteit, persistentie, bioaccumulatie,...), en op basis van de huidige beste

---

<sup>1</sup> In het Vlaamse beleid wordt intussen voornamelijk de term ‘zorgwekkende stoffen’ gehanteerd, zie de toelichting over de definitie onder sectie 2.1 van deze BBT-studie, en in de begrippenlijst.

beschikbare technieken. Zowel een actualisatie van de ingedeelde zorgwekkende stoffen op basis van hun eigenschappen, als van de emissiegrenswaarden en grensmassastromen van de reeds ingedeelde stoffen, wordt beoogd.

### 1.2.3 INHOUD VAN STUDIE

Deze BBT-studie bevat een sectoroverschrijdende BBT-analyse voor de Vlaamse activiteiten die emissies van zorgwekkende stoffen naar de lucht veroorzaken. In deze BBT-studie onderzoeken we de emissies en het reductiepotentieel binnen ingedeelde inrichtingen. Hierbij focussen we op alle relevante geleide emissiebronnen, in lijn met de BBT-filosofie van continue verbetering. Ter context zullen we ook aandacht besteden aan belangrijke niet-industriële emissiebronnen, om een volledig beeld te schetsen van de totale uitstoot, en relatieve belang van mogelijke maatregelen.

De studie richt zich zowel op GPBV- (Geïntegreerde Preventie en Beheersing van Verontreiniging) als niet-GPBV-activiteiten. Dit betekent dat zowel grote industriële installaties (onder toepassingsgebied van de [Richtlijn Industriële Emissies](#)) als kleinere, niet-GPBV geclassificeerde bedrijven binnen de reikwijdte vallen.

In hoofdstuk 4.4 en bijlage 4.4.2 van VLAREM II zijn de algemene voorwaarden en emissiegrenswaarden voor luchtemissies vastgesteld. Deze grenswaarden zijn van toepassing op alle ingedeelde inrichtingen of activiteiten, tenzij er specifieke sectorale emissiegrenswaarden zijn vastgelegd. De milieujuridische context van de algemene emissiegrenswaarden wordt meer uitgebreid behandeld in 3.1.

De focus van de BBT-studie wordt op chemische stoffen en mengsels gelegd. Asbestvezels zijn wel opgenomen in de algemene emissiegrenswaarden, maar worden niet in de scope meegenomen wegens het atypische karakter van de parameter<sup>2</sup>. Er is een parallelle [BBT-studie behandeling van asbesthoudende reststromen](#) lopende, die kijkt naar andere emissies bij grondreinigingscentra. Ook andere ZS die op basis van hun fysische vorm (bv. vezels, nanodeeltjes of microdeeltjes) eerder dan hun chemische eigenschappen ZS zijn, worden buiten de scope van deze studie gehouden. Uitzondering hierop zijn die deeltjes of partikels die omwille van hun ZS-gehalte (bv. PAK's, zware metalen, ...) als ZS worden beschouwd.

### 1.2.4 SCOPE EN PLAN VAN AANPAK VAN DE STUDIE

Door de zeer brede en diverse scope leent het onderwerp zich niet tot de klassieke aanpak die in BBT-studies gehanteerd wordt. Hoewel het vaste sjabloon en de methodologie niet strikt worden gevolgd, blijft het BBT-proces met zijn overlegmomenten en begeleidingscomités behouden, en worden relevante principes en onderdelen van het sjabloon overgenomen.

'Zorgwekkende stoffen' omvatten enkele duizenden stoffen, waarvan een deel reeds expliciet aan bod komt in de huidige algemene emissiegrenswaarden maar een groot aantal niet.<sup>3</sup> Het is dus van belang om pragmatisch en gericht te werk te gaan om de studie werkbaar te maken, en de nodige prioriteiten te stellen. Tegelijk betekent een gebrek aan emissie- en immissiegegevens voor vele zorgwekkende stoffen niet noodzakelijk dat er zich geen probleem kan stellen voor deze stoffen.

<sup>2</sup> Hun milieukwaliteitsnorm wordt bijvoorbeeld uitgedrukt als concentratie vezels, niet als massaconcentratie, waardoor vergelijken met de algemene emissiegrenswaarden complexer is.

<sup>3</sup> Volgens screening van de draft Vlaamse ZS-lijst, zijn iets meer dan 3.600 stoffen/verbindingen van de ruim 6.000 ZS (60%) reeds opgenomen als individuele stof of als onderdeel van een groepsparameter in de huidige bijlage 4.4.2 van VLAREM II, zie Excel-bijlage, werkblad 'Vlaamse ZS geïntegreerd'.

De studie wordt daarom uitgevoerd op twee niveaus:

1. Specifieke, **gerichte studie over een selectie van de meest relevante stoffen** en groepen van stoffen op vlak van milieu- of gezondheidsrisico's, beperkt tot een werkbare scope. Dit vertrekt van een brede verkenning, gevolgd door een onderbouwde afbakening van de scope. Naast risico's wordt gekeken naar hun relevantie op vlak van het toepassingsgebied van de algemene luchtemissiegrenswaarden. Immers, vele emissies naar het milieu zijn niet afkomstig van ingedeelde inrichtingen, en vele emissies van ingedeelde inrichtingen zijn niet-geleide emissies en/of vallen onder het toepassingsgebied van sectorale of bijzondere milieuvoorwaarden. Voor het gerichte niveau is vertrokken van de huidige lijst parameters in VLAREM II bijlage 4.4.2. Door deze af te toetsen aan andere stoffenlijsten/informatiebronnen kan deze gefilterd worden op (relevante) zorgwekkende stoffen. Daarnaast wordt geïdentificeerd of er relevante ontbrekende (groepen van) zorgwekkende stoffen zijn. De selectie wordt verder beschreven in 1.2.5. Rekening houdende met impact op milieu en gezondheid, technische haalbaarheid en kosteneffectiviteit, wordt voor de geselecteerde stoffen/parameters waarvoor de als hinderlijke ingedeelde inrichtingen als relevante bron zijn geïdentificeerd, onderzocht welke emissieniveaus overeen komen met BBT.
2. **Generieke studie** die zich buigt over een eventuele algemene minimalisatieverplichting en/of generieke voorwaarden of andere aanbevelingen voor emissies van alle (overige) zorgwekkende stoffen, voor zover de als hinderlijke ingedeelde inrichtingen een relevante bron zijn. Dit omvat onder meer onderzoek naar de mogelijkheid tot een generiek normenkader voor algemene emissiegrenswaarden en/of -richtwaarden, dat tegelijk voldoende robuust en flexibel is om een hoog niveau van milieubescherming te bieden in lijn met de BBT-filosofie.

Beide niveaus worden hieronder in meer detail besproken. Beide niveaus baseren zich op onder meer een analyse van de beschikbare BBT- en BREF-documenten, de huidige beste beschikbare technieken voor behandeling van luchtemissies en de vergunningsaanpak en gehanteerde emissiegrenswaarden in het buitenland. Bovendien wordt er afgestemd met informatiebronnen, databanken, en met andere teams binnen VITO die meer inzicht kunnen bieden in prioriteiten vanuit de impact op milieu en volksgezondheid, en metingen van emissies naar lucht.

Naast het gerichte niveau voor een selectie van parameters, is er behoefte aan een generiek niveau. 'Geen gegevens' betekent niet automatisch 'geen probleem'. Voor veel ZS zijn er inderdaad geen of onvoldoende emissie- of immissiegegevens beschikbaar, ten dele omdat de algemene meetverplichting volgens VLAREM II slechts gelden bij overschrijding van specifieke massastromen. Deze worden voor veel ZS niet overschreden, wat resulteert in een gebrek aan meetgegevens en rapportages in bijvoorbeeld het IMJV. Dit kennishiaat mag echter niet worden geïnterpreteerd als een afwezigheid van problemen, noch kan het de stelling ondersteunen dat eerst moet worden aangetoond welke stoffen de ingedeelde inrichtingen effectief uitstoot alvorens deze te normeren. Voor tal van risicovolle stoffen, waaronder kankerverwekkende stoffen, bestaat er geen veilige grens waaronder geen gezondheidseffecten kunnen optreden (zie ook 2.7.1). Emissies dienen maximaal beperkt te worden, rekening houdend met wat technisch en economisch haalbaar is. Naast de AEGW zelf, dringt zich dus een kritische analyse van de grensmassastromen (GMS) op, in verhouding tot emissieniveaus die als algemeen veilig, aanvaardbaar of niet significant worden beschouwd. Het voorzorgsprincipe blijft een leidend uitgangspunt bij het bepalen van een generieke aanpak voor ZS.

Voor het generieke niveau wordt onderzocht in hoeverre de bevindingen voor de geselecteerde (groepen van) stoffen geëxtrapoleerd kunnen worden. Tevens wordt gekeken naar de technisch haalbare emissieniveaus, rekening houdend met fysicochemische eigenschappen en emissiekenmerken, evenals de bijbehorende kosten. Conceptueel kan er een verschillende benadering zijn voor stofvormige/stofgebonden emissies van zorgwekkende stoffen en gasvormige (vluchtige) emissies, aangezien de technieken voor emissiebeperking en de bijbehorende emissieniveaus

aanzienlijk kunnen verschillen tussen deze twee typen. Een andere mogelijkheid is om te differentiëren op basis van verschillende gevaarseigenschappen van ZS, en het daarmee samenhangende eenheidsrisico (risico per eenheid van concentratie in de omgevingslucht, zie ook 2.7.1). Deze, en eventueel andere mogelijkheden, worden geanalyseerd in het generieke deel.

Voor zowel het gerichte als het generieke niveau is het belangrijk om rekening te houden met het relatieve aandeel van emissies onder het toepassingsgebied van de algemene emissiegrenswaarden. De algemene emissiegrenswaarden, en bij uitbreiding het vergunningsbeleid, passen binnen ruimer ZS- en gezondheids- en milieubeleid voor industriële en niet-industriële sectoren, waarbij prioritair wordt gericht op de voornaamste bron(nen), en/of de bron(nen) die het meest kosteneffectief gereduceerd kunnen worden. Dit betekent echter niet dat een actualisatie van de AEGW en GMS niet zinvol is. Binnen deze BBT-studie ligt de focus op die zorgwekkende stoffen (ZS) waar de industrie een relevante bijdrage levert aan de totale emissies en totale blootstelling, of waar er op zijn minst sterke indicaties zijn in die richting. Indien de industriële sector de voornaamste bron is van een bepaalde verontreiniging, kan dit een reden zijn om aan die stof een hogere prioriteit toe te kennen. De BBT-studie zal zich richten op het vaststellen van gepaste AEGW en GMS voor ZS, rekening houdend met de technische en economische haalbaarheid, maar met als primair doel de bescherming van milieu en gezondheid.

De BBT-filosofie geeft prioriteit aan het voorkomen of beperken van emissies aan de bron boven zuiveringstechnieken in het afgas. Waar dit pragmatisch kan voor deze brede scope (bv. in het generieke deel), wordt gekeken naar emissiebeperkende technieken bij de bron.

De analyse neemt ook criteria of referentiewaarden voor kosteneffectiviteit uit de literatuur mee. Daarnaast wordt gekeken naar geschikte en representatieve meetmethoden voor diverse parameters, zoals individuele stoffen, groepen van stoffen, en eventueel alternatieve groepsparameters of effect- of toxiciteitsgebaseerde parameters. Hierbij kunnen ook aanbevelingen geformuleerd worden voor stoffen of groepen van stoffen waarvoor het ontwikkelen van nieuwe meetmethoden aangewezen is. Dit is vooral relevant voor ZS waarvoor momenteel geen adequate meetmethoden bestaan, maar waar monitoring essentieel is voor effectieve risico-inschatting en emissiereductie.

Deze gerichte en generieke analyses moeten het mogelijk maken om aanbevelingen te doen voor een of meer van de volgende punten:

- Actualiseren van de huidige algemene emissiegrenswaarden voor ZS-parameters, al dan niet met de invoering van een afwijkingsmogelijkheid in de omgevingsvergunning
- Toevoegen van algemene emissiegrenswaarden voor extra ZS-parameters, al dan niet met de invoering van een afwijkingsmogelijkheid in de omgevingsvergunning
- Aanvullen van bestaande algemene emissiegrenswaarden met of vervangen door richtwaarden voor sommige of alle ZS-parameters
- Bepalen van grensmassastromen (massa/uur) en/of ondergrenzen (massa/jaar)
- Regelingen voor verschillende ZS-parameters op schouw- of inrichtingsniveau
- Algemene verplichting tot minimalisatie van emissies van ZS-parameters

De ontwikkeling van dit BBT-kader gebeurt in nauwe samenwerking met verschillende stakeholders, waaronder Vlaamse en federale overheidsdiensten, wetenschappelijke experts, en vertegenwoordigers uit de industrie en het maatschappelijk middenveld. Deze brede betrokkenheid zorgt voor een gedragen en effectief beleidskader dat rekening houdt met verschillende perspectieven en praktische uitvoerbaarheid. Bij het ontwikkelen van dit BBT-kader wordt rekening gehouden met de juridische context, zowel op Europees als op Vlaams niveau. De studie streeft ernaar om binnen de Vlaamse bevoegdheden te blijven en tegelijkertijd te voldoen aan, en conflicten te vermijden met, Europese regelingen (bv. omtrent de term 'zeer zorgwekkende stoffen', zie 2.1).

Sectorale of lokale problemen kunnen mogelijk ook via sectorale of bijzondere vergunningsvoorwaarden worden aangepakt, als alternatief voor algemene emissiegrenswaarden. De afweging is telkens welk instrument meer geschikt is om een problematiek aan te pakken. Deze BBT-studie kan eventueel generieke aanbevelingen maken over de keuze tussen algemene en sectorale of bijzondere emissiegrenswaarden, maar het onderbouwen van sectorale of bijzondere emissieniveaus valt buiten de scope.

### 1.2.5 SELECTIE VAN PARAMETERS VOOR GERICHTE STUDIE

Zoals beschreven in sectie 1.2.4, moet een selectie van stoffen/parameters gemaakt worden voor het gerichte deel van de studie. Daarbij wordt gekeken naar risico's voor milieu en gezondheid, en naar hun relevantie op vlak van het toepassingsgebied van de algemene luchtemissiegrenswaarden.

Bij de prioritering van parameters voor het gerichte deel van de studie, moeten onder meer volgende overwegingen meegenomen worden:

- Het milieu- of gezondheidsrisico dat voortvloeit uit een bepaalde luchtconcentratie of een bepaalde (directe of indirecte) blootstelling aan een stof of stofgroep.
- De mate waarin industriële bronnen bijdragen tot een milieu- of gezondheidsrisico, en of ze een relevante, of de voornaamste, oorzaak zijn. Dit kan worden bekeken op lokale of globale schaal, op niveau van emissies of van blootstelling, en per individuele stof of per stofgroep.
- Beschikbaarheid, efficiëntie en effectiviteit van technieken of maatregelen die genomen kunnen worden.

Dit stemt grotendeels overeen met de [criteria](#) die voor BREF's worden gebruikt om de selectie van 'Key Environmental Issues' te onderbouwen. Binnen deze BBT-studie wordt informatie uit verschillende bronnen geanalyseerd voor selectie van parameters voor gerichte analyse, en voor onderbouwing van aanbevelingen. Het sluit ook aan bij de criteria voor prioritering beschreven in het [rapport](#) 'Afbakenen van de scope en de term (zeer) zorgwekkende stoffen binnen het Vlaamse beleidskader' (Departement Omgeving, 2025), althans wanneer specifiek de criteria relevant voor luchtemissies beschouwd worden.

Op basis van literatuur, de aanpak in andere beleidsdomeinen, en input van het begeleidingscomité, werd geopteerd om voor de selectie voor gerichte studie te vertrekken van een eerste screening van de draft Vlaamse ZS-lijst volgens vijf criteria indicatief voor één of een combinatie van bovenstaande overwegingen:

- a. Overschrijding van advieswaarde Vlaamse humane biomonitoring
- b. Overschrijding milieukwaliteitsnorm omgevingslucht
- c. Laagste niveaus lucht(emissie)normen
- d. De huidige AEGW voor de pollutant is relatief hoog in verhouding tot de GAW (gezondheidskundige advieswaarde)
- e. ZS met grootste luchtemissies volgens IMJV's, m.u.v. ZS gerapporteerd door 3 of minder bedrijven<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Als een uitstoot door slechts een beperkt aantal bedrijven wordt veroorzaakt, vormen bijzondere of sectorale voorwaarden een efficiënter instrument dan algemene emissiegrenswaarden. Het is op te merken dat deze selectie enkel dient voor het afbakenen van de parameters voor gerichte studie, en dat de generieke studie sowieso aanvullend is.

Indien een parameter voldoet aan één of meerdere van deze criteria, is het een mogelijke kandidaat voor gerichte analyse. Het overzicht van deze parameters is hieronder weergegeven in Tabel 1.

Vervolgens werden de parameters kort inhoudelijk gescreend om parameters uit te sluiten voor gerichte studie, als er goede reden is voor hun uitsluiting, rekening houdende met bovenstaande overwegingen. Deze parameters zijn in de tabel in het grijs weergegeven. De reden voor uitsluiting wordt onder de tabel gegeven.

**Tabel 1: Selectiecriteria voor mogelijke kandidaatparameters voor gerichte studie**

| Criterium                                                                                                                 | Stoffen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Overschrijding van Vlaamse advieswaarde humane biomonitoring                                                              | Arseen, cadmium, lood, pyrethroiden, hexachloorbenzeen, dibutylftalaat, diisobutylftalaat, PFOA, PFOS, PFOS+PHxS+PFOA+PFNA<br><i>Bisfenol A</i> <sup>5</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <u>Overschrijding</u> milieukwaliteitsnorm omgevingslucht                                                                 | Arseen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Laagste niveaus lucht(emissie)normen                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Laagste AEGW NL (0,05 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> ERS - 'extreem risicovolle stoffen'): dioxines, furanen (PCDD/F) en dioxineachtige PCB's; polychlooraftalenen, polygebromeerde difenylethers (PBDE's); Polyhalogeendibenzodioxines en -furanen; hexabroombifenylyl; hexadecafluorheptaan<sup>6</sup></li> <li>Zeer lage AEGW DE (&lt;0,05 mg/m<sup>3</sup>): dioxines, furanen (PCDD/F) en dioxineachtige PCB's; kwik</li> <li>Zeer laag emissieniveau in BREF's (grootteorde ng/Nm<sup>3</sup> of µg/Nm<sup>3</sup>): kwik, cadmium, benzo(a)pyreen</li> <li>Laagste GAW (&lt;1 ng/m<sup>3</sup>): benzo(a)pyreen, cadmium, Cr(VI), EFSA-4 PFAS, kobalt<sup>7</sup>, PCDD/F's en dioxine-achtige PCB's</li> </ul> |
| AEGW relatief hoog in verhouding tot GAW (>100.000, zie blad 'GAW_buitenlucht' in Excel-bijlage)                          | benzo(a)pyreen, Cr(VI), arseen, cadmium, kobalt, nikkel, benzeen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| ZS met grootste luchtemissies volgens IMJV's (m.u.v. ZS gerapporteerd door 3 of minder bedrijven en m.u.v. CO, zie 2.4.3) | Tolueen, formaldehyde, benzeen, lood, PAK's, naftaleen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

<sup>5</sup> Geen overschrijding van de gehanteerde gezondheidkundige toetsingswaarde (GTW) 233 µg/l in Vlaamse biomonitoringcampagne. Echter, volgens het [Europese Milieu Agentschap](#) (EEA, 2024) is de GTW 11,5 ng/l (0,0115 µg/l), op basis van een herziene [EFSA toelaatbare dagelijkse inname \(TDI\) uit 2023](#). Deze werd, net zoals in andere landen, ruimschoots overschreden in de Vlaamse biomonitoringcampagne: het geometrisch gemiddelde was 0,92 µg/l. De EFSA TDI staat echter sterk ter discussie ([Leist et al., 2024](#); [vom Saal et al., 2024](#)).

<sup>6</sup> Het is onduidelijk waarom specifiek hexadecafluorheptaan een ERS is in NL, in tegenstelling tot andere PFAS (bv. de 4 EFSA PFAS). PFAS worden als groep wel geselecteerd.

<sup>7</sup> De vermelde GAW voor kobalt houdt mogelijk onvoldoende rekening met het drempeleffect voor carcinogeniteit, zie fiche in bijlage 2.

Redenen voor uitsluiting van gerichte analyse:

- Pyrethroïden, omdat luchtemissies van dergelijke bestrijdingsmiddelen voornamelijk diffuus en/of niet-industrieel zijn. Mogelijke uitzondering hierop zijn de producenten, maar hiervoor lijken de AEGW geen geschikt instrument, en kan beter met sectorale of bijzondere EGW gewerkt worden.
- Diisobutylftalaat, omdat, het voorkomen en de verspreiding is vermoedelijk zeer gelijkaardig aan dibutylftalaat. Beide zijn gelijkaardige moleculen, die beide voornamelijk als componenten in plastic materialen aanwezig zijn. Het lijkt daarom weinig zinvol om beide apart in detail te analyseren. De bevindingen voor dibutylftalaat kunnen wel gebruikt worden voor diisobutylftalaat.
- Polyhalogeendibenzodioxines en -furanen (andere dan PCDD/F) worden niet weerhouden voor detailanalyse. Het is niet duidelijk op basis waarvan deze als extreem risicovolle stoffen zijn aangeduid in Nederland. Ze zijn niet opgenomen in de draft Vlaamse ZS-lijst. Er is geen gedetailleerd literatuuronderzoek naar gedaan in kader van deze BBT-studie, maar er zijn wel aanwijzingen dat ze in industriële processen kunnen vrijkomen en relevant zijn voor menselijke blootstelling (Fernandes en Falandysz, 2021; Yang et al., 2021; UNEP, 2025)<sup>8</sup>
- Polychloornaftalenen worden niet weerhouden voor detailanalyse. Het is niet duidelijk op basis waarvan deze als extreem risicovolle stoffen zijn aangeduid in Nederland. Ze staan in de draft Vlaamse ZS-lijst op basis van hun opname in de OSPAR-lijst voor prioritaire actie en opname in bijlagen I en III van de POP-Verordening. Het kan wel nader bekeken worden of de bevindingen voor andere POP's zoals hexachloorbenzeen of PAK's kunnen doorgetrokken worden naar polychloornaftalenen.<sup>9</sup>
- Toluene wordt niet weerhouden voor gedetailleerde analyse. Het is wel opgenomen in de Vlaamse ZS-lijst, maar dit is louter op basis van een REACH restrictie voor lijmstoffen en spuitverf, niet op basis van stoffeigenschappen.

Voor de overblijvende selectie van parameters wordt de relevante informatie verzameld om de actualisatie van de algemene luchtemissiegrenswaarde te onderbouwen, en wordt per parameter een aanbeveling gemaakt. Dit is opgenomen in stoffiches in [bijlage 2](#). De fiches besteden onder andere aandacht aan de milieu- en gezondheidsrisico's en de toestand van een parameter in het algemeen, maar ook bijvoorbeeld de relevantie van de algemene luchtemissiegrenswaarden voor de parameter. Voor de volledige beschrijving van de aspecten en overwegingen in de stoffiches, wordt verwezen naar de bijlage zelf.

In bovenstaande ligt de focus op die parameters die mogelijk risicovol/problematisch zijn. Echter, er dient ook voldoende aandacht te zijn voor die parameters waar normen voor omgevingslucht en gezondheidkundige toetsingswaarden systematisch gerespecteerd worden. Dit geeft immers ook een indicatie van de effectiviteit van de huidige algemene emissiegrenswaarden voor die parameters. Waar dit het geval is, wordt dit toegelicht en in overweging genomen in de respectievelijke stoffiche.

## 1.2.6 VERGELIJKENDE STOFFENLIJSTEN

In een Excel-bijlage is een vergelijking tussen verschillende stoffenlijsten gemaakt, ter ondersteuning van de hierboven beschreven selectie, maar ook ter onderbouwing van de gerichte en generieke analyse verder in deze BBT-studie. De verzamelde stoffenlijsten geven vanuit verschillende invalshoeken een idee van mogelijke risico's en relevantie voor algemene luchtemissiegrenswaarden. Onder meer

<sup>8</sup> Zie ook de aanbevelingen voor verder onderzoek in sectie 6.3.1

<sup>9</sup> Zie ook de parameterspecifieke aanbeveling in sectie 6.2.1

volgende stoffenlijsten worden vergeleken met de huidige algemene luchtemissiegrenswaarden en/of met elkaar:

**Tabel 2: Stoffenlijsten opgenomen in de Excel-bijlage**

| Stoffenlijst                                              | Informatie risico's en relevantie voor algemene luchtemissiegrenswaarden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| VLAREM II bijlage 4.4.2                                   | <p>Overzicht van de huidige Vlaamse algemene emissiegrenswaarden (AEGW), grensmassastromen (GMS), en bijbehorende meetmethoden. Deze werden gefilterd op parameters die uitsluitend of hoofdzakelijk ZS omvatten. Het gaat om 54 van de 154 huidige parameters.</p> <p>Dit werkblad vergelijkt ook een aantal zaken uit de andere stoffenlijsten voor deze parameters.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Draft Vlaamse lijst van zorgwekkende stoffen (ZS-lijst)   | <p>Basislijst om scope 'zorgwekkende stoffen' algemeen af te bakenen.</p> <p>Hoofdzakelijk o.b.v. gevareneigenschappen (o.a. CMR) en prioriteitenlijsten op EU/internationaal niveau, zie ook 2.1.</p> <p>Niet direct bruikbaar om relevantie (AEGW) luchtemissies te screenen. Wel mogelijk om te filteren op meer/minder relevante sublijsten.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Nederlandse ZZS-lijst                                     | Lijst analoog aan Vlaamse ZS-lijst, maar mét directe koppeling aan algemene luchtemissiegrenswaarden voor verschillende stofklassen, zie 3.1.6. De zogenoemde 'extreem risicovolle stoffen' zijn ook apart hernomen in een eigen werkblad.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Duitse TA Luft – algemene emissiegrenswaarden             | De Duitse AEGW omvat een groter aantal parameters dan de Vlaamse AEGW, maar is niet zo uitgebreid als de Nederlandse ZZS-lijst. Hoewel de onderbouwing niet helemaal transparant is, zijn er wel nuttige aanknopingspunten, zoals stofklassen (I t.e.m. III) van kankerverwekkende stoffen, stofklassen voor mutagene en reprotoxische stoffen, en stofklassen voor overige anorganische en organische stoffen. In het bijzonder stoffen met een zeer lage AEGW en/of ZS die in DE wel een AEGW hebben en in VLAREM niet, zijn goede kandidaten voor verder gedetailleerd onderzoek.                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Met BBT geassocieerde emissieniveaus (BBT-GEN) uit BREF's | <p>De BBT-GEN uit BREF's zijn een mogelijke referentie voor onderbouwing van AEGW. Hierbij moet rekening gehouden worden met de specificiteiten van deze (sectorale) emissieniveaus van GPBV-installaties, zie ook 3.1.4. Massastroomdrempels voor BBT-GEN uit BREF's gelden bijvoorbeeld doorgaans per emissiepunt, in tegenstelling tot de AEGW.</p> <p>Het overzicht in het Excel-bestand is onvolledig, en omvat oorspronkelijk enkel BBT-GEN t.e.m. 2018. De BBT-conclusies Ferrometaalverwerkende industrie - FMP (2022), Textiel - TXT (2022), en Slachthuizen en dierlijke nevenproducten - SA (2023) werden bijkomend gescreend. Hun BBT-GEN voor ZS zijn toegevoegd aan werkblad 'BBT-GEN lucht BREF' (geen voor BREF SA). De BBT-GEN uit BBT-conclusies Afgasbehandeling in de chemische sector - WGC (2022) zijn opgenomen in een apart werkblad 'WGC BBT-GEN'.</p> |
| Gezondheidskundige advieswaarden buitenlucht              | Overzicht van Vlaamse gezondheidskundige advieswaarden voor buitenlucht, afgeleid in functie van humane toxiciteit (zie ook 2.7.1). Deze zijn indicatief vergeleken met de AEGW, om na te gaan wanneer hun verhouding relatief hoog of laag is.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

| Stoffenlijst                                        | Informatie risico's en relevantie voor algemene luchtemissiegrenswaarden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Grens- en streefwaarden voor omgevingslucht         | Overzicht van milieukwaliteitsnormen (grens- en streefwaarden) voor omgevingslucht.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Vlaamse humane biomonitoring                        | Overzicht van Vlaamse humane biomonitoring, en status t.o.v. Vlaamse gezondheidskundige toetsingswaarden, zie ook 2.7.1.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| IMJV emissierapportage (zie 2.4.3)                  | <p>Verdeeld over 2 werkbladen in de Excel.</p> <p>'IMJV per pollutant' toont het aandeel van lucht- en wateremissies per pollutant, de drempelwaarde voor rapportage luchtemissies, en beschikbare informatie over bijstellingen bovenop wat door individuele bedrijven werd gerapporteerd.</p> <p>'IMJV lucht per sector' toont de gegevens over luchtemissies per NACE-sector per pollutant. Voor bepaalde parameters werd een ruwe inschatting gemaakt of de emissies onder het toepassingsgebied van sectorale emissiegrenswaarden vallen.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| EEA damage costs                                    | Overzicht van beschreven schadekosten van luchtemissies in een <a href="#">rapport</a> van het Europese Milieu Agentschap (European Environment Agency, EEA, 2024). Geven indicatie over intrinsieke gevaren van een pollutant.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Grenswaarden beroepsmatige blootstelling (FOD WASO) | Grenswaarden voor beroepsmatige blootstelling aan chemicaliën (luchtconcentraties). Indicatief kan hieraan afgetoetst worden of het risico voor menselijke gezondheid relatief hoog of laag is voor een bepaalde parameter. Arbeidsveiligheidswaarden zijn specifiek ontworpen om werknemers te beschermen tegen chemische stoffen op de werkplek, terwijl de algemene EGW in VLAREM gericht zijn op de bescherming van het milieu en de algemene volksgezondheid. Dit leidt tot verschillende blootstellingsroutes: dagelijkse blootstelling van werknemers versus milieu-emissies die indirecte blootstelling via luchtdepositie en andere paden veroorzaken. Hoewel de FOD WASO grenswaarden en algemene EGW-waarden niet direct vergelijkbaar zijn, kunnen er mogelijk toch waardevolle inzichten opgedaan worden door te onderzoeken hoe deze grenswaarden tot stand zijn gekomen en waarom bepaalde stoffen zijn geselecteerd. |
| POP                                                 | Stoffen in bijlagen I en/of III van de POP Verordening.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

---

## HOOFDSTUK 2. ALGEMENE INFORMATIE OVER EMISSIES VAN ZORGWEKKENDE STOFFEN



## HOOFDSTUK 2.

### ALGEMENE INFORMATIE OVER EMISSIES VAN ZORGWEKKENDE STOFFEN

In dit hoofdstuk wordt algemene informatie verzameld over verschillende groepen van (zeer) zorgwekkende stoffen en hun emissies. Verder is er een overzicht van een aantal relevante sectoren. De milieujuridische situering van de algemene luchtmissiegrenswaarden wordt in het volgende hoofdstuk 3 behandeld.

#### 2.1 DEFINITIE VAN ZORGWEKKENDE STOFFEN (ZS)

In de chemische industrie worden naar schatting 130.000 verschillende chemische stoffen gesynthetiseerd, met ongeveer 22.000 stoffen die zijn geregistreerd onder de REACH-regulering. Deze stoffen kunnen aanwezig zijn in het milieu. Daarnaast zijn er chemische stoffen die ontstaan door industriële processen, verbrandingsprocessen of afbraak en in onze omgeving terechtkomen. Gezien het zeer grote aantal stoffen is het prioriteren van deze stoffen essentieel om milieugerelateerde risico's te beheersen.

In deze BBT-studie wordt de term 'zorgwekkende stoffen' (ZS) gebruikt in plaats van 'zeer zorgwekkende stoffen' (ZZS). Deze keuze is gebaseerd op de bevindingen van het rapport 'Afbakenen van de scope en de term zeer zorgwekkende stoffen binnen het Vlaams beleidskader' (De Brouwere et al., 2023). De term ZS biedt meer flexibiliteit en is minder restrictief dan ZZS, wat beter aansluit bij de Vlaamse context en beleidsruimte. Bovendien vermijdt het gebruik van ZS potentiële verwarring met de strikte definitie van 'Substances of Very High Concern' (SVHC) onder de Europese REACH-verordening.

Zorgwekkende stoffen (ZS) worden in deze studie gedefinieerd als stoffen die:

- één of meerdere van de volgende gevareneigenschappen bezitten:
  1. Carcinogeen, mutageen of reprotoxisch (CMR), Categorie 1a of 1b
  2. Endocriene verstoring bij de mens (ED HH), Categorie 1
  3. Endocriene verstoring in het milieu (ED ENV), Categorie 1
  4. Persistent, bioaccumulerend en toxisch (PBT) of zeer persistent en zeer bioaccumulerend (zPzB)
  5. Persistent, mobiel en toxisch (PMT) of zeer persistent, zeer mobiel (zPzM)
  6. Individuele stoffen die evenveel zorgen baren als CMR- of PBT/zPzB-stoffen (in overeenstemming met REACH Artikel 57f)
- en/of voorkomen op één van volgende lijsten:
  - a. [kandidaatslijst Zeer Zorgwekkende Stoffen](#) in kader van REACH
  - b. [Restrictielijst](#) in bijlage XVII van REACH
  - c. [OSPAR lijst voor prioritaire actie](#)
  - d. Stoffen in [bijlagen I-III van de POP Verordening](#)
  - e. [Prioritaire Stoffen](#) volgens bijlage X van de Kaderrichtlijn Water
  - f. [Hormoonverstorende stoffen](#) volgens de Biociden Verordening
  - g. [Hormoonverstorende stoffen](#) volgens de Gewasbeschermingsmiddelen Verordening

Deze definitie vloeit voort uit het beleidsvoorbereidend onderzoek '[naar een afbakening en prioritering van zorgwekkende stoffen](#)' van Departement Omgeving (2025). Ze is gebaseerd op de criteria genoemd in Artikel 57 van de REACH-verordening, maar is uitgebreid met o.a. de nieuwe CLP-gevaarclassen (ED, PBT/zPzB en PMT/zPzM) om te anticiperen op toekomstige ontwikkelingen in de Europese regelgeving,

en met lijsten volgens de genoemde EU wetgeving (De Brouwere et al., 2023). Deze wetgevende kaders zullen in hoofdstuk 3 in meer detail besproken worden.

Daarnaast dient opgemerkt worden dat de gevareneigenschappen van ZS geen directe maat zijn voor (mogelijke) blootstelling, en dus voor reëel risico of impact op gezondheid of milieu. Ze geven echter wel reden tot verhoogde waakzaamheid en bezorgdheid, en vereisen daarom speciale aandacht in het Vlaamse milieubeleid.

Door het gebruik van de term ZS en de gekozen definitie streeft men ernaar een breed scala aan potentieel schadelijke stoffen te omvatten, terwijl er tegelijkertijd ruimte blijft voor een genuanceerde benadering in het Vlaamse beleid. Dit maakt het mogelijk om niet alleen stoffen die onder strikte Europese definities vallen te beschouwen, maar ook bv. 'legacy chemicals' en onbedoeld geproduceerde stoffen mee te nemen in de beoordeling en het beleid.

De aanduidingen 'Zorgwekkende Stoffen' (ZS) en 'Zeer Zorgwekkende Stoffen' (ZZS) worden reeds in verschillende beleidskaders gebruikt, zowel op Europees niveau als in individuele EU-landen, zoals Nederland, waar de definitie van ZZS is vastgelegd in wetgeving, zie 3.1.6. In Vlaanderen werd beslist om te werken met het begrip ZS omwille van het onderscheid met het begrip ZZS in de Europese wetgeving, waaronder REACH en de Richtlijn Industriële Emissies, zie 3.1.4.

In een aantal recente BBT-conclusies van BREF's (SA en TXT) worden zeer zorgwekkende stoffen gedefinieerd als *"Stoffen die voldoen aan de criteria van artikel 57 van de Reach-verordening (Verordening (EG) nr. 1907/2006 van het Europees Parlement en de Raad ( 2 )) en in de [kandidaatslijst van zeer zorgwekkende stoffen voor autorisatie zijn opgenomen.](#)"* Dit is dus een beperktere scope dan alle stoffen die aan de REACH artikel 57 criteria voldoen, en houdt een koppeling met beleidskeuzes in. Stoffen die aan artikel 57 criteria voldoen, [kunnen worden aangemerkt voor de kandidaatslijst van zeer zorgwekkende stoffen](#) (procedures volgens [REACH artikel 59](#)), maar dit is niet automatisch het geval louter op basis van de artikel 57 criteria.

Opmerking: De term ZZS wordt in deze studie voorbehouden aan EU en/of Nederlandse wetgeving en beleid. In het Nederlandse beleid bestaat een eigen wettelijke afbakening voor ZZS, zie paragraaf 3.1.6.

## 2.2 GROEPEN VAN ZORGWEKKENDE STOFFEN

In deze paragrafen worden verschillende groepen van zorgwekkende stoffen (ZS) besproken, gebaseerd op hun chemische structuur en eigenschappen, maar stoffen binnen elke groep kunnen aan meerdere criteria voldoen. Elke groep wordt beschreven in termen van de specifieke stoffen die ertoe behoren, hun fysische en chemische eigenschappen. Deze informatie vormt de basis voor het begrijpen van hun gedrag in het milieu (paragraaf 2.6) en hun potentiële impact op de gezondheid en ecosystemen (paragraaf 2.7). Onderstaand overzicht is echter niet limitatief te beschouwen. Bovendien zijn tal van andere indelingen en groeperingen van ZS mogelijk, en beschreven in wetenschappelijke literatuur. Voor de parameters waarvoor in [bijlage 2](#) een fiche is opgemaakt, bevat die fiche doorgaans meer gedetailleerde informatie.

### 2.2.1 METAALVERBINDINGEN

#### STOFFEN/PARAMETERS

Onder andere

- Metaalelementen voornamelijk in gasvorm, bv. Kwik, Arseen, Selenium, ...
- Metaalverbindingen voornamelijk in stofvorm, bv. Loodverbindingen, Cadmiumverbindingen, Chroom(VI)-verbindingen, Arseenverbindingen, Nikkelverbindingen, ...

## FICHES IN BIJLAGE

[Bijlage 2](#) bevat fiches voor

- [Arseenverbindingen](#)
- [Loodverbindingen](#)
- [Zeswaardig-chroomverbindingen](#)
- [Kwikverbindingen](#)
- [Kankerverwekkende verbindingen van cadmium, nikkel en kobalt](#)

## FYSISCHE EIGENSCHAPPEN

Zware metalen zoals kwik, arseen en selenium kunnen in gasvorm voorkomen onder specifieke omstandigheden. Kwik heeft een relatief hoge dampdruk van 0,16 Pa bij 20°C, waardoor het gemakkelijk verdampt en in de atmosfeer terechtkomt. Arseen en selenium hebben een lagere dampdruk dan kwik, maar kunnen bij hoge temperaturen alsnog verdampen. Voor arseen bedraagt de dampdruk 1,97 Pa bij 372°C, terwijl selenium een dampdruk heeft van 100 Pa bij 685°C. Verdamping van arseen en selenium komt vaak voor bij industriële processen zoals verbranding van fossiele brandstoffen en metallurgische processen, waarbij hoge temperaturen worden bereikt. Deze metalen kunnen zich in de atmosfeer verspreiden en invloed hebben op zowel lokale als regionale luchtkwaliteit (zie paragraaf 2.6.1 voor meer details over atmosferische verspreiding). Hoewel de verdampingssnelheid van arseen en selenium lager is dan die van kwik, kunnen ze onder de juiste omstandigheden toch in significante hoeveelheden in de lucht terechtkomen. (Haynes, 2014)

Stofvormige anorganische stoffen zoals loodverbindingen, cadmiumverbindingen, chroom(VI)-verbindingen, arseenverbindingen en nikkelverbindingen hebben gemeenschappelijke fysische eigenschappen die hen tot een risico maken bij emissies naar de lucht. Deze stoffen bestaan uit fijne deeltjes of stofdeeltjes die gemakkelijk in de lucht kunnen worden verspreid, vooral bij industriële processen zoals verbranding, metallurgie of chemische productie. De deeltjesgrootte van deze stoffen varieert, maar ze zijn vaak klein genoeg om gemakkelijk ingeademd te worden, wat bijdraagt aan hun potentiële gevaar. Deze deeltjes hebben een relatief hoge dichtheid, maar door hun kleine formaat kunnen ze lang in de lucht blijven zweven en zich over grote afstanden verspreiden. Wanneer ze in de lucht terechtkomen, kunnen ze zich aan andere deeltjes hechten of op oppervlakken neerslaan, wat leidt tot wijdverspreide milieublootstelling. De fysische aanwezigheid van deze stoffen in de lucht kan leiden tot ademhalingsproblemen, luchtwegirritaties en andere gezondheidsproblemen bij blootstelling.

## CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN

Chemisch gezien kunnen zware metalen zoals kwik, arseen en selenium verschillende verbindingen vormen door te reageren met andere elementen zoals zuurstof, zwavel en chloor. Kwik kan verbindingen vormen zoals kwikoxiden, -sulfiden en -chloriden. Arseen kan arseentrioxide en arseensulfide vormen, terwijl selenium verbindingen zoals selenumdioxide en seleensulfide kan vormen. Deze chemische reacties dragen bij aan atmosferische vervuiling wanneer deze verbindingen in de lucht worden geëmitteerd. Deze metalen en hun verbindingen zijn persistent in het milieu en worden niet gemakkelijk afgebroken, wat betekent dat ze kunnen accumuleren in de atmosfeer en uiteindelijk neerslaan in bodem en water, wat leidt tot langdurige vervuiling. De chemische stabiliteit en het vermogen van deze metalen om te bioaccumuleren maken ze bijzonder gevaarlijk voor zowel ecologische als menselijke gezondheid. In de atmosfeer kunnen deze metalen betrokken zijn bij complexe fotochemische reacties die bijdragen aan luchtverontreiniging en de vorming van secundaire verontreinigende stoffen zoals fijnstof. (Mennen, et al., 2010)

Arseenwaterstof ( $\text{AsH}_3$ ) is extreem toxisch en kan leiden tot ernstige bloedcelvernietiging bij inademing, wat onmiddellijke gezondheidsrisico's met zich meebrengt.

Chemische eigenschappen van stofvormige anorganische stoffen zoals loodverbindingen, cadmiumverbindingen, chroom(VI)-verbindingen, arseenverbindingen en nikkelverbindingen zijn belangrijk voor hun impact op de luchtkwaliteit en hun classificatie als ZS. Loodverbindingen (bijvoorbeeld loodoxide) zijn bekend om hun toxiciteit en bioaccumulatie, wat betekent dat ze zich in het lichaam kunnen ophopen en ernstige gezondheidsproblemen zoals neurologische schade kunnen veroorzaken bij inademing van loodstof. Cadmiumverbindingen, zoals cadmiumoxide, zijn eveneens zeer giftig en kunnen leiden tot longschade, nierfalen en kankerverwekkende effecten bij blootstelling via de lucht. Chroom(VI)-verbindingen, zoals chroomtrioxide, zijn bijzonder gevaarlijk vanwege hun carcinogene eigenschappen; inhalatie van deze deeltjes kan leiden tot longkanker en andere ernstige gezondheidsproblemen. Arseenverbindingen, zoals arseentrioxide, kunnen bij inademing acute en chronische gezondheidsproblemen veroorzaken, waaronder kanker. Nikkelverbindingen, zoals nikkeloxide, kunnen eveneens carcinogene effecten hebben en bijdragen aan luchtwegirritatie en allergische reacties.

Deze stoffen zijn vaak chemisch reactief en kunnen in de atmosfeer reageren met andere luchtverontreinigende stoffen, wat hun schadelijke effecten kan versterken. De persistente aard van deze chemische stoffen betekent dat ze lange tijd in het milieu kunnen blijven, waardoor ze langdurige vervuiling veroorzaken. De chemische stabiliteit en het vermogen van deze stoffen om te bioaccumuleren maken ze bijzonder gevaarlijk voor zowel ecologische als menselijke gezondheid. In de atmosfeer kunnen deze metalen en hun verbindingen betrokken zijn bij complexe fotochemische reacties die bijdragen aan luchtverontreiniging en de vorming van secundaire verontreinigende stoffen zoals fijnstof.

Veel van deze metaalverbindingen zijn geclassificeerd als CMR categorie 1A of 1B. Bijvoorbeeld, bepaalde chroom(VI)-verbindingen zijn bekend carcinogeen, terwijl loodverbindingen reprotoxische effecten kunnen hebben. (Mennen, et al., 2010)

## 2.2.2 GEHALOGENEERDE ORGANISCHE VERBINDINGEN

### STOFFEN/PARAMETERS

Onder meer:

- Fluorverbindingen: vnl. PFAS (perfluoroalkyl en polyfluoroalkyl stoffen), waaronder PFOS, PFHxS, PFOA, PFNA, ...
- Chloorverbindingen: dioxines en furanen (PCDD/PDCF), polychloorbifenylen (PCB's), dichloormethaan, chloorethaan, (mono)vinylchloride (chlooretheen), hexachloorbenzeen, 3,3'-dichloorbenzidine, korte of medium ketenlengte chloorparaffines (chlooralkanen), ...
- Broomverbindingen: Polybroomdifenylethers, Bis(pentabroomfenyl)ether ...

### FICHES IN BIJLAGE

[Bijlage 2](#) bevat fiches voor

- [Dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's](#)
- [Hexachloorbenzeen](#)
- [Gebromeerde vlamvertragers](#)

### FYSISCHE EIGENSCHAPPEN

Deze stoffen zijn vaak vluchtige organische verbindingen (VOS) die bij standaardomstandigheden (25°C, 1 atm) gemakkelijk in de gasfase kunnen voorkomen. Ze hebben lage kookpunten, waardoor ze snel verdampen en in de atmosfeer terechtkomen. Deze vluchtigheid betekent dat ze zich gemakkelijk

kunnen verspreiden vanaf de emissiebronnen, waardoor brede gebieden worden blootgesteld. Chloorverbindingen hebben een variabele oplosbaarheid in water; sommige lossen goed op, terwijl andere minder oplosbaar zijn, wat hun verspreidingspatronen in de lucht beïnvloedt. Veel van deze verbindingen hebben een karakteristieke geur, die vaak scherp en irriterend is, zoals de zoetige geur van di-chloormethaan. De fysische aanwezigheid van deze chloorverbindingen in de lucht kan leiden tot acute ademhalingsproblemen en irritatie van de luchtwegen bij blootstelling.

De fluorverbindingen zoals PFOS, PFHxS, PFOA, en PFNA behoren tot de klasse van perfluoroalkyl en polyfluoroalkyl stoffen (PFAS). Deze chemische stoffen staan bekend om hun uitzonderlijke chemische en thermische stabiliteit, wat voortkomt uit de sterke bindingen tussen koolstof en fluor. Deze verbindingen zijn bestand tegen hoge temperaturen en chemische reacties, waardoor ze niet gemakkelijk afbreken in het milieu. Hun fysische eigenschappen omvatten ook een lage volatiliteit, wat betekent dat directe emissies naar de lucht relatief beperkt zijn. Echter, door hun weerstand tegen afbraak kunnen deze stoffen over lange perioden persistente en accumulatieve verontreinigende stoffen in de lucht worden, vooral wanneer ze indirect worden uitgestoten via verdamping of uitgestoten stofdeeltjes van besmette oppervlakken.

Niet-vluchtige organische pollutanten zoals benzo(a)pyreen, PCB's, dioxinen, furanen, polybroomdifenylethers en bis(pentabroomfenyl)ether hebben een lage vluchtigheid en zijn vaak aanwezig in de vaste fase, gehecht aan stofdeeltjes in de lucht. Ze hebben een hoge moleculaire massa en lage dampdrukken, waardoor ze moeilijk verdampen bij kamertemperatuur. Deze stoffen kunnen langdurig in de lucht blijven zweven, vooral als ze zich aan fijne deeltjes hechten, wat hun verspreiding en blootstelling vergroot.

#### CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN

De chemische eigenschappen van chloorverbindingen zoals di-chloormethaan, chloorethaan, en vinylchloride zijn bepalend voor hun schadelijke impact op de luchtkwaliteit en hun classificatie als ZS. Di-chloormethaan ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) is een vluchtige vloeistof die in de lucht snel verdampt en kan worden ingeademd, wat leidt tot effecten zoals duizeligheid, hoofdpijn, en bij langdurige blootstelling, schade aan de lever en nieren. Chloorethaan ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ ), eveneens een vluchtige stof, kan door inademing neurologische effecten veroorzaken en bij hoge blootstelling narcotische effecten teweegbrengen. Vinylchloride ( $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$ ) is bijzonder gevaarlijk vanwege zijn carcinogene eigenschappen; inademing kan leiden tot leverkanker en andere ernstige gezondheidsproblemen. Deze stoffen zijn chemisch reactief en kunnen in de atmosfeer afbreken tot toxische producten zoals fosgeen, wat hun schadelijke effecten kan versterken. De persistente aard van deze chloorverbindingen betekent dat ze lange tijd in het milieu kunnen blijven.

Chemisch gezien zijn de fluorverbindingen zeer stabiel en inert door de sterke C-F bindingen, die tot de sterkste in de organische chemie behoren. Deze stabiliteit draagt bij aan hun persistentie in het milieu en hun vermogen om zich op te hopen in levende organismen. De chemische structuur van PFAS maakt ze ook zeer effectief in het afstoten van olie en water, wat leidt tot hun veelzijdig gebruik in industriële en consumentenproducten zoals coatings voor kookgerei, textiel en andere oppervlakken. In de atmosfeer zijn deze verbindingen voornamelijk aanwezig in de vorm van fijne deeltjes of in opgeloste vorm in atmosferische waterdruppels. Hun chemische inertie betekent dat ze niet gemakkelijk degraderen onder invloed van licht of biologische processen, waardoor ze wereldwijd kunnen verspreiden en ecologische en gezondheidsproblemen kunnen veroorzaken lang nadat ze zijn uitgestoten.

Persistente organische verontreinigende stoffen (POP's), zoals dioxines en PCB's, zijn zeer persistent in het milieu en worden niet gemakkelijk afgebroken. Ze hebben de neiging om zich op te hopen in vetweefsel en bioaccumuleren in organismen, waarbij de concentraties toenemen naarmate je hoger in de voedselketen komt (biomagnificatie). Voor meer informatie over bioaccumulatie en biomagnificatie,

zie sectie 2.6.4. Deze eigenschappen maken POP's bijzonder gevaarlijk voor zowel de ecologische als de menselijke gezondheid. In de atmosfeer kunnen deze stoffen betrokken zijn bij complexe chemische reacties, zoals de vorming van troposferisch ozon of secundair organisch aerosol, die kunnen bijdragen aan de vorming van secundaire verontreinigende stoffen en fijnstof.

Veel van deze stoffen, zoals bepaalde dioxines en PCB's, zijn geclassificeerd als CMR categorie 1A of 1B vanwege hun carcinogene en mogelijk mutagene eigenschappen. Sommige PFAS-verbindingen, zoals PFOS en PFOA, vertonen zowel persistente, bioaccumulerende en toxische (PBT) eigenschappen als endocriene verstoring. Daarnaast kunnen bepaalde PFAS-verbindingen geclassificeerd worden als persistent, mobiel en toxisch (PMT).

(Jones & de Voogt, 1999)

## 2.2.3 ENDOCRIENE VERSTOORDERS

### STOFFEN

o.a.: Bisfenol A, Ftalaten, Bepaalde pesticiden (bijv. DDT), Alkylfenoethoxylaten, Sommige PFAS-verbindingen

### FICHES IN BIJLAGE

[Bijlage 2](#) bevat fiches voor

- [Dibutylftalaat](#)
- Bisfenol A en vergelijkbare bisfenolen

### FYSISCHE EIGENSCHAPPEN

Endocriene verstoorers vertonen een breed spectrum van fysische eigenschappen, variërend van vluchtige organische stoffen tot persistente organische verontreinigende stoffen. Sommige, zoals bepaalde ftalaten, zijn semi-vluchtig en kunnen zowel in gas- als deeltjesvorm in de lucht voorkomen. Anderen, zoals bisfenol A, zijn minder vluchtig maar kunnen aan stofdeeltjes hechten en zo in de lucht verspreid worden.

### CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN

Deze stoffen kunnen het hormoonstelsel van mensen en dieren verstoren door hormonen na te bootsen, te blokkeren of de aanmaak en afbraak van hormonen te beïnvloeden. Ze zijn vaak persistent in het milieu en kunnen bioaccumuleren in organismen. Sommige endocriene verstoorers, zoals bepaalde pesticiden, kunnen in de atmosfeer fotochemische reacties ondergaan, wat kan leiden tot de vorming van secundaire verontreinigende stoffen. Voor meer informatie over de effecten van endocriene verstoorers op ecosystemen en menselijke gezondheid, zie secties 2.7.3 en 2.7.5. (Gore, A. C., Chappell, V. A., Fenton, S. E., Flaws, J. A., Nadal, A., Prins, G. S., ... & Zoeller, R. T. (2015). EDC-2: the Endocrine Society's second scientific statement on endocrine-disrupting chemicals. Endocrine Reviews, 36(6), E1-E150.)

## 2.2.4 PERSISTENTE, MOBIELE EN TOXISCHE STOFFEN (PMT/ZPZM)

### STOFFEN

o.a.: Bepaalde PFAS-verbindingen, Bepaalde farmaceutische stoffen, Specifieke pesticiden

## FICHES IN BIJLAGE

[Bijlage 2](#) bevat geen fiches voor PMT-stoffen.

## FYSISCH EIGENSCHAPPEN

Deze stoffen zijn vaak goed oplosbaar in water en hebben een lage adsorptie aan bodemdeeltjes, wat hun mobiliteit in het milieu verhoogt. Ze kunnen gemakkelijk door conventionele waterzuiveringsprocessen gaan en in drinkwaterbronnen terechtkomen. In de lucht kunnen ze voorkomen als aerosolen of gebonden aan waterdruppels.

## CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN

PMT/zPzM-stoffen zijn persistent, wat betekent dat ze moeilijk afbreken in het milieu. Ze zijn mobiel in waterige milieus en kunnen zich gemakkelijk verspreiden via grond- en oppervlaktewater, maar ook via atmosferische depositie. Hun toxiciteit kan variëren, maar ze vormen vaak een langdurig risico voor ecosystemen en menselijke gezondheid vanwege hun persistentie en mobiliteit. Sommige van deze stoffen kunnen ook bioaccumuleren. Voor meer informatie over de impact van PMT/zPzM stoffen op ecosystemen en menselijke gezondheid, zie secties 2.7.3 en 2.7.5. (Reemtsma, T., Berger, U., Arp, H. P. H., Gallard, H., Knepper, T. P., Neumann, M., ... & Voogt, P. D. (2016). Mind the Gap: Persistent and Mobile Organic Compounds—Water Contaminants That Slip Through. Environmental Science & Technology, 50(19), 10308-10315.)

## 2.2.5 ANDERE ORGANISCHE POLLUENTEN

### STOFFEN

- Niet-gehalogeneerde aromatische koolwaterstoffen, o.a. Benzeen, Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's), 2-naftylamine, ...
- Andere, o.a. Formaldehyde, aceetaldehyde, 1,3-Butadieen, ethyleenoxide, acrylonitril, dimethylsulfaat, ethyleenimine, ...

## FICHES IN BIJLAGE

[Bijlage 2](#) bevat fiches voor

- [Benzeen](#)
- [Formaldehyde](#)
- [PAK's](#)

## FYSISCH EIGENSCHAPPEN

Deze organische pollutanten vertonen een breed spectrum van vluchtigheid, variërend van zeer vluchtig tot niet-vluchtig. Stoffen zoals formaldehyde, 1,3-butadieen, benzeen en monovinylchloride hebben een hoge vluchtigheid en verdampen gemakkelijk bij kamertemperatuur. Deze vluchtige organische stoffen (VOS) hebben lage moleculaire massa's en hoge dampdrukken, waardoor ze snel in de lucht terechtkomen en in de gasfase in de atmosfeer aanwezig zijn.

Andere stoffen, zoals benzo(a)pyreen en zwaardere PAK's, hebben een lage vluchtigheid en hechten zich vaker aan stofdeeltjes. Deze niet-vluchtige organische pollutanten hebben een hoge moleculaire massa en lage dampdrukken, waardoor ze moeilijk verdampen bij kamertemperatuur en vaak aanwezig zijn in de vaste fase, gehecht aan stofdeeltjes in de lucht.

Sommige organische pollutanten, zoals PAK's, vertonen variabele vluchtigheid afhankelijk van hun specifieke moleculaire structuur en massa. Lichtere PAK's zoals naftaleen zijn vluchtig, terwijl zwaardere

PAK's zoals benzo(a)pyreen niet vluchtig zijn. Tricloorfenol heeft een matige vluchtigheid en kan in zowel damp- als deeltjesvorm in de lucht voorkomen.

Deze variatie in fysische eigenschappen beïnvloedt sterk het gedrag van deze stoffen in de atmosfeer. Sommige kunnen snel in de lucht terechtkomen en over grote afstanden worden getransporteerd, terwijl andere langdurig in de lucht kunnen blijven zweven, gehecht aan fijne deeltjes.

### CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN

Deze polluenten vertonen diverse chemische eigenschappen. Veel zijn reactief en kunnen deelnemen aan atmosferische fotochemische reacties, wat bijdraagt aan de vorming van ozon en andere secundaire luchtverontreinigende stoffen zoals fijnstof.

De vluchtige organische stoffen zijn vaak zeer reactief en kunnen in de atmosfeer deelnemen aan fotochemische reacties. De lichtere, vluchtige componenten van variabel vluchtige stoffen kunnen ook reageren met andere atmosferische stoffen, wat kan leiden tot de vorming van ozon en andere secundaire luchtverontreinigende stoffen. Voor meer details over fotochemische reacties, zie paragraaf 2.6.5.

Niet-vluchtige en zwaardere componenten van variabel vluchtige organische polluenten zijn vaak zeer persistent in het milieu en worden niet gemakkelijk afgebroken. Ze kunnen zich ophopen in de voedselketen en hebben de neiging om te bioaccumuleren in organismen. Deze stoffen kunnen zich hechten aan stofdeeltjes en bijdragen aan de vorming van fijnstof.

De reactiviteit en persistentie van deze stoffen maken ze gevaarlijk voor zowel de ecologische als de menselijke gezondheid. Ze kunnen acute en chronische gezondheidseffecten veroorzaken, variërend van irritatie van de luchtwegen, hoofdpijn en duizeligheid tot ernstigere aandoeningen zoals kanker.

Stoffen zoals benzeen en formaldehyde zijn geclassificeerd als CMR categorie 1A of 1B vanwege hun carcinogene eigenschappen. Bepaalde stoffen in deze categorie, zoals bisfenol A en sommige ftalaten, zijn bekend als endocriene verstoorders. Sommige pesticiden kunnen zowel endocriene verstoring veroorzaken als PMT-eigenschappen vertonen. (Kim, K. H., Jahan, S. A., Kabir, E., & Brown, R. J. (2013). A review of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their human health effects. Environment International, 60, 71-80.)

## 2.2.6 VEZELACHTIGE SILICATEN (ASBEST)

### STOFFEN

Asbestvezels, o.a. actinoliet, amosiet, chrysotiel, crocidoliet en tremoliet

### FICHES IN BIJLAGE

[Bijlage 2](#) bevat geen fiches voor vezelachtige silicaten

### FYSISCH EIGENSCHAPPEN

De fysische eigenschappen van vezelachtige silicaten zoals actinoliet, amosiet, chrysotiel, crocidoliet en tremoliet maken hen bijzonder gevaarlijk bij emissies naar de lucht. Deze stoffen bestaan uit zeer fijne, vezelachtige deeltjes die gemakkelijk in de lucht kunnen worden verspreid, vooral tijdens industriële processen zoals mijnbouw, verwerking en sloopwerkzaamheden. De vezelvormige structuur betekent dat deze deeltjes lang en dun zijn, waardoor ze gemakkelijk ingeademd kunnen worden en diep in de longen kunnen doordringen. Eenmaal in de lucht kunnen deze vezels langdurig zweven door hun lage sedimentatiesnelheid, wat leidt tot een verhoogde blootstelling voor mensen die in de buurt van

emissiebronnen wonen of werken. De kleine diameter van deze vezels (vaak minder dan 3 micrometer) en hun grote lengte (meestal langer dan 5 micrometer) zorgen ervoor dat ze in de luchtwegen blijven hangen en niet gemakkelijk door het lichaam kunnen worden verwijderd. Deze fysische eigenschappen dragen bij aan de ernstige gezondheidsrisico's die met vezelachtige silicaten worden geassocieerd, zoals longkanker, mesothelioom en asbestose.

### CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN

De chemische eigenschappen van vezelachtige silicaten zoals actinoliet, amosiet, chrysotiel, crocidoliet en tremoliet zijn van belang voor hun impact op de luchtkwaliteit en hun classificatie als ZS. Deze vezels zijn chemisch inert en resistent tegen hoge temperaturen, wat betekent dat ze niet gemakkelijk afbreken of oplossen in het milieu. Deze eigenschappen maken hen duurzaam en persistent, waardoor ze lange tijd in de lucht kunnen blijven zonder hun structuur te verliezen. Deze inertie draagt bij aan hun biopersistentie wanneer ze worden ingeademd; de vezels worden niet afgebroken door de lichaamsprocessen, waardoor ze langdurig in de longen blijven en chronische ontsteking en littekenvorming veroorzaken. De chemische samenstelling van vezelachtige silicaten varieert, maar ze bevatten meestal silicium, zuurstof en metalen zoals ijzer, magnesium en calcium. Deze elementen kunnen bijdragen aan de toxische effecten wanneer de vezels zich ophopen in het longweefsel. De inertie en chemische stabiliteit van deze vezels zorgen ervoor dat ze niet gemakkelijk door het lichaam kunnen worden verwijderd, wat leidt tot langdurige gezondheidsproblemen. Veel vezelachtige silicaten, met name asbestvezels, zijn geclassificeerd als CMR categorie 1A vanwege hun bekende carcinogene eigenschappen. Langdurige blootstelling aan deze vezels kan leiden tot ernstige gezondheidsproblemen, waaronder longkanker en mesothelioom. (Boulanger, G., Andujar, P., Pairon, J. C., Billon-Galland, M. A., Dion, C., Dumortier, P., ... & Brochard, P. (2014). Quantification of short and long asbestos fibers to assess asbestos exposure: a review of fiber size toxicity. *Environmental Health*, 13(1), 59.)

## 2.3 ZS IN OMGEVINGSLUCHT EN DEPOSITIE

Over sommige ZS zijn meetgegevens beschikbaar van concentraties in de omgevingslucht en/of depositie in Vlaanderen, wat inzicht geeft in de mogelijke blootstelling van mens en milieu aan deze stoffen.

Emissiebronnen die bijdragen aan deze concentraties komen in de volgende paragraaf (2.4) aan bod.

In Vlaanderen speelt de Vlaamse Milieu Maatschappij (VMM) een centrale rol in de monitoring van zorgwekkende stoffen (ZS) door middel van een uitgebreid netwerk van meetstations en diverse analysemethoden. Het luchtmeetnet van de VMM bestaat uit automatische meetstations die strategisch over de regio zijn verspreid. Deze meetstations voeren continu metingen uit van luchtverontreinigende stoffen zoals fijn stof ( $PM_{10}$  en  $PM_{2.5}$ ), stikstofoxiden ( $NO_x$ ), ozon ( $O_3$ ), vluchtige organische stoffen (VOS), en specifieke zorgwekkende stoffen zoals PCB's, dioxines, en PAK's. Naast luchtmetingen worden ook deposities van ZS gemeten, wat betrekking heeft op de hoeveelheid stoffen die vanuit de lucht op oppervlakken neerslaat. Deze deposities dragen bij aan de vervuiling van bodem en water, en dergelijke metingen helpen bij het begrijpen van de verspreiding en impact van ZS in het milieu.

De VMM voert ook metingen uit in oppervlaktewater en drinkwater om de aanwezigheid van ZS te detecteren. Hierbij worden stoffen zoals metalen, pesticiden, en industriële chemicaliën gemonitord om ervoor te zorgen dat de waterkwaliteit voldoet aan de Europese Kaderrichtlijn Water en andere relevante regelgeving. Deze watermetingen zijn essentieel voor het waarborgen van de veiligheid en kwaliteit van waterbronnen in Vlaanderen.

De meetgegevens van verschillende bronnen (lucht, water, bodem, en humane biomonitoring, zie 2.7.1) worden geïntegreerd in een centrale databank. Deze integratie helpt bij het identificeren van trends, het evalueren van de effectiviteit van beleidsmaatregelen, en het bepalen van de blootstelling en risico's

voor de bevolking. De resultaten van de metingen en analyses worden regelmatig gerapporteerd en publiek toegankelijk gemaakt via de website van de VMM en in jaarlijkse luchtkwaliteitsrapporten. Deze rapporten bevatten gedetailleerde informatie over de concentraties van ZS in het milieu en de menselijke blootstelling eraan, waardoor de gemeenschap goed geïnformeerd blijft over de luchtkwaliteit en mogelijke gezondheidsrisico's. (De Brouwere, Bessems, Geerts, & Wauters, 2023)

Jaarlijks evalueert VMM de luchtkwaliteit. [Op de website](#) staan alle datasets die gebruikt werden voor de meest recente evaluatie van de luchtkwaliteit. Deze omvatten overzichtskaarten, een beschrijving van het meetnet en concentraties voor o.a. een aantal ZS, behorende tot volgende groepen:

- [Dioxines en PCB's](#)
- [PAK's](#)
- [Vluchtige organische stoffen](#)
- [Zware metalen](#)

De informatie wordt ook samengebracht in overzichtelijke thematische pagina's op de [VMM website](#). Het zijn voornamelijk die thematische pagina's die voor deze BBT-studie geraadpleegd zijn voor de stoffiches in [bijlage 2](#).

[WEISS](#) ('Water Emission Inventory Support System') is een model dat significante bronnen en hun bijdrage aan de waterverontreiniging in kaart brengt, en omvat een aantal ZS. De applicatie visualiseert bruto- en netto-emissies naar het oppervlaktewater. De bruto-emissies naar het oppervlaktewater zijn alle emissies, per verontreinigde stof, uitgedrukt als vracht, die vrijkomen aan de bron. De netto-emissie is het gedeelte van de bruto emissie dat daadwerkelijk het oppervlaktewater bereikt. D.m.v. filters op parameter, (sub)sector, jaar, bruto/netto kunnen de gewenste rasterkaarten van Vlaanderen bekeken worden. Naast de rasterkaarten is er ook de mogelijkheid om tabellen en grafieken voor Vlaanderen en voor gekozen geografische gebieden te bekijken.

## 2.4 ZS-EMISSIES NAAR DE LUCHT

Emissies van zorgwekkende stoffen naar de lucht vormen de kern van deze BBT-studie en worden in de volgende paragrafen algemeen besproken. Andere milieuaspecten zoals energieverbruik, waterverbruik, materiaalverbruik, afvalstoffen, emissies naar water, geur, geluid en emissies naar lucht van andere stoffen vormen niet direct het onderwerp van deze BBT-studie, maar zullen doorheen de studie wel worden aangehaald en in rekening gebracht als zogenaamde 'cross-media' effecten bij het beheersen/beperken van ZS-luchtemissies.

In Vlaanderen zijn de belangrijkste bronnen van ZS-emissies naar de lucht sterk afhankelijk van de stof/groep van stoffen. Voor sommige is de industrie of energiesector de belangrijkste bron, voor andere zijn dit niet-industriële sectoren/activiteiten zoals verkeer, huishoudens, diensten of landbouw. Voor een aantal stoffen is dit algemeen beschreven onder 2.4.2, en in [bijlage 2](#) wordt dit voor een selectie van stoffen in meer detail beschreven.

Een deel van de industriële ZS-emissies naar de lucht worden door bedrijven gerapporteerd via het IMJV, zie 2.4.3. Dit geeft een beeld van welke de belangrijkste parameters zijn qua massavrachten, althans voor de parameters gerapporteerd via het IMJV. De grootste bijdragen komen van de chemische industrie, metaalindustrie en de energiesector, maar er zijn grote verschillen per parameter.

### 2.4.1 EMISSIEKARAKTERISTIEKEN

Wat betreft luchtemissies, kan er een onderscheid gemaakt worden tussen:

a) **Gasvormige emissies door verdamping van ZS.** Dit hangt in belangrijke mate samen met de dampdruk(ken) van de component(en) in kwestie, en van de temperaturen en drukken waarop deze zich bevinden. Dampdruk, die afhankelijk is van de temperatuur, bepaalt hoe gemakkelijk een stof kan verdampen.

b) **Emissies via stof(deeltjes) of aerosolen.** ZS kunnen zich bevinden in of binden aan fijne deeltjes die fijn verdeeld zijn in een gas: vaste stofdeeltjes, waterdruppels, druppels van solventen of reagentia, enz. Deze deeltjes kunnen vervolgens worden ingeademd of neerslaan op oppervlaktes, wat kan leiden tot milieuschade of gezondheidsrisico's. Naast vluchtigheid, spelen onder meer ook wateroplosbaarheid en sorptie-eigenschappen mogelijk een belangrijke rol.

De mate waarin aanwezige ZS geëmitteerd worden naar de lucht, hangt dus sterk af van de (proces)omstandigheden en van de matrix, maar ook van de eigenschappen van de ZS-component(en). Kleinere moleculen vertonen een hogere vluchtigheid en zullen dus meer voorkomen in de gasfase dan grotere moleculen met een groot molecuair gewicht. Bepaalde ZS, zoals deze die behoren tot de vluchtige organische stoffen (VOS), en sommige polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), zijn vluchtig en kunnen daardoor gemakkelijk via de lucht verspreiden. Dampdruk wordt in Nederland gebruikt om de algemene emissiegrenswaarden voor zorgwekkende stoffen te differentiëren, waarbij VOS een hogere emissiegrenswaarde hebben dan andere ZZS, zie 3.1.6.

Langere keten en zwaardere moleculen verdelen zich relatief meer in de waterfase dan de gasfase, en binden vaak sterker aan vaste (organische) materie, waaronder stofdeeltjes. Dit maakt dat ze minder in gasvorm geëmitteerd worden, maar meer gebonden aan fijne stofdeeltjes en in of aan het oppervlak van waterdruppels. Een ander verschijnsel bij bepaalde ZS, zoals zware metalen, is hun affiniteit voor binding aan fijnstofdeeltjes. Hierdoor kunnen zij als aerosolen meegevoerd worden in een gasstroom en zo bijdragen aan de depositie van ZS op bodem en wateroppervlakken.

Verder is op te merken dat ZS mogelijk maar een beperkt aandeel van de stof- of VOS-emissieconcentratie uitmaken. Onderzoek van [TAUW](#) (Hoekstra et al., 2021) van Nederlandse meetdata beschrijft dat het aandeel van ZZS

- in de concentratie stof varieerde van 0,03 – 7,7%, gemiddelde 1,2%, en
- in de concentratie VOS varieerde van 0,05 – 6,0%, gemiddelde 2,6% (uitschieter van ca. 50% niet meegerekend)

Emissieniveaus van totaal stof en totaal VOS kunnen dus in de meeste gevallen niet vergeleken worden met de ZS die er een onderdeel van uitmaken.

Een volledig overzicht van bekende fysische en chemische eigenschappen van verschillende ZS kan worden gevonden in relevante literatuur en databanken zoals de Europese Chemische Stoffen Database (ECHA). Dit omvat verdere uitleg over het gedrag van ZS in lucht en andere media, en de daarmee samenhangende milieu-impact. Een summier overzicht van de milieu-impact van ZS-emissies naar de lucht wordt gegeven in paragraaf 2.7.

## 2.4.2 EMISSIES VAN ZS NAAR DE LUCHT IN VLAANDEREN

In Vlaanderen is er een groeiende aandacht voor de emissies van ZS naar de lucht door bedrijven, wat heeft geleid tot verbeteringen in regelgeving en monitoringmechanismen.

De emissiegrenswaarden vastgesteld in VLAREM II worden periodiek geëvalueerd, maar recente aanpassingen met specifieke focus op ZS zijn beperkt gebleven. Er is weliswaar een toenemend bewustzijn van het belang van ZS-regulering, maar dit heeft nog niet geleid tot grootschalige herzieningen van de bestaande grenswaarden.

Bedrijven in Vlaanderen zijn verplicht om emissierapporten in te dienen, maar de nadruk op individuele ZS in deze rapportages is niet significant toegenomen in de afgelopen jaren. De IMJV-verplichtingen zijn grotendeels ongewijzigd gebleven, wat beperkingen oplegt aan de detaillering van ZS-specifieke gegevens. Ondanks vooruitgang in meetmethoden blijven er uitdagingen, zoals het accuraat meten van zeer lage concentraties en het volledig in kaart brengen van alle relevante ZS.

Voor sommige ZS is het mogelijk om het industriële aandeel in de totale emissies te bepalen op basis van beschikbare gegevens. Dit aandeel varieert sterk per parameter. Bijvoorbeeld het aandeel van industrie, afval en energie t.o.v. de totale Vlaamse luchtemissies is ongeveer (zie ook stoffiches in [bijlage 2](#)):

- 80% voor kwik
- 70% voor arseen
- 70% voor dioxines en furanen
- 60 % voor cadmium
- 50% voor lood
- 35% voor chroom
- 20% voor nikkel
- 2% voor PAK's

Er zijn echter nog veel onbekenden. Voor een groot aantal ZS (vb. PFAS) is niet goed gekend of, en in welke hoeveelheid ze worden uitgestoten naar de lucht, en als ze worden uitgestoten, in welke mate dit relevant is voor milieu en gezondheid. Het is bijgevolg niet mogelijk een realistische inschatting te maken van de huidige totale luchtemissie van ZS in Vlaanderen van industriële bronnen, laat staan van alle maatschappelijke sectoren. Bovendien is dit niet noodzakelijk relevant om het risico van de emissies in te schatten, omwille van grote mogelijke verschillen in toxicologische eigenschappen binnen de groep van ZS.

### 2.4.3 EMISSIERAPPORTAGE VIA HET IMJV

De volgende gegevens zijn gebaseerd op de meest recente beschikbare data uit het Integraal Milieujaarverslag (IMJV) en geven een overzicht van de gerapporteerde ZS-emissies naar lucht in Vlaanderen.

Vlaamse bedrijven die conform VLAREM vergunningsplichtig én boven de drempelwaarde emitteren, zijn verplicht bepaalde milieurelevante informatie kenbaar te maken aan de Vlaamse overheid via het Integraal Milieujaarverslag. Daardoor beschikt de VMM over een uitgebreid [databestand](#) van verontreinigende stoffen die de (rapporteringsplichtige) bedrijven uitstoten naar water en lucht.

Voor de jaren 2019-2021 werden emissies naar lucht en/of water van >40 verschillende ZS parameters gerapporteerd door verschillende Vlaamse bedrijven via het IMJV, zie bijlage Stoffenlijst, werkblad 'IMJV per pollutant'. Hiervan werden voor 10 parameters enkel emissies naar water gerapporteerd. Voor 30 parameters werden emissies naar lucht gerapporteerd, waarvan 15 enkel naar lucht, en 15 naar lucht én water.

De grootste jaarlijkse emissies naar lucht van ZS (gemiddelde emissie 2019-2021; aantal bedrijven in 2021) waren

- koolstofmonoxide (134.853 ton; 112 bedrijven)<sup>10</sup>,
- toluene (144 ton; 56 bedrijven)
- formaldehyde (109 ton; 15 bedrijven),
- benzeen (49 ton; 32 bedrijven),
- 1,2-dichloorethaan (45 ton; 3 bedrijven),
- ethyleenoxide (11 ton; 2 bedrijven),
- lood (4,9 ton; 24 bedrijven),
- monovinylchloride (4,4 ton; 2 bedrijven),
- PAK's (4,1 ton; 30 bedrijven) en
- naftaleen (3,3 ton; 6 bedrijven).

Voor al deze parameters was minstens 99% van de door de bedrijven gerapporteerde emissies naar lucht (dus <1% naar water), behalve voor lood, waar dit 80% naar lucht was. Voor de andere ZS werden minder dan 1 ton jaarlijkse emissies naar lucht gerapporteerd. Een opvallende parameter is PCDD/F, die door 65 bedrijven werd gerapporteerd, voor een totaal van 5,9 g TEQ/jaar.

De gerapporteerde luchtemissies zijn niet enkel de geleide emissies, maar omvatten ook gerapporteerde diffuse emissies en abnormale of accidentele emissies (zie ook 2.4.4). Op basis van het publieke IMJV-databestand, kan hier geen onderscheid tussen gemaakt worden. De AEGW, en eventuele actualisatie ervan, zijn dus beperkt tot een (onbekend) deel van de gerapporteerde luchtemissies.

De lijst van te rapporteren parameters en de jaarlijkse drempelwaarden per parameter is aangegeven in het [sjabloon van het deel lucht van het IMJV](#). Het gaat om enkele tientallen parameters, met uiteenlopende drempelwaarden, van bv. 0,0001 ton/jaar voor hexabroombifenyl en voor PCB's, 0,15 ton/jaar voor lood, tot 1 ton/jaar voor ethyleenoxide, en meer voor andere stoffen dan ZS. Voor koolstofmonoxide is de drempelwaarde 100 ton/jaar. Voor PCDD/F is er geen drempelwaarde.

Luchtemissies van andere ZS dan deze vermeld in het sjabloon, of uitgestoten in hoeveelheden kleiner dan de drempelwaarde, worden niet gerapporteerd in het IMJV, en komen bijgevolg niet voor in het IMJV-databestand. De soorten uitgestoten ZS en hoeveelheden zijn dus in grote mate onbekend in deze context. Dit betekent dat het IMJV-databestand, hoewel waardevol, geen volledig beeld geeft van alle ZS-emissies in Vlaanderen.

Een kanttekening hierbij is dat bedrijven voor bepaalde parameters geen meetverplichting hebben als de grensmassaastroom uit VLAREM niet wordt overschreden. In dergelijke gevallen beschikken bedrijven vaak niet over de nodige data om te rapporteren.

VMM maakt bij-schattingen bovenop de in IMJV's gerapporteerde luchtemissies, om een inschatting te kunnen maken van de totale industriële luchtemissies. VMM heeft deze voor een aantal metalen en voor PCDD/PCDF gedeeld, zie werkblad 'IMJV per pollutant'. Algemeen waren ze de voorbije jaren voor metalen tussen ca. 30% en ca. 70% van de totale industriële emissies, en voor PCDD/PCDF ca. 10%.

Het aantal bedrijven dat luchtemissies rapporteert voor een bepaalde ZS geeft een ruwe indicatie voor de geschiktheid van de AEGW als instrument. Bij een zeer klein aantal bedrijven zijn de AEGW wellicht

---

<sup>10</sup> CO is volgens de ECHA-classificatie (<https://echa.europa.eu/nl/substance-information/-/substanceinfo/100.010.118>) een ZS op basis van zijn reprotoxische gevareneigenschappen. In de context van luchtemissies wordt CO echter doorgaans niet als ZS behandeld, maar als een conventionele luchtverontreinigende stof met eigen specifieke regelgeving en beheersaanpak.

niet het meest geschikte instrument. Echter, zoals hierboven beschreven kan het aantal bedrijven een onderschatting zijn doordat sommigen onder de rapportagedrempel of grensmassastroom uitstoten.

#### 2.4.4 DIFFUSE EN ABNORMALE OF ACCIDENTELE LUCHTEMISSIES

Naast de geleide emissies uit afgaskanalen, vormen diffuse en abnormale of accidentele luchtemissies van ZS een belangrijk aandachtspunt in het Vlaamse milieubeleid. Deze emissies zijn vaak moeilijker te kwantificeren en te beheersen, maar kunnen een significante impact hebben op de luchtkwaliteit en de gezondheid van mens en milieu. Schattingen van diffuse en abnormale of accidentele luchtemissies worden mee gerapporteerd in de IMJV's, zie 2.4.3.

**Diffuse luchtemissies** van ZS verwijzen naar de wijdverspreide en ongerichte vrijgave van schadelijke chemische stoffen in de atmosfeer, afkomstig van meerdere kleine en verspreide bronnen. In tegenstelling tot puntbronnen, zoals schoorstenen of uitlaatpijpen, komen diffuse emissies voort uit een breed scala aan activiteiten en locaties, zoals:

- Uitlaatgassen van voertuigen
- Normaal gebruik van huishoudelijke producten, bv. verdamping van oplosmiddelen, vrijkomen van PFAS uit koelgassen of diverse andere producten, ...
- Gebruik van biociden/pesticiden in de landbouw of door huishoudelijk gebruik. Deze kunnen bv. leiden tot drift en ongewenste blootstelling.

Deze emissies zijn vaak moeilijk te detecteren en te beheersen vanwege hun verspreide aard en lage concentraties.

**Abnormale of accidentele luchtemissies** van ZS betreffen onverwachte en ongeplande vrijgaven van schadelijke stoffen in de atmosfeer. Deze zijn meestal het gevolg van:

- Industriële ongevallen
- Technische storingen
- Menselijke fouten
- Onjuist gebruik van consumentenproducten

Deze emissies kunnen plotseling en in grote hoeveelheden optreden, wat leidt tot acute gezondheidsrisico's voor mensen die in de nabijheid van het incident wonen of werken, en tot ernstige milieuschade. Voorbeelden van dergelijke emissies in Vlaanderen zijn:

- Olielekken in de haven van Antwerpen (2008);
- Explosie bij de Total raffinaderij in Antwerpen (2009).

Naast industriële incidenten kunnen ook huishoudelijke producten bijdragen aan abnormale emissies:

- Oplosmiddelen in huishoudelijke producten zoals verf en schoonmaakmiddelen kunnen grote hoeveelheden schadelijke dampen vrijgeven bij onjuist gebruik;
- Brandveiligheidsincidenten met consumentenproducten die brandvertragende middelen bevatten, zoals meubels en elektronica, kunnen giftige stoffen vrijgeven;
- Lekkages van chemische producten zoals bleekmiddel en ammoniak door beschadigde verpakkingen kunnen schadelijke dampen verspreiden.

Persoonlijke verzorgingsproducten zoals parfums en haarproducten kunnen ZS bevatten en bij langdurig of onjuist gebruik schadelijke stoffen in de lucht vrijgeven.

## 2.5 BESCHRIJVING VAN SECTOREN EN ACTIVITEITEN DIE ZS UITSTOTEN

Verschillende industriële sectoren en activiteiten dragen bij aan de uitstoot van ZS naar de lucht. Deze emissies zijn het gevolg van diverse processen waarbij grondstoffen worden omgezet in eindproducten, vaak onder hoge temperaturen en druk, en met behulp van chemische reacties. Hierbij kunnen ongewenste bijproducten en reststromen ontstaan die ZS bevatten. De omvang van de ZS-emissie varieert sterk afhankelijk van de samenstelling van de grondstoffen, de toegepaste technologieën en de procescondities.

In dit hoofdstuk worden belangrijke sectoren en activiteiten die bijdragen aan de uitstoot van ZS naar de lucht in detail beschreven. Deze omvatten de metaalindustrie, chemische industrie, petrochemische industrie, afvalverwerkings- en recyclingbedrijven, en energieproductie. Voor elke sector worden specifieke processen en emissies toegelicht, samen met de belangrijkste zorgwekkende stoffen die daarbij vrijkomen. Een belangrijke kanttekening is dat in deze studie enkel de productie of emissie van ZS worden besproken en toegelicht, omdat dit de scope van de BBT-studie vormt. Hoewel er tijdens de industriële processen ook andere stoffen worden gevormd, worden deze niet vermeld omdat ze niet als ZS zijn geclassificeerd.

### 2.5.1 METAALINDUSTRIE

In de metaalindustrie zijn bepaalde activiteiten direct gekoppeld aan de emissie van zorgwekkende stoffen (ZS) naar de lucht. Deze activiteiten omvatten onder andere het werken met hoogovens, staalgieterijen, aluminiumproductie en de verwerking van non-ferrometalen.

**HOOGOVS:** Tijdens het smeltproces in hoogovens wordt grote hoeveelheden koolstof, voornamelijk in de vorm van cokes, gebruikt. Dit leidt tot de uitstoot van zware metalen zoals lood en cadmium. Daarnaast komen tijdens dit proces polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) en dioxines vrij, die persistent en bioaccumulatief zijn. Het intensieve thermische proces waarbij ijzererts en koolstofrijke materialen zoals cokes tot extreem hoge temperaturen worden verhit om ruwijzer te produceren, resulteert in de volgende belangrijke emissies:

- **Zware metalen** zoals lood en cadmium, die onder hoge temperaturen verdampen en vervolgens in de atmosfeer terechtkomen.
- **Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)**, die ontstaan bij de onvolledige verbranding van koolstofhoudend materiaal zoals cokes.
- **Dioxines**, bijproducten van verbrandingsprocessen.

Deze emissies zijn het resultaat van complexe chemische reacties die optreden bij hoge temperaturen, waarbij grondstoffen worden omgezet in eindproducten zoals staal, met het vrijkomen van ongewenste bijproducten.

**STAALPRODUCTIE:** Het verhitten en smelten van ijzer en schroot in elektrische hoogovens resulteert in de uitstoot van fijnstof, mangaan, nikkel, lood, en cadmium, die alle bijdragen aan luchtverontreiniging door het vrijkomen van metalen dampen. Dit proces is een belangrijke bron van zorgwekkende emissies, waaronder:

- **Fijnstof en metalen dampen**, die ontstaan wanneer de hoge temperaturen tijdens het smelten metalen zoals mangaan, nikkel, lood, cadmium en chroom uit het ruwe materiaal laten verdampen.
- **Vluchtige organische stoffen (VOS)**, voortkomend uit de afbraak van organische materialen in het schroot en de gebruikte smeermiddelen en coatings. Deze stoffen dragen bij aan ozonvorming op leefniveau en secundair fijnstof.
- **Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)**, die kunnen vrijkomen bij het verbranden van coatings en smeermiddelen op het schroot.
- **Dioxines en furanen**, potentieel gevormd bij verbrandingsprocessen, vooral wanneer chloriden aanwezig zijn.

**ALUMINIUMPRODUCTIE:** De productie van aluminium door elektrolyse van bauxiet via het Hall-Héroult-proces is een belangrijk onderdeel van de metaalindustrie dat substantieel bijdraagt aan de uitstoot van ZS naar de lucht. Dit proces genereert schadelijke fluoriden en fijnstofdeeltjes. De belangrijkste emissies zijn:

- **Fluoridegassen:** Deze ontstaan voornamelijk door de interactie tussen de fluoride bevattende elektrolyt en de koolstofanoden, wat leidt tot de vorming van koolstofdioxide en fluoridegassen zoals waterstoffluoride.
- **Perfluorkoolwaterstoffen (PFK's):** Vrijgekomen vooral tijdens het anode-effect, een storing waarbij de elektrische weerstand in de cel plotseling toeneemt en grote hoeveelheden  $CF_4$  en  $C_2F_6$  kunnen genereren.
- **Fijnstof:** Bestaande uit partikels die voornamelijk aluminium en kleine hoeveelheden andere metalen bevatten, vrijgekomen tijdens het productieproces.

**VERWERKING VAN NON-FERROMETALEN:** De processen zoals het roosteren en smelten van non-ferrometalen (zoals lood, zink en koper) zijn voor een groot deel verantwoordelijk voor de uitstoot van zwaveldioxide en zware metalen dampen. Specifieke activiteiten die bijdragen aan de uitstoot van ZS zijn onder meer:

- **Roosteren en smelten van metalen:** Tijdens het roosteren van sulfide-ertsen in aanwezigheid van zuurstof worden zwaveldioxide ( $SO_2$ ) en metaaloxiden gevormd. Bij het smelten worden deze oxiden gereduceerd om puur metaal te verkrijgen, wat resulteert in verdere uitstoot van zware metalen dampen zoals cadmium en lood.
- **Elektrolytische raffinage:** In de elektrolytische productie van koper en andere metalen worden metaalionen aan de kathode gereduceerd tot zuiver metaal, waarbij potentieel toxische dampen zoals arseen en lood vrijkomen.
- **Gebruik van chemicaliën in verwerkingsprocessen:** Bij sommige metaalverwerkingsprocessen worden chemicaliën gebruikt om metalen uit hun erts te extraheren. Een voorbeeld hiervan is het gebruik van zwavelzuur bij de productie van zink. Tijdens het lozen of lekken van deze zure oplossingen kunnen zware metalen zoals cadmium en lood vrijkomen. (European IPPC Bureau, 2017)

**OPPERVLAKTEBEHANDELING:** Oppervlaktebehandelingsprocessen zoals galvaniseren, coaten en schilderen spelen een belangrijke rol in verschillende industrieën door verbeterde eigenschappen van materialen te bieden, zoals corrosiebestendigheid en esthetische verbeteringen. Deze processen kunnen echter ook bijdragen aan de uitstoot van ZS naar de lucht, die voornamelijk bestaan uit zware metalen, PAK's, en VOS (European IPPC Bureau, 2020):

1. **Zware metalen:** Bij het **galvaniseren** worden metalen zoals zink, nikkel en soms cadmium door middel van elektrolytische depositie op substraten aangebracht. Dit proces kan resulteren in de

emissie van metalen dampen naar de lucht, vooral wanneer hoge temperaturen gebruikt worden om de hechting en de dekking van het metaal te verbeteren.

2. **Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's):** Deze worden vooral geëmitteerd tijdens bepaalde **coatingprocessen** die producten bevatten op basis van teer of bitumen. De verhitting van deze materialen tot hoge temperaturen voor het aanbrengen kan leiden tot de verdamping en emissie van PAK's.
3. **Vluchtige organische stoffen (VOS): Schilder- en coatingprocessen** die oplosmiddelhoudende producten gebruiken, zijn belangrijke bronnen van VOS-emissies. Deze stoffen verdampen tijdens het aanbrengen en drogen van de coatings.

De verwerking van afvalstromen uit de metaalindustrie kan leiden tot de emissie van zware metalen, PAK's en dioxines. Zie verder in paragraaf voor meer informatie hierover.

## 2.5.2 CHEMISCHE INDUSTRIE

### PRODUCTIE VAN POLYMEREN EN KUNSTSTOFFEN

Polymeren en kunststoffen zijn essentiële materialen in de moderne samenleving, met toepassingen variërend van verpakkingen tot bouwmaterialen. De productie van deze materialen in de chemische industrie kan echter leiden tot de uitstoot van zorgwekkende stoffen (ZS) naar de lucht, met potentieel schadelijke gevolgen voor mens en milieu. Een uitgebreide uitleg over dit proces:

- **Vinylchloride:** Een monomeer dat wordt gebruikt bij de productie van polyvinylchloride (PVC). Vinylchloride is geclassificeerd als een kankerverwekkende stof door het Internationaal Agentschap voor Kankeronderzoek (IARC), en kan tijdens het polymerisatieproces ontsnappen als gas naar de lucht. Bovendien kan het vrijkomen bij lekkages en bij het reinigen van apparatuur.
- **Styreen:** Een belangrijk monomeer in de productie van polystyreen, een veelgebruikt materiaal in de verpakking- en constructie-industrie. Styreen is vluchtig en kan verdampen bij opslag en transport. Ook kan het vrijkomen bij lekkages of als restmonomeer tijdens het productieproces.
- **Ftalaten:** Worden gebruikt als weekmakers in PVC en andere polymeren. Ftalaten staan bekend als hormoonverstorende stoffen en kunnen **vooral tijdens de verwerking** van de kunststoffen verdampen, wanneer ze worden verhit of vervormd. Tijdens de productie van de kunststoffen zelf is er een kleiner risico op verdamping. (ECHA, n.d.) (European IPPC Bureau, 2007)

### SYNTHESE VAN INDUSTRIËLE CHEMICALIËN

Bij de synthese van industriële chemicaliën in de chemische industrie zijn er verschillende processen die bijdragen aan de uitstoot van zorgwekkende stoffen (ZS) naar de lucht (European IPPC Bureau, 2014):

- **Organische chemische synthese:** Veel processen voor het maken van organische chemicaliën, zoals benzeen, toluen en xyleen (BTX), omvatten destillatie en raffinage, waarbij vluchtige organische stoffen (VOS) kunnen ontsnappen.
- **Chlooralkali-industrie:** In deze industrie wordt chloor en natriumhydroxide geproduceerd via elektrolyse. Chloor, een giftig gas, kan vrijkomen tijdens lekkages of onvolledige afdichting van het proces.
- **Synthese van pesticiden en herbiciden:** Deze chemicaliën worden geproduceerd via complexe syntheseprocessen die bijproducten zoals dioxinen en furanen kunnen genereren.

### PRODUCTIE VAN MEDICIJNEN EN FIJNCHEMICALIËN

De productie van medicijnen en fijnchemicaliën omvat diverse processen die vaak leiden tot de uitstoot van ZS. Deze productieprocessen maken gebruik van intermediaire chemicaliën die op zichzelf ZS kunnen bevatten, zoals benzeen en formaldehyde. (European IPPC Bureau, 2006)

### Organische synthese

De organische synthese van actieve farmaceutische ingrediënten (API's) omvat Grignard-reacties, waarbij magnesium en organische halogeniden worden gecombineerd. Deze reacties kunnen emissies van vluchtige organische stoffen (VOS) zoals benzeen en toluen veroorzaken, die vaak als oplosmiddelen worden gebruikt. Daarnaast worden reductiereacties met formaldehyde gebruikt in de synthese van API's, waarbij formaldehyde in dampvorm kan ontsnappen naar de lucht.

### Halogenering en esterificatie

In de fijnchemicaliënproductie worden halogeneringsprocessen ingezet waarbij halogenen zoals chloor of broom worden gebruikt om chemische verbindingen te produceren. Tijdens deze processen kunnen restproducten ontstaan die VOS bevatten. Esterificatie, waarbij esters worden gevormd met behulp van zuren en alcoholen, kan ook leiden tot emissies van benzeen en toluen bij onvoldoende beheersing.

### Extractie

Extractieprocessen zoals oplosmiddelextractie, die gebruik maken van oplosmiddelen zoals hexaan en dichloormethaan, zijn zorgwekkend omdat deze oplosmiddelen neurotoxisch of kankerverwekkend kunnen zijn. Emissies van deze stoffen kunnen vrijkomen tijdens de zuivering en isolatie van farmaceutische ingrediënten.

### Polymeerchemie

Ten slotte wordt bij polymeerchemie voor farmaceutische dragers formaldehyde gebruikt als crosslinker bij de productie van speciale polymeren. Bij het verhitten tijdens het crosslinking- en uithardingsproces kunnen formaldehyde-dampen vrijkomen, wat de luchtkwaliteit kan beïnvloeden.

## 2.5.3 PETROCHEMISCHE INDUSTRIE

In de Vlaamse petrochemische industrie zijn er specifieke processen die bijdragen aan de uitstoot van ZS naar de lucht. Enkele van de belangrijkste processen en activiteiten zijn (European IPPC Bureau, 2015):

### KRAAKPROCESSEN:

Thermisch kraken gebruikt hoge temperaturen (meestal 800-850°C) om koolwaterstoffen te splitsen, terwijl katalytisch kraken katalysatoren zoals zeolieten gebruikt om de reactie bij lagere temperaturen (450-550°C) te laten plaatsvinden. Het proces bestaat uit thermisch en katalytisch kraken, waarbij hoge temperaturen en/of katalysatoren worden gebruikt om de moleculaire bindingen te breken. Dit proces resulteert echter in de uitstoot van ZS naar de lucht.

Een van de meest zorgwekkende stoffen die vrijkomt tijdens het kraken is benzeen. Daarnaast kunnen andere vluchtige organische stoffen (VOS) zoals toluen en xyleen worden uitgestoten. Verder kunnen ook koolwaterstoffen zoals butadien en ethyleen vrijkomen.

### DESTILLATIE EN RAFFINAGE

Destillatie en raffinage in de petrochemische industrie leiden tot de productie en vorming van ZS. Deze processen omvatten het verwarmen van ruwe olie in destillatietorens om verschillende fracties te scheiden op basis van hun kookpunten, resulterend in producten zoals benzine, kerosine en diesel.

Tijdens dit proces kunnen ZS ontstaan, waaronder dioxines en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's). Dioxines en PAK's worden gevormd bij onvolledige verbranding van koolwaterstoffen bij hoge temperaturen, vooral in aanwezigheid van chloor. Daarnaast ontstaan vluchtige organische stoffen (VOS) zoals benzeen, toluen en xyleen tijdens de verwerking van ruwe olie en de productie van fracties.

## 2.5.4 AFVALVERWERKINGS- EN RECYCLINGBEDRIJVEN

### VERBRANDING VAN AFVAL

In afvalverbrandingsinstallaties kunnen zorgwekkende stoffen (ZS) worden gevormd tijdens de verbranding van afval, met name bij hoge temperaturen en in aanwezigheid van chloorbevattende materialen. Deze hoge temperaturen ontbinden organisch materiaal tot kleinere moleculen, waarvan sommige schadelijk kunnen zijn. Chloorbevattende materialen zoals PVC-plastic en gechloreerd papier<sup>11</sup> fungeren als precursoren voor de vorming van dioxines en furanen. De chlooratomen reageren met koolstofverbindingen bij verschillende temperaturen, wat kan leiden tot de synthese van deze toxische stoffen. Hoewel onvolledige verbranding en zuurstofgebrek kunnen bijdragen aan de vorming van dioxines en furanen, spelen ook andere factoren een rol, zoals de afkoeling van verbrandingsgassen. De vorming van deze stoffen is een complex proces dat afhankelijk is van meerdere parameters, waaronder temperatuur, verblijftijd, en de aanwezigheid van katalysatoren. Dioxines en furanen zijn zorgwekkend vanwege hun stabiliteit en vermogen zich op te hopen in het milieu en in de voedselketen. (European IPPC Bureau, 2019)

Daarnaast kan de verbranding van PFAS-houdende producten (bijvoorbeeld textiel met waterafstotende of technische coatings, anti-aanbaklagen en bepaalde soorten blusschuim) leiden tot de vorming van andere zorgwekkende stoffen. Volledige vernietiging van PFAS vereist zeer hoge temperaturen (vaak boven 1000°C) en voldoende verblijftijd. Bij onvolledige verbranding, die kan optreden bij lagere temperaturen of onvoldoende menging, worden de oorspronkelijke, vaak lange-keten of polymere PFAS-moleculen geheel of gedeeltelijk afgebroken tot korte-keten, ultra-korte-keten PFAS en andere gefluoreerde verbindingen, soms aangeduid als 'Products of Incomplete Combustion' (PIC's). Deze zijn vaak zeer mobiel in het milieu en de toxiciteit van veel van deze afbraakproducten is nog onvoldoende gekend. ([BBT-studie PFAS lucht](#), 2024; [Hofman et al.](#), 2022; [Weitz et al.](#), 2024)

### RECYCLING

In de recycling van elektronisch afval zijn er verschillende stappen die bijdragen aan de uitstoot van zorgwekkende stoffen (ZS) naar de lucht. Tijdens het verwerken en scheiden van elektronica kunnen zware metalen zoals lood en kwik vrijkomen. Deze metalen zijn veelvoorkomend in oudere elektronica, zoals cathode ray tube (CRT) monitoren en batterijen. Het breken, versnipperen of smelten van elektronisch afval kan leiden tot de vrijgave van zware metalen zoals lood en kwik in de vorm van fijn stof of dampen. Deze processen verstoren de fysieke structuur van de apparaten en stellen de metalen

---

<sup>11</sup> Met "gechloreerd papier" wordt papier bedoeld dat behandeld is met chloorverbindingen tijdens het bleekproces of papier dat chloorhoudende inktten of coatings bevat.

componenten bloot aan hoge temperaturen, waardoor ze kunnen verdampen of loskomen van de oppervlakken.

Een ander probleem ontstaat bij het verwerken van printplaten en componenten die vlamvertragers bevatten. Polybroomdifenylethers (PBDE's) zijn vlamvertragers die worden gebruikt in elektronica en kunnen vrijkomen bij verwerking van e-waste. PBDE's zijn persistent, bioaccumulerend en toxisch, en kunnen interfereren met de schildklierfunctie en de neurologische ontwikkeling. Bij verhitting of versnippering van componenten kunnen PBDE's verdampen of zich hechten aan stofdeeltjes, waardoor ze in de lucht terechtkomen.

Daarnaast kunnen organische oplosmiddelen en andere vluchtige organische stoffen (VOS) worden gebruikt om bepaalde componenten te reinigen of te scheiden, die bij verwerking als dampen vrijkomen. Als gevolg hiervan kunnen zware metalen, vlamvertragers en organische verbindingen zich tijdens de recycling van elektronisch afval in de lucht verspreiden. (European IPPC Bureau, 2018)

### 2.5.5 ENERGIEPRODUCTIE

De sector van energieproductie draagt significant bij aan de emissies van zorgwekkende stoffen (ZS) naar de lucht. Dit gebeurt voornamelijk door verbranding van fossiele brandstoffen, zoals kolen, aardgas en olie. In deze sectie wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste ZS die vrijkomen binnen de energieproductie, evenals de specifieke stoffen die hierbij vrijkomen. (European IPPC Bureau, 2017)

#### VERBRANDINGSPROCESSEN

Bij de verbranding van fossiele brandstoffen in energiecentrales komen diverse zorgwekkende stoffen vrij. De verbranding van kolen, olie en aardgas leidt tot de uitstoot van:

- **Vluchtige Organische Stoffen (VOS):** Tijdens onvolledige verbranding kunnen vluchtige organische stoffen zoals benzeen, toluen en xyleen vrijkomen. Deze stoffen worden gevormd wanneer koolwaterstofketens in de brandstof niet volledig oxideren tot CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>O.
- **Dioxines en furanen:** Deze worden gevormd tijdens de verbranding van organisch materiaal in aanwezigheid van chloor. Ze ontstaan vooral in de afkoelingsfase van verbrandingsgassen, waar chloor- en koolstofverbindingen recombineren.
- **Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's):** Deze worden ook gevormd door onvolledige verbranding van fossiele brandstoffen. PAK's ontstaan wanneer koolstofatomen bij hoge temperaturen en lage zuurstofconcentraties condenseren tot ringstructuren.

#### EMISSIES VAN ZWARE METALEN

Naast gasvormige stoffen komen bij energieproductie ook zware metalen vrij. Deze metalen kunnen via de rookgassen in de atmosfeer terechtkomen en zich op grote afstanden verspreiden. Belangrijke zware metalen die vrijkomen bij verbranding van fossiele brandstoffen zijn:

- **Kwik (Hg):** Kwik wordt voornamelijk uitgestoten bij de verbranding van kolen. Het is van nature aanwezig in kolen en verdampt gemakkelijk tijdens het verbrandingsproces vanwege zijn lage kookpunt.
- **Lood (Pb):** Loodemissies kunnen optreden door de verbranding van loodhoudende brandstoffen en materialen. Lood is vaak aanwezig als onzuiverheid in brandstoffen en wordt vrijgegeven als fijne deeltjes tijdens verbranding.

- **Cadmium (Cd):** Cadmium kan vrijkomen bij de verbranding van kolen en afval. Het is een sporelement in fossiele brandstoffen en wordt tijdens verbranding gemobiliseerd en uitgestoten als fijne deeltjes of damp.

### 2.5.6 AFVALWATERZUIVERING

Afvalwaterzuiveringsinstallaties kunnen fungeren als secundaire bronnen van ZS-emissies naar de lucht. Hoewel deze installaties primair gericht zijn op het zuiveren van water, kunnen ze bijdragen aan de verspreiding van ZS via verschillende mechanismen:

1. **Aerosolvorming:** Tijdens het zuiveringsproces, vooral bij beluchting en sproeiing, kunnen kleine waterdruppels (aerosolen) in de lucht terechtkomen. Deze aerosolen kunnen ZS bevatten die oorspronkelijk in het afvalwater aanwezig waren.
2. **Vervluchtiging:** Sommige vluchtige ZS kunnen tijdens het zuiveringsproces uit het water verdampen en zo in de atmosfeer terechtkomen.
3. **Slibbehandeling:** Processen zoals slibdroging en -verbranding kunnen leiden tot de emissie van ZS die in het slib geaccumuleerd zijn.

Deze emissies zijn doorgaans klein in vergelijking met directe industriële luchtemissies, maar kunnen lokaal bijdragen aan de ZS-belasting in de omgeving, vooral bij grote installaties of die industrieel afvalwater behandelen. De ZS in deze context zijn afkomstig van primaire bronnen die deze stoffen in het afvalwater hebben gebracht.

### 2.5.7 NIET-INDUSTRIËLE BRONNEN VAN ZS LUCHTEMISSIES

#### BOUW EN CONSTRUCTIE

Bouw- en sloopwerkzaamheden vormen ook een bron van ZS-emissies. Sloopwerkzaamheden kunnen asbestvezels en andere schadelijke stoffen vrijlaten, die gevaarlijk kunnen zijn voor zowel werknemers als omwonenden. Daarnaast kunnen bouwactiviteiten leiden tot stofemissies die verontreinigende stoffen bevatten.

#### LANDBOUW

De landbouwsector kan bijdragen aan de emissie van ZS, voornamelijk door het gebruik van bepaalde pesticiden en gewasbeschermingsmiddelen. Zij zijn onder meer een belangrijke bron van PFAS, in het bijzonder van TFA (trifluorazijnzuur). Sommige van deze stoffen kunnen persistente organische verontreinigende stoffen (POP's) bevatten of vormen, die als ZS worden geclassificeerd. Bijvoorbeeld, bepaalde organochloorpesticiden- en herbiciden kunnen leiden tot de emissie van dioxinen en furanen, die als ZS worden beschouwd.

Daarnaast kunnen landbouwactiviteiten bijdragen aan de verspreiding van zware metalen in de lucht, zoals cadmium en kwik, die in sommige meststoffen aanwezig kunnen zijn. Deze metalen kunnen via stofdeeltjes in de lucht terechtkomen tijdens het bewerken van de bodem of bij het verspreiden van meststoffen.

Emissies van ZS afkomstig van landbouwactiviteiten vallen grotendeels buiten de scope van deze BBT-studie, behalve wanneer het gaat om ingedeelde inrichtingen of activiteiten, zoals grote intensieve veehouderijen of industriële verwerkingsinstallaties voor landbouwproducten.

## VERKEER EN TRANSPORT

Het verkeer, met name het wegverkeer, is een prominente bron van ZS-emissies. Uitlaatgassen van motorvoertuigen, vooral dieselmotoren, bevatten schadelijke stoffen zoals benzeen, formaldehyde en zware metalen zoals lood en nikkel. Scheepvaart is eveneens een grote bron, aangezien scheepsbrandstoffen vaak hogere niveaus van zwavel bevatten, wat leidt tot emissies van zwaveloxiden en zware metalen. Emissies van ZS afkomstig van verkeer en transport vallen buiten de scope van deze BBT-studie.

## HUISHOUDENS, DIENSTEN- EN PUBLIEKE SECTOR EN GEBOUWENVERWARMING

Ook huishoudens, diensten- en publieke sectoren, en gebouwenverwarming in het algemeen, zijn mogelijke bronnen van ZS-luchtemissies, bijvoorbeeld door lijmen, verven, reinigings-, onderhouds- en technische producten, maar ook verwarmingsinstallaties. Zo is het welbekend dat houtstook door huishoudens de belangrijkste bron van PAK's in de lucht is, zie ook de stoffiche in [bijlage 2](#).

## 2.6 VERSPREIDING EN GEDRAG VAN ZS IN HET MILIEU

De verspreiding van ZS-emissies in het milieu is een complex proces dat meerdere routes omvat. Atmosferische transportmechanismen, zoals wind en regen, spelen een grote rol in het verspreiden van deze stoffen over grote afstanden. Eenmaal neergeslagen, kunnen ZS terechtkomen in oppervlaktewater, grondwater, bodem en planten, en zich vervolgens door de voedselketen verspreiden, wat kan leiden tot bioaccumulatie en biomagnificatie.

### 2.6.1 ATMOSFERISCH TRANSPORT

Atmosferisch transport is een van de belangrijkste mechanismen waarmee ZS zich na emissie in de lucht verder in het milieu verspreiden. Het is een belangrijk proces waarbij uitgestoten stoffen door wind en luchtstromen over grote afstanden worden getransporteerd, soms honderden tot duizenden kilometers vanaf de bron.

Afhankelijk van de afstand, weersomstandigheden (bv. wind, temperatuur, vochtigheid) en andere omgevingsfactoren (bv. open vlakte of hoge begroeiing/bebouwing) zal de concentratie in de omgevingslucht, de immissie, verschillend zijn. Er zijn verschillende instrumenten en richtlijnen die de verspreiding van luchtemissies van pollutanten modelleren, gebaseerd op de aard van de uitgestoten gasstromen, bv. schouwhoogte, temperatuur, gassen of partikels, korrelgrootte, enz. Dergelijke richtlijnen/instrumenten kunnen gebruikt worden ter onderbouwing van het onderzoek van gezondheids- en milieueffecten.

In Vlaanderen is de te volgen methode voor de verspreidingsberekening beschreven in [bijlage 4.4.1 van VLAREM II](#) (zie ook paragraaf 3.1.1).

### 2.6.2 DEPOSITIE

Dit langeafstandstransport betekent dat stoffen die op één locatie worden uitgestoten, op een geheel andere plek kunnen neerslaan en daar impact kunnen hebben. Er zijn twee belangrijke vormen van atmosferische depositie waarbij deze stoffen uiteindelijk uit de lucht verdwijnen: natte en droge depositie. (VMM, 2021) (van Pul, de Leeuw, van Jaarsveld, van der Gaag, & Sliggers, 1998)

#### Natte Depositie

Bij natte depositie worden ZS door neerslag zoals regen, sneeuw of mist uit de lucht gewassen en komen ze terecht in waterlichamen, bodems en op vegetatie. Dit gebeurt door twee processen:

- **Uitregenen:** verontreinigende stoffen fungeren als condensatiekernen in wolken, trekken water aan en bevorderen zo wolkenvorming.
- **Uitwassen:** neervallende regendruppels nemen op lagere hoogte verontreinigende stoffen op.

Natte depositie hangt af van de neerslaghoeveelheid, -intensiteit en de luchtconcentratie in de volledige atmosferische kolom.

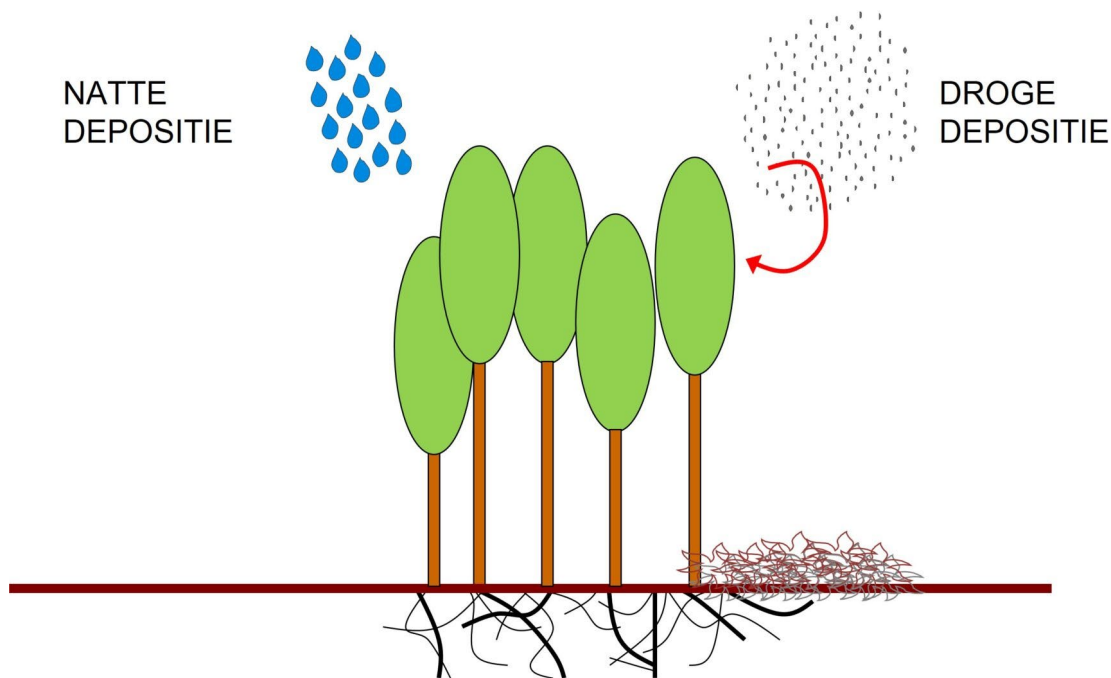
### Droge Depositie

Bij droge depositie slaan deeltjes en gassen direct neer op oppervlakken zonder tussenkomst van neerslag. Dit vindt plaats door processen zoals:

- Diffusie en interceptie (willekeurige beweging en botsingen)
- Bezinking van deeltjes onder invloed van de zwaartekracht
- Absorptie van gassen door vochtige oppervlakken

Droge depositie is afhankelijk van de concentratie en turbulentie in de onderste luchtlagen en wordt beïnvloed door het type oppervlak (bos, grasland, water, etc.).

Deze atmosferische deposities kunnen leiden tot de ophoping van schadelijke ZS in verschillende milieucompartimenten, met potentieel negatieve effecten op ecosystemen en de menselijke gezondheid. In het bijzonder bij (zeer) persistente en/of weinig vluchtige stoffen is dit een aandachtspunt, en kan dit op lokaal niveau ernstige verontreiniging veroorzaken. Bijvoorbeeld voor zware metalen wordt dit [door VMM opgevolgd](#), en zijn er milieukwaliteitsnormen voor depositie van lood en cadmium (zie 3.1.1.1). Dit wordt verder besproken in de stoffiches in [bijlage 2](#).



Figuur 1: Natte en droge depositie (Biodiverszorggroen, n.d.)

## 2.6.3 VERDERE VERSPREIDING VOLGEND OP DEPOSITIE

### 2.6.3.1 WATERWEGEN

De verspreiding van ZS via waterwegen is een belangrijke route waarlangs deze stoffen verder in het milieu terechtkomen. Wanneer ZS door atmosferische depositie in waterlichamen zoals waterlopen en meren neerslaan, worden ze door waterstromen verder getransporteerd. Dit proces wordt bekend als oppervlaktewatertransport. (Unie van Waterschappen, n.d.)

#### Oppervlaktewatertransport

Oppervlaktewatertransport is het proces waarbij ZS door waterstromen worden verplaatst en over grote afstanden verspreid worden. Dit kan leiden tot een beïnvloeding van de kwaliteit van waterbronnen en beschadiging van aquatische ecosystemen. Het transport van ZS via oppervlaktewater kan worden beïnvloed door verschillende factoren:

1. **Waterstroming:** De richting en snelheid van de waterstroming bepalen de verspreiding van ZS.
2. **Waterstand:** Veranderingen in de waterstand kunnen de verspreiding van ZS beïnvloeden.
3. **Waterkwaliteit:** De chemische samenstelling van het water kan de mobiliteit van ZS beïnvloeden.

#### Infiltratie en grondwater

Eenmaal in het oppervlaktewater kunnen wateroplosbare ZS via infiltratie door de bodem in het grondwater terechtkomen. Infiltratie is het proces waarbij regenwater of andere vloeistoffen door de bodem infiltreren en in het grondwater belanden.

#### Grondwatertransport

Eenmaal in het grondwater kunnen ZS door ondergrondse stromingen worden verplaatst en uiteindelijk in drinkwaterbronnen of andere waterlichamen terechtkomen. Het transport van ZS via grondwater kan worden beïnvloed door verschillende factoren:

1. **Grondwaterstand:** Veranderingen in de grondwaterstand kunnen de verspreiding van ZS veranderen.

2. **Grondwaterkwaliteit:** De chemische samenstelling van het grondwater kan de mobiliteit van ZS beïnvloeden.
3. **Bodemstructuur:** De structuur en samenstelling van de bodem bepalen de infiltratie en binding van ZS.

### 2.6.3.2 BODEM EN VEGETATIE

Zorgwekkende stoffen (ZS) kunnen via droge of natte depositie in de bodem terechtkomen. Eenmaal in de bodem kunnen deze stoffen worden opgenomen door plantenwortels en zich door de plant verplaatsen, wat leidt tot accumulatie in de vegetatie. Dit proces kan gevolgen hebben voor landbouwgewassen en natuurlijke flora, omdat de ZS via de voedselketen kunnen worden doorgegeven aan herbivoren en uiteindelijk aan hogere trofische niveaus, inclusief mensen. De ophoping van ZS in de bodem kan ook de bodemgezondheid aantasten, de microbiële activiteit verstoren en de bodemvruchtbaarheid verminderen.

Bovendien kunnen sommige wateroplosbare ZS, afhankelijk van hun chemische eigenschappen, via infiltratie door de bodem in het grondwater terechtkomen. Dit kan leiden tot verdere verspreiding en risico's voor de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater.

De opname van ZS door planten hangt af van verschillende factoren, zoals:

- Bodemtype en -samenstelling (organisch stofgehalte, kleigehalte, pH, etc.)
- Chemische eigenschappen van de ZS (oplosbaarheid, mobiliteit, etc.)
- Plantensoort en worteldiepte

Sommige planten kunnen ZS accumuleren tot hoge concentraties in hun weefsels, wat risico's kan opleveren voor herbivoren en mensen die deze gewassen consumeren. (Trapp & Legind, 2011) Daarom is het belangrijk om niet alleen de directe emissies van ZS naar de lucht te beheersen, maar ook voldoende aandacht te besteden aan de kwaliteit en samenstelling van bodemverbeterende middelen om de verspreiding van ZS in het milieu te beperken.

### 2.6.4 VOEDSELKETEN

De verspreiding van ZS via de voedselketen is een route waarbij deze stoffen zich door verschillende trofische niveaus heen verplaatsen en ophopen, wat kan leiden tot ernstige ecologische en gezondheidsrisico's. Dit proces begint vaak wanneer ZS door primaire producenten, zoals planten, worden opgenomen uit de bodem, lucht of water. Dieren kunnen deze stoffen ook direct uit het milieu opnemen door inademing, dermale absorptie of consumptie van vervuild water of voedsel. De stoffen kunnen vervolgens in de weefsels van deze organismen accumuleren, een proces dat bekend staat als bioaccumulatie. Wanneer deze planten en dieren door andere organismen worden geconsumeerd, kunnen de ZS zich verder ophopen in de voedselketen, een proces dat biomagnificatie wordt genoemd. Hierdoor kunnen hogere trofische niveaus, zoals toppredatoren en uiteindelijk ook mensen, worden blootgesteld aan hoge concentraties van ZS.

#### Bioaccumulatie

Bioaccumulatie treedt op wanneer een organisme een stof sneller opneemt dan het deze kan afbreken (metaboliseren) of uitscheiden. Dit resulteert in een geleidelijke toename van de concentratie van de stof in de weefsels van het organisme. ZS zoals zware metalen en persistente organische verontreinigende stoffen (POP's) zijn berucht om hun vermogen om zich in weefsels op te hopen. Bioaccumulatie kan plaatsvinden via verschillende opnameroutes, waaronder:

1. Dermale absorptie: Dieren nemen chemische stoffen op via hun huid.
2. Gastro-intestinale absorptie: Dieren nemen chemische stoffen op via hun spijsverteringskanaal door consumptie van vervuild voedsel of water.
3. Inhalatie: Dieren en mensen kunnen chemische stoffen inademen via de luchtwegen.
4. Wortelopname: Planten nemen chemische stoffen op via hun wortels uit de bodem of het water.
5. Thallus-opname: Lagere planten zoals algen en korstmossen nemen chemische stoffen op via hun thallus-oppervlak. Eenmaal opgenomen, kunnen deze stoffen worden gemetaboliseerd tot minder toxische verbindingen, opgeslagen in weefsels, of uitgescheiden via urine, feces, zweet of andere routes.

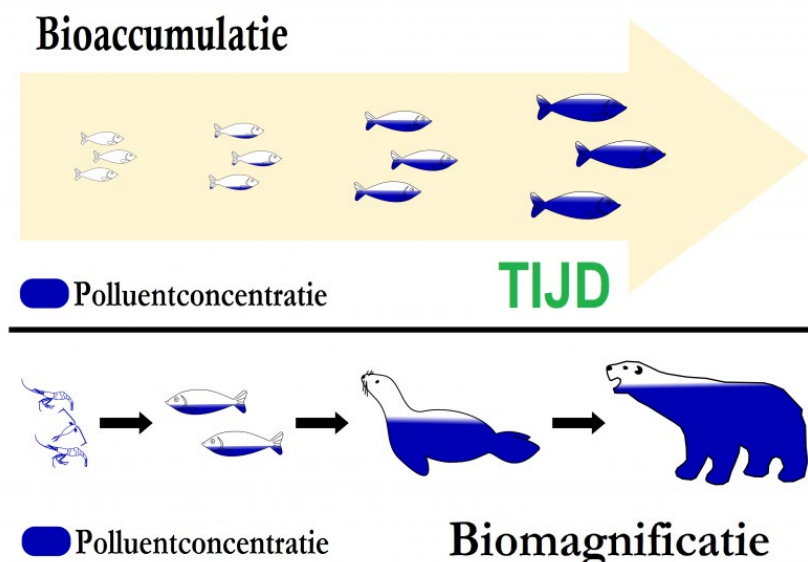
### **Biomagnificatie**

Biomagnificatie verwijst naar de toename van de concentratie van ZS naarmate ze door opeenvolgende trofische niveaus in de voedselketen gaan. Wanneer een organisme op een hoger trofisch niveau prooiën eet die al ZS hebben geaccumuleerd, neemt de concentratie van deze stoffen in het lichaam van de predator toe. Dit fenomeen is bijzonder zorgwekkend voor toppredatoren, zoals roofvogels, grote roofvissen en zoogdierroofdieren.

Biomagnificatie treedt op door herhaalde cycli van bioaccumulatie bij elke stap in de voedselketen. Naarmate ZS zich verplaatsen naar hogere trofische niveaus, kan hun concentratie met elke stap toenemen, soms met een factor 10 of meer. Dit kan leiden tot zeer hoge concentraties in toppredatoren, zelfs wanneer de concentraties in het omringende milieu relatief laag zijn.

De mate van biomagnificatie hangt af van factoren zoals de persistentie en het bioaccumulatievermogen van de stof, de lengte en complexiteit van de voedselketen, en het metabolisme en de ecologie van de betrokken soorten.

ZS die via de lucht, bodem of water in het milieu terechtkomen, kunnen door planten worden opgenomen of door dieren worden geaccumuleerd. Naarmate deze organismen groeien en zich voeden, verzamelen ze hogere concentraties van deze stoffen in hun weefsels. Deze accumulatie kan schadelijke effecten hebben op het individuele organisme, waaronder verminderde groei, reproductieve problemen en verhoogde vatbaarheid voor ziekten. Bovendien kunnen deze effecten zich verspreiden door de voedselketen en uiteindelijk ook gevolgen hebben voor de menselijke gezondheid. (Waterschap Hunze en Aa's, n.d.)



Figuur 2: Bioaccumulatie en biomagnificatie (Volksgezondheid Veiligheid van de Voedselketen Leefmilieu, n.d.)

### 2.6.5 FOTOCHEMISCHE REACTIES

Fotochemische reacties vormen een belangrijke route voor de verspreiding en transformatie van ZS in de atmosfeer. Wanneer ZS in de lucht worden blootgesteld aan zonlicht, kunnen ze chemische reacties ondergaan die leiden tot de vorming van secundaire verontreinigende stoffen. Een bekend voorbeeld hiervan is de vorming van ozon in de troposfeer, die ontstaat uit reacties tussen stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) en vluchtige organische stoffen (VOS) onder invloed van zonlicht. Andere voorbeelden van fotochemische reacties van ZS zijn:

#### Polychloorbifenylen (PCB's)

PCB's kunnen onder invloed van zonlicht langzaam afbreken, waarbij giftige bijproducten zoals dioxinen en furanen kunnen ontstaan.

#### Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's)

PAK's zoals benzo[a]pyreen kunnen door fotochemische reacties worden omgezet in meer reactieve en toxische verbindingen, zoals nitro-PAK's en oxy-PAK's, die schadelijker zijn voor de gezondheid.

#### Pesticiden

Fotochemische transformatie van pesticiden zoals DDT kan leiden tot de vorming van dichloordifenyldichloroetheen (DDE) en dichloordifenyldichloorethaan (DDD), die ook schadelijk zijn voor het milieu en zich kunnen ophopen in de voedselketen.

#### Andere ZS

Andere ZS die gevoelig zijn voor fotochemische reacties in de atmosfeer zijn onder meer:

- Polyfluoralkylverbindingen (PFAS)
- Gebromeerde vlamvertragers
- Bepaalde zware metalen zoals kwik

Deze fotochemische reacties kunnen leiden tot de vorming van nieuwe verontreinigende stoffen met onbekende toxiciteit en verspreiding over grote afstanden via luchtstromen. (Intechopen, 2013)

## 2.7 GLOBALE MILIEU- EN GEZONDHEIDSIMPACT VAN ZS-EMISSIONS NAAR DE LUCHT

ZS omvatten een reeks chemicaliën en verbindingen die ernstige risico's met zich meebrengen voor milieu en menselijke gezondheid vanwege hun toxiciteit, persistentie en potentieel voor bioaccumulatie. De impact van ZS-luchtemissies strekt zich uit over verschillende milieucompartmenten en heeft zowel directe als indirecte gevolgen. Primair tasten deze emissies de luchtkwaliteit aan, wat directe gevolgen heeft voor mensen, dieren en ecosystemen die aan deze verontreinigde lucht worden blootgesteld (paragraaf 2.7.2). Blootstelling aan ZS in de lucht kan leiden tot een breed scala aan gezondheidsproblemen, variërend van acute effecten zoals ademhalingsproblemen tot chronische aandoeningen zoals kanker (paragraaf 2.7.1).

Daarnaast kunnen ZS via atmosferische depositie neerslaan in oppervlaktewater of doorsijpelen naar grondwater en bodem, wat leidt tot verdere verontreiniging van deze milieucompartmenten (paragraaf 2.7.3). In het milieu kunnen ZS zich ophopen in organismen, met bioaccumulatie en biomagnificatie als gevolg. Dit veroorzaakt risico's door de voedselketen, wat de biodiversiteit en de stabiliteit van ecosystemen kan beïnvloeden (paragraaf 2.7.4). Tot slot kunnen sommige ZS, zoals bepaalde gefluoreerde broeikasgassen, een hoog aardopwarmingsvermogen hebben en zo bijdragen aan klimaatverandering (paragraaf 2.7.5).

### 2.7.1 MENS-GEZONDHEID

Emissies van ZS naar de lucht kunnen gevolgen hebben voor de volksgezondheid, zowel op korte als lange termijn. De verspreiding van deze stoffen, zoals beschreven in 2.6, bepaalt in grote mate de blootstellingsroutes voor de mens. Een integrale benadering waarbij blootstellingsgegevens voor (binnen)lucht, water, bodem en voeding worden gecombineerd, is vereist voor een volledig beeld van de gezondheidsrisico's. Het is belangrijk om oog te hebben voor de relatieve bijdrage van luchtemissies, en luchtconcentraties en atmosferische depositie, op de totale blootstelling via alle routes, zowel op een globaal als op lokaal niveau. In de fiches in [bijlage 2](#) wordt dergelijke informatie voor een aantal parameters opgenomen.

Deze BBT-studie richt zich specifiek op de beheersing van industriële luchtemissies als één van de primaire interventiepunten, terwijl andere blootstellingsroutes buiten de directe scope vallen. Deze pragmatische focus zorgt ervoor dat we concrete en effectieve emissiereductietechnieken kunnen identificeren en evalueren, zonder vertraging door de complexiteit van het volledige blootstellingssysteem.

Voor geleide luchtemissies relevante chemische stressoren zijn onder meer:

- Zware metalen zoals lood, cadmium, kwik;
- Persistente organische stoffen zoals dioxines, PCB's, gebromeerde vlamvertragers;
- Vluchtige organische stoffen (VOS) en oplosmiddeldampen;
- Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) uit verbranding;
- Per- en poly-fluoralkylstoffen (PFAS) uit industriële processen.

Deze focus op specifieke emissiereductie sluit niet uit dat nieuwe inzichten over andere blootstellingsroutes kunnen leiden tot aanvullende maatregelen. De technische evaluatie en aanbevelingen in deze studie zijn daarom gericht op het bereiken van significante emissiereducties met

de best beschikbare technieken, terwijl ze flexibel blijven voor toekomstige aanpassingen op basis van voortschrijdend inzicht in het complete blootstellingsbeeld.

Bij de beoordeling van gezondheidseffecten dient opgemerkt te worden dat geurcomponenten uit complexe mengsels van vluchtige chemische stoffen kunnen optreden als indirecte chemische stressoren. Deze kunnen stress, gedragsverandering en gerelateerde gezondheidsklachten veroorzaken, zelfs bij concentraties onder de drempelwaarde voor directe toxische effecten. Voor de meeste scenario's van ZS-luchtemissies vormen deze chemische verontreinigingen de voornaamste impact op de volksgezondheid, terwijl fysische of biologische stressoren meestal geen significante rol spelen.

### GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN BLOOTSTELLING

Blootstelling aan chemische ZS in de lucht kan leiden tot een breed scala aan gezondheidseffecten:

- Acute effecten zoals irritatie van luchtwegen, kortademigheid, hoesten, hoofdpijn
- Verhoogd risico op ademhalingsaandoeningen zoals astma en COPD
- Lange-termijn effecten zoals hart- en vaatziekten, longkanker, andere kankers
- Effecten op voortplanting en ontwikkeling door hormoonverstoring
- Cumulatieve belasting met verhoogde vatbaarheid voor infecties en veroudering
- Indirecte effecten via bioaccumulatie in de voedselketen

De ernst is afhankelijk van de specifieke ZS, concentraties, blootstellingsduur en gevoeligheid van de persoon. Sommige regio's met zware industrie of dichte verkeersbronnen kunnen hogere risico's hebben.

Voor het [gedeelte Mens-gezondheid](#) van de MER-beoordeling (zie 3.1.2) zijn voor een aantal chemische stressoren gezondheidkundige advieswaarden (GAW's) afgeleid. Deze zijn gebaseerd op niet-drempel-effecten (bv. carcinogene effecten) en/of drempel-effecten van de stoffen. Deze GAW's, en hun wetenschappelijke onderbouwing, kunnen [hier](#) geraadpleegd worden. Ze zijn ook overgenomen in de Excel-bijlage bij deze BBT-studie, werkblad 'GAW\_buitenlucht'.

Over het toepassen van de GAW's stelt het Richtlijnsysteem Mens-gezondheid – [beoordelingskader chemische stressoren met gekende referentiewaarde](#) o.a.:

*Eén chemische stof kan zowel gezondheidseffecten veroorzaken met een drempelwaarde als gezondheidseffecten zonder drempel, zoals kanker. Voor drempel-effecten zijn er gezondheidkundige toetsingswaarden die concentraties in lucht, (drink)water, ... aangeven waarbij géén nadelige gezondheidseffecten optreden zolang deze gezondheidkundige toetsingswaarden ("drempels") niet overschreden worden.*

*Merk hierbij op dat bij drempelwaarde-effecten, de blootstellingsduur de te gebruiken toetsingswaarde bepaalt. Hierbij wordt de definitie van ATSDR toegepast, waarbij acute blootstelling = blootstelling  $\leq 14$  d ; intermediaire blootstelling = blootstelling van 15-365 dagen ; chronische blootstelling = blootstelling van  $> 365$  dagen en geldig voor levenslange blootstelling. Indien de blootstellingsduur ongekend is, wordt in eerste instantie de GAW voor chronische blootstelling opgezocht (worst case).*

*Andere effecten van chemische stoffen kennen geen drempelwaarde. Dit betreft overwegend carcinogene effecten, maar ook niet-carcinogene effecten kunnen zonder drempelwaarde zijn (bv vervroegde mortaliteit ten gevolge van  $PM_{2,5}$ ).*

*Voor de meeste [genotoxische carcinogene effecten](#) bestaat er een lineair verband tussen blootstelling en kans op effect, althans bij lage blootstellingsniveaus, die typisch zijn voor milieublootstellingen: hoe hoger de blootstelling, hoe groter het risico (unit risk). Bij elke blootstelling die groter is dan nul, is er bij*

genotoxische carcinogene stoffen een bepaald, weliswaar soms heel klein, risico. Bij deze niet-drempelwaarde-effecten wordt sinds een kleine halve eeuw internationaal een extra risico van  $1/10^6$  op (sterfte door) kanker bij levenslange blootstelling aan die stof gelijkgesteld aan “ongeveer nul effect”. Gezondheidskundig wordt dus het bijzonder kleine  $1.10^{-6}$ -risico (=1 op een miljoen) van niet-drempelwaarde-effecten gelijkgesteld aan “geen effect” bij drempelwaardestoffen waarbij de concentratie onder de GAW zou blijven (zie ook document ["Carcinogene risico's in volksgezondheidskundige risico-inschattingen"](#), *Zorg en Gezondheid*, 2015).

Voor niet-carcinogene effecten zonder drempel voor effect maakt men voor de beoordeling gebruik van

- 1) onderbouwde dosis-effectrelaties om de effecten voor de gezondheid te beschrijven
- 2) “pseudo”-gezondheidskundige advieswaarde (veelal WHO), waarbij de gezondheidskundige advieswaarde hier géén veilige ondergrens is waaronder geen gezondheidseffecten kunnen optreden. [Zie ook punt 2: "Stoffen waarbij de gezondheidskundige advieswaarde van bv. WHO geen drempelwaarde is"](#).

Het kan soms volstaan om de inschatting van de betreffende chemische stof uit te werken voor het gevoeligste effect: drempel- of niet-drempel-effect.

Indien men wenst in te schatten of er een toename resp. daling is van de ziektelast / gezondheidseffecten, zijn voor drempel-effecten enkel blootstellingen die hoger zijn dan de GAW van belang. Zolang de blootstelling voor en na realisatie onder de GAW blijft, zullen verhogingen resp. dalingen van immissies zich niet vertalen in toename of daling van ziektelast of klinische gezondheidseffecten, omdat deze pas kunnen optreden bij immissies > GAW.

Het is echter evident dat één bedrijf of project niet (nagenoeg) de hele beschikbare “gezondheidsgebruiksruimte” mag opvullen (of m.a.w. emitteert tot de immissie de GAW bereikt). Indien echter in discipline lucht het significantiekader en de er bij horende koppeling aan milderende maatregelen wordt toegepast wordt de opvulling van de gezondheidsgebruiksruimte hierdoor in de praktijk vanzelf gelimiteerd<sup>12</sup>:

Een immissiebijdrage 3-10 % van de milieukwaliteitsnorm wordt als “belangrijke bijdrage” beschouwd waarvoor milderende maatregelen moeten worden gezocht in het MER met zicht op implementatie ervan op korte termijn (score -2).

Een immissiebijdrage van >10% van de milieukwaliteitsnorm wordt als “zeer belangrijke bijdrage” beschouwd waarvoor milderende maatregelen essentieel zijn (score -3).

Een immissiebijdrage van 1-3% van de milieukwaliteitsnorm beschouwt men als beperkte bijdrage (score -1) waarvoor onderzoek naar milderende maatregelen minder dwingend is, tenzij de milieukwaliteitsnorm reeds voor 80% is ingenomen.

<sup>12</sup> Zie Richtlijnsysteem Lucht – [Beoordeling en beoordelingskader voor luchtverontreiniging door industriële bronnen](#).

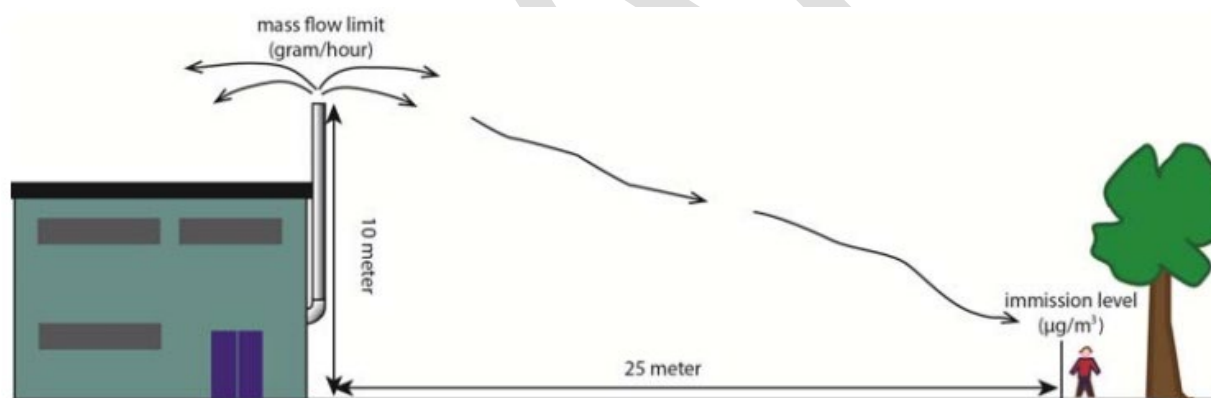
## IMMISSIERISICO'S VAN EMISSIE

Zoals besproken in paragraaf 2.6.1, leidt atmosferisch transport tot het verspreiden van emissies, en is de immissieconcentratie in de omgeving afhankelijk van verschillende (omgevings-)factoren. In Vlaanderen zijn er verschillende normen en advieswaarden voor de immissieconcentratie, zoals de milieukwaliteitsnormen (paragraaf 3.1.1.1) en gezondheidkundige advieswaarden. (...)

Om een emissie af te toetsen aan dergelijke immissienormen, wordt gebruik gemaakt van modellen, instrumenten en richtlijnen (paragraaf 2.6.1)

In Nederland onderzocht [RIVM](#) (2013) of de toenmalige grensmassastromen<sup>13</sup> voldoende bescherming bieden voor menselijke gezondheid, door de verspreiding te berekenen op basis van 'Handreiking bepaling van het immissieniveau' (RIVM, 2004). De conclusie was dat wanneer de grensmassastromen niet worden overschreden (met sommatiebepaling per stofklasse), het aanvaardbaar is om emissies van ZZS toe te laten zonder verdere risicobeoordeling. De grensmassastromen bleken overbeschermend, waardoor een overschrijding niet noodzakelijk een onaanvaardbaar risico betekent. In dat geval is verdere risicobeoordeling wel noodzakelijk. Echter, uit het rapport is niet duidelijk in hoeverre rekening wordt gehouden met verschillende blootstellingsroutes naast inhalatie van omgevingslucht, zoals voeding, drinkwater.

RIVM koos voor de berekeningen voor één specifiek realistisch scenario, namelijk een schouw van 10 meter hoog zonder warmte-inhoud. Deze is gekozen op 25 meter van de rand van het terrein, omdat op 25 meter afstand het immissieniveau het hoogst is.



Figuur 3: Visuele voorstelling van het door RIVM gekozen scenario voor bepaling van de maximum immissieconcentraties (Bron: RIVM, 2013)

In dit scenario leidt een emissie van 1 kg/u tot een immissie van 6,17 µg/m³. Via lineaire conversie werden volgende immissieconcentraties berekend, overeenkomstig met de toenmalige grensmassastromen.

Tabel 3: Berekende immissieconcentratie overeenkomstig met de grensmassastromen

| Stofklasse                        | Grensmassastroom        | Immissieconcentratie (µg/m³) |
|-----------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Stofvormig (MVP1)                 | 0,15 g/u                | 0,00093                      |
| Gasvormig (MVP2)                  | 2,5 g/u                 | 0,015                        |
| Extreem risicovolle stoffen (ERS) | 20 mg/jaar (= 2,3 µg/u) | 0,000000014                  |

<sup>13</sup> Intussen zijn deze niet meer van toepassing in Nederland. De nieuwe regeling werkt met jaarlijkse ondergrenzen, zie 3.1.6.

Bij een hogere schouw zou het maximale immissieniveau op grotere afstand liggen, maar zou deze maximumconcentratie lager zijn. Het gekozen scenario is echter niet het worst case scenario. Immers, een lagere schouw, tot 0,1 meter, leidt tot immissieconcentraties tot 5 keer hoger op een afstand van 25 meter. Voor dergelijke lagere schouwen neemt de immissieconcentratie binnen een afstand van 75 meter af tot onder het maximumniveau voor de 10 meter hoge schouwen.

Deze berekende immissieconcentraties werden afgetoetst aan gezondheidskundige normen of richtwaarden, met voorkeur voor [beleidsmatig vastgestelde MTR-waarden](#) (Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau), die rekening houdt met zowel het gezondheids- als milieurisico. Bij afwezigheid van MTR-waarde, werd gewerkt met (omgerekende) andere toxicologische waarden, afhankelijk van hun beschikbaarheid, in volgorde van voorkeur (zie [paragraaf 2.4 van het rapport](#)):

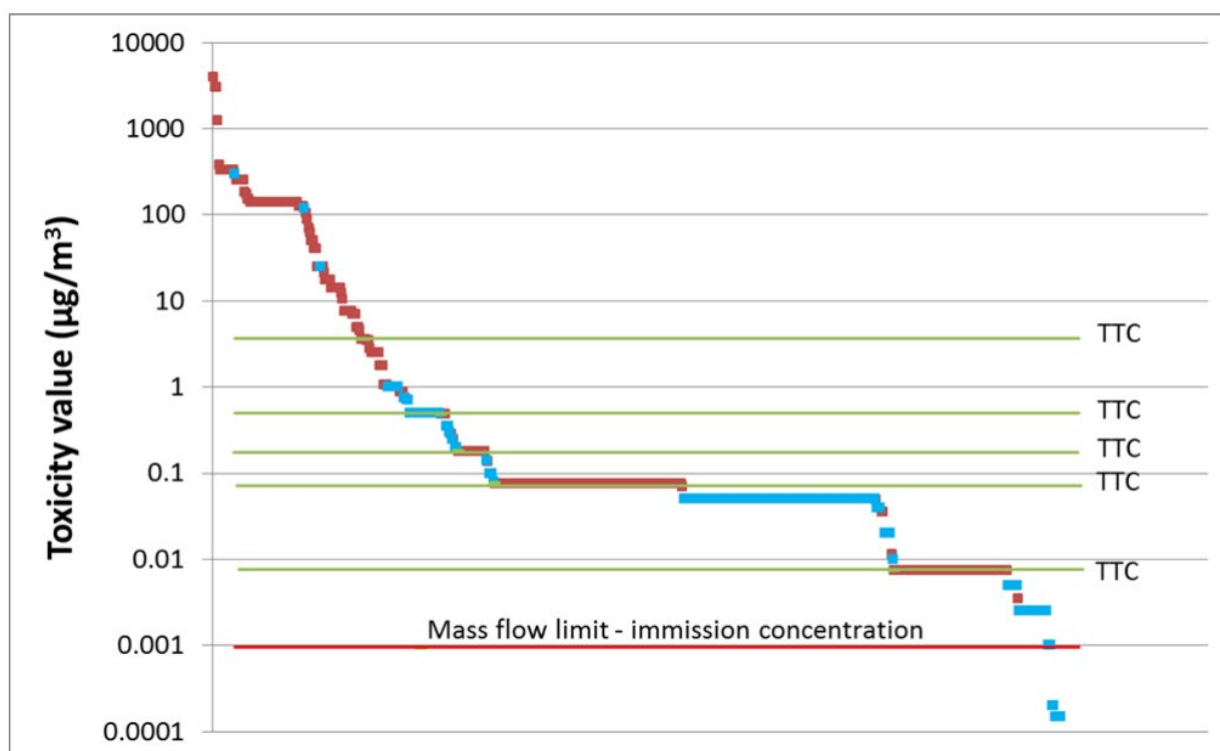
1. gezondheidskundige risicowaarden voor omgevingslucht (inhalatie, strengste van carcinogeen/niet-carcinogeen risico),
2. grenswaarden voor beroepsmatige blootstelling lucht,<sup>14</sup>
3. aanvaardbare dagelijkse inname (gebaseerd op totale of orale inname, strengste van carcinogeen/niet-carcinogeen risico),<sup>15</sup>
4. 'Threshold of Toxicological Concern' (TTC) klassen, gebaseerd op:
  - a. 'Cramer-klasse' voor niet-carcinogenen
  - b. de criteria van CLP annex VI voor carcinogenen, verder gedifferentieerd op basis van genotoxische/niet-genotoxische eigenschappen.

Onderstaande figuur toont voor stofvormige ZZS (MVP1) de vergelijking van de berekende immissiewaarde ('Mass flow limit – immission concentration') met de toxicologische waarden. Blauwe punten zijn MTR-waarden of gezondheidskundige risicowaarden voor omgevingslucht, rode punten zijn afgeleid van andere toxicologische referentiewaarden. Van de 597 stofvormige ZZS, ligt de immissiewaarde enkel voor 3,3-dichloorbenzidine (factor 5) en benzidine (factor 6,7) hoger dan de toxicologische referentie. Het rapport merkt echter op dat voor deze stoffen de toxicologische waarde werd afgeleid van een verschillend carcinogeen risiconiveau ( $10^{-5}$  of  $10^{-6}$  in plaats van  $10^{-4}$  voor levenslange blootstelling).

---

<sup>14</sup> Deze grenswaarden werden omgerekend: /2 omwille van dagelijks volume ademhaling  $20\text{m}^3$  (op 24u) in plaats van  $10\text{m}^3$  (op 8u) voor werknemers & /2 omwille van mogelijke gevoelige groepen in de brede populatie. Voor de  $20\text{m}^3$  verwijst het rapport naar REACH richtsnoeren van ECHA.

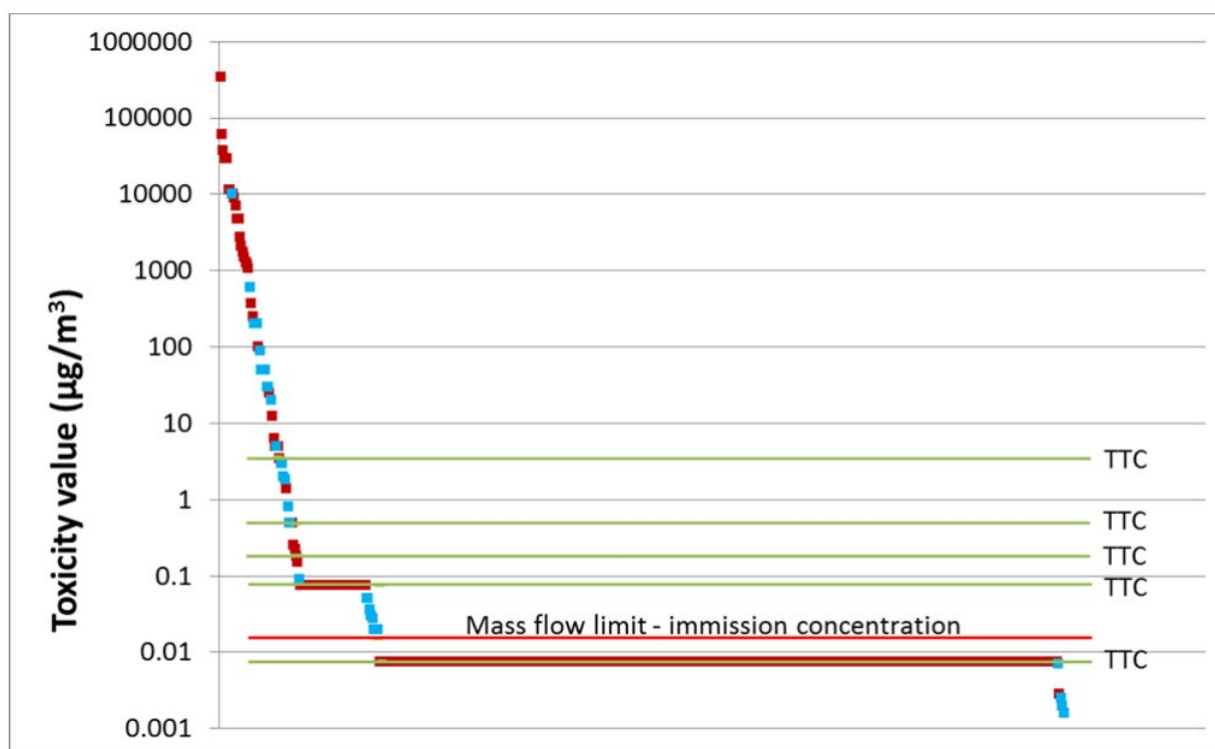
<sup>15</sup> Deze aanvaardbare dagelijkse inname werd omgerekend: waarde omgevingslucht ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) = toelaatbare/aanvaardbare dagelijkse inname ( $\text{mg}/\text{kg}$  lichaamsgewicht.dag).  $70\text{ kg}$  lichaamsgewicht /  $20\text{ m}^3$  ademhaling (24u), aanname 100% opname van de ingeademde stof.



Figuur 4: Stofvormige ZZS NL - Vergelijking berekende immissieconcentratie overeenkomstig grensmassaastroom MVP1 met toxicologische referentiewaarden (Bron: RIVM, 2013)

Onderstaande figuur toont voor 600 gasvormige ZZS (MVP2) de vergelijking van de berekende immissiewaarde ('Mass flow limit – immission concentration') met de toxicologische waarden. Blauwe punten zijn MTR-waarden of gezondheidkundige risicowaarden voor omgevingslucht, rode punten zijn afgeleid van andere toxicologische referentiewaarden. Voor een groot aantal ZZS (487) ligt de immissiewaarde hoger dan de toxicologische referentie. Echter voor 482 van deze ZZS is de referentie op basis van het TTC-concept, waarbij het op één ZZS na (2,2'-bioxiraan) gaat om oliederivaten die als carcinogeen zijn geklasseerd omdat ze een carcinogene component kunnen bevatten. Het eigenlijke aandeel van carcinogene componenten hierin is slechts enkele percenten, waardoor de werkelijke toxiciteit lager is dan deze van de carcinogene component. Bovendien werd de toxicologische waarde afgeleid van een verschillend carcinogeen risiconiveau ( $10^{-5}$  of  $10^{-6}$  in plaats van  $10^{-4}$  voor levenslange blootstelling).

De vijf overige gasvormige ZZS waarvoor de immissiewaarde (minder dan een factor 5) hoger is dan de toxicologische referentie zijn  $\alpha,\alpha,\alpha$ -trichloortolueen, chromyldichloride, 1,2-dibroomethaan, dimethylnitrosamine en bis(chloormethyl) ether. Ook hier wordt opgemerkt voor  $\alpha,\alpha,\alpha$ -trichloortolueen en 1,2-dibroomethaan dat de toxicologische waarde werd afgeleid van een verschillend carcinogeen risiconiveau ( $10^{-5}$  of  $10^{-6}$  in plaats van  $10^{-4}$  voor levenslange blootstelling). Chromyldichloride is in de Nederlandse ZZS-lijst ingedeeld als MVP1 omdat het een chroomverbinding is, waardoor de immissiewaarde wél lager is dan de toxicologische referentie.



Figuur 5: Gasvormige ZZS NL – Vergelijking berekende immissieconcentratie overeenkomstig grensmassastroom MVP2 met toxicologische referentiewaarden (Bron: RIVM, 2013)

Voor extreem risicovolle stoffen is zelfs voor de stof met de strengste toxiciteitswaarde, de immissie 2 ordegrottes kleiner dan de toxiciteitswaarde.

In het algemeen, wanneer de oliederivaten met de laagste TTC buiten beschouwing worden gelaten, is de grensmassastroom dus voldoende beschermend, op enkele ZZS na.

Er dient opgemerkt te worden dat dit slechts de immissie is in het geval van één stof uit één enkele schouw. Er zijn cumulatieve effecten wanneer meerdere stoffen met dezelfde gezondheids- of milieueffecten uit eenzelfde schouw worden uitgestoten, of wanneer verschillende emissiebronnen één of meerdere stoffen met dezelfde gezondheids- of milieueffecten uitstoten (wat zou leiden tot een verhoogde concentratie in de omgevingslucht). Echter, in Nederland wordt gewerkt met een sommatieregel voor alle stoffen binnen eenzelfde stofklasse (zie Tabel 3), waardoor het beschermingsniveau verhoogt. Bovendien wordt in beoordeling naar milieueffecten gewerkt met een bepaald percentage van deze immissieconcentraties, zoals hierboven beschreven onder 'Gezondheidseffecten van blootstelling'.

Ter vergelijking, volgens dezelfde berekening zijn de immissieconcentraties overeenkomstig de huidige grensmassastromen voor ZZS in VLAREM II [bijlage 4.4.2](#) als volgt (gerangschikt op basis van Vlaamse grensmassastromen)<sup>16</sup>:

<sup>16</sup> Groep 15 'Vezelachtige silicaten' is niet in de tabel opgenomen omwille van de massastroom die voorwaardelijk is afhankelijk van het afgasdebiet.

**Tabel 4: Overeenkomstige immissieconcentraties voor VLAREM II bijlage 4.4.2 massastromen berekend volgens RIVM (2013).**

| Groep VLAREM              | Massastroom VLAREM | Immissieconcentratie overeenkomstig VLAREM ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Verhouding massastroom VLAREM t.o.v. voormalige NL (aantal ZS) |
|---------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 6                         | 0,5 g/u            | 0,0031                                                                  | 0,2 (1) - 3,3 (5)                                              |
| 12 stofvormig anorganisch | 1 g/u              | 0,0062                                                                  | 6,7 (2)                                                        |
| 7                         | 5 g/u              | 0,031                                                                   | 2 (1) – 33 (4)                                                 |
| 13 stofvormig anorganisch | 5 g/u              | 0,031                                                                   | 33 (2)                                                         |
| 2 gasvormig anorganisch   | 10 g/u             | 0,062                                                                   | 67 (1)                                                         |
| 8                         | 25 g/u             | 0,15                                                                    | 10 (9)                                                         |
| 14 stofvormig anorganisch | 25 g/u             | 0,15                                                                    | 167 (2)                                                        |
| 9 organische stoffen      | 100 g/u            | 0,62                                                                    | 40 (5)                                                         |
| 10 organische stoffen     | 2000 g/u           | 12                                                                      | 800 (4) - 13.333 (1)                                           |
| 11 organische stoffen     | 3000 g/u           | 19                                                                      | 1200 (1)                                                       |

Dit toont aan dat de bevindingen van het RIVM-rapport niet kunnen doorgetrokken worden naar de VLAREM-massastromen. Waar de VLAREM-massastromen groter zijn dan de voormalige Nederlandse grensmassastromen, in het bijzonder waar dit met één of meerdere ordegrottes is, is verder vergelijkend onderzoek met toxicologische grens- of advieswaarden aangewezen, en kan eventueel een herziening van de grensmassastroom toxicologisch relevant zijn. Verder dient opgemerkt te worden dat dit enkel de ZS zijn die in de huidige VLAREM II bijlage 4.4.2 staan. Anderzijds zijn de gemaakte aannames over levenslange blootstelling op 25 meter afstand van de schouw conservatief, en niet representatief voor bv. hogere schouwen.

## HUMANE BIOMONITORING

Naast de risico's van de immissie, kan er gekeken worden naar humane biomonitoring, de analyse van waargenomen gehalten van verschillende ZS in biologische monsters van de bevolking, zoals bloed, urine, serum en/of moedermelk. Dit programma geeft inzicht in de blootstelling van de bevolking aan o.a. ZS en helpt bij het identificeren van mogelijke gezondheidseffecten. In de context van risico's van luchtmissies is dit uiteraard slechts een eerste screening, omdat er verschillende routes van blootstelling zijn. Voor de mogelijk problematische pollutanten is vervolgens een analyse nodig van wat de voornaamste bronnen zijn die leiden tot blootstelling, en wat de mogelijke relevantie is van de algemene luchtmissiegrenswaarden. Het is op te merken dat niet alle hieronder beschreven parameters als ZS zijn ingedeeld.

De resultaten van de meest recente Vlaamse meetcampagne worden besproken door [‘Vlaams humane-biomonitoringsprogramma 2016-2020 Referentiewaarden bij jongeren’](#) (Steunpunt milieu & gezondheid, 2021), en zijn samengevat in werkblad ‘Biomonitoring’ van de Excel bijlage bij deze BBT-studie. Het rapport van Steunpunt milieu & gezondheid (2021) vat de resultaten als volgt samen:

*“Voor geen enkele stof ligt het geometrisch gemiddelde van de studiebevolking boven één van de toetsingswaarden. Het 95ste percentiel, dit is de meetwaarde waarboven de waarden van 5% van de studiedeelnemers liggen, overschrijdt een GTW voor arseen, cadmium, lood en de som van PFOS, PFHxS, PFOA en PFNA. Het 95ste percentiel van het afbraakproduct van pyrethroïde pesticiden en van PFOS in serum overschrijdt eveneens de meest conservatieve GTW voor deze biomerkers. Deze overschrijdingen*

kunnen niet geïnterpreteerd worden op individueel niveau, maar een meetbaar gezondheidsrisico op populatieniveau kan niet worden uitgesloten. Voor heel wat nieuwere stoffen zijn er geen gezondheidskundige toetsingswaarden beschikbaar en kan deze vergelijking niet gemaakt worden. Sommige van de gemeten stoffen zijn gekende kankerverwekkende stoffen (arseen, cadmium, PAK's, benzeen) en zeker voor deze stoffen geldt: hoe lager het gehalte, hoe kleiner het gezondheidsrisico." (Steunpunt milieu & gezondheid, 2021)

Onderstaande figuur onderscheidt biomerkers die in de meest recente Vlaamse meetcampagne (FLEHS IV, 2018) significant gedaald, significant gestegen, en niet significant gewijzigd zijn ten opzichte van de vorige campagne (FLEHS III, 2013).



Figuur 6: Omgevingspolluenten of hun metabolieten gemeten in bloed (B) of urine (U) bij jongeren van de FLEHS IV campagne in vergelijking met gehalten in de vorige campagne (FLEHS III). (Bron: Steunpunt milieu & gezondheid, 2021)

Hierover stelt Steunpunt milieu en gezondheid:

*“Als we de vergelijking maken (Figuur II) met resultaten van deelnemers van dezelfde leeftijdsgroep uit de vorige campagne (FLEHS III), merken we dat de gehalten van een aantal toxische stoffen verder dalen.*

*Voor al deze goedgekende stoffen is beleid in voege. Deze meetwaarden zijn dus belangrijk om de effectiviteit van het beleid op te volgen zoals het vervangen van lood in waterleidingen, het controleren van milieu en voeding op verboden stoffen (DDT, PCB's), recente maatregelen voor beperking van toxische ftalaten als weekmakers in plastic (DEHP, DiBP, DnBP, DBzP), beperking van het gebruik van BPA in voedselverpakkingen. Ook 1-hydroxypyreen, dat we in urine kunnen meten als merker van blootstelling aan verbranding gerelateerde PAK's daalt. In dezelfde periode werd ook in omgevingslucht een daling van PAK's waargenomen.*

*Op basis van de tijdstrends zien we echter ook merkers die niet dalen:*

- *De interne blootstelling aan toxische metabolieten van anorganisch arseen blijft op hetzelfde niveau als bij de vorige campagne. Arseen is kankerverwekkend. In dat geval geldt hoe lager, hoe beter.*
- *De in eerdere campagnes waargenomen daling van het bloedcadmium gehalte zet zich niet verder door.*
- *In tegenstelling tot de dalende waarden voor de oude persistente stoffen PCB's en DDT-metabolieten, zien we voor de oude pesticiden beta-hexachloorcyclohexaan en oxychlordan geen daling. Trans-nonachloor stijgt zelfs. Dit is tegengesteld aan de verwachtingen aangezien deze oude stoffen intussen al lange tijd verboden zijn.*
- *Het gehalte aan thallium in urine stijgt. Een evolutie die ook in andere landen wordt vastgesteld.*
- *Tot slot zien we ook voor benzeen (metaboliet t,t'-muconzuur in urine) een stijging in vergelijking met de vorige meetcampagne, terwijl we voor deze stof in eerdere meetcampagnes een daling hadden vastgesteld. Deze dalende trend zet zich dus niet verder"*

Verder worden gebromeerde vlamvertragers besproken in het rapport:

*"Slechts enkele van de nu verboden persistente gebromeerde vlamvertragers zijn nog meetbaar in bloedstalen van jongeren (BDE47<sup>17</sup>, BDE99<sup>18</sup>, BDE153<sup>19</sup>, BDE154<sup>20</sup>). Metabolieten van de nieuwe generatie organofosfaatvlamvertragers worden in urine van bijna alle jongeren gedetecteerd (DPHP, EHPP, 5-OH-EHPP, BCIPHP, BBOEHP, BDCIPP). De toxiciteit van deze stoffen is nog weinig gekend."*

Deze [groep](#), maar ook verschillende individuele stoffen binnen de groep, zijn in Nederland ingedeeld als ZZS.

Het project HBM4EU brengt informatie over humane biomonitoring in verschillende EU-landen samen, en biedt op die manier een mogelijke vergelijkingsbasis. Naast een interactief [dashboard](#) biedt het onder meer [factsheets](#), [infographics](#) en [beleidsdocumenten](#) voor een aantal groepen van polluenten, waaronder ZS.

## MAATSCHAPPELIJKE IMPACT

De wijdverspreide aanwezigheid van ZS in de lucht kan leiden tot een toename van luchtwegaandoeningen en chronische ziekten in de bevolking. Dit legt een zware financiële last op de gezondheidszorg.

### 2.7.2 LUCHTKWALITEIT

Naast de directe effecten van de uitgestoten ZS zelf (zie 2.6.1 voor verspreiding), kunnen deze stoffen reageren met andere atmosferische componenten en zo leiden tot de vorming van secundaire verontreinigende stoffen. ZS-emissies kunnen de luchtkwaliteit significant aantasten door bij te dragen aan de vorming van schadelijke luchtverontreinigende stoffen. Een belangrijk voorbeeld hiervan is de vorming van troposferische ozon uit reacties tussen stikstofoxiden (NOx) en vluchtige organische stoffen (VOS) onder invloed van zonlicht.

<sup>17</sup> CAS-nr 5436-43-1 – stofklasse ERS in Nederland

<sup>18</sup> CAS-nr 60348-60-9 - stofklasse ERS in Nederland

<sup>19</sup> CAS-nr 68631-49-2 - stofklasse ERS in Nederland

<sup>20</sup> CAS-nr 207122-15-4 – stofklasse ERS in Nederland

In stedelijke en industriële gebieden kan de accumulatie van ZS-emissies resulteren in smogvorming. Smog, een mengsel van rook en mist, bevat verhoogde concentraties van ozon op grondniveau en fijnstof (PM<sub>2.5</sub> en PM<sub>10</sub>). Vluchtige organische stoffen kunnen bijvoorbeeld reageren met atmosferische oxidanten en leiden tot de vorming van secundair organisch aerosol (SOA), wat de concentraties van fijnstof verder verhoogt.

Deze verslechtering van de luchtkwaliteit kan verstrekkende gevolgen hebben voor zowel de menselijke gezondheid als ecosystemen, wat verder wordt besproken in paragrafen 2.7.3 en 2.7.5.

### 2.7.3 WATER- EN BODEMKWALITEIT

ZS-emissies naar de lucht kunnen de waterkwaliteit aantasten via de in paragraaf 2.6.1 beschreven atmosferische depositieprocessen. De impact op waterkwaliteit wordt bepaald door de specifieke eigenschappen van de geëmitteerde ZS:

- **Oplosbaarheid:** Goed oplosbare anorganische ZS (bv. zware metaalzouten) lossen volledig op, terwijl slecht oplosbare organische ZS (bv. PAK's) als deeltjes in suspensie blijven.
- **Reactiviteit:** Reactieve stoffen kunnen nieuwe verbindingen vormen die het water verder verontreinigen.
- **Binding aan sediment en organisch materiaal:** Sterk gebonden ZS (bv. dioxines, PCB's) hopen zich op in waterbodems, terwijl slecht gebonden verbindingen in de waterfase blijven.
- **Persistentie:** Afbreekbare ZS verdwijnen sneller, terwijl persistente stoffen (bv. PFAS) langdurig aanwezig blijven. De interactie tussen deze eigenschappen bepaalt de aard en ernst van de watervervuiling. Goed oplosbare, reactieve en mobiele ZS kunnen een acute maar kortdurende vervuiling veroorzaken, terwijl persistente en sterk gebonden ZS leiden tot een meer wijdverspreide en chronische verontreiniging.

### 2.7.4 BIODIVERSITEIT EN ECOSYSTEMEN

Emissies van ZS naar de lucht kunnen gevolgen hebben voor de biodiversiteit. Volgens de definitie van de Biodiversiteitsconventie van Rio (1992), omvat biodiversiteit de variabiliteit onder levende organismen van allerlei herkomst, inclusief terrestrische, mariene en andere aquatische ecosystemen en de ecologische complexen waarvan zij deel uitmaken. Dit omvat de diversiteit binnen soorten, tussen soorten en van ecosystemen.

Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen primaire en secundaire gevolgen voor biodiversiteit:

- **Primaire gevolgen:** Rechtstreekse effecten op fauna en flora, zoals ruimtebeslag, biotoopverlies en versnippering.
- **Secundaire gevolgen:** Onrechtstreekse effecten via impact op andere milieudisciplines, zoals bodemverstoring, wijziging van oppervlakte- en grondwaterkwaliteit en -kwantiteit, geluidsniveaus, licht en luchtkwaliteit.

Voor ZS-emissies naar de lucht zijn met name de secundaire gevolgen relevant, namelijk de verstoring van biotopen door depositie van deze stoffen op bodem en watersystemen.

De impact van ZS-emissies op biodiversiteit is nauw verbonden met de verspreiding van deze stoffen in het milieu, zoals beschreven in sectie 2.6. De depositie van ZS op bodem en water (zie 2.6.1) leidt tot een reeks van effecten op ecosystemen:

- Verstoring van bodem- en waterkwaliteit: ZS kunnen de chemische samenstelling van bodem en water veranderen, wat direct invloed heeft op de leefomgeving van vele soorten.
- Bioaccumulatie en biomagnificatie: Zoals beschreven in 2.6.4, kunnen ZS zich ophopen in organismen en geconcentreerd worden door de voedselketen heen. Dit heeft met name gevolgen voor toppredatoren en kan leiden tot populatieafnames.
- Verstoring van ecologische relaties: Veranderingen in de aanwezigheid of vitaliteit van bepaalde soorten door ZS-blootstelling kunnen doorwerken in het hele ecosysteem, wat leidt tot verschuivingen in voedselwebben en concurrentieverhoudingen.
- Verminderde ecosystemendiensten: ZS kunnen de functionaliteit van ecosystemen aantasten, wat gevolgen heeft voor diensten zoals waterzuivering, bestuiving en koolstofopslag.
- Verhoogde gevoeligheid voor andere stressoren: Blootstelling aan ZS kan organismen verzwakken, waardoor ze gevoeliger worden voor andere stressfactoren zoals klimaatverandering of ziekteverwekkers

## VOORBEELDEN

### DDT IN ROOFVogELS

Dichloordifenyiltrichloorethaan (DDT) is een organochloorpesticide dat ooit wijdverbreid werd gebruikt. Ondanks het verbod op DDT in veel landen, blijft het persistent in het milieu. DDT wordt door insecten opgenomen en vervolgens geconsumeerd door kleine vogels en zoogdieren. Roofvogels zoals de slechtvalk eten deze besmette dieren en accumuleren hoge concentraties DDT in hun lichaam, wat leidt tot gezondheidsproblemen zoals dunne eierschalen en verminderde voortplantingssucces.

### KWETSBARE EN BEDREIGDE SOORTEN EN ECOSYSTEMEN

Kwetsbare en bedreigde soorten zoals de kamsalamander (*Triturus cristatus*) zijn bijzonder gevoelig voor veranderingen in waterkwaliteit veroorzaakt door zware metalen en organische verontreinigingen. Deze stoffen kunnen hun voortplantingssucces en overlevingskansen drastisch verminderen. Specifieke ecosystemen, zoals veengebieden en wetlands, zijn ook bijzonder kwetsbaar voor de effecten van ZS. Verontreiniging door ZS kan leiden tot een versnelde afbraak van organisch materiaal, verlies van habitat en een afname van soortenrijkdom.

### DE WESTERSCHELDE

Een concreet voorbeeld van de impact van ZS op ecosystemen en biodiversiteit door luchtdepositie is de verontreiniging van de Westerschelde in Nederland en België. Deze getijdenrivier is zwaar verontreinigd met zware metalen zoals cadmium en zink, evenals organische verontreinigende stoffen zoals PCB's en dioxines. Deze verontreinigingen zijn voor een groot deel afkomstig van atmosferische depositie uit industriële activiteiten en verkeer langs de rivier. Dit heeft geleid tot bioaccumulatie en biomagnificatie, met negatieve gevolgen voor zowel de gezondheid van aquatische organismen als menselijke populaties die deze dieren consumeren. De biodiversiteit in het estuarium is afgenomen, met negatieve effecten op zowel flora als fauna.

Bronnen:

- [AmphibiaWeb](#)
- [Deltares over PFAS](#)

### 2.7.5 KLIMAATEFFECTEN

Emissies van ZS naar de lucht kunnen klimaateffecten hebben, waardoor ze bijdragen aan de opwarming van de aarde en de klimaatverandering. Sommige ZS, zoals fluorhoudende koolwaterstoffen (F-gassen), maar ook onvolledige degradatieproducten van PFAS, hebben een hoog potentieel om het broeikas effect te versterken. (Hofman et al., 2021) Daarnaast, kunnen fotochemische reacties van bepaalde ZS in de atmosfeer (zie 2.6.5) leiden tot de vorming van secundaire verontreinigende stoffen die ook klimaateffecten kunnen hebben.

#### Versterking van het broeikas effect

Fluorhoudende gassen (F-gassen) zoals hydrofluorkoolwaterstoffen (HFK's), perfluorkoolwaterstoffen (PFK's) en zwavelhexafluoride ( $\text{SF}_6$ ) zijn krachtige broeikasgassen met een zeer hoog aardopwarmingsvermogen. Ze zijn molecuul voor molecuul veel effectiever in het vasthouden van warmte dan  $\text{CO}_2$ , waardoor ze bijdragen aan de opwarming van de aarde.

#### Aantasting van de ozonlaag

Bepaalde ZS zoals chloorfluorkoolwaterstoffen (CFK's) en halonen tasten de ozonlaag aan. In de stratosfeer breken deze stoffen af door UV-straling, waarbij chloor- en broomatomen vrijkomen die ozonmoleculen vernietigen. Een dunnere ozonlaag laat meer schadelijke UV-straling door, wat schade kan veroorzaken aan mens, dier en milieu. Ook kan het leiden tot onbalans in atmosferische circulatiepatronen met verdere klimaateffecten.

#### Invloed op de koolstofcyclus

ZS kunnen de natuurlijke koolstofopslagcapaciteit van ecosystemen aantasten. Verontreinigde planten en bodems functioneren minder goed in het opnemen en vastleggen van  $\text{CO}_2$  uit de atmosfeer. Zware metalen en organische stoffen verstoren de fotosynthese van planten. Vervuilde bodems vertonen verminderde microbiologische activiteit, wat leidt tot verminderde koolstofopslag in organisch materiaal. Dit draagt bij aan de accumulatie van  $\text{CO}_2$  in de atmosfeer, wat de klimaatverandering kan versnellen.

## 2.8 ALTERNATIEVEN VOOR ZS

Zorgwekkende stoffen (ZS) ontstaan als bijproducten van industriële processen en worden vaak als grondstof gebruikt in productieprocessen. Bijvoorbeeld, dioxines en furanen ontstaan als ongewenste bijproducten bij verbrandingsprocessen en chemische reacties met chloor. In de staalindustrie kan cadmium vrijkomen bij de productie van non-ferrometalen. Daarnaast worden ZS zoals benzeen, een kankerverwekkende stof, gebruikt als oplosmiddel en grondstof voor de productie van andere chemicaliën. Asbest, hoewel grotendeels uitgefaseerd, is nog veelvuldig aanwezig in Vlaanderen omdat het vroeger veel werd gebruikt als bouw materiaal vanwege zijn hittebestendige eigenschappen.

Voor ZS die als grondstoffen in productieprocessen worden gebruikt, is substitutie een belangrijk uitgangspunt. Dit betekent het vervangen van gevaarlijke stoffen door veiligere alternatieven om risico's voor mens en milieu te verminderen. Bijvoorbeeld, in de verf- en coatingsindustrie kan chroom-6, dat wordt gebruikt vanwege zijn corrosiebestendige eigenschappen, vervangen worden door het minder schadelijke chroom-3. In de landbouw kunnen schadelijke pesticiden zoals dichloor-difenyldichloorethaan (DDT) vervangen worden door biologische bestrijdingsmiddelen of synthetische alternatieven met een lager risico voor gezondheid en milieu. In de kunststofindustrie kunnen ftalaten, die als weekmakers worden gebruikt maar toxisch zijn voor reproductie, vervangen worden door weekmakers op basis van adipaten of citraten, die een beter veiligheidsprofiel hebben.

---

## HOOFDSTUK 3. MILIEUJURIDISCHE SITUERING



## HOOFDSTUK 3. MILIEUJURIDISCHE SITUERING

### 3.1 MILIEUJURIDISCHE SITUERING

In onderstaande paragrafen wordt het milieujuridisch kader van deze BBT-studie geschetst. De aandacht gaat hierbij voornamelijk uit naar de regelgeving in Vlaanderen. Daarnaast komen ook de nationale en Europese regelgeving aan bod, en wordt vergeleken met algemeen emissiebeleid in buurlanden Nederland, Duitsland en Frankrijk.

#### 3.1.1 VLAREM MILIEUVOORWAARDEN

VLAREM II (Besluit van de Vlaamse regering houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne) regelt de indeling en milieuvoorwaarden voor de hinderlijke inrichtingen in het Vlaamse Gewest. Daarnaast bevat het milieukwaliteitsnormen voor verschillende onderdelen van het milieu, voor onder andere concentraties van een aantal ZS. VLAREM III (Besluit van de Vlaamse regering houdende bijkomende algemene en sectorale bepalingen voor GPBV-installaties) geeft bijkomende milieuvoorwaarden voor GPBV-installaties.

##### 3.1.1.1 VLAREM II – MILIEUKWALITEITSNORMEN

Milieukwaliteitsnormen (MKN) worden door de overheid gehanteerd bij het plannen en bij het realiseren van haar beleid. De duurzame ontwikkeling en de bescherming van een gezond leefmilieu, [zijn algemene basismilieukwaliteitsnormen](#).

In [deel 2 van VLAREM II](#) zijn milieukwaliteitsnormen opgenomen voor onder meer voor lucht en stofneerslag uit de lucht, en voor oppervlaktewater en waterbodems, voor bodem en grondwater. Een aantal relevante milieukwaliteitsnormen voor ZS zijn hier beschreven, met focus op hun relatie tot ZS-luchtemissies.

#### LUCHT EN DEPOSITIE

VLAREM II bevat diverse MKN voor lucht, beschreven in [Hoofdstuk 2.5](#) van VLAREM II. Zo zijn er onder andere

- [Milieukwaliteitsnormen voor lucht](#) voor o.a. cadmium, monovinylchloride en asbest
- [grenswaarden voor de bescherming van de menselijke gezondheid](#) voor o.a. benzeen en lood
- [Streefwaarden](#) voor arseen, cadmium, nikkel en benzo(a)pyreen

Op 23 oktober 2024 trad [EU richtlijn 2024/2881](#) betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa in werking. Ten opzichte van eerdere EU wetgeving omvat deze een verstrenging voor grenswaarden van benzeen, en verandering van streefwaarden voor As, Cd, Ni en benzo(a)pyreen in grenswaarden, vanaf 1/1/2030. De omzetting in VLAREM is in voorbereiding.

Deze grens-, richt- en streefwaarden zijn ook overgenomen in de Excel-bijlage bij deze BBT-studie, werkblad 'Omgeving\_grens-advieswaarden'.

[Bijlage 2.5.2](#) bevat MKN (jaargemiddelde richt- en grenswaarden voor stofneerslag (depositie)) voor o.a.:

- Lood
  - richtwaarde 175 µg/m<sup>2</sup>.dag
  - grenswaarde 2100 µg/m<sup>2</sup>.dag

- Cadmium: richtwaarde 18 µg/m<sup>2</sup>.dag

Deze normering voor depositie trad in werking op 1/1/2024. ([VMM](#), 2024)

In [beschermingszones](#) gelden als grenswaarden de richtwaarden vermeld in de bijlagen [2.5.1](#) en [2.5.2](#). Voor de parameters waarvoor in deze bijlagen geen richtwaarden zijn vastgesteld gelden als grenswaarden 80 % van de grenswaarden vermeld in deze bijlagen.

#### OPPERVLAKTEWATER, WATERBODEMS EN BODEM EN GRONDWATER

Voor oppervlaktewater zijn er [basismilieukwaliteitsnormen](#) voor de beoordeling van de goede ecologische en de goede chemische toestand van oppervlaktewateren. [Bijlage 2.3.1, § 4](#) bevat MKN voor verschillende ZS, waaronder deze die aangeduid zijn als prioritaire stof (bv. benzeen, 1,2-dichloorethaan,...) of prioritair gevaarlijke stof (bv. dioxinen en dioxineachtige verbindingen, dicofol, verschillende PAK's, PFOS, gebromeerde difenylethers, cadmium, kwik, ...).

Aanvullend zijn er:

- MKN voor [oppervlaktewater, bestemd voor drinkwaterproductie](#), met o.a. grenswaarde voor diverse ZS
- MKN voor [oppervlaktewater, bestemming zwemwater](#)
- MKN voor [oppervlaktewater, bestemd voor schelpdieren](#)

De basismilieukwaliteitsnormen gelden ook voor deze oppervlaktewateren als ze de voor die wateren geldende, bijzondere milieukwaliteitsnormen aanvullen of verstrengen.

Analoog zijn er [\(basis\)milieukwaliteitsnormen voor waterbodems](#) voor diverse ZS. Voor [grondwater](#) zijn er o.a. MKN voor "toxische stoffen", waaronder een aantal ZS. Voor [bodems](#) zijn er MKN streefwaarden voor o.a. divers organische verbindingen en zware metalen, waaronder een aantal ZS.

#### 3.1.1.2 VLAREM II - INDELINGSLIJST

In VLAREM II wordt onderscheid gemaakt tussen drie klassen van hinderlijke inrichtingen. De inrichtingen of activiteiten van de eerste klasse brengen de grootste risico's of hinder mee. De inrichtingen of activiteiten van de derde klasse brengen de minste risico's of hinder mee.

Tot welke klasse een inrichting hoort, hangt af van de voorkomende rubrieken, vermeld in bijlage 1 van VLAREM II 'Indelingslijst'.

Activiteiten gelinkt aan het gebruik of verwerking van ZS, of ZS-emissies naar lucht vallen niet onder één bepaalde rubriek van de indelingslijst of één bepaalde klasse. De BBT-studie richt zich wel op die activiteiten of inrichtingen die ingedeeld zijn volgens één of meerdere rubrieken van de [indelingslijst](#), m.a.w. op ingedeelde inrichtingen of activiteiten.

#### 3.1.1.3 VLAREM II - MILIEUVOORWAARDEN

VLAREM II beschrijft de milieuvoorwaarden waaraan ingedeelde inrichtingen moeten voldoen. Er worden drie soorten milieuvoorwaarden onderscheiden: algemene, sectorale en bijzondere. De algemene milieuvoorwaarden zijn van toepassing op alle hinderlijke inrichtingen. De sectorale milieuvoorwaarden zijn specifiek van toepassing op welbepaalde hinderlijke inrichtingen, en primeren op de algemene voorwaarden. Daarnaast voorziet VLAREM II ook de mogelijkheid om bijzondere milieuvoorwaarden op te leggen in de vergunning.

Relevante algemene voorwaarden beschreven in Deel 4 van VLAREM II, meer bepaald onder 'Beheersing van luchtverontreiniging' (Hoofdstuk 4.4), worden hieronder weergegeven.

## ALGEMENE MILIEUVOORWAARDEN

Volgens [artikel 4.1.2.1](#) van VLAREM II moet een exploitant als normaal zorgvuldig persoon steeds de beste beschikbare technieken toepassen ter bescherming van mens en milieu, en dit zowel bij de keuze van behandelingsmethodes op het niveau van de emissies, als bij de keuze van bronbeperkende maatregelen (aangepaste productietechnieken en -methoden, grondstoffenbeheersing, energie en dergelijke meer). Bij de bepaling van de BBT moeten de criteria van [bijlage 3.3](#) in aanmerking worden genomen. Deze verplichting geldt eveneens voor wijzigingen aan ingedeelde inrichtingen, alsook voor activiteiten die op zichzelf niet vergunnings- of meldingsplichtig zijn. De naleving van de voorwaarden in VLAREM en/of de omgevingsvergunning voor de exploitatie van de ingedeelde inrichting of activiteit wordt geacht overeen te stemmen met deze verplichting.

De verplichting tot het indienen van een integraal milieujaarverslag (IMJV) wordt geregeld door [afdeling 4.1.8](#) van VLAREM II. Hierin wordt onder meer vermeld dat bij de opmaak van het IMJV er optimaal gebruik gemaakt moet worden van de resultaten van emissiemetingen die aan de exploitant zijn opgelegd door VLAREM, door de omgevingsvergunning en/of in het kader van afvalwaterheffingen.

Van specifiek belang voor onderhavige studie is [artikel 4.4.2.1](#) betreffende de toepassing van de Beste Beschikbare Technieken:

*“De installaties worden ontworpen, gebouwd en geëxploiteerd volgens een code van goede praktijk zodat de luchtverontreiniging die van die installaties afkomstig is, maximaal wordt beperkt en indien mogelijk zelfs wordt voorkomen. De installaties worden daarvoor uitgerust en geëxploiteerd met middelen ter beperking van de emissies die met de beste beschikbare technieken overeenkomen. De emissiebeperkende maatregelen zijn gericht op zowel een vermindering van de massaconcentratie als een vermindering van de massastromen van de installatie uitgaande luchtverontreiniging. Daarbij wordt in het bijzonder rekening gehouden met:*

- a) maatregelen ter vermindering van de hoeveelheid afgas, zoals inkapselen van installatiedelen en doelgericht opvangen van stromen afgas;*
- b) maatregelen ter optimalisering van de gebruikte stoffen en energie;*
- c) maatregelen ter optimalisering van de handelingen voor opstarten en stilleggen en overige bijzondere bedrijfsomstandigheden.*

*Voor bestaande installaties wordt bij de toepassing van de eis met betrekking tot het gebruik van de beste beschikbare technieken, vermeld in het eerste lid, rekening gehouden met:*

- 1° de technische kenmerken van de inrichting;*
- 2° de gebruiksgraad en de residuele levensduur van de inrichting;*
- 3° de aard en het volume van de verontreinigende emissies van de inrichting;*
- 4° de wenselijkheid om geen overmatige hoge kosten te veroorzaken voor de betrokken inrichting, met name rekening houdend met de economische situatie van de ondernemingen die tot de betrokken categorie behoren.”*

Voor de evacuatie van de afgassen vermeldt [art. 4.4.2.2](#): *“Met behoud van de toepassing van artikel 4.4.2.1 worden dampen, nevels en afgassen op de plaats waar ze ontstaan opgevangen en, na de eventueel noodzakelijke zuivering ter naleving van de emissie- en immisievoorschriften die van toepassing zijn, geëmitteerd.”.*

Artikel [4.4.3.1](#) verwijst naar de in [bijlage 4.4.2](#) bij VLAREM II opgenomen algemene emissiegrenswaarden die van toepassing zijn op de geloosde afgassen (geleide emissies) vanaf een bepaalde massastroom (g of kg/uur). Hierbij moet niet enkel rekening gehouden worden met de emissie per emissiepunt, maar met de totale emissie voor de ganse milieutechnische eenheid (alle emissies van het totale bedrijf). Een overzicht van de algemene emissiegrenswaarden is overgenomen in de Excel-bijlage bij deze BBT-studie.

Bij aanwezigheid van verscheidene stoffen die samen onder een van de punten 6°, 7°, 8°, 9°, 10°, 11°, 12°, 13°, 14° en 15°, vermeld in [bijlage 4.4.2](#), zijn geklasseerd, gelden de emissiegrenswaarden, die per stof zijn voorgeschreven, ook voor de som van de verschillende samen onder één subpunt geklasseerde stoffen.

Bij aanwezigheid van stoffen als vermeld in punt 9°, 10° en 11° van [bijlage 4.4.2](#), mag, bij een totale massastroom van 3 kg/uur of meer, de massaconcentratie in het afgas 150 mg/Nm<sup>3</sup> niet overschrijden.

Stoffen die niet in de lijst van organische stoffen voorkomen, worden gerekend tot de groep waarvan de stoffen wat betreft hun invloed op het milieu die stoffen het meest nabijkomen. Daarbij wordt in het bijzonder rekening gehouden met de afbreekbaarheid en bio-accumulatie, toxiciteit, invloeden van afbraakprocessen met hun betreffende reactieproducten en geurintensiteit. Dat kan geregeld worden in de omgevingsvergunning voor de exploitatie van de ingedeelde inrichting of activiteit.

Volgens [artikel 4.4.3.2](#) kunnen in de omgevingsvergunning voor de exploitatie van de ingedeelde inrichting of activiteit:

1° *in functie van de milieukwaliteitsnormen voor de lucht strengere emissiegrenswaarden worden opgelegd;*

2° *bij emissies waar stoom het dragergas en hoofdbestanddeel is, in afwijking van artikel 4.4.3.3, §1, de emissiegrenswaarden met inbegrip van het watergehalte worden toegepast. Emissies met natte pluimen als gevolg van natte gaswassers zijn uitgesloten van deze bepaling; de vergunningverlenende overheid doet daarover uitspraak in de omgevingsvergunning voor de exploitatie van de ingedeelde inrichting of activiteit;*

3° *emissiegrenswaarden voor bepaalde stoffen worden opgelegd, uitgedrukt in massastromen;*

4° *emissiebeperkingen worden opgelegd voor al dan niet gespecificeerde stoffen, uitgedrukt in maximale stofneerslaghoeveelheden op de bodem in de omgeving van de inrichting of in milieukwaliteitsnormen in de omgevingslucht rondom de inrichting.*

Emissiegrenswaarden in de vorm van concentraties worden uitgedrukt in mg/Nm<sup>3</sup> en hebben betrekking op geleide emissies in de volgende omstandigheden: temperatuur 273,15 K, druk 101,3 kPa, droog gas. De luchthoeveelheden die naar een onderdeel van een installatie worden toegevoerd om het afvalgas te verdunnen of af te koelen, blijven bij de bepaling van de emissiewaarden buiten beschouwing. ([artikel 4.4.3.3, §1](#))

De emissiegrenswaarden gelden voor elk emissiepunt waarvoor de grensmassastroom, vermeld in [bijlage 4.4.2](#) of in andere bepalingen van dit besluit, wordt overschreden. Als voor de hele milieutechnische eenheid de grensmassastroom, vermeld in bijlage 4.4.2 of in andere bepalingen van dit besluit, wordt overschreden, voldoet ook de debietgewogen gemiddelde concentratie van de emissies uit de milieutechnische eenheid aan de emissiegrenswaarden. ([artikel 4.4.3.3, §2](#))

Tenzij anders vermeld in de omgevingsvergunning, geldt voor de geloosde afgassen een referentiezuurstofgehalte van 18% als naverbranding gebruikt wordt als afgasreinigingstechniek. ([artikel 4.4.3.3, §3](#))

[Afdeling 4.4.4](#) bevat voorwaarden voor meetstrategie en toetsing meetwaarden. Ze bevat onder meer volgende bepalingen onder [artikel 4.4.4.1](#):

*§ 5. Tegelijkertijd met de uitvoering van de periodieke en continue metingen van de relevante parameters, worden de betrokken procesparameters, namelijk minimaal waterdampgehalte, temperatuur, druk en debiet periodiek dan wel continu gemeten en geregistreerd. De meting van die*

*procesparameters is niet vereist als die maar een beperkte variatie vertonen die verwaarloosbaar is voor de bepaling van de emissiewaarden of als die met andere methoden met een voldoende zekerheid bepaald kunnen worden.*

*§6. De meetfrequentie, vermeld in [bijlage 4.4.3](#), en het controleprogramma, vermeld in [bijlage 4.4.4](#), worden toegepast op het geheel van de milieutechnische eenheid.*

*Om de emissies van de milieutechnische eenheid te bepalen, wordt er bij de start van het meetprogramma op alle emissiepunten gemeten. Hetzelfde geldt bij wijzigingen in het productieproces die een wijziging van de emissies kunnen veroorzaken.*

*Op basis van de meetresultaten, verkregen conform het tweede lid, kunnen voor de verdere meting deelstromen worden weggelaten die niet of niet significant bijdragen tot de emissies. Het weglaten van de metingen op bepaalde deelstromen wordt aanvaard als de massastroom van de betreffende deelstroom de massastroom, vermeld in [bijlage 4.4.3](#), niet overschrijdt, in een van de volgende gevallen:*

*1° de som van de emissies van de gemeten deelstromen bedraagt maximaal 5% van de emissies van de verontreinigende stof in kwestie voor de hele milieutechnische eenheid en de massastromen van de individuele deelstromen overschrijden de massastromen, vermeld in paragraaf 1, paragraaf 2 of [bijlage 4.4.3](#), niet;*

*2° het is vooraf goedgekeurd door de toezichthouder.*

*Op basis van de meetresultaten, verkregen conform het tweede lid, kunnen voor de verdere meting deelstromen met een verminderde meetfrequentie worden gemeten. De verminderde meetfrequentie die zal worden toegepast, wordt vooraf goedgekeurd door de toezichthouder en voldoet minimaal aan de meetfrequentie, vermeld in [bijlage 4.4.3](#), op basis van de massastroom van de betreffende deelstroom. Indien de toezichthouder niet binnen de twee maand reageert op de aanvraag voor de verminderde meetfrequentie, wordt de aanvraag van rechtswege goedgekeurd.*

*Voor ZS is verder ook [artikel 4.4.4.2](#), § 2 in het bijzonder relevant, aangezien voor tal van ZS nog geen meetmethode wordt voorgeschreven in [bijlage 4.4.2](#), en vele andere ZS niet zijn opgenomen in [bijlage 4.4.2](#):*

*De bemonstering en analyse van de verontreinigende stoffen in kwestie en de metingen van procesparameters, alsook de referentiemeetmethoden om de geautomatiseerde systemen te ijken, worden uitgevoerd volgens de meetmethoden, vermeld in [bijlage 4.4.2](#). Als er geen meetmethoden zijn opgenomen in deze bijlagen, worden de volgende methoden toegepast:*

*1° de methoden, vermeld in de toepasselijke bepalingen in de wetten, decreten en besluiten die van toepassing zijn in het Vlaamse Gewest;*

*2° de methoden, vermeld in Belgische normen die uitgegeven zijn door het NBN;*

*3° de methoden, vermeld in normen die uitgegeven zijn door het Comité Européen de Normalisation (CEN);*

*4° de methoden, vermeld in normen die uitgegeven zijn door de International Organisation for Standardization (ISO);*

*5° de methoden van een in die materie onderlegde instelling of erkend laboratorium, die door het referentielaboratorium van het Vlaamse Gewest, vermeld in artikel 4, §1, 36°, van het VLAREL, en de afdeling Milieu, bevoegd voor de omgevingsvergunning, geschikt bevonden zijn.*

*De volgorde, vermeld in het eerste lid, is bepalend. De Vlaamse minister, bevoegd voor het leefmilieu en het waterbeleid, kan de methoden, vermeld in het eerste lid, 3° en 4°, nader bepalen.*

Verder wordt in [VLAREM II artikel 4.4.4.5](#) beschreven in welke gevallen en onder welke voorwaarden een afgas wordt geacht in overeenstemming te zijn met de emissiegrenswaarden. Er zijn specifieke voorzieningen voor opstart- en stillegghandelingen, maar niet voor abnormale bedrijfsomstandigheden in bredere zin.

### SECTORALE MILIEUVOORWAARDEN

De sectorale voorwaarden voor diverse ingedeelde inrichtingen en activiteiten zijn opgenomen in [Deel 5 van VLAREM II](#). Respectievelijk artikels/bepalingen zijn van toepassing afhankelijk van de indeling in specifieke (sub)rubrieken in de [indelingslijst/rubriekenlijst](#).

Wanneer er sectorale emissiegrenswaarden van toepassing zijn op een bepaalde emissie, hebben deze voorrang op de algemene emissiegrenswaarden. Het is dus nuttig om te analyseren welke emissies wel, en welke niet, vallen onder het toepassingsgebied van de sectorale emissiegrenswaarden. Dit vormt onderdeel van de stoffiches in [bijlage 2](#).

In het kader van deze BBT-studie zijn in het bijzonder de sectorale voorwaarden voor activiteiten die gebruik maken van organische oplosmiddelen ([hoofdstuk 5.59 van VLAREM II](#)) vermeldenswaardig. Volgens [artikel 5.59.2.2](#) geldt:

*“§ 1. Stoffen of mengsels waaraan een of meer van de gevarenaanduidingen H340, H350, H350i, H360D of H360F [...] is of zijn toegekend of die van deze aanduidingen moeten zijn voorzien wegens hun gehalte aan VOS die krachtens de CLP-verordening als kankerverwekkend, mutageen of toxisch voor de voortplanting zijn ingedeeld, worden als dat mogelijk is en binnen zo kort mogelijke tijd door minder schadelijke stoffen of mengsels vervangen.*

*§ 2. Voor de uitstoot van de in paragraaf 1 vermelde VOS, waarbij de massastroom van de stoffen waarvoor de in paragraaf 1 vermelde etikettering verplicht is, in totaal 10 g/uur of meer bedraagt, geldt een emissiegrenswaarde van 2 mg/ Nm<sup>3</sup>. De emissiegrenswaarde geldt voor de totale massa van de stoffen in kwestie*

*§ 3. Voor de uitstoot van gehalogeneerde VOS waaraan [...] de gevarenaanduidingen H341 of H351 zijn toegekend, waarbij de massastroom van de stoffen waarvoor de vermelding van [...], H341 of H351 verplicht is, in totaal 100 g/uur of meer bedraagt, geldt een emissiegrenswaarde van 20 mg/ Nm<sup>3</sup>. De emissiegrenswaarde geldt voor de totale massa van de stoffen in kwestie.*

*De uitstoot van VOS, vermeld in het eerste lid en in paragraaf 1, wordt beperkt alsof het om emissies gaat van een installatie in een gesloten systeem, als dat technisch en economisch haalbaar is, om de volksgezondheid en het milieu te beschermen.”*

### BIJZONDERE MILIEUVOORWAARDEN

Overeenkomstig hoofdstuk 3.3 van VLAREM II, kan de bevoegde overheid bijzondere milieuvoorwaarden opleggen.

Bijzondere milieuvoorwaarden vullen de algemene en/of sectorale milieuvoorwaarden aan, of stellen bijkomende eisen. Ze worden opgelegd met het oog op de bescherming van de mens en het leefmilieu, en met het oog op het bereiken van de milieukwaliteitsnormen.

Ook bijzondere emissiegrenswaarden hebben voorrang op algemene emissiegrenswaarden. Deze werden niet systematisch gescreend bij de analyse in de stoffiches in [bijlage 2](#), maar voor enkele belangrijke emissiebronnen werd dit ad hoc bekeken.

### 3.1.1.4 VLAREM III

VLAREM III geeft bijkomende milieuvorwaarden voor GPBV-installaties. Het gaat hier om activiteiten die vallen onder het toepassingsgebied van Hoofdstuk II van de [Richtlijn Industriële Emissies](#) (RIE, 2010/75/EU, zie paragraaf 2.4.4). Deze zogenaamde GPBV-activiteiten zijn in de [indelingslijst](#) (Bijlage I van VLAREM II) aangeduid met een in de kolom X in de kolom 'Opmerkingen'.

Voor luchtemissies zijn voornamelijk de [sectorale voorwaarden in VLAREM III](#) van belang. Deze vloeien voort uit de BBT-conclusies die zijn vastgelegd in het kader van de RIE. Op het moment van schrijven zijn er sectorale voorwaarden voor 18 types van activiteiten.

Ook deze sectorale emissiegrenswaarden hebben voorrang op de algemene emissiegrenswaarden. Analoog aan de sectorale emissiegrenswaarden van VLAREM II, zijn deze uit VLAREM III meegenomen in de analyse in de stoffiches in [bijlage 2](#).

### 3.1.2 OVERIGE VLAAMSE REGELGEVING

De onderstaande paragraaf geeft een oplistng (niet-limitatieve lijst) van overige Vlaamse milieuregelgeving die relevant is voor algemene luchtemissiegrenswaarden.

#### MILIEUEFFECT EN VEILIGHEIDSRAPPORTAGE

Het uitgangspunt van milieueffectrapportage (m.e.r.) is dat al in het stadium van de planning en de besluitvorming van bepaalde activiteiten de mogelijke schadelijke effecten voor mens en milieu in kaart worden gebracht, samen met die van de bestaande alternatieven voor die activiteiten. Deze regel volgt uit het voorzorgsbeginsel en het beginsel van preventief handelen (ook wel het voorkomingsbeginsel genoemd). Hetzelfde geldt voor veiligheidsrapportage (v.r.) die erop gericht is de risico's van zware ongevallen te identificeren, beoogt zware ongevallen te voorkomen en de gevolgen ervan voor mens en milieu te beperken.

Voor meer informatie in verband met m.e.r. wordt verwezen naar:

<https://www.vlaanderen.be/natuur-milieu-en-klimaat/milieueffectrapportage>

Voor meer informatie in verband met v.r. wordt verwezen naar:

<https://omgeving.vlaanderen.be/nl/over-veiligheidsrapportage>

### 3.1.3 OVERIGE BELGISCHE WETGEVING

De bescherming van het welzijn van de werknemers tegen de risico's van chemische agentia op het werk wordt geregeld door titel 1 betreffende de chemische agentia van boek VI van de codex over het welzijn op het werk.

De lijst van grenswaarden voor beroepsmatige blootstelling aan chemische agentia werd opgenomen in [bijlage VI.1-1 van de codex](#). De informatie uit deze lijst is opgenomen in de stoffenlijst in de Excel bijlage bij deze BBT-studie, ter indicatieve vergelijking, zie ook 1.2.6.

Voor meer informatie wordt verwezen naar:

<https://werk.belgie.be/nl/themas/welzijn-op-het-werk/chemische-kankerverwekkende-mutagene-en-reprotoxische-agentia-en-1>

### 3.1.4 EUROPESE WETGEVING

#### REACH

De EU [REACH-verordening](#) (nr. 1907/2006) bepaalt het Europese beleid voor de productie, het gebruik en de handel in chemische stoffen. Onder REACH zijn er procedures om blootstelling aan zeer zorgwekkende stoffen te beheersen, namelijk de autorisatie- en restrictieprocedures.

De autorisatieprocedure heeft drie fases: het register van SVHC-intenties (Substances of Very High Concern, ofwel Zeer Zorgwekkende Stoffen), de REACH-kandidaatslijst SVHC, en de autorisatielijst. Het [register van SVHC-intenties](#) bevat stoffen met een of meer eigenschappen die overeenkomen met de criteria van Artikel 57 van REACH, en waarvoor een dossier is ingediend. Deze [REACH artikel 57](#) criteria omvatten stoffen die kankerverwekkend, mutageen, reproductief giftig, persistent, bioaccumulerend of giftig zijn, of die andere zorgwekkende eigenschappen hebben:

- a) stoffen die voldoen aan de criteria voor indeling in de gevarenklasse kankerverwekkendheid van categorie 1A of 1B overeenkomstig afdeling 3.6, van bijlage I bij Verordening (EG) nr. 1272/2008;*
- b) stoffen die voldoen aan de criteria voor indeling in de gevarenklasse mutageniteit in geslachtscellen van categorie 1A of 1B overeenkomstig afdeling 3.5, van bijlage I bij Verordening (EG) nr. 1272/2008;*
- c) stoffen die voldoen aan de criteria voor indeling in de gevarenklasse voortplantingstoxiciteit categorie 1A of 1B, schadelijke effecten voor de seksuele functie, de vruchtbaarheid of de ontwikkeling, overeenkomstig afdeling 3.7, van bijlage I bij Verordening (EG) nr. 1272/2008;*
- d) stoffen die volgens de criteria van bijlage XIII persistent, bioaccumulerend en toxisch zijn;*
- e) stoffen die volgens de criteria van bijlage XIII zeer persistent en zeer bioaccumulerend zijn;*
- f) stoffen, zoals die welke hormoonontregelende eigenschappen hebben of die welke persistente, bioaccumulerende en toxische eigenschappen of zeer persistente en zeer bioaccumulerende eigenschappen hebben, die niet aan de criteria onder d) en e) voldoen, ten aanzien waarvan wetenschappelijke aanwijzingen worden gevonden voor waarschijnlijke ernstige gevolgen voor de gezondheid van de mens of voor het milieu die even zorgwekkend zijn als die van de stoffen die onder a) tot en met e) zijn vermeld en die per afzonderlijk geval volgens de procedure van artikel 59 worden vastgesteld.*

De [kandidaatslijst](#) bevat stoffen die mogelijk autorisatie vereisen voor verder gebruik. De prioritering voor deze lijst wordt bepaald door de ernst van het gevaar, wijdverbreid gebruik, en het tonnage. Zodra stoffen op deze lijst staan, worden ze verder beoordeeld om te bepalen of ze autorisatie nodig hebben. [REACH artikel 58.3](#) beschrijft dat normaliter voorrang wordt gegeven aan stoffen met:

- a) PBT- of zPzB-eigenschappen; of*
- b) sterk verspreid gebruik; of*
- c) grote hoeveelheden.*

ECHA (European Chemicals Agency) heeft een [procedure](#) (ECHA, 2014) uitgewerkt om (groepen van) stoffen te prioriteren volgens drie criteria: inherente (gevaars)eigenschappen cfr. REACH artikel 57, gebruiksvolumes, en wijdverspreid gebruik. Voor de drie criteria worden scores toegekend die de

noodzaak om te prioriteren reflecteren, waarbij de maximumscores, en dus het maximum relatieve gewicht, voor de drie criteria gelijk zijn. Bijvoorbeeld voor het criterium inherente eigenschappen zijn de scores als volgt (met referentie naar respectievelijke REACH artikel 57 criteria):

| Inherente eigenschap                                                                                            | Categorie | Score |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|
| CMR-stoffen (57(a) en/of (b) en/of (c))                                                                         | Laag      | 1     |
| Hormoonverstoorders (57(f))                                                                                     | Medium    | 7     |
| PBT – Persistent, Bioaccumulerend en Toxisch (57(d))<br>of zPzB – zeer Persistent, zeer Bioaccumulerend (57(e)) | Hoog      | 13    |
| PBT (57(d)) én een andere SVHC-eigenschap                                                                       | Hoog      | 15    |
| zPzB (57(e)) én een andere SVHC-eigenschap                                                                      | Hoog      | 15    |

Hieruit blijkt duidelijk een hoge prioriteit voor PBT- en zPzB-stoffen, en de hoogste prioriteit wanneer deze tegelijk met een andere eigenschap (CMR of hormoonverstorend) voorkomen. Tegelijk benadrukt het document dat dit geen deprioritering voor stoffen met enkel CMR-eigenschappen inhoudt. De score voor dit criterium wordt opgeteld bij de score voor het gebruiksvolume (bepaald door aantal ton/jaar) en de score voor wijdverspreide gebruik (bepaald door geen, enkel industrieel, enkel professioneel of consumentengebruik). Naast deze scores, kunnen andere overwegingen in rekening gebracht worden, zoals het vermijden van zogenaamde 'regrettable substitution' (vervanging door stoffen met gelijkaardige eigenschappen) of het vermijden van mogelijke conflicten met andere regelgeving/beleid.

Voor stoffen die voldoen aan de PBT- en zPzB-criteria dienen producenten en importeurs de informatie uiterlijk wanneer ze als zodanig op de kandidatenlijst worden opgenomen in hun CSR te gebruiken wanneer ze op hun locaties risicobeheersmaatregelen implementeren en deze aan downstreamgebruikers aanbevelen om blootstelling en emissies voor de mens en het milieu tot een minimum te beperken. Op basis van die aanbeveling moeten downstreamgebruikers passende maatregelen vaststellen en toepassen om de hiermee in verband staande risico's op adequate wijze te beheersen. (ECHA, 2024)

De overgang naar de [autorisatielijst](#) (REACH bijlage XIV) is dus afhankelijk van diverse factoren, waaronder het gebruik, de hoeveelheid en het risico.

De restrictieprocedure, een andere pijler van REACH, beperkt of verbiedt bepaalde stoffen vanwege hun risico voor mens en milieu. Stoffen die als kankerverwekkend, mutageen of reproductief giftig zijn, komen vaak op de [restrictielijst](#) (REACH bijlage XVII), vooral als ze door consumenten gebruikt kunnen worden. De restrictielijst is een "levende" lijst, waar stoffen kunnen worden toegevoegd of verwijderd. Het voordeel van restrictie is dat het ook geldt voor geïmporteerde producten. Ook hier wordt gewerkt met een [register van restrictie-intenties](#), voorafgaand aan effectieve opname in de restrictielijst.

[Deze infographic](#) door ECHA biedt een schematisch overzicht van de aanpak van zogenoemde 'substances of concern'. Ter ondersteuning van het beleid, stelt ECHA, naast bovengenoemde officiële lijsten, ook informatieve lijsten ter beschikking van:

- [PBT-beoordelingen door lidstaten](#): beoordeling van 238 stoffen (21 november 2024); uitspraak of PBT, zPzB, of niet, niet doorslaggevend, of nog in onderzoek. Dit omvat niet alle stoffen die in de autorisatielijst ([REACH bijlage XIV](#)) en de [kandidaatslijst](#) als PBT of zPzB opgenomen zijn. De kandidaatslijst is dus mogelijk een betere bron om te raadplegen.
- [Beoordeling hormoonverstoring door lidstaten](#): beoordeling van 127 stoffen (8 november 2024); uitspraak of hormoonverstorend in milieu (ED ENV), hormoonverstorend in de mens (ED HH), niet hormoonverstorend, of nog in onderzoek. Dit omvat niet alle stoffen die in de autorisatielijst ([REACH bijlage XIV](#)) en de [kandidaatslijst](#) als PBT of zPzB opgenomen zijn. De kandidaatslijst is dus mogelijk een betere bron om te raadplegen.

### CLP VERORDENING

De [CLP-verordening](#) van de EU (nr. 1272/2008) bepaalt de classificatie, etikettering en verpakking van chemische stoffen en mengsels. Chemische stoffen worden ingedeeld volgens verschillende gevarenklassen die betrekking hebben op fysische, gezondheids- en milieurisico's, en aanvullende gevaren. Fabrikanten, importeurs en gebruikers zijn verplicht om stoffen en mengsels volgens CLP te classificeren en te etiketteren, wat helpt om een hoge mate van bescherming te garanderen.

[Bijlage VI van de CLP-verordening](#) bevat de geharmoniseerde indelingen voor de gehele EU. Deze bijlage is een "levende" lijst, waar nieuwe stoffen aan kunnen worden toegevoegd of bestaande classificaties kunnen worden aangepast. De procedure voor geharmoniseerde classificaties omvat openbare raadplegingen en beoordelingen door het Comité Risicobeoordeling (RAC) van ECHA. Analoog aan de REACH intentieregisters, is er, voorafgaand aan de geharmoniseerde indeling, een [register van intentie van indeling en etikettering](#).

Bepaalde categorieën kunnen rechtstreeks afgetoetst worden aan REACH artikel 57 criteria, met name kankerverwekkendheid (Carc.) 1A/1B, mutageniteit in geslachtscellen (Muta.) 1A/1B, en voortplantingstoxiciteit (Repr.) 1A/1B. Hetzelfde geldt voor PBT- en zPzB-stoffen, hoewel er voor deze indelingen, nieuw sinds 2023, momenteel nog een [overgangsperiode](#) geldt. Ook hormoonverstoring (endocriene verstoring) bij mens (ED HH 1 of 2) of in het milieu (ED ENV 1 of 2) zijn nieuwe aanduidingen sinds 2023 met dezelfde overgangsregeling. Stoffen met deze eigenschappen kunnen getoetst worden aan criterium 57(f) van REACH. Tot slot worden ook gevarenklassen PMT (persistent, mobiel en toxisch) en zPzM (zeer persistent, zeer mobiel) toegevoegd, met dezelfde overgangsregeling. Deze worden niet expliciet genoemd in de REACH artikel 57 criteria, maar er wordt wel naar gekeken voor toekomstige uitbreiding van de Vlaamse ZS-lijst, zie 2.1.

Momenteel bevat Bijlage VI van CLP ongeveer 4.300 stoffen, waarvan 870 een classificatie in categorie 1A of 1B hebben voor mutageniteit, kankerverwekkendheid of voortplantingstoxiciteit (CMR). Deze indelingen dragen bij aan het identificeren van zorgwekkende stoffen in lijn met de Vlaamse afbakening.

Niet alle stoffen in Bijlage VI hebben echter gezondheidsgelateerde classificaties; sommige zijn geclassificeerd vanwege hun milieugevaren of fysieke eigenschappen. Daarnaast is er voor bepaalde aspecten, zoals persistentie en hormoonverstorende eigenschappen, momenteel geen specifieke indeling in CLP. Voor de meeste stoffen zonder geharmoniseerde classificatie is het aan producenten en importeurs om een indeling te maken, wat kan leiden tot inconsistenties.

### KADERRICHTLIJN WATER (KRW)

De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) is gericht op de kwaliteit van het oppervlakte- en grondwater in Europa. Ze bevat een lijst van stoffen opgesteld die in heel Europa met voorrang moeten worden aangepakt. De Europese Commissie heeft milieukwaliteitsnormen vastgesteld voor deze stoffen. Deze zijn overgenomen in VLAREM, zie 3.1.1.1.

Het gaat om prioritaire stoffen die een groot risico vormen in en via het watermilieu. De meest risicovolle stoffen op de lijst zijn aangemerkt als prioritair gevaarlijke stoffen. De Europese Commissie heeft bepaald dat de lidstaten beheersmaatregelen moeten treffen, gericht op:

- het stoppen van emissies (vrijkomen) van de prioritair gevaarlijke stoffen
- het verminderen van emissies (vrijkomen) van de prioritaire stoffen

Stoffen komen op de Europese lijst als ze in meerdere lidstaten een probleem zijn. Volgens de KRW moeten de lidstaten zelf ook de stoffen in kaart brengen die op nationaal niveau een probleem zijn en maatregelen treffen. De doelen en maatregelen worden beschreven in stroomgebiedbeheerplannen.

De prioritaire stoffen en prioritair gevaarlijke stoffen in bijlage X van de KRW zijn opgenomen in de draft Vlaamse ZS-lijst, zie 2.1.

### OSPAR (PRIORITAIRE STOFFEN VAN DE OSLO-PARIJS CONVENTIE)

De OSPAR Conventie heeft als doel het marine milieu van de Noord-Oost Atlantische Oceaan te beschermen. Verdragspartijen binnen OSPAR zijn 15 landen die afwateren op deze oceaan en de Europese Unie.

Rond 2000 is door OSPAR een lijst opgesteld van verontreinigende stoffen die, met het oog op het mariene milieu, mogelijk actie vanuit OSPAR verdienen. Dit is de zogenoemde '[List of Substances of Possible Concern](#)'. Deze lijst is destijds opgesteld met gegevens uit een groot aantal databases voor stoffen waarvoor de gegevens (veelal schattingen) aangaven dat ze persistent (niet/nauwelijks biologisch afbreekbaar in het milieu) én bioaccumulerend (ophoping van de stof in organismen) én toxisch (giftig) voor aquatische organismen zijn Persistent, Bioaccumulerend én Toxisch, zie ook [PBT/vPvB](#). Ook staan op deze lijst stoffen met een vergelijkbare zorg voor het milieu, bijvoorbeeld [hormoonverstorende stoffen](#). De OSPAR doelstellingen zijn van toepassing op alle stoffen op deze lijst, als hun PBT- of andere gevaarlijke eigenschappen worden bevestigd. In 2002 werd deze lijst door OSPAR vastgesteld.

Van deze lijst is een selectie van verontreinigende stoffen gemaakt die OSPAR met voorrang wil aanpakken, de '[List of Chemicals for Priority Action](#)'. Onderdeel van de acties vanuit OSPAR zijn het stopzetten van lozingen, emissies en verliezen naar het milieu.

Voor deze stoffen heeft OSPAR [achtergronddocumenten](#) opgesteld. Daarin staat informatie over bronnen en routes waarlangs deze stoffen in het milieu komen en mogelijke maatregelen om de OSPAR doelstellingen te bereiken. Elk van deze chemicaliën heeft ook een monitoringstrategie waarin de monitoring en de voortgang richting het doel van het stoppen van de emissies gedetailleerd worden beschreven. Deze factsheet over gevaarlijke stoffen (hazardous substances) geeft in haar tabel 5.1 voor select aantal stoffen aan dat prioriteit ligt bij het aanpakken van puntbronnen: cadmium, lood, kwik, PAKs. Verder worden voor de stoffen voor prioritaire actie vermeld of ze natuurlijk voorkomen, en wat de belangrijkste bronnen (key sources) zijn, bijvoorbeeld (niet exhaustief, slechts aantal voorbeelden):

- Metaalindustrie, fossiele brandstof, chloor-alkali industrie en amalgaam voor tandverzorging voor kwik

- Rubberverwerkende installaties, producten en afvalstromen voor korte keten gechloreerde paraffines (SCCP's)
- Verbranding en bosbranden voor PCDD/PCDF
- Productie, producten en afvalstromen voor gebromeerde vlamvertragers zoals pentaBDE, octaBDE, andere polygebromeerde difenylethers (PBDE's), hexabroomcyclododecaan
- Industriële processen voor trichloorbenzenen
- Polymeerindustrie en producten voor ftalaten (dibutylftalaat DBP en diethylhexylftalaat DEHP)

De uiteindelijke [doelstelling van OSPAR](#) is dat de synthetische stoffen op deze lijst niet meer in zee voorkomen. Voor de stoffen op de lijst die van nature voorkomen, is het einddoel dat de concentratie in zee niet boven het natuurlijke achtergrondniveau uitkomt.

In 2004 heeft OSPAR besloten verder alleen nog stoffen te prioriteren waarvoor het risico voor het zeemilieu onvoldoende aandacht krijgt onder EU-initiatieven (REACH-verordening en richtlijnen etc.). Op grond van hetzelfde principe is vervolgens ook de [List of substances of possible concern](#) herzien. Deze lijst was al geslonken tot ruim 300 stoffen door de verwijdering van stoffen die op grond van nieuwe informatie niet aan de PBT-criteria bleken te voldoen. Bij de herziening van de lijst in 2007-2008 en in 2009-2010 zijn naar een [sub-lijst](#) verplaatst:

- stoffen die niet meer op de markt zijn
- stoffen die reeds voldoende gereguleerd zijn in EU-verband of andere internationale kaders
- stoffen die alleen intermediair zijn in chemische synthese (en daardoor het milieu niet zullen bereiken)

OSPAR focust zich op de resterende stoffen bij de verdere informatievergaring en bij haar inbreng in de implementatie van EU-regelgeving ([Kaderrichtlijn mariene strategie](#), [Kaderrichtlijn Water](#), [REACH](#)).

De OSPAR-stoffen voor prioritaire actie zijn opgenomen in de draft Vlaamse ZS-lijst, zie 2.1.

### POP VERORDENING

Persistente organische verontreinigende stoffen (POP's) zijn toxische stoffen die moeilijk worden afgebroken, zich ophopen in levende organismen en via lucht en water worden verspreid. Vanwege deze eigenschappen kunnen ze over grote afstanden worden getransporteerd, wat leidt tot hun aanwezigheid over de hele wereld. POP's zijn een ernstig risico voor de volksgezondheid en het milieu, en de aanpak van deze verontreiniging vereist internationale samenwerking. De Europese Unie heeft de POP-verordening (EU 2019/1021) ingesteld om dit probleem aan te pakken.

De POP-verordening bevat criteria en lijsten van stoffen. Voor veel van deze stoffen geldt wereldwijd een verbod op productie, handel en gebruik, met enkele uitzonderingen. Daarnaast kan de verordening productie- en emissiebeperkingen opleggen. De criteria voor POP's volgens deze verordening omvatten organische stoffen die persistent zijn, zich in organismen ophopen en een risico vormen voor de gezondheid en het milieu.

Hoewel termen zoals Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) en Substances of Very High Concern (SVHC) niet expliciet in de POP-verordening voorkomen, zijn de criteria vergelijkbaar met bepaalde criteria uit Artikel 57 van REACH, zoals de PBT-criteria.

Veel stoffen in de POP-verordening zijn verboden voor handel en gebruik, maar vanwege hun persistentie en historische gebruik kunnen POP's nog steeds in het milieu en in mensen worden gevonden. Daarom is het belangrijk om aandacht te besteden aan deze stoffen in het Vlaamse beleid voor ZS. (bron: rapport ZZS VITO Health)

Stoffen in bijlage I, II of III bij [POP-verordening](#) zijn opgenomen in de draft Vlaamse ZS-lijst, zie 2.1.

#### BIOCIDEN VERORDENING (BPR) EN GEWASBESCHERMINGSMIDDELEN VERORDENING

De EU-verordening voor biociden (BPR, EU-verordening 528/2012) verbiedt actieve stoffen met bepaalde eigenschappen, tenzij er uitzonderingen of overgangspannen zijn. Deze verboden stoffen worden niet opgenomen in Bijlage 1 van de BPR, wat de lijst is van toegestane actieve stoffen. Stoffen die verboden zijn, omvatten:

- Stoffen die in categorie 1A of 1B van de CLP-verordening vallen als kankerverwekkend, mutageen of reprotoxisch.
- Hormoonverstorende stoffen.
- Persistente, bioaccumulerende en toxische stoffen (PBT).
- Zeer persistente en zeer bioaccumulerende stoffen (zPzB).

De Gewasbeschermingsmiddelen Verordening (EG 1107/2009) bevat een gelijkaardige regeling voor toelating van gewasbeschermingsmiddelen in de EU.

Stoffen die volgens de BPR of Gewasbeschermingsmiddelen Verordening zijn aangeduid als hormoonontregelende stoffen, zijn opgenomen in de draft Vlaamse ZS-lijst, zie 2.1.

#### RICHTLIJN INDUSTRIËLE EMISSIES (RICHTLIJN 2010/75/EG, WIJZIGING 2024/1785/EU)

Industriële installaties met een mogelijk grote impact op het milieu zijn onderworpen aan de Europese Richtlijn inzake Industriële Emissies (RIE). De [RIE](#) (wijziging 2024/1785/EU van 2010/75/EU) verplicht de lidstaten van de EU om grote milieuvervuilende bedrijven te reguleren via een integrale vergunning gebaseerd op de [beste beschikbare technieken \(BBT\)](#). Deze verplichting is van toepassing op alle installaties waarin één of meer van de activiteiten plaatsvinden die vermeld worden in bijlage I van de RIE (zogenaamde GPBV-activiteiten).

In het kader van de RIE worden op Europees niveau [BBT-referentiedocumenten \(BREF's\)](#) opgesteld. Deze BREFs geven aan wat de BBT zijn voor bepaalde activiteiten en welke milieuprestaties met deze BBT haalbaar zijn. Een belangrijk onderdeel van de BREFs zijn de [BBT-conclusies](#). Deze vormen onder de RIE de referentie voor het vaststellen van vergunningsvoorwaarden voor GPBV-installaties in Europa. In Vlaanderen worden de aldus vastgestelde vergunningsvoorwaarden opgelegd via titel III van het VLAREM (zie 3.1.1.4) of via de omgevingsvergunning.

De 'RIE 2.0' (wijziging [2024/1785/EU](#)) voegt onder meer een aantal nieuwe activiteiten toe aan het toepassingsgebied zoals batterijproductie, ontginning van metaalerts en afvalstortplaatsen (voorheen geregeld via [1999/31/EG](#)). Naast milieuprestaties van BBT, beschrijven de BBT-conclusies voortaan ook de milieuprestaties van technieken in opkomst en technieken voor ingrijpende industriële transformatie.

Daarnaast introduceert de RIE 2.0 een nieuw innovatiecentrum voor industriële transformatie en emissies ('[INCITE](#)'), verplicht het een milieubeheersysteem en de opmaak van transformatieplannen voor een duurzame, schone, circulaire, hulpbronnen-efficiënte en klimaatneutrale economie. Voor veeteelt wordt een apart systeem met eenvormige voorwaarden voor uitvoeringsregels voorzien, als alternatief voor een BREF met BBT-conclusies.

Een speciale rol is hierbij voorzien voor de zogenaamde BBT-GEN (de met de BBT geassocieerde emissieniveaus) en BBT-GMPN (de met de BBT geassocieerde milieuprestatieniveaus) die in de BBT-conclusies zijn opgenomen. De BBT-GEN zijn gedefinieerd als "de bandbreedte van emissieniveaus verkregen in normale bedrijfsomstandigheden met gebruikmaking van een BBT of een combinatie van BBT als omschreven in de BBT-conclusies, uitgedrukt als een gemiddelde over een bepaalde periode, in

specifieke referentieomstandigheden.” Voor BBT-GMPN is de definitie gelijkaardig, maar daarbij gaat het om andere milieuprestaties zoals energie-efficiëntie, materialenefficiëntie, waterverbruik, afvalbeheersing, enz. De BBT-GEN vormen hét richtpunt voor de emissiegrenswaarden; BBT-GMPN voor overige vergunningsgrenswaarden. Meer bepaald stelt de richtlijn dat de (emissie)grenswaarden moeten waarborgen dat de emissies onder normale bedrijfsomstandigheden niet hoger zijn dan de BBT-GEN/BBT-GMPN.

In kader van deze BBT-studie werden de BBT-conclusies van BREF's uitgegeven onder de RIE (BREF's uitgegeven na 2010) gescreend, enerzijds om de selectie van parameters voor gerichte studie te ondersteunen (zie 1.2.5), en anderzijds om informatie over emissiebeperkende technieken en algemeen haalbare emissieniveaus in kaart te brengen in hoofdstukken 4, 5 en 6 en bijlage 2.

Voor meer informatie over de RIE en BREF's: zie [emis](#) en de website van [EU-BRITE](#).

### 3.1.5 INTERNATIONALE WETGEVING

#### VERDRAG GRENSOVERSCHRIJDENDE LUCHTVERONTREINIGING OVER LANGE AFSTAND (LONG-RANGE TRANSBOUNDARY AIR POLLUTION)

<https://vmm.vlaanderen.be/beleid/luichtbeleid/internationaal-en-europees-beleid?activeAccordion=70da1085-ca47-4867-93e0-dbd11a56aa1>

De Economische Commissie voor Europa van de Verenigde Naties (UNECE) ondertekende dit verdrag in 1979. Het biedt een internationaal kader met als doel de grensoverschrijdende atmosferische vervuiling aan te pakken. Hieronder vallen protocollen die de emissiereductie beogen van onder andere:

- verzuring
- vermesting
- troposferische ozon
- fijn stof

Zo legt dit verdrag onder meer het kritieke niveau vast voor ammoniak (NH<sub>3</sub>) en de kritische lasten voor verzuring en vermesting.

Het protocol “zware metalen” van het LRTAP-verdrag: de uitstoot van cadmium, lood en kwik blijven beneden hun respectievelijke niveaus van het referentiejaar 1990. Daarnaast legt het protocol een aantal emissiegrenswaarden en productmaatregelen vast om de uitstoot van deze zware metalen te beperken.

#### VERDRAG VAN STOCKHOLM INZAKE PERSISTENTE ORGANISCHE VERONTREINIGENDE STOFFEN

<https://chm.pops.int/>

Dit Verdrag Conventie is in de EU geïmplementeerd in de POP-verordening, zie 3.1.4.

### 3.1.6 BUITENLANDSE WETGEVING

De Europese REACH-regelgeving vormt de basis voor het ZZS-beleid (Zeer Zorgwekkende Stoffen) in Europa. Sommige EU-lidstaten hebben echter hun eigen aanvullende ZZS-(emissie)beleid, dat aansluit op de Europese regelgeving. Hier worden voor Nederland, Frankrijk en Duitsland een aantal relevante zaken uit wetgeving en beleid aangehaald.

## NEDERLAND

Nederland heeft een nationaal beleid ontwikkeld om ZZS uit de leefomgeving te weren. In deze paragraaf volgt een korte samenvatting van het Nederlandse ZZS-beleid, welke stoffen als ZZS worden beschouwd, en de relevantie van dit beleid voor Vlaanderen. Het Nederlandse ZZS-beleid rust op drie pijlers: 1) bronaanpak, zoals substitutie van gevaarlijke stoffen en procesoptimalisatie, 2) minimalisatie van emissies van ZZS naar lucht, water en afval, en 3) voortdurende verbetering.

De Omgevingswet en onderliggende besluiten stellen regels aan ZZS die kunnen vrijkomen bij bedrijfsmatige activiteiten. Het streven is om ZZS uit de leefomgeving te weren. Bedrijven zijn verplicht om hun uitstoot van ZZS naar lucht en water te vermijden. Als dat niet mogelijk is, moeten emissies zo veel mogelijk worden beperkt, onder de zogeheten minimalisatieverplichting. Deze verplichting geldt sinds 1 januari 2016 voor alle Zeer Zorgwekkende Stoffen. Het [Informatiepunt Leefomgeving](#) (IPLO) biedt uitgebreide informatie over het ZZS-beleid en de implementatie ervan.

**ZZS-emissies naar de lucht**

De emissie van Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) naar de lucht in Nederland wordt gereguleerd via vergunningverlening en minimalisatieplicht. Bedrijven die ZZS naar de lucht emitteren, moeten een vergunning aanvragen bij het bevoegd gezag. Deze vergunningverlening is gebaseerd op de Wet activiteiten leefomgeving (Bal), meer specifiek op [paragraaf 5.4.3 over zeer zorgwekkende stoffen](#).

In deze paragraaf van het Bal staat een informatieplicht voor de uitstoot van ZZS. Sinds januari 2024 is een [digitale ZZS-emissiedatabase](#) beschikbaar voor het rapporteren van ZZS-emissies. Er is een wetswijziging in voorbereiding die regelt dat de rapportage van emissies verplicht via de digitale ZZS-emissiedatabase gebeurt.

De vergunningverlening voor luchtemissies is gebaseerd op een stofklasseindeling van stoffen, in [bijlage III van het Bal](#). Als een stof een ZZS blijkt te zijn, wordt deze door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) op de Nederlandse ZZS-lijst geplaatst. Het RIVM gaat dan na welke besluiten er in internationale gremia genomen zijn.

Artikel 5.30 van het Bal beschrijft de algemene emissiegrenswaarden, onder meer voor zeer zorgwekkende stoffen, namelijk stofklassen

- ERS, extreem risicovolle stoffen: 0,05 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> - ondergrens 20 mg TEQ/jaar
- MVP1, minimalisatieverplichte vaste stoffen: 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> - ondergrens 0,075 kg/jaar<sup>21</sup>
- MVP2, minimalisatieverplichte gas- of dampvormige stoffen: 1 mg/Nm<sup>3</sup> - ondergrens 1,25 kg/jaar<sup>22</sup>

De emissiegrenswaarden en ondergrenzen gelden per puntbron. Hierbij worden alle emissies binnen eenzelfde stofklasse gesommeerd. Deze emissiegrenswaarden zijn niet van toepassing als er voor een bepaalde emissie emissiegrenswaarden staan in hoofdstuk 4 van het Bal of als er een BBT-conclusie over de emissie is vastgesteld in het kader van de richtlijn industriële emissies (zie ook paragraaf 3.1.4).

De indeling van de stofklassen MVP1 en MVP2 is gebaseerd op de technische mogelijkheden voor emissiebeperking. Voor emissies in de vorm van deeltjes (stof) geldt dat zeer goede filtertechnieken beschikbaar zijn waarmee een zeer hoge reinigingsgraad bereikt kan worden. Deze stoffen zijn ingedeeld

<sup>21</sup> Ter vergelijking: deze ondergrens komt overeen met ca. 0,009 g/u bij uitbating 24 u/dag, 7 dagen/week – met ca. 0,018 g/u bij uitbating 16 u/dag, 5 dagen/week – en met 0,036 g/u bij uitbating 8 u/dag, 5 dagen/week

<sup>22</sup> Ter vergelijking: deze ondergrens komt overeen met ca. 0,14 g/u bij uitbating 24 u/dag, 7 dagen/week – met ca. 0,30 g/u bij uitbating 16 u/dag, 5 dagen/week – en met ca. 0,60 g/u bij uitbating 8 u/dag, 5 dagen/week

in MVP1. Voor gasvormige emissies zijn de technische mogelijkheden voor reductie minder ver ontwikkeld. Deze stoffen zijn ingedeeld in MVP2. ([Informatiepunt Leefomgeving](#), 2024) Het onderscheid tussen MVP1 en MVP2 gebeurt voornamelijk op basis van de dampdruk (dampspanning) bij 20°C ([RIVM](#), 2020):

- MVP1 kleiner dan 10 Pa
- MVP2 niet kleiner dan 10 Pa

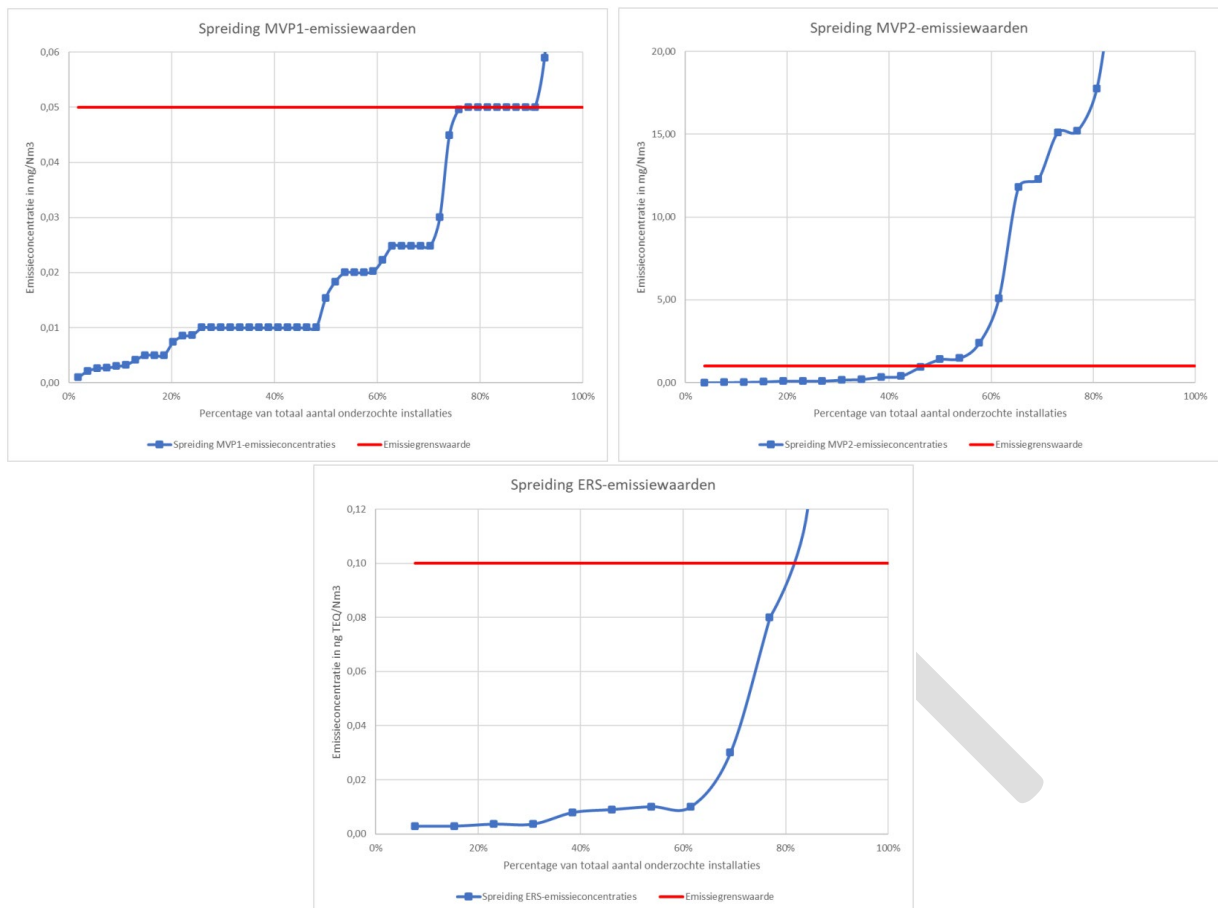
Een stof zit in de klasse ERS op basis van extreme persistentie, toxiciteit en bioaccumulatiegedrag. De eenheid bij de klasse ERS is anders dan de eenheid bij de klasse MVP1 en MVP2. Dit geldt voor zowel de ondergrens als de emissiegrenswaarde. De emissiegrenswaarde is uitgedrukt in TEQ (Toxiciteit Equivalenten). Bij een emissievracht van meer dan 20 milligram (mg) TEQ per jaar geldt een emissiegrenswaarde van 0,05 nanogram (ng) TEQ/Nm<sup>3</sup>. Enkele tientallen parameters/stoffen (66 van de 2187 'stoffen', waarvan gedeeltelijke onderlinge overlap) in de Nederlandse ZZS-lijst worden als ERS (Extreem Risicovolle Stoffen) aangeduid. Deze parameters verdienen bijzondere aandacht in deze studie. Het gaat om bepaalde stoffen die behoren tot volgende groepen:

- (polychloordibenzo-) dioxines en furanen (PCDD/PCDF) en dioxineachtige PCB's
- polychlooraftalenen
- polygebromeerde difenylethers (PBDE's)
- hexabroombifenyyl
- polyhalogeendibenzodioxines en -furanen

#### Haalbaarheid algemene emissiegrenswaarden ZZS

Diverse onderzoeken hebben de haalbaarheid van de Nederlandse AEGW geanalyseerd, en een eventuele verlaging ervan verkend ([Schakel et al.](#), 2020; [van der Auweraert en Brouwer](#), 2020; [Hoekstra et al.](#), 2021). Onderzoek door [TAUW](#) (Hoekstra et al., 2021) o.b.v. Nederlandse meetdata toont aan dat de Nederlandse AEGW voor stofvormige emissies 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> (stofklasse MVP1) in 89% van de gevallen (op 45 installaties) gehaald wordt. ca. 50% van de installaties haalt <0,01 mg/Nm<sup>3</sup> (detectielimiet bij vele metingen). De AEGW voor gasvormige emissies 1 mg/Nm<sup>3</sup> (stofklasse MVP2) in wordt behaald in ruwweg de helft van de beschikbare casussen (25 installaties). Met betrekking tot MVP2 stelt het rapport verder: *"De installaties die niet voldoen, betreft in grote meerderheid installaties die geïnstalleerd zijn bij opslagterminals van vloeibare koolwaterstoffen. De gebruikte emissiebeperkende technieken laten weinig verschil zien in efficiëntie. Zo worden actief kool bedden gebruikt bij de best presterende installaties, maar ook bij de slechtst presterende. Koolfilters worden het meest gebruikt, naast gaswassers, thermische oxidatoren en biobedden. De geëmitteerde stof betreft doorgaans benzeen, maar ook casussen van formaldehyde, trichlooretheen en vinylchloride zijn bekend."*

Met betrekking tot ERS, voldoet ca. 75% aan de (voormalige) AEGW 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (intussen 0,05 ng TEQ/Nm<sup>3</sup>), en ca. 60% voldoet aan 0,01 ng TEQ/Nm<sup>3</sup>, met als toelichting: *"In totaal zijn meetresultaten van 13 emissiepunten beschikbaar die Extreem Risicovolle Stoffen (ERS) emitteren. In alle gevallen betreffen het emissies van polychloreerde dibenzodioxinen en furanen, PCDD/F. De data geeft een duaal beeld van de emissiewaarden: waarden zijn ofwel zeer laag, ofwel zeer hoog. Als het achterliggende proces goed verloopt en de emissiereducerende techniek goed functioneert, dan zijn de emissies zeer laag, ordegrrootte van 0,01 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> rookgas. Als meetwaarden van ERS significant hoger zijn dan de emissiegrenswaarde, dan is er vrijwel zeker iets (technisch) mis bij het achterliggende proces of de emissiebeperkende techniek. De emissiebeperkende technieken bestaan vrijwel altijd uit een filter (e-filter of doekenfilter) gecombineerd met een gaswasser, waarbij actief kool wordt toegevoegd aan de gasstroom als adsorbens."*



**Figuur 7: Spreiding emissiewaarden Nederland voor stofklassen MVP1 (linksboven), MVP2 (rechtsboven) en ERS (onder). Bron: Hoekstra et al., 2021.**

### Minimalisatieverplichting van ZZS-emissies naar de lucht

Bedrijven moeten maatregelen nemen om de emissie van Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) naar lucht te reduceren. Deze maatregelen zijn gebaseerd op de verplichting om ZZS-emissies zo veel mogelijk te vermijden of tot een minimum te reduceren, als voorkomen niet mogelijk is. De minimalisatieplicht voor ZZS gaat verder dan de maatregelen die het bedrijf al moet nemen om de wettelijke emissiegrenswaarden te bereiken. Deze verplichting is gebaseerd op de ZZS-paragraaf van het Bal. De maatregelen om ZZS-emissies te reduceren zijn gericht op de vermindering en reducering van emissies, en worden door bedrijven opgenomen in een vermijdings- en reductieprogramma. Deze maatregelen zijn gebaseerd op de volgende principes:

1. Vermijden van de emissie: Het streven is in de eerste plaats gericht op het vervangen van de ZZS door een minder schadelijke stof.
2. Reductie van de emissie: Bij de inventarisatie van de mogelijkheden tot vermindering of reductie van de emissie houdt het bedrijf met diverse aspecten rekening, zoals milieuhygiënische, economische en haalbaarheidsaspecten.

De vermijdings- en reductieprogramma's zijn voor alle ZZS-emissies die het bedrijf emitteert naar de lucht. Deze programma's bevatten informatie over welke ZZS het bedrijf naar de lucht emitteert en de mate waarin, een overzicht van mogelijkheden en technieken om het gebruik van zeer zorgwekkende stoffen te vermijden en ter reductie van de emissies, informatie over bedrijfszekerheid en kosten, en

informatie over afwenteleffecten. Bij het overzicht van de technieken wordt informatie opgenomen over het rendement en de validatie van de technieken. Op het bepalen van de kosten en het rendement van de technieken, bedoeld in het derde lid, zijn de bij ministeriële regeling gestelde regels van toepassing.

Een belangrijk aspect van deze vermijdings- en reductieprogramma's is het bepalen van de kosteneffectiviteit van technieken. De methodiek voor de kostenberekening is vastgelegd in de [Omgevingsregeling](#). [Informatiepunt Leefomgeving](#) heeft een Excelbestand gemaakt van de kostenberekening volgens deze methodiek. Voor [evaluatie van de kosteneffectiviteit](#) wordt vergeleken met beleidsmatig bepaalde, (nog) niet wettelijk vastgelegde referentiewaarden:

| Stofklasse | Ondergrens (euro/kg) | Bovengrens (euro/kg) |
|------------|----------------------|----------------------|
| MVP1       | 6.000                | 60.000               |
| MVP2       | 3.000                | 30.000               |

De kosteneffectiviteit ZZS-referentiewaarden zijn afgeleid op basis van de resultaten in het onderzoeksrapport 'Beoordeling kosteneffectiviteit van maatregelen om de uitstoot van ZZS naar lucht te beperken' ([RIVM](#), 2021). De referentiewaarden zijn bepaald op basis van de preventiekosten methodiek. Deze kijkt naar de kosten van de maatregelen die genomen zijn (of genomen kunnen worden) om de emissies te reduceren en naar de (verwachte) effectiviteit hiervan. Oftewel naar euro's per vermeden kg ZZS-emissie. Deze methodiek is gebruikt omdat deze aansluit bij andere KE methodieken die nu in de praktijk worden gehanteerd voor emissies van stoffen naar lucht en water en omdat er op dit moment geen betrouwbare schadekostenschattingen beschikbaar zijn. De ondergrens is bepaald door analyse van de kosteneffectiviteit om te voldoen aan de EGW (het emissieniveau dat hoort bij implementatie van BBT) voor een tiental praktijkcases. De inschatting van de referentiewaarden is gebaseerd op generieke kostencurves en praktijkdata van vier veelgebruikte nabehandelingstechnieken, namelijk doekfilter, gaswasser, actief-koolfilter en thermische naverbrander. Grofweg komt de ondergrens overeen met de kosteneffectiviteit voor het behalen van de algemene emissiegrenswaarden (hetgeen met als BBT-niveau beschouwt), terwijl de bovengrens een zeer vergaande emissiereductie weerspiegelt tot ver beneden de AEGW (minimalisatie, terugdringen restconcentratie "richting nul"). In het onderzoeksrapport zijn zowel de schattingen van de ondergrens als bovengrens zeer brede bandbreedtes:

*"Voor de ondergrens varieert dit van enkele 10-tallen tot enkele 1000-tallen euro/kg vermeden emissies. In de ondergrens is geen duidelijk verschil gezien tussen de twee ZZS-stofklassen. Voor de bandbreedte voor de bovengrens is voor ZZS in stofklasse MVP1 een bandbreedte van ca. 2.000 euro/kg tot ver in de 10.000-en euro/kg vermeden emissie geschat. Voor MVP2 ZZS loopt deze bandbreedte van een paar 100 euro/kg tot een aantal 10.000-en euro/kg vermeden emissie. In verband met de onzekerheid in de berekeningen is de bovengrens iets breder genomen dan de ondergrens, aangezien het reëel is te veronderstellen dat bij lagere ZZS-concentraties (<EGW) het kostbaarder zal zijn om ZZS af te vangen.*

*Op grond van de kostenkarakteristieken van de vier generieke technieken en het verschil in EGW van de twee ZZS-stofklassen, ligt de KE bovengrens van de MVP1 ZZS ruwweg een factor 2 hoger dan die van de MVP2 ZZS. Dit advies stelt voor om dit verschil te laten terugkomen in verschillende referentiewaarden voor MVP1- en MVP2-stoffen."*

### ZZS-lijsten in Nederland

Nederland baseert zijn ZZS-lijst (Zeer Zorgwekkende Stoffen) grotendeels op de REACH-verordening, meer bepaald op de criteria in artikel 57 die de basis vormen voor de kandidaatlijst SVHC (Substances

of Very High Concern). Naast deze basislijst worden nog honderden andere stoffen toegevoegd op basis van verschillende criteria. Deze aanvullende stoffen vallen onder diverse Europese wetgevingen en verdragen.

De volledige ZZS-lijst, alsook een verkorte lijst waarin een aantal ZZS zijn samengevoegd in functionele of chemische deellijsten, kan geraadpleegd worden via het RIVM. Daarnaast is er een [Lijst van Potentiële ZZS en van Stoffen die van de Lijst van Potentiële ZZS zijn verwijderd](#). De lijst met potentieel Zeer Zorgwekkende Stoffen is een hulpmiddel voor bedrijven en vergunningverleners. Het doel is de uitstoot van potentiële ZZS uit voorzorg te beperken. Potentiële ZZS zijn stoffen die mogelijk voldoen aan de ZZS criteria, maar nog niet als ZZS zijn geïdentificeerd. Dit kan zijn omdat bepaalde gegevens ontbreken, of omdat de evaluatie van de beschikbare gegevens nog moet plaatsvinden. Meer informatie over het gebruik van deze lijst is te vinden via [RIVM](#) en het [Informatiepunt Leefomgeving](#).

[Artikel 5.22a van het Bal](#) beschrijft welke stoffen worden beschouwd als zeer zorgwekkende stoffen:

1. *Een zeer zorgwekkende stof is een stof die voldoet aan een of meer van de criteria of voorwaarden, bedoeld in artikel 57 van de reach-verordening.*
2. *Een stof is in ieder geval een zeer zorgwekkende stof als die:*
  - a. *voorkomt:*
    - 1°. *in bijlage VI bij de CLP-verordening en in die bijlage is ingedeeld als carcinogeen, mutageen of reprotoxisch, categorie 1a of 1b;*
    - 2°. *op de kandidatenlijst, bedoeld in artikel 59 van de reach-verordening;*
    - 3°. *in bijlage XVII bij de reach-verordening ten aanzien van chemische stoffen waarvoor een restrictie geldt vanwege het voldoen aan de criteria van artikel 57 van die verordening;*
    - 4°. *in bijlage I, II of III bij de verordening persistente organische verontreinigende stoffen;*
    - 5°. *op de lijst van stoffen voor prioritaire actie die is vastgesteld op grond van artikel 6 van het Ospar-verdrag; of*
    - 6°. *in bijlage X bij de kaderrichtlijn water, voor zover een stof in die bijlage is aangewezen als prioritaire gevaarlijke stof; of*
  - b. *voldoet aan de vastgestelde wetenschappelijke criteria voor het bepalen van hormoonontregelende eigenschappen, bedoeld in:*
    - 1°. *artikel 5, derde lid, van de Verordening (EU) nr. 528/2012 van het Europees Parlement en de Raad van 22 mei 2012 betreffende het op de markt aanbieden en het gebruik van biociden (PbEU 2012, L167) vastgesteld in Gedelegeerde Verordening 2017/2100 van de commissie van 4 september 2017 tot vaststelling van wetenschappelijke criteria voor het identificeren van hormoonontregelende eigenschappen overeenkomstig Verordening (EU) nr. 528/2012 van het Europees Parlement en de Raad (PbEU 2017, L 301); of*
    - 2°. *bijlage II, paragraaf 3.6.5, bij de Verordening (EG) 1107/2009 van het Europees Parlement en de Raad van 21 oktober 2009 betreffende het op de markt brengen van gewasbeschermingsmiddelen en tot intrekking van de Richtlijnen 79/117/EEG en 91/414/EEG van de Raad (PbEU 2009, L 309).*

Een aandachtspunt is dat er onderling overlap kan zijn tussen deze verschillende groepen, waardoor sommige stoffen op basis van verschillende criteria/deellijsten op de ZZS-lijst voorkomen. De Nederlandse ZZS-lijst wordt voortdurend bijgewerkt.

## Luchtnormen voor Zeer Zorgwekkende Stoffen

[Bijlage Vla van het Bal](#) bevat immissiegrenswaarden voor een aantal zeer zorgwekkende stoffen. De concentratie van zeer zorgwekkende stoffen op leefniveau als gevolg van emissies door de activiteit, waarbij rekening wordt gehouden met de achtergrondwaarden, mag deze grenswaarden niet overschrijden buiten de begrenzing van de locatie waarop de activiteit wordt verricht. Volgens het [Informatiepunt Leefomgeving](#) gaat het hierbij om jaargemiddelden. Deze immissiegrenswaarden worden ook wel het maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR) genoemd. In het afleiden van MTR's wordt geen rekening gehouden met persistentie, bioaccumulatie en mobiliteit van stoffen, en daarmee niet met mogelijke schade die luchtemissies in andere milieucompartimenten kunnen geven ([RIVM](#), 2020).

Het [RIVM](#) (2014) heeft voor een aantal zeer zorgwekkende stoffen luchtnormen afgeleid voor omgevingslucht. Voor stoffen waarvoor Europese grens- of streefwaarden zijn vastgelegd, wordt geen aparte luchtnorm voorgesteld. Per ZZS worden een MTR (maximaal toelaatbaar risiconiveau) en een VR (verwaarloosbaar risiconiveau) bepaald, waarbij het VR telkens 1/100 van de waarde van het MTR is. Het rapport maakt onderscheid tussen indicatieve en gedegen luchtnormen. Voor meer informatie over deze begrippen, en voor het volledig overzicht van de MTR- en VR-waarden van de verschillende ZZS, wordt verwezen naar [het rapport](#). Opvallend is dat de ZZS met de laagste AEGW, de zogenaamde extreem risicovolle stoffen (ERS), niet overeenkomen met de laagste (i-)MTR-waarden. Bijvoorbeeld voor polychloornaftalenen is het i-MTR (indicatief MTR)  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Voor de andere groepen van ERS is zelfs geen (i-)MTR afgeleid. De laagste waarde is de Europese richtwaarde voor PAK's gemeten als benz[a]pyreen ( $0,001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), gevolgd door het gedegen MTR voor verbindingen van zeswaardig chroom ( $0,0025 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). De hoogste waarde is het i-MTR voor butylbenzylftalaat ( $1750 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; CAS-nr. 85-68-7). Het rapport geeft per ZZS ook aan wat de bijdrage is van lucht aan de totale blootstelling.

### Evaluatie van het ZZS-beleid

Op basis van recente evaluaties van het Nederlandse ZZS-beleid kunnen enkele inzichten worden geformuleerd die relevant zijn voor de Vlaamse context. Uit de [evaluatie van het ZZS-emissiebeleid 2016-2021](#) (Schreuders et al., 2022) blijkt dat er vooruitgang is geboekt in het identificeren en reguleren van ZZS-emissies, maar dat er ook nog verschillende uitdagingen zijn.

Een belangrijk punt is de complexiteit van het beleid en de uitvoering ervan. Bevoegde gezagen en bedrijven ervaren het ZZS-beleid als ingewikkeld, wat leidt tot verschillen in interpretatie en toepassing. Dit heeft gevolgen voor de effectiviteit en uniformiteit van de beleidsuitvoering. Daarnaast blijkt dat het verkrijgen van een volledig overzicht van ZZS-emissies nog een grote uitdaging vormt. Hoewel er vooruitgang is geboekt bij het in kaart brengen van vergunningplichtige emissies, ontbreekt nog steeds een totaalbeeld, met name voor niet-vergunningplichtige en diffuse bronnen.

De evaluatie wijst ook op het belang van voldoende kennis en capaciteit bij bevoegde gezagen en omgevingsdiensten. Dit wordt gezien als een kritische succesfactor voor de effectieve aanpak van ZZS-emissies. Daarnaast wordt de noodzaak benadrukt van een betere afstemming tussen het ZZS-emissiebeleid en andere beleidsterreinen, zoals water-, bodem- en afvalbeleid, om tot een meer integrale aanpak te komen.

Een ander belangrijk aspect is de rol van het bedrijfsleven in de uitvoering van het ZZS-beleid. De evaluatie toont aan dat de effectiviteit van het beleid mede afhankelijk is van de uitvoerbaarheid voor en het draagvlak bij bedrijven. Duidelijke kaders en richtlijnen voor bedrijven, evenals een goede balans tussen minimalisatie van emissies en bedrijfseconomische belangen, worden gezien als belangrijke factoren voor succesvolle implementatie.

Het recentere rapport [Verkenning ervaringen met vermijdings- en reductieprogramma's \(VRP's\) voor de minimalisatie van Zeer Zorgwekkende Stoffen](#) (Naus en Janssen, 2024) komt tot gelijkaardige conclusies specifiek over vermijdings- en reductieprogramma's (VRP's). De kwaliteit van de VRP's blijkt erg

wisselend, en er blijkt een nood aan opmaak van een landelijk gedragen handreiking, en aan bredere kennisopbouw bij zowel bevoegde overheden als bij bedrijven.

## DUITSLAND

In Duitsland worden de algemene emissiegrenswaarden en gerelateerde voorwaarden beschreven in [TA Luft](#) (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft). Dit document, officieel bekend als de "Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz", fungeert als een richtlijn voor luchtkwaliteitszorg. Hoewel TA Luft niet direct als verordening van toepassing is op Duitse bedrijven, vervult het een belangrijke rol als geharmoniseerd beleidsinstrument. Het biedt een flexibel kader met algemene regels, waaronder de algemene emissiewaarden voor diverse stoffen, en stelt overheden in staat om consistente normen toe te passen, terwijl er ruimte blijft voor aanpassingen aan specifieke situaties.

Naast onder andere voorwaarden en toetsingswaarden voor immissie en depositie (titel 4), bevat het reglement algemene emissiegrenswaarden (titel 5.2), monitoringsvoorwaarden (titel 5.3) en sectorale voorwaarden en emissiegrenswaarden (titel 5.4). Wanneer voor stoffen sectorale emissiegrenswaarden gelden, gelden de algemene emissiegrenswaarden niet, en is ook de overeenkomstige massastroom niet van toepassing. De massastroom heeft betrekking op het gehele systeem. Afwijkingen van de algemene emissiegrenswaarden zijn mogelijk, rekening houdend met het proportionaliteitsbeginsel.

De emissiewaarden (massastromen en massaconcentraties) voor de verschillende voor ZZS relevante stofklassen zijn samengevat in werkblad 'DE-TA Luft' van de Excel bijlage bij deze BBT-studie, samen met informatie of de emissiewaarden gelden op het niveau van de individuele stof, op voor de som van de hele stofklasse.

In aanvulling op de tabel, wordt hieronder relevante informatie m.b.t. ZZS-emissies overgenomen. De nummering van de referenties verwijst naar de (sub)titels in de TA Luft, en maakt de link tussen onderstaande tekst en de Excel tabel duidelijk.

### Algemeen

Indien stoffen volgens nummer 5.2.2 klasse I of II (bepaalde metaalverbindingen), nummer 5.2.4 klasse I of II (bepaalde anorganische stoffen en verbindingen), nummer 5.2.5 klasse I (bepaalde organische stoffen) of nummer 5.2.7 (CMR1-stoffen) kunnen worden uitgestoten, moeten de inputmaterialen (grond- en hulpstoffen) indien mogelijk zo worden gekozen dat er slechts een lage uitstoot ontstaat.

Procesomstandigheden die door verrijking kunnen leiden tot verhoogde emissies van stoffen volgens nummer 5.2.2 Klasse I of II of volgens nummer 5.2.7 moeten door technische of operationele maatregelen zoveel mogelijk worden vermeden. Voor zover deze procesomstandigheden operationeel noodzakelijk zijn, moeten maatregelen worden genomen om verhoogde emissies te voorkomen, bijvoorbeeld door gerichte materiaalverwijdering of de installatie van bijzonder effectieve uitlaatgasreinigingsapparatuur.

### Stofvormige anorganische stoffen (5.2.2), en organische stoffen (5.2.5)

Indien stoffen uit meerdere klassen stofvormige anorganische stoffen (5.2.2) samen uitgestoten worden zijn, mogen, bij het samenkomen van stoffen uit de klassen I en II in het uitlaatgas emissiewaarden van klasse II worden niet worden overschreden, evenals wanneer stoffen uit de klassen I en III, klassen II en III of klassen I t/m III samenkomen mogen de emissiewaarden van klasse III niet worden overschreden. Voor organische stoffen (5.2.5) is dit analoog.

De stofvormige anorganische stoffen die niet bij naam zijn vermeld en die een redelijk vermoeden hebben van kankerverwekkend, mutageen in geslachtscellen of giftig voor de voortplanting (stoffen in

de categorieën Carc., Muta. of Repr. 2 met het label H341, H351, H361d, H361f of H361fd) moeten worden ingedeeld in klasse III.

Organische stoffen die niet met naam zijn genoemd in 5.2.5 - klasse I ([bijlage 3](#)), worden ingedeeld in klasse I als ze voldoen aan ten minste één van volgende criteria:

- Vermoeden van kankerverwekkende, mutagene effecten op geslachtscellen (categorieën Carc. of Muta.) met de gevarenaanduidingen H341 of H351,
- Vermoeden van toxische effecten op de voortplanting, rekening houdend met de potentie met de gevarenaanduidingen H361d, H361f of H361fd,
- Acut toxisch effect in de categorie Acute Tox. 1, 2 of 3 met de gevarenaanduidingen H300, H301, H310, H311, H330 of H331, met uitzondering van stoffen of mengsels die zijn ingedeeld in de categorie Acute Tox. 3 heeft alleen betrekking op het inademen van dampen,
- beschadigt het orgaan/de organen bij eenmalig of langdurig/herhaaldelijk inslikken, bij contact met de huid of bij inademing, of kan overeenkomstige schade aan het orgaan/de organen veroorzaken (gevaencategorieën STOT SE 1, STOT RE 1 met de gevarenwaarschuwingen H370 of H372),
- kan bij inademing allergieën, astma-achtige symptomen of ademhalingsmoeilijkheden veroorzaken (gevaencategorieën Resp. Sens. 1, 1A of 1B met gevarenwaarschuwing H334),
- lage afbreekbaarheid en hoge verrijikbaarheid.

#### **Kankerverwekkende, mutagene en reprotoxische stoffen (5.2.7)**

De emissies in het uitlaatgas van kankerverwekkende, kiemcelmutagene of voor de voortplanting giftige stoffen of emissies van moeilijk afbreekbare, gemakkelijk verrijkbare en zeer giftige organische stoffen moeten zoveel mogelijk worden beperkt, rekening houdend met het proportionaliteitsbeginsel (emissieminimalisatie-eis).

Indien stoffen uit verschillende klassen kankerverwekkende stoffen (5.2.7.1.1) aanwezig zijn, mogen, bij het samenkomen van stoffen uit de klassen I en II in het uitlaatgas de globale emissiewaarden van klasse II niet worden overschreden, evenals wanneer stoffen uit de klassen I en III, klassen II en III of klassen I t/m III komen samenkomen, de emissiewaarden van Klasse III in de uitlaatgassen niet worden overschreden.

Kankerverwekkende stoffen die niet bij naam zijn vermeld, moeten worden ingedeeld in de klassen waarvan de stoffen qua sterkte het dichtst in de buurt komen; Hierbij wordt op basis van het berekende risico de sterkte van het effect beoordeeld, bijvoorbeeld met behulp van de unit-risk-methode<sup>23</sup>, uit te voeren. Kankerverwekkende stoffen die niet met naam genoemd zijn in nummer 5.2.7.1.1 en waarvan geen informatie beschikbaar is over de potentie, moeten in de toekomst uit voorzorg in klasse I worden ingedeeld.

<sup>23</sup> Voor deze unit-risk-methode verwijst de TA Luft naar: Schneider et al. (2002) Klassierung krebserzeugender Stoffe zur Begrenzung der Massenkonzentration im Abgas nach der Nr. 5.2.7.1.1 der TA Luft-Novelle (Entwurf), Umweltbundesamt Berlin, UBABerichte 3/2002, Erich Schmidt Verlag Berlin, 2002.

Indien de emissiewaarden voor kankerverwekkende stoffen die op basis van deze classificatie zijn ingedeeld niet met redelijke inspanning kunnen worden gehaald, moeten de emissies in individuele gevallen worden beperkt, rekening houdend met de emissieminimalisatie-eis. Analoge bepalingen zijn er voor mutagene en reprotoxische stoffen.

Dioxinen, furanen en polychloorbifenylen in [bijlage 4](#) zijn niet in een bepaalde kankerverwekkende, mutagene of reprotoxische klasse ingedeeld, maar vallen onder een aparte subtitel 5.2.7.2 'Persistente, bioaccumuleerbare en zeer giftige organische stoffen'. In de TA Luft is de algemene emissiegrenswaarde 0,1 ng/m<sup>3</sup> vanaf 0,25 µg/u. Ook polybroomdibenzodioxinen, polybroomdibenzofuranen of polygehalogeneerde bifenylen vallen onder deze groep. Zij hebben geen AEGW, maar er geldt een emissieminimalisatie-eis. Qua afbakening van deze stofklasse zijn er sterke overeenkomsten met de stofklasse 'Extreem Risicovolle Stoffen' in Nederland. In de TA Luft is de algemene emissiegrenswaarde 0,1 ng/m<sup>3</sup> vanaf 0,25 µg/u.

### FRANKRIJK

De Franse regelgeving voor de emissies van ZS naar de lucht is ingebed in de Code de l'environnement en de ICPE-regelgeving (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement), die strikte eisen stelt aan industriële installaties met potentieel schadelijke uitstoot, zie ook [bijlage 3](#) van deze BBT-studie. Belangrijke richtlijnen omvatten het Arrêté du 2 février 1998, dat algemene voorschriften geeft voor emissies van ICPE's, en specifieke decreten zoals het Arrêté du 29 mai 2009, dat zich richt op de emissie van dioxines en furanen. Daarnaast zijn er recent bijkomende bepalingen vastgesteld voor per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS). Deze bepalingen hebben vooral betrekking op waterige lozingen, productverboden en monitoring, maar zijn relevant als illustratie van de bredere Franse beleidsaandacht voor ZS, in het bijzonder PFAS.

In Frankrijk worden (zeer) zorgwekkende stoffen aangeduid als "**substances extrêmement préoccupantes**" of "**substances préoccupantes**". Deze benaming volgt de Europese REACH regelgeving.

#### Code de l'environnement

De **Code de l'environnement** vormt de basis van de milieuwetgeving in Frankrijk en bevat bepalingen die specifiek gericht zijn op luchtkwaliteit en de emissies van verontreinigende stoffen, inclusief ZS.

De artikelen L.220-1 tot L.221-8 van de **Code de l'environnement** in Frankrijk leggen de basis voor de bescherming van de luchtkwaliteit door verantwoordelijkheden toe te wijzen aan de overheid en bedrijven om maatregelen te nemen tegen luchtverontreiniging. Deze artikelen omvatten de definiëring van luchtverontreinigende stoffen, methoden voor het meten en beoordelen van luchtkwaliteit, en de verplichtingen van nationale en lokale overheden om plannen te ontwikkelen en te implementeren om luchtverontreiniging te bestrijden. Daarnaast specificeren ze de verplichtingen van bedrijven om emissies te beperken en regelmatig te rapporteren, evenals de sancties voor niet-naleving. De artikelen L.512-1 en volgende richten zich op de regulering van Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), die grote risico's voor het milieu kunnen vormen. Deze regelgeving omvat de classificatie van installaties, vergunningsvereisten, milieu-impactstudies, voorwaarden voor exploitatie, monitoring en rapportageverplichtingen, en sancties voor overtredingen, met toezicht en handhaving uitgevoerd door bevoegde autoriteiten zoals de DREAL.

#### ICPE-regelgeving (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement)

De **ICPE-regelgeving** is specifiek gericht op installaties die potentieel schadelijke stoffen uitstoten, waaronder ZS. Deze regelgeving omvat vergunningsvereisten, emissiegrenswaarden en controlemaatregelen:

- **Classificatie en vergunningen:** Installaties die ZS uitstoten, moeten een milieuvergunning verkrijgen. Deze vergunningen bevatten specifieke emissiegrenswaarden en operationele voorwaarden.
- **Emissiegrenswaarden:** De vergunningen bepalen de maximale toegestane emissieniveaus voor ZS, gebaseerd op wetenschappelijke evaluaties en Europese normen.
- **Monitoring en rapportage:** Installaties zijn verplicht om regelmatig hun emissies van ZS te monitoren en te rapporteren aan de bevoegde autoriteiten.

### Specifieke decreten en voorschriften

Er zijn specifieke decreten die aanvullende regels en grenswaarden vaststellen voor ZS. Hieronder enkele belangrijke decreten:

- **Arrêté du 2 février 1998:** Dit decreet biedt algemene voorschriften voor de emissies van installaties die onder de ICPE-regelgeving vallen. Het stelt limieten voor de uitstoot van diverse gevaarlijke stoffen, waaronder ZS. Het decreet is van toepassing op verschillende industriële installaties, waaronder energiecentrales, afvalverbrandingsinstallaties en chemische fabrieken.
- **Arrêté du 29 mai 2009:** Dit decreet richt zich specifiek op de emissie van dioxines en furanen, die als zeer zorgwekkende stoffen worden geclassificeerd vanwege hun extreme toxiciteit en persistentie in het milieu. Dit decreet is vooral van toepassing op afvalverbrandingsinstallaties en bepaalde industriële processen die bekend staan om hun potentiële uitstoot van dioxines en furanen, zoals metallurgische processen.
- **Arrêté du 26 décembre 2012:** Dit decreet richt zich op de emissie van vluchtige organische stoffen (VOS) uit bepaalde industriële installaties. Veel VOS kunnen als ZS worden geclassificeerd vanwege hun schadelijke effecten op de gezondheid en het milieu. Naast emissiegrenswaarden bevat het decreet ook specifieke voorschriften voor de opslag, behandeling en verwerking van VOS om emissies tijdens deze fasen te minimaliseren.
- **Arrêté du 20 juin 2023:** Dit besluit verplicht bepaalde vergunningsplichtige ICPE-installaties tot identificatie en analyse van PFAS in waterige lozingen. De campagne omvat onder meer adsorbeerbaar organisch fluor (AOF) als indicatieve groepsparameter, twintig specifiek opgelijste PFAS en, waar relevant, bijkomende PFAS die op basis van de bedrijfsinventaris in de lozingen kunnen voorkomen. Het besluit heeft uitsluitend betrekking op waterige lozingen en stelt geen emissiegrenswaarden voor luchtemissies vast. Het Arrêté betreft vergunningsplichtige ICPE-installaties waarvan de activiteiten PFAS in het milieu kunnen lozen; de verplichte analyse omvat twintig PFAS en AOF, en kan worden aangevuld met andere relevante PFAS uit de bedrijfsinventaris.
- **Loi n° 2025-188 du 27 février 2025:** Deze wet versterkt het Franse PFAS-beleid via productverboden, monitoring en maatregelen voor waterige lozingen. Vanaf 1 januari 2026 worden PFAS-houdende cosmetica, skiwas en bepaalde consumentenproducten zoals kledingtextiel, schoenen en impregneermiddelen verboden; vanaf 1 januari 2030 volgt een ruimer verbod voor PFAS-houdende textielproducten, behoudens uitzonderingen. De wet voorziet ook in monitoring van PFAS in drinkwater, een nationale trajectbenadering voor de geleidelijke vermindering van waterige PFAS-lozingen door industriële installaties en een heffing voor vergunningsplichtige installaties die PFAS naar water lozen. De productverboden zijn opgenomen in artikel 1, terwijl artikel 2 een nationale reductietraject voor waterige industriële PFAS-lozingen voorziet en artikel 4 een heffing koppelt aan PFAS-vrachten in waterige lozingen.
- **Décret n° 2025-1376 du 28 décembre 2025:** Dit uitvoeringsbesluit werkt de productverboden uit die voortvloeien uit Loi n° 2025-188. Het bepaalt onder meer de toepassingsregels voor het verbod op PFAS-houdende textielproducten, skiwas, cosmetica, schoenen en impregneermiddelen, alsook de uitzonderingen voor specifieke beschermingsmiddelen, technische textielen en bepaalde producten met gerecycleerde materialen. De bepalingen treden in werking op 1 januari 2026.

**Emissiegrenswaarden:**

| Parameter (ZS)                                   | Algemene Emissiegrenswaarde  | Relevante Regelgeving      |
|--------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Lood (Pb) en zijn verbindingen                   | 0,5 mg/Nm <sup>3</sup>       | Arrêté du 2 février 1998   |
| Cadmium (Cd) en Thallium (Tl)                    | 0,05 mg/Nm <sup>3</sup>      | Arrêté du 2 février 1998   |
| Kwik (Hg)                                        | 0,05 mg/Nm <sup>3</sup>      | Arrêté du 2 février 1998   |
| Arseen (As) en zijn verbindingen                 | 0,1 mg/Nm <sup>3</sup>       | Arrêté du 2 februari 1998  |
| Dioxines en Furanen (PCDD/PCDF)                  | 0,1 ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> | Arrêté du 29 mai 2009      |
| Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK) | 0,01 mg/Nm <sup>3</sup>      | Arrêté du 29 mai 2009      |
| Benzeen (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )         | 1 mg/Nm <sup>3</sup>         | Arrêté du 26 décembre 2012 |
| Tolueen (C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> )         | 20 mg/Nm <sup>3</sup>        | Arrêté du 26 december 2012 |
| Xyleen (C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> )         | 50 mg/Nm <sup>3</sup>        | Arrêté du 26 december 2012 |
| Formaldehyde (CH <sub>2</sub> O)                 | 0,1 mg/Nm <sup>3</sup>       | Arrêté du 26 december 2012 |

Bronnen:

<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000005625281>

[https://www.legifrance.gouv.fr/codes/texte\\_lc/LEGITEXT000006074220/](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/texte_lc/LEGITEXT000006074220/)

Arrêté du 20 juin 2023 relatif à l'analyse des substances per- et polyfluoroalkylées dans les rejets aqueux des ICPE relevant du régime de l'autorisation.

Loi n° 2025-188 du 27 février 2025 visant à protéger la population des risques liés aux PFAS.

---

## HOOFDSTUK 4. BESCHIKBARE MILIEUVRIENDELIJKE TECHNIEKEN



## HOOFDSTUK 4. BESCHIKBARE MILIEUVRIENDELIJKE TECHNIEKEN

In dit hoofdstuk worden de verschillende maatregelen toegelicht die geïmplementeerd kunnen worden om milieuhinder te voorkomen of te beperken. De milieuvriendelijke technieken zijn ingedeeld in beheers- en preventieve technieken, procesgeïntegreerde technieken, end-of-pipe technieken en monitorings- en controletechnieken.

Bij de bespreking van de milieuvriendelijke technieken komen telkens volgende punten aan bod:

- beschrijving van de techniek;
- relevantie voor deze BBT-studie;
- toepasbaarheid van de techniek;
- milieuvoordeel van de techniek;
- financiële aspecten van de techniek.

De informatie in dit hoofdstuk vormt de basis waarop in hoofdstuk 5 de BBT-evaluatie zal gebeuren. Het is dus niet de bedoeling om reeds in dit hoofdstuk (hoofdstuk 4) een uitspraak te doen over het al dan niet BBT zijn van bepaalde technieken. Het feit dat een techniek in dit hoofdstuk besproken wordt, betekent m.a.w. niet per definitie dat deze techniek BBT is.

Hierbij is in het achterhoofd te houden dat onderstaande technieken bestaande verplichtingen vanuit VLAREM of andere beleidskaders aanvullen, of erop verder bouwen. Voor een meer uitgebreid overzicht van de bestaande voorwaarden wordt verwezen naar hoofdstuk 3, maar volgende bestaande verplichtingen zijn in het bijzonder relevant bij het lezen van de technieken:

- als normaal zorgvuldig persoon de BBT toepassen, zowel bij keuze van behandelingsmethodes op het niveau van de emissies, als bij de keuze van bronbeperkende maatregelen (VLAREM II [artikel 4.1.2.1](#))
- luchtverontreiniging maximaal beperken en indien mogelijk voorkomen. Emissiebeperkende maatregelen gericht op vermindering van zowel massaconcentratie als massastromen. Opvangen afgassen op de plaats waar ze ontstaan, en eventuele zuivering. (VLAREM II [artikel 4.4.2](#))

Hoofdstuk 4 is opgebouwd volgens verschillende hoofdtechnieken (4.1 t/m 4.5) waarbij onder elke hoofdtechniek een aantal subtechnieken (A, B, C, enz.) worden beschreven.

De beschreven subtechnieken in Hoofdstuk 4 vormen geen limitatieve of exhaustieve lijst. Ze vertegenwoordigen de meest relevante en bewezen technieken voor de reductie van ZS-emissies naar de lucht, maar andere technieken of varianten kunnen eveneens effectief zijn. De technische beschrijvingen zijn bewust op hoofdlijnen gehouden; specifieke details over dimensionering en uitvoering vallen buiten de scope van deze BBT-studie.

Hoewel bepaalde technieken worden geïllustreerd met voorbeelden uit specifieke sectoren, betekent dit niet dat deze technieken exclusief zijn voor die sectoren of activiteiten. De toepasbaarheid van een techniek wordt bepaald door de proceskarakteristieken en de aard van de emissies, niet door de sector. Alleen wanneer een techniek in geen enkel geval haalbaar is voor een bepaalde toepassing, wordt dit expliciet vermeld.

De praktijkvoorbeelden dienen uitsluitend ter illustratie van de technische principes. De concrete implementatie zal steeds moeten worden afgestemd op de specifieke bedrijfssituatie, rekening houdend

met factoren zoals procesintegratie, beschikbare ruimte, bestaande infrastructuur en economische haalbaarheid.

## 4.1 TOEPASSEN VAN BEHEERSTECHNIEKEN

### BESCHRIJVING

De onderstaande subtechnieken (A – E) vormen samen een integraal beheer- en managementsysteem dat gericht is op het structureel voorkomen of beperken van emissies van ZS. Door deze technieken te combineren, ontstaat een samenhangend geheel van organisatorische maatregelen dat de effectiviteit van bron- en end-of-pipe technieken kan versterken.

**Deze techniek omvat onderstaande subtechnieken:**

#### A. Inventarisatie en karakterisering van mogelijke ZS-emissiebronnen

Deze techniek omvat het systematisch in kaart brengen van ZS die worden gebruikt in (productie)processen, ontstaan als producten of bijproducten, of als zodanig in de procesvoering aanwezig zijn. Voor geleide emissies worden de kenmerken van emissiepunten (o.a. hoogte, temperatuur, debiet) vastgelegd. De emissiestromen worden gekarakteriseerd op basis van massadebiten, concentraties en variaties onder normale bedrijfsomstandigheden. Daarnaast omvat dit de identificatie van Andere Dan Normale Bedrijfsomstandigheden (OTNOC) en de karakterisering (op basis van meting of raming) van emissies tijdens OTNOC. Aangezien de risicoanalyse in techniek B ook betrekking heeft op storingen of incidenten, dienen de emissies tijdens deze gebeurtenissen eveneens in kaart gebracht te worden. De zorgwekkende eigenschappen van de (mogelijk) geëmitteerde ZS worden eveneens nagegaan. Deze gedetailleerde inventaris vormt de basis voor verdere risicobeoordeling en reductieplanning.

De mate van detail hangt af van de emissierisico's en de complexiteit van de afgassamenstelling. Bijvoorbeeld in de afvalsector kunnen binnen een proces zeer veel verschillende ZS in zeer uiteenlopende en variabele concentraties aanwezig zijn. Ook overslagprocessen, bijvoorbeeld in de logistieke sector, kunnen zeer veranderlijk zijn in samenstelling, debiet en duur. Afhankelijk van de beschikbare informatie en variabiliteit, kan de informatie gegroepeerd worden voor verschillende gelijkaardige componenten, of kan met bandbreedtes gewerkt worden, zolang dit toelaat een hoog beschermingsniveau van milieu en gezondheid te bereiken, en aftoetsing aan milieuvoorwaarden, waaronder emissiegrenswaarden, mogelijk blijft.

#### B. Beoordeling en analyse van emissierisico's

De emissierisicoanalyse evalueert de mogelijke blootstellingsroutes en voornaamste milieu- en gezondheidsimpact van ZS-emissies, zowel onder normale bedrijfsomstandigheden als bij storingen of incidenten. Het resultaat van deze analyse is een overzicht van de meest kritische emissiebronnen en processtappen, met prioritering van interventies. Op basis van deze risicoprofielen kunnen gerichte emissiereductiemaatregelen worden gekozen en ingepland. De mate van detail hangt samen met de inventarisatie onder A.

#### C. Onderzoek en planning van reductiemaatregelen

Deze techniek omvat een gestructureerde evaluatie van de haalbaarheid en kosteneffectiviteit van potentiële reductiemaatregelen. Daaruit volgt een actieplan met concrete mijlpalen en termijnen. Hierbij worden bedrijfsspecifieke omstandigheden en wettelijke vereisten in rekening gebracht. Door een grondige voorbereiding en planning kunnen de meest veelbelovende maatregelen efficiënt worden

ingevoerd. Dit plan focust niet enkel op normaal bedrijf, maar dient ook expliciet maatregelen te omvatten voor de geïdentificeerde risico's en emissies tijdens OTNOC, storingen en incidenten.

#### D. Preventief onderhoud

Een preventief onderhoudssysteem richt zich op het tijdig opsporen en aanpakken van bedrijfsomstandigheden die verhoogde emissies kunnen veroorzaken. Dit wordt gerealiseerd door middel van regelmatige inspecties, voorspellend onderhoud en een gestructureerd plan voor onderhoudswerkzaamheden. Kritische apparatuur is o.a. de afgaszuivering, maar ook bepaalde procesonderdelen kunnen van kritisch belang zijn voor emissiebeheersing.

Het systeem is flexibel en kan worden afgestemd op de specifieke situatie van een bedrijf zonder ingrijpende proceswijzigingen.

#### E. Training en bewustwording

Een gestructureerd opleidings- en communicatieprogramma zorgt voor voldoende kennis en bewustzijn bij operatoren en onderhoudsmedewerkers omtrent emissiereductie. Het programma kan bestaan uit:

- Theoretische modules over de eigenschappen van ZS en relevante regelgeving;
- Praktische trainingen in emissiepreventie;
- Regelmatige toolboxmeetings voor kennisdeling en het bespreken van best practices.

Personeel kan worden getraind in:

- Eigenschappen en risico's van aanwezige ZS
- Correcte werkprocedures voor emissiereductie
- Noodprocedures bij incidenten
- Praktijkvoorbeeld:

In de afvalverwerkingsindustrie wordt een uitgebreid trainingsprogramma ingezet voor medewerkers die werken met gevaarlijke afvalstoffen. Dit programma biedt specifieke trainingen over het veilig omgaan met kankerverwekkende, toxische en corrosieve stoffen. Operators leren explosie- en brandpreventie, brandbestrijding en het herkennen van chemische risico's. Daarnaast krijgen zij praktische oefeningen in het correct etiketteren van gevaarlijke stoffen en het uitvoeren van noodprocedures bij incidenten. Regelmatige toolboxmeetings vormen een aanvulling, waarin medewerkers ervaringen delen over veilig werken met zorgwekkende stoffen en nieuwe inzichten over emissiereductie bespreken. (European IPPC Bureau, 2018)

#### RELEVANTIE

Alle beheerstechnieken zijn relevant om geleide luchtemissies te karakteriseren, en de beperking van hun uitstoot te borgen, met prioriteit voor de voornaamste emissiebronnen.

Het inventariseren is in het bijzonder relevant om:

- te controleren welke ZS-luchtemissies voorkomen in de lijst van parameters in VLAREM II bijlage 4.4.2
- te controleren of hun massadebiet de grensmassastroom al dan niet overschrijdt

- te controleren of en welke organische ZS, andere dan deze die voorkomen in de lijst in VLAREM II bijlage 4.4.2, er worden uitgestoten. "Stoffen die niet in de lijst van organische stoffen voorkomen, worden gerekend tot de groep waarvan de stoffen wat betreft hun invloed op het milieu die stoffen het meest nabijkomen. Daarbij wordt in het bijzonder rekening gehouden met de afbreekbaarheid en bio-accumulatie, toxiciteit, invloeden van afbraakprocessen met hun betreffende reactieproducten en geurintensiteit." (Artikel 4.4.3.1 § 2.)

### TOEPASBAARHEID

Deze maatregel is algemeen toepasbaar. Tabel 5 geeft een overzicht van de toepasbaarheid van de verschillende technieken.

Tabel 5: Toepasbaarheid van verschillende beheerstechnieken (4.1)

| Techniek                                                             | Toepasbaarheid      |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------|
| A. Inventarisatie en karakterisering van mogelijke ZS-emissiebronnen | Algemeen toepasbaar |
| B. Beoordeling en analyse van emissierisico's                        | Algemeen toepasbaar |
| C. Onderzoek en implementatie van reductiemaatregelen:               | Algemeen toepasbaar |
| D. Preventief onderhoud                                              | Algemeen toepasbaar |
| E. Training en bewustwording                                         | Algemeen toepasbaar |

### MILIEUVOORDEEL

Het toepassen van beheerstechnieken leidt tot verbeterde management van emissies van alle ZS-groepen, wat indirect tot verbeterde milieuprestaties zorgt. Ze zijn essentieel om brongerichte en end-of-pipe maatregelen gericht en effectief te kunnen inzetten.

### FINANCIËLE ASPECTEN

In Tabel 6 wordt een overzicht gegeven van de financiële aspecten van de verschillende subtechnieken (A – E):

Tabel 6: Financiële aspecten van verschillende beheerstechnieken (4.1)

| Techniek                                                             | Financiële aspecten                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A. Inventarisatie en karakterisering van mogelijke ZS-emissiebronnen | <p>Investeringskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ontwikkeling van inventarisatiemethodiek</li> <li>○ Training en opleiding van personeel</li> </ul> <p>Operationele kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Personeelstijd voor inventarisatie</li> </ul> |

| Techniek                                               | Financiële aspecten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Periodieke actualisatie van de inventaris</li> </ul> <p>Mogelijke besparingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Betere inzichten in emissiebronnen, wat leidt tot gerichte reductiemaatregelen</li> <li>Vermeden kosten door onnodige controle of behandeling van onbelangrijke emissiepunten</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                             |
| B. Beoordeling en analyse van emissierisico's          | <p>Investeringskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ontwikkeling van risicobeoordelingsmethodiek</li> <li>Training en opleiding van personeel</li> </ul> <p>Operationele kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Personeelstijd voor uitvoering risicoanalyses</li> <li>Periodieke herziening van risicobeoordelingen</li> </ul> <p>Mogelijke besparingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificatie van risico's vóórdat ze zich voordoen, waardoor incidenten en stilstand worden voorkomen</li> <li>Besparing op dure herstelmaatregelen door proactieve aanpak</li> </ul> |
| C. Onderzoek en implementatie van reductiemaatregelen: | <p>Investeringskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ontwikkeling onderzoeksmethodiek</li> <li>Training personeel voor evaluatie van maatregelen</li> </ul> <p>Operationele kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Personeelstijd voor onderzoek naar reductieopties</li> <li>Documentatie van bevindingen en planning</li> </ul> <p>Mogelijke besparingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vermeden kosten voor end-of-pipe oplossingen door reductie aan de bron</li> </ul>                                                                                                     |
| D. Preventief onderhoud                                | <p>Investeringskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Meetapparatuur en inspectiesystemen.</li> </ul> <p>Operationele kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Systematische inspecties en vervangingsonderdelen.</li> </ul> <p>Mogelijke besparingen:</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

| Techniek                     | Financiële aspecten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Vermeden calamiteiten en verlengde levensduur van apparatuur</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| E. Training en bewustwording | <p>Investeringskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Beperkte investeringen voor ontwikkeling van trainingsmateriaal en -faciliteiten.</li> </ul> <p>Operationele kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ periodieke trainingen en actualisatie van lesmateriaal.</li> </ul> <p>Mogelijke besparingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Efficiëntere werkprocedures en minder incidenten</li> </ul> |

## 4.2 TOEPASSEN VAN PREVENTIEVE TECHNIEKEN

### BESCHRIJVING

Deze paragraaf beschrijft maatregelen die gericht zijn op brongerichte emissiereductie. Door kritisch te kijken naar gebruikte stoffen, processen en het beheer van materialen, kunnen emissies van zorgwekkende stoffen (ZS) direct aan de bron worden geëlimineerd of sterk worden vermindert.

De toepassing omvat minimaal de subtechniek **B** (materiaalkeuze en -beheer), aangevuld met een geschikte combinatie van **A** (substitutie), **C** (gesloten systemen) en **D** (droge bewerking).

#### A. Substitutie

Substitutie omvat het vervangen van ZS door minder schadelijke alternatieven. Het kan gaan om (een combinatie van) een vervanging door andere chemicaliën met eenzelfde functie, of door wijzigen van een productontwerp of productietechniek, zodat ZS niet meer nodig zijn. Het substitutieproces verloopt via een gestructureerde aanpak:

1. Inventarisatie van de gebruikte ZS en hun functie (zie techniek 4.1);
2. Onderzoek naar geschikte alternatieven;
3. Haalbaarheidsanalyse en implementatie via piloottests.

De substitutie moet technisch uitvoerbaar zijn en een netto milieuvoordeel opleveren. Een aandachtspunt is het voorkomen van zogenoemde 'regrettable substitution' (betreurenswaardige vervanging): vervanging door (typisch gelijkaardige) componenten met gelijkaardige, of nog onvoldoende gekende, toxiciteit, of andere zorgwekkende eigenschappen.

[ECHA](#) biedt meer informatie over substitutie en referenties naar bronnen voor het vinden van mogelijke alternatieven.

- **Praktijkvoorbeeld:**

Bij houtconservering is creosoot of oplosmiddelgebaseerde conserveermiddelen vervangen door watergedragen alternatieven. Traditionele middelen zijn effectief, maar veroorzaken uitstoot van PAK's

en VOS, met negatieve gevolgen voor milieu en gezondheid. Watergebaseerde conserveermiddelen verminderen emissies en minimaliseren blootstelling van werknemers en milieuschade.

Uitdagingen zijn onder andere het waarborgen van prestaties tegen schimmels, insecten en weersinvloeden. Dit vereist jaarlijkse evaluaties om nieuwe, veiligere alternatieven te identificeren, waarbij rekening wordt gehouden met milieueffecten en functionele eisen zoals duurzaamheid, hechting en slijtageweerstand. (European IPPC Bureau, 2020)

#### B. Materiaalkeuze en -beheer

Deze techniek richt zich op de integrale beheersing van ZS-houdende materialen, van aanlevering tot eindgebruik. Dit omvat specifieke procedures voor ontvangst, opslag, intern transport en dosering, evenals fysieke maatregelen zoals gesloten overslagsystemen en organisatorische maatregelen zoals voorraadbeheer. Een aandachtspunt is het afstemmen van de materiaalkeuze op de bedrijfsprocessen, met het oog op het vermijden of minimaliseren van emissies van ZS.

Naast het ontvangen en gebruiken van grondstoffen als dusdanig, kan ook voorbehandeling om (precursoren van) ZS af te scheiden of af te breken, toegepast worden binnen het integrale materiaalbeheer. In het geval van afscheiding van ZS, creëert een voorbehandeling een ZS-bevattende nevenstroom/afvalstroom die op gepaste wijze behandeld moet worden.

- **Praktijkvoorbeeld**

In de ijzer- en staalindustrie wordt bij schrootverwerking een geïntegreerd systeem toegepast. Elke schrootlading wordt gecontroleerd op verontreinigingen, zoals zware metalen (bijv. kwik) of materialen die PCB's en dioxines kunnen vormen. Schroot wordt gesorteerd en opgeslagen op ondoordringbare oppervlakken met opvangsystemen. Intern transport gebeurt via gesloten transportbanden om materiaalverlies en emissies te voorkomen. Deze aanpak borgt de kwaliteit van grondstoffen en minimaliseert milieurisico's. (European IPPC Bureau, 2012)

#### C. Gesloten systemen en ingekapselde procesvoering

Deze techniek draait om het gebruik van volledig ingesloten systemen voor procesvoering, opslag en handling van ZS-houdende stromen, met de mogelijkheid om vrijgekomen stoffen terug te winnen en te hergebruiken. De aanpak omvat twee belangrijke pijlers: **fysieke insluiting** om emissies te voorkomen en **terugwinning** van waardevolle componenten.

- **Fysieke insluiting:**

Dit wordt gerealiseerd door hermetisch afgesloten reactoren, dampdichte opslagtanks, dubbel mechanisch gedichte pompen en gesloten bemonsterings- en overslagsystemen. Verbindingen en koppelingen zijn maximaal afgedicht en worden continu gemonitord om systeemintegriteit te waarborgen. Bij potentiële emissiepunten worden extra barrières ingebouwd om ongecontroleerde emissies te voorkomen.

- **Terugwinning van waardevolle componenten:**

Vrijgekomen stoffen worden opgevangen, gezuiverd en opnieuw gebruikt in het proces. Voorbeelden hiervan zijn dampretoursystemen bij verlading, solventrecuperatie via condensatie of absorptiesystemen. De terugwinning vraagt aanvullende zuiveringsinstallaties en opslagcapaciteit.

- **Praktijkvoorbeeld:**

In een farmaceutische productie-installatie wordt een gesloten systeem toegepast voor de verwerking van ZS zoals mutagene actieve farmaceutische ingrediënten. Het hart van het systeem bestaat uit een hermetisch afgesloten reactor waarin de synthese plaatsvindt. Alle procesonderdelen zijn specifiek ontworpen om emissies van ZS te voorkomen: de reactor is uitgerust met een geavanceerd dampretoursysteem dat vrijkomende ZS-houdende dampen opvangt en via cryogene condensatie (zie ook subtechniek D Condensatie) terugwint. De reactor is verbonden met een dampdichte opslagtank die onder stikstofatmosfeer wordt gehouden, waarbij alle koppelingen en verbindingen zijn voorzien van dubbele mechanische afdichtingen om diffuse emissies te voorkomen. Voor het verpompen van ZS-houdende vloeistoffen worden speciale pompen met dubbele mechanical seals gebruikt.

#### D. Droge bewerkingsmethoden

Droge bewerkingsmethoden vervangen traditionele natte processen door systemen zonder of met minimaal gebruik van vloeistoffen. De techniek elimineert het gebruik van ZS-houdende vloeistoffen. Droge bewerkingsmethoden kunnen dus beschouwd worden als een specifieke uitvoering van substitutie (techniek A). Er zijn verschillende types droge bewerkingsmethoden als alternatief voor het gebruik van ZS-houdende vloeistoffen:

1. **Mechanische oppervlaktebehandeling:** Chemische reinigingsmethoden worden vervangen door technieken zoals straalreiniging en droog polijsten.
  2. **Droge coatingsystemen:** Oplosmiddelhoudende coatings worden vervangen door alternatieven zoals poedercoatings.
  3. **Droge koeltechnieken:** Natte koelsystemen worden vervangen door droge technieken.
- Praktijkvoorbeeld

In de oppervlaktebehandelingsindustrie worden ultrasone trillingen gebruikt om oppervlakken te reinigen in plaats van oplosmiddelen. Deze techniek verwijdert vuil met hoogfrequente trillingen zonder ZS-houdende vloeistoffen. Andere alternatieven zijn:

- **Reiniging met droog ijs (CO<sub>2</sub>):** Machineonderdelen en metalen of kunststof substraten worden gereinigd met CO<sub>2</sub>-chips of -sneeuw onder hoge druk, waardoor oplosmiddelen overbodig worden.
- **Reiniging met kunststofkorrelbestraling:** Verf wordt verwijderd door het oppervlak met kunststofdeeltjes onder hoge druk te bestralen, een milieuvriendelijk alternatief voor chemische verfabijtmiddelen. (European IPPC Bureau, 2020)

#### RELEVANTIE

Preventieve technieken vormen een essentiële aanpak voor het beheersen van geleide ZS-emissies naar de lucht. Ze richten zich op het aanpakken van emissies direct bij de bron, in lijn met de preventiehiërarchie, die brongerichte maatregelen verkiest boven end-of-pipe oplossingen.

Deze technieken leveren een brede reeks voordelen op:

- Directe emissiereductie door eliminatie of minimalisatie van emissies aan de bron.
- Lagere risico's voor werknemers en de omgeving.
- Minder afhankelijkheid van end-of-pipe maatregelen, wat extra kosten en infrastructuur reduceert.
- Kostenbesparing dankzij efficiënter gebruik van grondstoffen.
- Betere procesbeheersing en verbeterde productkwaliteit.

## TOEPASBAARHEID

Tabel 7: Toepasbaarheid van verschillende preventieve technieken (4.2)

| Techniek                              | Toepasbaarheid                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A. Substitutie                        | <p>Toepasbaar afhankelijk van de sector, met belangrijkste toepassingen in:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Metaalindustrie: bijvoorbeeld bij oppervlaktebehandeling en coatings</li> <li>Chemische industrie: specifiek bij polymeerproductie en fijnchemie</li> <li>Kunststofverwerkende industrie: voor weekmakers en additieven</li> <li>Afvalwaterbehandeling: waar proceschemicaliën worden toegepast</li> </ul> <p>Beperkingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Strikte productvereisten en specificaties die alternatieven uitsluiten</li> <li>Beperkte beschikbaarheid van technisch gelijkwaardige alternatieven</li> <li>Hervatatieverplichtingen voor specifiek gereguleerde producten in sectoren zoals de farmaceutische industrie</li> </ul> |
| B. Materiaalkeuze- en beheer          | <p>Algemeen toepasbaar.</p> <p>De implementatie is vooral organisatorisch en schaalbaar afhankelijk van de bedrijfsomvang en complexiteit.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| C. Gesloten systemen en procesvoering | <p>Breed toepasbaar in sectoren die werken met ZS, met variaties in implementatie afhankelijk van de situatie.</p> <p>Toepassingsgebieden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Chemische industrie: reactie- en scheidingsprocessen</li> <li>Petrochemische industrie: opslag en verlading van vluchtige componenten</li> <li>Farmaceutische industrie: productie en handling van actieve ingrediënten</li> <li>Oppervlaktebehandelende industrie: galvanische processen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

| Techniek                    | Toepasbaarheid                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Afvalverwerkende industrie: behandeling van ZS-houdend afval</li> </ul> <p>Beperkingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ruimtegebrek bij bestaande installaties</li> <li>○ Complexiteit van processtromen met meerdere ZS</li> <li>○ Degradering van teruggewonnen componenten</li> <li>○ Technische beperkingen bij bepaalde processen, bv. verstoring van het proces door teruggewonnen componenten</li> </ul> <p>Bij nieuwbouw moet volledige insluiting als ontwerpcriterium worden toegepast bij relevante emissierisico's en als de kost proportioneel is met het risico. Voor bestaande installaties wordt per situatie geëvalueerd welke aanpassingen mogelijk zijn.</p> |
| D. Droge bewerkingsmethoden | <p>Toepasbaar bij mechanische bewerkingsprocessen, waaronder:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Metaalbewerkingsindustrie: verspaning en polijsten</li> <li>○ Oppervlaktebehandeling: straalreiniging</li> <li>○ Coatingapplicatie: poedercoatingsystemen</li> <li>○ Industriële reinigingsprocessen: mechanische technieken zoals droogijnsreiniging</li> </ul> <p>Beperkingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Productkwaliteitseisen die natte processen vereisen</li> <li>○ Technische beperkingen van materialen of processen</li> <li>○ Hoge investeringskosten voor aanpassing van het machinepark</li> </ul>                                                                                           |

#### MILIEUVOORDEEL

Preventieve technieken gaan gepaard met een emissiereductie van niet enkel geleide emissies, maar in de meeste gevallen ook diffuse emissies. De grootte van de emissiereductie varieert afhankelijk van de techniek, hoe doorgedreven deze toegepast wordt, en van de bedrijfs- en procesomstandigheden, maar in het algemeen leiden preventieve technieken, en in het bijzonder substitutie, tot een doorgaans

grotere emissiereductie dan bv. nabehandelingstechnieken, en cross-media effecten zijn doorgaans beperkt. Onderstaande overzicht geeft weer welke techniek voor welk type ZS geschikt is (niet-limitatief).

| Techniek                              | ZS-parameter                                                                                |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| A. Substitutie                        | VOS, chroom(VI) en andere zware metalen, PFAS.                                              |
| B. Materiaalkeuze- en beheer          | Alle ZS, maar in het bijzonder zware metalen, PFAS, persistente organische stoffen (POP's). |
| C. Gesloten systemen en procesvoering | VOS, PFAS,                                                                                  |
| D. Droge bewerkingsmethoden           | VOS (oplosmiddelen), persistente organische stoffen                                         |

#### FINANCIËLE ASPECTEN

Algemene kosten die relevant zijn voor alle technieken A t/m E:

- Personeelstijd voor ontwikkeling en implementatie
- Training en opleiding personeel
- Documentatie en administratie
- Periodieke evaluatie en actualisatie
- Kwaliteitscontrole

| Techniek       | Financiële aspecten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A. Substitutie | <p>Investeringskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Onderzoek naar geschikte alternatieven</li> <li>○ Pilootproeven om haalbaarheid en procesaanpassingen te testen</li> <li>○ Mogelijke aanpassingen aan apparatuur of productieprocessen</li> </ul> <p>Operationele kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mogelijk hogere kosten voor alternatieve (duurdere) grondstoffen</li> <li>○ Extra kwaliteitscontroles om prestaties van nieuwe stoffen te garanderen</li> </ul> <p>Mogelijke besparingen:</p> |

| Techniek                              | Financiële aspecten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Lagere kosten voor emissiebeheer en end-of-pipe maatregelen</li> </ul> <p>Alternatieve productietechnieken kunnen, de vermeden aankoopkost van de ZS-grondstof inbegrepen, goedkoper of duurder zijn afhankelijk van de omstandigheden (zie ook D).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| B. Materiaalkeuze- en beheer          | <p>Investeringskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Opslagsystemen die geschikt zijn voor ZS-houdende materialen</li> <li>○ Implementatie van registratie- en voorraadbeheersystemen</li> </ul> <p>Operationele kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Kosten voor voorraadbeheer en administratieve opvolging</li> </ul> <p>Mogelijke besparingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Efficiënter materiaalgebruik vermindert grondstofkosten</li> <li>○ Minder afvalproductie verlaagt afvalverwerkingskosten</li> </ul>                              |
| C. Gesloten systemen en procesvoering | <p>Investeringskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Opvangsystemen en apparatuur voor terugwinning van vrijgekomen stoffen</li> <li>○ Zuiveringssystemen voor hergebruik van stoffen</li> <li>○ Ingecapselde proces- en bemonsteringssystemen</li> </ul> <p>Operationele kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Energieverbruik van terugwinningssystemen</li> <li>○ Onderhoud van gesloten systemen en filters</li> </ul> <p>Mogelijke besparingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Hergebruik van grondstoffen vermindert aankoopkosten</li> </ul> |

| Techniek                    | Financiële aspecten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D. Droge bewerkingsmethoden | <p>Investeringskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Aanschaf van nieuwe apparatuur voor droge bewerkingstechnieken</li> <li>○ Procesaanpassingen om overstap naar droge methoden mogelijk te maken</li> </ul> <p>Operationele kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mogelijk hogere energiekosten voor droge technieken</li> <li>○ Onderhoud van geavanceerde apparatuur</li> </ul> <p>Mogelijke besparingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Wegvallen van vloeistofkosten (zoals oplosmiddelen en koelvloeistoffen)</li> <li>○ Vermijden kosten voor afvalwaterbehandeling</li> </ul> |

### 4.3 TOEPASSEN VAN PROCESGEÏNTEGREERDE EMISSIEREDUCTIETECHNIEKEN

#### BESCHRIJVING

In deze paragraaf worden procesgeïntegreerde technieken beschreven, die tijdens het primaire (productie)proces zelf worden toegepast. Deze technieken onderscheiden zich van bronmaatregelen (zoals substitutie of gesloten systemen) uit paragraaf 4.2 doordat ze rechtstreeks inspelen op de fysisch-chemische processen in een installatie. Het aanpassen van procescondities, reactorontwerpen of systeemconfiguraties kan de vorming van ZS aan de bron verminderen, wat de noodzaak tot, en belasting van eventuele nageschakelde zuivering (end-of-pipe, zie ook paragraaf 4.4) vermindert.

Deze techniek omvat minimaal de subtechnieken **A** en **E**, aangevuld met een geschikte combinatie van **B**, **C** en **D**.

#### A. Operationele procesoptimalisatie

Procesoptimalisatie omvat aanpassingen aan operationele parameters zoals temperatuur, druk, verblijftijd en mengverhoudingen, om emissies van ZS te vermijden of te minimaliseren, rekening houdende met ZS aanwezig in grondstoffen en/of ZS die tijdens het proces gevormd kunnen worden. Dit gaat vaak samen met procescontrole en monitoring, waarvoor sensoren, regelkringen en procesautomatisering mogelijk worden ingezet.

- Praktijkvoorbeeld

In de cementindustrie worden automatische controlesystemen gebruikt om dioxines en furanen (PCDD/PCDF) te minimaliseren. Deze systemen monitoren continu parameters zoals zuurstofconcentratie, temperatuur, druk en debiet. Een stabiele temperatuur is essentieel om de vorming van deze stoffen te voorkomen. Dankzij gravimetrische doseersystemen blijft de brandstoftoevoer consistent, wat resulteert in een optimaal en stabiel verbrandingsproces. (European IPPC Bureau, 2013) (European IPPC Bureau, 2023)

#### B. Verbeterde verbrandingstechnieken

Verbeterde verbrandingstechnieken richten zich op een optimaal ontwerp van de verbrandingskamer, de branders en de lucht-brandstofverhouding om de vorming van zorgwekkende stoffen (ZS), zoals dioxines en furanen (PCDD/F), te minimaliseren. Een belangrijk principe binnen deze technieken is getrapte verbranding. Hierbij wordt de brandstof in een primaire zone sub-stoichiometrisch verbrand, waarna resterende brandbare componenten in een secundaire zone volledig worden geoxideerd. Interne rookgasrecirculatie wordt vaak toegepast om de verbrandingstemperatuur te matigen en de zuurstofconcentratie nauwkeurig te regelen.

Deze technieken onderscheiden zich van operationele procesoptimalisatie (zoals besproken in paragraaf 3 A) doordat de nadruk ligt op het technische ontwerp van de verbrandingsinstallatie, niet enkel op operationele parameters.

- **Praktijkvoorbeeld:**

In de chemische industrie worden thermische behandelingen van chloorhoudende afgassen uitgevoerd met speciaal ontworpen verbrandingskamers. In de eerste zone worden gechlorideerde verbindingen afgebroken, terwijl de afgasstroom in een tweede zone snel van >400 °C naar <250 °C wordt gekoeld om de (de novo) vorming van dioxines en furanen te voorkomen. Het proces maakt gebruik van interne rookgasrecirculatie en een katalytisch bed, wat de oxidatie van organische verbindingen bevordert en de vorming van schadelijke stoffen minimaliseert. (European IPPC Bureau, 2023)

#### C. Katalytische kernprocessen

Katalytische kernprocessen integreren katalysatoren in het primaire productieproces om chemische reacties selectiever te laten verlopen, waardoor schadelijke nevenproducten worden verminderd. Deze techniek verschilt van katalytische naverbranding, omdat de katalysatoren hier een integraal onderdeel van het productieproces vormen. De focus ligt op het ontwerp van de reactor, de eigenschappen van het katalysatorbed en de regeneratiecyclus, in plaats van enkel op traditionele procesparameters zoals temperatuur en druk.

Voor een effectieve werking worden katalysatoren zorgvuldig geselecteerd. Ze bevatten bijvoorbeeld minder toxische metalen en zijn bestand tegen vergiftiging. Door grondstoffen vooraf te behandelen en vervuilende bestanddelen te verwijderen (gerelateerd aan techniek materiaalkeuze en -beheer, besproken in paragraaf 4.2 B), blijft het katalysatoroppervlak optimaal functioneren. Dit leidt tot een hoger rendement en een reductie in de vorming van ZS.

- **Praktijkvoorbeeld:**

In de chemische industrie wordt katalytische oxidatie toegepast bij de productie van organische chemicaliën om vluchtige organische stoffen (VOS) te behandelen. Dit proces gebruikt edelmetalen katalysatoren, zoals platina of palladium, die zijn aangebracht op minerale oxiden. Bij temperaturen van 140-235°C bevorderen deze katalysatoren de oxidatie van stoffen zoals benzeen, toluen en xyleen (BTX). Ze zijn aangebracht op een honingraatstructuur van cordieriet of een metaalsubstraat zoals Fe/Cr-legering, wat zorgt voor een optimale contacttijd. Dit systeem werkt het beste bij stabiele oplosmiddelconcentraties en in afwezigheid van katalysatorvergiften. (Alsyls Group, n.d.) (VITO, n.d.)

#### D. Inertisering

Inertisering creëert een zuurstofarme procesomgeving om ongewenste oxidatiereacties en de vorming van schadelijke stoffen te voorkomen. Dit gebeurt door continu inert gas, zoals stikstof of koolstofdioxide, in te brengen. Tegelijk wordt een lichte overdruk gehandhaafd, en wordt het zuurstofgehalte op meerdere kritieke punten nauwkeurig gemeten. Bij overschrijding van de limieten grijpen automatische noodvoorzieningen, zoals back-up inertgastoevoersystemen, direct in. Deze techniek is vooral nuttig bij processen met risico op explosies of oxidatieve bijproducten, zoals peroxiden.

In de praktijk wordt inertisering bijvoorbeeld toegepast in oplosmiddelen-terugwinningsinstallaties, waarbij de destillatiekolom inert wordt gemaakt met stikstof. Dit houdt het zuurstofgehalte onder 7%, wat zowel explosiegevaar als de vorming van schadelijke degradatieproducten beperkt. Redundante zuurstofanalyses en alarmsystemen zorgen voor een stabiele en veilige procesvoering. (BREF STS).

- **Praktijkvoorbeeld:**

In gieterijprocessen, zoals bij het koelen van mallen en gietstukken, wordt inertisering gecombineerd met een VOS-managementsysteem. Dit systeem monitort en beheert diffuse emissies van stoffen zoals benzeen, toluen en fenol. Door een geïntegreerde aanpak van inventarisatie, monitoring en frequente detectie- en reparatierondes kan in sommige gevallen meer dan 98% van de VOS-emissies worden gereduceerd. In een zuurstofarme atmosfeer worden ongewenste reacties voorkomen, wat inertisering en proactief onderhoud tot een complementaire combinatie maakt. (Catalytic Products International, 2020)

#### E. Procesautomatisering en -controle

Procesautomatisering en -controle maakt gebruik van computergestuurde systemen, zoals Distributed Control Systems (DCS) en Programmable Logic Controllers (PLC's), om in real-time kritieke parameters zoals temperatuur, druk, lucht-brandstofverhouding en debiet te monitoren en aan te sturen. Deze systemen zorgen ervoor dat processen binnen vooraf gedefinieerde optimale waarden blijven, wat een stabiele procesvoering waarborgt en emissiepieken voorkomt die kunnen ontstaan door fluctuaties in grondstofkwaliteit of energieaanbod.

Geavanceerde regelsystemen grijpen direct in wanneer processen buiten specificaties raken. Dit gebeurt bijvoorbeeld door bepaalde onderdelen van een installatie te vergrendelen of door alarmen te activeren. Redundante meetsystemen zorgen ervoor dat een foutsignaal of sensoruitval niet tot onveilige omstandigheden leidt. Automatisering speelt hiermee een cruciale rol in zowel procesveiligheid als emissiebeheersing.

- **Praktijkvoorbeeld**

In een geïntegreerde staalfabriek wordt een computergestuurd DCS ingezet om procesgassen efficiënt te beheren en ZS-emissies te minimaliseren. Het systeem integreert verschillende processtappen en monitort continu de calorische waarden van gasstromen, drukprofielen en energiestromen tussen installatieonderdelen. Predictieve algoritmes anticiperen op verstoringen en productiewisselingen, waarbij automatisch correctieve acties worden uitgevoerd volgens vooraf vastgelegde interventiestrategieën. Deze aanpak zorgt voor een stabiele procesvoering met minimale emissiepieken, minder fakkerverliezen en een optimale benutting van procesgassen. (European IPPC Bureau, 2012)

#### RELEVANTIE

Geïntegreerde procestechnieken voor emissiereductie zijn relevant omdat ze direct ingrijpen op de vorming van ZS tijdens het productieproces. Ze verschillen van beheerstechnieken (paragraaf 4.1), die zich richten op inventarisatie en monitoring, en van preventieve technieken (paragraaf 4.2), die zich

focussen op organisatorische maatregelen en materiaalkeuze. In plaats daarvan ligt de nadruk bij geïntegreerde technieken op de optimalisatie van het productieproces zelf, waardoor de vorming van ZS aan de bron wordt geminimaliseerd. Door het verhogen van de processtabiliteit dragen deze technieken tevens bij aan het voorkomen of beheersen van emissiepieken tijdens OTNOC.

Deze technieken zorgen door gerichte procesaanpassingen en het optimaliseren van kritische parameters voor een significante reductie van ZS, zonder in te boeten op productkwaliteit. Dit is een fundamenteel andere aanpak dan end-of-pipe technieken (paragraaf 4.4), die pas worden toegepast nadat emissies al zijn gevormd. Geïntegreerde technieken zijn met name effectief in complexe industriële processen zoals verbrandingsinstallaties, chemische synthese en thermische behandelingen. Hierin bieden ze niet alleen een vermindering van de belasting op nageschakelde zuiveringstechnieken, maar zorgen ze ook voor lagere operationele kosten voor end-of-pipe maatregelen en een veiliger productieproces.

#### TOEPASBAARHEID

Tabel 8: Toepasbaarheid van verschillende procesgeïntegreerde technieken (4.3)

| Techniek                             | Toepasbaarheid                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A. Operationele procesoptimalisatie  | <p>Algemeen toepasbaar.</p> <p>De effectiviteit kan echter beperkt zijn bij:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sterk geïntegreerde processen, waar parameterwijzigingen cascade-effecten veroorzaken</li> <li>○ Oudere installaties met beperkte procescontrolemogelijkheden</li> </ul> <p>Validatievereisten in sectoren zoals de farmaceutische industrie</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| B. Verbeterde verbrandingstechnieken | <p>Verbeterde verbrandingstechnieken zijn vooral toepasbaar in sectoren met intensieve verbrandingsprocessen, zoals:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Afvalverbranding</li> <li>○ Energieproductie</li> <li>○ Metaalindustrie (bijv. hoogovens)</li> <li>○ Chemische industrie (thermische processen)</li> </ul> <p>Ze kunnen worden toegepast bij alle verbrandingsprocessen waar ZS, zoals dioxines en furanen, kunnen worden gevormd, en zijn met name relevant voor hoge-temperatuurprocessen.</p> <p>Beperkingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ De implementatie van deze technieken kan worden belemmerd door bestaande ovenconfiguraties, strikte thermische</li> </ul> |

| Techniek                             | Toepasbaarheid                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | procesvereisten en beperkte regelruimte binnen het proces                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| C. Katalytische processen            | <p>Katalytische processen zijn breed toepasbaar in sectoren die chemische reacties gebruiken, waaronder:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Chemische industrie</li> <li>○ Petrochemie</li> <li>○ Farmaceutische industrie</li> </ul> <p>Deze technieken zijn met name geschikt voor chemische synthese en conversieprocessen waar selectiviteit kan worden verbeterd om schadelijke nevenproducten te beperken.</p> <p>Beperkingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ De implementatie kan worden beperkt door de complexiteit van het reactiemengsel, gevoeligheid voor katalysatorvergiftiging en beperkingen in procestemperaturen.</li> </ul> |
| D. Inertisering                      | <p>Inertisering is toepasbaar in sectoren waar oxidatie of degradatie van stoffen moet worden voorkomen, zoals:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Chemische industrie</li> <li>○ Afvalverwerking</li> <li>○ Recycling</li> <li>○ Solventterugwinning</li> </ul> <p>Deze techniek is effectief voor processen waarbij een zuurstofarme omgeving cruciaal is om emissies of reacties te minimaliseren.</p> <p>Beperkingen:</p> <p>De kosten van inert gas, beperkte procestoegankelijkheid en strikte veiligheidsvereisten kunnen de implementatie bemoeilijken.</p>                                                                                           |
| E. Procesautomatisering en -controle | <p>Procesautomatisering en -controle is algemeen toepasbaar in alle procesindustrieën met continue of batchproductie. Het is vooral nuttig in processen waarbij nauwkeurige controle van</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

| Techniek | Toepasbaarheid                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <p>parameters, zoals temperatuur en druk, essentieel is voor het minimaliseren van ZS-vorming.</p> <p>Beperkingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Implementatie kan worden belemmerd door de complexiteit van procesintegratie en validatie-eisen, vooral in gereguleerde sectoren zoals de farmaceutische industrie.</li> </ul> |

### MILIEUVOORDEEL

Het toepassen van procestechnieken voor emissiereductie bieden milieuvoordelen door direct in te grijpen op de vormingsmechanismen van ZS tijdens het productieproces. Door het optimaliseren van procesparameters en reactiecondities wordt de vorming van schadelijke bijproducten zoals dioxines, furanen en andere ZS geminimaliseerd. Deze aanpak biedt meer voordelen dan end-of-pipe maatregelen omdat de emissies worden voorkomen in plaats van verwijderd. Bij verbrandingsprocessen leiden verbeterde verbrandingstechnieken tot een significante reductie in de vorming van persistente organische verbindingen, terwijl katalytische processen de selectiviteit verhogen waardoor minder ongewenste bijproducten ontstaan. Inertisering verhindert de vorming van secundaire ZS door oxidatie- en degradatiereacties. Procesautomatisering waarborgt stabiele procescondities wat emissiepieken voorkomt.

Tabel 9: Verwijderde ZS voor verschillende procesgeïntegreerde technieken (4.3)

| Techniek                             | Verwijderde ZS                                                                                                                                              |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A. Procesoptimalisatie               | Alle ZS, maar in het bijzonder persistente stoffen (o.a. dioxines/furanen/PCB's en anderre POP's), PAK's, VOS.                                              |
| B. Verbeterde verbrandingstechnieken | Dioxines, furanen, en andere gehalogeneerde POP's, PAK's, VOS. Er is een bijkomend milieuvoordeel door minder vorming van verbrandingsgassen (NOx, CO, enz) |
| C. Katalytische processen            | BTX-componenten en andere VOS                                                                                                                               |
| D. Inertisering                      | BTX-componenten en andere VOS, explosiegevoelige stoffen.                                                                                                   |
| E. Procesautomatisering en-controle  | Alle ZS-groepen, afhankelijk van kritische parameters (bv. VOS, dioxines).                                                                                  |

## FINANCIËLE ASPECTEN

De implementatie van geïntegreerde procestechnieken brengt zowel investerings- als operationele kosten met zich mee. Tegelijkertijd kunnen deze technieken leiden tot besparingen op lange termijn door efficiënter gebruik van grondstoffen en een verminderde behoefte aan end-of-pipe maatregelen.

Algemene kosten die van toepassing zijn op alle technieken:

- Investeringskosten: Engineering- en ontwerpkosten, opleiding van operationeel personeel, en opstellen van documentatie en procedures.
- Operationele kosten: Periodieke kwaliteitscontrole, validatie van systemen, en regelmatige evaluatie en optimalisatie van processen.

Hieronder worden de specifieke financiële aspecten per techniek kwalitatief uiteengezet:

Tabel 10: Financiële aspecten van verschillende procesgeïntegreerde technieken (4.3)

| Techniek                             | Kosten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A. Procesoptimalisatie               | <p>Investeringskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Aanschaf van meet- en regelsystemen</li> <li>○ Implementatie van procesautomatisering</li> </ul> <p>Operationele kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Onderhoud van monitoringapparatuur</li> <li>○ Regelmatige kalibratie van instrumenten</li> </ul> <p>Mogelijke besparingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Verbeterde procesefficiëntie vermindert productverliezen</li> <li>○ Lagere grondstofkosten</li> </ul> |
| B. Verbeterde verbrandingstechnieken | <p>Investeringskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ aanpassingen aan de verbrandingsinstallatie, zoals upgrades van branders, rookgasrecirculatiesystemen en de installatie van katalytische bedden.</li> <li>○ vereist gespecialiseerde engineering en kan ook hardwarevervanging of -modificatie inhouden.</li> </ul> <p>Operationele kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Regulier onderhoud</li> <li>○ periodieke inspecties</li> <li>○ vervanging van onderdelen</li> </ul>        |

| Techniek                  | Kosten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           | <p>Mogelijke besparingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ lager brandstofverbruik, wat energiekosten reduceert.</li> <li>○ kosten voor end-of-pipe technieken kunnen afnemen doordat minder emissies worden gevormd.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| C. Katalytische processen | <p>Investeringskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ aanschaf en installatie van katalysatoren, inclusief edelmetalen of specifieke dragers.</li> <li>○ extra apparatuur kan nodig zijn voor grondstofvoorbehandeling om katalysatorvergiftiging te voorkomen.</li> </ul> <p>Operationele kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Periodieke vervanging van katalysatoren</li> <li>○ onderhoud van het katalysatorsysteem</li> </ul> <p>Mogelijke besparingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ minder ongewenste bijproducten worden gevormd door een hogere selectiviteit in chemische reacties, wat kan leiden tot een lagere behoefte aan end-of-pipe technieken</li> <li>○ onderhoudskosten kunnen beperkt worden door de langere levensduur van katalysatoren bij correct gebruik</li> </ul> |
| D. Inertisering           | <p>Investeringskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ meet- en regelapparatuur voor zuurstofmonitoring en drukregelsystemen</li> </ul> <p>Operationele kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ continue toevoer van inert gas (zoals stikstof) vormt een significante terugkerende kost</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

| Techniek                             | Kosten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ onderhoudskosten voor drukregelsystemen en monitoringapparatuur</li> </ul> <p>Mogelijke besparingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Inertisering verhoogt de procesveiligheid door het risico op explosies en ongecontroleerde oxidatiereacties te minimaliseren. Dit voorkomt schade aan apparatuur, incidentele emissies en noodmaatregelen, wat kostenbesparend werkt.</li> <li>○ beperkt de vorming van schadelijke oxidatieproducten, wat de noodzaak voor corrigerende maatregelen verkleint</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                               |
| E. Procesautomatisering en -controle | <p>Investeringskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sensoren, besturingsmodules, software en infrastructuur voor real-time monitoring</li> <li>○ Opleiding van operators tot gekwalificeerde gebruikers</li> </ul> <p>Operationele kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Periodiek onderhoud</li> <li>○ software-updates,</li> <li>○ kalibraties van sensoren en inspecties.</li> </ul> <p>Mogelijke besparingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Procesautomatisering verhoogt de efficiëntie en stabiliteit van het productieproces. Dit vermindert het aantal emissiepieken, waardoor de afhankelijkheid van end-of-pipe technieken afneemt.</li> <li>○ uitval en stilstand kunnen worden beperkt, wat operationele kosten verlaagt en productieverliezen minimaliseert.</li> </ul> |

## 4.4 TOEPASSEN VAN ÉÉN OF EEN GESCHIKTE COMBINATIE VAN END-OF-PIPE TECHNIEKEN

End-of-pipe technieken, ook wel nabehandelingstechnieken genoemd, worden ingezet wanneer zorgwekkende stoffen (ZS) al zijn gevormd in de afgasstroom. Deze technieken verwijderen of zetten de emissies om voordat ze naar de atmosfeer worden geloosd. Afhankelijk van het werkingsprincipe worden end-of-pipe technieken onderverdeeld in twee hoofdcategorieën: **scheidingstechnieken** (paragraaf 4.4.1) en **omzettingstechnieken** (paragraaf 4.4.2).

De keuze tussen scheidingstechnieken en omzettingstechnieken hangt af van verschillende factoren:

- De chemische en fysische eigenschappen van de ZS
- De concentratie van ZS in de afgasstroom
- De mogelijkheden voor recuperatie en hergebruik
- Economische overwegingen (kosten en baten)
- Het risico op secundaire emissies door de toegepaste techniek

**Scheidingstechnieken** verwijderen ZS fysisch of fysisch-chemisch uit de gasstroom, waarbij hun chemische structuur intact blijft. Dit maakt in bepaalde gevallen hergebruik mogelijk. **Omzettingstechnieken** breken ZS chemisch af of transformeren ze in minder schadelijke componenten, vaak door oxidatie, reductie of andere chemische processen.

Deze technieken kunnen zowel op zichzelf als in combinatie met andere end-of-pipe maatregelen worden toegepast om een optimale emissiereductie te bereiken. Het combineren van scheidingstechnieken met omzettingstechnieken of andere nageschakelde stappen biedt vaak een completere oplossing. Hieronder is een niet-limitatief overzicht gegeven van een aantal relevante scheidings- en omzettingstechnieken. Meer nabehandelingstechnieken zijn te vinden [via LUSS \(luchtzuiveringselectiesysteem\)](#) op de EMIS website, en via het [Nederlandse Informatiepunt Leefomgeving - IPLO](#). LUSS is tegelijk ook een [tool](#) die een eerste screening voor geschikte technieken toelaat, op basis van de te verwijderen componenten en eigenschappen van de gasstroom. Een belangrijk aspect bij de selectie, het ontwerp en de dimensionering van end-of-pipe technieken is het in rekening brengen van de variabiliteit van de afgasstroom. Naast de condities tijdens normaal bedrijf, zoals geïnventariseerd onder 4.1.A, dient rekening gehouden worden met de te verwachten fluctuaties in debiet, concentratie, temperatuur en samenstelling tijdens relevante OTNOC-fasen (bv. opstarten, stilleggen, procesverstoringen). Een robuust ontwerp dat deze variaties aankan, is essentieel om de beoogde emissiereductie ook buiten normale bedrijfsomstandigheden te verzekeren en te voorkomen dat de nabehandelingsinstallatie zelf een bron van problemen wordt.

**Deze techniek omvat één van de, of een geschikte combinatie van, subtechnieken uit 4.4.1 (scheidingstechnieken) en 4.4.2 (omzettingstechnieken).**

### 4.4.1 SCHEIDINGSTECHNIEKEN

Scheidingstechnieken richten zich op het fysisch of fysisch-chemisch verwijderen van ZS uit de afgasstroom, waarbij de moleculaire structuur van de stoffen grotendeels behouden blijft. Hierdoor ontstaat de mogelijkheid om de afgescheiden stoffen te recupereren en opnieuw te gebruiken, afhankelijk van de samenstelling van de afgescheiden stroom, verdere verwerkingsstappen en de economische waarde van de stoffen.

Scheidingstechnieken laten zich ruwweg verder onderverdelen in 2 groepen, namelijk scheidingstechnieken voor stofdeeltjes en scheidingstechnieken voor gassen.

## BESCHRIJVING

**Scheidingstechnieken voor stofvormige emissies**

## A. Stofverwijdering

Techniekfiches: [LUSS \(stoffilter\)](#), [LUSS \(stofwasser\)](#), [LUSS \(droge ESP\)](#), [LUSS \(natte ESP\)](#) en [IPLO \(NL\) stoffilter](#), [IPLO \(NL\) ESP](#), [IPLO \(NL\) stofwasser](#)

Filtratie is een techniek voor het verwijderen van deeltjesvormige ZS uit afgasstromen. Er worden twee hoofdtypes filtratie onderscheiden: doekfilters en elektrostatische stofvangers (ESP's).

**Doekfilters** maken gebruik van poreus geweven of gevilt materiaal waardoor de gasstroom passeert. De keuze van het filtermateriaal is afhankelijk van de eigenschappen van het afgas, zoals temperatuur en chemische samenstelling, en wordt afgestemd op de maximale bedrijfstemperatuur. Deze filters zijn geschikt voor het afvangen van fijne stofdeeltjes met hoge efficiëntie.

**Elektrostatische stofvangers (ESP's)** werken door deeltjes in de gasstroom een elektrische lading te geven. Onder invloed van een elektrisch veld worden de deeltjes aangetrokken en vastgehouden door geladen platen of draden. Er zijn twee varianten:

- Droge ESP's: Opgevangen materiaal wordt mechanisch verwijderd (bijv. door trilling of afschrapen)
- Natte ESP's: Het opgevangen materiaal wordt afgespoeld met water, wat nuttig is bij kleverige of natte deeltjes.

Daarnaast kan een **stofwasser** (een nat was- of scrubbersysteem voor stof) worden ingezet om stofdeeltjes met behulp van water efficiënt af te vangen, met name bij plakkerig of vochtig stof.

De keuze voor een specifiek type filtratie hangt af van factoren zoals de deeltjesgrootte en eigenschappen van het stof, de temperatuur en vochtigheid van het afgas, de gewenste verwijderingsefficiëntie, de beschikbare ruimte en economische overwegingen.

**Scheidingstechnieken voor gasvormige emissies**

## B. Absorptie (gaswassing)

Techniekfiches: [LUSS](#) en [IPLO \(NL\)](#)

Absorptie is een techniek om gasvormige ZS te verwijderen door de afgasstroom in contact te brengen met een passende vloeistof waarin de doelcomponenten (zoals fenolen, aromatische amines of aldehyden) oplossen of reageren. De installatie bestaat doorgaans uit een verticale gepakte kolom of sproeitoren, waar de gasstroom tegenstroomt met de wasvloeistof om een maximale contacttijd te garanderen. De keuze van de wasvloeistof hangt af van de aard van de ZS en kan variëren van water tot licht alkalische of licht zure oplossingen. Na absorptie wordt de wasvloeistof gerecirculeerd of afgevoerd, terwijl een nevelafscheider voorkomt dat vochtige druppels in de uitlaat terechtkomen.

- Praktijkvoorbeeld

In een kunstharsproductie-installatie waarbij fenol vrijkomt, wordt een natwassysteem ingezet om deze ZS uit de afgasstroom te verwijderen. De rookgassen passeren een gepakte kolom waarin een licht alkalische wasvloeistof circuleert. Fenol lost grotendeels in de vloeistof op of reageert ermee, waarna de verzadigde wasoplossing wordt gerecirculeerd en periodiek ververs. Door continue monitoring van pH

en debiet wordt de afbraak en/of oploscapaciteit van fenol gewaarborgd, wat resulteert in beduidend lagere emissies van fenol en andere verwante stoffen.

### C. Adsorptie

Techniefiches [LUSS \(actief kool\)](#), [LUSS \(zeoliet\)](#), [LUSS \(polymeer\)](#) en [IPLO \(NL\)](#)

Adsorptie is een techniek waarbij gasvormige ZS worden verwijderd door ze te laten hechten aan het oppervlak van vaste adsorbentia, zoals actieve kool, zeolieten of koolstofvezelpapier. Deze materialen hebben een groot specifiek oppervlak en een sterke affiniteit voor de te verwijderen stoffen. Na verzadiging kunnen de geadsorbeerde stoffen worden gedesorbeerd met bijvoorbeeld stoom of inert gas, waarna het adsorbens herbruikbaar is. Dit maakt adsorptie geschikt voor het terugwinnen van waardevolle VOS.

Het proces wordt vaak uitgevoerd in meerdere parallelle kolommen, waarbij kolommen afwisselend in adsorptie- of desorptiemodus werken, zodat het systeem continu operationeel blijft. Adsorptie wordt ook regelmatig gebruikt als voorconcentratiestap voorafgaand aan thermische of katalytische oxidatie..

- Concreet voorbeeld:

In een installatie voor de decontaminatie van PCB-houdende apparatuur (zoals transformatoren) wordt adsorptie toegepast om lucht die vrijkomt tijdens het proces te behandelen. Het systeem omvat:

- Een afgesloten voorbehandelingsruimte met afzuiging.
- Actieve-koolfilters voor het behandelen van de afgezogen lucht.
- Continue monitoring van emissies en mogelijke atmosferische PCB-depositie.

Deze toepassing resulteert in zeer lage emissies van PCB's naar de lucht. De effectiviteit wordt gemeten via fysisch-chemische analyses of biomonitoring.

### D. Condensatie

Techniefiches [LUSS \(condensor\)](#), [LUSS \(cryocondensatie\)](#) en [IPLO \(NL\) \(cryo\)condensor](#)

Condensatie verwijdert dampvormige ZS door de temperatuur van de afgasstroom te verlagen tot onder het dauwpunt van de stoffen, waardoor ze vloeibaar worden. Afhankelijk van de vluchtigheid van de stoffen kunnen verschillende koelmethoden worden gebruikt, variërend van conventionele koeling (ongeveer 5°C) tot cryogene systemen met zeer lage temperaturen, bijvoorbeeld met ammoniak of propaan.

Het proces vereist:

- Een warmtewisselaar om het afgas te koelen.
- Een vloeistofafscheider om gecondenseerde stoffen op te vangen.
- Een systeem om het condensaat te behandelen.

Condensatie wordt vaak gecombineerd met andere technieken, zoals absorptie (techniek B) of adsorptie (techniek C), om een meer complete verwijdering van ZS te bereiken.

- Praktijkvoorbeeld:

In een installatie voor de terugwinning van VOS wordt een tweetraps-condensatiesysteem gebruikt. Dit systeem is ontworpen om afgasstromen effectief te behandelen en tegelijkertijd bruikbare stoffen terug te winnen. Het proces omvat:

- Effectieve verwijdering van condenseerbare stoffen: Door het afgas af te koelen tot lage temperaturen worden vluchtige stoffen gecondenseerd en uit de stroom verwijderd.
- Terugwinning van waardevolle componenten: De gecondenseerde vluchtige organische stoffen kunnen worden gerecycled of opnieuw worden gebruikt, wat leidt tot kostenbesparingen en een efficiënter grondstoffengebruik.
- Minimale emissies naar de lucht: Het systeem beperkt emissies van VOS tot een minimum en draagt bij aan naleving van strenge emissienormen.

Het tweetrapsontwerp voorkomt ijsvorming door vocht in de afgasstroom en zorgt voor een betrouwbare, continue werking, wat essentieel is in industriële toepassingen.

#### RELEVANTIE

End-of-pipe scheidingstechnieken spelen een belangrijke rol in processen waar brongerichte maatregelen en procesoptimalisatie onvoldoende kunnen voorkomen dat ZS in de afgasstroom terechtkomen. Voor vele emissiepunten zijn ze bepalend voor de haalbare emissieconcentraties en massastromen.

#### TOEPASBAARHEID

Nabehandeling met één of een combinatie van scheidingstechnieken is algemeen toepasbaar. De toepasbaarheid van individuele scheidingstechnieken is sterk afhankelijk van de fysische en chemische eigenschappen van de zorgwekkende stoffen (ZS), het type industriële proces en de gewenste mate van emissiereductie.

- **Stofverwijdering** wordt veel ingezet in sectoren met stofgebonden ZS, zoals de metaalindustrie (hoogovens, staalgieterijen, non-ferrometalen), keramische en glasindustrie, afvalverbranding en de chemische industrie. Voor kleverig stof zijn sommige droge filtertechnieken niet geschikt.
- **Absorptie** (gaswassers) vindt brede toepassing in de chemische industrie, petrochemische sector, en non-ferro metaalproductie, evenals in afvalverbranding.
- **Adsorptie** met actieve kool of zeolieten wordt vaak ingezet in sectoren zoals de chemische en petrochemische industrie, farmaceutische productie, en bij de behandeling van vrijkomende emissies tijdens decontaminatie van elektronische apparatuur of transformatoren.
- **Condensatie** komt tot zijn recht in sectoren waar met relatief eenvoudig te condenseren VOS wordt gewerkt, zoals in de petrochemische en chemische industrie, of bij processen waar terugwinning van organische oplosmiddelen economisch interessant is. Condensatie wordt vaak ingezet als voorbehandelingsstap om vervolgens met andere technieken een diepere zuivering te realiseren.

## MILIEUVOORDEEL

Tabel 11:: Verwijderde ZS voor verschillende end-of-pipe scheidingstechnieken (4.4.1)

| Techniek            | Verwijderde ZS                                                       |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------|
| A. Stofverwijdering | Stofgebonden ZS: zware metalen (Pb, Cd, Hg), dioxines, PAK's, PCB's. |
| B. Absorptie        | Wateroplosbare componenten, zware metalen (gasvormige Hg)            |
| C. Adsorptie        | VOS, PCB's, dioxines, chloorverbindingen.                            |
| D. Condensatie      | VOS, solventen, benzeen.                                             |

Door toepassing van scheidingstechnieken kunnen aanzienlijke cross-media effecten (afwenteleffecten) optreden, bijvoorbeeld door energie-, water- of materialenverbruik, en door vorming van een ZS-houdende afval(water)stroom die verder verwerkt moet worden (zie ook 'operationele kosten' hieronder). De emissiereductie wordt afgewogen ten opzichte van de cross-media effecten met het oog op geïntegreerde bescherming van milieu en gezondheid.

## FINANCIËLE ASPECTEN

End-of-pipe scheidingstechnieken brengen doorgaans grote initiële investeringen met zich mee, evenals terugkerende operationele kosten. Deze kosten zijn sterk afhankelijk van de capaciteit van het systeem, de complexiteit van de te verwijderen ZS en het automatiseringsniveau van de installatie.

## Investeringskosten

- Aanschaf en installatie van apparatuur, zoals gaswassers, adsorptiesystemen, of warmtewisselaars.
- Aanpassingen aan bestaande procesinstallaties, en leidingwerk en ventilator(en), om compatibiliteit met de nieuwe techniek te waarborgen.
- Ontwerp- en engineeringkosten, inclusief optimalisatie van de integratie in het proces.

## Operationele kosten

- Energieverbruik: Voor pompen, ventilatoren, koelsystemen en andere mechanische componenten.
- Materialen en reagentia: Zoals de regeneratie of vervanging van adsorbentia, chemische reagentia (bijvoorbeeld natronloog of zuren)
- Waterverbruik bij bepaalde technieken (watergebaseerde wasser, natte ESP, biofilter,...)
- Verwerking of afvoer van afgescheiden ZS-houdende reststromen
- Onderhoud en inspecties: Periodieke controles, kalibratie van apparatuur en het uitvoeren van onderhoud om de operationele efficiëntie te behouden.

- Monitoring: Kennis en personeelstijd voor het monitoren van procesparameters zoals pH, debiet, drukval en emissiewaarden.

#### Mogelijke besparingen

- Hergebruik van waardevolle stoffen: Adsorptie- en condensatiesystemen kunnen bijvoorbeeld VOS terugwinnen voor hergebruik, wat grondstoffen- en productiekosten verlaagt.

### 4.4.2 OMZETTINGSTECHNIEKEN

Deze technieken transformeren ZS naar minder schadelijke verbindingen door chemische reacties. Ze worden typisch toegepast wanneer terugwinning niet mogelijk of wenselijk is, of aanvullende nabehandeling nodig is.

#### BESCHRIJVING

##### A. Thermische naverbranding

Techniefiches [LUSS \(thermische naverbranding\)](#), [LUSS \(recuperatieve thermische oxidatie\)](#), [LUSS \(regeneratieve thermische oxidatie\)](#) en [IPLO \(NL\) Naverbrander](#)

Thermische naverbranding is een omzettingstechniek waarbij organische verbindingen in een verbrandingskamer thermisch worden afgebroken. De afgasstroom wordt verhit tot temperaturen van 800-1100°C, waarbij een vlam (meestal door aardgas) de verbranding initieert. Door de hoge temperatuur worden de organische componenten effectief vernietigd. Het proces wordt vaak uitgevoerd in systemen met twee of meer keramische vaste bedden die alternerend worden gebruikt.

Een belangrijk kenmerk van thermische naverbranding is het regeneratieve ontwerp. De warmte die vrijkomt tijdens de verbranding wordt benut om het gepakt bed in de andere kamer voor te verwarmen. Dit verhoogt de energie-efficiëntie aanzienlijk. Na de verbranding kan aanvullende warmteterugwinning worden toegepast om de energie-efficiëntie verder te optimaliseren.

- Praktijkvoorbeeld:

In de productie van ethyleendichloride (EDC) en vinylchloride monomeer (VCM) wordt thermische naverbranding toegepast om afgasstromen met gechloreerde koolwaterstoffen te behandelen. Het systeem omvat:

- Een verbrandingskamer die werkt bij temperaturen boven 1100°C, met een minimale verblijftijd van 2 seconden. Dit garandeert een volledige omzetting van de schadelijke stoffen.
- Snel afkoelen van de rookgassen na verbranding om de vorming van ongewenste bijproducten te minimaliseren.
- Een tweetraps wassysteem:
  - Eerste wastrap: Water wordt gebruikt om het gevormde zoutzuur terug te winnen.
  - Tweede wastrap: Een loogwassing zorgt voor de finale reiniging van de rookgassen.

Deze geïntegreerde aanpak resulteert in een zeer effectieve verwijdering van gechloreerde koolwaterstoffen, waarbij de concentraties van EDC en VCM in de gereinigde afgasstroom worden gereduceerd tot 0,5-5 mg/Nm<sup>3</sup>. (European IPPC Bureau, 2017)

## B. Katalytische thermische naverbranding

Techniefiches [LUSS \(katalytische oxidatie\)](#), [LUSS \(recuperatieve katalytische oxidatie\)](#), [LUSS \(regeneratieve katalytische oxidatie\)](#) en [IPL0 \(NL\) Naverbrander](#)

Katalytische thermische naverbranding is een omzettingstechniek waarbij organische stoffen worden geoxideerd op een katalysator bij lagere temperaturen (350-700°C) dan bij conventionele thermische naverbranding (>800°C). Door gebruik te maken van katalysatoren, meestal edelmetalen zoals platina of palladium op een keramische drager, wordt de activeringsenergie van de oxidatiereactie verlaagd, waardoor de reactie al bij lagere temperaturen kan plaatsvinden.

Deze techniek is met name geschikt voor afvalstromen met een laag tot gemiddeld gehalte aan VOS. Het lagere temperatuurregime resulteert in een lager energieverbruik en minder vorming van stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) dan bij thermische naverbranding. Daarnaast is het katalysatorbed specifiek ontworpen voor de aard van de te behandelen componenten, wat een efficiënte omzetting garandeert.

- Praktijkvoorbeeld:

In een installatie voor de productie van houtvezelplaten wordt katalytische naverbranding ingezet om drogerafgassen te behandelen die beladen zijn met VOS, zoals terpenen en aldehyden. Het systeem omvat drie geïntegreerde stappen:

- Voorverwarming van de afgasstroom: Via een warmtewisselaar wordt de warmte van de behandelde afgasstroom gerecupereerd om de inkomende afgasstroom voor te verwarmen.
- Oxidatie in het katalysatorbed: De voorverwarmde afgasstroom passeert een katalysatorbed bij relatief lage temperaturen (350-400°C), waar de organische componenten worden omgezet in CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>O. De katalysator, bestaande uit een edelmetaal op een keramische drager, is specifiek geselecteerd voor houtgerelateerde VOS.
- Warmterecuperatie na oxidatie: De thermische energie van de behandelde afgasstroom wordt opnieuw teruggewonnen via een tweede warmtewisselaar, wat het totale energieverbruik van het systeem verder reduceert.

De lagere procestemperatuur maakt het systeem energiezuiniger dan conventionele thermische naverbranding en voorkomt de vorming van thermische NO<sub>x</sub>. Door continue monitoring van temperatuur en drukval over het katalysatorbed wordt een stabiele werking gegarandeerd. (European IPPC Bureau, 2016)

## C. Chemische neutralisatie of oxidatie

Techniefiches [LUSS \(Foto-oxidatie\)](#), [LUSS \(Basisch oxidatieve wasser\)](#), [LUSS \(Zure wasser\)](#), [LUSS \(Basische wasser\)](#)

Chemische neutralisatie of oxidatie is een end-of-pipe omzettingstechniek die zorgwekkende stoffen (ZS) in de afgasstroom door middel van gerichte chemische reacties omzet in minder schadelijke of beter beheersbare verbindingen. Deze techniek wordt vooral ingezet voor ZS die (deels) kunnen worden geneutraliseerd of geoxideerd, zoals bepaalde aldehyden (bijv. formaldehyde, acetaldehyde), fenolen, zwavelhoudende verbindingen, amines of gechlореerde verbindingen. Afhankelijk van de aard van de afgasstroom en de doelstoffen kan men gebruikmaken van een zuur-base-reactie (neutralisatie) of een redoxreactie (oxidatie):

- **Neutralisatie:** De afgasstroom komt in contact met een gepaste alkalische of zure wasvloeistof, waardoor zure of basische ZS (zoals bepaalde zwavel- of stikstofhoudende organische verbindingen) onschadelijker zouten of afgeleide componenten vormen.
- **Oxidatie:** Door toevoeging van oxidatiemiddelen (zoals waterstofperoxide, hypochloriet, ozon<sup>24</sup>) kunnen organische ZS (aldehyden, fenolen) worden omgezet in minder schadelijke restproducten zoals CO<sub>2</sub>, water of organische zouten.

De reacties vinden plaats in een speciaal ontworpen reactor of gaswasser met voldoende menging, contacttijd en controle van procesparameters als pH, temperatuur en redoxpotentiaal. Continue monitoring en geautomatiseerde dosering van reagentia waarborgen een stabiele werking. Door deze procedure kan een significant deel van de ZS worden afgebroken of geneutraliseerd, waardoor de emissies naar de lucht dalen tot aanvaardbare niveaus.

- **Praktijkvoorbeeld:**

In een installatie voor de productie van harsen en lijmen, waar tijdens de polymerisatie aldehyden (formaldehyde, acetaldehyde) en fenolen kunnen vrijkomen, wordt chemische oxidatie toegepast om deze organische ZS te verwijderen uit de afgasstroom. De afgasstroom wordt door een oxidatiewasser geleid die is verrijkt met waterstofperoxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Bij de juiste pH en temperatuur vinden oxidatiereacties plaats die de aldehyden en fenolen gedeeltelijk of volledig omzetten in minder toxische afbraakproducten (zoals organische zuren en CO<sub>2</sub>). Dankzij de continue bewaking van pH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-concentratie en temperatuur kunnen de exploitanten de procesomstandigheden bijsturen, zodat de emissies van schadelijke organische stoffen substantieel afnemen.

#### D. Geavanceerde oxidatieprocessen (AOP)

Techniekfiches [LUSS \(Foto-oxidatie\)](#), [LUSS \(Basisch oxidatieve wasser\)](#), [LUSS \(ionisatie\)](#)

Geavanceerde oxidatieprocessen (AOP) zijn nageschakelde technieken die gebaseerd zijn op de vorming van zeer reactieve hydroxylradicalen (OH·). Deze radicalen zijn extreem reactief en kunnen een breed scala aan complexe, moeilijk afbreekbare organische stoffen—zoals farmaceutische resten, pesticiden, kleurstoffen en andere persistente organische verbindingen—snel en effectief afbreken tot minder schadelijke verbindingen zoals koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>), water en anorganische zouten.

De bekendste AOP-methoden zijn:

- Ozonisatie (met of zonder waterstofperoxide)
- UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (ultraviolet licht gecombineerd met waterstofperoxide)
- Fotokatalyse (met titaniumdioxide, TiO<sub>2</sub>, als katalysator)
- Fenton-processen (ijzerzouten gecombineerd met H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

In al deze technieken ontstaan hoge concentraties hydroxylradicalen, die niet selectief reageren en een brede waaier aan organische stoffen tegelijk kunnen afbreken. De keuze voor een specifieke AOP hangt af van de samenstelling, het debiet en de concentratie van de afgas- of afvalwaterstroom, evenals de mate waarin de aanwezige stoffen persistent zijn.

<sup>24</sup> Zie [LUSS techniekfiche foto-oxidatie](#)

- **Praktijkvoorbeeld:**

In een farmaceutische productiefaciliteit waar actieve farmaceutische ingrediënten (API's) worden geproduceerd, komen VOS en halogeenvrije oplosmiddelen vrij in de afgasstroom. Na voorbehandeling in een scrubber of adsorptie-eenheid blijft er een residu van persistente organische stoffen over die moeilijk te verwijderen zijn.

Om deze stoffen af te breken, wordt een UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-systeem ingezet. De afgasstroom passeert een reactor waarin waterstofperoxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) wordt verneveld, terwijl intens UV-licht wordt toegepast. Door deze combinatie ontstaan hydroxylradicalen in de gasfase. Deze radicalen breken de resterende organische componenten af tot CO<sub>2</sub>, water en anorganische restproducten.

De combinatie van primaire opvang en geavanceerde oxidatie zorgt voor een effectieve behandeling van emissies, zelfs bij stoffen die in andere systemen moeilijk afbreekbaar zijn. Dit verlaagt de concentraties van schadelijke stoffen aanzienlijk en maakt naleving van strikte emissienormen mogelijk.

#### E. Biologische afbraak

Techniekfiches [LUSS \(biofilter\)](#), [LUSS \(biotricklingfilter\)](#), [LUSS \(biowasser\)](#) en IPLO (NL) [biofilter](#), [biotricklingfilter](#) en [biologische wasser](#)

Biologische afbraak is een end-of-pipe omzettingstechniek die gebruik maakt van micro-organismen, zoals bacteriën of schimmels, om zorgwekkende stoffen (ZS) in afgasstromen biologisch af te breken. Deze techniek kan worden toegepast via verschillende systemen, waaronder biofiltratie en bioreactoren, die elk hun specifieke toepassingsgebied hebben.

##### Biofiltratie:

Biofiltratie maakt gebruik van een bed van organisch of inert materiaal (zoals turf, compost, houtschors of actieve kool) waarop micro-organismen groeien. Deze techniek is vooral geschikt voor lage concentraties biologisch afbreekbare VOS. Voor optimale werking vereist biofiltratie:

- Gelijkmatige luchtverdeling
- Voldoende verblijftijd van het afgas
- Stabiele samenstelling van het filterbed
- Nauwgezette monitoring van pH, vochtigheid en nutriëntengehalte
- Controle van drukval over het filterbed om verstoppingen te voorkomen

##### Bioreactor:

In een bioreactor worden organische ZS onder strikt gecontroleerde omstandigheden (temperatuur, pH, nutriënten) omgezet in koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>), water en onschadelijke restproducten. Dit systeem biedt meer controle en efficiëntie bij de behandeling van specifieke zorgwekkende stoffen die deels in water kunnen oplossen. Het succes van biologische afbraak hangt af van de biologische beschikbaarheid van de doelstoffen: moleculen moeten voldoende oplosbaar zijn en compatibel met de enzymatische routes van de micro-organismen.

De procesvoering vereist een goede balans van voedingsstoffen, zuurstof (of een ander elektronacceptor in geval van anaerobe processen), temperatuur en pH om de microbiële biomassa actief te houden en de efficiëntie van de biodegradatie te maximaliseren.

- Praktijkvoorbeelden

#### Oppervlaktebehandeling:

In een installatie voor oppervlaktebehandeling wordt biofiltratie gebruikt voor VOS-verwijdering via:

- Voorbehandeling met natte water voor temperatuur- en vochtregulatie
- Biofilterbed met specifiek geselecteerd materiaal
- Continue monitoring van procesparameters

Hoewel biofilters effectief zijn voor de behandeling van biologisch afbreekbare VOS, zijn ze gevoelig voor verstoringen door stof, hoge temperaturen of grote variaties in de samenstelling van de afgasstroom.

#### Farmaceutische industrie:

In een farmaceutische installatie wordt een bioreactor gebruikt voor de behandeling van afgasstromen met lage concentraties wateroplosbare organische reststoffen, zoals ethanol, isopropanol en bepaalde residuen van actieve farmaceutische ingrediënten (API's). Het proces verloopt in twee stappen:

- Absorptie in een bioscrubber: De afgasstroom wordt in nauw contact gebracht met een waterige fase, waarin de vluchtige componenten worden geabsorbeerd.
- Biologische afbraak in een bioreactor: De geabsorbeerde contaminanten worden door een mengcultuur van bacteriën afgebroken tot CO<sub>2</sub> en water.

De bioreactor is ontworpen om een stabiele microbiële activiteit te garanderen door:

- Constante procesparameters: Temperatuur en pH worden continu gereguleerd
- Nutriëntendosering: Fosfaat- en stikstofbronnen worden toegevoegd om de microbiële populatie te ondersteunen
- Monitoring van de chemische zuurstofvraag (CZV): Dit controleert de effectiviteit van de biodegradatie en voorkomt nutriëntentekorten of overschotten. Het resultaat is een afgasstroom die vrijwel vrij is van organische zorgwekkende stoffen. Door de optimalisatie van het hydraulisch en biologisch rendement blijft de productie van bioslib minimaal, wat de operationele kosten en afvalstromen beperkt.

#### RELEVANTIE

End-of-pipe omzettingstechnieken spelen een belangrijke rol in sectoren waar brongerichte maatregelen en procesoptimalisatie onvoldoende kunnen voorkomen dat ZS in de afgasstroom terechtkomen.

#### TOEPASBAARHEID

Tabel 12: Toepasbaarheid van verschillende end-of-pipe omzettingstechnieken (4.4.2)

| Techniek                    | Toepasbaarheid                                                                                                                          |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A. Thermische naverbranding | Geschikt voor sectoren met verbrandings- en thermische processen, alsook andere industriële processen waarbij schadelijke of ongewenste |

| Techniek                                               | Toepasbaarheid                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                        | <p>gassen vrijkomen die door oxidatie bij hoge temperatuur kunnen worden afgebroken, zoals:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ De chemische industrie, bijvoorbeeld voor de productie van monomeren en chloorhoudende verbindingen.</li> <li>○ De petrochemische sector, zoals raffinaderijen en kraakprocessen.</li> <li>○ Afvalverbrandingsinstallaties, met name voor de verwerking van organische emissies.</li> </ul> <p>Beperkingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Minder geschikt bij emissiestromen met zeer lage concentraties organische stoffen, vanwege hoge energiekosten voor verwarming tot &gt;800°C.</li> <li>○ Vereist aanvullende nageschakelde technieken (zoals gaswassers) bij emissies die chloor- of zwavelverbindingen bevatten, om corrosie en secundaire emissies te voorkomen.</li> </ul> |
| <p>B. Katalytische naverbranding</p> <p>thermische</p> | <p>Effectief bij activiteiten met VOS-emissies in lage tot gemiddelde concentraties, zoals:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Houtverwerkende industrie, voor het behandelen van drogerafgassen met houtgerelateerde VOS (bijvoorbeeld terpenen).</li> <li>○ Coating- en verfindustrie, waar oplosmiddelrijke stromen worden uitgestoten.</li> <li>○ Chemische processen, met name bij stromen met oplosbare en reactieve organische stoffen.</li> </ul> <p>Beperkingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Niet geschikt voor emissiestromen met zeer hoge concentraties VOS, omdat de katalysator kan worden overbelast.</li> </ul>                                                                                                                                                                                     |

| Techniek                                | Toepasbaarheid                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Gevoelig voor katalysatorvergiftiging door zwavel- of chloorhoudende verbindingen, wat frequent onderhoud of vervanging vereist.</li> <li>○ Hogere investeringskosten voor katalysatoren op basis van edelmetalen (bijvoorbeeld platina, palladium).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| C. Chemische neutralisatie of oxidatie  | <p>Vooral inzetbaar in sectoren waar zure, basische of sterk reactieve (reducerende/oxiderende) verbindingen in het afgas voorkomen. Typische voorbeelden zijn</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ chemische industrie (o.a. chlooralkaliproductie),</li> <li>○ synthese van basischemicaliën (zuurgassen, zwavelverbindingen), en</li> <li>○ bepaalde metallurgische processen waar zwavelhoudende emissies geneutraliseerd moeten worden.</li> </ul> <p>Beperkingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Vereist zorgvuldig beheer van reagentia, wat leidt tot hogere operationele kosten door verbruik van natronloog, zuren of oxidatoren.</li> <li>○ Minder geschikt bij zeer complexe emissiestromen met meerdere componenten, omdat specifieke reagentia nodig zijn voor elke type contaminant.</li> <li>○ Bij oxidatie kunnen secundaire bijproducten ontstaan die verdere nabehandeling vereisen</li> </ul> |
| D. Geavanceerde oxidatieprocessen (AOP) | <p>Effectief in sectoren waar persistente, moeilijk afbreekbare organische ZS aanwezig zijn, zoals:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Farmaceutische industrie, voor API-residuen en halogeen vrije oplosmiddelen.</li> <li>○ Fijnchemie, met emissiestromen van persistente verbindingen, zoals pesticiden of kleurstoffen.</li> <li>○ Petrochemische en chemische sector, specifiek bij nichetoepassingen waarbij</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

| Techniek               | Toepasbaarheid                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | <p>conventionele technieken onvoldoende zijn.</p> <p>Beperkingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Hoge operationele kosten door het gebruik van waterstofperoxide, UV-licht of ozon.</li> <li>○ Vereist een relatief lage concentratie organische stoffen; minder geschikt bij hoge debieten met extreem verdunde stromen.</li> <li>○ Kan aanvullende nabehandelingsstappen nodig hebben voor bijproducten die niet volledig zijn geoxideerd.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| E. Biologische afbraak | <p>Relevant voor sectoren en activiteiten met biodegradeerbare of deels wateroplosbare organische ZS in lage concentraties, zoals:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Farmaceutische industrie, bijvoorbeeld voor ethanol, isopropanol en API-residuen.</li> <li>○ Voedingsmiddelenindustrie, bij organische emissies van productieresiduen.</li> <li>○ Afvalwaterzuivering en gasscrubbing, waar organische stoffen in de wasvloeistof kunnen worden opgelost en afgebroken.</li> </ul> <p><b>Biofiltratie</b> is toepasbaar in sectoren waar biologisch afbreekbare organische stoffen in lage concentraties voorkomen, zoals in sommige chemische processen, de voedings- en drankensector, of bij compostering en oppervlaktebehandeling met biologisch afbreekbare VOS. Deze techniek is minder geschikt voor sectoren met hoge stofbelastingen, extreme temperaturen of sterk variërende gasstromen.</p> <p>Beperkingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Minder geschikt voor niet-biodegradeerbare of slecht oplosbare</li> </ul> |

| Techniek | Toepasbaarheid                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <p>stoffen, zoals complexe organische verbindingen of zware metalen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bij complexe, toxische of persistente organische verbindingen (bijvoorbeeld bepaalde gechloreerde koolwaterstoffen) zijn optimale procescondities nodig om de afbraak te bevorderen</li> <li>○ Biofilters zijn gevoelig voor verstoringen door stof of hoge temperaturen</li> <li>○ Micro-organismen kunnen worden geïnhibeerd door hoge concentraties toxische stoffen of plotselinge schommelingen in de samenstelling van de afgasstroom.</li> <li>○ Vereist constante monitoring en nauwkeurige controle van pH, temperatuur en nutriënten.</li> </ul> |

## MILIEUVOORDEEL

Tabel 13: Verwijderde ZS voor verschillende end-of-pipe omzettingstechnieken (4.4.2)

| Techniek                                 | Verwijderde ZS                                                                                                                        |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A. Thermische naverbranding              | VOS, dioxines, gechloreerde koolwaterstoffen.                                                                                         |
| B. Katalytische thermische naverbranding | VOS, aldehyden, terpenen.                                                                                                             |
| C. Chemische neutralisatie of oxidatie   | Zure/basische stoffen (HCl, HF, SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> ).                                                                  |
| D. Geavanceerde oxidatieprocessen (AOP)  | Persistente organische stoffen (zoals farmaceutische residuen, , kleurstoffen en andere moeilijk afbreekbare organische verbindingen) |
| E. Biologische afbraak                   | Wateroplosbare organische stoffen (zoals alcoholen, farmaceutische residuen), biodegradeerbare VOS, formaldehyde, lichte PAK's.       |

## FINANCIËLE ASPECTEN

Tabel 14: Financiële aspecten van verschillende end-of-pipe omzettingstechnieken (4.4.2)

| Techniek                      | Financiële aspecten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A. Thermische naverbranding   | <p>Investeringskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Grote uitgaven voor verbrandingsreactoren, branders, isolatiematerialen en warmteterugwinningssystemen.</li> <li>○ Hoge kosten voor engineering en installatie vanwege de vereisten voor hoge temperaturen (&gt;800°C) en bijbehorende veiligheidssystemen.</li> </ul> <p>Operationele kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Brandstofverbruik (meestal aardgas) om de verbrandingstemperaturen te handhaven.</li> <li>○ Onderhoudskosten voor rookgasreiniging en hittebestendige onderdelen.</li> </ul> <p>Mogelijke besparingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Energiebesparingen door warmteterugwinning, bijvoorbeeld voor procesverwarming.</li> </ul> |
| B. Katalytische naverbranding | <p>thermische</p> <p>Investeringskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Kosten voor katalysatorbedden op basis van edelmetalen zoals platina of palladium.</li> <li>○ Installatie van warmtewisselaars voor energie-efficiëntie.</li> </ul> <p>Operationele kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Lager energieverbruik dan thermische naverbranding, dankzij de lagere werkingstemperatuur (350-700°C).</li> <li>○ Kosten voor het vervangen of regenereren van katalysatoren, vooral bij blootstelling aan katalysatorvergiften.</li> </ul> <p>Mogelijke besparingen:</p>                                                                                                                                                       |

| Techniek                                | Financiële aspecten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Verminderde energie-uitgaven dankzij lagere procestemperaturen.</li> <li>○ Lagere NO<sub>x</sub>-vorming, waardoor minder nageschakelde behandeling nodig is.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| C. Chemische neutralisatie of oxidatie  | <p>Investeringskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Kosten voor opslag- en doseersystemen voor reagentia, zoals natriumhydroxide, zuren of oxidatoren.</li> <li>○ Ontwerp en bouw van reactoren of gaswassers.</li> </ul> <p>Operationele kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Variabele kosten door het verbruik van reagentia (zoals NaOH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).</li> <li>○ Verwerking en afvoer van reststromen, zoals zouten of slib, die ontstaan door de neutralisatie- of oxidatiereacties.</li> <li>○ Regelmatig onderhoud van doseersystemen en reactoren.</li> </ul> <p>Mogelijke besparingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Vermijden kosten voor complexe nageschakelde emissiebehandeling.</li> <li>○ Mogelijkheid tot terugwinning van waardevolle nevenproducten, zoals zouten (bijvoorbeeld NaCl).</li> </ul> |
| D. Geavanceerde oxidatieprocessen (AOP) | <p>Investeringskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Hoge kosten voor gespecialiseerde reactorontwerpen, zoals UV-reactoren of ozongeneratoren.</li> <li>○ Systemen voor het doseren en behandelen van reagentia (zoals H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> of ozon).</li> </ul> <p>Operationele kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Hoge energiekosten voor UV-lampen of ozonproductie.</li> <li>○ Variabele kosten voor reagentia, zoals waterstofperoxide, die vaak in grote hoeveelheden nodig zijn.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

| Techniek               | Financiële aspecten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | <p>Mogelijke besparingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Effectieve behandeling van persistente organische stoffen kan de noodzaak voor aanvullende technieken verminderen.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| E. Biologische afbraak | <p>Investeringskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Kosten voor de installatie van bioreactoren, inclusief systemen voor pH-regeling, nutriëntendosering en monitoring.</li> <li>○ Opleidingskosten voor operators om de microbiële populaties te beheren.</li> </ul> <p>Operationele kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Relatief lage variabele kosten, omdat de afbraak door micro-organismen grotendeels natuurlijk verloopt.</li> <li>○ Kosten voor het doseren van nutriënten (zoals stikstof- en fosforverbindingen) en het monitoren van kritische procesparameters.</li> </ul> <p>Mogelijke besparingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Beperkte reagentia-kosten door gebruik van natuurlijke microbiële processen.</li> <li>○ Lagere kosten voor afvalbeheer door minimale productie van bioslib.</li> </ul> |

## 4.5 UITVOEREN VAN PERIODIEKE METINGEN VAN GELEIDE ZS-EMISSIONS

### BESCHRIJVING

Periodieke emissiemetingen door erkende laboratoria om de concentraties en massastromen van zorgwekkende stoffen (ZS) in afgasstromen te bepalen. De metingen volgen gestandaardiseerde procedures en analysemethoden (zoals GC-MS, LC-MS) om betrouwbare resultaten te garanderen.<sup>25</sup> Terwijl periodieke metingen doorgaans de emissies tijdens normaal bedrijf representeren, kan de karakterisering van emissies tijdens OTNOC (zie 4.1.A) specifieke meetstrategieën vereisen (bv.

<sup>25</sup> Er zijn verschillende types/niveaus van standaardisatie. In VLAREM ([VLAREM II, artikel 4.4.2](#)) is een hiërarchie beschreven van toe te passen meetmethoden, zie hoofdstuk 3 voor meer details.

metingen tijdens representatieve opstart- of stillegfasen) of gebaseerd zijn op gevalideerde ramingsmethoden of berekeningen. De meetfrequentie wordt bepaald door de aard en concentratie van de ZS en de regelgeving.

Om kosten en cross-media effecten van de metingen zelf onder controle te houden, kunnen kleine emissiebronnen worden uitgesloten van periodieke metingen. Dergelijke kleine emissiebronnen kunnen in kaart gebracht worden door een initiële meting en/of betrouwbare inschattingen. Wat te beschouwen is als een kleine emissiebron, hangt af van de eigenschappen van de ZS.

#### RELEVANTIE

Het uitvoeren van periodieke emissiemetingen is relevant voor deze BBT-studie omdat ze de enige praktisch haalbare manier vormen om de aanwezigheid en concentraties van ZS in industriële afgasstromen te monitoren en te verifiëren of de getroffen emissiebeperkende maatregelen effectief zijn.

#### TOEPASBAARHEID

De techniek is algemeen toepasbaar.

#### MILIEUVOORDEEL

Periodieke gerichte metingen leveren data voor:

- Verificatie van de naleving van emissiegrenswaarden
- Evaluatie van de effectiviteit van emissiereducerende maatregelen
- Tijdige identificatie van procesafwijkingen die verhoogde emissies veroorzaken
- Opvolging en eventuele rapportering van geëmitteerde vrachten/massastromen en concentraties

Emissiemetingen hebben zelf een (veelal indirecte) milieu-impact, door het verbruik van chemicaliën, water, de vorming van een afvalstroom, en transportbewegingen door meettechnici (het erkende laboratorium).

Voor kleine emissiebronnen is het effect van (frequente) emissiemetingen op beheersing van luchtkwaliteit mogelijk verwaarloosbaar. In die gevallen weegt het niet op tegen de milieu-impact van de meting zelf.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

De kosten bestaan hoofdzakelijk uit laboratoriumanalyses en staalnames door erkende instanties. De kost hangt samen met de meetfrequentie, met de complexiteit en duur van de metingen, en het al dan niet samen kunnen meten van verschillende emissies.

Voor kleine emissiebronnen kunnen de kosten van (relatief frequente) periodieke emissiemetingen disproportioneel hoog liggen. Hier kan deels aan tegemoet gekomen worden door de frequentie te verlagen onder bepaalde voorwaarden.<sup>26</sup>

<sup>26</sup> Bijvoorbeeld zoals voorzien in het bestaande afbouwschema van [VLAREM II bijlage 4.4.4](#).

---

## HOOFDSTUK 5. SELECTIE VAN DE BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN



## HOOFDSTUK 5. SELECTIE VAN DE BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN

In dit hoofdstuk worden de milieuvriendelijke technieken uit hoofdstuk 4 geëvalueerd naar hun technische haalbaarheid, milieu-impact en economische haalbaarheid, en wordt aangegeven of de aangehaalde milieuvriendelijke technieken al dan niet als BBT aanzien kunnen worden voor deze BBT-studie. Tevens worden algemeen haalbare emissieniveaus onderzocht, als aanzet voor de algemene emissiegrenswaarden voor ZS naar de lucht.

Het feit dat een techniek als BBT wordt aangeduid, betekent dat deze als haalbaar en effectief wordt beschouwd voor een gemiddeld bedrijf. Dit sluit niet uit dat specifieke bedrijven om technische, economische of veiligheidsredenen bepaalde technieken niet kunnen toepassen. Het is ook niet uitgesloten dat individuele bedrijven andere, evenwaardige of betere technieken kunnen inzetten. De uiteindelijke keuze moet steeds in functie van de bedrijfsspecifieke omstandigheden en een grondige case-by-case beoordeling worden gemaakt.

De BBT-selectie in dit hoofdstuk moet worden gezien in samenhang met de beschrijvingen in hoofdstuk 4 en de verdere uitwerking van aanbevelingen en concretisering in hoofdstuk 6. De praktijkvoorbeelden en de sectie “toepasbaarheid” in hoofdstuk 4 geven richting, maar zijn niet limitatief. Bedrijven worden aangemoedigd om innovaties en alternatieven te onderzoeken, op voorwaarde dat deze minstens even doeltreffend zijn.

### 5.1 EVALUATIE VAN DE BESCHIKBARE MILIEUVRIENDELIJKE TECHNIEKEN

In Tabel 15 worden de beschikbare milieuvriendelijke technieken uit hoofdstuk 4 getoetst aan een aantal criteria. Deze multi-criteria analyse laat toe te oordelen of een techniek als Beste Beschikbare Techniek (BBT) kan beschouwd worden. De criteria hebben niet alleen betrekking op de milieucompartimenten (water, lucht, bodem, energie, geluid, ...), maar ook de technische haalbaarheid en de economische aspecten worden beschouwd. Dit maakt het mogelijk een integrale evaluatie te maken, conform de definitie van BBT (cf. Hoofdstuk 1).

Toelichting bij de inhoud van de criteria in Tabel 15:

#### TECHNISCHE HAALBAARHEID

- **bewezen:** geeft aan of de techniek zijn nut bewezen heeft in de industriële praktijk (“-”: niet bewezen; “+”: wel bewezen);
- **algemeen toepasbaar:** geeft aan of de techniek zonder technische beperkingen algemeen toepasbaar is in een gemiddeld bedrijf (“-”: niet algemeen toepasbaar; “+”: wel algemeen toepasbaar);
- **veiligheid:** geeft aan of de techniek, bij correcte toepassing van de gepaste veiligheidsmaatregelen, aanleiding geeft tot een verhoging van de risico’s op brand, ontploffing en arbeidsongevallen in het algemeen (“-”: verhoogt risico; “0”: verhoogt risico niet; “+”: verlaagt risico);
- **kwaliteit:** geeft aan of de techniek een invloed heeft op de kwaliteit van het eindproduct (“-”: verlaagt kwaliteit; “0”: geen effect op kwaliteit; “+”: verhoogt kwaliteit);
- **globaal:** schat de globale technische haalbaarheid van de techniek in (“+”: als voorgaande alle “+” of “0”; “-/“+”: als voorgaande alle “+” of “0” en toepasbaarheid “-”; “-”: als minstens één van voorgaande (behalve toepasbaarheid) “-”).

#### MILIEUVOORDEEL

- **watervverbruik:** hergebruik van afvalwater en beperking van het totale watervverbruik;

- afvalwater: inbreng van verontreinigde stoffen in het water tengevolge van de exploitatie van de inrichting;
- lucht: inbreng van verontreinigde stoffen in de atmosfeer tengevolge van de exploitatie van de inrichting;
- bodem: inbrengen van verontreinigde stoffen in de bodem en het grondwater tengevolge van de exploitatie van de inrichting;
- afval: het voorkomen en beheersen van afvalstromen;
- energie: energiebesparingen, inschakelen van milieuvriendelijke energiebronnen en hergebruik van energie;
- chemicaliën: invloed op de gebruikte chemicaliën en de hoeveelheid;
- effect op de keten: invloed op de voor en naketen, exclusief het effect op de toeleveranciers van energie en water;
- globaal: ingeschatte invloed op het gehele milieu.

Per techniek wordt voor elk van bovenstaande criteria een kwalitatieve beoordeling gegeven, waarbij:

- “-”: negatief effect;
- “0”: geen/verwaarloosbare impact;
- “+”: positief effect;
- “+/-”: soms een positief effect, soms een negatief effect.

#### ECONOMISCHE HAALBAARHEID

- “+”: de techniek werkt kostenbesparend;
- “0”: de techniek heeft een verwaarloosbare invloed op de kosten;
- “-”: de techniek leidt tot een verhoging van de kosten, de bijkomende kosten worden draagbaar geacht voor de een gemiddeld bedrijf en staan in een redelijke verhouding ten opzichte van de gerealiseerde milieuwinst;
- “- -”: de techniek leidt tot een verhoging van de kosten, de bijkomende kosten worden niet draagbaar geacht voor een gemiddeld bedrijf, of staan niet in een redelijke verhouding ten opzichte van de gerealiseerde milieuwinst.

Uiteindelijk wordt in de laatste kolom telkens beoordeeld of de beschouwde techniek als beste beschikbare techniek kan geselecteerd worden (BBT: ja of BBT: nee). Waar dit sterk afhankelijk is van de beschouwde instelling en/of lokale omstandigheden wordt BBT: vgtg (van geval tot geval) als beoordeling gegeven.

Het proces dat gevolgd wordt bij de BBT-selectie, is schematisch voorgesteld in Figuur 8:

- Eerst wordt nagegaan of de techniek (de zogenaamde “kandidaat BBT”) technisch haalbaar is, waarbij rekening wordt gehouden met de kwaliteit van het product en de veiligheid (stap 1).
- Wanneer de techniek technisch haalbaar is, wordt nagegaan wat het effect is op de verschillende milieucompartimenten (stap 2). Door een afweging van de effecten op de verschillende milieucompartimenten te doen, kan een globaal milieuoordeel geveld worden. Om dit laatste te bepalen worden de volgende elementen in rekening gebracht:
- Zijn één of meerdere milieuscores positief en géén negatief, dan is het globaal effect steeds positief;
- Zijn er zowel positieve als negatieve scores dan is het globaal milieu-effect afhankelijk van de volgende elementen:
  - de verschuiving van een minder controleerbaar naar een meer controleerbaar compartiment (bijvoorbeeld van lucht naar afval);

- relatief grotere reductie in het ene compartiment ten opzichte van toename in het andere compartiment;
- de wenselijkheid van reductie gesteld vanuit het beleid; onder andere afgeleid uit de milieukwaliteitsdoelstellingen voor water, lucht,...(bijvoorbeeld “distance-to-target” benadering).
- Wanneer het globaal milieu-effect positief is, wordt nagegaan of de techniek bijkomende kosten met zich meebrengt, of deze kosten in een redelijke verhouding staan tot de bereikte milieuwinst, en draagbaar zijn voor een gemiddeld bedrijf (stap 3).
- Kandidaat BBT die onderling niet combineerbaar zijn (omdat combinatie niet mogelijk of niet zinvol is) worden onderling met elkaar vergeleken, en enkel de beste wordt als kandidaat BBT weerhouden (stap 4).
- Uiteindelijk wordt beoordeeld of de beschouwde techniek als beste beschikbare techniek (BBT) kan geselecteerd worden (stap 5). Een techniek is BBT indien hij technisch haalbaar is, een verbetering brengt voor het milieu (globaal gezien), economisch haalbaar is (beoordeling “-“ of hoger), en indien er geen “betere” kandidaat BBT bestaan. Waar dit sterk afhankelijk is van de beschouwde instelling en/of lokale omstandigheden kunnen aan de BBT-selectie randvoorwaarden gekoppeld worden.



Figuur 8: Selectie van BBT op basis van scores voor verschillende criteria

Bij het gebruik van onderstaande Tabel 15 mag men volgende aandachtspunten niet uit het oog verliezen:

- De beoordeling van de diverse criteria is onder meer gebaseerd op:
  - ervaring van exploitanten met deze techniek;
  - BBT-selecties uitgevoerd in andere (buitenlandse) vergelijkbare studies;
  - adviezen gegeven door het begeleidingscomité.
  - inschattingen door de auteurs
  - Waar nodig, wordt in een voetnoot bijkomende toelichting verschaft. Voor de betekenis van de criteria en de scores wordt verwezen naar de beschrijvingen in het begin van dit hoofdstuk.
- De beoordeling van de criteria is als indicatief te beschouwen, en is niet noodzakelijk in elk individueel geval van toepassing. De beoordeling ontslaat een exploitant dus geenszins van de verantwoordelijkheid om b.v. te onderzoeken of de techniek in zijn/haar specifieke situatie technisch haalbaar is, de veiligheid niet in gevaar brengt, geen onacceptabele milieuhinder veroorzaakt of overmatig hoge kosten met zich meebrengt. Tevens is bij de beoordeling van een techniek aangenomen dat steeds de gepaste veiligheids/milieubeschermdende maatregelen getroffen worden.
- De tabel mag niet als een losstaand gegeven gebruikt worden, maar moet in het globale kader van de studie gezien worden. Dit betekent dat men zowel rekening dient te houden met de beschrijving van de milieuvriendelijke technieken in hoofdstuk 4 als met de vertaling van de tabel naar aanbevelingen en concretisering van de milieuregelgeving in hoofdstuk 6.
- De tabel geeft een algemeen oordeel of de aangehaalde milieuvriendelijke technieken al of niet als BBT aanzien kunnen worden voor ingedeelde inrichtingen. Dit wil niet zeggen dat elk bedrijf ook zonder meer elke techniek die als BBT aangegeven wordt, kan toepassen. De bedrijfsspecifieke omstandigheden moeten steeds in acht genomen worden.

## 5.2 EVALUATIE TABEL BESCHIKBARE MILIEUVRIENDELIJKE TECHNIEKEN

Tabel 15: Evaluatie van beschikbare milieuvriendelijke technieken en selectie van BBT

| TECHNIEK                                                                     | TECHNISCHE HAALBAARHEID |            |                        |           |         | MILIEUVOORDEEL |            |                   |       |       |         |             |                       |                   |                    | KOSTENHAALBAARHEID<br>EN -EFFECTIVITEIT | BBT |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------|------------------------|-----------|---------|----------------|------------|-------------------|-------|-------|---------|-------------|-----------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------------------|-----|
|                                                                              | Bewezen                 | Veiligheid | Algemeen<br>toepasbaar | Kwaliteit | Globaal | Waterverbruik  | Afvalwater | Lucht             | Bodem | Afval | Energie | Chemicaliën | Effect op de<br>keten | Globaal           |                    |                                         |     |
| 4.1 Toepassen van beheerstechnieken                                          | +                       | +          | +                      | 0         | +       | 0              | 0          | +                 | +     | +     | 0       | 0           | +                     | +                 | 0/-                | JA                                      |     |
| 4.2 Toepassen van preventieve technieken                                     | +                       | +          | +                      | 0/+       | +       | 0              | 0/+        | +                 | +     | +     | +       | +           | +                     | +                 | -                  | JA                                      |     |
| 4.3 Toepassen van procesgeïntegreerde emissiereductietechnieken              | +                       | 0/+        | +                      | 0/+       | +       | 0              | 0          | +                 | 0     | +     | +       | 0/+         | +                     | +                 | 0/-                | JA                                      |     |
| 4.4 Toepassen van één of een geschikte combinatie van end-of-pipe technieken | +                       | 0/+        | +                      | 0         | +       | -/0            | -/0        | 0/+ <sup>27</sup> | 0     | -/0   | -/0     | -/0         | 0                     | -/+ <sup>28</sup> | -/-- <sup>29</sup> | Vgtg <sup>30</sup>                      |     |
| 4.5 Uitvoeren van periodieke metingen van geleide ZS-emissies                | +                       | 0          | +                      | 0         | +       | 0              | 0          | 0/+ <sup>31</sup> | 0     | 0     | 0       | 0           | 0                     | -/+ <sup>32</sup> | -/-- <sup>33</sup> | Vgtg <sup>34</sup>                      |     |

<sup>27</sup> Voor kleine emissiebronnen is het effect op de luchtkwaliteit mogelijk verwaarloosbaar<sup>28</sup> Voor kleine emissiebronnen zijn de cross-media effecten van emissiereductietechnieken mogelijk disproportioneel hoog<sup>29</sup> Voor kleine emissiebronnen zijn de emissiereductietechnieken mogelijk niet kosteneffectief<sup>30</sup> Deze techniek is mogelijk geen BBT voor kleine emissiebronnen<sup>31</sup> Voor kleine emissiebronnen is het effect op de luchtkwaliteit mogelijk verwaarloosbaar<sup>32</sup> Voor kleine emissiebronnen zijn de cross-media effecten van periodieke emissiemetingen mogelijk disproportioneel hoog<sup>33</sup> Voor kleine emissiebronnen zijn emissiemetingen mogelijk niet kostenhaalbaar<sup>34</sup> Deze techniek is mogelijk geen BBT voor kleine emissiebronnen

## 5.3 CONCLUSIES

Op basis van de evaluatietabel kunnen volgende conclusies geformuleerd worden:

### 5.3.1 BEHEERSTECHNIEKEN (4.1)

Voor alle installaties is het BBT om alle hieronder vermelde beheerstechnieken toe te passen:

- A. Inventarisatie en karakterisering van mogelijke ZS-emissiebronnen
- B. Beoordeling en analyse van emissierisico's
- C. Onderzoek en planning van reductiemaatregelen
- D. Preventief onderhoud
- E. Training en bewustwording

### 5.3.2 PREVENTIEVE TECHNIEKEN (4.2)

Voor alle installaties is het BBT om subtechniek B Materiaalkeuze en -beheer toe te passen.

Daarnaast is het, waar technisch en economisch haalbaar, BBT om één of een geschikte combinatie van de volgende preventieve technieken in te zetten:

- A. Substitutie
- C. Gesloten systemen en ingekapselde procesvoering
- D. Droge bewerkingsmethoden

### 5.3.3 PROCESGEÏNTEGREERDE TECHNIEKEN (4.3)

Voor alle installaties is het BBT om subtechnieken A Operationele procesoptimalisatie en E *Procesautomatisering en -controle* toe te passen.

Daarnaast is het, waar technisch en economisch haalbaar, BBT om één of een geschikte combinatie van volgende procesgeïntegreerde technieken toe te passen:

- B. Verbeterde verbrandingstechnieken
- C. Katalytische kernprocessen
- D. Inertisering

### 5.3.4 TOEPASSEN VAN END-OF-PIPE TECHNIEKEN (4.4)

Het is BBT om één of een geschikte combinatie van end-of-pipe technieken toe te passen, behalve voor kleine emissiebronnen.

Bij toepassing van end-of-pipe technieken wordt eerst gekeken naar scheidingstechnieken om waardevolle stoffen te recupereren. Indien dit niet haalbaar is of niet volstaat, kan één of een gepaste combinatie van end-of-pipe technieken worden toegepast:

Scheidingstechnieken (4.4.1):

- A. Stofverwijdering
- B. Absorptie (gaswassing)
- C. Adsorptie
- D. Condensatie

Omzettingstechnieken (4.4.2):

- A. Thermische naverbranding
- B. Katalytische thermische naverbranding
- C. Chemische neutralisatie of oxidatie
- D. Geavanceerde oxidatieprocessen (AOP)
- E. Biologische afbraak

### 5.3.5 UITVOEREN VAN PERIODIEKE METINGEN VAN GELEIDE ZS-EMISSIONS (4.5)

Voor alle installaties is het BBT om periodieke metingen van geleide ZS-emissies uit te voeren, behalve voor kleine emissiebronnen.

## 5.4 ALGEMEEN HAALBARE EMISSIONNIVEAUS

BBT-GEN (met de BBT geassocieerde emissieniveaus) zijn die emissieniveaus die overeenkomen met het toepassen van de BBT, op een zodanige wijze dat de emissiereductie behaald wordt tegen een redelijke kost (kosteneffectief), die haalbaar is ten opzichte van de financiële draagkracht van een gemiddeld bedrijf, en waarbij het milieuvoordeel van de emissiereductie groter is dan eventueel nadelige cross-media effecten. Het bepalen van BBT-GEN gebeurt op basis van de beschikbare (meet)gegevens en de BBT-evaluatie. In deze BBT-studie werd op basis van de beschikbare informatie een zo goed mogelijke analyse gemaakt van emissieniveaus die hiermee overeenstemmen. Elk van de geraadpleegde bronnen (waaronder de verschillende stoffenlijsten) heeft echter zijn beperkingen (zie ook hun bespreking onder 1.2.6). Hierdoor kan niet met zekerheid onderbouwd worden welke emissieniveaus als BBT-GEN te beschouwen zijn.

Dit neemt niet weg dat de combinatie van de verschillende informatiebronnen een sterke indicatie geeft welke emissieniveaus in het algemeen redelijkerwijs haalbaar, betaalbaar, en voordelig voor milieu en gezondheid in het geheel zijn. Hieronder, en in de volgende hoofdstukken, worden deze algemeen haalbare emissieniveaus besproken. Algemeen haalbaar betekent niet haalbaar voor elke sector, elke inrichting, en in alle omstandigheden, maar wel haalbaar voor het merendeel van de inrichtingen. Dit houdt dus geen rekening met uitzonderingen waarvoor specifieke technische beperkingen of uitdagingen gelden.

### 5.4.1 INDIVIDUELE PARAMETERS

Voor individuele parameters geanalyseerd in de stoffiches in [bijlage 2](#), worden in de stoffiches in bijlage zelf de overwegingen bij de verschillende opties voor de AEGW beschreven. De bekomen aanbevelingen

voor de AEGW en achterliggende overwegingen zijn te beschouwen als wat hier omschreven is als algemeen haalbare emissieniveaus.

De belangrijkste informatiebronnen waarop de aanbevelingen zijn gebaseerd, zijn de algemene emissie(grens)waarden in Nederland, Duitsland en Frankrijk, de BBT-GEN bepaald in verschillende BREF's (typisch per industriële sector), en techniekfiches van nabehandelingstechnieken. Hierbij werd niet enkel naar de waarden in deze referenties gekeken, maar ook naar hoe die waarden zich onderling verhouden. Bijvoorbeeld het gegeven dat in Duitsland en Frankrijk de AEGW meer gedifferentieerd zijn voor verschillende ZS t.o.v. Nederland, is een indicatie dat de Duitse en Franse AEGW mogelijk specifiek afgestemd zijn op de eigenschappen van een stof. Tegelijk werd rekening gehouden met de risico's van de ZS, zowel qua gevareneigenschappen als qua omvang van de emissies, aandeel ten opzichte van totale emissies en totale blootstelling, en eventuele indicaties van overschrijdingen van normen/advieswaarden/toetsingswaarden voor luchtkwaliteit en/of gezondheid.

### 5.4.2 GENERIEK

Analoog aan de stoffiches voor individuele parameters, kan vergeleken worden met de AEGW in Nederland, Duitsland en Frankrijk, met BBT-GEN in de BREF's, en met techniekfiches van nabehandelingstechnieken, maar dan op een generiek niveau, in functie van stoffeigenschappen.

Onderstaande vat de hoofdlijnen van de verschillende referenties zeer summier en niet-limitatief samen.

De **buitenlandse wetgeving** in Nederland, Duitsland en Frankrijk is meer uitgebreid beschreven in 3.1.6, en de volledige lijsten van Nederland en Duitsland zijn ook opgenomen in de Excel bijlage.

- Nederland: alle ZZS behoren tot één van volgende stofklassen (met jaarlijkse ondergrens):
  - Stofvormig / niet-vluchtig (MVP1): 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> (0,075 kg/jaar)
  - Gasvormig / vluchtig (MVP2): 1 mg/Nm<sup>3</sup> (1,25 kg/jaar)
  - Extreem Risicovolle Stoffen: 0,05 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (20 mg TEQ/jaar)
- Duitsland: gedifferentieerde stofklassen (met GMS/uur); specifieke stofklassen voor CMR-stoffen:
  - Kankerverwekkende stoffen: 3 stofklassen:
    - Stofklasse I: 0,05 mg/m<sup>3</sup> (0,15 g/u)
    - Stofklasse II: 0,5 mg/m<sup>3</sup> (1,5 g/u)
    - Stofklasse III: 1 mg/m<sup>3</sup> (2,5 g/u)
  - Mutagene stoffen (uitgezonderd kankerverwekkende): 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> (0,15 g/u)
  - Reprotoxische stoffen (uitgezonderd CO): 1 mg/m<sup>3</sup> (2,5 g/u)
  - Persistente, bioaccumuleerbare en zeer giftige organische stoffen:
    - Dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's 0,1 TEQ/m<sup>3</sup> (0,25 µg TEQ/u)
    - Andere, bv. polybroomdibenzodioxinen, polybroomdibenzofuranen of polygehalogeneerde bifenyleen: emissieminimalisatie
- Frankrijk: AEGW in vergelijkbare grootteorde met NL en DE voor specifieke stoffen (zie bijlage 2).

Zoals besproken onder 3.1.6, toont onderzoek o.b.v. Nederlandse meetgegevens aan dat de Nederlandse AEGW voor stofvormige emissies 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> (stofklasse MVP1) in 89% van de gevallen gehaald wordt, en de AEGW voor gasvormige emissies 1 mg/Nm<sup>3</sup> (stofklasse MVP2) in ruwweg de helft van de beschikbare casussen. ([TAUW](#), 2020)

De **BBT-GEN uit BREF's** zijn weinig representatief voor het afleiden van een generiek algemeen haalbaar emissieniveau. Uitzondering hierop is de BBT-GEN in de BREF WGC (afgasbehandeling in de chemie) voor 'CMR-VOS'. Dit is een BREF met brede scope, enigszins vergelijkbaar met de scope van de AEGW, en op een aantal individuele parameters na (zie Excel bijlage), zijn de BBT-GEN generiek beschreven:

- Som van VOS-emissies ingedeeld als CMR 1A of 1B: <1-5 mg/Nm<sup>3</sup> (vanaf bv. 1g/u)
- Som van VOS-emissies ingedeeld als CMR 2: <1-10 mg/Nm<sup>3</sup> (vanaf bv. 50 g/u)

De [techniekfiches in LUSS](#) zijn niet geschreven op maat van ZS. Het gegeven dat ZS mogelijk maar een klein deel uitmaken van de stof- of VOS-concentratie (zie 2.4.1), maakt de fiches slechts beperkt bruikbaar voor het inschatten van een algemeen haalbaar emissieniveau op een generiek niveau.<sup>35</sup> De gelijkaardige Nederlandse [factsheets van Informatiepunt Leefomgeving](#) beschrijven wel in hoeverre een techniek geschikt is voor emissiereductie van (Z)ZS-emissies.

## 5.5 BEPALING VAN DE ALGEMENE EMISSIEGRENSWAARDEN VOOR ZS NAAR DE LUCHT

De stoffiches in [bijlage 2](#) leiden aanbevelingen af voor AEGW van individuele ZS-parameters. Deze worden samengevat in hoofdstuk 6. Daarnaast bevat hoofdstuk 6 de generieke aanbevelingen voor AEGW op basis van bovenstaande gegevens.

---

<sup>35</sup> De LUSS-techniekfiches vermelden soms wel haalbare emissieniveaus van specifieke ZS. De meeste komen echter al aan bod in de stoffiches in bijlage 2.

---

## HOOFDSTUK 6. AANBEVELINGEN OP BASIS VAN DE BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN



## HOOFDSTUK 6. AANBEVELINGEN OP BASIS VAN DE BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN

In dit hoofdstuk wordt op basis van de BBT-analyse een aantal concrete aanbevelingen en suggesties geformuleerd voor milieuvorwaarden. Er wordt nagegaan hoe de BBT kunnen vertaald worden naar milieuvorwaarden, en suggesties geformuleerd om de algemene emissiegrenswaarden te concretiseren en/of aan te vullen.

### 6.1 INLEIDING

De beste beschikbare technieken vormen de basis voor het opstellen en concretiseren van de milieuregelgeving.

Artikel 2.8.2.4 van VLAREM II specificeert dit als volgt:

*Na iedere Vlaamse BBT-studie evalueert de afdeling Milieu, bevoegd voor de omgevingsvergunning, in overleg met de betrokken adviesverlenende overheidsorganen, vermeld in artikel 20, §1, van titel I van het VLAREM, en de afdeling Milieu-Inspectie, de noodzaak om aan de Vlaamse minister een ontwerp van besluit van de Vlaamse Regering tot het bepalen van de algemene of sectorale milieuvorwaarden te bezorgen. In voorkomend geval, legt de Vlaamse minister het ontwerp van besluit tot het bepalen van de algemene of sectorale milieuvorwaarden voor aan de Vlaamse Regering.*

### 6.2 AANBEVELINGEN VOOR DE ALGEMENE VOORWAARDEN IN VLAREM

De aanbevelingen voor de algemene voorwaarden zijn opgesplitst tussen parameterspecifieke en generieke aanbevelingen. In de Excel bijlage, werkblad 'VL\_bijlage 4.4.2', kolom 'Aanbeveling AEGW' is het onderscheid gemaakt als volgt:

- Zwarte tekst voor parameterspecifiek bepaalde aanbevelingen voor de AEGW
- Gekleurde tekst voor generiek bepaalde aanbeveling voor de AEGW
  - Groene tekst voor waarden bepaald door optie 1 of optie 2 bij het emissieplafond (zie 6.2.2.5)
  - Blauwe tekst voor waarden bepaald door het niet verhogen van de huidige AEGW (zie 6.2.2.4)
- Gearceerde cellen zijn voor parameters die niet behandeld zijn in de BBT-studie (CO en asbest).

In de kolommen 'Aanbeveling grensmassaastroom' en 'Aanbeveling basismeetfrequentie' van hetzelfde Excel werkblad zijn dezelfde kleurcodes gebruikt.

Zoals toegelicht in hoofdstuk 3 van deze BBT-studie, hebben sectorale en bijzondere voorwaarden/emissiegrenswaarden voorrang op algemene voorwaarden. De aanbevelingen zijn te beschouwen rekening houdend met dat principe. Echter, een ZS die behoort tot een groepsparameter waarvoor een sectorale emissiegrenswaarde is vastgelegd (bv. totale (vluchtige) organische stoffen, som van VOS, ...) is niet 'vrijgesteld' van (de aanbevelingen voor) de algemene voorwaarden voor ZS. Sectorale groepsparameters die expliciet op basis van ZS-eigenschappen afgebakend zijn, zijn bij implementatie nader te bekijken:

- sectorale EGW voor VOS met CMR1A/1B-eigenschappen volgens [VLAREM III artikel 3.19.2.5.6](#) (afgassen in de chemiesector);

- sectorale EGW voor VOS met gevarenaanduidingen H340, H350, H350i, H360D of H360F met volgens [VLAREM II artikel 5.59.2.2](#) (oppervlaktebehandeling met organische oplosmiddelen).

## 6.2.1 PARAMETERSPECIFIEKE AANBEVELINGEN VOOR DE ALGEMENE MILIEUVOORWAARDEN

Onderstaande voorstellen zijn gebaseerd op de informatie uit de detail- en beknopte stoffiches in **bijlage 2**. Voor elke besproken parameter worden de huidige algemene emissiegrenswaarde (AEGW) en de voorgestelde nieuwe AEGW weergegeven. Voor een volledige beredenering van hoe deze nieuwe waarden zijn bepaald, verwijzen we naar de bijbehorende stoffiches.

### Arseen en arseenverbindingen

- **Huidige AEGW:** 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 5 g/u, behalve voor arseenwaterstof AEGW 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 10 g/u
- **Voorgestelde AEGW:** 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u, met afwijkingsmogelijkheid tot 1 mg/Nm<sup>3</sup> (voor alle arseenverbindingen)

### Lood en loodverbindingen

- **Huidige AEGW:** 5 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 25 g/u (loodverbindingen), 20 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 100 g/u (alkylloodverbindingen)
- **Voorgestelde AEGW:** 2 opties:
  - 0,5 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 2,5 g/u, met afwijkingsmogelijkheid tot 5 mg/Nm<sup>3</sup> (voor zowel lood- als alkylloodverbindingen)
  - 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u, met afwijkingsmogelijkheid tot 5 mg/Nm<sup>3</sup> (voor zowel lood- als alkylloodverbindingen)

Opmerking: geen consensus over voorkeursoptie, beide opties zijn verdedigbaar zijn vanuit verschillende invalshoeken (gezondheidskundige advieswaarde vs. gelijkschakeling met andere metalen). Bijgevolg wordt niet één optie aanbevolen binnen deze BBT-studie.

### Benzeen

- **Huidige AEGW:** 5 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 25 g/u
- **Voorgestelde AEGW:** 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 5 g/u, met afwijkingsmogelijkheid tot 5 mg/Nm<sup>3</sup>

### Formaldehyde

- **Huidige AEGW:** 20 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 100 g/u
- **Voorgestelde AEGW:** 5 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 25 g/u, met afwijkingsmogelijkheid tot 20 mg/Nm<sup>3</sup>

### PAK's

**1. Benzo(a)pyreen en dibenzo(a,h)antraceen**

- **Huidige AEGW:** 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u
- **Voorgestelde AEGW:** geen wijziging

**2. Naftaleen**

- **Huidige AEGW:** 100 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 2000 g/u
- **Voorgestelde AEGW:** 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 5 g/u, met afwijkingsmogelijkheid tot 20 mg/Nm<sup>3</sup>

**3. antraceen, benz(a)antraceen benzo(b)fluorantheen, benzo(g,h,i)peryleen, benzo(k)fluorantheen, chryseen, fluorantheen, fenantreen en pyreen**

- **Huidige AEGW:** niet expliciet opgenomen in lijst
- **Voorgestelde AEGW:** 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u, met afwijkingsmogelijkheid.

**4. Overige 'EPA 16'<sup>36</sup> PAK's (indeno(1,2,3-cd)pyreen, acenafteen, acenaftyleen en fluoreen)**

- **Huidige AEGW:** niet expliciet opgenomen in lijst
- **Voorgestelde AEGW:** 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 5 g/u, met afwijkingsmogelijkheid tot 20 mg/Nm<sup>3</sup>

**5. Overige PAK's buiten 'EPA 16' groep:**

- **Huidige AEGW:** niet expliciet opgenomen in lijst
- **Voorgestelde AEGW:** geen wijziging AEGW (dus geen opname in de lijst).

Opmerking: ontbrekende meetmethode LUC/VI/001 aan te vullen in VLAREM II bijlage 4.4.2 voor naftaleen en nieuw toe te voegen PAK's.

**Dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's**

- **Huidige AEGW:** niet expliciet opgenomen in lijst
- **Voorgestelde AEGW:** 0,05 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,25 µg TEQ/u, met afwijkingsmogelijkheid (geen vaste bovengrens)

Opmerking: In dit voorstel wordt met "ng TEQ" bedoeld ng TEQ<sub>WGO 2022</sub>. Dit komt overeen met de aftoetsing door VMM aan doelstellingen voor luchtkwaliteit en depositie. Analooq voor "µg TEQ".

**Zeswaardig chroom (Cr VI) verbindingen**

- **Huidige AEGW:** 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u

<sup>36</sup> Cfr. LUC/VI/001, zie fiche in bijlage 2.

- **Voorgestelde AEGW:** geen wijziging

#### *Kwik en kwikverbindingen*

- **Huidige AEGW:** 0,2 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 1 g/u
- **Voorgestelde AEGW:** 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,25 g/u, met afwijkingsmogelijkheid tot 0,2 mg/Nm<sup>3</sup>

#### *Cadmium, nikkel en kobalt (kankerverwekkende verbindingen)*

- **Huidige AEGW:**
  - cadmium en zijn verbindingen 0,2 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 1 g/u (= punt 12°)
  - nikkel (nikkelmetaal, nikkel sulfide en sulfidische ertsen, nikkeloxide en nikkelcarbonaat, nikkel tetracarbonyl), uitgedrukt in Ni 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 5 g/u (= punt 7°)
  - nikkel en zijn verbindingen, uitgedrukt in Ni 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 5 g/u (= punt 13°)
  - kobalt en zijn verbindingen 5 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 25 g/u (= punt 14°)
- **Voorgestelde AEGW cadmium- en nikkelverbindingen:**
  - cadmium en zijn verbindingen 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u, met afwijkingsmogelijkheid tot huidige AEGW
  - nikkel en zijn verbindingen 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u, met afwijkingsmogelijkheid tot huidige AEGW
- **Voorgestelde AEGW kobaltverbindingen: 2 opties:**
  - kobalt en zijn verbindingen 0,5 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 2,5 g/u, met afwijkingsmogelijkheid tot huidige AEGW
  - kobalt en zijn verbindingen 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u, met afwijkingsmogelijkheid tot huidige AEGW

Opmerking: geen consensus over voorkeursoptie, beide opties zijn verdedigbaar zijn vanuit verschillende invalshoeken (gezondheidskundige advieswaarde vs. gelijkschakeling met andere metalen). Bijgevolg wordt niet één optie aanbevolen binnen deze BBT-studie.

#### *Hexachloorbenzeen (HCB)*

- **Huidige AEGW:** niet expliciet opgenomen in lijst
- **Voorgestelde AEGW:** geen wijziging AEGW (dus geen opname in de lijst). Wel monitoring aanbevolen vanaf 0,5 g/u.

#### *Dibutylftalaat (DBP)*

- **Huidige AEGW:** niet expliciet opgenomen in lijst
- **Voorgestelde AEGW:** geen wijziging AEGW (dus geen opname in de lijst). Wel monitoring aanbevolen vanaf 0,5 g/u.

Opmerking: Deze aanbeveling kan ook doorgetrokken worden naar diisobutylftalaat, zie bijlage 2 en 1.2.5.

#### Gebromeerde vlamvertragers

- **Huidige AEGW:** niet expliciet opgenomen in lijst
- **Voorgestelde AEGW:**
  - **Prioritaire set<sup>37</sup>:** geen wijziging AEGW (dus geen opname in de lijst). Wel monitoring aanbevolen vanaf 10 µg/u.
  - **Overige gebromeerde vlamvertragers:** geen wijziging AEGW (dus geen opname in de lijst). Geen expliciete aanbeveling monitoringverplichting binnen deze BBT-studie.

#### Bisfenol A en gerelateerde bisfenolen

- **Huidige AEGW:** niet expliciet opgenomen in lijst
- **Voorgestelde AEGW:**
  - **BPA, BPS, BPB, (BPAF) en 4,4-isobutylethylideendifenol:** geen wijziging AEGW (dus geen opname in de lijst). Wel monitoring aanbevolen vanaf 0,25 g/u.
  - **Overige ZS bisfenolen:** geen wijziging AEGW (dus geen opname in de lijst). Geen expliciete aanbeveling monitoringverplichting binnen deze BBT-studie.

#### PFAS

- **Huidige AEGW:** niet expliciet opgenomen in lijst
- **Voorstel normenkader emissies:** 3 opties:
  - **Optie 1:** Vangnet 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 75 g/jaar voor som van PFAS<sup>38</sup>
  - **Optie 2:** Richtwaardenset:
    - PFOS 0,1 µg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium depositie C3, waarden afgerond.
    - PFBA 0,2 µg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,75 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium depositie C3, waarden afgerond.
    - PFOA 4 ng/Nm<sup>3</sup> (ofwel 0,004 µg/nm<sup>3</sup>) vanaf 0,02 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium depositie C3, waarden afgerond.
    - TFA 10 µg/Nm<sup>3</sup> vanaf 50 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium depositie C3, waarden afgerond.
    - Som EFSA 4 PFAS (PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS) 1,5 µg/Nm<sup>3</sup> vanaf 5 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C3, waarden afgerond.
    - 6:2 FTS 150 µg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C3, waarden afgerond.

<sup>37</sup> 8 EPA BDE's (BDE28, -47, -47, -99, -100, -153, -154, -183 en -209); hexa-BB; HBCDD; DBDPE; TBPH; BTBPE.

<sup>38</sup> Som van alle PFAS gemeten met de actuele LUC-methode ([LUC/VI/003](#))

- HFPO-DA 7  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  vanaf 25 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C3, waarden afgerond.
- PFBS 0,7 mg/ $\text{Nm}^3$  vanaf 2,5 g/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C3, waarden afgerond.
- PFPrA 1,2 mg/ $\text{Nm}^3$  vanaf 5 g/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C3, waarden afgerond.
- PFHxA 1,2 mg/ $\text{Nm}^3$  vanaf 5 g/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C3, waarden afgerond.
- PFDA 5 ng/ $\text{Nm}^3$  (ofwel 0,005  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ) vanaf 0,02 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C3, waarden afgerond.
- **Optie 3:** lange-termijn-streefwaardenset:
  - PFOS 0,5 ng/ $\text{Nm}^3$  vanaf 2  $\mu\text{g}/\text{u}$  – gebaseerd op toetsingscriterium depositie C1, waarden afgerond.
  - PFBA 0,8 ng/ $\text{Nm}^3$  vanaf 3  $\mu\text{g}/\text{u}$  – gebaseerd op toetsingscriterium depositie C1, waarden afgerond.
  - PFOA 0,02 ng/ $\text{Nm}^3$  vanaf 0,1  $\mu\text{g}/\text{u}$  – gebaseerd op toetsingscriterium depositie C1, waarden afgerond.
  - TFA 50 ng/ $\text{Nm}^3$  vanaf 200  $\mu\text{g}/\text{u}$  – gebaseerd op toetsingscriterium depositie C1, waarden afgerond.
  - Som EFSA 4 PFAS (PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS) 6 ng/ $\text{Nm}^3$  vanaf 25  $\mu\text{g}/\text{u}$  – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C1, waarden afgerond.
  - 6:2 FTS 0,6  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  vanaf 2,5 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C1, waarden afgerond.
  - HFPO-DA 30 ng/ $\text{Nm}^3$  vanaf 100  $\mu\text{g}/\text{u}$  – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C1, waarden afgerond.
  - PFBS 3  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  vanaf 10 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C1, waarden afgerond.
  - PFPrA 5  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  vanaf 20 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C1, waarden afgerond.
  - PFHxA 5  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  vanaf 20 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C1, waarden afgerond.
  - PFDA 0,02 ng/ $\text{Nm}^3$  vanaf 0,1  $\mu\text{g}/\text{u}$  – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C1, waarden afgerond.

Opmerking: de opties sluiten elkaar niet noodzakelijk uit. Ze kunnen complementair of als alternatieven gebruikt worden. Een streefwaarde is niet noodzakelijk op te nemen in VLAREM. Bovenstaande waarden houden nog geen rekening met de meetbaarheid van een emissie. Zie fiche in bijlage 2 voor verdere duiding.

### Polychloornaftalen

Opmerking: Polychloornaftalen werden niet als individuele parameter geanalyseerd in bijlage 2. Gezien hun POP-status en hun ERS-status in NL is een monitoringverplichting echter aangewezen, analoog aan bv. hexachloorbenzeen, dibutylftalaat, bisfenolen en gebromeerde vlamvertragers. Een gepaste grensmassastroom is te bepalen op basis van een analyse in lijn met [VLAREM II artikel 4.4.3.1, § 2.](#)

## 6.2.2 GENERIEKE AANBEVELINGEN VOOR DE ALGEMENE MILIEUVOORWAARDEN

Aanvullend op de aanbevelingen voor individuele parameters (6.2.1), worden hier generieke aanbevelingen beschreven die voortvloeien uit de geanalyseerde informatie, o.a. de algemeen haalbare emissieniveaus (zie 5.4).

### 6.2.2.1 BEHEERS- EN PREVENTIEVE TECHNIEKEN

Volgens het huidige [VLAREM II artikel 4.4.2.1](#) geldt: *De installaties worden ontworpen, gebouwd en geëxploiteerd volgens een code van goede praktijk zodat de luchtverontreiniging die van die installaties afkomstig is, maximaal wordt beperkt en indien mogelijk zelfs wordt voorkomen. De installaties worden daarvoor uitgerust en geëxploiteerd met middelen ter beperking van de emissies die met de beste beschikbare technieken overeenkomen. De emissiebeperkende maatregelen zijn gericht op zowel een vermindering van de massaconcentratie als een vermindering van de massastromen van de installatie uitgaande luchtverontreiniging. Daarbij wordt in het bijzonder rekening gehouden met:*

- 1° *maatregelen ter vermindering van de hoeveelheid afgas, zoals inkapselen van installatiedelen en doelgericht opvangen van stromen afgas;*
- 2° *maatregelen ter optimalisering van de gebruikte stoffen en energie;*
- 3° *maatregelen ter optimalisering van de handelingen voor opstarten en stilleggen en overige bijzondere bedrijfsomstandigheden.*

*Voor bestaande installaties wordt bij de toepassing van de eis met betrekking tot het gebruik van de beste beschikbare technieken, vermeld in het eerste lid, rekening gehouden met:*

- 1° *de technische kenmerken van de inrichting;*
- 2° *de gebruiksgraad en de residuele levensduur van de inrichting;*
- 3° *de aard en het volume van de verontreinigende emissies van de inrichting;*
- 4° *de wenselijkheid om geen overmatige hoge kosten te veroorzaken voor de betrokken inrichting, met name rekening houdend met de economische situatie van de ondernemingen die tot de betrokken categorie behoren.*

Dit artikel bevat dus reeds een principe van maximaal beperken en indien mogelijk het voorkomen van luchtverontreiniging, en koppelt dit aan BBT.

In lijn met de BBT-conclusies uit deze studie, met name 5.3.1 'Beheerstechnieken' 5.3.2 'Preventieve technieken' en 5.3.3 'Procesgeïntegreerde technieken', wordt aanvullend een concretere invulling voor zorgwekkende stoffen aanbevolen:

*Voor zorgwekkende stoffen worden een inventarisatie en karakterisering van mogelijke emissiebronnen opgemaakt, en wordt op basis van een beoordeling van de emissierisico's nagegaan of bijkomende emissiebeperkende maatregelen genomen moeten worden, en op welke termijn. Er wordt nagegaan of, en in welke mate, preventieve of procesgeïntegreerde technieken die de emissies maximaal beperken of indien mogelijk voorkomen, toegepast kunnen worden, rekening houdende met (de 4 hierboven genoemde criteria voor bestaande installaties).*

Noot: In Nederland bestaat een formele procedurele verplichting tot het opstellen van een 5-jaarlijks [vermijdings- en reductieprogramma voor ZZS](#), die kadert binnen een [algemene minimalisatieplicht voor ZZS](#). Hoewel het invoeren van een dergelijke specifieke administratieve procedure een beleidskeuze is die de scope van deze studie overstijgt, wordt het inhoudelijk toepassen van inventarisatie, risicoanalyse en reductieplanning (punten A t.e.m. C uit §4.1) beschouwd als BBT om invulling te geven aan de reeds bestaande verplichting in VLAREM II artikel 4.4.2.1 om emissies maximaal te beperken. Voor de formalisering van een specifiek planningsinstrument wordt verwezen naar de aanbevelingen voor verder onderzoek (6.3.1).

### 6.2.2.2 HERZIENING BEPALING GELIJKAARDIGE STOFFEN

Voor ZS, in het bijzonder voor persistente ZS (PBT, zPzB, PMT en zPzM) en hormoonverstorende ZS (ED), is het mogelijk dat er geen 'geschikte' groep is in de lijst van AEGW waartoe de stof redelijkerwijs gerekend zou moeten worden, omdat de laagste huidige AEGW (0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u voor groep 6°) mogelijks nog te hoog is in verhouding tot het milieu- en gezondheidsrisico. Als de voorstellen van paragraaf 6.2.1 weerhouden zouden worden, zou dit een invoering van extra groepen betekenen, namelijk een groep met AEGW 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,25 g/u, gebaseerd op kwikverbindingen een groep met AEGW 0,05 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> vanaf 5 µg TEQ/u, gebaseerd op dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's, en mogelijk een groep met AEGW 0,5 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 2,5 g/u, gebaseerd op lood- en/of kobaltverbindingen, afhankelijk van de uiteindelijke beslissing voor deze groepen (zie paragraaf 6.2.1). Deze liggen echter een factor 10<sup>6</sup> uit elkaar, waardoor mogelijk nog steeds geen geschikte 'groep' voorhanden is (zie ook 6.2.2.5 hieronder). Het is daarom aanbevolen de bepaling te herzien om voor deze ZS een passende AEGW mogelijk te maken.

Concreet wordt voorgesteld om [VLAREM II artikel 4.4.3.1, § 2](#), uit te breiden als volgt: *Stoffen die niet in de lijst van organische stoffen voorkomen, worden gerekend tot de groep waarvan de stoffen wat betreft hun invloed op het milieu die stoffen het meest nabijkomen. Daarbij wordt in het bijzonder rekening gehouden met de afbreekbaarheid en bio-accumulatie, toxiciteit, mobiliteit, andere gevareneigenschappen, invloeden van afbraakprocessen met hun betreffende reactieproducten en geurintensiteit. Deze indeling gebeurt op basis van een analyse door de exploitant. Voor persistente en/of hormoonverstorende zorgwekkende stoffen wordt, in geval er geen groep de invloed op milieu en gezondheid correct weerspiegelt, een emissiegrenswaarde op maat van het risico vastgesteld in de omgevingsvergunning op basis van een analyse door de exploitant. (...)*

#### Noot:

- Voor ZS wordt het aanbevolen om de verantwoordelijkheid voor het nagaan van de indeling expliciet bij de exploitant te leggen, waarbij de exploitant tevens een overzicht van tot welke groep de stoffen zijn gerekend ter inzage van de toezichthouder houdt. Het artikel betreft echter ook niet-ZS, hetgeen buiten deze BBT-studie valt. Er moet dus aanvullend nagegaan worden of deze voorstellen ook voor niet-ZS gepast zijn.
- Aanvullend kan overwogen worden om op te nemen in dit artikel dat deze indeling dient te gebeuren door een erkend deskundige lucht. Voordeel hiervan zou zijn dat een hoge kwaliteit van beoordeling verzekerd wordt. Nadeel is dat dit kan leiden tot aanzienlijke meerkost zonder direct milieuvoordeel, en dit de flexibiliteit ontnemt om de beoordeling te laten uitvoeren door bijvoorbeeld een interne milieudienst of interne of externe milieucoördinator met voldoende deskundigheid.
- Er zijn op het moment van schrijven geen anorganische ZS bekend waarvoor deze regeling relevant zou zijn. Gekende relevante anorganische ZS staan immers wel op de lijst (bv. metaalverbindingen, hydrazines). Er lijkt echter geen nadeel verbonden te zijn aan het uitbreiden van de bepaling met anorganische stoffen, om eventuele anorganische ZS die opduiken op eenzelfde manier te regelen.
- Op het moment van schrijven is er in Vlaanderen geen uniforme methodiek vastgelegd om te bepalen hoe de indeling van stoffen niet op de lijst dient te gebeuren, waardoor het niet uitgesloten is dat bij verschillende bedrijven een verschillende emissiegrenswaarde wordt gehanteerd voor eenzelfde stof. Mogelijke aanknopingspunten zijn de CLP-indeling, (indeling gerelateerd aan) opname in REACH-stoffenlijsten, toxicologische referenties zoals 'Derived No-Effect-Levels' (DNEL) voor humane toxiciteit (bv. uit [REACH-dossiers](#)), 'Predicted No-Effect Concentrations' (PNEC) voor ecotoxiciteit (bv. uit [REACH-dossiers](#) en/of publieke databanken

zoals deze van het [Norman-netwerk](#)), toxicologische karakterisatiefactoren (bv. uit [USEtox](#) of 'milieuprijzen' van [CE Delft](#)). Ook bij gebrek aan Vlaamse/EU-referentiewaarden voor buitenlucht, kan naar literatuur gekeken worden (bv. [\(i-\)MTR/VR](#) uit NL. In de aanbevelingen voor verder onderzoek in 6.3.1 wordt een aanbeveling opgenomen om een uniforme methodiek uit te werken.

- voor een ZS die behoort tot een groepsparameter waarvoor een sectorale emissiegrenswaarde is vastgelegd (bv. totale (vluchtige) organische stoffen, som van VOS, ...), moeten de bepalingen van [VLAREM II artikel 4.4.3.1, § 2](#), nog steeds toegepast worden. Zij zijn met andere woorden niet 'vrijgesteld' van deze bepalingen (zie ook algemene toelichting onder 6.2).
- In sectie 6.2.2.7 wordt een afwijkmogelijkheid voorgesteld van deze bepaling.
- Dit artikel doet geen uitspraak over de beoordeling van de omgevingsimpact. Hiervoor wordt naar sectie 6.2.2.8 verwezen. Dergelijke beoordeling is immers relevant voor zowel stoffen die wel op de lijst staan als stoffen die niet op de lijst staan. Bovenstaand voorstel geldt onverminderd wat in sectie 6.2.2.8 wordt voorgesteld.
- Naar analogie met de regeling voor lozing van bedrijfsafvalwater, is een duidelijke regeling aangewezen voor wanneer een emissiegrenswaarde moet worden afgeleid, en voor eventuele verplichte opname in de vergunning (zie hieronder). Er kan bijvoorbeeld verduidelijkt worden dat het gaat om stoffen waarvan de aanwezigheid in afgassen gekend, of redelijkerwijs te verwachten, is, en niet een emissie bijvoorbeeld ten gevolge van een uitzonderlijke/onverwachte verontreiniging in de grondstoffen.

#### OPTIES WAT BETREFT EVENTUELE VERPLICHTING TOT OPNAME IN DE VERGUNNING

Er is binnen het BC geen consensus over het al dan niet verplicht in de omgevingsvergunning opnemen van niet in de lijst opgenomen zorgwekkende stoffen (ook andere dan persistente en hormoonverstorende stoffen). Hieronder worden twee opties met hun respectievelijke voor- en nadelen beschreven, namelijk:

- Optie 1: behoud facultatieve opname in omgevingsvergunning, en aanvulling met verplichting overzicht ter inzage
- Optie 2: verplichte opname in de omgevingsvergunning

#### OPTIE 1: BEHOUD FACULTATIEVE OPNAME IN OMGEVINGSVERGUNNING, EN AANVULLING MET VERPLICHTING OVERZICHT TER INZAGE

Volgens deze eerste optie blijft de facultatieve opname in de omgevingsvergunning behouden voor stoffen die niet in de lijst voorkomen. Echter, om controle op de uitstoot mogelijk te maken, wordt er wel een verplichting voorzien om een overzicht op te maken van de indeling van de uitgestoten stoffen die niet in de omgevingsvergunning zijn opgenomen, en dit overzicht ter inzage te houden voor de toezichthouder.

Concreet kan [VLAREM II artikel 4.4.3.1, § 2](#), uitgebreid worden als volgt: (...) *Dat kan geregeld worden in de omgevingsvergunning voor de exploitatie van de ingedeelde inrichting of activiteit. Een overzicht van de gekende (zorgwekkende) stoffen in de afgassen waarvoor in de omgevingsvergunning geen emissiegrenswaarde is vastgelegd, en de argumentatie inzake tot welke groep deze stoffen zijn ingedeeld, liggen ter inzage voor de toezichthouder.*

Noot: niet-ZS vallen buiten de scope van deze BBT-studie. De aanbeveling voor bovenstaande bepaling vanuit de BBT-studie is daarom beperkt tot zorgwekkende stoffen, maar het kan onderzocht worden of het aangewezen is dit ook toe te passen op niet-ZS.

Pro:

- Facultatieve opname in de omgevingsvergunning is een behoud van de huidige bepaling, en beperkt de administratieve lasten t.o.v. optie 2. Het biedt flexibiliteit om niet voor alle (kleine) emissies/emissiebronnen expliciet een emissiegrenswaarde op te nemen in de omgevingsvergunning, maar laat wel de mogelijkheid om dit in bepaalde gevallen toch in de vergunning op te nemen (bv. bij relatief grote emissies/emissiebronnen, en/of wanneer een strengere emissiegrenswaarde vereist is op basis van de omgevingsbeoordeling, zie ook 6.2.2.8).
- Het overzicht van uitgestoten stoffen en hun respectievelijke indeling laat handhaver toe om controle uit te voeren.

Contra:

- Volgens de overheden toont de huidige praktijk aan dat het artikel te vrijblijvend is geformuleerd. Dit leidt tot verschillende interpretaties en er wordt onvoldoende melding gemaakt van uitgestoten stoffen bij vergunningsaanvragen, waardoor de overheid onvoldoende zicht heeft op welke stoffen effectief uitgestoten worden. Dit bemoeilijkt het gericht verder uitwerken van een geschikt emissiebeleid (zie ook aanbevelingen onder 6.3.1).
- Indien geen emissiegrenswaarde is opgenomen in de vergunning, gebeurt de indeling louter op basis van een analyse door de exploitant. Dit wordt niet mede beoordeeld en goedgekeurd door de bevoegde adviesinstanties en de vergunningverlenende overheid. Dit kan de handhaving bemoeilijken en leiden tot juridische onzekerheid.
- Er is geen duidelijke regeling wanneer het aangewezen is om toch een emissiegrenswaarde voor een bepaalde emissie op te nemen in de vergunning, hetgeen kan leiden tot onduidelijkheid en een ongelijk speelveld.

## OPTIE 2: VERPLICHTE OPNAME IN DE OMGEVINGSVERGUNNING

Volgens deze tweede optie wordt een opname in de omgevingsvergunning wel verplicht indien een stof niet in de lijst van algemene emissiegrenswaarden opgenomen is, én er geen sectorale emissiegrenswaarde is.

Concreet kan [VLAREM II artikel 4.4.3.1, § 2.](#) uitgebreid worden als volgt: *(...) Zorgwekkende stoffen die niet in de lijst voorkomen mogen slechts geëmitteerd worden indien hiervoor een emissiegrenswaarde of grensmassaastroom is vastgesteld in de sectorale of bijzondere vergunningsvoorwaarden.*

Noot:

- Een gepaste overgangsregeling is aangewezen bij deze optie, gezien de administratieve last voor sommige bedrijven door (mogelijk frequente) bijstelling van de vergunning. Deze overgangsregeling moet tegemoetkomen aan zowel bestaande processen/inrichtingen met emissies van reeds ingedeelde zorgwekkende stoffen, als voor emissies van stoffen die in de toekomst (bv. door nieuwe toxicologische inzichten of beleidsmatige ontwikkelingen) een nieuwe/gewijzigde indeling zullen krijgen.

Pro:

- Opname in de omgevingsvergunning houdt een beoordeling en goedkeuring in door de vergunningverlenende overheid, op basis van onderbouwing door de aanvragende exploitant en adviesverleners. Het waarborgt een kwalitatieve en objectieve beoordeling, en biedt meer juridische zekerheid voor exploitant en overheid, en is beter handhaafbaar.
- Door opname in de omgevingsvergunning heeft de overheid een beter zicht op welke zorgwekkende stoffen worden uitgestoten en waar. Dit kan een gelijk speelveld bevorderen door eenvoudigere afstemming tussen verschillende bedrijven die dezelfde of gelijkaardige stoffen uitstoten, rekening houdende met bedrijfsspecifieke situaties. Er kan beter in kaart gebracht worden voor welke relevante zorgwekkende stoffen meetmethoden ontbreken, waarvoor de overheid actie kan ondernemen. Het laat verdere analyse van relevante luchtemissies op basis van hun risico voor mens en milieu toe (bv. verhouding ten opzichte van geaggregeerde blootstelling en gezondheidkundige advies- en/of toetsingswaarden; advies- of toetsingswaarden voor ecotoxiciteit). Dit sluit aan bij de aanbevelingen voor verder onderzoek onder 6.3.1.
- Opname in de vergunning verhoogt publieke transparantie en inspraak.
- Dergelijke regeling sluit meer aan bij de regeling uitgewerkt voor afvalwater<sup>39</sup>

Contra:

- Hoewel de regeling meer aansluit bij de regeling uitgewerkt voor afvalwater (zie hierboven), is een belangrijk verschil dat er voor waterlozingen een regeling<sup>40</sup> (op basis van een indelingscriterium) is uitgewerkt die bepaalt wanneer een lozingsnorm moet worden aangevraagd. Bij gebrek aan equivalente drempel voor luchtemissies kan de administratieve last buitensporig worden voor processen met een uitstoot van een groot aantal/wisselende zorgwekkende stoffen in (zeer) lage concentraties (bv. bij afvalverwerking, houtverwerking, bepaalde chemische processen, enz.). Een verplichte opname in de vergunning (optie 2) is in de praktijk enkel uitvoerbaar indien er een duidelijk afbakeningskader of 'indelingscriterium' voor luchtemissies wordt ontwikkeld (analoog aan de regeling voor afvalwater en/of de rapportagedrempels in het IMJV). Zonder dergelijke ondergrens/regeling dreigt bij bepaalde activiteiten een onwerkbaar administratieve last voor (zeer) lage emissies. De ontwikkeling van deze drempels is een noodzakelijke randvoorwaarde voor optie 2. Zelfs wanneer een proportionele regeling voor een (equivalent van) indelingscriterium wordt uitgewerkt, is de administratieve last voor sommige bedrijven mogelijk zeer hoog.
- Er is geen onmiddellijk milieuvoordeel indien de beoordeling van de indeling inhoudelijk op dezelfde manier gebeurt als bij optie 1. Het verschil blijft echter dat dit niet mede beoordeeld en goedgekeurd wordt door de bevoegde adviesinstanties en de vergunningverlenende overheid.

<sup>39</sup> Zie [VLAREM II artikel 4.2.2.1](#) voor de huidige bepalingen, en [VLAREM-wijziging inzake de lozing van bedrijfsafvalwater](#) voor voorgestelde wijzigingsteksten en hun actuele status. Deze wijzigingsteksten stellen een cascadesysteem voor dat verduidelijkt vanaf wanneer een lozingsnorm vereist is voor het lozen van een gevaarlijke stof in oppervlaktewater. Dit cascadesysteem wordt nu hernomen en opnieuw geëvalueerd in het kader van de conceptnota 'Lozing bedrijfsafvalwater in drinkwaterwingebieden' (<https://www.vlaanderen.be/vlaamse-regering/beslissingen-van-de-vlaamse-regering/conceptnota-lozing-bedrijfsafvalwater-in-drinkwaterwingebieden>).

<sup>40</sup> Voor een groot aantal ZS is echter geen indelingscriterium afgeleid, zie [bijlage 2.3.1 van VLAREM II](#). Zie ook vorige voetnoot voor actuele status van de regeling.

### 6.2.2.3 BEHOUD SOMBEPALINGEN

Het wordt aanbevolen om de sombepalingen van [VLAREM II, artikel 4.4.3.1](#), inhoudelijk te behouden, en uit te breiden met analoge bepalingen voor bijkomende groepen (cfr. parameterspecifieke aanbeveling in sectie 6.2.1), respectievelijk kwik en kwikverbindingen, dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's, en mogelijk lood- en of kobaltverbindingen:

§ 1.

*De algemene emissiegrenswaarden, vermeld in bijlage 4.4.2, zijn van toepassing op de geloosde afgassen.*

*Bij aanwezigheid van verscheidene stoffen die samen onder een van de punten 6°, 7°, 8°, 9° 10°, 11°, 12°, 13°, 14°, en 15°, (punt kwik en kwikverbindingen), (punt dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's) en (eventueel punt lood- en/of kobaltverbindingen), vermeld in bijlage 4.4.2, zijn geklasseerd, gelden de emissiegrenswaarden, die per stof zijn voorgeschreven, ook voor de som van de verschillende samen onder één subpunt geklasseerde stoffen.*

*Bij aanwezigheid van stoffen als vermeld in punt 9°, 10° en 11° van bijlage 4.4.2, mag, bij een totale massastroom van 3 kg/uur of meer, de massaconcentratie in het afgas 150 mg/Nm<sup>3</sup> niet overschrijden.*

Dit past in een conservatieve benadering van de mogelijke cumulatieve effecten van verschillende ZS, zie ook 6.2.2.5. Voor die stoffen waarvoor deze BBT-studie een afwijkingsmogelijkheid voorstelt, zie onder meer 6.2.1, 6.2.2.5 en 6.2.2.7, geldt deze uiteraard ook voor de som van onder één subpunt geklasseerde stoffen. Voor de verhouding tot groepsparameters met sectorale emissiegrenswaarden, zie algemene toelichting onder 6.2. Dezelfde overwegingen gelden voor de in deze sectie beschreven sombepalingen.

Noot: Om te vermijden dat de som de emissies van kwik en kwikverbindingen (eigen groep) en andere metaalverbindingen in punt 6° groter is dan de AEGW overeenkomstig punt 6°, kan overwogen worden kwik en kwikverbindingen mee in rekening te brengen voor de sombepaling voor punt 6° (via analoge bepaling als voor stoffen onder punten 9°, 10° en 11°). Voor lood- en kobaltverbindingen hangt het tekstvoorstel hierboven af van de uiteindelijke beleidsbeslissing, zie sectie 6.2.1 en de fiches in bijlage 2.

### 6.2.2.4 GEEN VERHOGING HUIDIGE AEGW

Een generieke aanbeveling voor ZS die reeds opgenomen zijn in de huidige AEGW, is om geen AEGW of GMS te verhogen, om de volgende redenen:

- Er zijn geen aanwijzingen dat de huidige AEGW voor ZS leiden tot buitensporige cross-media effecten of buitensporige kosten.
- Slechts 2 stoffen met lagere AEGW in VLAREM dan in NL
  - Ethyleenimine: 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> VLAREM – 1 mg/Nm<sup>3</sup> NL
  - CO (afkomstig van productieinstallaties met volledige oxidatieve verbrandingsprocessen, inclusief naverbranding): 100 mg/Nm<sup>3</sup> VLAREM – geen AEGW NL
- Slechts 6 stoffen met lagere AEGW in VLAREM dan in DE
  - 5 organische stoffen met VLAREM AEGW 20 mg/Nm<sup>3</sup> (1,1,2,2-tetrachloorethaan; 1,1,2-trichloorethaan; 1,1-dichloorethyleen; 2,4-tolueendi-isocynaat; trichloormethaan) die niet expliciet vermeld worden in DE TA Luft, waarvoor bijgevolg in DE de AEGW 50 mg/m<sup>3</sup> vanaf 500 g/u voor TOC totaal geldt
  - CO (afkomstig van productieinstallaties met volledige oxidatieve verbrandingsprocessen, inclusief naverbranding): 100 mg/Nm<sup>3</sup> VLAREM – geen AEGW DE

- Daarnaast zijn er 9 kankerverwekkende ZS in de VLAREM AEGW waarvoor in TA Luft geen AEGW is beschreven, maar waarvoor een algemene bepaling geldt dat ze in te delen zijn in de klasse waar ze het meest bij aansluiten. De EGW van deze klassen (respectievelijk 0,05 mg/m<sup>3</sup>, 0,5 mg/m<sup>3</sup> en 1 mg/m<sup>3</sup>) kunnen slechts voor 3 ZS hoger liggen dan de VLAREM AEGW, namelijk 2-naftylamine; dibenzo(a,h)antraceen; ethyleenimine (VLAREM AEGW 0,1 mg/Nm<sup>3</sup>).

#### 6.2.2.5 PLAFOND AEGW VOOR CMR-, PBT-, ZPZB-, ED-, PMT- EN ZPZM-STOFFEN

##### ALGEMEEN

Voor zorgwekkende stoffen waarvoor in deze BBT-studie geen parameterspecifieke algemene emissiegrenswaarden (zie 6.2.1) zijn voorgesteld, kan op basis van de informatie in deze BBT-studie een generieke referentiewaarde worden aanbevolen voor stoffen met CMR1-<sup>41</sup>, PBT-, zPzB-, ED1-<sup>42</sup>, PMT- of zPzM-eigenschappen. Als praktische uitwerking is hier gekozen voor een emissieplafond, zijnde een maximale emissie(grens)waarde, behalve voor ZS waarvoor individueel (parameterspecifiek) in deze BBT-studie een voorstel voor hogere AEGW (bv. formaldehyde) of lagere AEGW (bv. dibenzo(a,h)antraceen) is afgeleid.<sup>43</sup> Voor stoffen met een huidige lagere algemene emissiegrenswaarde volgens VLAREM II bijlage 4.4.2 (bv. stoffen behorend tot groep 6° of groep 12°) wordt die lagere AEGW behouden, zie ook sectie 6.2.2.4. Voor stoffen met een huidige hogere algemene emissiegrenswaarde volgens VLAREM II bijlage 4.4.2, geldt het nieuw voorgestelde emissieplafond. Het voorgestelde emissieplafond is in aanvulling op het voorstel in sectie 6.2.2.2, dus geldt tenzij er een emissiegrenswaarde op maat van het risico wordt bepaald voor persistente en/of hormoonverstorende stoffen.

Hieronder worden verschillende mogelijke opties voor toepassing beschreven, met telkens hun voornaamste voor- en nadelen:

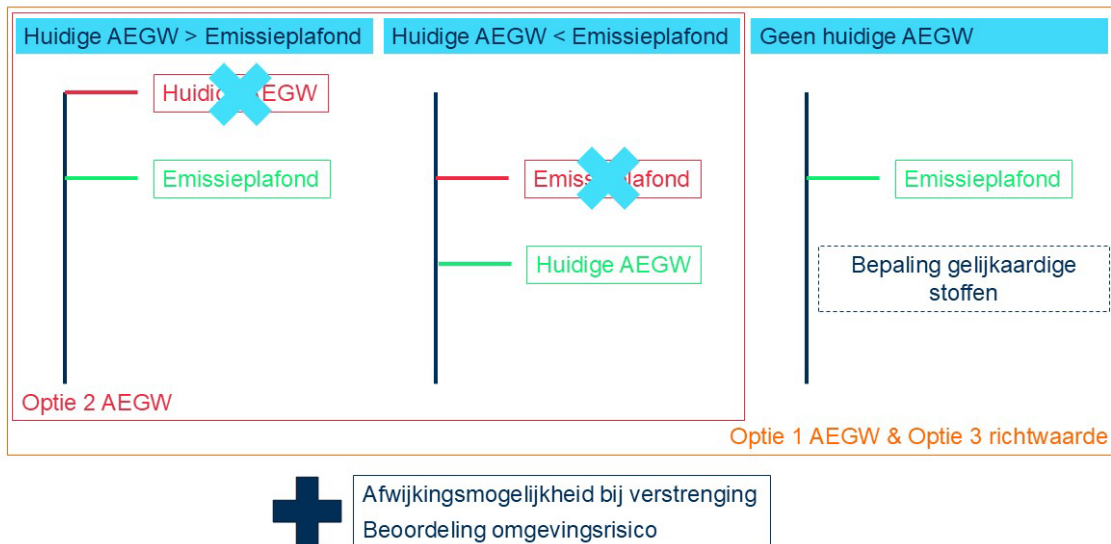
- Toepassing van een emissieplafond voor bepaling van emissiegrenswaarden voor alle ZS met deze eigenschappen.
- Toepassing van een emissieplafond voor bepaling van emissiegrenswaarden voor enkel die ZS met deze eigenschappen die reeds zijn opgenomen in de huidige lijst van bijlage 4.4.2 van VLAREM II.
- Toepassing als richtwaarde voor (alle) ZS met deze eigenschappen.

Deze opties zijn schematisch weergegeven in onderstaande figuur.

<sup>41</sup> Ingedeeld als kankerverwekkend, mutageen en/of reprotoxisch klasse 1A of 1B

<sup>42</sup> Ingedeeld als hormoonverstorend voor mens en/of milieu, categorie 1

<sup>43</sup> Ter verduidelijking, dit emissieplafond heeft geen invloed op emissies die worden geregeld door sectorale emissiegrenswaarden.



**Figuur 9: Schematische weergave van de verschillende opties voor toepassing van het generieke emissieplafond.**

Een redelijk, algemeen haalbaar niveau voor het emissieplafond is 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 5 g/u, wat overeenkomt met punt 7° van de huidige AEGW. Het voorgestelde plafond:

- komt overeen met de hoogste AEGW voor ZZS in NL, namelijk met deze voor gasvormige ZZS. Het dient te worden opgemerkt dat voor stofvormig ZZS een veel lagere AEGW geldt in NL, namelijk 0,05 mg/Nm<sup>3</sup>. Deze houdt echter geen rekening met relatieve toxiciteit/potentie, of met haalbaarheid. In dit voorstel wordt geen onderscheid gemaakt tussen gasvormige en stofvormige Z(Z)S zoals in NL, dus is het logisch dit af te stemmen op een waarde die voor beide groepen haalbaar geacht wordt. Voor persistente, mobiele stoffen is er (nog) geen specifieke regeling in NL.
- komt overeen met de hoogste AEGW voor CMR1-stoffen in DE, namelijk met deze voor klasse III carcinogenen, en voor reprotoxische stoffen. Het is niet duidelijk waarop de verschillende klassen carcinogenen in de TA Luft gebaseerd zijn, en waarom de emissiewaarde voor mutagene stoffen (als ze niet carcinogeen zijn) strenger is dan deze voor carcinogene en reprotoxische stoffen. Ter vergelijking, het [ECHA richtsnoer informatie-eisen en beoordeling chemische veiligheid, Hoofdstuk R.7a](#) vermeldt “...If the substance is classified as germ cell mutagen category 1A or 1B, the default presumption would be that a genotoxic mechanism for carcinogenicity is likely. In these cases, a carcinogenicity test will normally not be required.”<sup>44</sup> Dit impliceert net dat stoffen die mutageen 1A of 1B zijn, doorgaans ook als carcinogeen beschouwd worden. Voor PBT-stoffen is geen vergelijking mogelijk, omdat hier enkel een minimalisatie-eis voor emissies wordt voorgeschreven in TA Luft, zonder concrete emissiewaarde. Voor persistente, mobiele stoffen is er (nog) geen specifieke regeling binnen TA Luft.
- komt overeen met de bovengrens van het BBT-GEN (vanaf bv. 1 g/u) voor verschillende individuele CMR-stoffen in de BREF WGC (bv. benzeen; 1,3-butadien; ethyleendichloride; ...).

<sup>44</sup> Dit hoofdstuk R.7a van het richtsnoer is momenteel in herziening, zie [consultatie](#).

Het ligt aan de onderkant van de generieke BBT-GEN bandbreedte voor (de som van) CMR1-VOS in de BREF WGC (vanaf bv. 1 g/u).

- ligt beperkt lager dan de sectorale EGW voor emissies van CMR1-oplosmiddelen volgens [hoofdstuk 5.59 van VLAREM II](#), namelijk 2 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 10 g/u.

Zie ook sectie 5.4.2 voor verdere toelichting over de haalbaarheid van dit generieke plafond. In mei-juni 2025 werden in het kader van deze studie een beperkte indicatieve bevraging uitgevoerd over de haalbaarheid van de verschillende opties, met respons uit de sector chemie en life sciences. De antwoorden zijn hieronder verwerkt.

Waar dit plafond een verlaging van de AEGW inhoudt (zie opties 1 en 2 hieronder), is een afwijkingsmogelijkheid aanbevolen. Een afwijkingsmogelijkheid komt tegemoet aan situaties waarin het plafond leidt tot buitensporige kosten of buitensporige cross-media effecten, zie ook 6.2.2.7. Voor stoffen die in de huidige lijst van algemene emissiegrenswaarden staan, kan maximaal afgeweken worden tot aan de huidige algemene emissiegrenswaarde. Voor stoffen die niet in de huidige lijst staan, is er geen vaste bovengrens op de afwijkingsmogelijkheid, maar wordt deze bepaald door wat technisch haalbaar is, en niet leidt tot buitensporige kosten of buitensporige cross-media effecten, of tot onaanvaardbare omgevingsrisico's, zie 6.2.2.8. Bij beoordeling van de afwijkingsmogelijkheid kan naast toxiciteit/potentie van een emissie, ook rekening gehouden worden met frequentie en duur van de emissie, bv. bij onderzoeksactiviteiten of bij sporadische batch productie kunnen emissies van korte duur en/of zeer wisselend zijn.

Aanvullend op de afwijkingsmogelijkheid kan een overgangsregeling overwogen worden, zowel voor de invoering van het emissieplafond zelf, als voor stoffen die in de toekomst bijkomend ingedeeld worden (bv. een stof die vandaag nog geen CLP-indeling heeft, of nog geen CLP-indeling overeenkomstig de ZS-criteria, en waarvan de indeling binnen enkele jaren herzien wordt, leidende tot bijvoorbeeld een CMR1-, ED1-, PMT- zPzB-, PBT- of zPzB-indeling). Dergelijke overgangsregeling kan op verschillende manieren, bijvoorbeeld via een overgangstermijn voor gewijzigde CLP-indeling bij een bestaande activiteit, naar analogie met het naleven van nieuwe BREF BBT-conclusies (waar de termijn 4 jaar is), of via een stapsgewijze, geplande verlaging in de tijd, naar analogie met sectorale emissiegrenswaarden voor stookinstallaties.

Aanvullend op het emissieplafond is een beoordeling van de omgevingsrisico's aangewezen, zie 6.2.2.8.

#### MOGELIJKE DIFFERENTIATIE

Een verdere differentiatie op basis van persistentie en/of bioaccumulatie en/of hormoonverstoring is wenselijk vanuit het oogpunt van een hoog beschermingsniveau van milieu en gezondheid. Vanuit het REACH-beleid wordt de hoogste prioriteit toegewezen aan stoffen die tegelijk PBT of zPzB én CMR of hormoonverstorend zijn, gevolgd door PBT- of zPzB-stoffen. Ook hormoonverstorende stoffen krijgen een hogere prioriteit dan CMR-stoffen, zie 3.1.4. Voor PBT- of zPzB-stoffen en voor hormoonverstorende stoffen lijkt bijgevolg een lager plafond dan voor CMR-stoffen aangewezen. Het is aanbevolen om verdere differentiatie te onderzoeken voor PBT-, zPzB- en/of ED-eigenschappen. Ook bij individuele vergunningen kunnen PBT-, zPzB en/of ED-eigenschappen een belangrijk element zijn (bv. bij een eventuele aanvraag om af te wijken). In de Duitse TA Luft (zie 3.1.6) is er voor "persistente, bioaccumuleerbare en zeer giftige organische stoffen, andere dan genoemde dioxinen, furanen en polychloorbifenylen, bv. polybroomdibenzodioxinen, polybroomdibenzofuranen of polygehalogeneerde bifenylen" geen AEGW, maar wel een emissieminimalisatie-eis. In Nederland (zie 3.1.6) is er de stofklasse ERS (extreem risicovolle stoffen), met als emissiegrenswaarde 0,05 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> en ondergrens 20 mg TEQ/jaar. De verhouding van stofklasse ERS tot gevareneigenschappen volgens CLP-indeling is echter niet volledig duidelijk. Het dient echter te worden opgemerkt dat de gevareneigenschappen en de toxicologische effecten van zPzB-stoffen die geen andere ZS-eigenschappen hebben, zeer uiteenlopend

kunnen zijn. Dit kan gaan van stoffen die enkel zPzB zijn en geen andere gevareneigenschappen of relevante toxicologische (langetermijn) effecten hebben, tot stoffen die zPzB zijn én bv. carcinogeen of mutageen klasse 2 zijn<sup>45</sup>, of andere relevante toxicologische effecten hebben.

Op het moment van schrijven is er nog geen systematische informatie over PBT-, zPzB- of hormoonverstorende eigenschappen van stoffen (zie 3.1.4), hun huidige emissieniveaus, en (kosten)effectiviteit van technieken met het oog op het bereiken van (veel) lagere emissieniveaus. Daardoor kan nog geen redelijk (algemeen haalbaar) niveau afgeleid worden. De enige ZS in de AEGW met geharmoniseerde PBT-indeling is benzo(a)pyreen, waarvoor de AEGW een factor 10 lager ligt dan het voorgestelde algemenere plafond. Volgens de draft Vlaamse ZS-lijst, gebaseerd op de REACH [kandidaatslijst](#), zijn op het moment van schrijven 109 ZS aangeduid als zPzB, 50 ZS als PBT, 25 ZS als hormoonverstorend voor de mens, en 113 ZS als hormoonverstorend voor het milieu (overlap mogelijk – tellingen volgens draft Vlaamse ZS-lijst in Excel bijlage).

Voor PMT- en zPzM-stoffen zijn de knelpunten analoog. PMT- en zPzM-stoffen waren nog geen onderdeel van bovenvermelde REACH prioritering, die dateert van voor de invoering van deze eigenschappen als mogelijke CLP-indeling. Echter, omwille van deze zorgwekkende eigenschappen gelinkt aan persistentie is het eveneens aanbevolen een verdere differentiatie, en een lagere AEGW te onderzoeken. Voor zPzM-stoffen geldt eveneens bovenstaande opmerking dat gevareneigenschappen en relevante toxicologische effecten zeer uiteenlopend kunnen zijn. [Arp et al. \(2023\)](#) beschreven een methodiek en stelden een stoffenlijst op voor prioritering van PMT- en vPvM-stoffen.

Binnen de groep van CMR1-stoffen wordt geen differentiatie voorgesteld om het emissieplafond praktisch werkbaar te houden. Er zijn echter verschillen in toxiciteit en mogelijke drempel-effecten op te merken tussen verschillende CMR1-stoffen. Bijvoorbeeld in de [risicobeoordeling door het EFSA wetenschappelijk Comité](#) is er bijzondere aandacht voor stoffen die zowel genotoxisch als carcinogeen zijn, en is de opinie dat deze niet bewust aan voeding toegevoegd mogen worden. EFSA benadrukt dat wanneer genotoxische carcinogeniciteit aanwezig is, een andere risicobeoordelingsmethodologie toegepast moet worden (de zogenaamde Margin of Exposure benadering), omdat traditionele drempel-gebaseerde gezondheidsrichtwaarden (zoals NOAEL/ADI) niet kunnen bij genotoxische carcinogenen. De aanbeveling volgt uit de ernst en het mechanisme van genotoxiciteit, die impliceert dat een veilige drempelwaarde niet kan worden aangenomen. Dit is fundamenteel anders dan bij niet-genotoxische carcinogenen waar vaak wel een drempelwaarde kan worden aangenomen, of bij zeer lage concentraties er geen lineair verband meer is tussen de concentratie en het eenheidsrisico.

## MOGELIJKE VARIANTEN

Andere varianten dan de hierboven beschreven opties zijn mogelijk, bijvoorbeeld een beperking van het emissieplafond tot CMR1-, waarbij de AEGW voor persistente ZS (ZS met PBT-, zPzB-, PMT- of zPzM-eigenschappen) en hormoonverstorende ZS louter wordt bepaald op basis van de regeling voor gelijkaardige stoffen in VLAREM II artikel 4.4.3.1 §2 (zie ook 6.2.2.2). Immers, in het bijzonder voor persistente en/of hormoonverstorende ZS kan dergelijk generiek emissieplafond ontoereikend zijn in verhouding tot de milieu- en gezondheidsrisico's.

Het voorgestelde emissieplafond geldt alleszins per individuele zorgwekkende stof. Emissies van verschillende ZS samen kunnen echter cumulatieve (additieve of mogelijk in bepaalde gevallen synergistische) effecten veroorzaken. Verschillende ZS zullen niet altijd eenzelfde toxicologisch effect veroorzaken, of kunnen eenzelfde toxicologisch effect via een verschillend werkingsmechanisme veroorzaken, maar als vereenvoudigde, conservatieve benadering worden in VLAREM (VLAREM II artikel

<sup>45</sup> Klasse 2 reprotoxiciteit valt, in tegenstelling tot indeling als klasse 2 carcinogeen of klasse 2 mutageen, wél onder het toxiciteitscriterium (T) voor PBT- of PMT-indeling onder CLP.

4.4.3.1.) en in de wetgeving van buurlanden doorgaans de algemene emissiegrenswaarde voor een individuele stof ook toegepast op de som van stoffen die tot eenzelfde groep of klasse worden gerekend, zie ook 6.2.2.3. Op vraag van het BC worden hieronder onder optie 1 een variant mét ‘sombepaling’, en een variant zonder ‘sombepaling’ (zie ook 6.2.2.3), beschreven.

#### OPTIE 1: EMISSIEPLAFOND VOOR ALLE ZS MET DEZE EIGENSCHAPPEN

Een eerste optie is het toepassen van dergelijk emissieplafond voor alle ZS met deze eigenschappen, dus zowel deze die reeds opgenomen zijn in de lijst AEGW van VLAREM II, bijlage 4.4.2, als deze niet in deze lijst. Zoals hierboven beschreven, zouden een afwijkingsmogelijkheid i.g.v. verstrenging, en aanvullende beoordeling van omgevingsrisico's, van toepassing zijn.

De stoffen die momenteel reeds opgenomen zijn in de lijst AEGW zouden concreet in groep 7° geplaatst worden, met emissiegrenswaarde (1 mg/Nm<sup>3</sup>) en grensmassastroom (5 g/u), met afwijkingsmogelijkheid in geval van verstrenging, mits aan randvoorwaarden beschreven in 6.2.2.7 wordt voldaan.

Voor de ZS niet op de lijst kan [VLAREM II artikel 4.4.3.1, § 2](#), uitgebreid worden met: *“Stoffen ingedeeld als CMR1, PBT, zPzB, PMT, zPzM of ED1 op basis van CLP, worden gerekend tot groep 7°, tenzij voor persistente en/of hormoonverstorende stoffen er geen groep de invloed op milieu en gezondheid correct weerspiegelt. In de omgevingsvergunning kan hiervan afgeweken worden.”* Ook hier gelden voor de afwijkingsmogelijkheid de randvoorwaarden beschreven in 6.2.2.7. Dit is in aanvulling op het voorstel in sectie 6.2.2.2, dus geldt tenzij er een emissiegrenswaarde op maat van het risico wordt bepaald voor persistente en/of hormoonverstorende stoffen. De facto is het emissieplafond voor persistente of hormoonverstorende stoffen dus louter een bovengrens, maar moet aanvullend nog beoordeeld worden welke EGW de invloed op milieu en gezondheid correct weerspiegelt. Als vereenvoudiging kan overwogen worden om deze regeling te beperken tot stoffen met louter CMR1-eigenschappen (zie ook hierboven beschreven mogelijke varianten onder de algemene toelichting van 6.2.2.5), en voor persistente of hormoonverstorende stoffen automatisch terug te vallen op de regeling beschreven in sectie 6.2.2.2.

Doordat ze tot groep 7° gerekend worden, is het evident dat huidige sombepalingen volgens VLAREM II artikel 4.4.3.1 (namelijk *“Bij aanwezigheid van verscheidene stoffen die samen onder een van de punten (...) 7°, (...) vermeld in bijlage 4.4.2, zijn geklasseerd, gelden de emissiegrenswaarden, die per stof zijn voorgeschreven, ook voor de som van de verschillende samen onder één subpunt geklasseerde stoffen.”*) van toepassing zouden zijn op ZS onderhevig aan dit emissieplafond. Dit past in een conservatieve benadering van de mogelijke cumulatieve effecten van verschillende ZS. Mocht dit aanleiding geven tot disproportionele kosten of disproportionele cross-media effecten, kan er bij een eventuele afwijkingaanvraag rekening gehouden worden met al dan niet cumulatieve effecten van verschillende ZS.

Alternatief kan overwogen worden om:

- het emissieplafond, en dus de emissiegrenswaarde voor groep 7°, enkel te laten gelden voor individuele stoffen, m.a.w. groep 7° te schrappen uit de sombepaling van VLAREM II artikel 4.4.3.1. Dit verkleint het risico op disproportionele kosten of cross-media effecten, in het bijzonder voor emissies van vele verschillende stoffen in lage concentraties per stof. Het leidt mogelijk echter tot een mindere bescherming van milieu en gezondheid indien (een deel van) de stoffen cumulatieve effecten vertonen. In de mate van het mogelijke kan dit opgevangen worden door onderzoek (door de exploitant) in hoeverre dergelijke cumulatieve effecten te verwachten zijn voor de gekende emissies.
- een onderscheid te maken tussen de emissiegrenswaarde voor individuele stoffen (namelijk 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 5 g/u) en de emissiegrenswaarde voor de som van stoffen die tot groep 7° gerekend worden. Zoals het vorige punt, verkleint dit het risico op disproportionele kosten of cross-media

effecten, maar leidt het mogelijk tot een mindere bescherming van milieu en gezondheid indien (een deel van) de stoffen cumulatieve effecten vertonen. Een bijkomende grenswaarde voor de som van stoffen verkleint dit risico, en biedt een meer gelijk speelveld indien het wordt afgestemd op (internationale) referentiewaarden. Mogelijke referenties voor de emissiegrenswaarde voor de som van deze stoffen zijn:

- a. de sectorale emissiegrenswaarden voor CMR1-VOS volgens VLAREM II Hoofdstuk 5.59, namelijk 2 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 10 g/u
  - b. de bovenkant van het BBT-GEN van de BREF WGC voor CMR1-VOS, namelijk 5 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 5 g/u.<sup>46</sup>
- één van de vorige twee punten te combineren met de ‘normale’ sombepaling van VLAREM II artikel 4.4.3.1 voor bv. PBT-, PMT- of hormoonverstorende stoffen. Dit reflecteert bijkomend de hogere prioriteit die doorgaans wordt gegeven aan stoffen met deze eigenschappen. Concreet zouden bv. PBT-, PMT-, en hormoonverstorende stoffen tot een aparte groep 7°bis (met zelfde AEGW 1 mg/Nm<sup>3</sup> en GMS 5 g/u) gerekend kunnen worden, waarop de normale sombepaling wél van toepassing is.

#### OVERWEGINGEN OPTIE 1

Pro:

- Een zo gelijk mogelijk speelveld tussen verschillende stoffen met zorgwekkende eigenschappen
- Duidelijke en handhaafbare, rechtstreeks van toepassing zijnde emissiegrenswaarden, gebaseerd op algemeen haalbaar geachte emissieniveaus, en meer rechtszekerheid (behalve voor persistente en hormoonverstorende stoffen, waar nog steeds een beoordeling op maat van het risico nodig is).
- Geen noodzaak tot opname/oplijsting in omgevingsvergunning (tenzij i.g.v. afwijking), wat de administratieve last beperkt kan houden (behalve voor persistente en hormoonverstorende stoffen, waar nog steeds een beoordeling op maat van het risico nodig is).

Contra:

- Een generiek emissieplafond weerspiegelt reële milieu- en gezondheidsrisico's niet volledig, waardoor het voor sommige ZS mogelijk relatief streng is (m.a.w. het kan leiden tot disproportionele kosten of cross-media effecten), en voor andere ZS mogelijk onvoldoende beschermend. Dit wordt echter deels opgevangen door respectievelijk een afwijkingsmogelijkheid en een aanvullende beoordeling van de omgevingsrisico's.
- Geen gedifferentieerde plafondwaarden voor persistentie/bioaccumulatie/hormoonverstoring, terwijl dit wel wenselijk is (cf. paragrafen hierboven). Voor persistente of hormoonverstorende stoffen wordt nog steeds een beoordeling op maat voorzien (zie ook 6.2.2.2), en is het plafond dus louter een bovengrens. Dit kan verwarrend overkomen, juridische onduidelijkheid teweegbrengen, en handhaafbaarheid bemoeilijken. Zie ook mogelijke varianten in de algemene toelichting onder 6.2.2.5.

<sup>46</sup> In de BBT-conclusies van de BREF WGC wordt bv. 1 g/u als drempel voor de massastroom vermeld, maar dit zou lager zijn dan de drempel voor individuele stoffen in groep 7°, vandaar dat hier dezelfde grensmassastroom als deze van groep 7° wordt voorgesteld.

- Mogelijk aanzienlijke kosten voor techno-economisch studiewerk en administratieve lasten i.g.v. (onderzoek tot) noodzaak voor afwijking op basis van disproportionele kosten of cross-media effecten.
- Moeilijk te voorspellen, mogelijk grote impact doordat het toepassingsgebied duizenden ZS omvat.
- Geen garantie op aanvaardbare omgevingsrisico's, dus aanvullend studiewerk noodzakelijk.

#### OPTIE 2: EMISSIEPLAFOND VOOR ENKEL ZS OP HUIDIGE LIJST MET DEZE EIGENSCHAPPEN

Een tweede optie is het toepassen van dergelijk emissieplafond als rechtstreeks bindende emissiegrenswaarde enkel voor die ZS met deze eigenschappen die reeds opgenomen zijn in de lijst AEGW van VLAREM II, bijlage 4.4.2. Concreet worden de emissiegrenswaarden en grensmassastromen van het emissieplafond gebruikt om de ZS die wel opgenomen zijn in bijlage 4.4.2, maar in deze studie niet individueel zijn geanalyseerd (zie 6.2.1), te herzien (i.e. in groep 7° te plaatsen, zie optie 1). Zoals hierboven beschreven, zouden afwijkingsmogelijkheid i.g.v. verstrenging, en aanvullende beoordeling van omgevingsrisico's, van toepassing zijn.

Voor de eventuele sombepaling voor gelijktijdige uitstoot van meerdere ZS met deze eigenschappen, zie overwegingen beschreven bij optie 1. Een belangrijk verschil met optie 1 is echter dat het hier gaat om een relatief beperkte groep van 27 ZS die volgens de voorstellen in deze BBT-studie expliciet in groep 7° opgenomen zouden worden (waarvan 23 ZS op basis van het emissieplafond, zie Excel bijlage – werkblad 'VL\_bijlage 4.4.2').

Voor ZS met deze eigenschappen die niet opgenomen zijn in de huidige lijst AEGW (VLAREM II, bijlage 4.4.2), wordt de AEGW bepaald op basis van [VLAREM II artikel 4.4.3.1, §2](#). De waarde/groep van het emissieplafond kan hierbij dienen als een mogelijke referentie, zie ook optie 3 'emissierichtwaarde'.

#### OVERWEGINGEN OPTIE 2

Pro:

- Een zo gelijk mogelijk speelveld tussen verschillende stoffen met zorgwekkende eigenschappen wat betreft ZS die momenteel al opgenomen zijn in de lijst AEGW.
- Duidelijke en handhaafbare, rechtstreeks van toepassing zijnde emissiegrenswaarden, gebaseerd op algemeen haalbaar geachte emissieniveaus wat betreft ZS die momenteel al opgenomen zijn in de lijst AEGW (en dus niet voor de ZS die niet op de lijst staan).
- Geen noodzaak tot opname/oplijsting in omgevingsvergunning (tenzij i.g.v. afwijking) wat betreft ZS die momenteel al opgenomen zijn in de lijst AEGW, wat de administratieve last beperkt kan houden.
- Beperking van toepassing emissieplafond tot huidige lijst AEGW maakt impact kleiner en meer voorspelbaar t.o.v. optie 1.
- Meer flexibiliteit voor ZS die momenteel niet zijn opgenomen in lijst AEGW t.o.v. optie 1. Het is bijvoorbeeld mogelijk een hogere EGW te bepalen als dit in lijn is met de stofeigenschappen cfr. VLAREM II artikel 4.4.3.1. §2 zonder dat hiervoor een afwijking in de vergunning nodig is. Voor een hogere AEGW op basis van buitensporige kosten of cross-media effecten, die niet in lijn is met de stofeigenschappen, is wel een afwijking nodig.

- De regeling is voor persistente of hormoonverstorende stoffen duidelijker in vergelijking met optie 1, waarbij voor deze stoffen steeds de regeling voorgesteld in sectie 6.2.2.2 gevolgd moet worden.

Contra:

- Een generiek emissieplafond voor de stoffen op de huidige lijst weerspiegelt reële milieu- en gezondheidsrisico's niet volledig, waardoor het voor sommige ZS mogelijk relatief streng is (m.a.w. het kan leiden tot disproportionele kosten of cross-media effecten), en voor andere ZS mogelijk onvoldoende beschermend. Dit wordt echter deels opgevangen door respectievelijk een afwijkingsmogelijkheid en een aanvullende beoordeling van de omgevingsrisico's.
- Mogelijk aanzienlijke kosten voor techno-economisch studiewerk en administratieve lasten i.g.v. (onderzoek tot) noodzaak voor afwijking op basis van disproportionele kosten of cross-media effecten.
- Voor die ZS die niet opgenomen zijn in de huidige lijst AEGW biedt optie 2 geen algemeen vangnet, en is er dus minder garantie op een gelijk speelveld. Dit leidt in vergelijking tot optie 1 tot meer onduidelijkheid bij vergunningverlening voor CMR1-stoffen, met mogelijk aanzienlijke kosten voor onderliggend studiewerk. Meer dan bij optie 1, stelt zich de vraag of hun indeling opgenomen dient te worden in de omgevingsvergunning op basis van [VLAREM II artikel 4.4.3.1, §2](#), wat zou leiden tot bijkomende administratieve lasten. Voor persistente of hormoonverstorende stoffen is echter ook onder optie 1 een analyse nodig of er een groep het risico correct weerspiegelt, met eventuele opname in de vergunning, waardoor voor deze stoffen er geen verschil is in administratieve last tussen beide opties.
- Geen garantie op aanvaardbare omgevingsrisico's, dus aanvullend studiewerk noodzakelijk.

### OPTIE 3: EMISSIERICHTWAARDE

Een derde optie is het beschouwen van het emissieplafond als louter een referentiewaarde (richtwaarde) voor ZS met deze eigenschappen, zowel deze die reeds opgenomen zijn in de lijst AEGW van VLAREM II, bijlage 4.4.2, maar met een hogere AEGW dan het voorgestelde emissieplafond (bv. stoffen die momenteel in groep 8°, 9°, 10° of 11° staan)<sup>47</sup>, als deze niet in deze lijst opgenomen. Voor ZS met deze eigenschappen wordt de AEGW bepaald op basis van [VLAREM II artikel 4.4.3.1, §2](#). Deze AEGW kan in de praktijk hoger (bv. voor snel afbreekbare stoffen of stoffen die slechts vanaf een bepaalde drempel schadelijke effecten veroorzaken) of lager (bv. voor PBT-stoffen) liggen dan de richtwaarde. Voor een hogere AEGW op basis van buitensporige kosten of cross-media effecten, die niet in lijn is met de stoffeigenschappen (i.e. niet in lijn met artikel 4.4.3.1., §2), is wel een afwijking nodig.

Sombepalingen voor gelijktijdige uitstoot van meerdere ZS zijn hierbij te overwegen in lijn met de beschrijving bij opties 1 en 2, alsook een aanvullende beoordeling van omgevingsrisico's.

Net zoals bij optie 1, kan als vereenvoudiging overwogen worden om deze richtwaarde te beperken tot stoffen met louter CMR1-eigenschappen, en voor persistente of hormoonverstorende stoffen

---

<sup>47</sup> Indien voor optie 3 gekozen wordt, kan het overwogen worden om deze parameters, aangeduid in groene tekst in kolom 'Aanbeveling AEGW' in de Excel bijlage, werkblad 'VL\_bijlage 4.4.2', te schrappen uit de lijst van AEGW, of hun waarde te vervangen door de niet-bindende emissierichtwaarde.

automatisch terug te vallen op de regeling beschreven in sectie 6.2.2.2 (zie ook de mogelijke varianten onder de algemene toelichting van 6.2.2.5).

### OVERWEGINGEN OPTIE 3

Pro:

- In plaats van een generiek emissieplafond kan op basis van VLAREM II artikel 4.4.3.1, §2 een EGW gekozen worden die reële milieu- en gezondheidsrisico's volledig weerspiegelt. Voor een hogere AEGW op basis van buitensporige kosten of cross-media effecten, die niet in lijn is met de stoffeigenschappen, is wel een afwijking nodig.
- Kleinere en meer voorspelbare impact, in het bijzonder in vergelijking tot optie 1.

Contra:

- Door het ontbreken van een algemeen vangnet van duidelijke en handhaafbare, rechtstreeks van toepassing zijnde emissiegrenswaarden, gebaseerd op algemeen haalbaar geachte emissieniveaus, is er minder garantie op een gelijk speelveld. Dit leidt in vergelijking tot de vorige opties tot meer onduidelijkheid bij vergunningverlening voor CMR1-stoffen, met mogelijk aanzienlijke kosten voor onderliggend studiewerk.
- Minder duidelijkheid over stoffen in huidige lijst.
- Meer dan bij optie 1, stelt zich de vraag of de indeling van ZS opgenomen dient te worden in de omgevingsvergunning op basis van [VLAREM II artikel 4.4.3.1, §2](#), wat zou leiden tot bijkomende administratieve lasten. Voor persistente of hormoonverstorende stoffen is echter ook onder de vorige opties een analyse nodig of er een groep het risico correct weerspiegelt, met eventuele opname in de vergunning, waardoor voor deze stoffen er geen verschil is in administratieve last.
- Geen garantie op aanvaardbare omgevingsrisico's, dus aanvullend studiewerk noodzakelijk.

### 6.2.2.6 GEEN ALGEMEEN PLAFOND AEGW VOOR OVERIGE ZS

Er wordt geen generieke aanbeveling geformuleerd om een plafond in te stellen voor AEGW en GMS voor overige ZS (dus niet deze onder de vorige paragraaf 6.2.2.5). Deze stoffen kunnen zeer uiteenlopende toxiciteit hebben, en hun opname in de ZS-lijst stemt niet noodzakelijk overeen met een verhoogd risico wat betreft luchtemissies, in vergelijking met andere stoffen in bijlage 4.4.2 van VLAREM II. Er wordt wel een aanbeveling voor verder onderzoek voor een eventueel emissieplafond voor CMR2-stoffen geformuleerd onder 6.3.1.

Het vaststellen van een emissiegrenswaarde voor deze stoffen dient, indien ze niet opgenomen zijn in de lijst van AEGW, te gebeuren op basis van art. 4.4.3.1, §2 van VLAREM II.

### 6.2.2.7 AFWIJKINGSMOGELIJKHEID BIJ VERLAGING VAN AEGW OF GMS, EN BIJ TOEVOEGING VAN STOFFEN AAN DE LIJST

Analoog aan wat is voorgesteld in de parameterspecifieke aanbevelingen onder 6.2.1, is het aanbevolen om een afwijkingsmogelijkheid te voorzien wanneer de AEGW en/of GMS wordt verlaagd, of wanneer een nieuwe ZS aan de lijst wordt toegevoegd. Het kan immers niet voor alle emissiepunten aangetoond worden dat een lagere AEGW in alle omstandigheden overeenkomt met BBT, zijnde:

- Technisch haalbaar
- Geen buitensporige cross-media effecten
- Geen buitensporige kosten in verhouding tot het voordeel voor milieu en gezondheid.

Tegelijk is het geen aanbeveling om af te wijken van de GMS. Bij een afwijking van een AEGW moet de GMS dus wel behouden blijven. Ook dit is analoog aan de parameterspecifieke aanbevelingen (6.2.1).

Een aantal randvoorwaarden rond deze afwijkingsmogelijkheid zijn aanbevolen:

- In de afwijkingsaanvraag moet aangetoond worden dat het behalen van de algemene emissiegrenswaarde:
  - effectief technisch niet haalbaar is,
  - zou leiden tot buitensporige cross-media effecten, of
  - zou leiden tot buitensporige kosten in verhouding tot het voordeel voor milieu en gezondheid.
- De afwijkingsaanvraag moet ondersteund zijn door een analyse van de exploitant van de impact van de afwijking op omgeving (zowel immissie- en depositieconcentraties als aftoetsing van effecten op mens en milieu) – zie ook 6.2.2.8.

Voor ZS die reeds in de bestaande lijst van AEGW zijn opgenomen, moet de afwijkingsmogelijkheid beperkt blijven tot de huidige AEGW, in lijn met de generieke aanbeveling onder 0.

Voor ZS die niet op de huidige lijst staan, geldt (voor organische stoffen) in principe de bestaande regeling om deze te rekenen tot de groep waarbij ze het meest aansluiten (volgens [VLAREM II, artikel 4.4.3.1](#)), zonder afwijkingsmogelijkheid. Echter, in de praktijk wordt deze regeling niet strikt toegepast. Het is daarom aanbevolen een afwijkingsmogelijkheid te voorzien voor stoffen die niet opgenomen zijn in de huidige lijst, zonder maximale bovengrens op de afwijkingsmogelijkheid. Het is immers niet mogelijk een zinvolle bovengrens te bepalen voor mogelijk zeer uiteenlopende zorgwekkende stoffen. Echter, zoals hierboven voorgesteld wordt de bijzondere emissiegrenswaarde bepaald door wat technisch haalbaar is, en niet leidt tot buitensporige kosten of buitensporige cross-media effecten, of tot onaanvaardbare omgevingsrisico's, zie 6.2.2.8.

Concreet is [VLAREM II artikel 4.4.3.1](#) uit te breiden als volgt: (...) *In de omgevingsvergunning voor het exploiteren van een ingedeelde inrichting of activiteit kan afgeweken worden van ([§2](#).)*

Noot:

- De hierboven beschreven randvoorwaarden kunnen eventueel expliciet toegevoegd worden aan de VLAREM-tekst.
- Het kan overwogen worden om afwijkingen te beperken in de tijd (bv. 4 jaar, of een andere gepaste tijdsduur in functie van de situatie van het bedrijf), zodat periodiek een herevaluatie kan gebeuren van de voorgestelde randvoorwaarden.

De vraag of kosten of cross-media effecten buitensporig zijn, hangt samen met onder andere de relatieve humane en ecotoxiciteit van de ZS in kwestie. Er zijn verschillende mogelijke bronnen en aanknopingspunten om deze te bepalen, zie o.a. secties 2.7 en 6.2.2.2. Voor metaalverbindingen kan ook de speciatie in meer detail in rekening worden gebracht bij een eventuele afwijkingsaanvraag, zie o.a. de fiches van loodverbindingen, arseenverbindingen en cadmium-, nikkel- en kobaltverbindingen in bijlage 2. Andere factoren die in rekening gebracht kunnen worden zijn de grootte en frequentie van de emissie, zie ook de status van 'kleine emissiebronnen' in de BBT-evaluatietabel onder 5.2 en in de

conclusies onder 5.3. Verder kan rekening gehouden worden met mogelijke emissies onder abnormale bedrijfsomstandigheden.

### 6.2.2.8 AANVULLENDE BEOORDELING VAN DE OMGEVINGSRISICO'S

De voorgestelde algemene emissiegrenswaarden zijn gebaseerd op haalbaar geachte emissieniveaus, maar bieden geen garantie op een aanvaardbare (bijdrage tot) impact op de omgeving. Huidig [VLAREM II artikel 4.4.3.2](#) voorziet reeds een aantal bepalingen die tegemoet komen aan omgevingsrisico's, namelijk mogelijk strengere emissiegrenswaarden in functie van milieukwaliteitsnormen voor lucht (punt 1°) en mogelijke maximale stofneerslaghoeveelheden op de bodem of mogelijke milieukwaliteitsnormen in de omgevingslucht (punt 4°):

*In de omgevingsvergunning voor de exploitatie van de ingedeelde inrichting of activiteit kunnen:*

*1° in functie van de milieukwaliteitsnormen voor de lucht strengere emissiegrenswaarden worden opgelegd;*

*2° bij emissies waar stoom het dragergas en hoofdbestanddeel is, in afwijking van artikel 4.4.3.3, §1, de emissiegrenswaarden met inbegrip van het watergehalte worden toegepast. Emissies met natte pluimen als gevolg van natte gaswassers zijn uitgesloten van deze bepaling; de vergunningverlenende overheid doet daarover uitspraak in de omgevingsvergunning voor de exploitatie van de ingedeelde inrichting of activiteit;*

*3° emissiegrenswaarden voor bepaalde stoffen worden opgelegd, uitgedrukt in massastromen;*

*4° emissiebeperkingen worden opgelegd voor al dan niet gespecificeerde stoffen, uitgedrukt in maximale stofneerslaghoeveelheden op de bodem in de omgeving van de inrichting of in milieukwaliteitsnormen in de omgevingslucht rondom de inrichting.*

#### BEOORDELING IMMISSIE OMGEVINGSLUCHT

Het wordt aanbevolen aan de algemene voorwaarden toe te voegen om de exploitant een analyse te laten maken van de mogelijke immissieconcentraties in omgevingslucht ten gevolge van de ZS-emissies, en deze af te toetsen aan grens-, streef- of toetsingswaarden voor omgevingslucht (indien beschikbaar). Indien de immissiebijdrage disproportioneel hoog is, is dit te melden aan de relevante overheidsadministraties, en zijn overeenkomstige maatregelen voor te stellen conform het [MER richtlijnsysteem](#). Een concreet tekstvoorstel wordt hieronder gezamenlijk voor immissie en depositie gemaakt.

In principe geldt dit voor elke emissie van elke ZS. Echter, afhankelijk van het milieu- en gezondheidsrisico, en dus van o.a. emissiegrootte en stofeigenschappen en (gevoelige) receptoren in de omgeving, kan een ruwere berekening volstaan, of zal een meer verfijnde inschatting nodig zijn, waarbij bv. ook cocktaileffecten van verschillende ZS samen in detail te beschouwen zijn. Via verder onderzoek kunnen eventueel (jaarlijkse) vrijstellingsgrenzen bepaald worden per stof of per groep van stoffen, met als uitgangspunt dat een emissie kleiner dan de vrijstellingsgrens in geen geval leidt tot een onaanvaardbaar risico, en dus geen beoordeling op individuele basis noodzakelijk is, zie 6.3.1.

Als praktische invulling kan de methodologie beschreven in sectie 6.2.1 van de [BBT-studie PFAS luchtmissies](#) gevolgd worden. Het is op te merken dat bepaalde ZS net als PFAS (zeer) persistent zijn, en de (foto-)degradatie daarbij verwaarloosbaar is. Bij andere, weinig persistente (dus snel degraderende) ZS, is het mogelijk wél zinvol om de afbreekbaarheid, bv. a.d.h.v. de halfwaardetijd in omgevingslucht, in rekening te brengen. Bij ontbreken van Vlaamse of EU-normen, kan afgetoetst

worden aan referentiewaarden uit de literatuur. Immissiegrenswaarden afgeleid door het Nederlandse RIVM worden bijvoorbeeld opgenomen [in bijlage van het Besluit activiteiten leefomgeving](#).

- **Noot:** de toetsingswaarden voor PFAS in omgevingslucht zijn intussen herzien en uitgebreid met meer componenten, zie beknopte fiche in bijlage 2 en de [website PFAS Vlaanderen](#). In functie van het schouwtype en luchtnorm voor de beschouwde stof
- Beoordeling van de emissie in functie van het aandeel van het toetsingscriterium

Voor meer details wordt verwezen naar de [BBT-studie PFAS luchtemissies](#), sectie 6.2.1.

Indien (foto)degradatie in de omgevingslucht buiten beschouwing wordt gelaten, bestaat er per schouwtype een vaste verhouding tussen de emissie en de te verwachten maximale concentratie in omgevingslucht, onafhankelijk van de uitgestoten stof. De hieronder berekende waarden kunnen gebruikt worden om het toetsingscriterium voor een stof/parameter te berekenen, door de waarde uit de voorlaatste (voor aftoetsing van een jaarlijkse emissie) of laatste kolom (voor aftoetsing van een emissie van een uur) te vermenigvuldigen met de respectievelijke luchtnorm voor de beschouwde stof/parameter, uitgedrukt in  $\text{ng/m}^3$ .

**Tabel 16: Berekende verhouding van emissie en maximale jaargemiddelde omgevingsconcentratie per type emissiebron.**

| Hoofdcategorie bron | Geldig voor emissiebron                                                                         | Jaarlijkse emissie (kg/j) die overeen komt met 1 $\text{ng/m}^3$ in omgeving | Emissie (g/u) die overeen komt met 1 $\text{ng/m}^3$ in omgeving <sup>48</sup> |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| C1                  | Lage puntbron ( $H < 20\text{m}$ ), warmte-inhoud $Q < 0,8 \text{ MW}$                          | 0,0073 (*)                                                                   | 0,00084 (*)                                                                    |
| C2                  | Lage puntbron ( $H < 20\text{m}$ ), warmte-inhoud $Q > 0,8 \text{ MW}$                          | 5,6                                                                          | 0,64                                                                           |
| C3                  | Middelhoge puntbron ( $20\text{m} < H < 45\text{m}$ ), warmte-inhoud $Q < 1,8 \text{ MW}$       | 1,7                                                                          | 0,20                                                                           |
| C4                  | Middelhoge puntbron ( $20\text{m} < H < 45\text{m}$ ), warmte-inhoud $1,8 < Q < 3,8 \text{ MW}$ | 30                                                                           | 3,4                                                                            |
| C5                  | Middelhoge puntbron ( $20\text{m} < H < 45\text{m}$ ), warmte-inhoud $Q > 3,8 \text{ MW}$       | 72                                                                           | 8,2                                                                            |
| C6                  | Hoge puntbron ( $H > 45\text{m}$ ), warmte-inhoud $Q < 4,5 \text{ MW}$                          | 39                                                                           | 4,4                                                                            |
| C7                  | Hoge puntbron ( $H > 45\text{m}$ ), warmte-inhoud $Q > 4,5 \text{ MW}$                          | 138                                                                          | 15,7                                                                           |

(\*) Deze waarde is voor C1 sterk afhankelijk van het toegepaste rekenrooster en de gridresolutie van de berekening. Deze factoren bepalen op welke afstand het eerste berekende punt ligt ten opzichte van de emissiebron. De waarde hier berekend is voor een punt op 7m afstand in NO-richting. Bijvoorbeeld bij een gridresolutie van 30m kan er een groot verschil zijn als het meest nabije berekende punt in de

<sup>48</sup> Bij een continue, gelijkmatige uitstoot (8760 uren/jaar). Bij niet-continue uitstoot, kan herrekend worden op basis van het aantal effectieve uren.

dominante windrichting (NO) op 7m afstand of op 20m afstand ligt. Het is bovendien onwaarschijnlijk dat er zich op 7m afstand van de emissiebron woon- of landbouwgebied bevindt.

Noot: de toetsingswaarden voor PFAS in omgevingslucht zijn intussen herzien en uitgebreid met meer componenten, zie beknopte fiche in bijlage 2 en de [website PFAS Vlaanderen](#).

#### BEOORDELING DEPOSITIE BODEM EN WATER

In het bijzonder voor persistente ZS (ZS met PBT-, zPzB-, PMT- of zPzM-eigenschappen) is het daarnaast aanbevolen om de depositiebijdrage aan bodem-, oppervlaktewater en grondwaterconcentraties te beoordelen. Analoog aan de beoordeling van de immissie in omgevingslucht, kan de bijdrage van een emissie afgetoetst worden aan grens-, streef- of toetsingswaarden voor depositie (indien beschikbaar). Omdat de depositiesnelheid sterk kan verschillen afhankelijk van de stofeigenschappen, en er slechts beperkte informatie is over reële of realistische depositiesnelheden van diverse ZS, wordt hier geen aan immissie analoge tabel met verhouding tussen emissie en maximale jaargemiddelde depositie gegeven.

Bij ontbreken van Vlaamse of EU-waarden voor depositie, kan afgetoetst worden aan referentiewaarden voor water- of bodemkwaliteit uit relevante Vlaamse of EU-wetgeving, of uit de literatuur, bv. 'Derived No-Effect-Levels' (DNEL) voor humane toxiciteit (bv. uit [REACH-dossiers](#)), 'Predicted No-Effect Concentrations' (PNEC) voor ecotoxiciteit (bv. uit [REACH-dossiers](#) en/of publieke databanken zoals deze van het [Norman-netwerk](#)). Het dient echter opgemerkt dat er nog geen Vlaamse standaardmethodologie is voor het bepalen van toetsingswaarden voor depositie, wat een aanbeveling voor verder onderzoek vormt, zie 6.3.1. Via verder onderzoek kunnen tevens eventueel (jaarlijkse) vrijstellingsgrenzen bepaald worden per stof of per groep van stoffen, met als uitgangspunt dat een emissie kleiner dan de vrijstellingsgrens in geen geval leidt tot een onaanvaardbaar risico, en dus geen beoordeling op individuele basis noodzakelijk is, zie 6.3.1.

Voor niet-persistente ZS is het op basis van de beschikbare informatie niet duidelijk of depositie in bepaalde gevallen kritischer is dan immissie, en wanneer dit zich zou voordoen. Er wordt daarom geen algemene voorwaarde voor beoordeling van depositiebijdrage aanbevolen voor deze stoffen, maar het vormt wel een aanbeveling voor verder onderzoek, zie 6.3.1.

#### CONCREET TEKSTVOORSTEL BEOORDELING OMGEVINGSRISICO'S

Concreet is volgende toe te voegen aan VLAREM II, artikel 4.4.3.2.:

Bij uitstoot van zorgwekkende stoffen maakt de exploitant een analyse van de impact van de emissie op immissieconcentraties in de omgevingslucht, en toont hij aan dat deze emissie niet leidt tot onaanvaardbare immissieconcentraties. De analyse wordt ter inzage gehouden van de toezichthouder. Indien uit de analyse blijkt dat bijkomende maatregelen vereist zijn om de immissieconcentraties te beperken tot aanvaardbare niveaus, wordt dit gemeld aan (relevante overheidsadministraties), en stelt de exploitant een plan op ter uitvoering van de benodigde maatregelen.

Bij uitstoot van persistente zorgwekkende stoffen maakt de exploitant aanvullend een analyse van de impact van de emissie op depositie naar bodem en oppervlaktewater in de omgeving, en toont hij aan dat deze emissie niet leidt tot een onaanvaardbare depositie. De analyse wordt ter inzage gehouden van de toezichthouder. Indien uit de analyse blijkt dat bijkomende maatregelen vereist zijn om de depositie te beperken tot een aanvaardbare niveaus, wordt dit gemeld aan (relevante overheidsadministraties), en stelt de exploitant een plan op ter uitvoering van de benodigde maatregelen.

Een overgangsbepaling is aanbevolen om voldoende tijd te laten om deze analyses uit te voeren.

Noot: Het voorstel legt de verantwoordelijkheid voor de analyse louter bij de exploitant. Enkel wanneer een immissie- of depositiebijdrage leidt tot onaanvaardbare niveaus (of bijkomende maatregelen vereist zijn om deze te beperken tot aanvaardbare niveaus) dient een melding aan relevante

overheidsadministraties te gebeuren. Door leden van het BC werden afdeling Handhaving, departement Omgeving, VMM lucht, departement Zorg, en indien nodig VMM water en OVAM voorgesteld, maar dit kan verder verfijnd worden bij eventuele implementatie. De huidige werkwijze van art. 4.4.3.1, §2 toont echter aan dat de beoordeling/verantwoordelijkheid louter bij exploitant in de praktijk kan leiden tot een te vrijblijvende toepassing, verschillende interpretaties en onvoldoende informatiedoorstroming naar de overheid.

#### 6.2.2.9 AFSTEMMEN VAN DE MEETFREQUENTIE OP DE GRENSMASSASTROOM

De aanbeveling is om de meetfrequentie uit bijlage 4.4.3 van VLAREM II af te stemmen op een eventueel gewijzigde grensmassastroom. Als bijvoorbeeld de grensmassastroom behorende bij de AEGW van een organische stof wijzigt van 2000 g/u naar 5 g/u (zie Excel bijlage – werkblad 'VL\_bijlage 4.4.2', kolom 'Aanbeveling grensmassastroom'), wijzigt de basismetfrequentie van driemaandelijks naar maandelijks (zie kolom 'Aanbeveling basismetfrequentie' in hetzelfde Excel werkblad).<sup>49</sup> Een dergelijke aanpassing, in lijn met de wijziging van de AEGW en GMS, weerspiegelt de toegenomen aandacht omwille van de bijzondere risico's van ZS-emissies, gedifferentieerd naargelang hun toegelaten emissieniveau.

Eventuele afbouw van de meetfrequentie kan via de bestaande bepalingen en het controlemeetprogramma in [bijlage 4.4.4 van VLAREM II](#). Er zijn op het moment van schrijven geen argumenten om voor ZS-emissies een aparte regeling uit te werken.

### 6.3 AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK EN TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELING

In dit onderdeel worden suggesties gedaan voor verder onderzoek en technologische ontwikkeling. Dit gebeurt volgens 2 sporen:

- aanbevelingen voor het verbeteren van de beschikbare informatie en kennis;
- aanbevelingen voor de ontwikkeling van nieuwe milieutechnieken.

#### 6.3.1 AANBEVELINGEN VOOR VERBETERING VAN HUIDIGE KENNIS

Bij het opstellen van de BBT-studie werden een aantal hiaten in de beschikbare kennis/informatie opgemerkt, zowel met betrekking tot de milieu-impact gerelateerd aan luchtmissies van zorgwekkende stoffen, als met betrekking tot de beschikbare milieuvriendelijke technieken. Verder onderzoek op deze domeinen is aanbevolen om deze hiaten weg te werken. Een overzicht van de betrokken domeinen en de hieraan gekoppelde onderzoeksaanbevelingen wordt gegeven onderstaande Tabel 17.

---

<sup>49</sup> Dit zou het geval zijn voor bijvoorbeeld trichloorethyleen indien het generiek emissieplafond als emissiegrenswaarde ingevoerd zou worden (zie optie 1 of optie 2 onder 6.2.2.5). Ook in het geval van implementatie als richtwaarde (optie 3 onder 6.2.2.5), is de meetfrequentie als dusdanig af te stemmen op de emissiegrenswaarde.

**Tabel 17: Aanbevelingen voor verder onderzoek ter verbetering van huidige kennis**

| ONTBREKENDE OF ONVOLLEDIGE KENNIS/INFORMATIE                                                             | ONDERZOEKSAANBEVELING & LOPENDE ONDERZOEKSPROJECTEN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ontbrekende meetmethoden luchtemissies                                                                   | <p>Voor tal van ZS ontbreekt momenteel een erkende, gevalideerde meetmethode voor luchtemissies.</p> <p>Voor de parameters die gericht zijn geanalyseerd in de BBT-studie is aangegeven waar momenteel een erkende methode voorhanden is, en waar niet.</p> <p><b>Voorstel initiatiefnemer: Departement Omgeving (AIP)</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Onvoldoende kennis over impact van eventuele minimalisatieverplichting                                   | <p>Onderzoek naar de impact van een eventuele verplichting om maatregelen te onderzoeken voor minimalisatie van emissies van (bepaalde categorieën) ZS, aanvullend op de voorstellen in deze BBT-studie. In de BBT-studie ligt de nadruk op welke niveaus met huidige technieken algemeen haalbaar zijn, terwijl een minimalisatieverplichting ook verdergaande maatregelen onderzoekt om emissies zo veel mogelijk te voorkomen, of te beperken. Het moet verder onderzocht worden of dit een efficiënt, effectief en proportioneel instrument is voor alle ZS of voor een prioritaire ZS van ZS, of niet. Het is aanbevolen dit overkoepelend te bekijken voor alle emissies, dus ook emissies naar water en diffuse luchtemissies.</p> <p><b>Voorstel initiatiefnemer: Departement Omgeving (AIP)</b></p> |
| Beperkte kennis over relevantie luchtemissies van diverse zorgwekkende stoffen                           | <p>Verdere analyse van relevante luchtemissies op basis van hun risico voor mens en milieu (bv. verhouding ten opzichte van geaggregeerde blootstelling en gezondheidkundige advies- en/of toetsingswaarden; advies- of toetsingswaarden voor ecotoxiciteit). Dit geldt in het bijzonder voor stoffen die nog niet in de lijst AEGW staan en/of stoffen waarvoor geen IMJV-rapportageverplichting geldt.</p> <p>Prioritering te onderzoeken in functie van werkbaarheid en eventuele noodzaak tot doorgedreven emissiebeheersing (bv. overschrijding toetsingswaarden/normen milieu of gezondheid) en relatief belang van luchtemissies t.o.v. totale blootstelling, zie ook volgende punten.</p> <p><b>Voorstel initiatiefnemer: Departement Omgeving (algemeen of AIP) en VMM</b></p>                      |
| Onvoldoende inzicht in verhouding van luchtemissies ten opzichte van veilige/aanvaardbare milieugehaltes | <p>Aansluitend bij het vorige punt over analyse van relevante luchtemissies, kan, analoog aan de <a href="#">RIVM</a>-studie die de Nederlandse grensmassastromen vergeleek met luchtnormen voor omgevingslucht (zie 2.7.1), de verhouding tussen Vlaamse grensmassastromen en luchtnormen onderzocht worden. Hierbij zijn de keuzes voor meer realistische of meer conservatieve aannames van belang (bv. schouwhoogte(s), horizontale afstand tot het emissiepunt, degradatie en relevante afbraakproducten, objecten die concentratie lokaal kunnen verhogen of verlagen, emissiefrequentie, blootstellingsduur, ...). Op basis van deze analyse kunnen de grensmassastromen (of equivalente jaarlijkse vrijstellingsgrenzen) bepaald/verfijnd worden.</p>                                                |

| ONTBREKENDE OF ONVOLLEDIGE KENNIS/INFORMATIE         | ONDERZOEKSAANBEVELING & LOPENDE ONDERZOEKSPROJECTEN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                      | <p>Voor bepaalde stoffen (bv. persistente ZS), zal dergelijke analyse ook voor depositiebijdrage relevant zijn. Aanvullend kan specifiek voor niet-persistente ZS onderzocht worden of en wanneer de depositiebijdrage kritischer kan zijn dan de immissiebijdrage, wat zou betekenen dat een beoordeling van de depositiebijdrage voor niet-persistente stoffen (in bepaalde gevallen) wél aanbevolen is, in tegenstelling tot de aanbeveling onder sectie 6.2.2.8.</p> <p>Deze toetsing vereist dat eerst duidelijk wordt bepaald aan welke luchtnormen (of depositienormen, of bij afwezigheid bodem-/waternormen) wordt afgetoetst. Voor vele ZS zal bijkomend literatuuronderzoek naar luchtnormen en depositienormen nodig zijn. Naast prioriteiten beschreven in de parameterspecifieke fiches, verdienen polychloornaftalenen hierbij bijzondere aandacht, gezien hun POP-status en ERS-status in NL, zie 1.2.5.</p> <p>Er is nog geen Vlaamse standaardmethodologie voor het afleiden van depositienormen. Binnen het kader van een lopend onderzoek door VITO in opdracht van VMM over depositienormen voor zware metalen, wordt de ontwikkeling van een methodologie bekeken, door o.a. de <a href="#">gehanteerde methodologie voor PFAS</a> te vergelijken met andere (buitenlandse) methodieken.</p> <p><b>Voorstel initiatiefnemers:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>VMM en/of Departement Omgeving (algemeen of AIP);</b></li> <li>- <b>Departement Zorg (voor het afleiden van gezondheidkundige advieswaarden)</b></li> </ul> |
| Geen methodiek ontwikkeld om prioriteiten te bepalen | <p>Een prioritering kan nuttig zijn voor bv. het ontwikkelen van meetmethoden, het uniform bepalen van AEGW niet in de lijst, ontwikkeling of validatie van emissiebeperkende technieken, informatieve meetcampagnes, bepalen van gezondheidkundige advieswaarden lucht en depositie, enz.</p> <p>Een geïntegreerde aanpak waarbij verschillende criteria (zoals industrieel aandeel in totale emissies, blootstellingsrisico's, intrinsieke gevaarseigenschappen, toxiciteitswaarden) worden gecombineerd met specifieke wegingsfactoren (een multi-criteria analyse) kan helpen bij een objectieve prioritering. Er kan verder gebouwd worden op de aanpak gevolgd in deze BBT-studie, en op de methodologie en criteria beschreven in het rapport 'Afbakenen van de scope en de term (zeer) zorgwekkende stoffen binnen het Vlaamse beleidskader.' (<a href="#">Departement Omgeving, 2025</a>). Voor bv. (persistente) stoffen waarvoor een significante depositiebijdrage verwacht wordt kunnen, indien geen depositienormen bepaald zijn, ook bodem- en waternormen relevant zijn.</p> <p><b>Voorstel initiatiefnemer: Departement Omgeving (algemeen of AIP) en VMM</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Beperkte kennis over aandeel van                     | Voor vele zorgwekkende stoffen is er slechts beperkte informatie over het aandeel van (industriële) luchtmissies t.o.v. totale/geaggregeerde                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

| ONTBREKENDE OF ONVOLLEDIGE KENNIS/INFORMATIE                                                                           | ONDERZOEKSAANBEVELING & LOPENDE ONDERZOEKSPROJECTEN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>luchtemissies van ingedeelde inrichtingen of activiteiten t.o.v. totale/geaggregeerde blootstelling</p>             | <p>blootstelling. Een combinatie van meer uitgebreid literatuuronderzoek, screening (bv. via meetcampagnes, en nauw opvolgen van rapportageverplichtingen kan helpen dit aandeel beter in kaart te brengen.</p> <p>Dergelijk onderzoek lijkt in het bijzonder relevant voor stoffen met zeer lage normen/toetsingwaarden voor humane blootstelling, of aanwijzingen van zeer hoge toxiciteit maar waarvoor er weinig informatie is over huidige luchtemissies (bv. polygebromeerde dioxines/furanen en polyhalogeendioxines/-furanen).</p> <p><b>Voorstel initiatiefnemer: VMM</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p>Beperkte kennis over relevante sectoren per stof of stofgroep</p>                                                   | <p>Verder onderzoek naar relevante sectoren per stof of stofgroep. Dit kan helpen meer gericht beleid en gerichte maatregelen uit te werken in geval een stof voornamelijk door één of een beperkt aantal sectoren wordt uitgestoten (bv. sectorale EGW).</p> <p><b>Voorstel initiatiefnemer: Departement Omgeving (algemeen of AIP) + en VMM</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>Onvoldoende kennis om haalbare emissieniveaus voor persistente ZS en hormoonverstorende stoffen te onderbouwen.</p> | <p>De BBT-studie stelt, naast AEGW voor individuele parameters, een emissieplafond voor voor CMR-, PBT-, zPzB-, ED-, PMT- EN zPzM-stoffen. Er wordt echter erkend dat verdere differentiatie AEGW voor PBT, zPzB, ED, PMT- en zPzM-stoffen aangewezen kan zijn. Dergelijke differentiatie is verder te onderzoeken, en kan iteratief uitgewerkt worden, aangezien voor deze nieuwe gevaarsindelingen in de toekomst stelselmatig meer kennis over gebruik, milieuverspreiding en milieu- en gezondheidsimpact beschikbaar zal worden.</p> <p>Ook bij individuele vergunningen en bij het bepalen van de EGW voor stoffen niet in de lijst van AEGW kan deze differentiatie belangrijk zijn (bv. bij een eventuele aanvraag om af te wijken). Hier kunnen richtlijnen voor uitgewerkt worden.</p> <p><b>Voorstel initiatiefnemer: Departement Omgeving (AIP)</b></p> |
| <p>Ontbrekende methodiek voor toewijzing AEGW voor stoffen niet in de lijst</p>                                        | <p>Aansluitend bij het vorige punt, is het aanbevolen een uniforme beoordelingsmethodiek gebaseerd op objectieve criteria (bv. gevaarsindeling, toxiciteit, persistentie, ...), en minimale kwaliteitsvereisten uit te werken voor toepassing van VLAREM II, artikel 4.4.3.1., namelijk voor het toewijzen van een gepaste AEGW voor stoffen die niet in de lijst zijn opgenomen. Dergelijke uniforme methodiek kan gelijke AEGW voor dezelfde stoffen, en dus een gelijk speelveld, bevorderen. Er kan verder gebouwd worden op de aanpak gevolgd in deze BBT-studie. Het is te onderzoeken wat de voor- en nadelen zijn van verschillende mogelijk kwaliteitsvereisten, inclusief financiële overwegingen.</p>                                                                                                                                                    |

| ONTBREKENDE OF ONVOLLEDIGE KENNIS/INFORMATIE                      | ONDERZOEKSAANBEVELING & LOPENDE ONDERZOEKSPROJECTEN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                   | <p>Eén van de mogelijke kwaliteitsvereisten is bv. opmaak door een erkend deskundige. Verder is te onderbouwen welke wetenschappelijke criteria en welke referentiebronnen/-databanken de voorkeur dragen.</p> <p><b>Voorstel initiatiefnemer: Departement Omgeving (AIP en AHH)</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Onvoldoende kennis over stoffen met meerdere gevaarseigenschappen | <p>Gelinkt aan het vorige punt in deze tabel. Te onderzoeken of voornamelijk gekeken moet worden naar de meest kritische eigenschap of naar een combinatie van verschillende eigenschappen (bv. bij stoffen die zowel CMR, hormoonverstorend en/of PBT/zPzB/PMT/zPzM zijn).</p> <p><b>Voorstel initiatiefnemer: Departement Omgeving (AIP en AHH)</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Onvoldoende kennis over gecombineerd effect van verschillende ZS  | <p>Zowel in de huidige AEGW als in het voorstel in deze BBT-studie geldt de AEGW voor een bepaalde stof ook voor de som van alle stoffen onder eenzelfde subpunt. Dit komt, althans binnen één subpunt, overeen met een additief effect/risico van gelijktijdige uitstoot van verschillende stoffen. Dit kan in het algemeen beschouwd worden als een conservatieve aanname, omdat verschillende stoffen niet noodzakelijk eenzelfde toxicologisch effect en werkingsmechanisme hebben. Echter, voor stoffen onder verschillende subpunten van de AEGW-lijst is geen sombepaling voorzien.</p> <p>Waar verschillende stoffen eenzelfde toxicologisch effect hebben, beschrijft de literatuur naast dergelijk additief effect ook synergistische en antagonistische effecten, waarbij verschillende stoffen samen respectievelijk een sterker of minder sterk effect hebben dan hun som verklaart (<a href="#">Martin et al., 2021</a>), bv. PFAS en microplastics worden additieve en synergistische effecten gerapporteerd (<a href="#">Soltanighias et al., 2024</a>)</p> <p>In het bijzonder waar synergistische effecten worden vastgesteld, is verder onderzoek aangewezen om voldoende bescherming te bieden. Omgekeerd kan er bijvoorbeeld een aangepaste AEGW of afwijking overwogen worden bij stoffen die elkaars werking niet versterken, of waar er een antagonistisch effect is.</p> <p><b>Voorstel initiatiefnemer: Departement Omgeving (AIP)</b></p> |
| Ontbrekende aanbeveling specifiek                                 | <p>AEGW en GMS te onderzoeken voor ZS (en voor andere stoffen) die ingedeeld zijn als 'CMR 2': kankerverwekkend, mutageen of reprotoxisch klasse 2.<sup>50</sup></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

<sup>50</sup> Ter illustratie, indien een plafond van 20 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 100 g/u zou gekozen worden, komt dit overeen met punt 9° in de huidige AEGW. In de huidige lijst van VLAREM AEGW zijn er slechts 3 CMR2- stoffen met hogere AEGW:

| ONTBREKENDE OF ONVOLLEDIGE KENNIS/INFORMATIE | ONDERZOEKSAANBEVELING & LOPENDE ONDERZOEKSPROJECTEN         |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| voor CMR2-stoffen in deze BBT-studie         | <b>Voorstel initiatiefnemer: Departement Omgeving (AIP)</b> |

### 6.3.2 AANBEVELINGEN VOOR ONTWIKKELING VAN NIEUWE MILIEUVRIENDELIJKE TECHNIEKEN

Bij het opstellen van de BBT-studie werd vastgesteld dat de huidige BBT niet steeds een optimale of volledige oplossing bieden voor beheersing van luchtmissies van zorgwekkende stoffen, of hun toepassing voor bepaalde zorgwekkende stoffen is nog onvoldoende onderzocht, met onvolledige kennis over hun bewezen effectiviteit, kostenhaalbaarheid, proportionele cross-media effecten en/of technische toepasbaarheid.

Verder onderzoek en ontwikkeling van nieuwe milieutechnieken is hier aanbevolen, en kan in een later stadium leiden tot nieuwe BBT. Gezien de zeer ruime en diverse scope van de BBT-studie is het niet mogelijk om een volledig of gedetailleerd overzicht te maken, maar algemeen is verder onderzoek voor ontwikkeling en validatie van (nieuwe) milieuvriendelijke technieken aanbevolen, in het bijzonder waar deze BBT-studie nieuwe of verstrengde AEGW voorstelt.

- Tolueen: huidige AEGW 100 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 2000 g/u. Reprotoxisch klasse 2. De BBT-GEN in de BREF WGC ligt veel lager (<0,5-1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf bv. 50 g/u; tot 20 mg/Nm<sup>3</sup> bij terugwinning). In NL en DE is de AEGW 50 mg/Nm<sup>3</sup>.
- Dichloormethaan: huidige AEGW 150 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 3000 g/u. Carcinogeen klasse 2. De BBT-GEN in de BREF WGC ligt veel lager (<0,5-1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf bv. 50 g/u; tot 15 mg/Nm<sup>3</sup> bij terugwinning). In NL en DE is de AEGW 50 mg/Nm<sup>3</sup>.
- 1,4-dichloorbenzeen: huidige AEGW 100 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 2000 g/u. Carcinogeen klasse 2. In NL en DE is de AEGW 50 mg/Nm<sup>3</sup>.

Voor deze stoffen kan dan een afwijkingsmogelijkheid overwogen worden.

## LITERATUURLIJST

- Alslys Group. (n.d.). *Catalytic oxidation: A solution for harmful gas treatment coming from stationary sources*. Retrieved from <https://www.alsys-group.com/en/products/products-gas-catalysis/catalytic-oxidation/>
- Biodiverszorggroen. (n.d.). Retrieved from <https://biodiverszorggroen.be/wp-content/uploads/2022/03/droge-en-natte-depositie-1-1920x1041.jpg>
- Catalytic Products International. (2020). *Case Study: Foundry VOC Control*. Retrieved from [https://www.cpilink.com/blog/foundry\\_voc\\_control](https://www.cpilink.com/blog/foundry_voc_control)
- De Brouwere, K., Bessems, J., Geerts, L., & Wauters, N. (2023). *Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS): Overzicht van criteria en stoffen; suggesties voor prioritering van ZZS stoffen binnen Vlaams preventief milieugezondheidsbeleid*. VITO.
- ECHA. (n.d.). *Phthalates*. Retrieved from <https://echa.europa.eu/hot-topics/phthalates>
- European IPPC Bureau. (2006). *Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Organic Fine Chemicals*. Retrieved from <https://emis.vito.be/nl/bbt/publicaties/bbtbref-en-andere-publicaties/organische-fijnchemie-ofc>
- European IPPC Bureau. (2007). *Reference Document on Best Available Techniques in the Production of Polymers*. European Commission. Retrieved from <https://emis.vito.be/nl/bbt/publicaties/bbtbref-en-andere-publicaties/polymeren-pol>
- European IPPC Bureau. (2012). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Iron and Steel Production*. Joint Research Center. Retrieved from <https://emis.vito.be/nl/bbt/publicaties/bbtbref-en-andere-publicaties/ijzer-en-staal>
- European IPPC Bureau. (2013). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide*. Joint Research Center. Retrieved from <https://emis.vito.be/nl/bbt/publicaties/bbtbref-en-andere-publicaties/cement-en-kalk-clm>
- European IPPC Bureau. (2014). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Chlor-alkali*. European Commission. Retrieved from <https://emis.vito.be/nl/bbt/publicaties/bbtbref-en-andere-publicaties/chlooralkali-cak>
- European IPPC Bureau. (2015). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Refining of Mineral Oil and Gas*. Retrieved from <https://emis.vito.be/nl/bbt/publicaties/bbtbref-en-andere-publicaties/raffinaderijen-ref>
- European IPPC Bureau. (2016). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Wood-based Panels*. Joint Research Center. Retrieved from <https://emis.vito.be/nl/bbt/publicaties/bbtbref-en-andere-publicaties/productie-van-houten-plaatmaterialen-wbp>
- European IPPC Bureau. (2017). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants*. European Commission. Retrieved from <https://emis.vito.be/nl/bbt/publicaties/bbtbref-en-andere-publicaties/stookinstallaties-lcp>
- European IPPC Bureau. (2017). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries*. European Commission. Retrieved from <https://emis.vito.be/nl/bbt/publicaties/bbtbref-en-andere-publicaties/non-ferrometaal-nfm>
- European IPPC Bureau. (2017). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Large Volume Organic Chemicals*. Joint Research Center. Retrieved from <https://emis.vito.be/nl/bbt/publicaties/bbtbref-en-andere-publicaties/bulk-organische-chemie-lvoc>
- European IPPC Bureau. (2018). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment*. European Commission. Retrieved from <https://emis.vito.be/nl/bbt/publicaties/bbtbref-en-andere-publicaties/afvalbehandeling-wt>
- European IPPC Bureau. (2019). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration*. European Commission. Retrieved from <https://emis.vito.be/nl/bbt/publicaties/bbtbref-en-andere-publicaties/afvalverbranding-wi>

- European IPPC Bureau. (2020). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document on Surface Treatment Using Organic Solvents including Preservation of Wood and Wood Products with Chemicals*. European Commission. Retrieved from <https://emis.vito.be/nl/bbt/publicaties/bbtbref-en-andere-publicaties/oppervlaktebehandeling-met-organische-oplosmiddelen>
- European IPPC Bureau. (2023). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Gas Management and Treatment Systems in the Chemical Sector*. Joint Research Centre. Retrieved from <https://emis.vito.be/nl/bbt/publicaties/bbtbref-en-andere-publicaties/afgasbehandeling-de-chemische-sector-wgc>
- Haynes, W. (2014). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. Boca Raton, FL: CRC Press. Retrieved from [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4557662/mod\\_resource/content/1/CRC%20Handbook%20of%20Chemistry%20and%20Physics%2095th%20Edition.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4557662/mod_resource/content/1/CRC%20Handbook%20of%20Chemistry%20and%20Physics%2095th%20Edition.pdf)
- Intechopen. (2013). *Biodegradation of PCDDs/PCDFs and PCBs*. Retrieved from Intechopen: <https://www.intechopen.com/chapters/45048>
- Jones, K., & de Voogt, P. (1999). Persistent organic pollutants (POPs): state of the science. *Environmental Pollution*. Retrieved from <https://epscoroutreach.ku.edu/sites/epscoroutreach/files/files/Aquatic%20Ecology/Papers%20for%20HS%20teachers-%20Jones%20and%20Voogt%201999%20POPs.pdf>
- Mennen, M., van Pul, W., Nguyen, P., Hogendoorn, E., van Putten, E., Boshuis-Hilverdink, M., & de Groot, G. (2010). *Emissies en verspreiding van zware metalen*. Retrieved from <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/609100004.pdf>
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. (2020). *Beoordeling kosteneffectiviteit van maatregelen om de uitstoot van ZZS naar lucht te beperken*. Retrieved from <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2020-0106.pdf>
- Trapp, S., & Legind, C. N. (2011). Dealing with Contaminated Sites. *From Theory towards Practical Application*. Retrieved from <https://link.springer.com/book/10.1007/978-90-481-9757-6>
- Unie van Waterschappen. (n.d.). *Zeer Zorgwekkende Stoffen*. Retrieved from <https://unievanwaterschappen.nl/waterkwaliteit/zeer-zorgwekkende-stoffen/>
- van Pul, W., de Leeuw, F., van Jaarsveld, J., van der Gaag, M., & Sliggers, C. (1998). The potential for long-range transboundary atmospheric transport. *Chemosphere*. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653598000277>
- VITO. (n.d.). *Catalytic oxidation*. Retrieved from <https://emis.vito.be/en/bat/tools-overview/sheets/catalytic-oxidation>
- VITO. (n.d.). *Filtratie algemeen*. Retrieved from <https://emis.vito.be/nl/bbt/bbt-tools/techniekfiches/filtratie-algemeen>
- VMM. (2021). *Depositie*. Retrieved from <https://www.vmm.be/lucht/stikstof/depositie>
- Volksgezondheid Veiligheid van de Voedselketen Leefmilieu. (n.d.). *Milieuproblemen en bedreigingen*. Retrieved from <https://www.health.belgium.be/nl/milieuproblemen>
- Waterschap Hunze en Aa's. (n.d.). *Bioaccumulatie*. Retrieved from <https://kennis.hunzeenaas.nl/index.php/Id-c05c7b3a-24fb-a67c-1cb0-f93fce52ad57>

## BEGRIPPENLIJST

### afgas

de uiteindelijke uitworp in de lucht van gasen met verontreinigende stoffen uit een afgaskanaal of uit nabehandelingsapparatuur in de lucht. Het volumetrisch debiet wordt uitgedrukt in Nm<sup>3</sup>/uur (cfr. [VLAREM definitie in de context van gebruik organische oplosmiddelen](#))

### afvalwater

verontreinigd water waarvan men zich ontdoet, zich moet ontdoen of de intentie heeft zich van te ontdoen, met uitzondering van hemelwater dat niet in aanraking is geweest met verontreinigende stoffen; amfotere detergenten die kationisch reageren in zure oplossingen en anionisch in basische

### kleine emissiebron

een emissiebron met een kleine massastroom aan zorgwekkende stoffen. Het kan gaan om:

- Een emissiebron met frequente of continue emissie van een **kleine massastroom**. Hierbij is de bestaande of voorgestelde grensmassastroom voor de stof in kwestie een logische referentie.
- Een emissiebron met **infrequente/in de tijd beperkte emissie** van een (hogere) massastroom. Een emissies boven de grensmassastroom kan dus ook beschouwd worden als een kleine emissiebron in geval van een beperkte jaarlijkse uitstoot.

### vluchtige organische stof (VOS)

een organische verbinding alsook de fractie creosoot die bij 293,15 K een dampspanning van 0,01 kPa (10 Pa) of meer of onder de specifieke gebruiksomstandigheden een vergelijkbare vluchtigheid heeft (definitie [RIE](#))

### zorgwekkende eigenschap

indeling volgens CLP-indeling Carc. 1A/1B, Muta 1A/1B, Repr 1A/1B, ED HH, ED ENV, PBT, zPzB, PMT en/of zPzM.

## BIJLAGE 1: MEDEWERKERS VAN DE BBT-STUDIE

### KENNISCENTRUM VOOR BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN

- Sander Vander Aa
- Kristof Custers
- Greet Janssens

BBT-kenniscentrum  
p/a VITO  
Boeretang 200  
2400 MOL  
E-mail: [bbt@vito.be](mailto:bbt@vito.be)

### LEDEN BEGELEIDINGSCOMITÉ UIT OVERHEIDSADMINISTRATIES/-INSTELLINGEN

- |                   |                                            |
|-------------------|--------------------------------------------|
| • Vicky Demeyer   | Departement Omgeving – afdeling IP         |
| • Ann Spaerkeer   | Departement Omgeving – afdeling Handhaving |
| • Joffrey Vanmoer | Departement Omgeving – afdeling Handhaving |
| • David Knight    | VMM lucht                                  |
| • Jelle Verhaegen | VMM lucht                                  |

Bovenstaande personen vertegenwoordigden de administraties en andere overheidsinstellingen in het begeleidingscomité voor deze studie.

### LEDEN BEGELEIDINGSCOMITÉ UIT BEDRIJFSWERELD/FEDERATIES/STUDIEBUREAUS

- |                       |           |
|-----------------------|-----------|
| • Jasmine de Rop      | Voka      |
| • An Maes             | Essenscia |
| • Heidi Van Waes      | Agoria    |
| • kristof bogaert     | Denuo     |
| • Steven Regelbrugge  | Fedustria |
| • Willem callens      | Chemours  |
| • Willem Van Veen     | Indufed   |
| • Marc Bailli         | Indufed   |
| • Koen Peijs          | Essers    |
| • Veerle Van Keilegom | BASF      |

Bovenstaande personen vertegenwoordigden de bedrijven in het begeleidingscomité voor deze studie.

### LEDEN BEGELEIDINGSCOMITÉ VAN MILIEUORGANISATIES

- |                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| • Mike Van Acoleyen | Bond Beter Leefmilieu |
|---------------------|-----------------------|

Bovenstaande personen vertegenwoordigden de milieuorganisaties in het begeleidingscomité voor deze studie.

### LECTOREN

Extern:

- |                     |                                            |
|---------------------|--------------------------------------------|
| • Peter Loncke      | OVAM                                       |
| • Kevin Pauwels     | Departement Omgeving – afdeling Handhaving |
| • Eric Van Gijsegem | Departement Omgeving – afdeling Handhaving |

- Sara Dejonghe Departement Omgeving – afdeling IP
- Arnout Ecker Denuo
- Gwynet Leyre Bova enviro+

Intern VITO:

- Jelle Hofman VITO – Air Quality Management Systems
- Katleen De Brouwere VITO – Systems Biology, Population Community, Exposomics

Het BBT-rapport (of delen ervan) werd aan bovenstaande personen voorgelegd ter kritisch nazicht.

DRAFT

## BIJLAGE 2: STOFFICHES

In deze bijlage worden de stoffiches weergegeven voor de selectie van parameters beschreven in paragraaf 1.2.5. Deze stoffiches bevatten een gedetailleerde analyse van relevante aspecten voor de onderbouwing van voorstellen voor algemene emissiegrenswaarden voor ZS.

Een eerste reeks fiches bevat de meest uitgebreide informatie. In deze detailfiches wordt volgende informatie weergegeven:

- Identificatie en classificatie van de stof
- Fysisch-chemische eigenschappen
- Voorkomen en gebruik
- Belangrijkste bronnen van emissie en blootstelling
- Milieugedrag en verspreiding
- Invloed op gezondheid en milieu
- Huidige regelgeving en beleid lucht
- Meetmethoden en monitoring
- Beschikbare emissiereductietechnieken
- Overwegingen voor EGW
- Opties en aanbeveling AEGW
- Kennishiaten en verdere onderzoeksnoden

Voor de volgende stoffen zijn detailfiches opgesteld:

- [Arseenverbindingen](#)
- [Loodverbindingen](#)
- [Benzeen](#)
- [Formaldehyde](#)
- [PAK's](#)

Deze set is later aangevuld met een tweede reeks fiches. Deze bevatten niet hetzelfde niveau van detail voor alle aspecten, om de werklast te beperken bij de analyse van een groter aantal parameters. Deze 'beknpte fiches' beperken zich tot de meest essentiële informatie om de AEGW te onderbouwen, en verwijzen naar de eerdere detailfiches voor overeenkomstige aspecten. De beknpte fiches behandelen de volgende ZS:

- [Dioxines, furanen en dioxine-achtige PCB's](#)
- [Verbindingen van zeswaardig chroom](#)
- [Kwikverbindingen](#)
- [Kankerverwekkende verbindingen van metalen zoals cadmium, nikkel en kobalt](#)
- [Hexachloorbenzeen](#)
- [Dibutylftalaat](#)
- [Gebromeerde vlamvertragers](#)
- [Bisfenol A en gerelateerde bisfenolen](#)
- [PFAS](#)

Indien voor bepaalde punten geen informatie beschikbaar is, zijn deze punten bewust weggelaten. De fiches vormen een momentopname en dienen als basis voor aanbevelingen betreffende de AEGW van de respectievelijke ZS. Bij belangrijke nieuwe inzichten, bijvoorbeeld over (eco)toxicologische of andere eigenschappen van deze stoffen, is een kritische heranalyse aangewezen.

**Opmerkingen voor een juist begrip van onderstaande fiches:**

- Data afkomstig uit de IMJV-rapportage kunnen niet één-op-één worden vergeleken met gegevens uit de emissie-inventaris. Voor de emissie-inventaris worden industriële emissies aanvullend geschat op basis van emissiefactoren.
- Voor de vergelijking van uurlijkse met jaarlijkse massastromen is indicatief gerekend met een bandbreedte van 2000-8000 operationele uren per jaar.
- Gezondheidskundige advieswaarden (GAW) voor omgevingslucht zijn gebaseerd op het meest kritische effect. Dit kan een effect zijn met een drempel waaronder geen gezondheidseffect te verwachten is. Het kan ook een niet-drempel effect zijn (meestal kankerverwekkend effect) waarvoor geen 'veilige grens' (waaronder geen gezondheidseffect optreedt) kan gesteld worden. In de plaats wordt het extra risico van  $1/10^6$  op (sterfte door) kanker bij levenslange blootstelling gelijkgesteld aan een "ongeveer nul effect". Voor meer uitgebreide toelichting, zie [Gezondheidseffecten van blootstelling](#).
- Tenzij anders vermeld, omvat een genoemd metaal alle verbindingen van dat metaal.
- Wat betreft punt 'opties AEGW en aanbeveling' worden een aantal opties vermeld die zijn overwogen, en is de optie in het **vet** het concrete voorstel voor de aanpassing van de AEGW voor deze parameter(groep).

**DETAILFICHES****FICHE ARSEENVERBINDINGEN****1. Identificatie en classificatie:**

- Arseen - CAS-nr.: 7440-38-2
- Alle arseenverbindingen, waaronder
  - Diarseentrioxide - CAS-nr.: 1327-53-3 – Kankerverwekkend (categorie 1A)
  - Diarseenpentaoxide - CAS-nr.: 1303-28-2 – Kankerverwekkend (categorie 1A)
  - Arseenzuur – CAS-nr.: 7778-39-4 - Kankerverwekkend (categorie 1A) en zouten daarvan
  - Triethylarsenaat - CAS-nr.: 15606-95-8 - Kankerverwekkend (categorie 1A)
- ZS-criteria: Alle arseen verbindingen worden als ZS aangemerkt omdat deze zijn opgenomen in [Annex XVII van REACH](#)
- Aantal stoffen in groep op Vlaamse ZS-lijst: 443
- Specifieke concentratiegrens voor CLP-indeling: 0,00005 gewichts%

**2. Fysisch-chemische eigenschappen**

- Metallisch arseen
  - Vast bij kamertemperatuur
  - Relatieve dichtheid 4,8 – 5,6 bij 20-22,4°C
  - Dampdruk 0,001 – 1 Pa bij 50-280°C
  - Oplosbaarheid in water: 289 – 10.610 µg/L bij 20°C en pH 5,9 - 6,67
- Sommige anorganische arseenverbindingen aanzienlijk vluchtiger en/of wateroplosbaar, zoals
  - Arseenzuur: smeltpunt 35°C, kookpunt 160°C, dampdruk 18,45 hPa bij 25°C, oplosbaarheid water 302 g/L,

- Arsine (arseenwaterstof): kookpunt  $-63^{\circ}\text{C}$ , oplosbaarheid water 676,12 mg/L
- Andere verbindingen zijn weinig vluchtig, zoals
  - Diarseentrioxide: smeltpunt  $313^{\circ}\text{C}$ , kookpunt  $460^{\circ}\text{C}$ , dampdruk 0,033 Pa bij  $25^{\circ}\text{C}$ , oplosbaarheid water 17,8 g/L

### 3. Voorkomen en gebruik

- Natuurlijke aanwezigheid: komt van nature in hoge concentraties voor in de bodem en in het grondwater in sommige streken.
- Historisch gebruik: In de 20ste eeuw werd loodarsenaat gebruikt als pesticide in de fruitteelten toegepast en als een behandelingsmiddel van hout, om het rotten tegen te gaan (chrom koper arsenaat, CCA). Meer dan 90% van het gebruik van arsenic trioxide in de USA betrof de productie van houtbeschermingsmiddelen. Het gebruik van anorganisch arseen in de landbouw is echter verdwenen rond 1960.
- Huidig gebruik: Tegenwoordig wordt arseen nog gebruikt in halfgeleiders (galliumarsenide) met toepassingen in led's en zonnecellen en als lichtgevoelige laag in kopieermachines, faxen en laserprinters en in legeringen voor lood-zuur batterijen van voertuigen. Verschillende organische arseenverbindingen worden nog steeds gebruikt (alleszins in de USA) als herbiciden en als antimicrobiële additieven voor diervoeder (<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp2-c2.pdf>). Arseen wordt ook gebruikt in de geneeskunde indien geen antibiotica beschikbaar zijn of als de patiënten immuun zijn geworden. Arseentrioxide wordt in de hematologie gebruikt voor behandeling van leukemie, arseentrijodide (inwendig) voor behandeling van borstkanker, lepra en huidziekten en arseensulfide wordt uitwendig gebruikt bij huidziekten (psoriasis). ([factsheet arseen van steunpunt milieu & gezondheid](#), 2019).
- REACH autorisatielijst bijlage XIV: diarseentrioxide, diarseenpentoaxide, arseenzuur
- REACH restricties bijlage XVII arseenverbindingen:
  - Verbod in stoffen/mengsels ter voorkoming van de aangroei van micro-organismen, planten of dieren
  - Verbod in stoffen/mengsels voor de behandeling van industrieel water
  - Beperkingen voor verduurzaming van hout (bepaalde afwijkingen mogelijk)

### 4. Bronnen en blootstelling

- Voornaamste blootstelling: inname via voeding (rijst, granen, vlees, vis en gevogelte) ([HBM4EU](#), 2022). Daarnaast via drinkwater en inademing o.a. van stofdeeltjes (bodem, lucht). Inademen van houtstof en van rook afkomstig van de verbranding van met arseen behandeld hout. Leven in gebieden met hoge concentraties aan natuurlijk voorkomend arseen. Recyclage van met arseen behandeld hout kan arseen in het milieu doen terechtkomen. (ECHA 2009). Werken in het smelten van koper, lood of glas, in de behandeling van hout, of bij het toepassen van pesticiden. De minder toxische organische vormen arsenobetaine en arsenocholine zijn voornamelijk afkomstig van vis consumptie. Samenvattend kan gesteld worden dat de inwendige blootstelling aan arseen eerder hoger is dan in sommige andere westerse landen, maar dat die blootstelling lager is dan in sommige niet Westerse landen. ([factsheet arseen van steunpunt milieu & gezondheid](#), 2019).
- Aandeel/bijdrage van luchtmissies: Zware metalen verspreiden zich via stofdeeltjes in de lucht en komen via de ademhaling in het lichaam. Directe blootstelling via lucht/ademhaling wordt als zeer beperkt beschouwd, typische concentraties in de EU in 2000 waren tot  $1,5 \text{ ng/m}^3$  in landelijke gebieden, tot  $3 \text{ ng/m}^3$  in stedelijke gebieden, en minder dan  $50 \text{ ng/m}^3$  in industriële gebieden ([HBM4EU](#), 2022; EC, 2000). Directe blootstelling via lucht wordt niet specifiek als aandachtspunt vernoemd in een HBM4EU [Policy Brief](#) (HBM4EU, 2022), maar via depositie kan het ook bijdragen tot blootstelling via andere routes, waaronder voeding.

- Evolutie: Ten opzichte van 2005 nam de uitstoot naar de lucht af met 65 %, vooral dankzij de daling van de industriële emissies bij de non-ferro sector. ([VMM, 2024](#))
- Van de gerapporteerde emissies in IMJV's, was 16% luchtemissies en 84% wateremissies. Drempelwaarde voor luchtemissies is 20 kg/jaar. De bijschatting (van emissies onder de drempelwaarde) bedroeg de voorbije jaren ongeveer even veel als de via IMJV gerapporteerde emissies (44% van de totale emissies IMJV+bijschatting in periode 2019-2021; 52% in 2022).

## 5. Milieugedrag en verspreiding

- Verspreiding en depositie: In Vlaanderen wordt een sterk verhoogde depositie waargenomen rond industriële sites in Hoboken en Beerse. Sinds de start van de metingen was er, globaal gezien, een sterk dalende trend van de depositie van arseen in Beerse en Hoboken, maar wel met aanzienlijke schommelingen, bijvoorbeeld een sterke stijging van de depositie in 2019 en 2020 in Hoboken. ([VMM, 2024](#))
- Atmosferische depositie heeft een beperkt aandeel in de netto-emissie van arseen naar oppervlaktewater (7%). Bodemerosie (36%) en grondwater (35%) zijn het belangrijkste ([VMM, 2024](#)). In de periode 2010-2019 is het percentage van de waterlichamen in Vlaanderen met een normoverschrijding voor arseen in oppervlaktewater wisselend, tussen 14% - 22% ([VMM, 2024](#)).
- Persistentie en afbraak in het milieu: Arseenverbindingen zijn bekend om hun hoge persistentie in het milieu, wat betekent dat ze langdurig aanwezig kunnen blijven in water, bodem en lucht zonder significante afbraak. De halfwaardetijd van arseen in het milieu kan tientallen jaren bedragen, wat bijdraagt aan accumulatie, vooral in gebieden met hoge natuurlijke concentraties of nabij industriële bronnen. Arseen verspreidt zich voornamelijk via stofdeeltjes in de lucht, die kunnen neerslaan op grond of in waterlichamen. De afbraak van arseenverbindingen door natuurlijke processen zoals microbiële activiteit en chemische reacties is beperkt, mede door hun chemische stabiliteit. ([Geeraerts et al., 2007](#))
- Bioaccumulatie en doorgifte in de voedselketen: Arseen heeft de neiging zich te bioaccumuleren in aquatische organismen. Dit betekent dat het zich ophoopt in organismen naarmate het door de voedselketen beweegt. In Vlaanderen kan arseen vanuit water en sedimenten worden opgenomen door invertebraten en vervolgens door vissen die hoger in de voedselpiramide staan. Deze bioaccumulatie kan leiden tot een significante stijging van de arseenconcentraties in deze organismen, wat ecologische en gezondheidsrisico's met zich meebrengt. (<https://studie3xg.be/sites/3xg/files/Rapport-Arseen%20en%20putwater%202017.pdf>) De opname van arseen door planten en dieren kan ook leiden tot doorgifte naar de mens, vooral via de consumptie van besmette vis en rijst. (<https://www.sciensano.be/nl/projecten/biobeschikbaarheid-en-transformatie-van-arseen-uit-levensmiddelen-rol-van-voedselbereiding-bewaring>)

## 6. Gezondheids- en milieueffecten

- Gezondheid: Kleine hoeveelheden aan zware metalen geven geen onmiddellijke gezondheidsproblemen na inname, maar kunnen bij langdurige blootstelling de gezondheid schaden ([VMM pagina uitstoot zware metalen, 2024](#)).
- Arseen is gelinkt aan long- en huidtumoren bij chronische vergiftiging, naast vele andere chronische effecten, zie [factsheet arseen van steunpunt milieu & gezondheid](#) (2019). Daarnaast wordt het gezien als acuut toxisch, met gastro-intestinale, cardiovasculaire, neurologische, hematologische en respiratoire effecten (HSDB). Anorganisch arseen wordt beschouwd als een groter risico voor menselijke gezondheid, omwille van hogere toxiciteit en het voorkomen als belangrijke contaminant in het milieu ([HBM4EU, 2022](#)). Anorganisch arseen wordt in het lichaam omgezet in organische verbindingen, waaronder monomethylarseen (MMA) en dimethylarseen (DMA). ([factsheet arseen van steunpunt milieu & gezondheid, 2019](#)).

- Humane biomonitoring: In Vlaanderen bleef de interne blootstelling aan toxische metabolieten van anorganisch arseen in de meest recente meetcampagne op hetzelfde niveau als bij de vorige campagne. 25% van de deelnemers overschrijden de gezondheidkundige toetsingswaarde. Arseen is kankerverwekkend. In dat geval geldt hoe lager, hoe beter. ([Steunpunt milieu & gezondheid](#), 2021)
- Milieukwaliteitsnormen (andere dan lucht/depositie) voor [water](#), [waterbodem](#), [grondwater](#), [bodem](#)
- [Derived No Effect Level](#) inhalatie
  - arseen
    - Beroepsmatige blootstelling 4 µg/m<sup>3</sup> (lange termijn)
    - Algemene bevolking 2 µg/m<sup>3</sup> (lange termijn)
  - Arseenzuur
    - Beroepsmatige blootstelling 6 µg/m<sup>3</sup> (lange termijn)
  - Diarseentrioxide
    - Beroepsmatige blootstelling 5 µg/m<sup>3</sup> (lange termijn)
    - Algemene bevolking 2,5 µg/m<sup>3</sup> (lange termijn)

## 7. Huidige regelgeving en beleid lucht

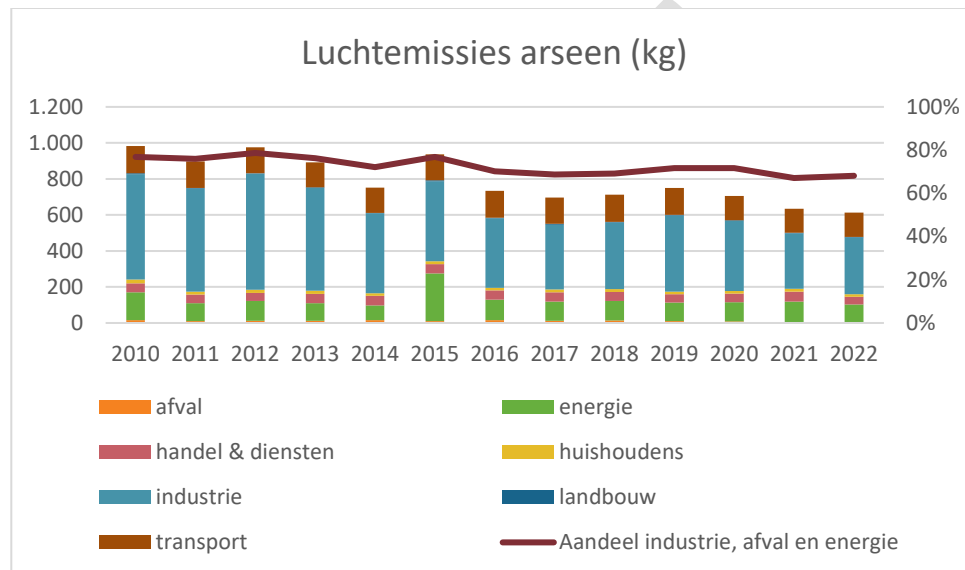
- Het [Vlaams Luchtbeleidsplan 2030](#) bevat maatregelen voor de verbetering van de luchtkwaliteit in Vlaanderen. Algemene maatregelen om de uitstoot, concentratie en depositie van zware metalen te verlagen komen niet aan bod, omdat een verhoogde uitstoot en blootstelling zich voordoet in specifieke zones. Voor de specifieke zones werden er met de betrokken bedrijven actieplannen opgesteld o.a. voor [Hoboken](#). ([VMM](#), 2024)
- De Vlaamse gezondheidkundige advieswaarde voor gebruik in milieueffectrapporten is 1 ng/m<sup>3</sup> voor arseen in omgevingslucht, gebaseerd op het carcinogeen effect. ([Agentschap Zorg & Gezondheid](#), 2017)
- EU streefwaarde voor omgevingslucht is 6 ng/m<sup>3</sup> (2004/107/EG) – [wordt een grenswaarde vanaf 1/1/2030](#)
  - In de regio Hoboken was er in 2023 een [overschrijding](#) van de Europese streefwaarde voor arseen op twee van de drie meetplaatsen.
  - Modellen schatten in dat 1,2% van de Vlaamse bevolking leeft in een overschrijdingszone
- Huidige algemene emissiegrenswaarde:

| Groep                      | Parameter                                           | Algemene emissiegrenswaarde | Massastroom | Meetmethode |
|----------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|
| 3° Gasvormig anorganisch   | Arseenwaterstof                                     | 1 mg/Nm <sup>3</sup>        | 10 g/u      | -           |
| 6°                         | Arseentrioxide en arseenpentoxide, uitgedrukt in As | 1 mg/Nm <sup>3</sup>        | 5 g/u       | -           |
| 6°                         | Arseenzuren en hun zouten, uitgedrukt in As         | 1 mg/Nm <sup>3</sup>        | 5 g/u       | -           |
| 13° stofvormig anorganisch | Arseen en zijn verbindingen, uitgedrukt in As       | 1 mg/Nm <sup>3</sup>        | 5 g/u       | (*)(**)     |

(\*) Als door omstandigheden van druk en temperatuur in de afgassen deze stoffen ook in gasvorm of in druppelvorm voorkomen, gelden de massaconcentraties en de massastromen van deze rubriek voor de som van vaste, vloeibare en gasvormige emissies

(\*\*) LUC/I/002 voor de stofvormige fractie aan metalen en LUC/III/010 voor het totaalgehalte aan metalen (som van de stofvormige- en gasvormige fractie) moeten worden toegepast.

- Aandeel algemene emissiegrenswaarden:
  - De uitstoot arseen naar de lucht werd in Vlaanderen in 2022 voor 52 % veroorzaakt door de industrie, met de non-ferrosector als voornaamste bron, en voor 16% door de energiesector. (VMM, 2024)
  - Van de 274 kg luchtemissies gerapporteerd via IMJV's<sup>51</sup> (gemiddelde 2019-2021), valt 255 kg (ca. 93%) zeker of wellicht onder het toepassingsgebied van sectorale of bijzondere emissiegrenswaarden<sup>52</sup>. De overige emissies vallen niet onder sectorale emissiegrenswaarden, tenzij ze afkomstig zouden zijn van stookinstallaties.



**Figuur 10: Luchtemissies van arseen per sector in kg/jaar. Bron: VMM**

## 8. Meetmethoden en monitoring

- Beschikbare [meetmethoden](#) voor emissies:
  - [LUC/I/002](#) voor de stofvormige fractie aan metalen
    - In het algemeen moet een meetmethode in het kader van VlareM toepasbaar zijn tussen 0,1 keer en 3 keer de emissiegrenswaarde.
  - [LUC/III/010](#) voor het totaalgehalte aan metalen (som van de stofvormige- en gasvormige fractie)
    - Meetbereik van 0,005 tot 0,5 mg/m<sup>3</sup> voor som van metalen (Sb, As, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Mn, Ni, Tl en V; ook toepasbaar voor Se en Sn) (referentie verbranding van huishoudelijke en gevaarlijke afvalstoffen)
    - In het algemeen moet een meetmethode in het kader van VlareM toepasbaar zijn tussen 0,1 keer en 3 keer de emissiegrenswaarde.
  - Er is geen specifieke LUC-meetmethode voor vluchtige metaalverbindingen zoals arseenwaterstof. Gezien de vluchtigheid, is LUC/I/002 niet aangewezen. Hoewel EN14385, waarop LUC/III/010 gebaseerd is, technisch geschikt is om totaalmetalen te bemonsteren en te analyseren, vallen specifieke organometalen en andere vluchtige metaalverbindingen zoals arseenwaterstof niet binnen het gevalideerde

<sup>51</sup> Data van IMJV-rapportage kan niet één-op-één vergeleken worden met data uit de emissie-inventaris (vorige bullet).

<sup>52</sup> Dit is echter grotendeels (185 kg) afkomstig van één bedrijf, waarvoor via de bijzonder voorwaarden enkel gesteld wordt dat de emissiejaarvrucht niet mag stijgen.

toepassingsgebied van deze norm. Praktisch gezien kan de norm gebruikt worden voor totaal arseen, maar biedt deze geen garantie voor een volledige opvang van dergelijke vluchtige metaalverbindingen. Voor zover er relevante emissies van vluchtige arseenverbindingen plaatsvinden, is verder onderzoek naar een geschikte meetmethode aangewezen.

## 9. Beschikbare emissiereductietechnieken

- In aanvulling op bron- en procestechnieken, zijn diverse (end-of-pipe) nabehandelingstechnieken beschikbaar voor verwijdering van zware metalen zoals arseen, zoals (niet limitatief):
  - Stofverwijdering, bv. [doekfilter](#), [natte elektrostatische precipitator](#), [droge elektrostatische precipitator](#) of [stofwassing](#)
  - Adsorptie, bv. door geïmpregneerd [actief kool](#)
- Keuze van techniek hangt af van onder meer samenstelling en eigenschappen gasstroom en ingaande concentratie. Ook combinaties van technieken kunnen aangewezen zijn, bv. om een hoog verwijderingsrendement te halen, of fluctuaties in concentraties op te vangen, bv. adsorptie nageschakeld na andere behandelingstechniek. [LUSS](#) kan gebruikt worden voor eerste screening van mogelijke techniektreinen.
- Werkingsgraad en eindconcentratie sterk afhankelijk van omstandigheden en gekozen techniek, maar volgende emissieniveaus worden gerapporteerd (niet limitatief):
  - BREF's (CLM, GLS, LCP, WI): grootteorde BBT-GEN's voor som van metalen, waaronder arseen: 0,005 - 1 mg/Nm<sup>3</sup>, met als opmerkelijke zaken:
    - Hoogste BBT-GEN (<1 mg/Nm<sup>3</sup> voor As + Co + Ni + Cd + Se + Cr VI)<sup>53</sup> bij [GLS](#), diverse processen emissies, met als beschreven nabehandelingstechnieken (één of combinatie): filtersysteem (doekfilter of elektrostatische precipitator), droge of halfdroge wassing met filtersysteem, natte wassing.
    - Laagste BBT-GEN voor deeltjesgebonden metalen (<0,025 mg/Nm<sup>3</sup> Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V) bij [LCP](#), vergassing - gecombineerde stoom- en gasturbine (STEG) van minstens 100 MW<sub>th</sub>, door één of combinatie van technieken stoffiltratie, afscheiding van teer en as met cyclonen en/of natte gaswassing. Ook de laagste BBT-GEN ondergrens over alle BREF's heen (0,005 mg/Nm<sup>3</sup>) geldt voor deze som van deeltjesgebonden metalen, bij meeverbranding van afval met kool/ligniet.
    - Laagste BBT-GEN voor totale metalen (0,01-0,3 mg/Nm<sup>3</sup> voor Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V) bij [WI](#), algemeen voor verbranding van afval, door één of een combinatie van doekfilter, elektrostatisch filter, injectie van (semi-)droog adsorbent, natte gaswasser en/of vast- of bewegendbedadsorptie.
  - [NFM](#) enige BREF met een BBT-GEN specifiek voor arseenwaterstof (≤ 0,5 mg/Nm<sup>3</sup> voor som arseenwaterstof + antimoonwaterstof), bij productie van primair zink – zuiveringsproces, door één of combinatie van natte gaswasser, druppelvanger en/of centrifugeersysteem.
  - [IPLO Factsheets](#) (NL):
    - Geen technieken specifiek voor arseen of zware metalen in het algemeen

<sup>53</sup> Het is op te merken dat er ook BBT-GEN's tot 5 mg/Nm<sup>3</sup> zijn voor een som van metalen waaronder arseen, maar samen met deze BBT-GEN's is er steeds een BBT-GEN <1 voor kleinere groep metalen, waartoe ook telkens arseen behoort.

## 10. Overwegingen voor EGW

- Duitsland AEGW [TA Luft 2021](#):
  - Arseen en zijn verbindingen, behalve waterstofarseen 0,05 mg/m<sup>3</sup> vanaf 0,15 g/u
  - Arseenwaterstof 0,5 mg/m<sup>3</sup> vanaf 2,5 g/u
  - Sectorale EGW voor productie cement, bepaalde types glas, zink en kopersmelters
- Nederland AEGW
  - Arseenverbindingen (incl. arsine) 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,075 kg/jaar
- Frankrijk AEGW arseenverbindingen 0,1 mg/Nm<sup>3</sup>
- Referentiewaarden kosteneffectiviteit luchtemissies
  - Marginale schadekosten [EEA](#) (2021) – EU gemiddelde: 10.563 €/kg
  - Milieuprijzen [CE Delft](#) (2023) – Nederland: 6987 €/kg (onder) / 10.335 €/kg (centraal) / 15.583 €/kg (boven)
- Anorganisch arseen is carcinogeen zonder drempelwaarde gezondheidseffect, arseen heeft hoge persistentie in het milieu.
- Overschrijding EU streefwaarde (6 ng/m<sup>3</sup>) op twee van drie meetplaatsen in omgeving Hoboken
  - GAW nog lager (1 ng/m<sup>3</sup>)
- Ca. 74% van de IMJV-luchtemissies te linken aan inrichtingen/activiteiten onder toepassingsgebied AEGW. De IMJV-luchtemissies vormen ongeveer de helft van de geschatte industriële emissies. Van de bijschattingen is niet geweten of ze onder het toepassingsgebied AEGW vallen.
- Huidige grensmassaastroom (5 g/u ~ 10 à 40 kg/jaar) equivalente grootteorde IMJV-rapportagedrempel (20 kg/jaar)
  - Behalve arseenwaterstof (10 g/u)
- Verhouding AEGW/GAW (1 miljoen) relatief hoog ten opzichte van andere ZS

## 11. Opties AEGW en aanbeveling

- a. Behoud huidige AEGW 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 5 g/u (= punt 7°/13° van huidige AEGW), behalve voor arseenwaterstof AEGW 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 10 g/u (= punt 3° huidige AEGW)
  - Evident haalbaar voor ingedeelde inrichtingen
  - Komt overeen met hoogste bovengrens BBT-GEN uit BREF's
- b. Aanpassing naar AEGW 0,2 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 1 g/u, mét afwijkingsmogelijkheid tot 1 mg/Nm<sup>3</sup> (voor alle arseenverbindingen)
  - Komt qua AEGW en GMS overeen met punt 12° huidige AEGW (bevat o.a. kwik en cadmium). Kan gezien worden als redelijk en pragmatisch compromis.
  - Afwijkingsmogelijkheid tot huidige AEGW (niet huidige GMS) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
  - AEGW en GMS liggen hoger dan in NL en DE (op arseenwaterstof na voor DE). AEGW hoger dan in FR.
  - Algemeen technisch haalbaar, en ligt in lijn met emissieniveaus BREF's.
- c. Aanpassing naar AEGW 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 0,5 g/u, mét afwijkingsmogelijkheid tot 1 mg/Nm<sup>3</sup> (voor alle arseenverbindingen)
  - Komt qua AEGW en GMS overeen met punt 6° huidige AEGW (bevat o.a. beryllium). Kan gezien worden als redelijk en pragmatisch compromis.
  - In vergelijking met vorige optie (b), lagere AEGW en GMS, dus eerder hoger niveau van bescherming, maar ook hogere kans op buitensporige kosten of cross-media effecten. Echter identieke afwijkingsmogelijkheid.
  - AEGW en GMS liggen beperkt hoger dan in NL en DE (op arseenwaterstof na voor DE). AEGW gelijk aan deze in FR.
  - Algemeen technisch haalbaar, en ligt in lijn met emissieniveaus BREF's.

- d. Aanpassing naar AEGW 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 0,15 g/u, mét afwijkingmogelijkheid tot 1 mg/Nm<sup>3</sup> (voor alle arseenverbindingen)
  - Komt qua AEGW overeen met NL en DE. GMS komt overeen met DE, moeilijk te vergelijken met NL (jaarwaarde in NL). Lager dan AEGW in FR.
  - Lager dan eender welke huidige VLAREM AEGW. Ligt aan de onderkant van emissieniveaus BREF's, maar afwijkingmogelijkheid tot huidige AEGW (niet huidige GMS) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
- e. Aanpassing naar AEGW 0,2 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 1 g/u, zonder afwijkingmogelijkheid (= verhuizen naar punt 12° van huidige AEGW) – voor alle arseenverbindingen
  - Behoud van het 'vangnet'-principe.
  - Algemeen technisch haalbaar, en ligt in lijn met emissieniveaus BREF's
  - Overgangperiode mogelijk
- **Aanbeveling: optie c**
  - Algemeen haalbaar
  - Verschillen tussen optie b, c en d eerder beperkt, maar c lijkt beste compromis tussen hoog beschermingsniveau, maar met voldoende flexibiliteit door afwijkingmogelijkheid in geval van buitensporige kosten of cross-media effecten.
  - In het bijzonder te verantwoorden door overschrijdingen streefwaarde en GAW lucht, relatief groot aandeel onder toepassingsgebied AEGW, en persistent karakter van arseen(verbindingen).

## 12. Kennishiaten en onderzoeksbehoeften

- Meettechnisch onderscheid tussen toxicologisch meest relevant anorganisch arseen enerzijds, en overige arseenverbindingen anderzijds.
- Gevalideerde meetmethode voor vluchtige arseenverbindingen zoals arseenwaterstof.
- Prioriteit sectorale, bijzondere en gebiedsgerichte normen/maatregelen in bepaalde industriegebieden en sectoren, bv. non-ferrosector onderzoeken.

## FICHE LOODVERBINDINGEN

### 1. Identificatie en classificatie

- Lood – CAS-nr.: 7439-92-1
- Alle loodverbindingen
- ZS-criteria en classificatie: reprotoxisch 1A
- Aantal stoffen in groep (NL ZZS): 182
- Specifieke concentratiegrens voor CLP-indeling: 0,03 gewichts%

### 2. Fysisch-chemische eigenschappen

- Vaste stof bij kamertemperatuur
- Smeltpunt 326°C
- Kookpunt 600°C
- Relatieve dichtheid 11,45
- Oplosbaarheid in water: 185 mg/L bij 20°C
- Adsorptie logKd 4,4 – 4,57 bij 15°C

### 3. Voorkomen en gebruik

- Komt van nature voor in de aardkorst
- Onder meer gebruikt in bescherming tegen straling, in batterijen, legeringen, buizen, wapens, verven en benzine. Historisch gebruik in industrie, landbouw, huishoudens, enz. ([Steunpunt milieu & gezondheid](#), 2020)
- Verboden/restricties gebruik:
  - REACH [autorisatielijst bijlage XIV](#)
  - REACH [bijlage XVII restrictie](#) voor sommige gebruiken

### 4. Bronnen en blootstelling

- Verleden: vooral blootstelling door
  - uitstoot van non-ferro bedrijven,
  - gebruik van loodhoudende benzine,
  - gebruik van loden buizen voor drinkwaterleidingen,
  - loodbevattende theepotten
  - loodhoudende verf.
- Ondanks beperking/stopzetting, blijft lood verspreid in omgeving door voortdurende circulatie van stof en water.
- Blootstellingswegen: voeding, drinkwater, inname bodem- en stofdeeltjes via hand-mondcontact door kinderen, en inademing van stofdeeltjes (lucht, bodem)
- Planten kunnen vervuild zijn met lood zowel door neerslag uit de lucht als door opname uit de bodem. Voeding is vandaag de belangrijkste blootstellingsbron voor de Europese bevolking (EFSA), onder andere brood (8.5 %), thee (6.2 %), leidingwater (6.1 %), aardappelen en afgeleide producten (4.9 %), gefermenteerde melkproducten (4.2%) en bier (4.1 %) maar verschillen werden gerapporteerd in functie van leeftijd en meetcampagne.
- Evolutie: Ten opzichte van 2005 een daling van de luchtmissies met 79 %, volledig toe te schrijven aan de invoering van zuiveringstechnieken in de industriële sector. ([VMM](#), 2024)
- Van de gerapporteerde emissies in IMJV's, was 80% luchtmissies en 20% watermissies. De bijschatting van industriële luchtmissies andere dan deze gerapporteerd via IMJV, was ongeveer 47% in de periode 2019-2021, en 45% in 2022.

### 5. Milieugedrag en verspreiding

- In het algemeen is er sinds 2000 een dalende trend op de meetplaatsen met de hoogste concentraties. De jaargemiddelde concentraties in de lucht in 2023 waren 234 ng/m<sup>3</sup> in Beerse, 122 ng/m<sup>3</sup> in Hoboken, en tot 13 ng/m<sup>3</sup> op andere meetplaatsen. In Beerse is er een licht stijgende trend sinds 2018.
- In Vlaanderen wordt een sterk verhoogde depositie waargenomen rond industriële sites in Hoboken en Beerse. Sinds de start van de metingen was er, globaal gezien, een sterk dalende trend van de depositie in Beerse en Hoboken, maar wel met aanzienlijke schommelingen, bijvoorbeeld een sterke stijging van de depositie in 2019 en 2020 in Hoboken. In 2023 was er in Hoboken en Beerse een indicatieve overschrijding van de VLAREM-richtwaarde voor depositie van lood (175 µg/m<sup>2</sup>.dag). De grenswaarde (2100 µg/m<sup>2</sup>.dag) werd wel gehaald. Deze grens- en richtwaarden traden in werking vanaf 1/1/2024. ([VMM](#), 2024)
- Zware metalen zoals lood zijn persistent in het milieu.
- Atmosferische depositie heeft een belangrijk aandeel in de netto-emissie van lood naar oppervlaktewater (21%). Bodemerosie is echter het belangrijkste (58%) ([VMM](#), 2024) In de periode 2010-2019 is er consistent voor 0% - <1% van de waterlichamen in Vlaanderen een normoverschrijding voor lood in oppervlaktewater ([VMM](#), 2024)

## 6. Gezondheids- en milieueffecten

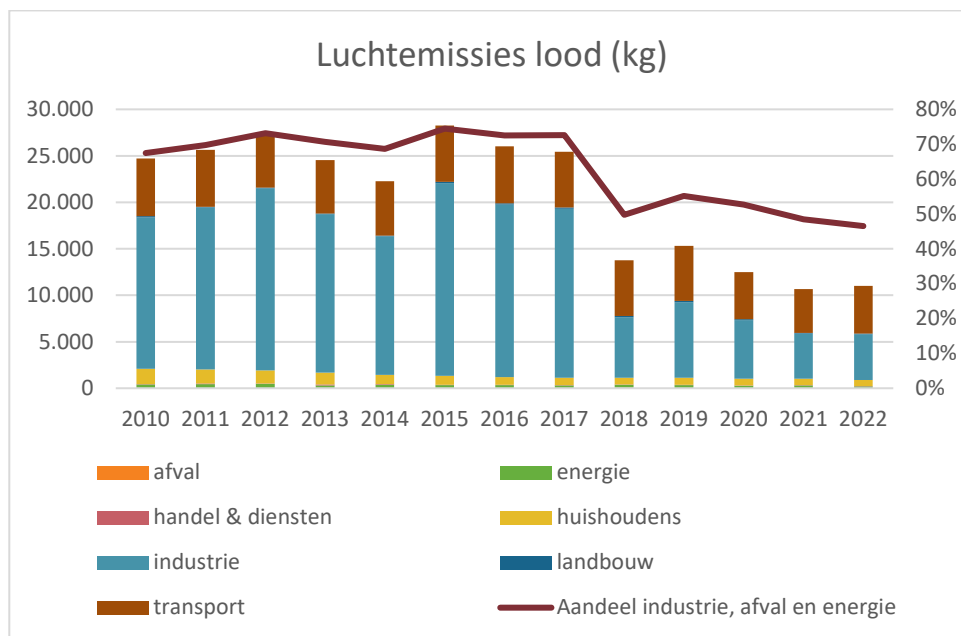
- Gezondheid: Kleine hoeveelheden aan zware metalen geven geen onmiddellijke gezondheidsproblemen na inname, maar kunnen bij langdurige blootstelling de gezondheid schaden ([VMM, 2024](#)).
- Belangrijke toxische, in het bijzonder neurotoxische, activiteit. Voornaamste bezorgdheid voor de gezondheid heeft te maken met de neurotoxische effecten, die, vooral bij vroegtijdige blootstelling, onder meer een belangrijke daling van de intelligentie kunnen veroorzaken. Daarnaast is ook de verstoring van de nierfunctie zeer belangrijk.
- Chronische blootstelling kan leiden tot bloedarmoede, nierfunctiestoornissen, stoornissen van vitamine D metabolisme, neurotoxiciteit (Mason et al, 2014).
- Lood beïnvloedt de reproductie: verminderde spermakwaliteit bij mannen en spontane abortus bij vrouwen werden geassocieerd met verhoogde loodconcentraties. De ontwikkelende foetus is gevoelig en verhoogde loodconcentraties worden geassocieerd met een verlaagd geboortegewicht, vertraagde post natale groei en een beïnvloeding van gedrag.
- Kinderen zijn bijzonder gevoelig en effecten op groei en IQ werden waargenomen. Steunpunt Milieu en Gezondheid vond effecten op de intelligentie bij concentraties zoals die in de periode 2002-2004 in navelstrengbloed werden waargenomen.
- Genotoxische effecten (toename van mutaties) in witte bloedcellen bij concentraties zoals die in 1999 bij Vlaamse volwassenen voorkwamen (van Larebeke et al., 2004)
- Sommige van de effecten (Rana, 2014; Lanphear et al, 2005; Ronchetti et al, 2006) kunnen verband houden met hormoonverstorende eigenschappen van lood.
- Lood als totale groep wordt geklasseerd als mogelijk kankerverwekkend (2B), anorganisch lood wordt geklasseerd door IARC (2006) als waarschijnlijk kankerverwekkend (groep 2A), organisch lood is niet klasseerbaar (groep 3).
- Geen DNEL/DMEL voor inhalatie bepaald
- Het loodgehalte in bloed daalt verder ten opzichte van de vorige Vlaamse campagnes. 12% van de deelnemers overschrijden de meest strenge gezondheidkundige toetsingswaarde. Alle meetwaarden liggen onder de minder strenge toetsingswaarde (50 µg/L). Bloedwaarden gemeten in België zijn gelijkend op deze gemeten in andere westerse landen ([Steunpunt milieu & gezondheid, 2020](#); [Steunpunt milieu & gezondheid, 2021](#))
- Milieukwaliteitsnormen (andere dan lucht/depositie) voor [water](#), [waterbodem](#), [grondwater](#), [bodem](#)

## 7. Huidige regelgeving en beleid lucht

- Huidige algemene emissiegrenswaarde: loodverbindingen 5 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 25 g/u
  - Alkylloodverbindingen 20 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 100 g/u
- EU jaargemiddelde grenswaarde voor lucht is 0,5 µg/m<sup>3</sup> (2024/2881/EU), net als de WGO-advieswaarde
- [Milieukwaliteitsnorm](#) (jaargemiddelde waarden) voor stofneerslag (depositie) lood traden in werking op 1/1/2024
  - richtwaarde 175 µg/m<sup>2</sup>.dag (indicatieve [overschrijding](#) in 2023 t.h.v. industriegebied)
  - grenswaarde 2100 µg/m<sup>2</sup>.dag (behaald in 2023)
- De Vlaamse gezondheidkundige advieswaarde voor gebruik in milieueffectrapporten is 0,15 µg/m<sup>3</sup> voor lood in omgevingslucht, gebaseerd op neurologische effecten ([Agentschap Zorg & Gezondheid, 2017](#))
- Het [Vlaams Luchtbeleidsplan 2030](#) bevat maatregelen voor de verbetering van de luchtkwaliteit in Vlaanderen. Algemene maatregelen om de uitstoot, concentratie en depositie van zware metalen te verlagen komen niet aan bod, omdat een verhoogde uitstoot en blootstelling zich

voordoet in specifieke zones. Voor de specifieke zones werden er met de betrokken bedrijven actieplannen opgesteld o.a. voor [Hoboken](#). (VMM, 2024)

- Aandeel algemene emissiegrenswaarden:
  - Industrie (45%) en transport (47%, vooral door niet-uitlaatemissies (remmen) van wegverkeer) zijn de belangrijkste bronnen van luchtmissies van lood. Het aandeel van de energiesector is beperkt (1,7%). (VMM, 2024)
  - Het aandeel van de IMJV-emissies onder toepassingsgebied van de AEGW is moeilijk in te schatten zonder diepgaande analyse. Ca. 60% van de luchtmissies (2958 kg/jaar) valt waarschijnlijk niet onder sectorale EGW. Daarenboven omvat de sector met de 2<sup>e</sup> grootste uitstoot (1876 kg/jaar gemiddeld 2019-2021) activiteiten met en zonder sectorale EGW, waardoor dit aandeel waarschijnlijk een onderschatting is.



**Figuur 11: Luchtemissies lood per sector in kg/jaar. Bron: VMM**

## 8. Meetmethoden en monitoring

- Beschikbare [meetmethoden](#) voor emissies:
  - [LUC/I/002](#) voor de stofvormige fractie aan metalen
    - In het algemeen moet een meetmethode in het kader van Vlarem toepasbaar zijn tussen 0,1 keer en 3 keer de emissiegrenswaarde.
  - [LUC/III/010](#) voor het totaalgehalte aan metalen (som van de stofvormige- en gasvormige fractie)
    - Meetbereik van 0,005 tot 0,5 mg/m<sup>3</sup> voor som van metalen (Sb, As, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Mn, Ni, Tl en V; ook toepasbaar voor Se en Sn) (referentie verbranding van huishoudelijke en gevaarlijke afvalstoffen)
    - In het algemeen moet een meetmethode in het kader van Vlarem toepasbaar zijn tussen 0,1 keer en 3 keer de emissiegrenswaarde.
  - Er is geen specifieke LUC-meetmethode voor alkylloodverbindingen. Aangezien alkylloodverbindingen doorgaans vluchtig zijn, is LUC/I/002 niet aangewezen. Hoewel EN14385, waarop LUC/III/010 gebaseerd is, technisch geschikt is om totaalmetalen te bemonsteren en te analyseren, vallen specifieke organometalen zoals alkyllood niet binnen het gevalideerde toepassingsgebied van deze norm. Praktisch gezien kan de norm gebruikt worden voor totaal lood, maar biedt deze geen garantie voor een volledige opvang van vluchtige organometalen. Voor zover er relevante emissies van

alkylloodverbindingen plaatsvinden, is verder onderzoek naar een geschikte meetmethode aangewezen.

## 9. Beschikbare emissiereductietechnieken

- In aanvulling op bron- en procestechnieken, zijn diverse (end-of-pipe) nabehandelingstechnieken beschikbaar voor verwijdering van zware metalen zoals lood, zoals (niet limitatief):
  - Stofverwijdering, bv. [doekfilter](#), [natte elektrostatische precipitator](#), [droge elektrostatische precipitator](#) of [stofwassing](#)
  - Adsorptie, bv. door geïmpregneerd [actief kool](#)
- Keuze van techniek hangt af van onder meer samenstelling en eigenschappen gasstroom en ingaande concentratie. Ook combinaties van technieken kunnen aangewezen zijn, bv. om een hoog verwijderingsrendement te halen, of fluctuaties in concentraties op te vangen, bv. adsorptie nageschakeld na andere behandelingstechniek. [LUSS](#) kan gebruikt worden voor eerste screening van mogelijke techniekreinen.
- Werkingsgraad en eindconcentratie sterk afhankelijk van omstandigheden en gekozen techniek, maar volgende emissieniveaus worden gerapporteerd (niet limitatief):
  - BREF's (GLS, NFM, FMP): grootteorde BBT-GEN's specifiek voor loodverbindingen: <0,003 – 1,5 mg/Nm<sup>3</sup>, met als opmerkelijke zaken:
    - Laagste BBT-GEN (<0,003 mg/Nm<sup>3</sup>) bij FMP, diverse mechanische bewerkingen bij koudwalsen door doekenfilter. Bij gelijkaardige mechanische bewerkingen bij warmwalsen is het BBT-GEN 0,01-0,035 mg/Nm<sup>3</sup>, door één of combinatie van ESP, doekenfilter en/of natte wassing.
    - Hoogste BBT-GEN < 1-1,5 mg/Nm<sup>3</sup> bij GLS, nabewerkingsprocessen van loodkristal, door gebruik van doekfilter. Bij smeltovens is het BBT-GEN <0,5-1 mg/Nm<sup>3</sup>, door één of combinatie van doekfilter, elektrostatische stofvanger, en/of droge of halfdroge wassing in combinatie met een filtersysteem.
  - BREF's (CLM, GLS, LCP, WI): grootteorde BBT-GEN's voor som van metalen, waaronder lood: 0,003 - 5 mg/Nm<sup>3</sup>, met als opmerkelijke zaken:
    - Hoogste BBT-GEN (<5 mg/Nm<sup>3</sup> voor Pb + As + Co + Ni + Cd + Se + Cr VI + Sb + Cr III + Cu + Mn + V + Sn) bij [GLS](#), diverse processen emissies, met als beschreven nabehandelingstechnieken (één of combinatie): filtersysteem (doekfilter of elektrostatische precipitator), droge of halfdroge wassing met filtersysteem, natte wassing.
    - Laagste BBT-GEN voor deeltjesgebonden metalen (<0,025 mg/Nm<sup>3</sup> Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V) bij [LCP](#), vergassing - gecombineerde stoom- en gasturbine (STEG) van minstens 100 MW<sub>th</sub>, door één of combinatie van technieken stoffiltratie, afscheiding van teer en as met cyclonen en/of natte gaswassing. Ook de laagste BBT-GEN ondergrens over alle BREF's heen (0,005 mg/Nm<sup>3</sup>) geldt voor deze som van deeltjesgebonden metalen, bij meeverbranding van afval met kool/ligniet.
    - Laagste BBT-GEN voor totale metalen (0,01-0,3 mg/Nm<sup>3</sup> voor Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V) bij [WI](#), algemeen voor verbranding van afval, door één of een combinatie van doekfilter, elektrostatisch filter, injectie van (semi-)droog adsorbent, natte gaswasser en/of vast- of bewegebbedadsorptie.
  - [IPLO Factsheets](#) (NL):
    - Geen technieken specifiek voor lood of zware metalen in het algemeen

## 10. Overwegingen voor EGW

- Duitsland AEGW [TA Luft 2021](#):
  - Lood en zijn verbindingen 0,5 mg/m<sup>3</sup> vanaf 2,5 g/u
  - Alkylloodverbindingen en basisch loodacetaat 20 mg/m<sup>3</sup> vanaf 100 g/u
- Nederland AEGW loodverbindingen 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,075 kg/jaar
- Frankrijk AEGW loodverbindingen 0,5 mg/Nm<sup>3</sup>
- Referentiewaarden kosteneffectiviteit luchtemissies
  - Marginale schadekosten [EEA](#) (2021) – EU gemiddelde: 46.231 €/kg
  - Milieuprijzen [CE Delft](#) (2023) – Nederland: 19.664 €/kg (onder) / 29.078 €/kg (centraal) / 43.810 €/kg (boven)
- Geen overschrijding EU grenswaarde (500 ng/m<sup>3</sup>) in Vlaanderen
  - Rond industrie in Hoboken en Beerse wel overschrijding van GAW (150 ng/m<sup>3</sup>), elders in Vlaanderen veel lagere luchtconcentraties
- Lood is reprotoxisch, GAW is gebaseerd op niet-carcinogeen effect. Persistent in het milieu.
- Meer dan 60% van de IMJV-luchtemissies te linken aan inrichtingen/activiteiten onder toepassingsgebied AEGW. De IMJV-luchtemissies vormen ongeveer de 70% van de geschatte industriële emissies. Van de bijschattingen is niet geweten of ze onder het toepassingsgebied AEGW vallen.
- Huidige grensmassastroom (25 g/u ~ 50 à 200 kg/jaar) equivalente grootteorde IMJV-rapportagedrempel (150 kg/jaar)
- Verhouding AEGW/GAW (33 duizend) relatief laag t.o.v. andere ZS.
- Laagste toetsingswaarde humane biomonitoring overschreden door 12% deelnemers, hoogste toetsingswaarde door geen van de deelnemers.

## 11. Opties AEGW en aanbeveling

- a. Behoud huidige AEGW 5 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 25 g/u (= punt 14° van huidige AEGW), behalve voor alkylloodverbindingen AEGW 20 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 100 g/u (= punt 9° huidige AEGW)
  - Evident haalbaar voor ingedeelde inrichtingen
  - Komt overeen met hoogste bovengrens BBT-GEN uit BREF's voor som van metalen (GLS)
- b. Aanpassing naar AEGW 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 5 g/u, mét afwijkingsmogelijkheid tot 5 mg/Nm<sup>3</sup> (zowel voor loodverbindingen als alkylloodverbindingen)
  - Komt qua AEGW en GMS overeen met punt 13° huidige AEGW (bevat o.a. nikkel en arseen). Kan gezien worden als redelijk en pragmatisch compromis.
  - Afwijkingsmogelijkheid tot huidige AEGW (niet huidige GMS) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
  - AEGW en GMS liggen hoger dan in NL en DE (op alkylloodverbindingen na voor DE).
  - Algemeen technisch haalbaar, en ligt in lijn met emissieniveaus BREF's.
- c. **Aanpassing naar AEGW 0,5 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 2,5 g/u, mét afwijkingsmogelijkheid tot 5 mg/Nm<sup>3</sup> (zowel voor loodverbindingen als alkylloodverbindingen)**
  - Komt overeen met AEGW in FR en DE, en met GMS in DE. AEGW en GMS liggen hoger dan in NL.
  - Komt qua AEGW en GMS niet overeen met een punt uit huidige AEGW (ligt tussen 12° - bevat o.a. kwik en cadmium – en 13° bevat o.a. nikkel en arseen).
  - Algemeen technisch haalbaar, en ligt in lijn met emissieniveaus BREF's.
  - In vergelijking met vorige optie (b), lagere AEGW en GMS, dus eerder hoger niveau van bescherming, maar ook hogere kans op buitensporige kosten of cross-media effecten. Echter identieke afwijkingsmogelijkheid. Kan gezien worden als redelijk en pragmatisch compromis.
- d. **Aanpassing naar AEGW 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 0,5 g/u, mét afwijkingsmogelijkheid tot 5 mg/Nm<sup>3</sup> (zowel voor loodverbindingen als alkylloodverbindingen)**

- Komt overeen met punt 6° huidige AEGW (bevat o.a. beryllium).
  - Licht beperkt lager dan AEGW DE en FR en beperkt hoger dan NL.
  - Gelijkschakeling met voorstellen voor andere zware metalen zoals arseen, nikkel, en cadmium.
  - Algemene technische haalbaarheid moeilijk in te schatten op basis van BREF's. Sommige BBT-GEN liggen aanzienlijk lager, sommige aanzienlijk hoger.
  - In vergelijking met vorige optie (c), lagere AEGW en GMS, dus eerder hoger niveau van bescherming, maar ook hogere kans op buitensporige kosten of cross-media effecten. Echter identieke afwijkingsmogelijkheid.
- e. Aanpassing naar AEGW 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 0,15 g/u, mét afwijkingsmogelijkheid tot 5 mg/Nm<sup>3</sup> (zowel voor loodverbindingen als alkylloodverbindingen)
- Komt qua AEGW overeen met NL. GMS moeilijk te vergelijken met NL (jaarwaarde in NL). AEGW en GMS veel lager dan DE.
  - Lager dan eender welke huidige VLAREM AEGW.
  - Algemene technische haalbaarheid moeilijk in te schatten op basis van BREF's. Sommige BBT-GEN liggen aanzienlijk lager, sommige aanzienlijk hoger.
  - Afwijkingsmogelijkheid tot huidige AEGW (niet huidige GMS) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
- f. Aanpassing naar AEGW 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 5 g/u, zonder afwijkingsmogelijkheid (= verhuizen naar punt 13° van huidige AEGW) – zowel voor loodverbindingen als alkylloodverbindingen
- Behoud van het 'vangnet'-principe.
  - Algemeen technisch haalbaar, en ligt in lijn met emissieniveaus BREF's
  - Overgangsperiode mogelijk
- **Aanbeveling: optie c of d. Er is geen consensus over welke van beide opties de voorkeur geniet, en er zijn voor beide opties valide argumenten:**
    - Zowel optie c als d vormen een redelijk compromis, rekening houdende met de afwijkingsmogelijkheid. Op die manier is er een combinatie van een hoog algemeen beschermingsniveau, met voldoende flexibiliteit in geval van buitensporige kosten of cross-media effecten.
    - Het voornaamste argument voor optie d (0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u) is dat dit zorgt voor gelijkschakeling met andere zware metalen (bv. arseen, nikkel, cadmium) met vergelijkbare gevareneigenschappen (zoals in NL) en met vergelijkbare technische haalbaarheid qua emissiebeperking, wat beleidsmatig consistent en verdedigbaar is.
    - De voornaamste argumenten voor optie c (0,5 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 2,5 g/u) zijn dat dit meer rekening houdt met de gezondheidkundige advieswaarde voor lood die hoger ligt dan die voor de andere genoemde metalen, en de AEGW in DE en FR hoger liggen dan voor andere genoemde metalen. Ook optie C houdt een significante aanscherping (factor 10) ten opzichte van de huidige situatie in.
    - Optie c lijkt algemeen technisch haalbaar en ligt in lijn met de BREF emissieniveaus. Het introduceert in praktijk een nieuw punt °(x) in de AEGW, met als voordeel dat het overeenkomt met AEGW in DE en FR. Het scherpt AEGW en GMS met factor 10 aan (factor 40 voor alkylloodverbindingen), en reflecteert de mate van risico waargenomen in humane biomonitoring en omgevingslucht.
    - De algemene haalbaarheid van optie d is minder zeker. Ze is moeilijk af te toetsen aan de BREF emissieniveaus, en is bv. lager dan de AEGW in DE en FR, maar wel hoger dan de NL AEGW. Echter, in tegenstelling tot optie c komt het wel overeen met een bestaand punt uit de huidige AEGW (nl. punt 6°)

## 12. Kennishiaten en onderzoeksbehoeften

- Kosten-baten impact van optie c vs optie d.
- Toxicologische en meettechnische relevantie van eventueel onderscheid tussen loodverbindingen en alkylloodverbindingen.
- Gevalideerde meetmethode voor vluchtige loodverbindingen zoals alkylloodverbindingen.
- Prioriteit sectorale, bijzondere en gebiedsgerichte normen/maatregelen in bepaalde industriegebieden en sectoren, bv. ferro- en non-ferrosector onderzoeken.

## FICHE BENZEEN

### 1. Identificatie en classificatie

- Benzeen - CAS-nummer 71-43-2
- ZS-criteria en classificatie:
  - Carcinogeen 1A
  - Mutageen 1B
- Specifieke concentratiegrens voor CLP-indeling: geen

### 2. Fysisch-chemische eigenschappen

- Vloeistof bij kamertemperatuur
- Smeltpunt 5,5°C
- Kookpunt 80,1°C
- Densiteit 0,876 bij 20°C
- Dampdruk 94 hPa bij 20°C (=VOS)
- Oplosbaarheid in water 1,88 g/L bij 23,5°C en pH7 (slecht oplosbaar)

### 3. Voorkomen en gebruik

- Natuurlijke bronnen van benzeen zijn bosbranden en actieve vulkanen.
- Benzeen is aanwezig in ruwe olie, benzine en sigarettenrook.
- Benzeen wordt als chemische stof gewonnen uit petroleum. In de chemie is benzeen een grondstof voor de productie van een heel breed gamma van verbruiksproducten zoals plastic, rubber, verven, lijmen, was, nylon en andere synthetische vezels, detergenten, pesticiden en geneesmiddelen. Daarnaast heeft benzeen ook enkele toepassingen in de geneeskunde en wetenschappelijk onderzoek o.a. als grondstof voor de productie van radiografie films. ([Steunpunt milieu & gezondheid](#), 2019)
- [REACH restrictie bijlage XVII](#) voor:
  - Beperkt tot 5 mg/kg in kledingstukken of -accessoires, schoeisel en andere textielwaren die in vergelijkbare mate in aanraking komen met menselijke huid. Uitzonderingen zoals leder, tapijten en vloerbedekking, medische hulpmiddelen en persoonlijke beschermingsmiddelen
  - Beperkt tot 5 mg/kg in speelgoed(onderdelen)
  - Mag niet in handel gebracht worden of gebruikt als stof, of als bestanddeel van andere stoffen of mengsels, in een concentratie van 0,1 gewichtsprocent of meer. Uitzonderingen brandstoffen benzine (grenswaarde 1 vol% volgens Richtlijn [98/70/EG](#)) en diesel; stoffen en mengsels die bestemd zijn om te worden gebruikt in industriële procedés waarbij geen grotere benzeenemissie kan plaatsvinden dan is voorzien in de bestaande wetgeving; en aardgas voor consumenten (grens 0,1 volumeprocent)
- Geen opname in [REACH autorisatielijst bijlage XIV](#)

### 4. Bronnen en blootstelling

- Dagelijkse blootstelling aan kleine hoeveelheden benzeen algemene bevolking, voornamelijk via inademen.
- Voornaamste bronnen:
  - Tabaksrook
  - Benzinestations
  - uitlaatgassen van auto's
  - industriële emissies
  - lijmen
  - verven
  - boenwas
  - detergenten
- Blootstelling langs orale weg (via drinkwater of levensmiddelen) is eveneens mogelijk, maar inademing is doorgaans een belangrijkere blootstellingroute dan orale blootstelling. Benzeen kan in voeding terechtkomen o.a. via lekkage uit verpakkingsmaterialen of bewaarmilieu, via verontreinigd water of gevormd worden tijdens bestralingsprocessen. Gecontamineerd koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) werd eerder al als benzeenbron in bier beschreven. Bij een controle van voedingstalen die op de Belgische markt aanwezig waren, werd benzeen voornamelijk gedetecteerd in bereide voedingswaren zoals ingeblikte of gerookte vis en in mindere mate in vers vlees, vis of eieren.
- Binnenshuis zijn de benzeen concentraties meestal hoger dan buitenshuis. Binnenhuismaatregelen zoals de invoer van een rookverbod in publieke gebouwen dragen vermoedelijk ook bij tot een dalende blootstelling aan benzeen.
- In de buurt van afvalstorten die benzeen bevatten, petroleumraffinaderijen, petrochemische industrie en benzinestations wordt men blootgesteld aan hogere concentraties benzeen in de lucht.
- Benzeen kan ook in het grondwater terechtkomen door lekkende opslagtanks of door uitspoeling van een afvalstort. Op die manier kan men blootgesteld worden via inslikken.
- Benzeen kan via vervuild water of vervuilde grond ook in de lucht terechtkomen door verdamping.
- De [benzeenconcentraties](#) in de lucht daalden sinds 2000, dankzij de vermindering van het benzeengehalte in de benzine, de invoer van de driewegkatalysator in voertuigen en de richtlijnen voor damprecuperatie voor benzinestations. Sinds 2020 zijn de luchtconcentraties constant.
- Van de gerapporteerde emissies in IMJV's, was 100% luchtemissies (49,4 ton/jaar gemiddeld 2019-2021).

## 5. Milieugedrag en verspreiding

- Fototransformatie in lucht: dissipatiehalfwaardetijd 5,5 – 13,4 dagen ([ECHA](#))
- Bioaccumulatiefactor 13, laag ([ECHA](#))
- Gemakkelijk biologisch afbreekbaar in water ([ECHA](#))
- Hogere concentratie in steden en industriegebieden dan in landelijke gebieden

## 6. Gezondheids- en milieueffecten (VMM, 2024; Steunpunt milieu&gezondheid, 2019; Steunpunt milieu & gezondheid, 2021)

- Benzeen dat in je lichaam terechtkomt na inademing, door inslikken of via huidcontact, wordt voor de helft opgenomen in de bloedsomloop. Eens in het lichaam kan de stof opgeslagen worden in beenmerg en vetweefsel. Op die plaatsen wordt het omgezet naar andere producten die op hun beurt ook schadelijke effecten kunnen veroorzaken. De meeste afbraakproducten verlaten je lichaam binnen de 48 uur na blootstelling.

- Het kan tijdelijke klachten veroorzaken zoals hoofdpijn, vermoeidheid, en irritatie van de neus, keel en ogen.
- Langdurige blootstelling aan benzeen verhoogt het risico op kanker, in het bijzonder leukemie (kanker van bloedvormende organen). Voor kankerverwekkende stoffen geldt: hoe lager het gehalte, hoe kleiner het gezondheidsrisico
- VOS draagt bij tot de vorming van ozon en secundair fijn stof, wat schadelijk is voor de gezondheid, gewassen en materialen.
- Herhaalde blootstelling aan benzeen schadelijk is voor de cellen van het beenmerg en het bloedvormend systeem. Daardoor kan de normale bloedvorming verstoord worden, zodat bloedarmoede en bloedingen kunnen ontstaan.
- Ongeveer 2% van de totale benzeen opname wordt via urine uitgescheiden als t,t-muconzuur. T,t-muconzuur wordt gemeten in urine en geeft een beeld van de blootstelling aan benzeen tijdens de uren tot dagen voor de staalname (acute blootstelling).
- In de Vlaamse humane biomonitoringsstudies werden significante verbanden gevonden tussen blootstelling aan benzeen en schade aan het DNA bij jongeren, het kortetermijngeheugen en immunologische markers.
- Voor kinderen is binnenhuislucht de voornaamste bron van benzeen blootstelling. Vrouwen nemen meer benzeen op per kg lichaamsgewicht dan mannen.
- Benzeen kan door de placentabarrière, wordt teruggevonden in navelstrengbloed in gehalten gelijk of groter dan deze in het bloed van de moeder en wordt terug gevonden in moedermelk.
- In Vlaanderen daalden de concentraties van de benzeenmarker in urine over de afgelopen 20 jaar. Deze daling ligt in de lijn van de externe milieumetingen waar dalende concentraties worden vastgesteld. In de laatste campagne (2018) stijgt de urinemerker echter weer. Vergelijkbare trends met emissiewaarden.
- Derived No Effect Level
  - Algemene bevolking 140 µg/m<sup>3</sup> (langetermijn)
  - Beroepsmatige blootstelling 800 µg/m<sup>3</sup> (langetermijn)
- Vlaams [Binnenmilieubesluit](#):
  - Interventiewaarde 0,4 µg/m<sup>3</sup> (chronisch) – van toepassing als concentratie buitenlucht ≤ 0,4 µg/m<sup>3</sup>, anders buitenconcentratie als interventiewaarde
  - Richtwaarde: geen
- [Drinkwaternorm](#) 1 µg/L; 100% analyses conform
- Milieukwaliteitsnormen (andere dan lucht/depositie) voor [water](#), [waterbodem](#), [bodem](#)

## 7. Huidige regelgeving en beleid lucht

- Huidige algemene emissiegrenswaarde: 5 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 25 g/u
- Milieukwaliteitsnormen voor lucht
  - 5 µg/m<sup>3</sup> (grenswaarde jaargemiddelde o.b.v. uur- en dagwaarden)
    - [Vanaf 2030](#): 3,4 µg/m<sup>3</sup>
  - 50 µg/m<sup>3</sup> (jaargrenswaarde als P98 o.b.v. dagwaarden)
  - Beide VLAREM-grenswaarden voor benzeen [werden gehaald in 2022](#) op alle meetplaatsen
- Gezondheidskundige advieswaarde voor MER: 0,038 µg/m<sup>3</sup>, [gebaseerd op carcinogeen effect](#)
- Het [Vlaams Luchtbeleidsplan 2030](#) bevat maatregelen voor de verbetering van de luchtkwaliteit in Vlaanderen. Naast wegverkeer als belangrijkste bron, stipt het aan dat de uitstoot vanuit de industrie geconcentreerder is, en wijst het op mogelijke onderschatting van diffuse bronnen, en het belang van o.a. raffinaderijen, (petro)chemische bedrijven en opslagtanks. Het refereert naar WGO inschatting van het aantal extra kankergevallen bij een levenslange blootstelling aan een bepaalde concentratie, voor benzeen is dit 1 op 1.000.000 bij

0,17 µg/m<sup>3</sup> (aanzienlijk hoger dan de hierboven vermelde GAW). Verder vermeldt het horizontaal onderzoek naar potentieel reductie benzeenemissies in de periode 2018-2020.

- Van deze IMJV luchtemissies is ongeveer 41% (20,2 ton/jaar gemiddeld 2019-2021) afkomstig van activiteiten onder toepassingsgebied van de AEGW. Het aandeel t.o.v. de totale Vlaamse luchtemissies is niet gekend.

## 8. Meetmethoden en monitoring

- Beschikbare [meetmethoden](#) voor emissies:
  - LUC/IV/000
  - LUC/IV/001 (detectielimiet 10 pg)

## 9. Beschikbare emissiereductietechnieken

- In aanvulling op bron- en procestechnieken, zijn diverse (end-of-pipe) nabehandelingstechnieken beschikbaar voor verwijdering van vluchtige organische stoffen zoals benzeen, zoals (niet limitatief):
  - Adsorptie, bv. door [actief kool](#)
  - Biologische zuivering, bv. door een [biowasser](#) of [biofilter](#)
  - Koude oxidatie, bv. door [foto-oxidatie](#) of [ionisatie](#) (koud plasma)
  - [Gaswasser](#) (absorptie)
  - ([opconcentratie](#) gevolgd door) ([regeneratieve](#)) [thermische oxidatie](#) of [katalytische oxidatie](#)
  - [Condensatie](#)
- Keuze van techniek hangt af van onder meer samenstelling en eigenschappen gasstroom en ingaande concentratie. Ook combinaties van technieken kunnen aangewezen zijn, bv. om een hoog verwijderingsrendement te halen, of fluctuaties in concentraties op te vangen, bv. adsorptie nageschakeld na andere behandelingstechniek. [LUSS](#) kan gebruikt worden voor eerste screening van mogelijke techniektrainen.
- Werkingsgraad en eindconcentratie sterk afhankelijk van omstandigheden en gekozen techniek, maar volgende emissieniveaus worden gerapporteerd (niet limitatief):
  - BREF's (LVOC, REF, WGC en SF): grootteorde BBT-GEN's voor benzeen: <0,5 – 2 mg/Nm<sup>3</sup>, met als opmerkelijke zaken:
    - Laagste BBT-GEN <0,5 – 1 mg/m<sup>3</sup> bij [WGC](#), vanaf bv. 1 g/u., door één of combinatie van technieken adsorptie, absorptie, katalytische oxidatie, condensatie, thermische oxidatie en/of bioprocessen.
    - Hoogste BBT-GEN <1 – 2 mg/Nm<sup>3</sup> bij SF, gieterijen - maken van kernen en verloren vormen. Dit met gebruik van één of combinatie van doekfilter, natte gaswassing, adsorptie, thermische oxidatie en/of katalytische oxidatie.
    - BBT-GEN <1 mg/Nm<sup>3</sup> bij LVOC en REF. De BBT-GEN van de verschillende BREF's liggen dus dicht bij elkaar.
  - Vlaamse BBT-studie asfaltcentrales: BBT-GEN 0,01 – 1 mg/Nm<sup>3</sup> voor indirecte verwarming, geen BBT-GEN voor directe verwarming.
  - [IPLO Factsheets](#) (NL):
    - Geen technieken specifiek voor benzeen, wel voor VOS in het algemeen

## 10. Overwegingen voor EGW

- Duitsland AEGW [TA Luft 2021](#) benzeen 0,5 mg/m<sup>3</sup> vanaf 1,5 g/u
- Nederland AEGW benzeen 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 1,25 kg/jaar
- Frankrijk AEGW benzeen 1 mg/Nm<sup>3</sup>
- Referentiewaarden kosteneffectiviteit luchtemissies
  - Marginale schadekosten [EEA](#) (2021) – België: 1,58 €/kg

- Milieuprijzen [CE Delft](#) (2023) – Nederland: 0,243 €/kg (onder) / 0,366 €/kg (centraal) / 0,543 €/kg (boven)
- Geen overschrijding EU jaargemiddelde grenswaarde ( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in Vlaanderen, en ook niet van P98 grenswaarde ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
  - Wel [overschrijding](#) van GAW ( $0,038 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en equivalente WGO-referentiewaarde ( $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), zowel in industriegebied als in woongebied (bv. Zelzate)
- Benzeen is kankerverwekkend en mutageen, GAW is gebaseerd op carcinogeen effect.
- Niet persistent in het milieu.
- 41% van de IMJV-luchtemissies te linken aan inrichtingen/activiteiten onder toepassingsgebied AEGW.
- Huidige grensmassaastroom ( $25 \text{ g/u} \sim 50 \text{ à } 200 \text{ kg/jaar}$ ) equivalente grootteorde IMJV-rapportagedrempel ( $100 \text{ kg/jaar}$ )
- Verhouding AEGW/GAW (132 duizend) relatief laag t.o.v. andere ZS.
- Daling concentraties humane biomonitoring op lange termijn, echter stijging tussen 2 meest recente campagnes (2018). Geen gezondheidskundige toetsingswaarde beschikbaar.

## 11. Opties AEGW en aanbeveling

- a. Behoud huidige AEGW  $5 \text{ mg}/\text{Nm}^3$  vanaf GMS  $25 \text{ g/u}$  (= punt 8° van huidige AEGW)
    - Evident haalbaar voor ingedeelde inrichtingen
  - b. **Aanpassing naar AEGW  $1 \text{ mg}/\text{Nm}^3$  vanaf GMS  $5 \text{ g/u}$ , mét afwijkingsmogelijkheid tot  $5 \text{ mg}/\text{Nm}^3$** 
    - Komt qua AEGW en GMS overeen met punt 7° huidige AEGW. Kan gezien worden als redelijk en pragmatisch compromis.
    - AEGW komt overeen met NL en FR. AEGW en GMS liggen hoger dan in DE.
    - Algemeen technisch haalbaar, en ligt in lijn met emissieniveaus BREF's.
    - Afwijkingsmogelijkheid tot huidige AEGW (niet huidige GMS) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
  - c. Aanpassing naar AEGW  $0,5 \text{ mg}/\text{Nm}^3$  vanaf GMS  $1,5 \text{ g/u}$ , mét afwijkingsmogelijkheid tot  $5 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ 
    - Komt overeen met AEGW en GMS in DE.
    - Komt qua AEGW en GMS overeen niet overeen met een punt uit huidige AEGW (ligt tussen 7° en 8°).
    - Ligt in lijn met ondergrens emissieniveaus BREF's.
    - In vergelijking met vorige optie (b), lagere AEGW en GMS, dus eerder hoger niveau van bescherming, maar ook hogere kans op buitensporige kosten of cross-media effecten. Echter identieke afwijkingsmogelijkheid. Kan gezien worden als redelijk en pragmatisch compromis.
  - d. Aanpassing naar AEGW  $1 \text{ mg}/\text{Nm}^3$  vanaf GMS  $5 \text{ g/u}$ , zonder afwijkingsmogelijkheid (= verhuizen naar punt 7° van huidige AEGW)
    - Behoud van het 'vangnet'-principe.
    - Algemeen technisch haalbaar, en ligt in lijn met emissieniveaus BREF's
    - Overgangperiode mogelijk
- **Aanbeveling: optie b**
    - Algemeen technisch haalbaar
    - Verschil tussen optie b en c is beperkt. Optie b komt overeen met bestaande groep 8° uit de huidige AEGW en met deze in NL en FR, terwijl optie c in praktijk een nieuw punt °(x) in de AEGW introduceert, en overeenkomt met AEGW in DE.
    - Optie b scherpt AEGW en GMS met factor 5 aan. Het reflecteert de mate van risico waargenomen in omgevingslucht, maar ook het typisch hogere emissieniveau van

vluchtige (organische) stoffen t.o.v. niet-vluchtige stoffen, zoals zware metalen, in buitenlandse wetgeving en BREF's.

- Optie b lijkt het beste compromis, rekening houdende met de afwijkmogelijkheid. Op die manier biedt het een combinatie van een hoog algemeen beschermingsniveau, met voldoende flexibiliteit in geval van buitensporige kosten of cross-media effecten.

## 12. Kennishiaten en onderzoeksbehoeften

- Gezondheidskundige toetsingswaarde voor humane biomonitoring, en relatieve bijdrage van luchtemissies, en bij uitbreiding van de emissies geregeld door de AEGW.

### FICHE FORMALDEHYDE

#### 1. Identificatie en classificatie

- Formaldehyde - CAS-nummer 50-00-0
- ZS-criteria en classificatie:
  - Carcinogeen 1B (H350)

#### 2. Fysisch-chemische eigenschappen

- Gas bij kamertemperatuur
- Kookpunt -21°C
- Oplosbaarheid in water 400-550 g/L bij 20°C
- Relatieve dichtheid 0,81 bij 20°C
- Verdeling lucht/water: 98,8% water, 1,2% lucht

#### 3. Voorkomen en gebruik ([ECHA](#), [papierpraat factsheet](#), [US EPA](#), [UK Health Security Agency](#))

- [Gebruikt](#) in lijmen en kitten, coatingproducten, vulmiddelen, plamuur, pleisters, boetseerlei, inkt en toners, polymeren, biociden (bijv. ontsmettingsmiddelen, ongediertebestrijdingsmiddelen), brandstoffen, poetsmiddelen en wassen, was- en schoonmaakmiddelen en cosmetica en persoonlijke verzorgingsproducten.
- Roken zorgt ook voor vrijzetting van relatief grote concentraties formaldehyde. Daarnaast kan formaldehyde ook in parketvernissen, verven, cosmetica (bv. shampoos, deodorants) en textiel (bv. gordijnen) voorkomen.
- Gebruik binnenshuis (bijv. machinewasvloeistoffen/-wasmiddelen, verzorgingsproducten voor auto's, verf en coatings of lijmen, parfums en luchtverfrissers), gebruik buitenshuis, gebruik buitenshuis in materialen met een lange levensduur en een lage emissiesnelheid (bijv. metalen, houten en kunststof constructie- en bouwmaterialen) en gebruik binnenshuis in materialen met een lange levensduur en een lage emissiesnelheid (bijv. vloeren, meubels, speelgoed, bouwmaterialen, gordijnen, schoeisel, lederwaren, papier- en kartonproducten<sup>54</sup>, elektronische apparatuur). Formaldehyde komt onder andere voor in lijmen en harsen die gebruikt worden bij de productie van spaanplaten en houtpanelen en voorgelijmde vloerbekleding of behangpapier. Ook ureumformaldehydeschuim (UF) voor spouwmuurisolatie kan formaldehyde bevatten.

<sup>54</sup> De sector geeft aan dat, met uitzondering van boeken en behangpapier, papier- en kartonproducten meestal producten met een korte levensduur zijn (bv. verpakkingen, dagbladeren, magazines).

- Deze stof kan worden aangetroffen in producten met materiaal op basis van: plastic (bijv. voedselverpakkingen en -opslag, speelgoed, mobiele telefoons), papier (bijv. tissues, vrouwelijke hygiëneproducten, luiers, boeken, tijdschriften, behang), leer (bijv. handschoenen, schoenen, portemonnees, meubels), stoffen, textiel en kleding (bijv. kleding, matrassen, gordijnen of tapijten, textielspeelgoed), rubber (bijv. banden, schoenen, speelgoed), hout (bijv. vloeren, meubels, speelgoed) en metaal (bijv. bestek, pannen, speelgoed, sieraden).
- Het komt in de handel voor als formaline, een oplossing van formaldehyde en water.
- [REACH restrictie bijlage XVII](#) voor:
  - beperkingen op concentratie formaldehyde die mag vrijkomen uit voorwerpen met formaldehyde en formaldehydeafgevende stoffen voor gebruik in binnenhuismilieu
  - Beperkt tot 75 mg/kg in kledingstukken of -accessoires, schoeisel en andere textielwaren die in vergelijkbare mate in aanraking komen met menselijke huid. Uitzonderingen zoals leder, tapijten en vloerbedekking, medische hulpmiddelen en persoonlijke beschermingsmiddelen
- Geen opname in [REACH autorisatielijst bijlage XIV](#)

#### 4. Bronnen en blootstelling

- Vrijgave van deze stof aan het milieu kan optreden bij industrieel gebruik: industriële schuurbewerking met lage vrijgavesnelheid (bijv. snijden van textiel, snijden, bewerken of slijpen van metaal).
- Andere vrijgave van deze stof aan het milieu kan waarschijnlijk optreden bij hierboven genoemde materialen.
- Formaldehyde lost gemakkelijk op in water. Bij inademing van formaldehydedampen kan dus een groot gedeelte gebonden worden aan slijmvliesen van ogen en bovenste luchtwegen. Kleine hoeveelheden kunnen in het bloed worden opgenomen maar breken heel snel af.
- Ook via de huid kan formaldehyde opgenomen worden.
- Van de gerapporteerde emissies in IMJV's, was 100% luchtemissies (109 ton/jaar gemiddeld 2019-2021). De drempelwaarde voor rapportage luchtemissies is 100 kg/jaar.

#### 5. Milieugedrag en verspreiding

- Van alle gemeten NMVOS met samplers nam VMM in 2023 de hoogste jaargemiddelden in woonzones waar voor formaldehyde ( $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), gevolgd door acetaldehyde en aceton+acroleïne. ([VMM](#), 2024)
- Fototransformatie in lucht: dissipatiehalfwaardetijd 40,8u ([ECHA](#))
- Gemakkelijk biologisch afbreekbaar in water ([ECHA](#))
- Verdeling lucht/water: 98,8% water, 1,2% lucht ([ECHA](#))
- Bioaccumulatiefactor 0,396, zeer laag ([ECHA](#))

#### 6. Gezondheids- en milieueffecten

- Kan tijdelijke klachten veroorzaken zoals hoofdpijn, vermoeidheid, en irritatie van de neus, keel en ogen.
- Langdurige blootstelling aan VOS zoals formaldehyde verhoogt het risico op kanker. Voor formaldehyde, dat ook door het menselijk lichaam zelf wordt aangemaakt, wordt echter uitgegaan van een drempelwaarde voor carcinogene effecten ([Agentschap Zorg & Gezondheid](#), 2017)
- Formaldehyde en andere VOS kunnen op lange termijn ook effecten op de luchtwegen (bvb. astma) veroorzaken.

- VOS draagt bij tot de vorming van ozon en secundair fijn stof, wat schadelijk is voor de gezondheid, gewassen en materialen. ([VMM](#), 2024)
- Derived No Effect Level
  - Algemene bevolking
    - systemisch 3,2 mg/m<sup>3</sup> (langetermijn)
    - lokale effecten 100 µg/m<sup>3</sup> (langetermijn)
  - Beroepsmatige blootstelling
    - systemisch 9 mg/m<sup>3</sup> (langetermijn)
    - lokale effecten 375 µg/m<sup>3</sup> (langetermijn) ; 750 µg/m<sup>3</sup> (kortetermijn)
- Vlaams [Binnenmilieubesluit](#):
  - Interventiewaarde: 100 µg/m<sup>3</sup> (chronisch)
  - Richtwaarde: geen
- Geen milieukwaliteitsnormen voor water of (water)bodem

## 7. Huidige regelgeving en beleid lucht

- Huidige algemene emissiegrenswaarde: 20 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 100 g/u
- Gezondheidskundige advieswaarde voor MER: 100 µg/m<sup>3</sup>, [gebaseerd op niet-carcinogeen effect \(irritatie\)](#)
- Geen specifieke vermelding in [Vlaams luchtbeleidsplan 2030](#), wel als onderdeel van NMVOS
  - Voor NMVOS is de 2030 doelstelling van 37% daling t.o.v. 2005 reeds behaald in 2022
  - Voor NMVOS zijn vooral bij de industrie en het wegtransport belangrijke emissiereducties gerealiseerd
- Aandeel algemene emissiegrenswaarden:
  - Geen informatie over aandeel t.o.v. totale luchtmissies (enkel beschikbaar op niveau van NMVOS)
  - Van de gerapporteerde luchtmissies via IMJV's (109.366 kg gemiddeld 2019-2021), valt ca. 10% (10.868 kg gemiddeld 2019-2021) niet onder sectorale emissiegrenswaarden. Deze emissies zijn dus wellicht te linken aan activiteiten/inrichtingen onder het toepassingsgebied van de AEGW.

## 8. Meetmethoden en monitoring

- [LUC/III/004](#)
  - Aantoonbaarheidsgrens 0,01 - 0,03 mg/Nm<sup>3</sup>dr
  - Bepalingsgrens 0,02 – 0,06 mg/Nm<sup>3</sup>dr
- EN-standaard in opmaak voor emissiemetingen

## 9. Beschikbare emissiereductietechnieken

- In aanvulling op bron- en procestechnieken, zijn diverse (end-of-pipe) nabehandelingstechnieken beschikbaar voor verwijdering van vluchtige organische stoffen zoals formaldehyde, zoals (niet limitatief):
  - Adsorptie, bv. door [actief kool](#)
  - Biologische zuivering, bv. door een [biowasser](#) of [biofilter](#)
  - Koude oxidatie, bv. door [foto-oxidatie](#) of [ionisatie](#) (koud plasma)
  - [Gaswasser](#) (absorptie)
  - ([opconcentratie](#) gevolgd door) ([regeneratieve](#)) [thermische oxidatie](#) of [katalytische oxidatie](#)
  - [Condensatie](#)
- Keuze van techniek hangt af van onder meer samenstelling en eigenschappen gasstroom en ingaande concentratie. Ook combinaties van technieken kunnen aangewezen zijn, bv. om

een hoog verwijderingsrendement te halen, of fluctuaties in concentraties op te vangen, bv. adsorptie nageschakeld na andere behandelingstechniek. [LUSS](#) kan gebruikt worden voor eerste screening van mogelijke techniektrainen.

- Werkingsgraad en eindconcentratie sterk afhankelijk van omstandigheden en gekozen techniek, maar volgende emissieniveaus worden gerapporteerd (niet limitatief):
  - [BREF WGC](#): 1-5 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf bv. 1 g/u, door één of combinatie van technieken adsorptie, absorptie, katalytische oxidatie, condensatie, thermische oxidatie en/of bioprocessen.
  - Andere BREF's (GLS, LCP, LVOC, WBP, TXT): grootteorde BBT-GEN's 1 – 20 mg Nm<sup>3</sup>, met als opmerkelijke zaken:
    - Hoogste BBT-GEN (<5 – 20 mg/Nm<sup>3</sup>) bij [WPB](#), emissies van droger en van combinatie droger en pers, specifiek voor het product OSB. Bij andere producttypes is de bovengrens 15 mg/Nm<sup>3</sup>. WBP vermeldt specifiek techniek 'Chemische afbraak of vangst van formaldehyde met chemische stoffen in combinatie met een natte wasser', toepasbaar in natte zuiveringssystemen (in lijst waarvan één of combinatie te gebruiken is)
    - Laagste BBT-GEN (1 – 5 mg/Nm<sup>3</sup>) bij [TXT](#), coating, vlamlaminatie, bedrukken, zegen en finishing, door toepassing van een of een combinatie van technieken: preventietechniek 'selectie en gebruik van "recepten" die leiden tot lage emissies' en reductietechnieken thermische oxidatie en natte gaswassing. Bij condensatie en adsorptie wordt vermeld dat ze doorgaans gericht zijn op organische verbindingen met uitzondering van formaldehyde. Voor finishingprocessen met kreukvrije middelen, water-/olie-/vuilwerende stoffen en/of vlamvertragers, kan de bovengrens hoger zijn en maximaal 10 mg/Nm<sup>3</sup> bedragen.
    - BBT-GEN voor productie van formaldehyde ([LVOC](#)) is 2 – 5 mg/Nm<sup>3</sup>. Hier worden thermische of katalytische oxidatietechnieken als BBT beschouwd, afhankelijk van het productieproces. Verder is op te merken dat absorptie van formaldehyde hier onderdeel is van het productieproces, en dus niet gezien wordt als een emissiebeperkende techniek. Geleide emissies van organische bulkchemie (LVOC), ook van andere producten waarvoor geen BBT-GEN voor formaldehyde is bepaald, zijn uitgesloten van WGC.
  - [IPLO Factsheets](#) (NL):
    - 1 mg/Nm<sup>3</sup> (adsorptie polymeer)
    - 0,04 mg/Nm<sup>3</sup> (P10) / 0,2 mg/Nm<sup>3</sup> (P50) / 12 mg/Nm<sup>3</sup> (P90) (gaswasser met water)

## 10. Overwegingen voor EGW

- Duitsland AEGW [TA Luft 2021](#):
  - 5 mg/m<sup>3</sup> vanaf 12,5 g/u (hogere EGW dan andere kankerverwekkende VOS)
- Nederland AEGW
  - 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 1,25 kg/jaar (zelfde EGW als andere kankerverwekkende VOS)
- Frankrijk AEGW 0,1 mg/Nm<sup>3</sup>
- [RIE bijlage VII](#) - gebruik van organische oplosmiddelen (omgezet in VLAREM II [artikel 5.59](#))
  - 2 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 10 g/u (omwille van H350 aanduiding)
- Referentiewaarden kosteneffectiviteit luchtemissies
  - Marginale schadekost [EEA](#) (2021) - België: 0,53 €/kg formaldehyde
  - Milieuprijzen [CE Delft](#) (2023) – Nederland: 0,33 €/kg (onder) / 0,52 €/kg (centraal) / 0,744 €/kg (boven)
- Carcinogeen, maar mét drempelwaarde
- Hoogste gemeten concentratie omgevingslucht (2,5 µg/m<sup>3</sup>) << GAW (100 µg/m<sup>3</sup>)
- Verhouding AEGW/GAW (200) laagste van alle ZS (uitgezonderd koolmonoxide)

- Ca. 10% van de IMJV-luchtemissies te linken aan inrichtingen/activiteiten onder AEGW. Aandeel AEGW t.o.v. totale Vlaamse luchtemissies niet gekend.
- Huidige grensmassaastroom (100 g/u ~ 200 à 800 kg/jaar) significant hoger dan equivalent IMJV-rapportagedrempel (100 kg/jaar)

## 11. Opties AEGW en aanbeveling

- Behoud huidige AEGW 20 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 100 g/u (= punt 9° van huidige AEGW)
    - Evident haalbaar voor ingedeelde inrichtingen
    - Komt overeen met hoogste bovengrens BBT-GEN uit BREF's (WBP)
  - Aanpassing naar AEGW 5 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 25 g/u, mét afwijkingsmogelijkheid tot 20 mg/Nm<sup>3</sup>**
    - Komt qua AEGW overeen met DE, echter GMS dubbel van DE. Kan gezien worden als redelijk en pragmatisch (gezien dezelfde GMS als punt 8° huidige AEGW) compromis.
    - Technisch haalbaar, en ligt in lijn met emissieniveaus BREF's
    - Afwijkingsmogelijkheid tot huidige AEGW (niet huidige GMS) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten
    - GMS equivalente grootteorde van IMJV-drempelwaarde
  - Aanpassing naar AEGW 5 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 25 g/u, zonder afwijkingsmogelijkheid (= verhuizen naar punt 8° van huidige AEGW)
    - Behoud van het 'vangnet'-principe
    - Technisch haalbaar, en ligt in lijn met emissieniveaus BREF's
    - GMS equivalente grootteorde van IMJV-drempelwaarde
    - Overgangperiode mogelijk
  - Aanpassing naar AEGW 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 5 g/u, mét afwijkingsmogelijkheid tot 20 mg/Nm<sup>3</sup>
    - Komt qua AEGW overeen met NL, GMS moeilijk te vergelijken (jaarwaarde in NL). Echter hoger dan AEGW in FR. Pragmatisch gezien dezelfde GMS als punt 7° huidige AEGW.
    - Technisch doorgaans haalbaar. Ligt aan de onderkant van emissieniveaus BREF's
    - Afwijkingsmogelijkheid tot huidige AEGW (niet huidige GMS) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten
- **Aanbeveling: optie b**
    - Algemeen haalbaar
    - Afwijkingsmogelijkheid aangewezen voor specifieke gevallen waarin emissiereductie niet kosteneffectief is

## 12. Kennishiaten en onderzoeksbehoeften

- Ontbrekende gegevens voor goede risicobeoordeling
  - Aandeel van emissies geregeld door de AEGW t.o.v. totale luchtemissies
- Ontbrekende gegevens voor BBT-evaluatie
  - Gemiddelde kostprijzen emissiereductie, en spreiding tussen verschillende sectoren/activiteiten

## FICHE PAK'S

## 1. Identificatie en classificatie:

- PAK's omvatten een grote groep van organische verbindingen bestaande uit twee of meer gefuseerde aromatische ringen.
- Enkele belangrijke PAK's (niet exhaustief, zie ook Excel bijlage):
  - Benzo[a]pyreen - CAS-nr.: 50-32-8 – Kankerverwekkend (categorie 1B), Mutageen (categorie 1B), Giftig voor de voortplanting (categorie 1B), PBT
  - Chryseen - CAS-nr.: 218-01-9 – Kankerverwekkend (categorie 1B), Mutageen (categorie 2)
  - Benz(a)antraceen – CAS-nr.: 56-55-3 – Kankerverwekkend (categorie 1B)
  - Benzo[b]fluorantheen - CAS-nr.: 205-99-2 – Kankerverwekkend (categorie 1B)
  - Benzo[k]fluorantheen - CAS-nr.: 207-08-9 – Kankerverwekkend (categorie 1B)
  - Indeno(1,2,3-cd)pyreen – CAS-nr.: 193-39-5 – geen geharmoniseerde indeling (wel als POP aangeduid)
  - Naftaleen – CAS-nr.: 91-20-3 – niet CMR of PBT, wel Carc. 2
- ZS-criteria: Veel PAK's worden als ZS aangemerkt vanwege hun carcinogene, mutagene en/of reprotoxische eigenschappen (CMR categorie 1A of 1B), PBT-indeling en/of POP-status. PAK's zijn opgenomen in bijlage III van de POP-Verordening
- Aantal stoffen in groep: Er zijn honderden verschillende PAK's, maar typisch wordt gefocust op een subset van 16 tot 32 PAK's voor monitoring en regelgeving
- Specifieke concentratiegrenzen voor CLP-indeling: Varieert per specifieke PAK, bijvoorbeeld voor benzo[a]pyreen is de algemene concentratiegrens 0,01% voor carcinogeniteit categorie 1B

## 2. Fysisch-chemische eigenschappen:

- Dampdruk: Varieert sterk tussen verschillende PAK's. Bijvoorbeeld:
  - Naftaleen: 7,2 Pa bij 20°C; 10,4 Pa bij 25°C (relatief vluchtig, net geen VOS)
  - Benzo[a]pyreen:  $7,3 \times 10^{-7}$  Pa bij 25°C (weinig vluchtig)
- Oplosbaarheid in water: Over het algemeen slecht oplosbaar in water. Bijvoorbeeld:
  - Naftaleen: 31,7 mg/L bij 25°C
  - Benzo[a]pyreen: 0,00162 mg/L bij 25°C
- Andere relevante eigenschappen voor emissiegedrag:
  - Log Kow (octanol-water partitiecoëfficiënt): Hoog, wat duidt op sterke neiging tot bioaccumulatie en adsorptie aan organisch materiaal. Bv. naftaleen bioaccumulatiefactor 168.
  - Smeltpunt en kookpunt: Variëren, maar over het algemeen hoog, wat invloed heeft op hun gedrag bij hoge temperaturen in industriële processen
  - Fotochemische reactiviteit: PAK's kunnen fotochemische reacties ondergaan in de atmosfeer, wat leidt tot de vorming van meer toxische derivaten
  - Adsorptie aan stofdeeltjes: PAK's met een hoger molecuulgewicht hechten zich sterk aan fijne stofdeeltjes in de lucht, wat hun atmosferische verspreiding beïnvloedt

## 3. Voorkomen en gebruik

- Natuurlijke aanwezigheid:
  - PAK's komen van nature voor in fossiele brandstoffen zoals steenkool en aardolie.
  - Ze worden gevormd bij natuurlijke verbrandingsprocessen zoals bosbranden en vulkaanuitbarstingen.
  - PAK's zijn ook aanwezig in sommige planten en micro-organismen.

- Historisch gebruik in industrie, landbouw, huishoudens, enz.:
  - Creosoot, een mengsel rijk aan PAK's, werd veel gebruikt voor houtconservering, vooral voor spoorwegbielzen en telegraafpalen.
  - Koolteer, een andere PAK-rijke stof, werd gebruikt in de dakbedekking en wegenbouw.
  - Bepaalde PAK's werden gebruikt in de productie van kleurstoffen en pigmenten.
  - In de landbouw werden PAK-houdende oliën soms gebruikt als insecticiden.
- Huidig gebruik in industrie, landbouw, huishoudens, enz.:
  - PAK's worden niet opzettelijk geproduceerd voor commercieel gebruik, maar ontstaan als bijproducten bij vele industriële processen en verbrandingen.
  - In de staalindustrie komen PAK's vrij bij de productie van cokes en bij het gebruik van steenkoolteer als bindmiddel.
  - Bij asfaltproductie en -verwerking kunnen PAK's vrijkomen.
  - In huishoudens komen PAK's vrij bij het verbranden van hout en bij het barbecueën.
- Verboden/restricties gebruik (bv. REACH, POP...):
  - Onder de REACH-verordening zijn er restricties voor het gebruik van bepaalde PAK's in consumentenproducten (Bijlage XVII, item 50).
  - Benzo[a]pyreen, benzo[e]pyreen, benzo[a]antracene, chryseen, benzo[b]fluorantheen, benzo[j]fluorantheen, benzo[k]fluorantheen en dibenzo[a,h]antracene zijn opgenomen in de kandidaatslijst van zeer zorgwekkende stoffen voor autorisatie onder REACH.
  - PAK's in het algemeen zijn opgenomen in bijlage III van de POP-Verordening (EU) 2019/1021, met benzo(a)pyreen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen en indeno(1,2,3-cd)pyreen als indicatorstoffen. Voor deze stoffen geldt een beperking van vrijkoming, minimalisering en eliminatie.
  - Het gebruik van creosootolie en koolteer voor houtbehandeling is sterk beperkt in de EU vanwege het hoge PAK-gehalte. (<https://www.vmm.be/lucht/pak>) (<https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/31708>)

#### 4. Bronnen en blootstelling

- Voornaamste bronnen/blootstelling (voeding/drinkwater/lucht/producten/...)
  - Voeding: Gegrilde en gerookte voedingsmiddelen, met name vlees en vis, zijn belangrijke bronnen van PAK's in het dieet.
  - Lucht: Inademing van vervuilde buitenlucht, vooral in stedelijke gebieden en nabij industriële zones, en binnenlucht (bij rookgedrag, open haarden).
  - Producten: Contact met PAK-houdende producten zoals behandeld hout, bepaalde rubberproducten.
  - Drinkwater: Meestal een minder significante bron, tenzij er specifieke contaminatie is.

- Belangrijkste industriële bronnen
  - Cokesovens en andere installaties in de staalindustrie
  - Aluminium productie (Söderberg-proces)
  - Raffinaderijen
  - Asfaltproductie en -verwerking
  - Houtverduurzamingsinstallaties
  - Afvalverbrandingsinstallaties
- Aandeel/bijdrage van luchtmissies
  - Luchtmissies vormen een significante bron van PAK's in het milieu, quasi volledig toe te schrijven aan huishoudelijke houtverbranding.
- Kwantitatieve gegevens over emissies in Vlaanderen:
  - Totale PAK-emissie naar lucht in 2021: Ongeveer 4 kton
  - Trend: Er is een dalende trend waarneembaar tussen 2005 en 2021, met een afname van ongeveer 7 kton in 2005 naar 4 kton in 2021. Het [Vlaams Luchtbeleidsplan 2030 – voortgangsrapport 2023](#) vermeldt een sterke stijging in concentraties in 2022. De concentratie van benzo(a)pyreen, de belangrijkste PAK, nam in 2022 gemiddeld met meer dan 50% toe ten opzichte van 2019.
- Typische emissieroutes:
  - Gas: Vluchtige PAK's (2-3 ringen) komen voor in de gasfase bij normale omgevingstemperaturen.
  - Stof/Aerosol: Zwaardere PAK's (4 ringen en meer) zijn meestal gebonden aan fijne stofdeeltjes in de lucht.
  - De verdeling tussen gas- en deeltjesfase is afhankelijk van de temperatuur, de eigenschappen van de specifieke PAK, en de beschikbaarheid van stofdeeltjes in de lucht.
  - Bij hoge temperaturen (zoals in industriële processen) kunnen meer PAK's in de gasfase voorkomen, die bij afkoeling condenseren op stofdeeltjes.

## 5. Milieugedrag en verspreiding

- Atmosferische verspreiding en depositie
  - Atmosferische verspreiding en depositie
  - PAK's worden voornamelijk in de atmosfeer geëmitteerd door verbrandingsprocessen. Lichtere PAK's komen voor in de gasfase, terwijl zwaardere PAK's zich hechten aan fijnstofdeeltjes.
  - Gasvormige PAK's kunnen over grote afstanden worden getransporteerd.
  - Deeltjesgebonden PAK's worden sneller uit de lucht verwijderd via natte en droge depositie.
  - Seizoensinvloeden spelen een rol: in de winter zijn PAK-concentraties vaak hoger door verhoogde emissies en minder afbraak.
- Persistentie en afbraak in het milieu:
  - PAK's zijn persistent in het milieu, maar de afbraaksnelheid varieert:
    - In de atmosfeer: Fotochemische reacties zijn de belangrijkste afbraakmechanismen. Halfwaardetijden variëren van uren tot dagen.
    - In water en bodem: Microbiële afbraak is het voornaamste proces. Halfwaardetijden kunnen oplopen tot jaren voor zwaardere PAK's.
  - Zwaardere PAK's zijn over het algemeen persistenter dan lichtere varianten
- Bioaccumulatie en doorgifte in de voedselketen
  - PAK's hebben een hoog potentieel voor bioaccumulatie vanwege hun lipofiele karakter:
    - Accumulatie in waterorganismen zoals mosselen en vissen.
    - Opname door planten, vooral in bladgroenten.

- Biomagnificatie (toenemende concentraties hoger in de voedselketen) is minder uitgesproken dan bij andere persistente organische verontreinigingen, mogelijk door efficiëntere metabolisatie in hogere organismen.

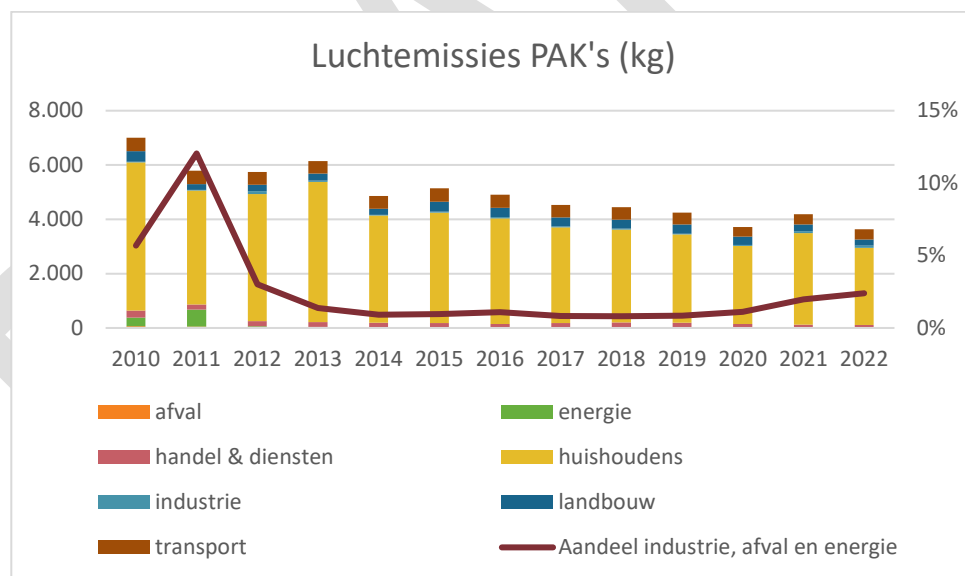
## 6. Gezondheids- en milieueffecten

- Belangrijkste toxicologische eindpunten:
  - Carcinogeniteit: Veel PAK's, met name benzo(a)pyreen, zijn geclassificeerd als kankerverwekkend.
  - Mutageniteit: PAK's kunnen DNA-schade veroorzaken, wat leidt tot mutaties.
  - Reproductietoxiciteit: Blootstelling kan leiden tot verminderde vruchtbaarheid en ontwikkelingsstoornissen.
  - Immunotoxiciteit: Onderdrukking van het immuunsysteem is waargenomen bij chronische blootstelling.
- Ecotoxicologische effecten
  - Aquatische toxiciteit: PAK's kunnen toxisch zijn voor vissen, schaaldieren en algen, met effecten variërend van acute mortaliteit tot chronische reproductiestoornissen.
  - Terrestrische toxiciteit: Negatieve effecten op bodemorganismen en planten, waaronder verminderde groei en reproductie.
- Milieukwaliteitsnormen water, bodem
  - Water: De Europese Kaderrichtlijn Water stelt normen voor prioritare stoffen, waaronder enkele PAK's.
  - Bodem: Normen variëren vaak per landgebruik (bijvoorbeeld strenger voor woongebieden dan voor industrieterreinen).
- Gezondheidskundige advieswaarden:
  - Lucht: De Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) heeft een referentiewaarde van 0,12 ng/m<sup>3</sup> voor benzo(a)pyreen in de buitenlucht vastgesteld.
  - Voeding: De Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA) hanteert een 'margin of exposure' benadering voor PAK's in voeding.
- Humane biomonitoring
  - In de laatste cyclus van het Vlaams Humaan Biomonitoringsprogramma werd onderzoek gedaan naar onder andere black carbon, wat gerelateerd is aan PAK-blootstelling.
  - Er werd een biomerker voor blootstelling aan black carbon gevalideerd, namelijk koolstoflading in bloed en urine. ([Vlaams Luchtbeleidsplan 2030 – voortgangsrapport 2023](#))
- Vlaamse [Binnenmilieubesluit](#):
  - Richtwaarde: 0,012 ng/m<sup>3</sup> (chronisch, voor PAK's met benzo(a)pyreen als indicator)
  - Interventiewaarde: 0,1 ng/m<sup>3</sup> (chronisch, voor PAK's met benzo(a)pyreen als indicator)

## 7. Huidige regelgeving en beleid lucht

- Huidige AEGW VLAREM
  - Benzo(a)pyreen 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u
  - Dibenzo(a,h)antraceen 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u
  - Naftaleen 100 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 2000 g/u
  - Andere PAK's niet expliciet opgenomen in AEGW lijst. Echter organische stoffen, dus moeten worden gerekend tot de groep waarvan de stoffen wat betreft invloed op milieu het meest nabijkomen ([artikel 4.4.3.1 van VLAREM II](#)).
- Milieukwaliteitsnormen voor lucht:
  - De Europese Commissie legt een streefwaarde op van 1 ng/m<sup>3</sup> als jaargemiddelde in omgevingslucht voor benzo(a)pyreen. Deze [wordt een grenswaarde vanaf 1/1/2030](#). In Vlaanderen wordt deze Europese norm gehanteerd

- Beleidsplannen (bv. luchtbeleidsplan 2030)
  - Het Vlaams Luchtbeleidsplan 2030 bevat enkele specifieke maatregelen gericht op de reductie van PAK-emissies, voornamelijk gerelateerd aan huishoudelijke houtverbranding:
    - Er werd een Green Deal 'Huishoudelijke houtverwarming' opgezet, die liep tot eind oktober 2022. Deze omvatte acties gericht op onderzoek, kennisopbouw en beleidsvoorbereiding.
    - Er zijn plannen voor de uitfasering van oude kachels en open haarden, hoewel de implementatie is uitgesteld vanwege stijgende energieprijzen.
    - Er is een communicatiestrategie ontwikkeld, inclusief de lancering van de campagne 'hout het gezond'.
- Voor de som van vier PAK's (indicator-PAK's of EMEP-PAK's), namelijk benzo(a)pyreen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen en indeno(1,2,3-cd)pyreen, is het aandeel van industrie, afval en energie samen (62 kg/jaar gemiddelde 2019-2022) 1 à 2% van de totale Vlaamse luchtemissies. Huishoudens zijn veruit de belangrijkste bron.
  - De via de IMJV-gerapporteerde luchtemissies van deze vier PAK's zijn 43 kg/jaar gemiddelde 2019-2021.
  - De via de IMJV-gerapporteerde luchtemissies van totaal som PAK's is echter een veelvoud hiervan, 4052 kg/jaar gemiddelde 2019-2021. Naftaleen was goed voor 3343 kg/jaar gemiddeld 2019-2021.



Figuur 12: Luchtemissies van som van 4 PAK's per sector in kg/jaar. Bron: VMM

## 8. Meetmethoden en monitoring

- [LUC/VI/001](#) – bepaling van het gehalte aan PAK's
  - Gericht op kwantificering van de 16 EPA-PAK's<sup>55</sup>. In AEGW wordt voor benzo(a)pyreen en dibenzo(a,h)antraceen verwezen naar deze LUC-methode, voor naftaleen echter niet.

<sup>55</sup> Acenafteen, acenaftyleen, antraceen, benz(a)antraceen, benzo(a)pyreen, benzo(b)fluorantheen, benzo(g,h,i)peryleen, benzo(k)fluorantheen, chryseen, dibenzo(a,h)anthraceen, fluorantheen, fluoreen, indeno(1,2,3-cd)pyreen, naftaleen, fenantreen, pyreen.

- o Geen detectie- of bepalingsgrens gespecificeerd. In het algemeen moet een meetmethode in het kader van Vlareem toepasbaar zijn tussen 0,1 keer en 3 keer de emissiegrenswaarde.

## 9. Beschikbare emissiereductietechnieken

- In aanvulling op bron- en procestechnieken, zijn diverse (end-of-pipe) nabehandelingstechnieken beschikbaar voor verwijdering van organische stoffen zoals PAK's, zoals (niet limitatief):
  - o Stofverwijdering door [stoffilter](#), [elektrostatisch precipitator](#) of [stofwasser](#) Adsorptie, bv. door [actief kool](#)
  - o [Gaswasser](#) (absorptie)
  - o Koude oxidatie, bv. door [foto-oxidatie](#) of [ionisatie](#) (koud plasma)
  - o ([opconcentratie](#) gevolgd door) ([regeneratieve](#)) [thermische oxidatie](#) of [katalytische oxidatie](#)
  - o [Condensatie](#)
- Keuze van techniek hangt af van onder meer samenstelling en eigenschappen gasstroom en ingaande concentratie. Ook combinaties van technieken kunnen aangewezen zijn, bv. om een hoog verwijderingsrendement te halen, of fluctuaties in concentraties op te vangen, bv. adsorptie nageschakeld na andere behandelingstechniek. [LUSS](#) kan gebruikt worden voor eerste screening van mogelijke techniektreinen.
- Werkingsgraad en eindconcentratie sterk afhankelijk van omstandigheden en gekozen techniek, maar volgende emissieniveaus worden gerapporteerd (niet limitatief):
  - o BREF's (NFM en STS):
    - BBT-GEN benzo(a)pyreen 0,001-0,015 mg/Nm<sup>3</sup> bij NFM, door één of combinatie van technieken droge gaswasser in kolom met vaste vulling (bv. cokes) of door injectie adsorptiemiddel gevolgd door doekfilter, elektrostatische precipitator, regeneratieve thermische naverbrander en/of katalytische thermische naverbrander, natte gaswasser (verschillende combinaties voor verschillende subsectoren)
    - BBT-GEN <1 mg/Nm<sup>3</sup> voor som van 16 PAK's bij STS, conservering van hout met creosoot of chemicaliën op solventbasis, door één of combinatie van thermische oxidatie, adsorptie met actieve kool, absorptie met vloeistof en/of condensatie.
  - o Vlaamse BBT-studie asfaltcentrales: BBT-GEN 0,01 – 1 mg/Nm<sup>3</sup> voor zowel indirecte als directe verwarming.
  - o [IPLO Factsheets](#) (NL): Geen technieken specifiek voor PAK's

## 10. Overwegingen voor EGW

- Duitsland AEGW [TA Luft 2021](#) benzo(a)pyreen 0,05 mg/m<sup>3</sup> vanaf 0,15 g/u
- Nederland AEGW PAK's 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,075 kg/jaar
- Frankrijk AEGW PAK's 0,01 mg/Nm<sup>3</sup>
- Referentiewaarden kosteneffectiviteit luchtmissies
  - o Marginale schadekosten [EEA](#) (2021) – België: benzo(a)pyreen 2.556 €/kg
  - o Milieuprijzen [CE Delft](#) (2023) – Nederland:
    - PAK's algemeen 116 €/kg (onder) / 173 €/kg (centraal) / 268 €/kg (boven)
    - Benzo(a)pyreen 3.859 €/kg (onder) / 5.704 €/kg (centraal) / 8.590 €/kg (boven)
    - Naftaleen 0,725 €/kg (onder) / 13,7 €/kg (centraal) / 20,6 €/kg (boven)
- [Luchtconcentraties Vlaanderen](#)
  - o Ruim onder EU jaargemiddelde streefwaarde/toekomstige grenswaarde (1 ng/m<sup>3</sup>) voor benzo(a)pyreen als indicator voor PAK's.

- Wel overschrijding van GAW (0,012 ng/m<sup>3</sup>) en beperkte overschrijding van [WHO advieswaarde](#) (0,12 ng/m<sup>3</sup>) voor benzo(a)pyreen op verschillende meetplaatsen. GAW is gebaseerd op carcinogeen effect.
- Verhouding AEGW/GAW (8,33 miljoen) voor benzo(a)pyreen relatief hoog t.o.v. andere ZS.
- Bepaalde PAK's zijn kankerverwekkend, zoals de EMEP-PAK's benzo(a)pyreen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen<sup>56</sup>, maar ook bv. chryseen, benz(a)antracene en dibenzo(a,h)antracene.
- Verschillende PAK's, bv. antracene en benzo(g,h,i)peryleen, worden beschouwd als PBT en/of zPzB volgens de REACH kandidaatslijst.
- Persistent in het milieu. Aangeduid als [POP's](#)
  - Beperking van vrijkoming, minimalisering en eliminatie
- Vergelijking huidige grensmassaastroom met IMJV-rapportagedrempel (4 kg/jaar)
  - Benzo(a)pyreen en dibenzo(a,h)antracene (0,5 g/u ~ 1 à 4 kg/jaar)
  - Naftaleen (2000 g/u ~ 4.000 à 16.000 kg/jaar)
- Daling concentraties humane biomonitoring van biomerkers voor PAK's. Geen gezondheidkundige toetsingswaarde beschikbaar.

## 11. Opties AEGW en aanbeveling

- a. Behoud huidige AEGW:
  - benzo(a)pyreen en dibenzo(a,h)antracene 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 0,5 g/u (= punt 6° van huidige AEGW)
  - naftaleen 100 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 2000 g/u (= punt 10°)
  - Behoud afwezigheid van AEGW voor overige PAK's
    - ◆ Evident haalbaar voor ingedeelde inrichtingen
- b. Gedeeltelijke aanpassing AEGW
  - Behoud AEGW voor benzo(a)pyreen en dibenzo(a,h)antracene
  - AEGW naftaleen 5 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 25 g/u, mét afwijkingsmogelijkheid tot 20 mg/Nm<sup>3</sup>
  - Behoud afwezigheid van AEGW voor overige PAK's
    - ◆ Komt qua AEGW en GMS overeen met respectievelijk punt 6° en 8° huidige AEGW.
    - ◆ Voor overige PAK's terugvallen op voorgesteld emissieplafond o.b.v. ZS-gevaareigenschappen en de bepaling inzake indeling in de groep waarmee de stoffen het meest overeenkomen, volgens [VLAREM II, artikel 4.4.3.1](#)
    - ◆ AEGW aanzienlijk hoger dan in NL en FR, weerspiegeling van vluchtig en niet-carcinogene karakter naftaleen.
    - ◆ Algemeen technisch haalbaar, ligt boven emissieniveau BREF STS.
    - ◆ Afwijkingsmogelijkheid in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten. Niet tot huidige AEGW, dat als te hoog aanzien wordt.
- c. Gedeeltelijke aanpassing AEGW
  - Behoud AEGW voor benzo(a)pyreen en dibenzo(a,h)antracene
  - AEGW naftaleen 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 5 g/u, mét afwijkingsmogelijkheid tot 20 mg/Nm<sup>3</sup>
  - Behoud afwezigheid van AEGW voor overige PAK's

<sup>56</sup> Volgens de [VMM-website](#) is ook de EMEP-PAK indeno(1,2,3-cd)pyreen kankerverwekkend. Deze heeft echter geen geharmoniseerde CLP-indeling, in tegenstelling tot de andere hier genoemde kankerverwekkende PAK's.

- ♦ Komt qua AEGW en GMS overeen met respectievelijk punt 6° en 7° huidige AEGW.
  - ♦ AEGW hoger dan in NL en FR, maar beperkt. Beperkte weerspiegeling van vluchtig en niet-carcinogene karakter naftaleen.
  - ♦ Algemeen technisch haalbaar, ligt in lijn met emissieniveau BREF STS.
  - ♦ Voor overige PAK's terugvallen op voorgesteld emissieplafond o.b.v. ZS-gevaareigenschappen en de bepaling inzake indeling in de groep waarmee de stoffen het meest overeenkomen, volgens [VLAREM II, artikel 4.4.3.1](#)
  - ♦ Afwijkingsmogelijkheid in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten. Niet tot huidige AEGW, dat als te hoog aanzien wordt.
- d. Volledige aanpassing AEGW
- AEGW benzo(a)pyreen en dibenzo(a,h)antracene 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,25 g/u, mét afwijkingsmogelijkheid tot 0,1 mg/Nm<sup>3</sup>
    - ♦ Lagere AEGW dan eender welke huidige groep VLAREM.
    - ♦ AEGW komt overeen met NL en DE, en beperkt hoger dan FR.
    - ♦ AEGW hoger dan emissieniveau BREF NFM voor benzo(a)pyreen
  - AEGW naftaleen 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 5 g/u, mét afwijkingsmogelijkheid tot 20 mg/Nm<sup>3</sup>
    - ♦ Zie optie c
  - Behoud afwezigheid van AEGW voor overige PAK's
    - ♦ Zie optie c
- e. Gedeeltelijke aanpassing AEGW met uitbreiding tot 12 PAK's
- Behoud AEGW voor benzo(a)pyreen en dibenzo(a,h)antracene (0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 0,5 g/u).
  - AEGW 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 0,5 g/u voor antracene, benz(a)antracene, benzo(b)fluorantheen, benzo(g,h,i)peryleen, benzo(k)fluorantheen, chryseen, fluorantheen, fenantreen en pyreen) met afwijkingsmogelijkheid.
  - AEGW naftaleen 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 5 g/u, mét afwijkingsmogelijkheid tot 20 mg/Nm<sup>3</sup>.
  - Behoud afwezigheid van AEGW voor overige PAK's.
    - ♦ Komt qua AEGW en GMS overeen met respectievelijk punt 6° en 7° huidige AEGW.
    - ♦ Uitbreiding punt 6° met carcinogene PAK's (benz(a)antracene, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen en chryseen) en PBT/zPzB PAK's (antracene, benzo(g,h,i)peryleen, fluorantheen, fenantreen en pyreen).
    - ♦ Behoud naftaleen onder punt 7°.
    - ♦ AEGW hoger dan in NL en FR, maar beperkt. Beperkte weerspiegeling van vluchtig en niet-carcinogene karakter naftaleen.
    - ♦ Algemeen technisch haalbaar, ligt in lijn met emissieniveau BREF STS.
    - ♦ Voor overige PAK's (indeno(1,2,3-cd)pyreen, acenafteen, acenaftyleen en fluoreen) terugvallen op voorgesteld emissieplafond o.b.v. ZS-gevaareigenschappen en de bepaling inzake indeling in de groep waarmee de stoffen het meest overeenkomen, volgens [VLAREM II, artikel 4.4.3.1](#)
    - ♦ Afwijkingsmogelijkheid in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
    - ♦ Afwijkingsmogelijkheid naftaleen niet tot huidige AEGW, dat als te hoog aanzien wordt.
- f. Gedeeltelijke aanpassing AEGW met uitbreiding tot groep van (16) PAK's
- Behoud AEGW voor benzo(a)pyreen en dibenzo(a,h)antracene (0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 0,5 g/u).

- AEGW 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 0,5 g/u voor antraceen, benz(a)antraceen, benzo(b)fluorantheen, benzo(g,h,i)peryleen, benzo(k)fluorantheen, chryseen, fluorantheen, fenantreen en pyreen, met afwijkingsmogelijkheid.
- AEGW naftaleen en overige EPA 16 PAK's (indeno(1,2,3-cd)pyreen, acenafteen, acenaftyleen en fluoreen) 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 5 g/u, met afwijkingsmogelijkheid tot 20 mg/Nm<sup>3</sup>.
  - ◆ Komt qua AEGW en GMS overeen met respectievelijk punt 6° en 7° huidige AEGW.
  - ◆ Uitbreiding punt 6° met carcinogene PAK's (benz(a)antraceen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen en chryseen) en PBT/zPzB PAK's (antraceen, benzo(g,h,i)peryleen, fluorantheen, fenantreen en pyreen).
  - ◆ Uitbreiding punt 7° met overige PAK's (indeno(1,2,3-cd)pyreen, acenafteen, acenaftyleen en fluoreen). Algemeen technisch haalbaar, ligt in lijn met emissieniveau BREF STS.
  - ◆ AEGW hoger dan in NL en FR, maar beperkt. Beperkte weerspiegeling van vluchtig en niet-carcinogene karakter naftaleen.
  - ◆ Afwijkingsmogelijkheid in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
  - ◆ Afwijkingsmogelijkheid naftaleen niet tot huidige AEGW, dat als te hoog aanzien wordt. Zelfde beperking afwijkingsmogelijkheid voor overige PAK's.
  - ◆ Indien er overige PAK's aangetroffen zouden worden die vallen buiten de groep van 16 EPA PAK's, terugvallen op voorgesteld emissieplafond o.b.v. ZS-gevaareigenschappen en de bepaling inzake indeling in de groep waarmee de stoffen het meest overeenkomen, volgens [VLAREM II, artikel 4.4.3.1](#). Gezien de eigenschappen van PAK's sluiten ze het meest aan bij punt 6° (0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u) voor carcinogene en/of PBT en/of zPzB PAK's, en bij punt 7° (1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 5 g/u) voor overige PAK's. Voor persistente ZS moet echter ook rekening gehouden worden met het voorstel in 6.2.2.2, namelijk een EGW op maat indien er geen groep het risico correct weerspiegelt.
- **Aanbeveling: optie f**
  - Algemeen technisch haalbaar
  - Verschillen tussen optie b, c, d, e en f zijn eerder beperkt. Ook andere combinaties van AEGW voor de verschillende PAK's zijn mogelijk.
  - Gelijke behandeling met Cr VI lijkt aangewezen voor kankerverwekkende PAK's en voor PBT/zPzB PAK's. Analooq aan Cr VI, is de meerwaarde van de beperkte verlaging van de AEGW niet duidelijk, in het bijzonder gezien de zeer beperkte bijdrage van ingedeelde inrichtingen aan de Vlaamse luchtemissies.
  - Voor naftaleen lijkt een aanscherping om meer in lijn te komen met emissieniveaus in BREF's en buitenlandse wetgeving wel aangewezen, hoewel het niet als een CMR-stof beschouwd wordt.
  - Optie f biedt meer zekerheid en betere garantie op een gelijk speelveld voor de volledige groep PAK's. In tegenstelling tot opties b, c en d wordt hier wel een AEGW voor totale som van alle PAK's voorgesteld. Opties b, c en d hebben als uitgangspunt dat door beheersing van deze drie componenten ook andere PAK's afdoende beheerst zullen zijn. Optie e ligt er tussenin, en specificeert de AEGW voor kankerverwekkende PAK's, maar, op naftaleen na, niet voor andere PAK's.
  - Optie f lijkt het beste compromis, rekening houdende met de afwijkingsmogelijkheid. Op die manier biedt het een combinatie van een hoog algemeen beschermingsniveau, met voldoende flexibiliteit in geval van buitensporige kosten of cross-media effecten.

## 12. Kennishiaten en onderzoeksbehoeften

- Gezondheidskundige toetsingswaarde voor humane biomonitoring, en relatieve bijdrage van luchtemissies ten opzichte van geaggregeerde blootstelling, en bij uitbreiding relatieve bijdrage van emissies geregeld door de AEGW.

## BEKNOPTE FICHES

## BEKNOPTE FICHE DIOXINES EN FURANEN EN DIOXINEACHTIGE PCB'S

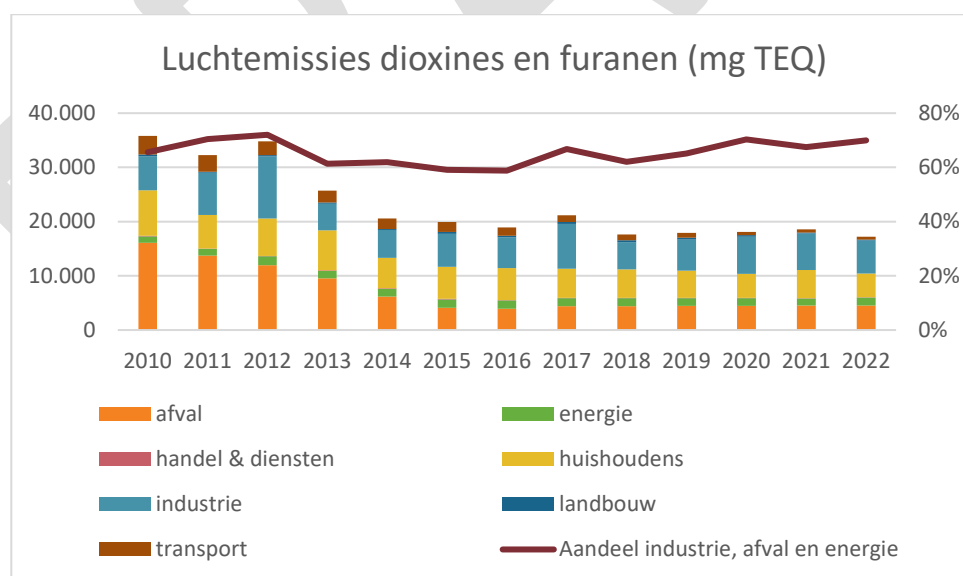
## 1. Algemeen

Dioxines en PCB's (polychloorbifenylen), waaronder dioxineachtige PCB's, ontstaan bij onvolledige verbranding van organisch materiaal dat chloor bevat. PCB's werden door de mens geproduceerd en hadden verschillende industriële toepassingen tot het productieverbod in de jaren tachtig. We vinden ze nog terug in schroot. Als deze stoffen via de lucht in ons water en voedsel terechtkomen, kunnen ze zich opstapelen in ons vetweefsel en de gezondheid schaden. Ze zijn hoofdzakelijk afkomstig van schrootbedrijven, het stoken van hout en door gebouwen en voertuigen die vuur vatten. (VMM, 2024)

Dioxines en PCB's komen via de lucht in ons water en voedsel terecht. Ze zitten vooral in vetrijke voeding zoals vlees, vis, melk, kaas en eieren. Als we die eten, komen die stoffen in ons lichaam. De stoffen stapelen zich op in ons vetweefsel en breken slechts langzaam af. Dioxines en PCB's leiden tot storingen in groei en ontwikkeling, schildkliermisvorming, chlooracné, lever- en darmstoornissen en ze werken in op het menselijk hormoon- en immuunsysteem ([Vlaams luchtbeleidsplan 2030](#))

De uitstoot van dioxines en furanen daalt met 61 % t.o.v. 2005:

- Afname vooral in de periode 2005-2014.
- Voornamelijk dankzij maatregelen bij de afvalverbrandingsinstallaties.
- De allergrootste emissiedaling gebeurde door verbod op afvalverbranding in de open lucht.
- Vrij stabiele uitstoot sinds 2014.



**Figuur 13: Luchtemissies van dioxines en furanen per sector in mg TEQ/jaar. Bron: VMM**

Dioxines en PCB's binden zich in de lucht aan stofdeeltjes, waarna ze kunnen neervallen op de bodem en op voedingsgewassen. Opname door de mens gebeurt dan ook hoofdzakelijk via voeding en de ademhaling en veroorzaken:

- Immuunverstooring en defecten van de neurale ontwikkeling
- Verstooring van de hormonale huishouding en vruchtbaarheid

- Diverse kankers.  
([VMM](#), 2024)

Op de meetposten in industriegebied worden regelmatig hoge piekwaarden gemeten voor depositie van dioxines en dioxineachtige PCB's. Deze hoge piekwaarden worden vaak gemeten in de nabijheid van schrootverwerkende bedrijven, de non-ferro industrie, spaanderplaatbedrijven, de ijzer- en staalnijverheid en installaties die gevaarlijke afvalstoffen verbranden. Overschrijdingen van de depositiedrempelwaarden kwamen in nabijheid van schrootbedrijven meestal door verhoogde depositiewaarden van dioxineachtige PCB's. Op andere industriële meetlocaties daarentegen zijn overschrijdingen voornamelijk te wijten aan verhoogde dioxinedepositiewaarden. Door de grote impact van het weer is het moeilijk uitspraken te doen over langetermijntrends. Bovendien worden depositieresultaten sinds 2024 uitgedrukt in  $\text{pg TEQ}_{\text{WGO 2022}}/(\text{m}^2.\text{dag})$ , terwijl dit voordien een andere weging was, namelijk  $\text{pg TEQ}_{\text{WGO 1998}}/(\text{m}^2.\text{dag})$ . Dit heeft een stijgend effect op de dioxineresultaten en een dalend effect op de PCB-resultaten. ([VMM](#), 2025)

## 2. Meetmethoden en monitoring

- [LUC/VI/002](#) – Bepaling van het gehalte aan PCDD'S, PCDF'S en dioxineachtige en merker PCB's
  - Geen detectie- of bepalingsgrens gespecificeerd. In het algemeen moet een meetmethode in het kader van Vlareem toepasbaar zijn tussen 0,1 keer en 3 keer de emissiegrenswaarde.

## 3. Beschikbare emissiereductietechnieken

- In aanvulling op bron- en procestechnieken, zijn diverse (end-of-pipe) nabehandelingstechnieken beschikbaar voor dioxineverwijdering, zoals (niet limitatief):
  - Stofverwijdering, bv. [doekfilter](#), [natte elektrostatische precipitator](#), [droge elektrostatische precipitator](#) of [stofwassing](#).
  - Adsorptie, bv. door (injectie van) [actief kool](#). De [BREF WT](#) beschrijft bv. combinatie van actief kool injectie met ultrafiltratie voor PCB's.
  - Zowel volgens [LUSS](#) als [IPLO Factsheets](#) (NL): Restemissies  $<0,1 \text{ ng/Nm}^3 \text{ TEQ}$ , bij adsorptie met actief kool, met verwijderingsefficiëntie  $>98\%$ . Voor toepassingen met hoge debieten en lagere concentraties wordt poedervormige actieve kool in de afgasstroom gespoten, waarna het actief kool met een doekfilter uit het behandelde afgas wordt gefilterd. Dit wordt veelal gebruikt voor verwijdering van dioxines.
- Keuze van techniek hangt af van onder meer samenstelling en eigenschappen gasstroom en ingaande concentratie. Ook combinaties van technieken kunnen aangewezen zijn, bv. om een hoog verwijderingsrendement te halen, of fluctuaties in concentraties op te vangen, bv. adsorptie nageschakeld na andere behandelingstechniek. [LUSS](#) kan gebruikt worden voor eerste screening van mogelijke techniektreinen.
- Werkingsgraad en eindconcentratie sterk afhankelijk van omstandigheden en gekozen techniek, maar volgende emissieniveaus worden gerapporteerd (niet limitatief):
  - BREF's (CLM, IS, LCP, LVOC, NFM, WI, WGC en SF): grootteorde BBT-GEN's  $<0,01 - 0,4 \text{ ng I-TEQ/Nm}^3$ , met als opmerkelijke zaken:
    - Enkel BREF WI beschrijft een BBT-GEN voor som van dioxines, furanen én dioxineachtige PCB's. In de andere BREF's worden dioxineachtige PCB's niet meegeteld.
    - Laagste BBT-GEN  $<0,01 - 0,03 \text{ ng I-TEQ/Nm}^3$  bij [LCP](#), bij meeverbranding van afval door combinatie van geoptimaliseerde verbranding (zie ook BBT6), technieken ter beperking van stofemissies (zie BBT 26) en injectie van actieve kool, snelle afkoeling en selectieve katalytische reductie (zie BBT71).

Voor verbranding van chloorhoudende procesbrandstoffen uit de chemische industrie zijn de technieken gelijkaardig, en is het BBT-GEN <0,012-0,036 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>

- Hoogste BBT-GEN <0,2-0,4 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> bij [IS](#), primaire emissies van sinterbanden. Dit door injectie van geschikte adsorptiemiddelen in de afgasleiding van de sinterband vóór de ontstopping door middel van een doekfilter of geavanceerde elektrostatische stofvangers indien doekfilters niet kunnen worden toegepast. Bij gebruik van een doekfilter is het BBT-GEN <0,05-0,2 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>.
- BREF [WGC](#) BBT-GEN <0,01-0,05 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>, bij thermische behandeling van afgassen die chloor en/of gechloreerde verbindingen bevatten, door geoptimaliseerde katalytische of thermische oxidatie en snelle afgaskoeling, en één of een combinatie van adsorptie met actieve kool, absorptie en/of selectieve katalytische reductie. Er is geen grensmassastroom beschreven.
- BREF [SF](#) BBT-GEN <0,01-0,08 ng WHO-TEQ/Nm<sup>3</sup> bij smelten van metaal,
  - door gebruik van doekfilter (staalgieterijen)
  - door één of combinatie van naverbranding, cycloon, adsorptie, droge gaswassing, doekfilter, en/of natte gaswassing (ijzergieterijen)
  - door één of combinatie van cycloon, droge gaswassing, doekfilter en/of natte gaswassing (non-ferrometaalgieterijen)

#### 4. Overwegingen voor EGW

- Duitsland AEGW [TA Luft 2021](#):
  - 0,1 ng/m<sup>3</sup> vanaf 0,25 µg/u (beide als totaalwaarde volgens equivalentiefactoren)
- Nederland AEGW
  - PCDD/PCDF en dioxineachtige PCB's 0,05 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (toxiciteit equivalenten) vanaf 20 mg TEQ/jaar (behoren tot 'extreem risicovolle stoffen')
- Referentiewaarden kosteneffectiviteit luchtemissies
  - Marginale schadekosten [EEA](#) (2021) – EU gemiddelde: 143.200 €/g (TCDD equivalenten)
  - Milieuprijzen [CE Delft](#) (2023) – Nederland: 34.072 €/g (onder) / 50.367 €/g (centraal) / 75.847 €/g (boven) (TCDD equivalenten)
- Dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's zijn o.a. carcinogeen zonder drempelwaarde gezondheidseffect en hebben hoge persistentie in het milieu.
- Overschrijding jaargemiddelde depositiedrempelwaarden voor dioxines en dioxineachtige PCB's (6,3 pg TEQ<sub>WGO 2022</sub>/m<sup>2</sup>.dag) in 2024 in sommige woonzones, zowel nabij schrootbedrijven (Willebroek en Zutendaal) als op andere locaties (Beerse en Wielsbeke). De drempels in industriegebied (tussen 8-40 pg TEQ<sub>WGO 2022</sub>/m<sup>2</sup>.dag, afhankelijk van afstand en windrichting t.o.v. bedrijf) werden voor alle meetplaatsen behaald. ([VMM](#), 2025)
- [GAW buitenlucht](#) 1 pg WHO2005-TEQ /m<sup>3</sup> voor dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's, laagst van alle ZS. Deze weging van TEQ voor verschillende dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's is verschillend van de recent herziene depositiedrempelwaarden, en kunnen daarom niet rechtstreeks vergeleken worden.
- Het [actieplan dioxines/PCB's](#) (2023) verwijst naar deze BBT-studie als een van de instrumenten voor emissiereductiebeleid.
- Alle IMJV-luchtemissies PCB's te linken aan inrichtingen/activiteiten aan toepassingsgebied sectorale EGW: de enige gerapporteerde emissies zijn van sector productie van elektriciteit, met daaronder (minstens een deel van de) bedrijven met afvalmeeverbranding, waarvoor sectorale EGW gelden. De IMJV-rapportagedrempel is 0,1 kg/jaar. IMJV-rapportage is niet beperkt tot dioxineachtige PCB's.
- Ongeveer 3,8% (226 mg TEQ) van de IMJV-luchtemissies dioxines en furanen valt niet onder het toepassingsgebied sectorale EGW. Dit is een zeer ruwe benadering, aangezien het moeilijk is te schatten is wat het aandeel is van bepaalde activiteiten waarvoor sectorale EGW gelden, zoals

afval(mee)verbranding, stookinstallatie met biomassa, of grote stookinstallatie van chloorhoudende procesbrandstoffen. De IMJV-luchtemissies vormen ongeveer 90% van de geschatte industriële emissies. Van de bijschattingen is niet geweten of ze onder het toepassingsgebied AEGW vallen. Er is geen IMJV-rapportagedrempel.

- Momenteel zijn er geen AEGW voor dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's.

## 5. Opties AEGW en aanbeveling

Opmerking: in onderstaande voorstellen wordt met “ng TEQ” bedoeld ng TEQ<sub>WGO 2022</sub>. Dit komt overeen met de aftoetsing door VMM aan doelstellingen voor luchtkwaliteit en depositie.

- a. Behoud afwezigheid van AEGW
  - Terugvallen op sectorale of bijzondere EGW
  - Echter geen afdoende vangnet voor andere emissiepunten (bepaling inzake indeling in de groep waarmee de stoffen het meest overeenkomen volgens [VLAREM II, artikel 4.4.3.1](#) biedt geen uitweg, omdat bestaande groepen allemaal te hoge AEGW beschrijven t.o.v. het risico van dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's)
- b. AEGW 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,25 µg TEQ/u, mét afwijkingmogelijkheid (geen vaste bovengrens voor afwijkingmogelijkheid)
  - Komt qua AEGW en GMS overeen met DE
  - Algemeen technisch haalbaar, en ligt in lijn met emissieniveaus BREF's.
  - Afwijkingmogelijkheid in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten. Kan gezien worden als redelijk en pragmatisch compromis.
- c. **AEGW 0,05 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,25 µg TEQ/u, mét afwijkingmogelijkheid (geen vaste bovengrens voor afwijkingmogelijkheid)**
  - Komt qua AEGW overeen met NL. GMS komt overeen met DE, ligt grootteorde lager dan NL (ca. 2,5-10 µg/u). Zelfde verhouding tussen AEGW en GMS als voor andere parameters.
  - In vergelijking met optie b, lagere AEGW, maar zelfde GMS.
  - Algemeen technisch haalbaar, en ligt in lijn met emissieniveaus BREF's.
  - Afwijkingmogelijkheid in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten. Kan gezien worden als redelijk en pragmatisch compromis.
- d. AEGW 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,25 µg TEQ/u, zonder afwijkingmogelijkheid
  - Behoud van het 'vangnet'-principe.
  - Algemeen technisch haalbaar, en ligt in lijn met emissieniveaus BREF's
  - Overgangperiode mogelijk
- **Aanbeveling: optie c**
  - Algemeen haalbaar
  - Verschillen tussen optie b en c eerder beperkt, maar c lijkt beste compromis door een hoger beschermingsniveau, maar wel beperkt tot relatief grotere emissiebronnen.
  - Voldoende flexibiliteit door afwijkingmogelijkheid in geval van buitensporige kosten of cross-media effecten. Door beperkte informatie over haalbaarheid van emissieniveaus is het moeilijk om een eventuele bovengrens voor de afwijkingmogelijkheid te bepalen. Een eventueel aanknopingspunt is de hoogste bovengrens uit BREF BBT-GEN's, nl. 0,4 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (ijzer & staal, primaire emissies van sinterbanden). Na een eventuele overgangperiode waarin meer emissiegegevens worden verzameld, kan een gepaste bovengrens bepaald worden.

- In het bijzonder te verantwoorden door overschrijdingen depositiedrempels in woongebied en nabij industriegebied, en persistent karakter.

Opmerking: dit voorstel beperkt zich voor PCB's tot dioxineachtige PCB's. Voor overige PCB's zijn geen toxische equivalentiefactoren bepaald, en is het dus niet evident om emissiewaarden voor te stellen die proportioneel zijn met het risico.

## 6. Kennishiaten en onderzoeksbehoeften

- Invloed van de recente wijziging in TEQ (WGO, 2022) op emissieniveaus en haalbaarheid en kosteneffectiviteit van technieken.
- Emissiegegevens voor activiteiten niet onder toepassingsgebied van BREF's, in het bijzonder met het oog op het afleiden van een haalbare bovengrens voor eventuele afwijkingen.
- Toxische equivalentiefactoren en/of haalbare en proportionele emissieniveaus voor overige PCB's.

## BEKNOPT FICHE ZESWAARDIG CHROOM (CR VI) VERBINDINGEN

### 1. Identificatie

- CAS-nr. CrVI: 18540-29-9
- [CLP](#)-index 024-017-00-8 (geen CAS-nr.): chroom(VI)verbindingen met uitzondering van bariumchromaat en van elders in CLP bijlage VI vermelde verbindingen
  - Ingedeeld als [Carc. 1B](#)

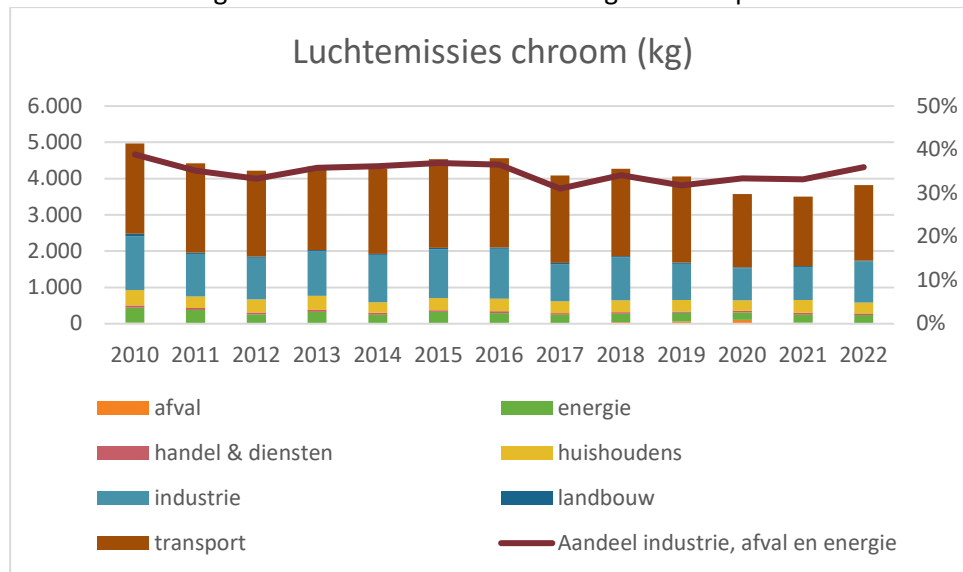
### 2. Emissie- en luchtnormen

- Huidige VLAREM AEGW Cr VI 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u (= punt 6°)
- Nederland AEGW 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,075 kg/jaar
- Duitsland AEGW 0,05 mg/m<sup>3</sup> vanaf 0,15 g/u
- Frankrijk geen AEGW bekend
- Geen wettelijke grens- of streefwaarde omgevingslucht.
- Lage GAW (0,025 ng/m<sup>3</sup>), gebaseerd op carcinogeen effect.
  - Verhouding AEGW/GAW (4 miljoen) relatief hoog t.o.v. andere ZS

### 3. Overwegingen voor AEGW

- Technieken analoog aan andere zware metalen zoals arseen of lood.
- BBT-GEN BREF's voor som van metalen, waaronder CrVI: 0,005-1 mg/Nm<sup>3</sup> (volledig analoog aan arseen)
- GMS moeilijk te vergelijken met IMJV-rapportage. IMJV rapporteert enkel totaal chroom.
- Referentiewaarden kosteneffectiviteit luchtmissies
  - Marginale schadekosten [EEA](#) (2021) - België: 1.224 €/kg
  - Milieuprijzen [CE Delft](#) (2023) – Nederland: 1.834 €/kg (onder) / 2.741 €/kg (centraal) / 4.203 €/kg (boven)
- chroom(VI)verbindingen met uitzondering van bariumchromaat en van elders in CLP bijlage VI vermelde verbindingenIngedeeld als Carc. 1B
- Geen Vlaamse toetsingswaarde humane biomonitoring beschikbaar.
- Persistent in het milieu.
- AEGW reeds in laagste groep van alle huidige VLAREM AEGW (0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u)
- Meerwaarde gelijktrekken met NL/DE eerder beperkt

- Geen LUC-methode specifiek voor Cr(VI) beschikbaar (wel voor totaal chroom). Onderzoek door VITO wees op mogelijke chroomomzettingen bij emissiemetingen, waardoor het moeilijk is het aandeel van specifiek Cr(VI) te bepalen. (interne communicatie VITO)
- Geen gegevens relatief aandeel Cr VI luchtemissies.
  - Voor totaal chroom is ca. 35% van alle luchtemissies afkomstig van sectoren industrie, afval en energie. Grootste aandeel is afkomstig van transport.



Figuur 14: Luchtemissies totaal chroom per sector in kg/jaar. Bron: VMM

#### 4. Opties AEGW en aanbeveling

- Behoud huidige AEGW 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 0,5 g/u (= punt 6° van huidige AEGW)**
    - Evident haalbaar voor ingedeelde inrichtingen
    - Ligt in lijn met BBT-GEN uit BREF's
  - Aanpassing naar AEGW 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 0,15 g/u, mét afwijkingsmogelijkheid tot 0,1 mg/Nm<sup>3</sup>**
    - Komt qua AEGW overeen met NL en DE. GMS komt overeen met DE, moeilijk te vergelijken met NL (jaarwaarde in NL).
    - Lager dan eender welke huidige VLAREM AEGW. Ligt aan de onderkant van emissieniveaus BREF's, maar afwijkingsmogelijkheid tot huidige AEGW (niet huidige GMS) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
- **Aanbeveling: optie a**
    - Algemeen haalbaar
    - Verschillen tussen optie a en b eerder beperkt. Meerwaarde van lagere AEGW + afwijkingsmogelijkheid in geval van buitensporige kosten of cross-media effecten eerder beperkt.
    - BREF's en NL&DE AEGW behandelen CrVI op gelijke voet met andere kankerverwekkende metalen zoals arseen, cadmium, beryllium, ...

#### 5. Kennishiaten en onderzoeksbehoeften

- Gevalideerde meetmethode voor Cr(VI)-verbindingen, met specifieke aandacht voor mogelijke omzettingen.

## BEKNOPTE FICHE KWIKVERBINDINGEN

## 1. Identificatie

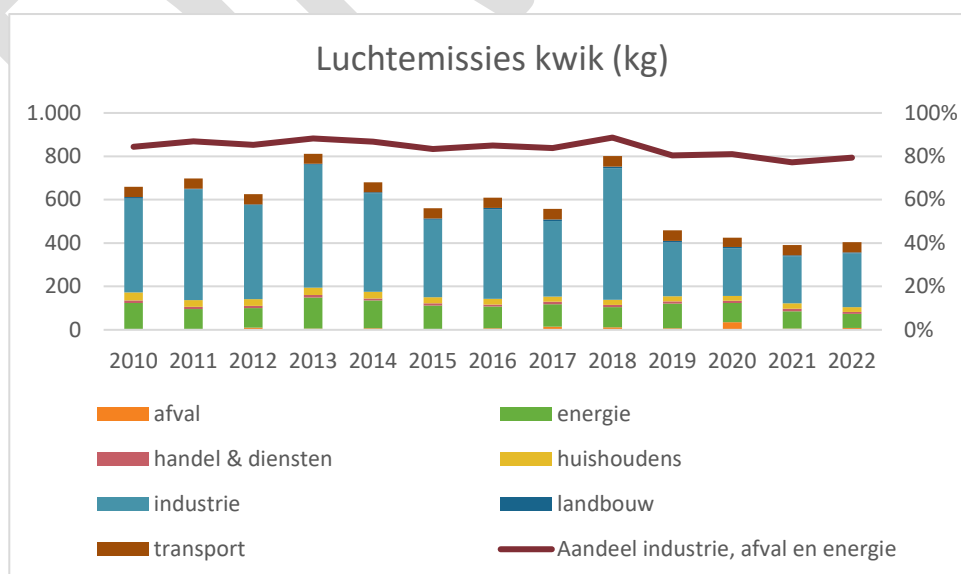
- Verbindingen van kwik
- Kwik CAS-nr. 7439-97-6

## 2. Emissie- en luchtnormen

- Huidige VLAREM AEGW kwik 0,2 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 1 g/u (= punt 12°)
- Nederland AEGW 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,075 kg/jaar
- Duitsland AEGW 0,01 mg/m<sup>3</sup> vanaf 0,05 g/u
- Frankrijk AEGW 0,05 mg/Nm<sup>3</sup>
- Geen wettelijke grens- of streefwaarde omgevingslucht (enkel meetverplichting). Geen GAW bepaald.

## 3. Overwegingen voor AEGW

- Technieken analoog aan andere zware metalen zoals arseen of lood. Voor kwik, dat relatief gemakkelijk verdampt, kan [actief kool](#) geïmpregneerd met zwavelverbindingen toegepast worden, eventueel geïnjecteerd in poedervorm voorafgaand aan een stoffilter.
- BBT-GEN BREF's voor kwik zeer laag t.o.v. andere metalen: <0,001-0,05 mg/Nm<sup>3</sup>
  - In het bijzonder voor LCP, WI en WT, grootteorde enkele µg/Nm<sup>3</sup>
- GMS (1 g/u ~ 2 à 8 kg/jaar) lager dan drempelwaarde IMJV-rapportage (10 kg/jaar).
- Referentiewaarden kosteneffectiviteit luchtemissies
  - Marginale schadekosten [EEA](#) (2021) – EU gemiddelde: 17.475 €/kg
  - Milieuprijzen [CE Delft](#) (2023) – Nederland: 10.174 €/kg (onder) / 15.325 €/kg (centraal) / 23.824 €/kg (boven)
- Reprotoxisch. Persistent in het milieu.
- Geen Vlaamse toetsingswaarde humane biomonitoring beschikbaar.
  - [Factsheet Steunpunt Milieu & Gezondheid](#), 2015
- Meetmethode LUC/I/002 voor de stofvormige fractie aan metalen en LUC/III/010 voor het totaalgehalte aan metalen (som van de stofvormige- en gasvormige fractie).
- Ca. 80% van alle luchtemissies afkomstig van sectoren industrie, afval en energie.



**Figuur 15: Luchtemissies kwik per sector in kg/jaar. Bron: VMM**

## 4. Opties AEGW en aanbeveling

- a. Behoud huidige AEGW 0,2 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 1 g/u (= punt 12° van huidige AEGW)
  - Evident haalbaar voor ingedeelde inrichtingen
  - Hoger dan bovengrens BBT-GEN uit BREF's
- b. Aanpassing naar AEGW 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 0,5 g/u, mét afwijkingsmogelijkheid tot 0,2 mg/Nm<sup>3</sup>
  - AEGW hoger dan NL, FR en DE.
  - Ligt in lijn met emissieniveaus BREF's.
  - Komt overeen met punt 6° uit huidige AEGW (gelijke behandeling met bepaalde kankerverwekkende metalen)
  - Afwijkingsmogelijkheid tot huidige AEGW (niet huidige GMS) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
- c. **Aanpassing naar AEGW 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 0,25 g/u, mét afwijkingsmogelijkheid tot 0,2 mg/Nm<sup>3</sup>**
  - AEGW komt overeen met NL en FR. Hoger dan DE.
  - Ligt in lijn met hoogste bovengrens emissieniveaus BREF's.
  - Lager dan eender welke huidige VLAREM AEGW.
  - Afwijkingsmogelijkheid tot huidige AEGW (niet huidige GMS) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
- d. Aanpassing naar AEGW 0,01 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 0,05 g/u, mét afwijkingsmogelijkheid tot 0,2 mg/Nm<sup>3</sup>
  - AEGW en GMS komt overeen met DE. Strenger dan NL en FR.
  - Ligt in lijn met lagere emissieniveaus BREF's.
  - Lager dan eender welke huidige VLAREM AEGW.
  - Afwijkingsmogelijkheid tot huidige AEGW (niet huidige GMS) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
- **Aanbeveling: optie c**
  - Lage, maar uiteenlopende emissieniveaus in BREF's maken het moeilijk om in te schatten hoe haalbaar optie d is. Geen concrete aanwijzingen overschrijding advieswaarde milieu of gezondheid.
  - Reflecteert verschil in emissieniveaus BREF's en AEGW DE t.o.v. bv. kankerverwekkende metalen zoals arseen, cadmium, beryllium, ...
  - Voldoende flexibiliteit door afwijkingsmogelijkheid in geval van buitensporige kosten of cross-media effecten.

## BEKNOPT FICHE KANKERVERWEKKENDE VERBINDINGEN METALEN CADMIUM, NIKKEL EN KOBALT

### 1. Identificatie

- Cadmium en zijn verbindingen
- Nikkel en zijn verbindingen
- Kobalt en zijn verbindingen

### 2. Emissie- en luchtnormen

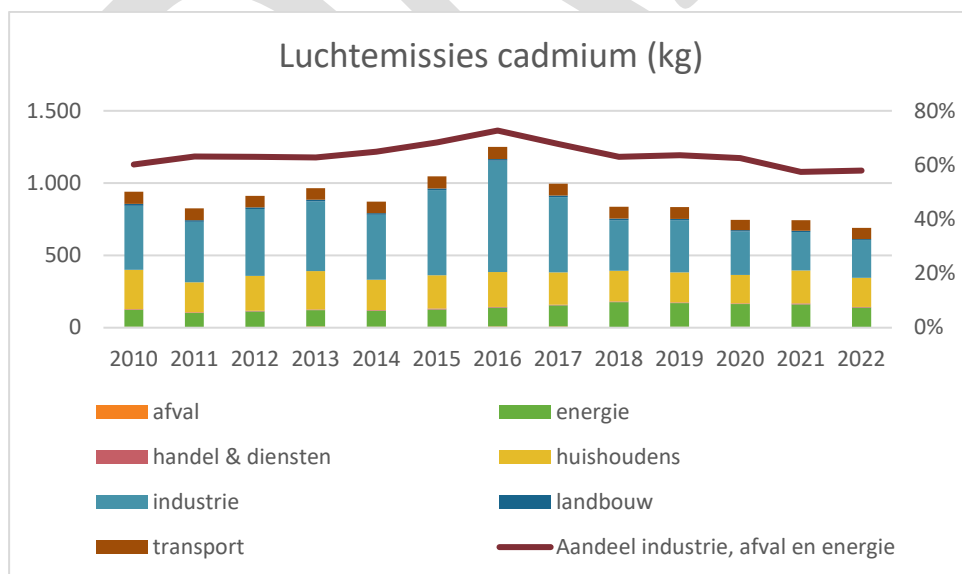
- Huidige VLAREM AEGW
  - Cadmium en zijn verbindingen 0,2 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 1 g/u (= punt 12°)
  - nikkel (nikkelmetaal, nikkelsulfide en sulfidische ertsen, nikkeloxide en nikkelcarbonaat, nikkeltetracarbonyl), uitgedrukt in Ni 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 5 g/u (= punt 7°)
  - nikkel en zijn verbindingen, uitgedrukt in Ni 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 5 g/u (= punt 13°)

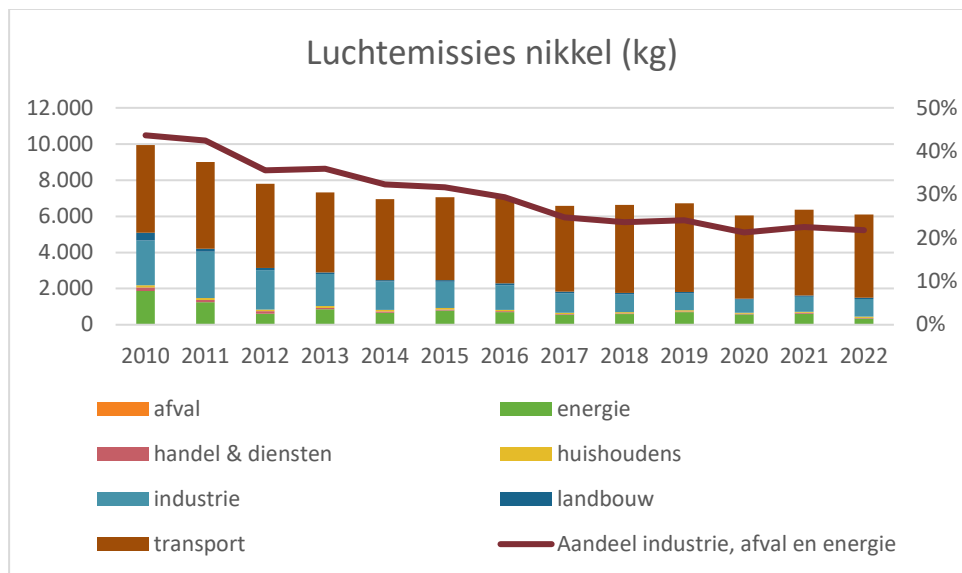
- kobalt en zijn verbindingen 5 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 25 g/u (= punt 14°)
- Nederland AEGW 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,075 kg/jaar
- Duitsland AEGW
  - Cadmiumverbindingen 0,05 mg/m<sup>3</sup> vanaf 0,15 g/u
  - Nikkelverbindingen 0,5 mg/m<sup>3</sup> vanaf 2,5 g/u
  - Wateroplosbare Kobaltverbindingen 0,05 mg/m<sup>3</sup> vanaf 0,15 g/u
  - Kobaltverbindingen 0,5 mg/m<sup>3</sup> vanaf 2,5 g/u
- Frankrijk AEGW cadmium 0,05 mg/Nm<sup>3</sup>.

### 3. Overwegingen voor AEGW

- BBT-GEN BREF's vergelijkbaar met arseen: <0,005-1 mg/Nm<sup>3</sup>
- Technieken analoog aan andere zware metalen zoals arseen of lood.
- Verhouding [luchtconcentraties](#) t.o.v. EU grens-/streefwaarden en GAW MER
  - Cadmium: geen overschrijding streefwaarde/[toekomstige grenswaarde](#) (5 ng/m<sup>3</sup>) of huidige grenswaarde (30 ng/m<sup>3</sup>). Wel overschrijding GAW (0,6 ng/m<sup>3</sup>, carcinogeen effect) t.h.v. industriegebieden
  - Nikkel: geen overschrijding streefwaarde/[toekomstige grenswaarde](#) (20 ng/m<sup>3</sup>). Wel overschrijding GAW (3,9 ng/m<sup>3</sup> generiek voor nikkelverbindingen, carcinogeen effect; 2,1 ng/m<sup>3</sup> voor Ni subsulfide) t.h.v. industriegebieden
  - Kobalt: geen informatie over Vlaamse luchtconcentraties. [GAW](#) is 0,1 ng/m<sup>3</sup> voor kobalt (generiek voor kobaltverbindingen); 0,3 ng/m<sup>3</sup> voor kobalt metaal en 0,1 ng/m<sup>3</sup> voor kobalt sulfaat. De [onderbouwing voor het GAW](#) beschrijft een drempel-gerelateerd mechanisme voor de carcinogene effecten, en besluit dat de GAW voor niet-carcinogene effecten, 0,1 µg Co/m<sup>3</sup>, waarschijnlijk ook beschermend is voor de carcinogene effecten.
- [Milieukwaliteitsnorm](#) (jaargemiddelde waarde) voor depositie cadmium (richtwaarde 18 µg/m<sup>2</sup>.dag), die in werking trad op 1/1/2024, werd reeds in 2023 [behaald](#).
- [DNEL](#) voor kobalt (8,1 µg/m<sup>3</sup> voor systemische effecten algemene bevolking – 6,3 µg/m<sup>3</sup> voor lokale effecten) ligt iets hoger, maar in eenzelfde grootteorde als [arseenverbindingen](#) (2 µg/m<sup>3</sup> inhalatie systemische effecten algemene bevolking).
- Referentiewaarden kosteneffectiviteit luchtemissies
  - Marginale schadekosten [EEA](#) (2021) – EU gemiddelde:
    - Cadmium 259.949 €/kg
    - Nikkel 24,7 €/kg (40,7 €/kg voor België)
    - Kobalt geen informatie
  - Milieuprijzen [CE Delft](#) (2023) – Nederland:
    - Cadmium 115.740 €/kg (onder) / 171.133 €/kg (centraal) / 257.808 €/kg (boven)
    - Nikkel 103 €/kg (onder) / 190 €/kg (centraal) / 386 €/kg (boven)
    - Kobalt 17,4 €/kg (onder) / 34,2 €/kg (centraal) / 73,8 €/kg (boven)
- Kankerverwekkend. Persistent in het milieu. Kobalt is ook reprotoxisch.
- GMS
  - Cadmium (1 g/u ~ 2 à 8 kg/jaar) lager dan drempelwaarde IMJV-rapportage (10 kg/jaar).
  - Nikkel (5 g/u ~ 10 à 40 kg/jaar) lager dan drempelwaarde IMJV-rapportage (50 kg/jaar).
  - Kobalt (25 g/u ~ 50 à 200 kg/jaar) in lijn met tot hoger dan drempelwaarde IMJV-rapportage (50 kg/jaar)
- Humane blootstelling en humane biomonitoring
  - Cadmium overschrijding laagste Vlaamse toetsingswaarde door 39,5% deelnemers, overschrijding hoogste toetsingswaarde door 0,25% deelnemers. P95 ligt hoger dan laagste toetsingswaarde.
  - Nikkel en kobalt geen Vlaamse toetsingswaarde beschikbaar.

- Voor nikkel wordt de bijdrage door lokale bronnen tot geaggregeerde orale blootstelling marginaal geacht. Blootstelling via inhalatie wordt, indien een omgevingsconcentratie van 20 ng/m<sup>3</sup> gerespecteerd wordt, eveneens marginaal geacht voor systemische effecten. (De Brouwere et al., 2012) Verhoogde lokale concentraties in omgevingslucht door industriële emissies kunnen wel leiden tot een overschrijding van deze 20 ng/m<sup>3</sup>. (Buekers et al., 2015)
- Grenswaarden beroepsmatige blootstelling FOD WASO
  - Cadmium en verbindingen
    - inadembare deeltjes 0,002 mg/m<sup>3</sup>
    - inhaleerbare deeltjes 0,004 mg/m<sup>3</sup> (0,001 mg/m<sup>3</sup> in 2027)
  - Nikkel (metaal) en nikkelcarbonyl (als Ni)
    - inadembare fractie 0,01 mg/m<sup>3</sup>
    - inhaleerbare fractie 0,05 mg/m<sup>3</sup>
  - Kobaltmetaal (stof en rook) als Co
    - 0,02 mg/m<sup>3</sup>
- Meetmethode LUC/I/002 voor de stofvormige fractie aan metalen en LUC/III/010 voor het totaalgehalte aan metalen (som van de stofvormige- en gasvormige fractie).
  - Er is geen specifieke LUC-meetmethode voor vluchtige metaalverbindingen zoals nikkeltetracarbonyl of bepaalde organonikkelverbindingen. Gezien hun vluchtigheid, is LUC/I/002 niet aangewezen. Hoewel EN14385, waarop LUC/III/010 gebaseerd is, technisch geschikt is om totaalmetalen te bemonsteren en te analyseren, vallen specifieke organometalen en andere vluchtige metaalverbindingen zoals nikkeltetracarbonyl niet binnen het gevalideerde toepassingsgebied van deze norm. Praktisch gezien kan de norm gebruikt worden voor totaal nikkel, maar biedt deze geen garantie voor een volledige opvang van dergelijke vluchtige metaalverbindingen. Voor zover er relevante emissies van vluchtige nikkelverbindingen plaatsvinden, is verder onderzoek naar een geschikte meetmethode aangewezen.
- Aandeel industrie, afval en energie t.o.v. totale Vlaamse luchtemissies
  - Cadmium: ca. 60%. Belangrijkste sector is industrie.
  - Nikkel: ca. 22%. Belangrijkste sector is transport (scheepvaart).
  - Kobalt: niet gekend.



**Figuur 16: Luchtemissies cadmium per sector in kg/jaar. Bron: VMM****Figuur 17: Luchtemissies nikkel in kg/jaar. Bron: VMM**

#### 4. Opties AEGW en aanbeveling

- a. Behoud huidige AEGW (= respectievelijk punt 12°/7°/13°/14° van huidige AEGW, zie hierboven)
  - Evident haalbaar voor ingedeelde inrichtingen
  - Cadmium in lijn met BBT-GEN uit BREF's. Nikkel in lijn met bovengrens BBT-GEN. Kobalt hoger dan bovengrens BBT-GEN uit BREF's
- b. Aanpassing naar AEGW 0,2 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 1 g/u, mét afwijkingsmogelijkheid tot huidige AEGW
  - Komt qua AEGW en GMS overeen met punt 12° huidige AEGW (bevat o.a. kwik en cadmium).
  - AEGW liggen hoger dan in NL, en hoger dan in DE voor cadmium en wateroplosbaar kobalt. Voor nikkel- en andere kobaltverbindingen is de AEGW lager dan in DE. AEGW hoger dan in FR voor cadmium.
  - Algemeen technisch haalbaar, en ligt in lijn met emissieniveaus BREF's.
  - Afwijkingsmogelijkheid tot huidige AEGW (niet huidige GMS) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
- c. **Aanpassing naar AEGW 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 0,5 g/u, mét afwijkingsmogelijkheid tot huidige AEGW**
  - Komt qua AEGW en GMS overeen met punt 6° huidige AEGW (bevat o.a. beryllium).
  - AEGW liggen beperkt hoger dan in NL, en dan in DE voor cadmium en wateroplosbaar kobalt. Voor nikkel- en andere kobaltverbindingen is de AEGW lager dan in DE. AEGW hoger dan in FR voor cadmium.
  - Algemeen technisch haalbaar, en ligt in lijn met emissieniveaus BREF's.
  - In vergelijking met vorige optie (b), lagere AEGW en GMS, dus eerder hoger niveau van bescherming, maar ook hogere kans op buitensporige kosten of cross-media effecten. Echter identieke afwijkingsmogelijkheid.
- d. **Aanpassing naar AEGW 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 0,5 g/u voor cadmium en nikkel, en AEGW 0,5 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 2,5 g/u voor kobalt, beide mét afwijkingsmogelijkheid tot huidige AEGW**
  - Voor cadmium en nikkel, zie optie c

- Voor kobaltverbindingen,
  - i. komt overeen met AEGW en GMS in DE voor niet wateroplosbaar kobalt, hoger dan in DE voor wateroplosbaar kobalt.
  - ii. Komt qua AEGW en GMS overeen niet overeen met een punt uit huidige AEGW (ligt tussen 12° - bevat o.a. kwik en cadmium – en 13° bevat o.a. nikkel en arseen).
- Algemeen technisch haalbaar, en ligt in lijn met emissieniveaus BREF's.
- Identieke afwijkingsmogelijkheid
- e. Aanpassing naar AEGW 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 0,15 g/u, mét afwijkingsmogelijkheid tot 1 mg/Nm<sup>3</sup>
  - Komt qua AEGW overeen met NL, en met DE voor cadmium en wateroplosbaar kobalt, en met FR voor cadmium. GMS komt voor cadmium en wateroplosbaar kobalt overeen met DE, moeilijk te vergelijken met NL (jaarwaarde in NL).
  - Voor nikkel- en voor andere kobaltverbindingen liggen de AEGW en GMS lager dan in DE.
  - Lager dan eender welke huidige VLAREM AEGW. Ligt aan de onderkant van emissieniveaus BREF's, maar afwijkingsmogelijkheid tot huidige AEGW (niet huidige GMS) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
- **Aanbeveling: optie c of d. Er is geen consensus over welke van beide opties de voorkeur geniet, en er zijn voor beide opties valide argumenten:**
  - Zowel optie c als d vormen een redelijk compromis, rekening houdende met de afwijkingsmogelijkheid. Op die manier is er een combinatie van een hoog algemeen beschermingsniveau, met voldoende flexibiliteit in geval van buitensporige kosten of cross-media effecten.
  - Het voornaamste argument voor optie c (0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u voor zowel nikkel-, cadmium- en kobaltverbindingen) is dat dit zorgt voor gelijkenschakeling met andere zware metalen (bv. arseen-, chroom(VI)-, en berylliumverbindingen) met vergelijkbare gevareneigenschappen (zoals in NL) en met vergelijkbare technische haalbaarheid qua emissiebeperking, wat beleidsmatig consistent en verdedigbaar is. De BBT-GEN in BREF's, de toxicologische referentiewaarden en grenswaarden beroepsmatige blootstelling liggen in lijn met andere kankerverwekkende metalen.
  - De voornaamste argumenten voor optie d (0,5 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 2,5 g/u voor kobaltverbindingen, 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u voor nikkel- en cadmiumverbindingen) zijn dat dit meer rekening houdt met de achterliggende overwegingen in de onderbouwing van de gezondheidkundige advieswaarde voor kobalt, namelijk het waarschijnlijke drempel effect van de carcinogene werking, en de AEGW voor kobalt in DE hoger ligt dan voor cadmium. Ook optie d houdt voor kobalt een significante aanscherping (factor 10) ten opzichte van de huidige situatie in.
  - Gelijke behandeling met kankerverwekkende arseen-, chroom(VI)-, en berylliumverbindingen lijkt in het bijzonder voor cadmium en nikkel aangewezen, rekening houdende met persistent karakter, en met overschrijding van de GAW lucht t.h.v. industriegebied cadmium en nikkel, en van de gezondheidkundige toetsingswaarde voor cadmium.
  - Analooq aan loodverbindingen (zie eerdere fiche) is bij gebrek aan consensus de aanbeveling om optie c of d te volgen.
  - Een alternatieve variant van optie d zou zijn om voor kobalt de AEGW verder te differentiëren, bijvoorbeeld met onderscheid tussen wateroplosbaar kobalt en lagere AEGW (bv. 0,1 mg/Nm<sup>3</sup>) voor te stellen analooq aan DE, of in lijn met de GAW buitenlucht, maar er zijn meettechnisch geen duidelijke argumenten om dit

onderscheid te maken, en ook toxicologisch zijn er geen duidelijke argumenten voor een strengere behandeling voor wateroplosbaar kobalt.

## 5. Kennishiaten en onderzoeksbehoeften

- Toxicologische en meettechnische relevantie van onderscheid tussen verschillende kobaltverbindingen, bv. tussen wateroplosbare kobaltverbindingen en andere kobaltverbindingen zoals in de Duitse TA Luft en/of tussen verschillende kobaltverbindingen in lijn met, of verder dan, de differentiatie qua GAW.
- Toxicologische en meettechnische relevantie van onderscheid tussen verschillende nikkelverbindingen, verder dan een onderscheid tussen Ni subsulfide en andere nikkelverbindingen in lijn met het onderscheid qua GAW.
- Gevalideerde meetmethode voor vluchtige metaalverbindingen zoals nikkel-tetracarbonyl.
- Prioriteit sectorale, bijzondere en gebiedsgerichte normen/maatregelen in bepaalde industriegebieden en sectoren, bv. ferro- en non-ferrosector onderzoeken.

## BEKNOPT FICHE HEXACHLOORBENZEEN (HCB)

### 1. Identificatie en voorkomen

- CAS-nummer hexachloorbenzeen: 118-74-1
- middel tegen schimmels dat vroeger gebruikt werd om zaden en graan te beschermen (pesticide).
- industrieel product, vroeger toegepast bij de productie van vuurwerk, munitie en synthetisch rubber.
- komt nog in het milieu terecht als bijproduct in de chemische industrie, in afvalstromen van chlooralkali- en houtbeschermingsindustrie en bij de verbranding van huishoudelijk afval. Het accumuleert in lichaamsvetten.
- HCB is een van de meest persistente milieucontaminanten omwille van zijn chemische stabiliteit en resistentie tegen biodegradatie. Door deze persistentie kan HCB accumuleren in de voedselketen en zich verspreiden over de hele wereld.
- Blootstelling wordt voornamelijk verwacht via gecontamineerde voeding, in het bijzonder vette vis en andere dierlijke vetten ([Steunpunt Milieu & Gezondheid, 2019](#))
- Vast bij omgevingstemperatuur. Smeltpunt 231°C. Kookpunt 323-326°C.

### 2. Emissie- en luchtnormen

- Huidige VLAREM geen AEGW. Echter organische stof, dus moet worden gerekend tot de groep waarvan de stoffen wat betreft invloed op milieu het meest nabijkomen ([artikel 4.4.3.1 van VLAREM II](#)).
- Nederland AEGW 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,075 kg/jaar
- Duitsland geen AEGW. Kankerverwekkende stoffen die niet bij naam zijn vermeld, moeten worden ingedeeld in de klassen waarvan de stoffen qua potentie het dichtst in de buurt komen.
- Geen wettelijke grens- of streefwaarde omgevingslucht. Geen GAW bepaald.

### 3. Overwegingen voor AEGW

- Technieken analoog aan dioxines en furanen, en andere (gehalogeneerde) vaste organische stoffen.
- Geen BBT-GEN in BREF's specifiek voor hexachloorbenzeen.
- Aandeel t.o.v. totale Vlaamse luchtemissies onbekend. In IMJV's enkel luchtemissies door sector elektriciteitsproductie gerapporteerd. Het aandeel van IMJV-luchtemissies (0,064 kg/jaar) t.o.v. totale IMJV-emissies was ca. 64%.
  - drempelwaarde IMJV-rapportage 10 kg/jaar.

- Referentiewaarden kosteneffectiviteit luchtmissies
  - Milieuprijzen [CE Delft](#) (2023) – Nederland: 339 €/kg (onder) / 502 €/kg (centraal) / 758 €/kg (boven)
- [Kankerverwekkend](#) (1B). Persistent in het milieu. Aangeduid als [POP](#):
  - Bijlage I: Verbod op de vervaardiging, het in de handel brengen en het gebruik. Uitzondering onopzettelijke sporenverontreiniging (ten hoogste 10 mg/kg ~ 0,001 massa%)
  - Bijlage III: Beperking van vrijkoming, minimalisering en eliminatie
- Overschrijding laagste toetsingswaarde humane biomonitoring door 0,5% deelnemers, geen overschrijding hoogste toetsingswaarde. P95 (14,1 ng/g vet) ligt ruim onder laagste toetsingswaarde (25 ng/g vet).
- Grenswaarde beroepsmatige blootstelling FOD WASO (0,002 mg/m<sup>3</sup>) zeer laag, vergelijkbare grootteorde met cadmium, en lager dan bv. kwik
- Geen specifieke LUC-methode voor luchtmissies hexachloorbenzeen.

#### 4. Opties AEGW en aanbeveling

##### a. Behoud afwezigheid van AEGW

- Terugvallen op voorstel emissieplafond o.b.v. kankerverwekkende indeling (1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 5 g/u) en de bepaling inzake indeling in de groep waarmee de stoffen het meest overeenkomen, volgens [VLAREM II, artikel 4.4.3.1](#). De analyse in deze fiche biedt onderbouwing voor een mogelijke AEGW. Op basis van de eigenschappen van hexachloorbenzeen, sluit deze het meest aan bij punt 6° uit de huidige AEGW (0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 0,5 g/u). Voor persistente ZS moet echter ook rekening gehouden worden met het voorstel in 6.2.2.2, namelijk een EGW op maat indien er geen groep het risico correct weerspiegelt.

##### b. Aanpassing naar AEGW 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 0,5 g/u, mét afwijkmogelijkheid

- Komt overeen met punt 6° uit huidige AEGW (gelijke behandeling met bepaalde kankerverwekkende stoffen, waaronder de POP benzo(a)pyreen)
- AEGW hoger dan NL
- GMS (0,5 g/u ~ 1 à 4 kg/jaar) iets lager dan IMJV-drempelwaarde
- Afwijkmogelijkheid (geen vaste bovengrens) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.

##### c. Aanpassing naar AEGW 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 0,25 g/u, mét afwijkmogelijkheid

- AEGW komt overeen met NL, en met DE klasse I kankerverwekkende stoffen (bevat o.a. benzo(a)pyreen).
- Lager dan eender welke huidige VLAREM AEGW.
- Afwijkmogelijkheid (geen vaste bovengrens) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.

##### • **Aanbeveling: optie a, maar monitoring aanbevolen van 0,5 g/u**

- Gebrek aan informatie over emissieniveaus en effectiviteit van technieken maakt het moeilijk om in te schatten hoe haalbaar de verschillende opties zijn, en wat hun voordeel voor milieu en gezondheid is.
- Verschil tussen optie b en c eerder beperkt. Een gelijke behandeling met PAK's, bv. benzo(a)pyreen, lijkt aangewezen, wegens de vergelijkbare risico's en eigenschappen, en vergelijkbare wettelijke status (o.a. POP). Voldoende flexibiliteit door afwijkmogelijkheid in geval van buitensporige kosten of cross-media effecten. In het bijzonder te verantwoorden gezien de overschrijding laagste gezondheidkundige toetsingswaarde, al is die overschrijding zeer beperkt. Optie b lijkt een redelijk compromis.

- Ook optie a is een redelijke keuze. Er zijn momenteel geen concrete aanwijzingen dat hexachloorbenzeen in meer dan één sector wordt uitgestoten in relevante massastromen. In vergelijking tot de drempelwaarde (10 kg/jaar) zijn de gerapporteerde IMJV-luchtemissies zeer laag (0,064 kg/jaar), en slechts afkomstig uit één sector.
- Mogelijk worden niet alle relevante emissies gerapporteerd door de relatief hoge drempelwaarde voor IMJV-rapportage. Een monitoring-/rapportageverplichting met gepaste grensmassastroom kan helpen om de eventuele noodzaak tot opname in de lijst van AEGW beter te onderbouwen. Omdat de eigenschappen van HCB het meest aansluiten bij punt 6° van de huidige AEGW, is de overeenkomstige GMS van 0,5 g/u een redelijke drempel voor monitoring.

## 5. Kennishiaten en onderzoeksbehoeften

- Ontwikkeling meetmethode voor kwantificering luchtemissies hexachloorbenzeen.
- Emissiegegevens en gegevens buitenlucht die kunnen onderbouwen in hoeverre emissies door ingedeelde inrichtingen of activiteiten al dan niet relevant zijn in verhouding tot totale, geaggregeerde blootstelling.
- Gezondheidskundige advieswaarde voor omgevingslucht (en indien relevant depositie) waaraan emissies afgetoetst kunnen worden.

## BEKNOPTE FICHE DIBUTYLFTALAAT (DBP)

### 1. Identificatie en classificatie

- Dibutylftalaat - CAS-nummer: 84-74-2, vaak afgekort als DBP of DnBP
- ZS-criteria en classificatie:
  - R: reprotoxisch 1B
  - ED: hormoonverstorend - milieu
- Geen specifieke concentratiegrens voor CLP-indeling

### 2. Fysisch-chemische eigenschappen

- Vloeistof bij kamertemperatuur
- Smelpunt -69 - -35°C
- Kookpunt 340°C
- Dampdruk 0.006 - 0.013 Pa bij 25 °C (weinig vluchtig, geen VOS)
- Oplosbaarheid in water 10 – 11,4 mg/L bij 20-25°C

### 3. Voorkomen en gebruik

- Gebruikt voornamelijk als weekmaker in diverse kunststof materialen en producten, waaronder voedingsverpakkingen, plastic flessen, speelgoed, medisch materiaal (tubes, zakken voor bloedtransfusie, ...), en plastic omhulsels van medicatie. Daarnaast komen ftalaten voor in vele consumentenproducten, o.m. in vinyl vloer, plastic kleding, verzorgingsproducten (nagellak, haarlak, zeep, shampoo, ...), detergenten, solventen, en plakband. DINCH komt voor in gelijkaardige toepassingen met zachte PVC zoals medische apparatuur, bloedzakken, voedsel contactmaterialen, sportmateriaal, textielcoatings, verf en inkt, adhesieven, cosmetica en speelgoed. ([Steunpunt milieu & gezondheid](#), 2019)
- REACH [autorisatielijst bijlage XIV](#):
  - Verbod voor 14 december 2024 voor vormen van gebruik in:

- de primaire verpakking van geneesmiddelen die onder Verordening (\*\*) nr. 726/2004, Richtlijn 2001/82/EG en/of Richtlijn 2001/83/EG vallen;
- mengsels met een bbp-gehalte van 0,1 gewichtsprocent of meer en minder dan 0,3 gewichtsprocent.
- Overige gebruiken reeds verboden
- REACH-restricties bijlage XVII: niet toegelaten in concentratie gelijk aan of groter dan 0,1 gewichtsprocent, behalve:
  - voorwerpen die uitsluitend voor industrieel of landbouwgebruik zijn bestemd, of uitsluitend voor gebruik in de openlucht, op voorwaarde dat geen weekgemaakt materiaal in contact met de menselijke slijmvliezen of in langdurig contact met de menselijke huid komt;
  - luchtvaartuigen die vóór 7 januari 2024 in de handel zijn gebracht, of voorwerpen, ongeacht wanneer deze in de handel zijn gebracht, die uitsluitend zijn bestemd voor gebruik voor het onderhoud of de reparatie van die luchtvaartuigen, voor zover die voorwerpen van essentieel belang zijn voor de veiligheid en luchtwaardigheid van de luchtvaartuigen;
  - motorvoertuigen binnen het toepassingsgebied van Richtlijn 2007/46/EG die vóór 7 januari 2024 in de handel zijn gebracht, of voorwerpen, ongeacht wanneer deze in de handel zijn gebracht, die uitsluitend zijn bestemd voor gebruik voor het onderhoud of de reparatie van die voertuigen, voor zover die voertuigen zonder die voorwerpen niet kunnen functioneren zoals bedoeld;
  - voorwerpen die vóór 7 juli 2020 in de handel zijn gebracht;
  - meetinstrumenten voor gebruik in het laboratorium, of onderdelen daarvan;
  - materialen en voorwerpen bestemd om met levensmiddelen in contact te komen binnen het toepassingsgebied van Verordening (EG) nr. 1935/2004 of Verordening (EU) nr. 10/2011 van de Commissie;
  - medische hulpmiddelen binnen het toepassingsgebied van de Richtlijnen 90/385/EEG, 93/42/EEG of 98/79/EG, of onderdelen daarvan;
  - elektrische en elektronische apparatuur binnen het toepassingsgebied van Richtlijn 2011/65/EU;
  - de primaire verpakking van geneesmiddelen binnen het toepassingsgebied van Verordening (EG) nr. 726/2004, Richtlijn 2001/82/EG of Richtlijn 2001/83/EG;

#### 4. Bronnen en blootstelling

- DBP kan vrijgesteld worden uit kunststofproducten (bv. PVC). Door de hoge dampdruk is de diffusie vanuit het hars de snelheidsbepalende factor. ([OESO](#), 2019) Ftalaten en DINCH zijn niet chemisch gebonden aan de materialen of producten waarin ze gebruikt worden. Dit wil zeggen dat ze vanuit deze materialen kunnen migreren tot in het milieu. De voornaamste blootstelling aan ftalaten en DINCH gebeurt via het eten van voedsel dat gecontamineerd is vanuit het verpakkingsmateriaal. ([Steunpunt milieu & gezondheid](#), 2019)
- Historisch ([Wormuth et al.](#), 2006) werd in het bijzonder bij kinderen en kleuters hoge blootstelling aan ftalaten beschreven. Dit kon in veel gevallen direct of indirect gelinkt worden aan het gebruik van consumentenproducten die ftalaten bevatten. In buitenlucht werden DBP concentraties van 3,2 – 45 ng/m<sup>3</sup> (gemiddeld 22,3 ng/m<sup>3</sup> - P50 11,9 ng/m<sup>3</sup>) beschreven.<sup>57</sup>

<sup>57</sup> Voor diisobutylftalaat bevat het onderzoek geen meetgegevens. De hoogste maximum luchtconcentratie in het onderzoek is 125 ng/m<sup>3</sup> voor DEP (diethylftalaat – niet op Vlaamse ZS-lijst).

- Buitenlucht wordt niet genoemd als een relevante blootstellingsroute voor ftalaten ([HBM4EU factsheet](#), 2021)
- DBP luchtmissies worden niet gerapporteerd via IMJV's. Het is dus niet mogelijk hun aandeel in de totale Vlaamse emissies in te schatten.
  - Het enige ftalaat dat wel in scope van IMJV-rapportage valt, DEHP, werd niet gerapporteerd door Vlaamse bedrijven (rapportagedrempel 10 kg/jaar).

## 5. Emissie- en luchtnormen

- Huidige algemene emissiegrenswaarde: Niet expliciet opgenomen.
  - Echter organische stof, dus moet worden gerekend tot de groep waarvan de stoffen wat betreft invloed op milieu het meest nabijkomen ([artikel 4.4.3.1 van VLAREM II](#))
- Nederland AEGW 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,075 kg/jaar
- Duitsland AEGW 1 mg/m<sup>3</sup> vanaf 2,5 g/u voor reprotoxische stoffen.
- Geen wettelijke grens- of streefwaarde omgevingslucht. Geen GAW bepaald.

## 6. Overwegingen voor AEGW

- Humane biomonitoring: 0,5% van de metingen in Vlaanderen liggen boven de toetsingswaarde. Recent genomen beleidsmaatregelen voor beperking van het gebruik van stoffen met hormoonverstorende werking blijken effectief. Zo worden in urinestalen van jongeren lagere gehalten gemeten van afbraakproducten van sommige ftalaten (weekmakers voor plastics) dan in de vorige campagne. ([Steunpunt milieu & gezondheid](#), 2021)
- Onderzoek naar gecombineerde blootstelling verschillende ftalaten beschikbaar ([Lange et al.](#), 2022)
- Derived No Effect Level inhalatie
  - Algemene populatie 20 µg/m<sup>3</sup>
  - Beroepsmatig 130 µg/m<sup>3</sup> - kortetermijn 2,84 mg/m<sup>3</sup>
- Grenswaarde beroepsmatige blootstelling FOD WASO (5 mg/m<sup>3</sup>) vrij laag
- Geen specifieke LUC-methode voor luchtmissies ftalaten
- Technieken emissiereductie analoog aan andere organische stoffen. Omwille van lage vluchtigheid is ook stofbeheersing belangrijk. Geen specifieke informatie in BREF's of Vlaamse BBT-studies. Geen BBT-GEN in BREF's.
- Referentiewaarden kosteneffectiviteit luchtmissies
  - Milieuprijzen [CE Delft](#) (2023) – Nederland: 0,118 €/kg (onder) / 0,169 €/kg (centraal) / 0,229 €/kg (boven)
- Reprotoxisch (1B) en hormoonverstorend

## 7. Opties AEGW en aanbeveling

### a. Behoud afwezigheid van AEGW

- Terugvallen op voorstel emissieplafond o.b.v. reprotoxische en hormoonverstorende indeling (1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 5 g/u) en de bepaling inzake indeling in de groep waarmee de stoffen het meest overeenkomen, volgens [VLAREM II, artikel 4.4.3.1](#). De analyse in deze fiche biedt onderbouwing voor een mogelijke AEGW. Op basis van de eigenschappen van dibutylftalaat, sluit het het meest aan bij punt 7° uit de huidige AEGW (1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 5 g/u). Voor persistente en/of hormoonverstorende ZS moet echter ook rekening gehouden worden met het voorstel in 6.2.2.2, namelijk een AEGW op maat indien er geen groep het risico correct weerspiegelt.

### b. Aanpassing naar AEGW 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 5 g/u, mét afwijkmogelijkheid

- Komt overeen met punt 7° uit huidige AEGW
- AEGW komt overeen met DE, GMS is hoger.
- AEGW hoger dan NL

- Afwijkmogelijkheid (geen vaste bovengrens) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
- c. Aanpassing naar AEGW 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf GMS 0,25 g/u, mét afwijkmogelijkheid
  - AEGW komt overeen met NL
  - Lager dan eender welke huidige VLAREM AEGW.
  - Afwijkmogelijkheid (geen vaste bovengrens) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
- **Aanbeveling: optie a, maar monitoring aanbevolen vanaf 0,5 g/u**
  - Gebrek aan informatie over emissieniveaus en effectiviteit van technieken maakt het moeilijk om in te schatten hoe haalbaar de verschillende opties zijn.
  - Een gelijke behandeling met andere reprotoxische stoffen en/of hormoonverstorende stoffen lijkt aangewezen, wegens de vergelijkbare risico's en eigenschappen.
  - Lage AEGW te verantwoorden gezien de overschrijding laagste gezondheidskundige toetsingswaarde, al is die overschrijding zeer beperkt, en is de bijdrage van luchtmissies zeer beperkt. Voldoende flexibiliteit door afwijkmogelijkheid in geval van buitensporige kosten of cross-media effecten.
  - Ook optie a is een redelijke optie. Er zijn geen concrete aanwijzingen dat dibutylftalaat door ingedeelde inrichtingen wordt uitgestoten in relevante massastromen.
  - Mogelijk worden niet alle relevante emissies gerapporteerd door het ontbreken van een meetmethode en het ontbreken van een rapportageverplichting in het IMJV. Een monitoring-/rapportageverplichting met gepaste grensmassastroom kan helpen om de eventuele noodzaak tot opname in de lijst van AEGW beter te onderbouwen. De eigenschappen van DBP sluiten het meest aan bij punt 7° van de huidige AEGW (overeenkomstige GMS van 5 g/u). Echter, omwille van de hormoonverstorende eigenschappen lijkt een meer conservatieve grensmassastroom aangewezen, vergelijkbaar met andere ZS met hormoonverstorende eigenschappen (bv. bisfenolen en gebromeerde vlamvertragers). Hier wordt gekozen voor een afstemming op hexachloorbenzeen, omdat dit overeenkomt met de GMS voor punt 6° van de AEGW, en een redelijke drempel voor monitoring van dergelijke hormoonverstorende stof is.

Opmerking: deze bevindingen kunnen ook doorgetrokken worden naar diisobutylftalaat, dat gelijkaardige eigenschappen vertoont en in vergelijkbare mate kan vrijkomen.

## 8. Kennishiaten en onderzoeksbehoeften

- Meetmethode voor luchtmissies van minstens dibutylftalaat en diisobutylftalaat, of voor een ruimere groep vergelijkbare ftalaten.
- Emissiegegevens en gegevens buitenlucht die kunnen onderbouwen in hoeverre emissies door ingedeelde inrichtingen of activiteiten al dan niet relevant zijn in verhouding tot totale, geaggregeerde blootstelling en gezondheidskundige toetsingswaarde.
- Gezondheidskundige advieswaarde voor omgevingslucht (en indien relevant depositie) waaraan emissies afgetoetst kunnen worden.

## BEKNOPT FICHE GEBROMEERDE VLAMVERTRAGERS

### 1. Identificatie en voorkomen

Voornaamste klassen volgens [EFSA](#):

- Hexabroomcyclododecaan (HBCDD)

- CAS-nr: 25637-99-4 (andere isomeren hebben andere CAS-nrs.)
- ZS-criteria: PBT ([ECHA](#)), POP ([bijlage I](#) POP-Verordening)
- Historisch gebruik in thermische isolatie in de bouw ([EFSA](#)), voornamelijk toegepast in extruderend (XPS) en expanderend (EPS) polystyreenschuim, gebruikt als thermische isolatie in de bouwnijverheid. Een tweede belangrijke toepassing van HBCD als brandvertrager is in textiel bestemd voor het stofferen van meubels ([Steunpunt Milieu & Gezondheid](#), 2008)
- Voor niet-beroepshalve blootgestelde personen zijn de voornaamste blootstellingsroutes aan HBCD via de voeding (vooral vis) en via inademen van binnenhuislucht en stof ([Steunpunt Milieu & Gezondheid](#), 2008)
- Polygebromeerde difenylethers (PBDE's)
  - Voornamelijk [congeneren](#) BDE-28, -47, -66, -99, -100, -153, -154, -183, -209 ([Steunpunt Milieu & Gezondheid](#), 2019)
  - ZS-criteria:
    - tetra- (CAS-nr. 40088-47-9 en andere), penta- (CAS-nr. 32534-81-9 en andere), hexa- (CAS-nr. 36483-60-0 en andere), hepta- (CAS-nr. 68928-80-3 en andere) en deca-BDE zijn POP. ([bijlage I](#) POP-Verordening)
    - Deca-BDE (CAS-nr. 1163-19-5) is PBT. ([ECHA](#))
  - Behoren tot de groep van aromatische gebromeerde vlamvertragers.
  - Gebruikt in plastics, textiel, elektronica ([EFSA](#)). Komen onder meer voor in elektrische en elektronische apparatuur (TV, computer), textiel, meubels (meer bepaald in het polyurethaan schuim), auto's en andere voertuigen, tapijten, isolatiemateriaal, vloeren,... ([Steunpunt Milieu & Gezondheid](#), 2019)
  - Blootstelling aan PBDEs kan mogelijks tot schadelijke gezondheidseffecten leiden bij de mens. Ze zijn onder meer neurotoxisch, hormoonverstorend en kankerverwekkend. Bij proefdieren zijn de volgende gezondheidseffecten vastgesteld: gedragsveranderingen en schade aan hun voortplantingssysteem bij blootstelling tijdens vroege ontwikkeling, lever en schildklier effecten, effecten op het immuunsysteem en huidirritatie. Bij humane studies is er ook een verband aangetoond met veranderde neuro-ontwikkeling. ([Steunpunt Milieu & Gezondheid](#), 2019)
  - Meest recente Vlaamse meetcampagne humane biomonitoring ([Steunpunt milieu & gezondheid](#), 2021): *"Slechts enkele van de nu verboden persistente gebromeerde vlamvertragers zijn nog meetbaar in bloedstalen van jongeren (BDE47, BDE99, BDE153, BDE154)."*
  - Hoe meer broom-atomen, hoe korter de halfwaardetijd in de mens. Halfwaardetijd in arbeiders ([Steunpunt Milieu & Gezondheid](#), 2019):
    - Penta-BDE: maanden tot jaren (ECB, 2000)
    - Octa-BDE: 37-91 dagen (Thuresson, 2005)
    - Deca-BDE: 11-18 dagen (Thuresson, 2005)
- Tetrabroombisfenol A (TBBPA) en andere gebromeerde fenolen
  - CAS-nr: 79-94-7
  - ZS-criteria: carcinogeen klasse 1 ([ECHA](#)), OSPAR prioritaire actielijst
  - Behoren tot de groep van aromatische gebromeerde vlamvertragers.
  - Gebruikt in printplaten, thermoplastics ([EFSA](#)). TBBPA wordt gebruikt als vlamvertrager, voornamelijk in elektronisch materiaal voor gegevensverwerking. ([Steunpunt Milieu & Gezondheid](#), 2008)
  - De voornaamste blootstelling van de algemene bevolking vindt plaats via het leefmilieu. Blootstelling gebeurt door huidcontact (vb computerwerk), inademing en via voedsel (vette vis, moedermelk) ([Steunpunt Milieu & Gezondheid](#), 2008)
  - Volgens ECB (2006) zijn er geen noemenswaardige gezondheidseffecten verboden aan blootstelling aan TBBPA. Zowel voor beroepsblootstelling als blootstelling van

consumenten, regionale en lokale blootstelling van de algemene bevolking en kinderen is er volgens ECB geen nood aan verdere informatie, testen of reductiemaatregelen dan deze die al gebruikt worden. ([Steunpunt Milieu & Gezondheid](#), 2008)

- Concentratie in omgevingslucht tot 57,8 pg/m<sup>3</sup> ([ECHA](#), 2024)
- Polygebromeerde bifenylen (PBB's)
  - ZS-criteria:
    - Hexa-BB (CAS-nr. 36355-01-8) is POP ([bijlage I](#) POP-Verordening) en staat op OSPAR-lijst voor prioritaire actie.
    - PBB's staan op REACH restrictielijst.
  - Gebruikt in toestellen, textiel, plastic schuim ([EFSA](#)).
  - Behoren tot de groep van aromatische gebromeerde vlamvertragers.

Naast deze voornaamste klassen, heeft onderzoek van [ECHA](#) (2024) over een aantal andere relevante aromatische gebromeerde vlamvertragers geïdentificeerd, inclusief informatie over eigenschappen en concentraties in omgevingslucht (en andere media, zie tabel 20 in het ECHA rapport), zoals:

- DBDPE (1,1'-(ethane-1,2-diyl)bis[pentabromobenzeen]) tot 7,9 pg/m<sup>3</sup>
- BTBPE (1,2-bis(2,4,6-tribromophenoxy)ethane) tot 9,6 pg/m<sup>3</sup>
- TBPH (Bis(2-ethylhexyl) tetrabromophthalate) tot 1867 pg/m<sup>3</sup>
- PBBA (pentabroombenzylacrylaat; CAS-nr. 59447-55-1; EC-nr. 261-767-7) tot 0,032 pg/m<sup>3</sup>
- HBB (hexabroombenzeen) tot 11,6 pg/m<sup>3</sup>
- PBEB (pentabroommethylbenzeen; CAS-nr. 85-22-3) tot 23,1 pg/m<sup>3</sup>
- PBT (pentabroomtolueen; CAS-nr. 87-83-2) tot 45 pg/m<sup>3</sup>
- PBBz (pentabroombenzeen; CAS-nr. 608-90-2) tot 1,1 pg/m<sup>3</sup>
- TBX (2,3,5,6-tetrabroom-p-xyleen; CAS-nr. 23488-38-2) tot 0,16 pg/m<sup>3</sup>
- EHTBB (2-ethylhexyl 2,3,4,5-tetrabromobenzoate; CAS-nr. 183658-27-7) tot 86 pg/m<sup>3</sup>
- ATE (Allyl 2,4,6-tribroomfenylether; CAS-nr. 3278-89-5) tot 0,83 pg/m<sup>3</sup>

Het rapport beschrijft dat de additieve (dus niet covalent gebonden), niet-polymere aromatische gebromeerde vlamvertragers het meest relevant zijn voor vrijkomen in het milieu. Sommige zijn niet geregistreerd onder REACH (bv. BTBPE, HBB, EHTBB) maar zijn in het milieu in concentraties vergelijkbaar met DBDPE, de aromatische gebromeerde vlamvertrager met het hoogst geregistreerde volume, aangetroffen. Covalent gebonden en polymere stoffen kunnen ook vrijkomen, te wijten aan ofwel niet gereageerde monomeren of aan degradatieproducten, maar hun omgevingsconcentraties zijn doorgaans laag.

Sectoren die het meest bijdragen tot vrijkomen in het milieu zijn elektrische en elektronische toestellen, bouw en textiel. Een belangrijke bijdrage komt van de afvalfase, in het bijzonder shredderen en storten. Recyclage van plastic met aromatische gebromeerde vlamvertragers gebeurt algemeen niet. De huidige stand der techniek is mechanische recyclage, waarbij de fractie met aromatische gebromeerde vlamvertragers door densiteitsscheiding wordt uitgesorteerd, voor verbranding of storten, met een decontaminatie-efficiëntie van >95 %.

Op het moment van schrijven loopt er een consultatie om informatie te verzamelen met het oog op een mogelijke REACH-restrictie voor niet-polymere aromatische gebromeerde vlamvertragers ([ECHA](#), 2026)

## 2. Eigenschappen (niet-exhaustief – enkele stoffen van deze zeer ruime groep illustratief beschreven)

- Op HBCDD na, behoren de hierboven beschreven voornaamste klassen volgens EFSA allemaal tot de aromatische gebromeerde vlamvertragers (aromatic brominated flame retardants – ABRs).
- Naast deze klassen staan in de Nederlandse ZZS-lijst een aantal niet-aromatische gebromeerde vlamvertragers (zie 'emissie- en luchtnormen') hieronder.

- Doorgaans weinig vluchtige stoffen.
- Doorgaans slecht afbreekbare stoffen. Sommige zijn ingedeeld als PBT (zie hierboven voor de voornaamste klassen). Het onderzoek van [ECHA](#) (2024) beschrijft bijkomende stoffen waarvan formeel geconcludeerd is dat ze zPzB zijn (BTBPE en TBPH), en de PBT uitkomst voor DBDPE. Ook gebromeerde ftalaten (wegens aanwezigheid TBPH) en gebromeerde difenyl ethylenen (wegens aanwezigheid DBDPE) worden in het rapport als zPzB beschouwd. Nog 37 stoffen zijn waarschijnlijk PBT gebaseerd op o.a. QSAR voorspellingen.
- Wateroplosbaarheid:
  - Hexabroomcyclododecaan 65,6 µg/liter bij 20°C ([ECHA](#))
- DNEL inhalatie algemene bevolking
  - Hexabroomcyclododecaan 719 µg/m<sup>3</sup> voor systemische effecten – lange termijn

### 3. Emissie- en luchtnormen

- Huidige algemene emissiegrenswaarde: Niet expliciet opgenomen.
  - Echter organische stof, dus moet worden gerekend tot de groep waarvan de stoffen wat betreft invloed op milieu het meest nabijkomen ([artikel 4.4.3.1 van VLAREM II](#))
- Nederland
  - ERS 0,05 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> vanaf 20 mg TEQ/jaar
    - Tegenstrijdige informatie in voetnoten ZZS-lijst:
      - één noemt alle gebromeerde difenylethers, met uitzondering van decabroomdifenyl ether (CAS-nr. 1163-19-5),
      - een andere beschrijft alleen tetra-, penta-, hexa- en heptabroomdifenylether. (Andere gebromeerde difenylethers worden echter niet in een andere stofklasse genoemd.)
    - hexabroombifenyl (hexa-BB)
  - MVP1 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,075 kg/jaar
    - Vele gebromeerde brandvertragers, o.a. PBB's, hexabroomcyclododecaan, decabroomdifenylethaan (DBDPE), TBBPA, tetrabroombisfenol A bis(2,3-dibroompropyl ether), tris(2,3-dibroompropyl)fosfaat, 2,2-bis(broommethyl)propan-1,3-diol, 2,2-dimethyl-1-propanol, tribroomderivaat, (pentabroomfenyl)methylacrylaat, 1,1'-(isopropylideen)bis[3,5-dibroom-4-(2,3-dibroom-2-methylpropoxy)benzeen], 1,1'-[ethaan-1,2-diylbisoxy]bis[2,4,6-tribroombenzeen] (BTBPE), tetrabroombisfenol A bis(2,3-dibroompropyl ether), ...
- Duitsland: voor PBT andere dan dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's is geen concrete EGW beschreven, maar geldt een minimalisatie-eis. Polygehalogeerde bifenylen worden in TA Luft als voorbeeld genoemd. Voor kankerverwekkende, mutagene en reprotoxische stoffen zijn wel emissiewaarden beschreven, zie 3.1.6.

### 4. Overwegingen voor AEGW

- Zeer brede groep met diverse eigenschappen en uiteenlopende wettelijke status (bv. al dan niet opname in bijlage I POP-Verordening of REACH restrictielijst).

- Onvolledige informatie over productie, verspreiding, blootstelling en toxiciteit voor vele componenten, inclusief 'opkomende' en 'nieuwe' gebromeerde vlamvertragers ([HBM4EU](#); [EFSA](#), 2013)
- Geen GAW omgevingslucht.
- Niet opgenomen in rapportageverplichtingen IMJV-lucht.
- Geen gezondheidkundige toetsingswaarde humane biomonitoring. PBDE's nog slechts beperkt aangetroffen in meest recente meetcampagne. ([Steunpunt milieu & gezondheid](#), 2021)
- Blootstelling door inhalatie en stofingestie wordt eerder geassocieerd met binnenlucht dan met buitenlucht ([HBM4EU](#), 2021)
- Technieken emissiereductie analoog aan andere organische stoffen. Omwille van lage vluchtigheid is ook stofbeheersing belangrijk. Geen specifieke informatie in BREF's of Vlaamse BBT-studies. Geen BBT-GEN in BREF's.
- Een [richtsnoer voor BBT/BEP](#) (best environmental practices) werd opgesteld in het kader van de Stockholm Conventie voor POP's. Het beschrijft o.a. substitutiemogelijkheden, en afvalbeheer, waaronder het afscheiden van verontreinigde plastics bij recyclage, voor afvalverbranding of, als laatste optie, storten.
- Een LUC-metmethode voor emissiemetingen van gebromeerde vlamvertragers bij shredders is in opmaak. Deze richt zich op 8 EPA PBDE's (interne communicatie VITO, 2025)<sup>58</sup>. In het onderzoek wordt tevens bekeken welke andere gebromeerde stoffen optioneel gemeten kunnen worden met de methode.

## 5. Opties AEGW en aanbeveling

- a. Behoud afwezigheid van AEGW
  - Terugvallen op voorgesteld emissieplafond o.b.v. ZS-gevareneigenschappen en de bepaling inzake indeling in de groep waarmee de stoffen het meest overeenkomen, volgens [VLAREM II, artikel 4.4.3.1](#). Gezien hun eigenschappen, sluiten ZS gebromeerde vlamvertragers het meest aan bij punt 6° van de huidige AEGW (0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u). Voor persistente en/of hormoonverstorende ZS moet echter ook rekening gehouden worden met het voorstel in 6.2.2.2, namelijk een EGW op maat indien er geen groep het risico correct weerspiegelt.
- b. AEGW 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u voor alle gebromeerde vlamvertragers behorend tot ZS, mét afwijkingsmogelijkheid.
  - Komt overeen met punt 6° uit huidige AEGW (gelijke behandeling met de POP benzo(a)pyreen)
  - AEGW hoger dan in NL voor zowel ERS (PBDE's en hexa-BB) als andere gebromeerde vlamvertragers
  - Afwijkingsmogelijkheid (geen vaste bovengrens) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
- c. AEGW 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u voor een prioritaire set van gebromeerde vlamvertragers, mét afwijkingsmogelijkheid. Behoud afwezigheid van AEGW voor overige gebromeerde vlamvertragers.
  - Komt overeen met punt 6° uit huidige AEGW (gelijke behandeling met de POP benzo(a)pyreen) voor prioritaire set.
  - Voor overige ZS terugvallen op voorgesteld emissieplafond o.b.v. ZS-gevareneigenschappen en de bepaling inzake indeling in de groep waarmee de stoffen het meest overeenkomen, volgens [VLAREM II, artikel 4.4.3.1](#) Gezien hun

<sup>58</sup> BDE28, -47, -47, -99, -100, -153, -154, -183 en -209.

- eigenschappen, sluiten ZS gebromeerde vlamvertragers het meest aan bij punt 6° van de huidige AEGW (0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u). Voor persistente en/of hormoonverstorende ZS moet echter ook rekening gehouden worden met het voorstel in 6.2.2.2, namelijk een EGW op maat indien er geen groep het risico correct weerspiegelt.
- AEGW hoger dan in NL voor zowel ERS (PBDE's en hexa-BB) als andere gebromeerde vlamvertragers
  - Afwijkingsmogelijkheid (geen vaste bovengens) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
  - Prioritaire set nog te bepalen, zie verder
- d. AEGW 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,25 g/u voor alle gebromeerde vlamvertragers behorend tot ZS, mét afwijkingsmogelijkheid.
- Lager dan eender welke huidige VLAREM AEGW.
  - AEGW hoger dan in NL voor ERS (PBDE's en hexa-BB), en gelijk voor andere gebromeerde vlamvertragers behorend tot ZZS in NL.
  - Afwijkingsmogelijkheid (geen vaste bovengens) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
- e. AEGW 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,25 g/u voor een prioritaire set van gebromeerde vlamvertragers, mét afwijkingsmogelijkheid. Behoud afwezigheid van AEGW voor overige gebromeerde vlamvertragers.
- Lager dan eender welke huidige VLAREM AEGW.
  - Voor overige ZS terugvallen op voorgesteld emissieplafond o.b.v. ZS-gevaareigenschappen en de bepaling inzake indeling in de groep waarmee de stoffen het meest overeenkomen, volgens [VLAREM II, artikel 4.4.3.1](#). Gezien hun eigenschappen, sluiten ZS gebromeerde vlamvertragers het meest aan bij punt 6° van de huidige AEGW (0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u). Voor persistente en/of hormoonverstorende ZS moet echter ook rekening gehouden worden met het voorstel in 6.2.2.2, namelijk een EGW op maat indien er geen groep het risico correct weerspiegelt.
  - AEGW voor prioritaire set gelijk aan deze voor ERS in NL. AEGW voor overige gebromeerde vlamvertragers gelijk aan deze voor ZZS die niet tot ERS behoren in NL.
  - Afwijkingsmogelijkheid (geen vaste bovengens) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
  - Prioritaire set nog te bepalen, zie verder
- f. AEGW 0,05 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,20 mg TEQ/jaar voor een prioritaire set van gebromeerde vlamvertragers, mét afwijkingsmogelijkheid. AEGW 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,25 g/u voor overige gebromeerde vlamvertragers behorend tot ZS, mét afwijkingsmogelijkheid.
- Lager dan eender welke huidige VLAREM AEGW.
  - AEGW voor prioritaire set gelijk aan deze voor ERS in NL. AEGW voor overige gebromeerde vlamvertragers gelijk aan deze voor ZZS die niet tot ERS behoren in NL.
  - Afwijkingsmogelijkheid (geen vaste bovengens) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
  - Prioritaire set nog te bepalen, zie verder
  - De AEGW voor de priotaire set is uitgedrukt in ng TEQ/Nm<sup>3</sup>, naar analogie met dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's. Dit vereist echter dat toxiciteitsequivalenten in lijn met deze voor dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's worden bepaald.

- g. Streefwaarde 0,05 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> vanaf 20 mg TEQ/jaar voor een prioritaire set van gebromeerde vlamvertragers. Behoud afwezigheid van AEGW voor overige gebromeerde vlamvertragers.
- Lager dan eender welke huidige VLAREM AEGW voor prioritaire set.
  - Streefwaarde voor prioritaire set gelijk aan AEGW voor ERS in NL.
  - Streefwaarde weerspiegelt gebrek aan concrete referentiewaarden voor zowel emissieniveaus, omgevingsconcentraties als gezondheidkundige advieswaarden.
  - Bij zowel streefwaarde als voor overige ZS terugvallen op voorgesteld emissieplafond o.b.v. ZS-gevaareigenschappen en de bepaling inzake indeling in de groep waarmee de stoffen het meest overeenkomen, volgens [VLAREM II, artikel 4.4.3.1](#). Gezien hun eigenschappen, sluiten ZS gebromeerde vlamvertragers het meest aan bij punt 6° van de huidige AEGW (0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u). Voor persistente en/of hormoonverstorende ZS moet echter ook rekening gehouden worden met het voorstel in 6.2.2.2, namelijk een EGW op maat indien er geen groep het risico correct weerspiegelt.
  - Prioritaire set nog te bepalen, zie verder
  - De streefwaarde voor de prioritaire set is uitgedrukt in ng TEQ/Nm<sup>3</sup>, naar analogie met dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's. Dit vereist echter dat toxiciteitsequivalenten in lijn met deze voor dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's worden bepaald.
- h. Streefwaarde 0,05 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> vanaf 20 mg TEQ/jaar voor een prioritaire set van gebromeerde vlamvertragers. AEGW 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> voor overige gebromeerde vlamvertragers behorend tot ZS, mét afwijkingsmogelijkheid.
- Lager dan eender welke huidige VLAREM AEGW.
  - Streefwaarde voor prioritaire set gelijk aan AEGW voor ERS in NL. AEGW voor overige gebromeerde vlamvertragers gelijk aan deze voor ZZS die niet tot ERS behoren in NL.
  - Streefwaarde weerspiegelt gebrek aan concrete referentiewaarden voor zowel emissieniveaus, omgevingsconcentraties als gezondheidkundige advieswaarden.
  - Bij streefwaarde terugvallen op voorgesteld emissieplafond o.b.v. ZS-gevaareigenschappen en de bepaling inzake indeling in de groep waarmee de stoffen het meest overeenkomen, volgens [VLAREM II, artikel 4.4.3.1](#)
  - Afwijkingsmogelijkheid (geen vaste bovengrens) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
  - Prioritaire set nog te bepalen, zie verder
  - De AEGW voor de prioritaire set is uitgedrukt in ng TEQ/Nm<sup>3</sup>, naar analogie met dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's. Dit vereist echter dat toxiciteitsequivalenten in lijn met deze voor dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's worden bepaald.

In opties c, e, f, g en h is er differentiatie tussen een prioritaire set gebromeerde vlamvertragers enerzijds, en overige gebromeerde vlamvertragers behorend tot ZS anderzijds. De prioritaire set is verder te bepalen, en kan in functie van bijkomende kennis over toxicologie, emissieniveaus en meetmethoden evolueren in de toekomst. Op basis van huidige beschikbare informatie, lijken minstens volgende stoffen aangewezen omwille van hun PBT-, zPzB- en/of NL ERS-eigenschap:

- 8 EPA BDE's (BDE28, -47, -47, -99, -100, -153, -154, -183 en -209)
- Hexa-BB
- HBCDD
- DBDPE
- TBPH
- BTBPE

**Aanbeveling: Optie a, maar monitoringverplichting aanbevolen voor een prioritaire set vanaf 10 µg/u**

- Een differentiatie tussen een prioritaire set en overige gebromeerde vlamvertragers lijkt aangewezen om de prioritaire set gericht te kunnen beheersen. Voor de overige gebromeerde vlamvertragers lopen de gevareneigenschappen uiteen, en lijkt een beoordeling geval per geval aangewezen.
- Het gebrek aan emissiegegevens en toxicologische referentiewaarden maken het moeilijk om de relevantie van huidige emissies in te schatten, en om een proportionele AEGW voor te stellen. Een monitoringverplichting voor een prioritaire set lijkt daarom aangewezen. Gezien de gelijkenissen met PFAS, namelijk persistente, polygehalogeneerde organische stoffen, lijkt een laag GMS voor monitoring aangewezen. Dit kan bijvoorbeeld afgestemd worden op de NL vrijstellingsgrens voor MVP1 (stofvormige ZZS), namelijk 75 g/jaar. Omgerekend geeft dit afgerond 10 µg/u voor een quasi continue emissie (ca. 7500 u/jaar). Deze GMS kan op een later moment herzien worden in functie van GAW buitenlucht, gezondheidkundige toetsingswaarden humane biomonitoring en/of literatuurbedata, zie hieronder.
- In opties f, g en h wordt een TEQ vermeld voor de respectievelijke voorgestelde grens- of streefwaarden. Voor gebromeerde vlamvertragers zijn echter nog geen geharmoniseerde toxiciteitsequivalenten bepaald zoals voor dioxinen, furanen en dioxineachtige PCB's. Deze opties lijken momenteel dus niet praktisch haalbaar.
- Een streefwaarde biedt meer flexibiliteit t.o.v. een AEGW met afwijkmogelijkheid. Echter, de juridische betekenis van een streefwaarde is niet duidelijk. De vraag kan gesteld worden of toepassing van [VLAREM II, artikel 4.4.3.1](#) zonder streefwaarde niet even effectief is. Ook zonder expliciete opname in VLAREM kan aan een streefwaarde in de praktijk bij vergunningverlening afgetoetst worden. Een streefwaarde kan, naar analogie met EU wetgeving rond luchtkwaliteit, zie 3.1.1.1, in de toekomst evolueren naar een grenswaarde (met afwijkmogelijkheid).
- Optie e sluit voor de prioritaire set het meest aan bij de benadering gevolgd voor PFAS in de [BBT-studie PFAS luchtmissies](#). Het is op te merken dat dit moet gezien worden als een vangnet, dat aangevuld moet worden door een beoordeling van de impact op de omgeving, zie ook 6.2.2.8.
- Indien voor optie a gekozen wordt, kan bij een latere herziening worden nagegaan op basis van effectieve emissiegegevens voor welke relevante stoffen een expliciete opname in de lijst van AEGW noodzakelijk is.

**6. Kennishiaten en onderzoeksbehoeften**

- Gevalideerde meetmethode voor (groep van) gebromeerde vlamvertragers, te beginnen bij afgebakende prioritaire set.
- Gezondheidkundige toetsingswaarden voor humane biomonitoring, en emissiegegevens en gegevens buitenlucht die kunnen onderbouwen in hoeverre emissies door ingedeelde inrichtingen of activiteiten al dan niet relevant zijn in verhouding tot totale, geaggregeerde blootstelling, te beginnen bij afgebakende prioritaire set.
- Gezondheidkundige advieswaarde voor omgevingslucht (en indien relevant depositie) waaraan emissies afgetoetst kunnen worden, te beginnen bij afgebakende prioritaire set, en eventueel andere gebromeerde vlamvertragers waarvan uit literatuur een relevant milieu- of gezondheidsrisico blijkt (bv. toxische effecten bij zeer lage concentraties en indicatie van emissies van ingedeelde inrichtingen).

**BEKNOPT FICHE BISFENOL A EN GERELATEERDE BISFENOLEN****1. Identificatie en eigenschappen**

- Groep van >100 stoffen ([ECHA](#), 2021), o.a.:
- Bisfenol A (BPA) ([ECHA](#))

- CAS-nr. 80-05-7
- ZS-criteria: Repr. 1B; hormoonverstorend mens; hormoonverstorend milieu
- Vast bij omgevingstemperatuur. Smeltpunt 155°C. Kookpunt 360°C.
- Dampdruk 0 Pa bij 25°C
- Wateroplosbaarheid 300 mg/liter bij 25°C
- Fototransformatie in lucht – dissipatie halfwaardetijd 3,12 u
- Bioaccumulatiefactor 73 L/kg natgewicht
- Gemodelleerde verdeling in media: lucht 0-0,01%; water 30,5-32,9%; bodem 65,3-67,9%; sediment 1,51-1,8%; sediment in suspensie 0,05%; biota 0%.
- DNEL inhalatie algemene bevolking 1 mg/m<sup>3</sup> voor zowel korte als lange termijn, zowel systemische als lokale effecten.
- Bisfenol S (BPS) ([ECHA](#))
  - CAS-nr. 80-09-1
  - ZS-criteria: Repr. 1B; hormoonverstorend mens; hormoonverstorend milieu
  - Vast bij omgevingstemperatuur. Smeltpunt 242-248°C.
  - Wateroplosbaarheid 714 mg/liter bij 20°C en pH 5,7
  - Fototransformatie in lucht – dissipatie halfwaardetijd 26,5 u
  - Gemodelleerde verdeling in media: lucht 0%; water 99,3%; bodem 0,35%; sediment 0,35%; sediment in suspensie 0%; biota 0%; aerosol 0%.
  - DNEL inhalatie algemene bevolking 400 µg/m<sup>3</sup> voor lange termijn, systemische effecten.
- Bisfenol F (BPF) ([ECHA](#))
  - CAS-nr. 620-92-8
  - Geen geharmoniseerde indeling. CLH-intentie voor indeling Repr. 1B ([ECHA](#))
  - Niet opgenomen in draft Vlaamse ZS-lijst.
  - Vast bij omgevingstemperatuur. Smeltpunt 162-164°C.
- Bisfenol B (BPB) ([ECHA](#))
  - CAS-nr. 77-40-7
  - ZS-criteria: hormoonverstorend mens; hormoonverstorend milieu
- 4,4-isobutylethylideendifenol ([ECHA](#))
  - CAS-nr. 6807-17-6
  - ZS-criteria: Repr. 1B
- Bisfenol AF ([ECHA](#))
  - CAS-nr. 1478-61-1
  - ZS-criteria: Repr. 1B; behoort tot PFAS, dus opgenomen in OSPAR-lijst voor prioritaire actie

## 2. Voorkomen (Steunpunt Milieu & Gezondheid, 2019)

BPA is meest gebruikte stof van de groep bisfenolen. Het is een bouwsteen voor productie polycarbonaat plastic, gebruikt in speelgoed en materialen voor voeding en dranken. Gebruikt in o.a. babyflesjes. Ook gebruik voor productie van epoxyharsen, o.a. gebruikt voor binnenbekleding van conservenblikken, vaten en drankblikjes. BPA werd toegevoegd als ontwikkelaar in thermisch papier, bv. voor het afdrucken van kassatickets. Dit gebruik is intussen verboden in de EU ([REACH-restrictie](#)).

Door beperking op gebruik van BPA worden substituten zoals bisfenol S (BPS) en bisfenol F (BPF) op de markt gebracht. Ze lijken chemisch gezien erg op BPA en worden in dezelfde producten toegepast.

Ondanks korte halfwaardetijd in de mens (<6u voor BPA; <7u voor BPS) worden relatief constante concentraties BPA in menselijke urine gemeten, door permanente dagelijkse blootstelling.

Onderzoek door ECHA en EU lidstaten beveelt een restrictie aan voor meer dan 30 bisfenolen omwille van hun potentiële hormoonverstorende of reprotoxische effecten. ([ECHA](#) en [ECHA](#), 2021)

### 3. Emissie- en luchtnormen

- Huidige algemene emissiegrenswaarde:
  - Niet expliciet opgenomen. Echter organische stof, dus moet worden gerekend tot de groep waarvan de stoffen wat betreft invloed op milieu het meest nabijkomen ([artikel 4.4.3.1 van VLAREM II](#))
- Nederland:
  - MVP1 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> voor BPS, BPB, BPAF en 4,4-isobutylethylideendifenol
  - MVP2 1 mg/Nm<sup>3</sup> voor BPA
  - Geen stofklasse bepaald voor BPF, BPAF
- Duitsland: 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 2,5 g/u voor reprotoxische stoffen

### 4. Overwegingen voor AEGW

- Humane biomonitoring:
  - BPA: Geen overschrijding van de gehanteerde gezondheidkundige toetsingswaarde (GTW) 233 µg/l in Vlaamse humane biomonitoringcampagne, en er is een significante daling t.o.v. eerdere campagnes. Echter, volgens het [Europese Milieu Agentschap](#) (EEA, 2024) is de GTW 11,5 ng/l (0,0115 µg/l), op basis van een herziene [EFSA toelaatbare dagelijkse inname \(TDI\) uit 2023](#). Deze werd, net zoals in andere landen, ruimschoots overschreden in de Vlaamse biomonitoringcampagne: het geometrisch gemiddelde was 0,92 µg/l. De EFSA TDI staat echter sterk ter discussie ([Leist et al., 2024](#); [vom Saal et al., 2024](#); [EEA, 2023](#)). Van de 15 stoffen opgenomen in de [EEA indicator](#) voor risico van chemische mengsels heeft BPA veruit het grootste aandeel.
  - BPS: BPS werd in 10 EU landen gedetecteerd bij 67% van de volwassen deelnemers. Het percentage van de deelnemers dat de GTW van 1 µg/l overschrijdt varieert tussen 0,5% en 19,2% ([EEA](#))
  - BPF: BPF werd in 10 EU landen gedetecteerd bij 62% van de volwassen deelnemers. ([EEA](#))
- Blootstelling voornamelijk geassocieerd met vrijkomen uit producten (bv. polycarbonaat, epoxyharsen en thermaal papier), onder meer via transfer naar voeding. Er is bewijs dat blootstelling ook via lucht kan verlopen. ([HBM4EU](#)) Relevantie van luchtemissies is echter onduidelijk.
- Technieken emissiereductie analoog aan andere organische stoffen. Omwille van lage vluchtigheid is ook stofbeheersing belangrijk. Geen specifieke informatie in BREF's of Vlaamse BBT-studies. Geen BBT-GEN in BREF's.
- [IPLO factsheet](#) voor gaswasser vermeldt een verwijderingsefficiëntie van 90% en restemissie >20-40 mg/Nm<sup>3</sup> voor fenolen door een alkalische gaswasser.
- Meetmethoden:
  - [LUC/III/005](#) 'Bepaling van het gehalte gasvormig fenol in een gaskanaal' meet specifiek gasvormige fenolen. Het verwijst naar methode [WAC/IV/A/001](#) voor analyse volgend op de staalname. De bepalinglimiet van de meetmethode dient minimaal overeen te komen met een tiende van de emissiegrenswaarde. Indien de algemene emissiegrenswaarde van 20 mg fenol/Nm<sup>3</sup> van toepassing is, moet de gebruiker kunnen aantonen dat de bepalingsgrens 2 mg/Nm<sup>3</sup> of lager is. Een bepalingsgrens van 2 mg fenol/Nm<sup>3</sup> in de gasfase, komt overeen met een bepalingsgrens beneden 1 mg/l in de onverdunde absorptievloeistof, in de veronderstelling van een staalvolume van 150 liter en een finaal vloeistofvolume van 300 ml of meer.
  - In [WAC/IV/A/001](#) wordt gespecificeerd dat de methode van toepassing is op bisfenol A. Andere bisfenolen zijn niet gevalideerd, maar er wordt wel aangegeven dat het toepassingsgebied mogelijk is uit te breiden tot andere fenolverbindingen. Het verwijst ook naar [WAC/IV/A/005](#) als alternatief voor bepaling van bisfenol A in afvalwater.
  - Geen LUC-methode voor overige bisfenolen

## 5. Opties AEGW en aanbeveling

### a. Behoud afwezigheid van AEGW

- Terugvallen op voorgesteld emissieplafond o.b.v. ZS-gevaareigenschappen en de bepaling inzake indeling in de groep waarmee de stoffen het meest overeenkomen, volgens [VLAREM II, artikel 4.4.3.1](#). Gezien hun eigenschappen, sluiten bisfenol A en andere ZS bisfenolen het meest aan bij punt 6° van de huidige AEGW (0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u). Voor hormoonverstorende ZS moet echter ook rekening gehouden worden met het voorstel in 6.2.2.2, namelijk een EGW op maat indien er geen groep het risico correct weerspiegelt.
- b. AEGW 1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 5 g/u voor alle bisfenolen behorend tot ZS, mét afwijkmogelijkheid.
  - Komt overeen met punt 7° uit huidige AEGW
  - AEGW hoger dan in NL voor BPS, BPB, (BPAF) en 4,4-isobutylethylideendifenol. AEGW gelijk aan deze in NL voor BPA.
  - Afwijkmogelijkheid (geen vaste bovengrens) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
- c. AEGW 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u voor alle bisfenolen behorend tot ZS, mét afwijkmogelijkheid.
  - Komt overeen met punt 6° uit huidige AEGW
  - AEGW hoger dan in NL voor BPS, BPB, (BPAF) en 4,4-isobutylethylideendifenol. AEGW lager dan in NL voor BPA.
  - Afwijkmogelijkheid (geen vaste bovengrens) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
- d. AEGW 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u voor BPA, BPS, BPB, (BPAF) en 4,4-isobutylethylideendifenol, mét afwijkmogelijkheid. Behoud afwezigheid van AEGW voor overige bisfenolen behorend tot ZS.
  - Komt overeen met punt 6° uit huidige AEGW
  - Voor overige ZS terugvallen op voorgesteld emissieplafond o.b.v. ZS-gevaareigenschappen en de bepaling inzake indeling in de groep waarmee de stoffen het meest overeenkomen, volgens [VLAREM II, artikel 4.4.3.1](#). Gezien hun eigenschappen, sluiten ZS bisfenolen het meest aan bij punt 6° van de huidige AEGW (0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u). Voor hormoonverstorende ZS moet echter ook rekening gehouden worden met het voorstel in 6.2.2.2, namelijk een EGW op maat indien er geen groep het risico correct weerspiegelt.
  - AEGW hoger dan in NL voor BPS, BPB, (BPAF) en 4,4-isobutylethylideendifenol. AEGW lager dan in NL voor BPA.
  - Afwijkmogelijkheid (geen vaste bovengrens) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.
- e. AEGW 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,25 g/u voor BPA, BPS, BPB, (BPAF) en 4,4-isobutylethylideendifenol, mét afwijkmogelijkheid. Behoud afwezigheid van AEGW voor overige bisfenolen behorend tot ZS.
  - Lager dan eender welke huidige VLAREM AEGW.
  - Voor overige ZS terugvallen op voorgesteld emissieplafond o.b.v. ZS-gevaareigenschappen en de bepaling inzake indeling in de groep waarmee de stoffen het meest overeenkomen, volgens [VLAREM II, artikel 4.4.3.1](#). Gezien hun eigenschappen, sluiten ZS bisfenolen het meest aan bij punt 6° van de huidige AEGW (0,1 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,5 g/u). Voor hormoonverstorende ZS moet echter ook rekening

gehouden worden met het voorstel in 6.2.2.2, namelijk een EGW op maat indien er geen groep het risico correct weerspiegelt.

- AEGW gelijk aan deze in NL voor BPS, BPB, (BPAF) en 4,4-isobutylethylideendifenol. AEGW lager dan in NL voor BPA.
- Afwijkingsmogelijkheid (geen vaste bovengrens) in geval van buitensporige kosten (mogelijke referenties kosteneffectiviteit hierboven beschreven) of cross-media effecten.

#### **Aanbeveling: optie a, maar monitoring aanbevolen vanaf 0,25 g/u**

- Het gebrek aan emissiegegevens, informatie over effectiviteit van technieken en toxicologische referentiewaarden maken het moeilijk om in te schatten hoe haalbaar de verschillende opties zijn, en wat hun voordeel voor milieu en gezondheid is. Het is bijgevolg moeilijk een proportionele AEGW voor te stellen.
- Een differentiatie tussen gekende relevante bisfenolen en overige bisfenolen lijkt aangewezen om de gekende relevante bisfenolen gericht te kunnen beheersen.
- Voor de overige bisfenolen is er slechts beperkte informatie over hun gevareneigenschappen en toxiciteit, en lijkt een beoordeling geval per geval aangewezen.
- Een gelijke behandeling met andere reprotoxische stoffen en/of hormoonverstorende stoffen lijkt aangewezen, wegens de vergelijkbare risico's en eigenschappen.
- De verschillen tussen optie d en e zijn vrij beperkt.
- Ook optie a is een redelijke optie. Er zijn geen concrete aanwijzingen dat bisfenolen door ingedeelde inrichtingen wordt uitgestoten in relevante massastromen. Ook zonder expliciete opname van (bepaalde) bisfenolen in de AEGW moet [VLAREM II, artikel 4.4.3.1](#) toegepast worden, waarbij in het voorstel in deze BBT-studie bijzondere aandacht gaat naar o.a. hormoonverstorende stoffen.
- Mogelijk worden niet alle relevante emissies gerapporteerd door het ontbreken van een meetmethode (m.u.v. bisfenol A) en het ontbreken van een rapportageverplichting in het IMJV. Een monitoring-/rapportageverplichting met gepaste grensmassaastroom kan helpen om de eventuele noodzaak tot opname in de lijst van AEGW beter te onderbouwen. Een monitoringverplichting voor een prioritaire set (namelijk BPA, BPS, BPB, (BPAF) en 4,4-isobutylethylideendifenol) lijkt daarom aangewezen. Gezien de hormoonverstorende eigenschappen en zeer sterke overschrijding van de gezondheidkundige toetsingswaarde voor bisfenol A lijkt een laag GMS voor monitoring aangewezen, bijvoorbeeld 0,25 g/u in lijn met de GMS van optie e.
- BPAF behoort tot de ZS PFAS. Hiervoor werd in de recente BBT-studie PFAS luchtemissies reeds een voorstel voor vangnet voorgesteld van 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> met vrijstellingsgrens 0,075 kg/jaar per puntbron, dat in deze studie in de fiche PFAS geherevalueerd wordt. BPAF is daarom in de bovenstaande opties tussen haakjes geschreven.

#### **6. Kennishiaten en onderzoeksbehoeften**

- Gevalideerde meetmethode voor (groep van) bisfenolen, te beginnen bij afgebakende prioritaire set.
- Emissiegegevens en gegevens buitenlucht die kunnen onderbouwen in hoeverre emissies door ingedeelde inrichtingen of activiteiten al dan niet relevant zijn in verhouding tot totale, geaggregeerde blootstelling en gezondheidkundige toetsingswaarde, te beginnen bij afgebakende prioritaire set.
- Gezondheidkundige advieswaarde voor omgevingslucht (en indien relevant depositie) waaraan emissies afgetoetst kunnen worden, te beginnen bij afgebakende prioritaire set, en eventueel andere bisfenolen waarvan uit literatuur een relevant milieu- of gezondheidsrisico blijkt (bv. toxische effecten bij zeer lage concentraties en indicatie van emissies van ingedeelde inrichtingen).

## BEKNOPT FICHE PFAS

De beschrijving, het gebruik, mogelijke emissies van PFAS en mogelijke behandelingstechnieken komen uitgebreid aan bod in de recente [BBT-studie PFAS luchtemissies](#) (2024). De bevindingen en aanbevelingen uit die studie zijn nog steeds grotendeels actueel, met uitzondering van wat hieronder wordt beschreven, namelijk:

- Update van de ZS-status van PFAS
- Herziening van het berekende toetsingscriterium immissiebijdrage op basis van herziene Vlaamse luchtnormen en meer recente meteogegevens
- Toevoeging van aftoetsing depositiebijdrage op basis van nieuwe Vlaamse depositienormen
- Meetmethoden en meetgegevens
- Herevaluatie van het vangnet op basis van de vorige punten

### Update van de ZS-status van PFAS

Alle PFAS (volgens de OESO-definitie) zijn recent opgenomen in de [OSPAR lijst van chemicaliën voor prioritaire actie](#) (zie ook 3.1.4), waardoor ze in Vlaanderen als ZS beschouwd worden.

### Herziening van het toetsingscriterium immissie

Recent werd de toetsingswaarde voor omgevingslucht herzien, en werden er aanvullend toetsingswaarden voor depositie afgeleid. De inschatting van overeenkomstige emissieniveaus wordt herberekend op basis van deze nieuwe toetsingswaarden, zie <https://www.vlaanderen.be/pfas-vervuiling/pfas-normenkader>

Op basis van de [herziene toetsingswaarde](#) voor de som van 'EFSA 4' PFAS (nl. 0,3 ng/m<sup>3</sup> in woon- en landbouwgebied), wordt hier het toetsingscriterium (zie tabel 5 in de [BBT-studie PFAS luchtemissies](#)) herberekend. Onderstaande tabel toont de resultaten op basis van meteogegevens uit 2017, terwijl in de BBT-studie PFAS meteogegevens uit 2015 gebruikt werden. De waarden zijn dus niet rechtstreeks vergelijkbaar met deze uit de BBT-studie PFAS luchtemissies. De berekeningen gaan uit van een worst-case benadering waarbij helemaal geen depositie plaatsvindt, en dus alle uitstoot zich verspreidt in de omgevingslucht, zie ook de beoordeling van depositie onder de volgende subtitel. Tevens zijn indicatief emissieconcentraties berekend die per schouwtype overeenstemmen met het toetsingscriterium, gebaseerd op een continue emissie van 40.000 Nm<sup>3</sup>/u. Dit debiet stemt overeen met de standaardaanname voor bronnen C2, C4, C5, C6 en C7 in [IMPACT](#), namelijk 11,17 Nm<sup>3</sup>/s. Voor C1 en C3 bronnen is de standaardaanname in IMPACT immers onrealistisch laag voor de meeste schouwen in de praktijk, namelijk 0,01 Nm<sup>3</sup>/s (36 Nm<sup>3</sup>/u).<sup>59</sup>

**Opgelet:** dit toetsingscriterium is specifiek voor de som van de 4 EFSA PFAS (PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS), en is slechts een tussenstap in de beoordeling van de immissiebijdrage. Voor de vervolgstappen wordt verwezen naar de beschreven methodiek in de [BBT-studie PFAS luchtemissies](#) (2024).

<sup>59</sup> Enkel schouwhoogte en warmte-inhoud zijn relevant in deze berekeningen van de verhouding tussen de jaarlijkse emissie en de omgevingsconcentratie. De warmte-inhoud wordt bepaald door afgasdebiet en temperatuur, waarbij deze omgekeerd evenredig zijn. Eenzelfde warmte-inhoud kan dus overeenstemmen met verschillende afgasdebieten, afhankelijk van de temperatuur van het afgas.

**Tabel 18: Overzicht berekend toetsingscriterium en overeenkomstige emissieconcentratie voor aftoetsing van immissie som EFSA4 PFAS (PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS)**

| Hoofdcategorie bron (invoer model) | Geldig voor emissiebron                                     | Toetsingscriterium omgevingslucht (g/j) | Toetsingscriterium omgevingslucht (g/u) <sup>60</sup> | Emissieconcentratie (µg/Nm³) indien 40.000 Nm³/u |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| C1 (H=5 m, Q=0 MW) <sup>61</sup>   | Lage puntbron (H<20m), warmte-inhoud Q<0,8 MW               | 2,2 (*)                                 | 0,00025 (*)                                           | 0,006 (*)                                        |
| C2 (H=5 m, Q=1 MW) <sup>62</sup>   | Lage puntbron (H<20m), warmte-inhoud Q>0,8 MW               | 1.673                                   | 0,19                                                  | 4,8                                              |
| C3 (H=25 m, Q=0 MW) <sup>63</sup>  | Middelhoge puntbron (20m<H<45m), warmte-inhoud Q<1,8 MW     | 521                                     | 0,059                                                 | 1,5                                              |
| C4 (H=25 m, Q=2 MW) <sup>64</sup>  | Middelhoge puntbron (20m<H<45m), warmte-inhoud 1,8<Q<3,8 MW | 9.004                                   | 1,0                                                   | 26                                               |
| C5 (H=25 m, Q=4 MW) <sup>65</sup>  | Middelhoge puntbron (20m<H<45m), warmte-inhoud Q>3,8 MW     | 21.472                                  | 2,5                                                   | 61                                               |
| C6 (H=50 m, Q=1 MW) <sup>66</sup>  | Hoge puntbron (H>45m), warmte-inhoud Q<4,5 MW               | 11.617                                  | 1,3                                                   | 33                                               |
| C7 (H=50 m, Q=5 MW) <sup>67</sup>  | Hoge puntbron (H>45m), warmte-inhoud Q>4,5 MW               | 41.264                                  | 4,7                                                   | 118                                              |

<sup>60</sup> Bij een continue, gelijkmatige uitstoot (8760 uren/jaar). Bij niet-continue uitstoot, kan herrekend worden op basis van het aantal effectieve uren.

<sup>61</sup> Invoerwaarden IMPACT: 5m hoogte, 0,15m diameter, 273K, 11,17Nm³/s

<sup>62</sup> Invoerwaarden IMPACT: 5m hoogte, 1m diameter, 354K, 11,17Nm³/s

<sup>63</sup> Invoerwaarden IMPACT: 25m hoogte, 1m diameter, 273K, 11,17Nm³/s

<sup>64</sup> Invoerwaarden IMPACT: 25m hoogte, 1m diameter, 420K, 11,17Nm³/s

<sup>65</sup> Invoerwaarden IMPACT: 25m hoogte, 1m diameter, 552K, 11,17Nm³/s

<sup>66</sup> Invoerwaarden IMPACT: 50m hoogte, 1m diameter, 354K, 11,17Nm³/s

<sup>67</sup> Invoerwaarden IMPACT: 50m hoogte, 1m diameter, 617K, 11,17Nm³/s

(\*) Deze waarde is voor C1 sterk afhankelijk van het toegepaste rekenrooster en de gridresolutie van de berekening. Deze factoren bepalen op welke afstand het eerste berekende punt ligt ten opzichte van de emissiebron. De waarde hier berekend is voor een punt op 7m afstand in NO-richting. Bijvoorbeeld bij een gridresolutie van 30m kan er een groot verschil zijn als het meest nabije berekende punt in de dominante windrichting (NO) op 7m afstand of op 20m afstand ligt. Het is bovendien onwaarschijnlijk dat er zich op 7m afstand van de emissiebron woon- of landbouwgebied bevindt. Voor industriegebied is de toetsingswaarde voor immissie 2,2 ng/m<sup>3</sup> voor de som van 'EFSA 4' PFAS, en mag het toetsingscriterium dus vermenigvuldigd worden met factor 7,3.

Voor het aftoetsen van emissies van andere PFAS aan hun [toetsingswaarden](#) omgevingslucht, kunnen de waarden in bovenstaande tabel vermenigvuldigd worden met de respectievelijke verhoudingen tussen de toetsingswaarde van de andere PFAS en deze van de EFSA4 som. Bijvoorbeeld voor een C3-emissiebron die 6:2 FTS uitstoot:

- Toetsingswaarde woon- en landbouwgebied voor 6:2 FTS = 30 ng/m<sup>3</sup>
- Verhouding toetsingswaarde t.o.v. 'EFSA4' =  $30 / 0,3 = 100$
- Toetsingscriterium voor C3-emissiebron =  $100 * 521 \text{ g/j} = 52.100 \text{ g/j}$

Ter vergelijking, RIVM heeft in 2026 een [handreiking voor beoordeling van PFAS in lucht](#) gepubliceerd. Deze vertrekt van een advieswaarde in lucht van 0,44 ng PEQ/m<sup>3</sup>, waarbij PEQ staat voor PFOA-equivalenten, te berekenen via de [door RIVM bepaalde RPF's](#) van de respectievelijke PFAS. De som van deze PEQ is af te toetsen aan de advieswaarde. De EFSA4 PFAS hebben bijvoorbeeld volgende RPF's voor inhalatoire blootstelling: PFOA: 1; PFNA: 10; PFHxS: 0,6 en PFOS: 2. De advieswaarde van 0,44 ng PEQ/m<sup>3</sup> kan voor de som van EFSA4 dus niet rechtstreeks vergeleken worden met de Vlaamse toetsingswaarde 0,3 ng/m<sup>3</sup>, omdat dit afhangt van de concentraties van de individuele PFAS.

### Aftoetsing depositiebijdrage

Voor PFOS en PFBA zijn toetsingswaarden voor depositie bepaald, zie <https://www.vlaanderen.be/pfas-vervuiling/pfas-normenkader>. Op het moment van schrijven zijn deze:

- 8730 ng/m<sup>2</sup>/dag voor TFA,
- 140 ng/m<sup>2</sup>/dag voor PFBA,
- 3,3 ng/m<sup>2</sup>/dag voor PFOA<sup>68</sup> en
- 82,6 ng/m<sup>2</sup>/dag voor PFOS<sup>69</sup>.

Vanuit deze toetsingswaarden voor depositie kan op analoge manier als vanuit de toetsingswaarden voor lucht (zie hierboven) een toetsingscriterium berekend worden per type emissiebron. Onderstaande tabel toont de resultaten voor PFOS en PFBA op basis van meteogegevens uit 2017. De worst-case benadering is hier het tegengestelde van deze bij de berekening voor omgevingslucht, nl. een zeer hoge mate van depositie. Als conservatieve benadering worden hierbij uitwasfactor 0,0004 1/s voor natte depositie en depositiesnelheid 5 cm/s voor droge depositie gekozen.<sup>70</sup> Voor de overige invoerwaarden

<sup>68</sup> Voor PFOA is tevens een streefwaarde van 1,3 ng/m<sup>2</sup>/dag afgeleid. Met deze streefwaarde wordt in de BBT-studie niet verder gerekend.

<sup>69</sup> Voor PFOS is tevens een streefwaarde van 3,3 ng/m<sup>2</sup>/dag afgeleid. Met deze streefwaarde wordt in de BBT-studie niet verder gerekend.

<sup>70</sup> Dit is een conservatieve benadering die uitgaat van een hoge mate van depositie voor alle PFAS, en geen onderscheid maakt voor het verschillende gedrag van verschillende PFAS. Onderzoeksmetingen in Vlaanderen wijzen echter uit dat de fingerprint in omgevingslucht en depositie kan verschillen, en dus de depositiesnelheid verschillend kan zijn voor verschillende PFAS. Zie bijvoorbeeld [Peters et al. \(2024\)](#). De hier beschreven beoordeling op basis van het toetsingscriterium is echter te beschouwen als een conservatieve eerste beoordeling, die zo nodig

van het model, zie Tabel 18. Voor TFA en PFOA kunnen de waarden analoog bepaald worden (niet weergegeven).

**Opgelet:** onderstaande toetsingscriteria zijn specifiek voor respectievelijk PFOS en PFBA, en zijn slechts een tussenstap in de beoordeling van de immissiebijdrage. Voor de vervolgstappen wordt verwezen naar de beschreven methodiek in de [BBT-studie PFAS luchtemissies](#) (2024).

**Tabel 19: Overzicht berekend toetsingscriterium voor aftoetsing van depositie PFOS en PFBA per type emissiebron**

| Hoofdcategorie bron | Toetsingscriterium PFOS emissie (g/j) | Toetsingscriterium m PFOS emissie (mg/u) | Toetsingscriterium m PFBA emissie (g/j) | Toetsingscriterium m PFBA emissie (µg/u) |
|---------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|
| C1                  | 0,17 (*)                              | 0,019 (*)                                | 0,29 (*)                                | 0,033 (*)                                |
| C2                  | 79                                    | 9,0                                      | 134                                     | 15                                       |
| C3                  | 37                                    | 4,2                                      | 63                                      | 7,2                                      |
| C4                  | 96                                    | 11                                       | 163                                     | 19                                       |
| C5                  | 107                                   | 12                                       | 182                                     | 21                                       |
| C6                  | 99                                    | 11                                       | 169                                     | 19                                       |
| C7                  | 116                                   | 13                                       | 197                                     | 22                                       |

(\*) Analoge opmerking als bij bovenstaande tabel voor toetsing omgevingslucht.

In onderstaande tabel zijn voor PFOS en PFBA indicatief emissieconcentraties berekend die per schouwtype overeenstemmen met het toetsingscriterium, gebaseerd op een continue emissie van 40.000 Nm<sup>3</sup>/u. Dit debiet stemt overeen met de standaardaanname voor bronnen C2, C4, C5, C6 en C7 in [IMPACT](#), namelijk 11,17 Nm<sup>3</sup>/s. Voor C1 en C3 bronnen is de standaardaanname in IMPACT immer onrealistisch laag voor de meeste schouwen in de praktijk, namelijk 0,01 Nm<sup>3</sup>/s (36 Nm<sup>3</sup>/u).<sup>71</sup> Voor TFA en PFOA kunnen de waarden analoog bepaald worden (niet weergegeven).

verder verfijnd kan worden, waarbij de reële depositiesnelheid één van de parameters is die verder verfijnd kan worden, zie ook de [BBT-studie PFAS luchtemissies](#) (2024).

<sup>71</sup> Enkel schouwhoogte en warmte-inhoud zijn relevant in deze berekeningen van de verhouding tussen de jaarlijkse emissie en de omgevingsconcentratie. De warmte-inhoud wordt bepaald door afgasdebiet en temperatuur, waarbij deze omgekeerd evenredig zijn. Eenzelfde warmte-inhoud kan dus overeenstemmen met verschillende afgasdebieten, afhankelijk van de temperatuur van het afgas. Zie ook voetnoten bij tabel 18.

**Tabel 20: Overzicht berekend toetsingscriterium en overeenkomstige emissieconcentratie voor aftoetsing van depositie PFOS en PFBA per type emissiebron**

| Hoofdcategorie bron | Toetsingscriterium PFOS emissie (mg/u) | Emissieconcentratie PFOS (ng/Nm <sup>3</sup> ) indien Nm <sup>3</sup> /u <sup>72</sup> 40.000 | Toetsingscriterium PFBA emissie (mg/u) | Emissieconcentratie PFBA (ng/Nm <sup>3</sup> ) indien Nm <sup>3</sup> /u <sup>73</sup> 40.000 |
|---------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| C1                  | 0,019 (*)                              | 0,49 (*)                                                                                      | 0,033 (*)                              | 0,83 (*)                                                                                      |
| C2                  | 9,0                                    | 225                                                                                           | 15                                     | 382                                                                                           |
| C3                  | 4,2                                    | 106                                                                                           | 7,2                                    | 180                                                                                           |
| C4                  | 11                                     | 274                                                                                           | 19                                     | 465                                                                                           |
| C5                  | 12                                     | 305                                                                                           | 21                                     | 519                                                                                           |
| C6                  | 11                                     | 283                                                                                           | 19                                     | 482                                                                                           |
| C7                  | 13                                     | 331                                                                                           | 22                                     | 562                                                                                           |

(\*) Analoge opmerking als bij bovenstaande tabel voor toetsing omgevingslucht.

### Meetmethoden en meetgegevens

Na een uitgebreid validatietraject tussen 2021 en 2023 ([Hofman et al., 2025a](#); [Hofman et al., 2025b](#)), werd de Vlaamse meetmethode voor PFAS luchtmissies LUC/VI/003 'Bepaling van de concentratie aan per- en polyfluoralkylverbindingen (PFAS) in een geleide gasstroom' in 2023 [gepubliceerd](#) en wettelijk verankerd vanaf januari 2024. Op het moment van schrijven laat de methode kwantitatieve analyse van 28 PFAS componenten toe (in grootteorde van ng/Nm<sup>3</sup>), en indicatieve bepaling van 14 aanvullende op basis van een recente validatiestudie ([Hofman et al., 2025b](#)).

Momenteel loopt bij VITO onderzoek rond:

- Validatie PFAS emissiemethode LUC/VI/003 op schoorsteen via vergelijkende metingen
- Optimalisatie van de PFAS emissiemethode (LUC/VI/003); o.a. definiëren van generieke rapporteergrens, uitbreiding van analytische scope met nieuwe componenten (<C4 componenten) en vereenvoudiging van bemonsteringstrein
- Ontwikkeling van een nieuwe emissiemethode voor apolaire vluchtige PFAS en afbraakproducten
- Screening van reguliere (C4-18), ultra-korte keten (<C4) en afbraakproducten uit industriële processen

Daarnaast is VITO actief betrokken bij Europese standardisatie-initiatieven voor PFAS in emissies zoals de CEN werkgroep (WG48) en het [MetZeroPol](#) project, beiden opgestart in 2025.

Hoewel VITO al sinds 2021 PFAS emissiemetingen uitvoert, is op het moment van schrijven de hoeveelheid publiek beschikbare informatie beperkt. Een [meetreeks van 15 emissiemetingen tussen 2021 en 2023](#) op draaitrommelovens voor gevaarlijk afval te Antwerpen en [emissiemetingen op een afvalverbrandingsinstallatie](#) te Wilrijk.

<sup>72</sup> Dit is een indicatieve berekening met een afgasdebiet van 40.000 Nm<sup>3</sup> als aanname. De emissieconcentratie kan herrekend worden op basis van het effectieve afgasdebiet. De emissieconcentratie is omgekeerd evenredig met het afgasdebiet.

<sup>73</sup> Dit is een indicatieve berekening met een afgasdebiet van 40.000 Nm<sup>3</sup> als aanname. De emissieconcentratie kan herrekend worden op basis van het effectieve afgasdebiet. De emissieconcentratie is omgekeerd evenredig met het afgasdebiet.

Er kan echter besloten worden dat er nog steeds te weinig data zijn van effectieve emissiemetingen om een inschatting te maken van algemeen haalbare emissieniveaus, laat staan BBT-GEN.

Onder meer in Zwijndrecht en Ronse [luchtmetingen in omgevingslucht](#) uitgevoerd, alsook in de omgeving van [afvalverbranders](#) verspreid over Vlaanderen.

In 2024 vonden [PFAS metingen in omgevingslucht](#) plaats op 25 locaties in Vlaanderen: 9 in niet-industriegebied (waarvan 2 achtergrondlocaties) en 16 in industriegebied. Deze zijn door VMM afgetoetst aan de indicatieve toetsingswaarden (jaardoelstellingen),<sup>74</sup> met voornaamste vaststellingen:

- De concentraties zijn over het algemeen verhoogd t.o.v. de landelijke achtergrond.
- Niet-industriegebied: op alle locaties werden de toetsingswaarden gerespecteerd.
- Industriegebied: op 2 locaties werden de toetsingswaarden voor de EFSA4 niet gerespecteerd.
- Op alle locaties – behalve deze nabij 3M Zwijndrecht – lag zelfs de gemiddelde concentratie aan totaal PFAS (excl. de ultrakorte PFAS) onder de strengste toetsingswaarde.
- De locaties nabij 3M Zwijndrecht blijven de sterkst vervuilde in Vlaanderen.

In 2024 vonden [PFAS depositiemetingen](#) plaats op 31 locaties in Vlaanderen: 18 in niet-industriegebied (waarvan 2 achtergrondlocaties) en 13 in industriegebied. Deze zijn door VMM afgetoetst aan de indicatieve toetsingswaarden (jaardoelstellingen) voor PFOS en PFBA<sup>75</sup>, met voornaamste vaststellingen:

- De deposities zijn over het algemeen verhoogd t.o.v. de landelijke achtergrond.
- Op alle locaties werd de toetsingswaarde voor PFBA (140 ng/m<sup>2</sup>/dag) gerespecteerd.
- Op slechts 1 locatie werd de toetsingswaarde voor PFOS (82,6 ng/m<sup>2</sup>/dag) overschreden.
- Op reeds 17 locaties werd de streefwaarde voor PFOS (3,3 ng/m<sup>2</sup>/dag) gerespecteerd; waarvan 12 indicatief.
- De locaties nabij 3M Zwijndrecht blijven de sterkst vervuilde in Vlaanderen.

### Herevaluatie van het vangnet

In afwezigheid van een BBT-GEN, is een richtinggevend vangnet belangrijk. Er zijn verschillende opties om het vangnet met algemene emissiegrenswaarden voor PFAS uit de [BBT-studie PFAS luchtemissies](#) te herevalueren, en zo nodig te herzien:

- Behoud van het eerder voorgestelde vangnet, namelijk 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 75 g/jaar (per puntbron) voor de som van PFAS.<sup>76</sup>
- Algemeen beschermende emissiewaarde die in de meeste gevallen veilig is, maar waarvoor in welbepaalde gevallen een aanvullende beoordeling op maat vereist is. Deze kan dienen als een algemene richtwaarde, behalve voor de categorieën waarvoor ze niet beschermend is. Het is niet aanbevolen deze te hanteren als algemene emissiegrenswaarde, ook niet als ze gepaard zou gaan met een afwijkingsmogelijkheid, omdat er nog onvoldoende informatie is om de algemene haalbaarheid van deze emissiewaarde na te gaan.
- Volledig beschermende emissiewaarde die beschermend is voor alle categorieën. Deze kan dienen als een (langetermijn) streefwaarde.

<sup>74</sup> Voor som EFSA4 (niet-industrie 0,3 ng/m<sup>3</sup>; industrie 2,2 ng/m<sup>3</sup>), HFPO-DA (1,4 ng/m<sup>3</sup>), 6:2 FTS (30 ng/m<sup>3</sup>), PFBS (140 ng/m<sup>3</sup>), PFPrA (245 ng/m<sup>3</sup>) en PFBA (460 ng/m<sup>3</sup>). De toetsingswaarden voor TFA, PFHxA, PFDA zijn pas recenter, in 2026, bepaald.

<sup>75</sup> De toetsingswaarden voor PFOA en TFA zijn pas recenter, in 2026, bepaald.

<sup>76</sup> In de eerdere BBT-studie PFAS luchtemissies werd dit nog afgebakend tot PFAS behorend tot de zeer zorgwekkende stoffen. Intussen zijn alle PFAS opgenomen in de Vlaamse ZS-lijst, en vervalt deze afbakening.

Bovenstaande opties sluiten elkaar niet noodzakelijk uit. Een combinatie van meerdere, of alle, opties is mogelijk. De opties, en een mogelijke praktische invulling, worden hieronder besproken.

### **Optie 1 – behoud eerder voorgesteld vangnet**

Het eerder voorgestelde vangnet van 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> vanaf 75 g/jaar (per puntbron) voor de som van PFAS. Vergeleken met het meetbereik van de Vlaamse meetmethode en reeds uitgevoerde metingen, is dit te beschouwen als een eerder ruim vangnet (i.e. een hoge emissiewaarde).

Echter, er is nog onvoldoende aanvullende informatie of nieuwe wetenschappelijke kennis om een herziening van dit algemeen vangnet te onderbouwen.

Als de trend van de eerste meetresultaten zich voortzet, kan op termijn onderzocht worden of de afwijkingmogelijkheid beperkt of afgebouwd kan worden. Dergelijke beperking is geen aanbeveling vanuit de huidige studie, maar vormt een aanbeveling voor verder onderzoek.

Het vangnet biedt geen garantie op voldoende bescherming van de omgeving. Een aanvullende beoordeling van immissie en depositie, in lijn met wat hierboven werd beschreven, is dus steeds noodzakelijk. Ter illustratie, bij een debiet van 40.000 Nm<sup>3</sup>/u gedurende 8760 uren/jaar (continue, ononderbroken emissie) stemt een concentratie van 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> overeen met 17,5 kg/jaar, bij een emissie van 500 uren/jaar is dit 1 kg/jaar. Het vangnet biedt dus in geen geval bescherming vergelijkbaar met de toetsingswaarden voor depositie voor PFOA, PFOS, PFBA en zelfs TFA. Vergeleken met toetsing van immissie is het beeld wisselender. In bepaalde gevallen, afhankelijk van de beschouwde PFAS component en schouwhoogte, zie ook opties 2 en 3 hieronder.

### **Optie 2 – algemeen beschermende emissiewaarden**

Op basis van de berekeningen van emissiewaarden die overeenstemmen met veilige/aanvaardbare immissie- en depositieniveaus, zoals hierboven beschreven, kunnen algemene emissiewaarden afgeleid worden die beschermend zijn voor de meeste, maar niet alle, emissiebronnen. Gezien de hierboven beschreven moeilijkheden voor het bepalen van een representatieve emissiewaarde voor C1 bronnen, wordt hier voorgesteld om de waarden te baseren op een C3 bron. Deze waarden zijn dan beschermend voor alle types emissiebronnen, behalve C1 (i.e. beschermend voor C2 t.e.m. C7). Bovendien wordt in bovenstaande tabel gerekend met een eerder hoog afgasdebiet voor C3 bronnen (40.000 Nm<sup>3</sup>/u), waardoor de berekende emissieconcentratie een eerder conservatieve inschatting is.<sup>77</sup> Indien het reële afgasdebiet hoger is, zijn de getoonde emissieconcentraties mogelijk onvoldoende beschermend.

Samengevat zijn onderstaande waarden beschermend voor alle emissiebronnen, uitgezonderd:

- C1 emissiebronnen: Lage puntbron (H<20m) en warmte-inhoud Q<0,8 MW
- Alle emissiebronnen met afgasdebiet groter dan 40.000 Nm<sup>3</sup>/u

Dit betekent dat voor C1 bronnen, en voor andere bronnen met een afgasdebiet groter dan 40.000 Nm<sup>3</sup>/u, een individuele beoordeling (op maat) vereist is.

Voor PFOS, PFBA, PFOA en TFA worden de waarden afgeleid van de toetsingswaarden voor depositie, omdat deze vergeleken met toetsingswaarden voor immissie het meest kritisch zijn:

<sup>77</sup> Voor C2 en C4 t.e.m. C7 is het te beschouwen als een typisch afgasdebiet, maar voor deze brontypes zijn de berekende emissiewaarden hoger. Door uit te gaan van de waarden voor een C3 bron is er dus een veiligheidsmarge voor andere brontypes.

- PFOS 0,1  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  vanaf 0,5 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium depositie C3, waarden afgerond.
- PFBA 0,2  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  vanaf 0,75 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium depositie C3, waarden afgerond.
- PFOA 4  $\text{ng}/\text{Nm}^3$  (ofwel 0,004  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ) vanaf 0,02 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium depositie C3, waarden afgerond.
- TFA 10  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  vanaf 50 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium depositie C3, waarden afgerond.

De massastroomdrempels liggen quasi in lijn met de beoordeling beschreven in de [BBT-studie PFAS luchtemissies](#), waar de minst gunstige score overeenstemt met een overschrijding van 10% van het toetsingscriterium.<sup>78</sup> De emissieconcentraties liggen in lijn met de waarden voor C3 die op zich niet leiden tot een overschrijding van aanvaardbare depositieniveaus.<sup>79</sup> Indien er reeds een verhoogde achtergrondconcentratie of nabije emissiebronnen aanwezig zijn, zou dergelijke emissie op lange termijn kunnen leiden tot een overschrijding van aanvaardbare depositieniveaus. Echter, de hier berekende waarden zijn al gebaseerd op een aantal conservatieve aannames (o.a. continue emissie, hoog afgasdebiet, hoge depositiesnelheden, meest conservatieve type emissiebron binnen het toepassingsgebied van deze optie 2). Gezien dit waarschijnlijk een overschatting is van de reële depositiebijdrage, wordt hier niet gekozen om voor de emissieconcentratie een bijkomende veiligheidsfactor voor verhoogde achtergrondconcentraties of andere emissiebronnen te hanteren. Waar er indicaties zijn van verhoogde achtergrondconcentraties in de omgeving, of van een significante invloed van nabije emissiebronnen, is een aanvullende beoordeling van de totale depositiebijdrage wel aanbevolen. Hoewel validatie van de bepalingsgrens/rapportagegrens overeenkomstig de LUC-methode nog onderdeel is van lopend onderzoek (zie hierboven), zijn er indicaties dat deze emissieconcentraties hoger liggen dan de toekomstige rapportagegrens.<sup>80</sup> De facto zou de richtwaarde dus neerkomen op een kwantificeerbare emissieconcentratie. Voor andere PFAS zijn op het moment van schrijven nog geen Vlaamse toetsingswaarden voor depositie afgeleid. [VITO](#) (2026) heeft in opdracht van VMM echter wel onderzocht welke jaarlijkse depositie overeenkomt met toetsingswaarden in bodem en grondwater voor een reeks PFAS componenten, hetgeen een analoge toetsing van de toelaatbare depositie toelaat deze componenten, alsook voor hun som. Hierbij is echter op te merken dat de depositiesnelheid van verschillende PFAS sterk kan verschillen, en eenzelfde depositieniveau dus overeen kan komen met (sterk) verschillende emissieniveaus.

Aanvullend worden voor de som EFSA 4, 6:2 FTS, HFPO-DA, PFBS, PFPrA, PFHxA en PFDA de waarden afgeleid van de toetsingswaarden voor immissie, omdat voor deze PFAS nog geen toetsingswaarden depositie bepaald zijn:

- Som EFSA 4 PFAS (PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS) 1,5  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  vanaf 5 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C3, waarden afgerond.

<sup>78</sup> Bij deze score dienen er in elk geval milderende maatregelen voorgesteld te worden volgens de BBT-studie PFAS luchtemissies. Voorbeeldberekening voor PFOS: het toetsingscriterium (zie eerdere tabel) is 4,22 mg/u. 10% hiervan is 0,422 mg/u. Als vereenvoudiging wordt dit in het voorstel afgerond naar 0,5 mg/u. Indien de concentratie in de omgeving >80% van de toetsingswaarde bedraagt, geldt de minst gunstige score reeds boven 3% i.p.v. 10% van het toetsingscriterium.

<sup>79</sup> Bij afgasdebiet van maximaal 40.000  $\text{Nm}^3/\text{u}$ .

<sup>80</sup> De rapportagegrens zal mogelijk in de grootteorde van <1 à 3  $\text{ng}/\text{Nm}^3$  vallen. Dit is onderdeel van lopend onderzoek (interne communicatie VITO, 2026).

- 6:2 FTS 150  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  vanaf 0,5 g/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C3, waarden afgerond.
- HFPO-DA 7  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  vanaf 25 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C3, waarden afgerond.
- PFBS 0,7 mg/ $\text{Nm}^3$  vanaf 2,5 g/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C3, waarden afgerond.
- PFPrA 1,2 mg/ $\text{Nm}^3$  vanaf 5 g/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C3, waarden afgerond.
- PFHxA 1,2 mg/ $\text{Nm}^3$  vanaf 5 g/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C3, waarden afgerond.
- PFDA 5 ng/ $\text{Nm}^3$  (ofwel 0,005  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ) vanaf 0,02 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C3, waarden afgerond.

De afleiding van massastroomdrempels en emissieconcentraties is analoog aan deze hierboven beschreven op basis van toetsingswaarden voor depositie. Ook hier geldt dat de waarden zijn afgeleid op basis van conservatieve aannames qua immissiebijdrage (zelfde als hierboven beschreven voor depositie, maar in dit geval met aanname van lage i.p.v. hoge depositiesnelheid). Het is op te merken dat de berekende emissieconcentraties voor 6:2 FTS, PFBS en PFPrA hoger liggen dan het algemene vangnet van 0,05 mg/ $\text{Nm}^3$  (ofte 50  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ) beschreven onder optie 1, terwijl deze voor de som van de EFSA 4 PFAS en voor HFPO-DA lager liggen.

Hoewel validatie van de bepalingsgrens/rapportagegrens overeenkomstig de LUC-methode nog onderdeel is van lopend onderzoek (zie hierboven), zijn er indicaties dat deze emissieconcentraties hoger liggen dan de toekomstige rapportagegrens. Deze emissieconcentraties zouden dus kwantitatief meetbaar zijn.

Bovengenoemde waarden bieden echter geen garantie op voldoende bescherming voor emissies van andere PFAS. Er is nog steeds geen wetenschappelijke consensus over een geharmoniseerde weging met bijvoorbeeld toxische equivalentiefactoren voor een ruime set van PFAS. Indicatief kan daarom voor beoordeling van de immissie bijkomend de som van alle overige gemeten PFAS afgetoetst worden aan de richtwaarde voor de EFSA 4 PFAS. Indien deze overschreden wordt, is dit aanleiding voor verder onderzoek op maat.

### **Optie 3 – veilige streefwaarde**

Alternatief voor, of aanvullend op de waarden van optie 2, kan, theoretisch althans, een algemeen veilige emissiewaarde afgeleid worden die beschermend is voor alle types van emissiebronnen. Om beschermend te zijn voor alle types emissiebronnen, moet deze waarde afgestemd worden op C1 emissiebronnen, zie hierboven. Deze waarde kan dan beschouwd worden als indicatieve richtwaarde voor C1 emissiebronnen, en voor alle andere types emissiebronnen als een streefwaarde op lange termijn.

Als de methodologie beschreven in optie 2 wordt doorgetrokken naar C1 emissiebronnen, leidt dit voor aftoetsing van depositie tot:

- PFOS 0,5 ng/ $\text{Nm}^3$  vanaf 2  $\mu\text{g}/\text{u}$  – gebaseerd op toetsingscriterium depositie C1, waarden afgerond.
- PFBA 0,8 ng/ $\text{Nm}^3$  vanaf 3  $\mu\text{g}/\text{u}$  – gebaseerd op toetsingscriterium depositie C1, waarden afgerond.

- PFOA 0,02 ng/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,1 µg/u – gebaseerd op toetsingscriterium depositie C1, waarden afgerond.
- TFA 50 ng/Nm<sup>3</sup> vanaf 200 µg/u – gebaseerd op toetsingscriterium depositie C1, waarden afgerond.

Hoewel validatie van de bepalingsgrens/rapportagegrens overeenkomstig de LUC-methode nog onderdeel is van lopend onderzoek (zie hierboven), zijn er indicaties dat deze emissieconcentraties in de praktijk onder het actuele meetbereik voor emissiemetingen liggen. Dit komt de facto dan ook overeen met het niet meetbaar/kwantificeerbaar zijn van de emissie.

Voor aftoetsing van immissie geeft dit:

- Som EFSA 4 PFAS (PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS) 6 ng/Nm<sup>3</sup> vanaf 25 µg/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C1, waarden afgerond.
- 6:2 FTS 0,6 µg/Nm<sup>3</sup> vanaf 2,5 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C1, waarden afgerond.
- HFPO-DA 30 ng/Nm<sup>3</sup> vanaf 100 µg/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C1, waarden afgerond.
- PFBS 3 µg/Nm<sup>3</sup> vanaf 10 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C1, waarden afgerond.
- PFPrA 5 µg/Nm<sup>3</sup> vanaf 20 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C1, waarden afgerond.
- PFHxA 5 µg/Nm<sup>3</sup> vanaf 20 mg/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C1, waarden afgerond.
- PFDA 0,02 ng/Nm<sup>3</sup> vanaf 0,1 µg/u – gebaseerd op toetsingscriterium immissie C1, waarden afgerond.

Deze emissieconcentraties zullen waarschijnlijk kwantificeerbaar bij emissiemetingen (zie hierboven), met uitzondering van deze voor PFDA, die vermoedelijk onder de rapportagegrens ligt.

Aangezien deze waarden echter niet noodzakelijk beschermend zijn voor depositie (zie ook bespreking van depositie van andere PFAS bij optie 2 hierboven), kan men zich de vraag stellen of het wel zinvol is deze waarden als streefwaarde te hanteren.

Uit bovenstaande kan besloten worden dat er geen praktisch bruikbare langetermijn streefwaarde afgeleid kan worden die beschermend is voor zowel immissie als depositie. In het bijzonder wanneer deze beschermend moet zijn voor depositie (en verdere accumulatie in bodem en voornamelijk in grondwater) voor alle schouwtypes, zou dit neerkomen op een minimalisatie van de emissies tot onder de detectielimiet. Mogelijke uitzondering hierop zijn de PFAS met een beduidend lagere relatieve toxiciteit, die bijvoorbeeld minstens 3 grootteorde (factor 1000) lager ligt dan deze van PFOS, hoewel bijvoorbeeld huidige grondwaternormen (toetsingswaarden bodemsanering) de relatieve toxiciteit/potentie niet in rekening brengen.<sup>81</sup>

<sup>81</sup> Zie [OVAM](#) (2025): toetsingswaarden voor bodemsanering: 0,1 µg/L voor som van 20 PFAS; 0,5 µg/L voor som van alle PFAS, uitgezonderd TFA; 15,6 µg/L voor TFA.

Op termijn zouden, naar analogie met emissies van dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's, toxische equivalentiefactoren (of relatieve potentiefactoren – RPF's – die geregeld gehanteerd worden voor PFAS<sup>82</sup>) een praktische benadering zijn om de gewogen impact van een uitstoot van verschillende PFAS uit te drukken en te beoordelen. Er is nog steeds geen wetenschappelijke consensus over toxische equivalentiefactoren voor een ruime set van PFAS, dus dit zal pas mogelijk worden na verder onderzoek.

DRAFT

---

<sup>82</sup> Zie [BBT-studie PFAS luchtemissies](#) voor meer details.

## BIJLAGE 3: WETGEVING FRANKRIJK

## ARTIKEL L.220-1 TOT L.221-8: BESCHERMING VAN DE LUCHTKWALITEIT

Deze artikelen in de **Code de l'environnement** vormen het juridische kader voor de bescherming van de luchtkwaliteit in Frankrijk. Ze beschrijven de verantwoordelijkheden van zowel de overheid als bedrijven om maatregelen te nemen tegen luchtverontreiniging. Hier is een gedetailleerde uitleg van deze artikelen:

## ARTIKEL L.220-1

Dit artikel definieert het algemene doel van de wetgeving met betrekking tot luchtkwaliteit. Het stelt dat het doel is om de gezondheid van mensen te beschermen, evenals de kwaliteit van het milieu, door de concentratie van verontreinigende stoffen in de lucht te reguleren en te beperken.

## ARTIKEL L.220-2

Hier worden de verschillende categorieën van luchtverontreinigende stoffen gespecificeerd, waaronder de stoffen die in aanmerking komen voor regulering. Dit omvat zowel primaire verontreinigende stoffen (directe emissies) als secundaire verontreinigende stoffen (vormen zich in de atmosfeer door chemische reacties).

## ARTIKEL L.220-3

Dit artikel beschrijft de methoden voor het meten en beoordelen van luchtkwaliteit. Het bepaalt de vereisten voor monitoringstations en de methoden die moeten worden gebruikt om de concentratie van verontreinigende stoffen in de lucht te meten.

## ARTIKEL L.220-4

De verplichtingen van de overheid worden in dit artikel uiteengezet. De overheid moet nationale en regionale plannen ontwikkelen om luchtverontreiniging te bestrijden. Deze plannen moeten specifieke maatregelen bevatten om de emissies van verontreinigende stoffen te verminderen.

## ARTIKEL L.220-5

Dit artikel behandelt de rol van lokale overheden. Lokale autoriteiten moeten lokale luchtkwaliteitsplannen ontwikkelen en implementeren, in overeenstemming met de nationale plannen. Ze moeten ook de lokale bronnen van luchtverontreiniging identificeren en aanpakken.

## ARTIKEL L.220-6

De verplichtingen van bedrijven en andere industriële installaties worden in dit artikel beschreven. Bedrijven moeten hun emissies van verontreinigende stoffen beperken en voldoen aan de emissiegrenswaarden die in hun vergunningen zijn vastgesteld. Ze moeten ook regelmatig rapporteren over hun emissies.

#### ARTIKEL L.220-7

Dit artikel legt de sancties vast voor niet-naleving van de luchtkwaliteitsnormen. Bedrijven die de wet overtreden, kunnen worden onderworpen aan boetes, tijdelijke stillegging of sluiting van hun activiteiten.

#### ARTIKEL L.220-8

Dit artikel beschrijft de samenwerking tussen verschillende overheidsinstanties en belanghebbenden, inclusief de industrie, om de luchtkwaliteit te verbeteren. Het bevordert de uitwisseling van informatie en beste praktijken.

#### ARTIKEL L.512-1 EN VOLGENDE: INSTALLATIONS CLASSÉES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE)

Deze artikelen reguleren de Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), die installaties zijn die aanzienlijke risico's voor het milieu kunnen vormen. De ICPE-regelgeving is ontworpen om de milieu-impact van industriële activiteiten te beheersen en te minimaliseren.

#### ARTIKEL L.512-1

Dit artikel definieert de classificatie van installaties die onder de ICPE-regelgeving vallen. Installaties worden geclassificeerd op basis van het risico dat ze vormen voor het milieu en de gezondheid, en de aard en omvang van hun activiteiten.

#### ARTIKEL L.512-2

Hier worden de vergunningsvereisten voor ICPE's beschreven. Installaties moeten een vergunning verkrijgen voordat ze operationeel kunnen worden. Deze vergunningen specificeren de voorwaarden waaronder de installatie mag werken, inclusief emissiegrenswaarden en andere milieubeschermingsmaatregelen.

#### ARTIKEL L.512-3

Dit artikel beschrijft het vergunningsproces, inclusief de aanvraagprocedure, de vereisten voor milieu-impactstudies, en de beoordeling door de bevoegde autoriteiten. Het proces omvat ook een periode voor openbare consultatie.

#### ARTIKEL L.512-4

De voorwaarden die in de vergunningen zijn opgenomen, worden in dit artikel nader gespecificeerd. Dit omvat emissiegrenswaarden, monitoringvereisten, en maatregelen om risico's voor het milieu en de gezondheid te beperken.

#### ARTIKEL L.512-5

Dit artikel behandelt de verplichtingen van exploitanten van ICPE's. Exploitanten moeten voldoen aan de voorwaarden van hun vergunning, regelmatige controles en monitoring uitvoeren, en rapporteren over hun naleving aan de bevoegde autoriteiten.

**ARTIKEL L.512-6**

Hier worden de sancties beschreven voor niet-naleving van de ICPE-vergunningen. Dit omvat administratieve boetes, strafrechtelijke vervolging, en andere maatregelen zoals de opschorting of intrekking van de vergunning.

**ARTIKEL L.512-7**

Dit artikel beschrijft de rol van inspectie- en handhavingsinstanties, zoals de DREAL, die verantwoordelijk zijn voor het toezicht op ICPE's. Inspecteurs hebben het recht om installaties te bezoeken, documenten te controleren, en monsters te nemen om naleving te verifiëren.

DRAFT

**BIJLAGE 4: FINALE OPMERKINGEN**

Dit rapport komt overeen met wat het BBT-kenniscentrum op dit moment als de BBT en de daaraan gekoppelde aangewezen aanbevelingen beschouwt. De conclusies van de BBT-studie zijn mede het resultaat van overleg in het begeleidingscomité maar binden de leden van het begeleidingscomité niet.

Deze bijlage geeft de opmerkingen of afwijkende standpunten die leden van het begeleidingcomité en de stuurgroep namens hun organisatie formuleerden op het voorstel van eindrapport. Volgens de procedure die binnen het BBT-kenniscentrum van VITO gevolgd wordt voor het uitvoeren van BBT-studies, worden deze opmerkingen of afwijkende standpunten niet meer verwerkt in de tekst (tenzij het kleine tekstuele correcties betreft), maar opgenomen in deze bijlage. In de betrokken hoofdstukken wordt door middel van voetnoten verwezen naar deze bijlage.

DRAFT

DRAFT

**Vlaams BBT-kenniscentrum**  
VITO  
Boeretang 200  
B-2400 Mol  
bbt@vito.be

[emis.vito.be/bbt](https://emis.vito.be/bbt)