

Bepalingsprotocollen Prioritaire Stoffen - Emissies naar lucht

Versie: 13 april 2004

**Auteurs: Herman Kok
Dick Heslinga**

Ten behoeve van werkgroep Bepalingsprotocollen

1 Inleiding

De doelstelling van het project is het leveren van informatie voor het opstellen van stofspecifieke bepalingprotocollen voor emissies naar de lucht van fijn stof, zware metalen, POP's, PAK en VOS.

De Werkgroep Bepalingsprotocollen is onderdeel van de projectorganisatie voor de uitvoering van het Actieplan Milieuverslaglegging 2002 – 2005. In het actieplan zijn verschillende projecten beschreven, die ten doel hebben het valideren van milieujaarverslagen te verbeteren. Eén van die projecten heeft betrekking op bepalingprotocollen voor emissies naar lucht. De Handreiking validatie milieujaarverslagen bevat een methode voor het opstellen van bepalingprotocollen voor emissies naar lucht en water. TNO-MEP heeft meegewerkt aan het tot stand komen van deze methode.

Voor het vaststellen van bepalingprotocollen voor emissies naar lucht bevat de Handreiking validatie milieujaarverslagen een methode, waarmee op grond van algemene criteria de inspanning voor het bepalen van jaarvrachten wordt vastgesteld. Met behulp van de algemene criteria kunnen stofspecifieke bepalingprotocollen worden uitgewerkt. Hiervoor zijn stof- en processpecifieke bepalingwijzen van verschillende zwaarte c.q. nauwkeurigheid nodig. Voor enkele specifieke stoffen zijn in het verleden reeds deze handvatten voor het opstellen van bepalingprotocollen aangegeven. In dit project worden bepalingwijzen/methoden uitgewerkt voor meerdere stoffen. Deze stoffen zijn: VOS (verbetering bestaande aanwijzing), PAK's, POP's, fijn/grof stof, en zware metalen. Het project is gericht op stofgroepen (VOS, PAK's, stof) en niet op de specifieke componenten binnen die stofgroepen. De individuele componenten worden wel benoemd voor zover relevant als prioritair stof in Nederland. Voor POP's en zware metalen wordt ook naar een aantal individuele verbindingen gekeken (3 POP's, zware metalen: Pb, Hg, Cd, Cr, Cu, Ni, As, Zn).

In het project zal daar waar dat relevant is onderscheid gemaakt worden tussen verschillende emissiebronnen. We onderscheiden: puntbronnen, diffuse bronnen, adem-, vul-, en verdrijvingsverliezen, lekverliezen en oppervlaktebronnen. Ook is van belang prioriteit te stellen aan de hand van de grootte van de bijdrage van een emissie aan de totale industriële emissie en de totale emissie in Nederland. Dit kan door emissies te relateren aan de drempelwaarden in het kader van de Milieuverslaggeving (zoals genoemd in de handleiding bij het MJV). De resultaten van een in een ander kader al uitgevoerde prioriteitenstudie worden hier ingebracht.

Stoffen → Bepalingsklassen I t/m IV → brontypering → bepalingmethoden

Hierbij moet bedacht worden dat zowel de klasse als de brontypering bepalend kunnen zijn voor de keuze van de meetmethode. Daarom wordt in hoofdstuk twee eerst nader ingegaan op de bronnen en op de meetmethoden in het algemeen. In hoofdstuk 3 wordt de stofspecifieke informatie weergegeven.

2 Brontypen en bepalingmethoden

2.1 Brontypen

Bronnen van emissies zijn zeer divers in karakteristiek. In tabel 1 staan de belangrijkste groepen van bronnen kort beschreven. Binnen die indeling is een grote diversiteit waar te nemen en bovendien combinaties van brontypen (gecombineerde schoorstenen; installaties met deels puntbronnen en deels diffuse emissies). In tabel 1 is in de laatste kolom aangegeven welke methoden gebruikt kunnen worden voor de emissie bepalingen.

Tabel 1: Overzicht van de belangrijkste bronnen van emissies met mogelijke bepalingmethoden

Brontypen	Omschrijving	Voorbeeld	Bepalingsparameters en -methoden *)
Puntbron	Schoorstenen, gekanaliseerde emissiepunten, meestal met geforceerde luchtstroom	Verbrandings emissies	Concentratie meting Continue / niet continue Incidenteel Debietmeting / berekening ERP: draaiuren installatie / brandstofgebruik
Diffuse bron	Grote installaties; open bronnen; ventilatie van gebouwen	Procesinstallatie; Op- en overslag stortgoed	Berekening Loef- / lijzijde monsternamen en analyse Oplosmiddelenbalans
Adem-, vul- en verdrijvingsverliezen	Op- en overslagactiviteiten in tanks; vooral beladen en ademverliezen;	Tanks	Berekening Loef- / lijzijde monsternamen en analyse
Lekverliezen	Flenzen en appendages	Procesinstallatie; Tanks	Berekening Loef- / lijzijde monsternamen en analyse
Oppervlaktebron	(grote) open bron met emitterend oppervlak	Waterzuivering; goederen opslag	Berekening Loef- / lijzijde monsternamen en analyse
Overige			
Installaties / processen	batchprocessen	mengproces	massabalans Concentratie-meting en schatting van debiet; ERP's

*) De hier genoemde methoden zijn in potentie mogelijk wat niet automatisch impliceert dat ze ook eenvoudig uitvoerbaar zijn.

Het onderscheid tussen diffuse bronnen en lekverliezen roept nogal eens vragen op. Adem-, vul en verdrijvingsverliezen en lekverliezen zeggen iets over de oorzaak van een emissie maar die kan wel gelokaliseerd zijn, van een diffuse emissie is de precieze locatie niet bekend.

In onderstaande tabel worden de drempelwaarden voor de voor dit project van belang zijnde stoffen gegeven.

Tabel: Drempelwaarden in verband met rapportageverplichtingen

Verontreinigende stof	Drempelwaarden
	Emissies Lucht ¹⁾ [kg/jaar]
NMVOS	10000
PAK ₁₀	500
POPs:	
- PCDD/PCDF	10 gTeq/jr
- PCB	1
- HCB	1
Totaal stof:	
- grof stof (> 10 µm)	10000
- fijn stof (< 10 µm)	10000
Zware metalen:	
- Cd	1
- Pb	50
- Ni	1
- Cu	5
- Zn	100
- Hg	1
- As	1

1) Wettelijk vastgelegde waarde in Stoffenlijst Besluit milieueverslaglegging van dec. 2002

Naarmate de jaarvracht van de inrichting ten opzichte van de drempelwaarde groter is, dient de emissie nauwkeuriger te worden vastgesteld.

2.2 Bepalingsmethoden

Algemeen gesteld worden jaaremissies bepaald met de formule: <concentratie>*<debiet>*<tijd> waarbij de drie variabelen op zeer verschillende wijzen worden vastgesteld. Ook bij het gebruik maken van emissiefactoren of andere berekeningswijzen is ooit een serie metingen verricht om de factoren vast te kunnen stellen. Deze paragraaf benoemt kort de belangrijkste methoden om bovengenoemde variabelen vast te stellen. De variaties per stof en bron worden meegenomen in de stofspectifieke paragrafen.

Opmerking : In geval niet continue wordt gemeten behoort t.b.v. het vaststellen van de jaarvracht naast ERP's, in ieder geval de bedrijfstijd of het productievolume altijd te worden bijgehouden (zie paragraaf Emissie Relevante Parameters).

Tabel 2: De belangrijkste variabelen voor jaaremissie vaststelling

Variabele	Bepalingsmethode
Concentratie	Online continu: directe concentratiemeting in gasstroom Online discontinu: enkele malen per jaar Off line: monsternamen en analyse in laboratorium
Debiet	Snelheidsmeting in gasstroom; oppervlak van het doorstroomde kanaal; Berekening aan de hand van het verbruik van brandstof of grondstoffen of productie hoeveelheden
Tijd	Berekening op basis van proces control gegevens
Proces variabelen;	Categorie 1 ERP's (bijv. S- in olie met doorzet); Categorie 2 ERP's (bijv. de temp. Naverbrander met O ₂ of CO-meting); Categorie 3 ERP's (bijv. goed onderhoud- en inspectiesysteem)
Massa	Berekeningen op basis van administratieve gegevens; Tellingen van batches;

Tabel 2 bevat de belangrijkste methodes waarmee emissies kunnen worden vastgesteld. Ook emissies die berekend worden of geschat aan de hand van emissiefactoren zijn ooit op basis van dergelijke methodes bepaald. In overzichten van emissiefactoren en handboeken zijn deze gemeten emissies vervolgens omgezet in emissies per installatiesoort/proces/ grondstofverbruik of productie.

Profielen en emissiefactoren

De in dit document behandelde belangrijke geëmitteerde stoffen worden vaak niet rechtstreeks gemeten. Vooral zware metalen en POP's worden afgeleid uit de samenstelling van een andere emissie. Zo worden emissies van de meeste zware metalen gekoppeld aan de emissies van fijn stof (vooral roet vanwege verbranding van olie, kolen en andere vaste brandstoffen en stof bij andere hoge temperatuur processen) of aan het gehalte zware metalen in de brandstoffen (% in kolen of olie). Ook bij op- en overslag komen emissie voor als deel van een totaal emissie. Dit geldt bijvoorbeeld voor benzeen uit de op-en overslag van benzine.

Voorbeeld profiel van roet van verbrandingsproces olie:

Arseen	37 mg/kg
Cadmium	37 mg/kg *)
Chroom	747 mg/kg
Koper	373 mg/kg
Kwik	22 mg/kg *)
Lood	373 mg/kg
Nikkel	22000 mg/kg
Zink	747 mg/kg

*)de vluchtigheid van cadmium en kwik is hierin verdisconteerd

De berekening verloopt dan als volgt (met tussen () een voorbeeld):

Emissie primaire stof (fijn stof): 1000 kg

Percentage secundaire stof (cadmium) in de primaire stof : 37 mg/kg

Emissie secundaire stof (cadmium): 37 g

Als de primaire emissie niet rechtstreeks wordt gemeten (bijvoorbeeld wel de hoeveelheid totaal stof) is een extra berekening nodig (fractie fijn stof van totaal stof). Er zijn dan twee profielen nodig, één op de fijn stof en één op de grof stof fractie.

De profielen die in de periode tot en met 1996 zijn gebruikt in Emissieregistratie zijn niet bedrijfstak specifiek maar brandstof specifiek en processpecifiek. De oliesamenstelling, de kolensamenstelling, producten en productieprocessen zijn in Nederland veranderd na 1996. De ontwikkeling en beschrijving van nieuwe, het liefst bedrijfstakspecifieke profielen is aan te bevelen. De bestaande factoren kunnen wel gebruikt worden voor het verkrijgen van een eerste indruk van het (relatieve) belang van emissies.

Bij gebruik van emissiefactoren wordt de specifieke relatie tussen een emissie en de bron losgelaten. Er wordt immers uitgegaan van standaard (of gemiddelde) waarden. Met emissiefactoren kunnen dus alleen gemiddelde emissies worden bepaald en is de onzekerheidsmarge groot.

Emissie Relevante Parameters (ERP's)

Naast het (semi-)continu meten van een emissie kan ook een minder frequente emissiemeting gecombineerd worden met een continue meting van één of meerdere parameters, die een directe of indirecte relatie heeft/hebben met de emissie. Dergelijke parameters worden Emissie Relevante Parameters (ERP's) genoemd. Afhankelijk van de 'hardheid' van de relatie tussen emissie en parameter worden drie soorten ERP's onderscheiden (categorie 1 t/m 3). In alle gevallen dienen zo hardste ERP's die beschikbaar zijn te worden gebruikt.

In hoofdstuk 3 van de NER zijn de belangrijkste ERP's genoemd. Indien niet continu wordt gemeten dan dienen altijd ERP's zoveel mogelijk continu bepaald te worden.

3 Stofspecifieke Informatie

Het kiezen van een geschikte methode voor het bepalen van een emissie hangt in belangrijke mate af van twee factoren: het type bron (die weer samenhangt met het soort activiteit) en de belangrijkheid van de emissie (bepaald door de klasse indeling). In een project [ref.: Verbetering Validatie Prioritaire stoffen, gereed in maart 2004] dat parallel loopt met het onderhavige onderzoek wordt uitvoerig onderzocht in hoeverre emissies van bepaalde bedrijfstakken en van welke individuele bedrijven bepalend zijn voor de emissies in Nederland.

3.1 NMVOS

3.1.1 Belangrijkste bronnen en brontypen

Industrie:

- Chemische industrie: NMVOS (algemeen)
 - o Puntbronnen:
 - procesapparatuur (bv. reactievaten, procesvents, fakkels, starts en stops);
 - reinigingsinstallaties (condensatie, scrubbers, strippers, koolbedden, naverbranders);
 - verbrandingsemissies (bv. stookinstallaties);
 - o Diffuse emissies (bv. ruimteventilatie, koelmachines, analysers);
 - o Adem-, vul- en lekverliezen (bv. op- en overslag, afsluiters, flenzen);
- Grafische industrie: Oplosmiddelen in inkten, lakken en reinigingsmiddelen
 - o Puntbronnen (bronafzuigingen van procesapparatuur);
 - o Diffuse bronnen (ruimteluchtventilatie en opslag);
- Kunststoffen verwerkende industrie: Styreen en oplosmiddelen
 - o Puntbronnen (puntafzuigingen processen bij bv. polyesterharsverwerking, polystyreen productie en reiniging);
 - o Diffuse bronnen (ruimteluchtventilatie en opslag);
- Voedingsmiddelenindustrie: NMVOS (algemeen)
 - o Puntbronnen (puntafzuigingen processen);
 - o Diffuse bronnen (ruimteluchtventilatie en opslag);
- Textielindustrie (oplosmiddelen bij bedrukken en coaten):
 - o Puntbronnen (puntafzuigingen processen);
 - o Diffuse bronnen (ruimteventilatie en opslag);
- Meubelindustrie (oplosmiddelen bij verven):
 - o Puntbronnen (puntafzuigingen processen);
 - o Diffuse bronnen (ruimteventilatie en opslag)
- Metaalindustrie (oplosmiddelen in verven en bij reinigen en ontvetten):
 - o Puntbronnen (puntafzuigingen processen);
 - o Diffuse bronnen (ruimteventilatie en opslag);
- Chemische waterrijen (oplosmiddelen):
 - o Puntbronnen (puntafzuigingen processen);
- Bakkerijen (ethanol):
 - o Puntbronnen (puntafzuigingen processen);
- Lijmindustrie (oplosmiddelen):
 - o Puntbronnen (puntafzuigingen processen);
 - o Diffuse bronnen (ruimteventilatie en opslag)
- Leerindustrie (oplosmiddelen):
 - o Puntbronnen (puntafzuigingen processen);
 - o Diffuse bronnen (ruimteventilatie en opslag).

Raffinaderijen: NMVOS

- o Puntbronnen
 - rookgassen bij stookinstallaties en fakkels);
 - afgassen van kraakprocessen;

- Adem-, vul- en lekverliezen (op- en overslag, appendages en afsluiters).

Op- en overslag bedrijven: NMVOS (algemeen)

- Adem-, vul- en lekverliezen bij bv. benzinedepots

Bij de grote chemiebedrijven varieert het aantal puntbronnen van ca. tien tot honderden. Bij bedrijven met veel puntbronnen wordt dit grote aantal met name veroorzaakt door de complexiteit en omvang van de productie en de ouderdom van de locatie (oude bedrijven hebben vaak veel puntbronnen). Door combinatie van de afgasstromen kan het aantal puntbronnen gereduceerd worden. De emissies kunnen hierdoor effectiever worden bepaald (en beperkt).

3.1.2 Bepalingsmethoden en nauwkeurigheid voor NMVOS (totaal)

Tabel 3: Invulling van bepalingmethoden en nauwkeurigheid voor NMVOS (totaal) *)
(zie: Handleiding Validatie Milieujaarverslagen [www.fo-industrie.nl] en Werkgroep Bedrijven, concept d.d. 23 september 2003)

Klasse	Brontype	Bepalingsmethode **)	Meetprotocol, Deskundigheid Apparatuur	Bepalingsfrequentie (aantal per jaar)	Indicatie van nauwkeurigheid jaarvracht (±) op basis van 95% btbi ***)
IV	Puntbron	(Semi-)continu emissie meten	VDI 3481 / 3 NEN-ISO 14164 NEN-EN 13526	(semi-)continu	15-25%
IV		(Semi-)continu monitoren ERP's cat. 1	Afhankelijk van de te monitoren ERP(s)	(semi-)continu	25-50%
III - II		Frequente emissiemeting + monitoren ERP's cat. 2	VDI 3481 1/ 3 ISO 10780	½ - 2	25- 50%
III - I		Frequente emissiemeting + monitoren ERP's cat. 3	VDI 3481 1/ 3 ISO 10780	½ - 2	Ca 50%
II - I		Berekening met emissiefactor op brandstof	Standaard Handboeken [9 t/m 12]	1 (brandstof-boekhouding)	25-50%
I		Eénmalig emissie meten bij opstarten + monitoren ERP's cat. 3	VDI 3481 1/ 3 ISO 10780	n.v.t.	Factor 2
IV - I		Oplosmiddelbalans	Uitvoerige boekhouding per procesunit	1	Bepaald door nauwkeurigheid hoeveelheden
IV - I	Diffuse bron	Oplosmiddelbalans(en) + (deel)metingen	Uitvoerige boekhouding per procesunit	1	Bepaald door nauwkeurigheid hoeveelheden
II - I		Berekening aan de hand van de actuele situatie en/of een modelstof	Technische situatie en Standaard Handboeken [9; 10]	1 (logistiek bijhouden per maand/dag)	Factor 2
II - I		Loef-/lijzijde (monsternamen en analyse)	Geen standaard protocol VDI 3481 2/3	½ - 2	Factor 2 tot 3
I		Eénmalig emissie meten bij opstarten + monitoren ERP's cat. 3	VDI 3481 1/2/3 ISO 10780	n.v.t.	Factor 2 tot 3
I		Schatting op basis van voorgaande jaren	Factor gebaseerd op productie, doorzet en/of bedrijfstijd	1	Hangt af van nauwkeurigheid vorig jaar
IV - I	Adem-, vul- en lek-verliezen	Berekening in combinatie met (deel)metingen	Meetstrategie beschikbaar [11; 12]	1 (aantal (deel)metingen afhankelijk van meetstrategie)	Factor 2
II - I		Schatting op basis van voorgaande jaren	Factor gebaseerd op productie, doorzet en/of bedrijfstijd	1	Hangt af van nauwkeurigheid vorig jaar

- *) Als de geëmitteerde NMVOS een specifieke component betreft kan de jaarvracht van deze component bepaald worden door de bij de norm VDI 3481 1/3 gebruikte FID-monitor te ijken voor de betreffende component;
- ***) Belangrijkste ERP's bij puntbron volgens indeling van de NER (§ 3.7.3):
 - Categorie-1 (betrouwbaar kwantitatief beeld):
 - Samenstelling grond-/hulpstof als er een harde relatie met emissie is.
 - Categorie-2 (betrouwbaar kwalitatief beeld):
 - temperatuur bv. in naverbrander of na diepkoelinstallatie (eventueel in combinatie met debiet)
 - Categorie-3 (werking installatie of proces overeenkomstig specificaties):
 - Temperatuur na reinigingstechniek (adsorptie, biofiltratie);
 - Debiet en/of drukval na/over reinigingstechniek (naverbranding, adsorptie, absorptie, biofiltratie, diepkoeling en membraanscheiding);
 - Debiet of verbruik bijstoken bij naverbranding;
 - Bedrijfstijd/standtijd bij adsorptie of membraanscheiding;
 - In specifieke gevallen ook nog enkele andere mogelijkheden.
- ****) Bij opgave van een factor ligt het 95% betrouwbaarheidsinterval (btbi) tussen de factor kleiner en de factor groter dan de vastgestelde jaarvracht.

Gestandaardiseerde meetmethoden:

- 1) ISO 10780 (1994): Stationary source emissions – Measurement of velocity and volume flow rate of gas streams in ducts.
Opmerking:
 - Norm wordt herzien
 - TNO-onzekerheid bij pitotbuis < ±5% van meetwaarde bij 5-10 m/s, daarboven <±4%.
- 2) NEN-ISO 14164: 1999, Emissies van stationaire bronnen – Bepaling van het volumedebiet van gasstromen in schoorstenen – Geautomatiseerde methode.
Opmerking: Volgens werkgroep NOx-monitoring een streefonzekerheid van ±15%.
- 3) NEN-EN 13526 (2001): Emissies van stationaire bronnen; bepaling van de massaconcentratie van totaal gasvormig organisch koolstof in verbrandingsgassen uit processen waar oplosmiddelen gebruikt worden; continue methode met vlamionisatiedetector (FID).
Opmerking:
 - Voor continue meting;
 - TNO-onzekerheid FID-meting < ±5% op basis van C₃H₈-equivalent.
- 4) NEN –EN 12619 (1999): Emissies van stationaire bronnen; bepaling van de massaconcentratie van totaal gasvormig organisch koolstof in lage concentraties in verbrandingsgassen; continue methode met vlamionisatiedetector (FID).
- 5) VDI 3481 / 1 (1975): Gaseous emission measurement - Determination of hydrocarbon concentration, flame ionization detector (FID).
Opmerking:
 - Voor periodieke metingen
 - TNO-onzekerheid FID-meting < ±5% op basis van C₃H₈-equivalent.
- 6) VDI 3481 / 2 (1998): Gaseous emission measurement - Determination of gaseous organic carbon in waste gases; adsorption on silica gel.
Opmerking:
 - Voor monsterneming.
- 7) VDI 3481 / 3: 1995, Gaseous emission measurement - Determination of volatile organic compounds, especially solvents, flame ionisation detector (FID)
Opmerking:
 - Voor periodieke metingen;
 - TNO-onzekerheid FID-meting < ±5% op basis van C₃H₈-equivalent.
- 8) NEN 2786 (1996; 2001): Luchtkwaliteit; debietmeting en debietregeling
- 9) ER 8: Emissiefactoren – Lekverliezen van apparaten en verliezen bij op- en overslag. Publikatiereeks Emissieregistratie Nr. 8, 1993.
- 10) AP 42: Compilation of air pollutant emission factors. Volume 1: Stationary point and area sources, EPA
- 11) Handboek 'Emissiefactoren voor lekverliezen van apparaten en verliezen bij op- en overslag'
- 12) Protocol voor VOS-monitoring lekverliezen van apparaten en verliezen bij op- en overslag

3.2 PAK's

3.2.1 Belangrijkste bronnen en brontypen

Industrie:

- Industriële verbrandingsinstallaties:
 - o Puntbron (rookgassen, vooral bij vaste brandstoffen);
- Productie koolstofanoden voor aluminiumindustrie:
 - o Puntbronnen (procesemissie via gereinigde afgassen van het anodeproces);
 - o Diffuse emissie (ruimteluchtventilatie van de productiegebouwen);
- Cokes productie:
 - o Diffuse emissie (uit coke-oven);
- Productie van actieve kool:
 - o Puntbron (afgassen);
- Sinterproductie:
 - o Puntbron (afgassen met PAKs gebonden aan fijn stof);
- IJzer- en staalgieterijen:
 - o Puntbronnen (gasvormige PAKs via bronafzuiging van gietvormen);
 - o Diffuse emissie (ruimteluchtventilatie van de productiegebouwen);
- Staalproductie:
 - o Puntbron (afzuiging bij elektrisch smelten);
- Bouw:
 - o Punt- en diffuse bronnen (bv. houtverduurzaming met creosoot, asfaltindustrie);
- Rubberindustrie:
 - o Puntbron (bv. afgassen bij bandenfabricage en van pyrolyse installaties)

Raffinaderijen:

- o Puntbronnen (rookgassen bij verbranding van zware olie en bitumen (pek));
- o Diffuse emissies (op- en overslag van ruwe olie).

Kabelbranderijen:

- o Puntbron (rookgassen)

3.2.2 Bepalingsmethoden en nauwkeurigheid

Tabel 4: Invulling van bepalingmethoden en nauwkeurigheid voor PAK's *)

Klasse	Brontype	Bepalingmethode	Meetprotocol, Deskundigheid apparatuur	Bepalingsfrequentie (aantal per jaar)	Indicatie van nauwkeurigheid jaarvracht (\pm) op basis van 95% btbi **)
IV - III	Puntbron	Frequente emissiemeting + monitoren ERP's cat. 2	NVN 2816 ISO 11338-1/2 VDI 3873 / 1 ISO-NEN 9096	$\frac{1}{2}$ - 2	Factor 2
IV - III		(Semi-)continu meten van KWS-emissie + frequente analyse van de samenstelling	NEN-ISO 14164 VDI 3481 1/3 NVN 2816	(Semi)continu KWS + 2 maal analyse	Factor 2
III - II		Frequente analyse samenstelling + monitoren ERP's cat 2 en/of 3	NVN 2816	$\frac{1}{2}$ - 2	Factor 2 tot 3
II-I		Eénmalige emissiemeting bij opstarten ERP's cat 2 en/of 3	NVN 2816 ISO 11338-1/2 VDI 3873 / 1 ISO-NEN 9096	n.v.t.	Factor 2 tot 5
I		Berekening aan de hand van de actuele situatie	Standaard Handboeken [6 t/m 9]	1	Factor 2 tot 5
I		Schatting op basis van voorgaande jaar	Factor gebaseerd op verhouding productie/doorzet	1	Factor 2 tot 10 (afhankelijk van de onzekerheid voor voorgaande jaar)
IV - II	Diffuse bronnen	Loef-/lijzijde meting bij lage emissiehoogten	NVN 2816 ISO 11338-2	$\frac{1}{2}$ - 2	Factor 2 tot 5 (afhankelijk van gebruik tracer)
I - II		Eénmalige emissiemeting bij opstarten + monitoren ERP's cat. 3	NVN 2816 ISO 11338-1/2 VDI 3873 / 1 ISO-NEN 9096	n.v.t.	Factor 2 tot 5
I		Berekening aan de hand van de actuele situatie	Standaard Handboeken [6 t/m 8]	1	Factor 2 tot 5
I		Schatting op basis van voorgaande jaar	Factor gebaseerd op verhouding productie/doorzet	1	Factor 2 tot 10 (afhankelijk van de onzekerheid voor voorgaande jaar)

*) PAK's (10 van VROM): Antraceen, Benzo(a)antraceen, Benzo(a)pyreen (B(a)P), Benzo(ghi)peryleen, Benzo(k)flouranteen, Chryseen, Fenantreen, Fluoranteen, Indeno(1,2,3,-cd)pyreen, Naftaleen.

**) Bij opgave van een factor ligt het 95% betrouwbaarheidsinterval (btbi) tussen de factor kleiner en de factor groter dan de vastgestelde jaarvracht.

Emissies van PAK's kunnen via een profiel op emissies van VOS of roet worden geschat. (zie hoofdstuk 2).

Gestandaardiseerde meetmethoden

- 1) NVN 2816: 1990, Luchtkwaliteit – Uitworp door stationaire bronnen – Bepaling van de concentratie aan polycyclische aromatische koolwaterstoffen.
- 2) ISO 11338-1: 2000, Stationary source emissions – Determination of the mass concentration of polycyclic aromatic hydrocarbons – Part 1: Sampling.
Opmerking: Niet geschikt voor diffuse emissie.
- 3) ISO 11338-2: 1999, Stationary source emissions – Determination of the gas and particle-phase polycyclic aromatic hydrocarbons from stationary sources – Part 2: Sample preparation, clean-up and determination.
Opmerking: Onzekerheid HPLC-methode volgens de norm $< \pm 75\%$
- 4) VDI 3873 Blatt 1: 1992, Emission measurement – Measurement of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) in stationary industrial plants – Dilution method (RWTÜV method) – Gas-chromatographic detection.
Opmerking: TNO-onzekerheid $< \pm 33\%$
- 5) ISO-NEN 9096: 1992, Stationary source emissions – Determination of concentration and mass flow rate of particulate material in gas-carrying ducts – Manual gravimetric method. Opmerking: TNO-onzekerheid bij pitotbuis $< \pm 5\%$ van meetwaarde bij 5-10 m/s, daarboven $< \pm 4\%$.
- 6) ER 8: Emissiefactoren – Lekverliezen van apparaten en verliezen bij op- en overslag. Publikatiereeks Emissieregistratie Nr. 8, 1993.
- 7) Handboek 'Emissiefactoren voor lekverliezen van apparaten en verliezen bij op- en overslag'.
- 8) AP 42: Compilation of air pollutant emission factors. Volume 1: Stationary point and area sources, EPA

3.3 POP's (PCDD/PCDF, PCB en HCB)

3.3.1 Belangrijkste emissiebronnen en brontypen

Dioxines (PCDD/PCDFs):

- Afvalverbranding:
 - o Puntbron (rookgassen van verbranding inclusief meeverbranden);
- Primaire ijzer- en staalindustrie:
 - o Puntbron (afgassen sinterfabriek)
- Secundaire metaalindustrie:
 - o Puntbron (bronafzuiging bij smelten van ijzer, staal, non-ferro en vooral schroot);
 - o Diffuse emissie (ruimteluchtafzuiging van productieruimten).
- Bouwmaterialen:
 - o Puntbronnen (afgassen bij cement- en kalkproductie)
- Cokeproductie:
 - o Puntbron (afgassen cokeproces)
- Papierindustrie:
 - o Puntbron (rookgassen bij verbranding van papierslib)
- Energiesector:
 - o Puntbronnen (rookgassen bij verbranding van vooral kolen, hout en zware olie)
- Crematoria:
 - o Puntbronnen (rookgassen van de verbrandingsoven)
- Raffinaderijen:
 - o Puntbronnen (rookgassen van verbranding zware oliën)
- Specifieke chemische processen:
 - o Puntbronnen (afgassen bij productie van ECD/VCM/PVC).

Hexachloorbenzeen (HCB) ontstaat bij hetzelfde soort processen als geldt voor dioxines:

- Afvalverbranding:
 - o Puntbron (rookgassen);
- Metaalindustrie:
 - o Puntbronnen (afgassen sinterfabriek);
- Verbrandingsinstallaties bij gebruik van chloorhoudende brandstoffen zoals kolen, hout en zware olie:
 - o Puntbron (rookgassen).

Polygechloreerde bifenylen (PCB):

- Productie van PCB:
 - o Puntbron (afgassen productieproces);
- Overige industrie:
 - o Diffuse emissies (lekkage bij gebruik als hydraulische vloeistof, koelvloeistof in transformatoren en dielectrische vloeistof in condensatoren).

3.3.2 Emissiebepaling PCDD/PCDF

Tabel 5: Invulling van bepalingmethoden en nauwkeurigheid voor Dioxines (PCDD/PCDF)

Klasse	Brontype	Bepalingsmethode	Meetprotocol, Deskundigheid apparatuur	Bepalingsfrequentie (aantal per jaar)	Indicatie van nauwkeurigheid jaarvrucht op basis van het 95% btbi ^{*)}
IV-III	Puntbron	Frequente emissiemeting + monitoren ERP's cat. 2	NEN-EN 1948-1/2/3 VDI 3499 ISO-NEN 9096	½ - 2	Factor 2 tot 3
III - II		Frequente emissiemeting + monitoren ERP's cat. 3	NEN-EN 1948-1/2/3 VDI 3499 ISO-NEN 9096	½ - 2	Factor 3
II - I		Berekening op basis van emissiefactor en productie + monitoren ERP's cat. 3	Standaard handboek [5]	1	Factor 3 tot 5
I		Schatting op basis van voorgaande jaar	Factor gebaseerd op verhouding productie/doorzet	1	Factor 5 (afhankelijk van de onzekerheid voor voorgaande jaar)

^{*)} Bij opgave van een factor ligt het 95% betrouwbaarheidsinterval (btbi) tussen de factor kleiner en de factor groter dan de vastgestelde jaarvrucht.

Gestandaardiseerde meetmethoden:

- 1) NEN-EN 1948-1: 1997, Emissies van stationaire bronnen – Bepaling van de concentratie aan PCDD's/PCDF's – Deel 1: Monsterneming
- 2) NEN-EN 1948-2: 1997, Emissies van stationaire bronnen – Bepaling van de concentratie aan PCDD's/PCDF's – Deel 2: Extractie en opwerking
- 3) NEN-EN 1948-3: 1997, Emissies van stationaire bronnen – Bepaling van de concentratie aan PCDD's/PCDF's – Deel 3: Identificatie en kwantificering.
Opmerking: Onzekerheid concentratiebepaling volgens de norm $< \pm 0,1 \text{ ng I-TEQ/m}^3$.
- 4) VDI-3499: Messen von Emissionen. Messen von polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF) und polychlorierten Dibenzo-(p)-dioxinen (PCDD).
Opmerking:
- 5) Standardized toolkit for identification and quantification of dioxin and furan releases. UNEP Chemicals, Switzerland. May 2003

3.3.3 Bepalingmethoden en nauwkeurigheid voor HCB en PCB

Voor Nederland wordt verondersteld dat de emissies van HCB en PCB naar de lucht nihil zijn (binnen de Emissieregistratie is er in elk geval geen officiële schatting voor gemaakt).

Voor zover er in Nederland nog PCB geproduceerd wordt betreft dit hooguit enkele puntbronnen in de chemische industrie, waarvan de jaarvrucht dan op een vergelijkbare wijze bepaald kan worden als aangegeven onder de NMVOS (puntbron: (semi-)continu meten van KWS-emissie + frequente analyse van de samenstelling van een afgasmonster op de aanwezigheid en hoeveelheid PCB).

Het vaststellen van de hoeveelheid PCB, die in de lucht vrijkomt door verdamping uit de weglekkende vloeistof uit hydraulische systemen, transformatoren en condensatoren is vooralsnog niet te schatten.

Tabel 6: Invulling van bepalingmethoden en nauwkeurigheid voor HCB en PCB

Klasse	Brontype	Bepalingmethode	Meetprotocol ^{**)} , Deskundigheid apparatuur	Bepalings- frequentie (aantal per jaar)	Indicatie van nauwkeurigheid jaarvrucht op basis van het 95% btbi ^{*)}
IV-III	Puntbron	Frequente emissiemeting + monitoren ERP's cat. 2	NEN-EN 1948-1/2/3 ISO-NEN 9096	½ - 2	Factor 2 tot 3
III - II		Frequente emissiemeting + monitoren ERP's cat. 3	NEN-EN 1948-1/2/3 ISO-NEN 9096	½ - 2	Factor 3
I		Schatting op basis van voorgaande jaar	Factor gebaseerd op verhouding productie/doorzet	1	Factor 3 tot 5 (afhankelijk van de onzekerheid voor voorgaande jaar)

*) Bij opgave van een factor ligt het 95% betrouwbaarheidsinterval (btbi) tussen de factor kleiner en de factor groter dan de vastgestelde jaarvrucht.

***) Voor monsterneming en analyse van HCB en PCB zijn nog geen specifieke normen beschikbaar; maar dit kan voorlopig analoog aan de dioxine metingen uitgevoerd worden overeenkomstig NEN-EN 1948-1/2/3, waarbij ongeveer dezelfde nauwkeurigheid geldt. In ontwikkeling is een uitbreiding van de norm NEN-EN 1948 met de delen 4 en 5 voor het meten van HCB en PCB.

3.4 Stof (grof+fijn)

In dit verband wordt onder het begrip stof (ofwel totaal stof) de deeltjes verstaan, die afkomstig zijn uit een bron en in de atmosfeer geëmitteerd worden. Om onderscheid te maken met deeltjes, die in de atmosfeer via allerlei fysische/chemische processen ontstaan wordt het geëmitteerde stof uit de bronnen ook wel primair stof genoemd en het in de atmosfeer gevormde stof secundair stof. In dit rapport wordt onder stof alleen het primaire stof verstaan.

Onder emissie van stof worden verder alleen de deeltjes (aerosolen) verstaan, die in de afgasstroom aanwezig zijn en niet de condenseerbare gasvormige verbindingen, die bij afkoeling eveneens deeltjes kunnen vormen.

De emissie aan totaal stof (grof en fijn) is aangegeven als PM ('particulate matter') en bevat overeenkomstig de definitie in de NeR geen condenseerbare fractie bij industriële emissies. Aangezien het fijne deel van het stof inhalerbaar is is dit de fractie, die van groot belang is voor de gezondheid. Deze fractie wordt PM₁₀ genoemd en bestaat uit de deeltjes met een diameter kleiner dan 10 µm. Het deel van het stof met diameters groter dan 10 µm wordt grof stof genoemd. Globaal komt het erop neer, dat stof, dat bij fysische processen zoals malen, slijpen, botsen (bv. overslag stortgoed) enz ontstaat over het algemeen voor het grootste deel uit grof stof bestaat en stof dat ontstaat bij hoge temperatuurprocessen (oa. verbranding) vooral uit fijn stof bestaat. Aangezien het bij het bepalen van de jaarvrucht gaat om de emissie naar buiten is het van belang of er een nageschakelde techniek wordt toegepast om de stofemissie te reduceren. Als dat het geval is mag er bij goedwerkende reinigingstechnieken vanuit gegaan worden, dat bij toepassing van filtrerende afscheiders (doekfilters), elektrostatische reinigers, hoge energiewassers en multicyclonen voor 80 tot 100 % bestaat uit fijn stof (PM₁₀) en dus maar een relatief klein deel van het geëmitteerde totaal stof behoort tot de categorie grof stof. Bij eenvoudige stofcyclonen (geen productcyclonen) is de verhouding globaal ongeveer 50% grof en 50% fijn stof.

In verband met (de veronderstelde) ernstigere gezondheidseffecten van een nog kleinere fractie van het stof dan PM₁₀ zal in de toekomst mogelijk ook PM_{2,5} (de fractie deeltjes met een diameter kleiner dan 2,5 µm) bepaald gaan worden.

Als er continue stofmetingen worden uitgevoerd bij industriële puntbronnen wordt de massaconcentratie van de vaste en vloeibare deeltjes (aerosolen) in-line vastgesteld. Als er afzonderlijke metingen worden uitgevoerd worden de deeltjes via een deelstroom afgezogen en uitgefilterd op een absoluutfilter, dat na de monsterneming wordt gedroogd. De uit deze meting resulterende stofmassa heeft dan betrekking op min of meer vaste deeltjes. Aangezien het controleren van emissie-eisen op basis van de NeR vrijwel altijd via afzonderlijke metingen geschiedt hebben de stofconcentraties en -emissies dan ook meestal betrekking op vaste deeltjes.

3.4.1 Emissiebronnen van grof en fijn stof

Stofemissies vinden bij vrijwel alle industriële activiteiten plaats. In tabel 7 is een overzicht opgenomen van de stofemissies in de industrie (inclusief energiesector en raffinaderijen) met een verdeling in grof stof en fijn stof (PM₁₀) op basis van de Emissieregistratie (ER) met voor fijn stof een onderverdeling van de emissies in gekanaliseerde emissies (verbranding en processen) en diffuse emissies. De totale hoeveelheid stof (totaal stof) is dus gelijk aan de hoeveelheid grof stof plus fijn stof (PM₁₀).

Tabel 7: Overzichtstabel met primaire emissies van grof stof (>10µm) en fijn stof (PM₁₀) van diverse sectoren in ton/jr ^{*)}

Sector	Grof stof (1993)	PM ₁₀ (1998)		
	Totaal	Verbr.	Proces	Diffuus
Basismetalaalindustrie	1190	75	2973	1558
Raffinaderijen	10	1669	1721	
Chemie	1600	156	2129	85
Voedingsmiddelen	660		2116	184
Cement, kalk, keramiek en glas	350	3	762	1077
Bouw/Constructie				1062
Metaalbewerking			286	257
Energiecentrales	175	397		142
Houtindustrie	830			406
Papierindustrie				384
Textielindustrie	2			121
Kunststof en rubber	465			66
Afvalverbranding		35		
Op- en overslag	8460			
<i>Totaal industrie</i>	<i>13750</i>	<i>2335</i>	<i>9987</i>	<i>5342</i>
<i>Totaal industrie</i>	<i>13750</i>	<i>17664</i>		

*) In deze tabel zijn de opgenomen emissies afkomstig uit verschillende jaren, omdat er tot ongeveer 1993 alleen grof stof gemeten en opgegeven werd in het kader van de Emissieregistratie en daarna alleen nog maar fijn stof.

3.4.2 Emissiebepaling totaal stof en grof stof

De gangbare meetapparatuur voor het continu meten van de stofconcentratie in afgasstromen meet de concentratie van het totale stof in de afgassen. Om het aandeel grof stof uit de gemeten stofconcentratie vast te stellen moeten er in principe dus stofmonsters verzameld en geanalyseerd worden op deeltjesgrootte zoals dat bij periodieke metingen uitgevoerd kan worden. Bij een afgasstroom van een bepaalde bron kan de fractie grof stof op deze wijze vastgesteld worden. Als hieruit blijkt, dat de hoeveelheid grof stof bijna gelijk is aan de totale hoeveelheid stof, dan wordt vervolgens alleen de concentratie aan totaal stof gemeten en beschouwd als zijnde grof stof. Is er een aanzienlijk deel aan fijn stof dan wordt de gemeten concentratie hiervoor gecorrigeerd.

In principe wordt bij de bepaling van de emissie van grof stof dus de emissie van totaal stof (PM) gemeten en gecorrigeerd voor het aandeel fijn stof.

Tabel 8: Invulling van bepalingmethoden en nauwkeurigheid voor totaal stof (PM)

Klasse	Brontype	Bepalingmethode *)	Meetprotocol, Deskundigheid Apparatuur	Bepalings-frequentie (aantal per jaar)	Indicatie van nauwkeurigheid jaarvracht (±) op basis van 95% btbi ***)
IV	Puntbron	(Semi)continu emissie meten	NEN-ISO 10155 NEN-ISO 14164 VDI 2066 / 4 en 6	(semi)-continu	10-20%
III - II		Frequente emissiemeting + monitoren ERP's cat. 3 **)	NEN-EN 13284-1 NEN-ISO 9096	½ - 2	25-50%
I		Eénmalige emissiemeting bij opstarten + monitoren ERP's cat. 3 **)	NEN-EN 13284-1 NEN-ISO 9096	n.v.t.	Factor 2
III - II		Jaarlijkse emissiemeting i.c.m. eerdere metingen + monitoren ERP's cat. 3 **)	NEN-EN 13284-1 NEN-ISO 9096	1	Hangt af van nauwkeurigheid vorige jaren
IV - III	Diffuse bronnen	Berekening op basis van stofconcentratie in ruimte i.c.m ventilatievoud	Geen norm	1	Factor 2 tot 3
II-I		Eénmalige emissiemeting bij opstarten + monitoren ERP's cat. 3	NEN-EN 13284-1 NEN-ISO 9096	n.v.t.	Factor 2 tot 3
IV- III		Berekening op basis van loef-/lijzijde metingen en/of depositiemetingen bij open bronnen	Geen norm	1	Factor 3
III - I		Berekening aan de hand van de actuele situatie (en ERP cat. 2)	Emissiefactoren uit handboeken [7] i.c.m productdoorzet	1	Factor 3 tot 5

*) Belangrijkste ERP's bij puntbron volgens indeling van de NER (§ 3.7.3):

- Categorie-2 (betrouwbaar kwalitatief beeld):
 - Samenstelling grond-/hulpstof als er een betrouwbare relatie met emissie is (bv. stuifklassen bij op- en overslag van stortgoederen);
- Categorie-3 (werking nageschakelde reinigingsinstallatie overeenkomstig specificaties):
 - Afgasdebiet door de nageschakelde reinigingsinstallatie;
 - Drukval over de reinigingsinstallatie (niet bij elektrostatische afscheider);
 - Bedrijfstijd/standtijd bij diepbed- en keramisch filter;
 - Temperatuur van de afgasstroom (stoffilter, natte stofvanger, keramisch filter, droge rookgasreiniging);
 - Debiet vloeistofcirculatie bij natte stofvanger;
 - Goede stofafvoer uit hopper bij (multi)cycloon;
 - Controle op goede werking klopmechanisme bij stoffilters en elektrostatische afscheiders;
 - Elektrische spanning bij elektrostatische afscheiders;
 - Toeslag voor droge stof (kg/uur) of suspensie (m³/uur) bij droge rookgasreiniging.

**) Er is in de meeste gevallen geen ERP van categorie 1 of 2 aan te geven voor puntbronnen.

***) Bij opgave van een factor ligt het 95% betrouwbaarheidsinterval (btbi) tussen de factor kleiner en de factor groter dan de vastgestelde jaarvracht.

Gestandaardiseerde meetmethoden:

- 1) NEN-ISO 10155: 2001, Stationary source emissions – Automated monitoring of mass concentrations of particles – Performance characteristics of automated measuring methods.
Opmerking: Onzekerheid volgens de norm $< \pm 10\%$ van de massa.
- 2) NEN-ISO 14164: 1999, Emissies van stationaire bronnen – Bepaling van het volumedebiet van gasstromen in schoorstenen – Geautomatiseerde methode.
Opmerking: Volgens werkgroep NO_x-monitoring een streefonzekerheid van $\pm 15\%$.
- 3) VDI 2066 Blatt 4: 1989, Particulate matter measurement – Measurement of particulate matter in flowing gases – Determination of dust load by continuous measurement of optical transmission.
- 4) VDI 2066 Blatt 6: 1989, Particulate matter measurement – Measurement of particulate matter in flowing gases – Determination of dust load by continuous measurement of scattered light with the photometer KTN.
- 5) NEN-EN 13284-1: 2001, Stationary source emissions – Determination of low range mass concentration of dust ($< 50 \text{ mg/m}^3$) – Part 1: Manual gravimetric method.
- 6) ISO-NEN 9096: 1992, Stationary source emissions – Determination of concentration and mass flow rate of particulate material in gas-carrying ducts – Manual gravimetric method.
Opmerkingen:
 - Stofconcentratie: TNO-onzekerheid $< \pm 10\%$ van meetwaarde bij meer dan 5 mg/m^3 , bij ongunstig stromingsprofiel $< \pm 30\%$.
 - Debiet: TNO-onzekerheid bij pitotbuis $< \pm 5\%$ van meetwaarde bij 5-10 m/s, daarboven $< \pm 4\%$.
- 7) Mulder, W.; Emissiefactoren van stof bij de op- en overslag van stortgoederen – emissiefactoren voor fijn stof. TNO-rapport R86/205, 1987.

3.4.3 Emissiebepaling fijn stof (PM₁₀)

De gangbare meetapparatuur voor het continu meten van de stofconcentratie in afgasstromen meet de concentratie van het totale stof in de afgassen. Om het aandeel fijn stof uit de gemeten stofconcentratie vast te stellen kunnen er stofmonsters verzameld en geanalyseerd worden op deeltjesgrootte zoals dat bij periodieke metingen uitgevoerd kan worden. Bij een afgasstroom van een bepaalde bron kan de fractie fijn stof op deze wijze vastgesteld worden. Als hieruit blijkt, dat de hoeveelheid totaal stof voor meer dan 80% bestaat uit fijn stof, dan wordt vervolgens alleen de concentratie aan totaal stof gemeten en beschouwd als zijnde fijn stof. Gezien de nauwkeurigheid, waarbij de jaarvracht aan fijn stof bij puntbronnen door meting vastgesteld kan worden (zie tabel 9) is deze werkwijze toelaatbaar.

Bovenstaande blijkt veelal het geval te zijn bij bijvoorbeeld stookinstallaties met olie (geen zware olie) en bij goedwerkende effectieve nageschakelde stofafscidders zoals filterende afscidders (doekfilters), elektrostatische afscidders, hoge energiewassers en multicyclonen.

Is er een aanzienlijk deel aan grof stof dan dient dit aandeel vastgesteld te worden (dit geldt bijvoorbeeld voor nageschakelde stofcyclonen) en wordt de gemeten jaarvracht hiervoor gecorrigeerd. Over de nauwkeurigheid van de op basis van handboeken toegepaste correctiefactoren is relatief weinig bekend.

Bij periodieke metingen kan ook de hoeveelheid fijn stof direct gemeten worden door het grof stof 'in-stack' af te scheiden (via een cycloon) en het doorgelaten fijne stof op te vangen.

Tabel 9: Invulling van bepalingmethoden en nauwkeurigheid voor fijn stof (PM₁₀)

Klasse	Brontype	Bepalingsmethode *)	Meetprotocol, Deskundigheid Apparatuur	Bepalings-frequentie (aantal per jaar)	Indicatie van nauwkeurigheid jaarvracht (±) op basis van 95% btbi ***)
IV	Punt-bron	(Semi)continue PM ₁₀ -meting	Norm PM ₁₀ [10] NEN-EN 13284-1 NEN-ISO 14164 PM ₁₀ monitor	(semi)continu	15 - 25%
IV		(Semi)continue PM-meting na effectieve stofafscheider *) + monitoren ERP's cat. 3 **)	NEN-ISO 10155 NEN-ISO 14164 VDI 2066 / 4 en 6	(semi)continu	ca. 25%
IV		(Semi)continue PM meting + afzonderlijke meting van verhouding PM ₁₀ / PM + monitoren ERP's cat. 3 **)	NEN-ISO 10155 NEN-ISO 14164 NEN-EN 13284-1 VDI 2066 / 4, 5, 6 EPA 201/201A	(semi)continu en ½ - 2 (verhouding)	25-50%
III -II		Frequente PM ₁₀ meting + monitoren ERP's cat. 3 **)	ISO-NEN 9096 NEN-EN 13284-1 EPA 201A of VDI 2066 / 5	½ - 2	Factor 2
I		Eénmalige PM ₁₀ emissiemeting bij opstarten + monitoren ERP's cat. 3	ISO-NEN 9096 NEN-EN 13284-1 EPA 201A of VDI 2066 / 5	n.v.t.	Factor 2 tot 3
IV – III	Diffuse bronnen	Berekening op basis van afzonderlijke meting PM ₁₀ concentratie in productieruimte i.c.m ventilatie-voud	Norm PM ₁₀ [10] PM ₁₀ monitor	1	Factor 2 tot 3
IV -III		Berekening op basis van afzonderlijke PM ₁₀ meting in de buitenlucht (loef-/lijzijde methode)	Norm PM ₁₀ [10] Rekenmodel PM ₁₀ monitor	1	Factor 3
II - I		Berekening aan de hand van de actuele situatie (en ERP cat. 2)	Emissiefactoren uit handboeken (PM en PM ₁₀ / PM) [7] i.c.m productdoorzet	1	Factor 3 tot 5

*) Belangrijkste ERP's bij puntbron volgens indeling van de NER (§ 3.7.3):

- Categorie-2 (betrouwbaar kwalitatief beeld):
 - Samenstelling grond-/hulpstof als er een betrouwbare relatie met emissie is (bv. stuifklassen bij op- en overslag van stortgoederen);
- Categorie-3 (werking reinigingsinstallatie overeenkomstig specificaties):
 - Afgasdebiet door de nageschakelde reinigingsinstallatie;
 - Drukval over de reinigingsinstallatie (niet bij elektrostatische afscheider);
 - Bedrijfstijd/standtijd bij diepbed- en keramisch filter;
 - Temperatuur van de afgasstroom (stoffilter, natte stofvanger, keramisch filter, droge rookgasreiniging);
 - Debiet vloeistofcirculatie bij natte stofvanger;
 - Goede stofafvoer uit hopper bij (multi)cycloon;
 - Controle op goede werking klopmechanisme bij stoffilters en elektrostatische afscheiders;

- Elektrische spanning bij elektrostatische afscheiders;
 - Toeslag voor droge stof (kg/uur) of suspensie (m³/uur) bij droge rookgasreiniging.
- **) Er is in de meeste gevallen geen ERP van categorie 1 of 2 aan te geven voor puntbronnen.
- ***) Bij opgave van een factor ligt het 95% betrouwbaarheidsinterval (btbi) tussen de factor kleiner en de factor groter dan de vastgestelde jaarvracht.

Gestandaardiseerde meetmethoden (aanvulling t.o.v. totaal stof):

- 8) EPA 201: Determination of PM₁₀ emissions (Exhaust gas recycle procedure).
Opmerkingen:
- Principe: Een constante deelgasstroom (niet-isokinetisch) wordt via een in-stack afscheider voor grof stof geleid.
 - Bij deze methode wordt zowel het in de afgassen aanwezige PM₁₀ (grof stof wordt met een cycloon afgevangen en PM₁₀ op een glasfiber filter) als de condenseerbare (via impingers) emissies gemeten (alleen voor afzonderlijke metingen).
 - Onzekerheid volgens de norm: < ±20% (onder ideale omstandigheden).
- 9) EPA 201A: Determination of PM₁₀ emissions (Constant sampling rate procedure).
Opmerkingen:
- Principe: Een isokinetisch afgezogen deelgasstroom wordt via een in-stack afscheider (cycloon) voor grof stof geleid. Om de gasstroom door deze afscheider constant te houden wordt een deel van de schone deelgasstroom gerecycled naar de ingang van de afscheider.
 - Bij deze methode wordt zowel het in de afgassen aanwezige PM₁₀ (grof stof wordt met een cycloon afgevangen en PM₁₀ op een glasfiber filter) als de condenseerbare (via impingers) emissies gemeten (alleen voor afzonderlijke metingen).
 - Onzekerheid volgens de norm: < ±20% (onder ideale omstandigheden bv. relatief droog afgas).
- 10) Norm continue PM₁₀-meting (in voorbereiding)
- 11) VDI 2066 Blatt 5: 1994, Particulate matter measurement – Dust measurement in flowing gases – Particle size selective measurement by impaction method – Cascade impactor.
Opmerking: Onzekerheid volgens de norm < ±15%
- 12) Conditional Test Method (CTM) 39: 2003, Measurement of PM_{2,5} and PM₁₀ emissions by diluting sampling (Constant sampling rate procedures).
Opmerkingen:
- Uitbreiding van methode EPA 201A met een PM_{2,5} cycloon achter (of in plaats van) de PM₁₀ cycloon.
- 13) DIN EN 12341: 1999, Air quality – Determination of the PM₁₀ fraction of suspended particulate matter – Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods.
Opmerkingen:
- Metingen in buitenlucht.
 - Vereiste onzekerheid PM₁₀-monitor volgens norm: ±20% bij concentraties boven 0,1 mg/m³.
- 14) Emissieregistratie van Vuurhaarden Bakkum, A. TNO rapport R86/207b

3.5 Zware metalen (ZM)

De zware metalen waar het om gaat zijn: Pb, Hg, Cd, Cr, Cu, Ni, As en Zn.

De emissies naar de lucht van Cr, Cu, Ni, As en Zn vinden over het algemeen plaats in de vorm van stof of als bestanddeel van stof. Emissies van Hg zijn over het algemeen gasvormig en Pb en Cd kunnen zowel gasvormig als stofvormig geëmitteerd worden.

3.5.1 Belangrijkste emissiebronnen van de zware metalen en brontype

Energieopwekking: puntbron

Verbranding van fossiele brandstoffen in energiecentrales en ketels in de industrie en bij raffinaderijen (vooral bij verbranding van kolen ontstaan belangrijke Hg-emissies; de andere zware metalen zijn een bestanddeel van het vlieggas (stof)).

Industrie

In de ijzer- en staalindustrie vinden procesemissies grotendeels plaats via puntbronnen bij de sinter en pellet fabrieken, bij de hoogovens, bij oxystaal fabrieken en bij het smelten van schroot en verder diffuse emissies uit productiegebouwen en bij op- en overslag van stortgoederen.

In de Non-ferro metaalindustrie vinden de emissies ook grotendeels plaats via puntbronnen bij de productie van lood, koper, zink, tin en nikkel. Bij het smelten en gieten vinden ook diffuse emissies plaats via de ventilatie van de productiegebouwen. De gebruikte grondstoffen (ertsen) bevatten ook veel kwik, dat tijdens het smeltproces verdampt.

In de chemische industrie komt bij het Chloor-Alkali proces veel kwik vrij via puntbronnen.

Andere industriële processen met emissies via puntbronnen en diffuse emissies zijn: cementproductie, glasproductie (vooral Pb), gieterijen, verfproductie, fosforproductie (Cd) en batterijenfabricage (vooral Hg).

Naast de industrie veroorzaken ook crematoria een aanzienlijke kwikemissie (gezamenlijk ca. 100 kg/jaar).

Afvalverbranding

Bij de verbranding van afvalstoffen (huishoudelijk, medisch, industrieel, zuiveringsslib en gevaarlijk afval) ontstaan emissies van zware metalen via puntbronnen (rookgassen). Kwik, een belangrijk deel van het cadmium en kleine hoeveelheden van in het afval aanwezige lood verdampen bij de verbranding; de rest is een bestanddeel van vlieggas (stof).

3.5.2 Bepalingsmethoden en nauwkeurigheid voor zware metalen

Tabel 10: Invulling van bepalingmethoden en nauwkeurigheid voor zware metalen gebonden aan stof en Hg in de gasfase.

Klasse	Brontype	Bepalingsmethode *)	Meetprotocol, Deskundigheid apparatuur	Bepalings-frequentie (aantal per jaar)	Indicatie van Nauwkeurigheid jaarvracht (\pm) op basis van 95% btbi ***)
IV- III	Punt-bron	(Semi)continue meting stofemissie + afzonderlijke meting van de gehalten aan afzonderlijke ZM bij verbranding van vaste/vloeibare fossiele brandstoffen en afvalstoffen	NEN-ISO 10155 NEN-ISO 14164 VDI 2066 / 4 en 6 ISO-NEN 9096 NVN 2817 VDI 3868 / 1 en 2 NEN-EN 13211 NPR 6425 NEN-EN 14385	(semi)continu en $\frac{1}{2}$ - 2 (fractie ZM) **)	Factor 2 tot 3
II		Afzonderlijke meting ZM + monitoring ERP's (cat. 1/2/3)	NEN-EN 13284-1 NEN-ISO 9096 NVN 2817 VDI 3868 / 1 en 2 NEN-EN 13211 NPR 6425 NEN-EN 14385	$\frac{1}{2}$ - 2	Factor 3
II - I		Berekening aan de hand van de actuele situatie + frequente meting samenstelling grondstof (ERP cat. 1)	Emissiefactoren in combinatie met productdoorzet	2 - 4	Factor 3 tot 5
I		Eénmalige emissie-meting na opstarten + monitoren ERP's cat. 3	NEN-EN 13284-1 NEN-ISO 9096 NVN 2817 VDI 3868 / 1 en 2 NEN-EN 13211 NPR 6425 NEN-EN 14385	n.v.t.	Factor 5
II - I		Berekening met een standaard profiel (zie hoofdstuk 2) (omstof)		1	Afhankelijk van representativiteit van profiel

*) Belangrijkste ERP's bij puntbron volgens indeling van de NER (§ 3.7.3):

- Categorie-1 (betrouwbaar kwantitatief beeld):
 - Samenstelling grond-/hulpstof als er harde relatie met emissie is.
- Categorie-3 (werking reinigingsinstallatie overeenkomstig specificaties):
 - Afgasdebiet door de nageschakelde reinigingsinstallatie;
 - Drukval over de reinigingsinstallatie (niet bij elektrostatische afscheider);
 - Bedrijfstijd/standtijd bij diepbed- en keramisch filter;
 - Temperatuur van de afgasstroom (stoffilter, natte stofvanger, keramisch filter, droge rookgasreiniging);
 - Debiet vloeistofcirculatie bij natte stofvanger;
 - Goede stofafvoer uit hopper bij (multi)cycloon;
 - Controle op goede werking klopmechanisme bij stoffilters en elektrostatische afscheiders;
 - Elektrische spanning bij elektrostatische afscheiders;
 - Toeslag voor droge stof (kg/uur) of suspensie (m³/uur) bij droge rookgasreiniging.

- ***) Frequentie voor bepaling fractie ZM is afhankelijk van de variatie in het proces en/of de grondstoffen.
- ****) Bij opgave van een factor ligt het 95% betrouwbaarheidsinterval (btbi) tussen de factor kleiner en de factor groter dan de vastgestelde jaarvrucht.

Gestandaardiseerde meetmethoden:

- 1) NEN-ISO 10155: 2001, Stationary source emissions – Automated monitoring of mass concentrations of particles – Performance characteristics of automated measuring methods.
Opmerking: Onzekerheid volgens de norm $< \pm 10\%$ van de massa.
- 2) NEN-ISO 14164: 1999, Emissies van stationaire bronnen – Bepaling van het volumedebiet van gasstromen in schoorstenen – Geautomatiseerde methode.
Opmerking: Volgens werkgroep NO_x-monitoring een streefonzekerheid van $\pm 15\%$.
- 3) VDI 2066 Blatt 4: 1989, Particulate matter measurement – Measurement of particulate matter in flowing gases – Determination of dust load by continuous measurement of optical transmission.
- 4) VDI 2066 Blatt 6: 1989, Particulate matter measurement – Measurement of particulate matter in flowing gases – Determination of dust load by continuous measurement of scattered light with the photometer KTN.
- 5) NEN-EN 13284-1: 2001, Stationary source emissions – Determination of low range mass concentration of dust ($< 50 \text{ mg/m}^3$) – Part 1: Manual gravimetric method.
- 6) ISO-NEN 9096: 1992, Stationary source emissions – Determination of concentration and mass flow rate of particulate material in gas-carrying ducts – Manual gravimetric method.
Opmerkingen:
 - Stofconcentratie: TNO-onzekerheid $< \pm 10\%$ van meetwaarde bij meer dan 5 mg/m^3 , bij ongunstig stromingsprofiel $< \pm 30\%$.
 - Debiet: TNO-onzekerheid bij pitotbuis $< \pm 5\%$ van meetwaarde bij 5-10 m/s, daarboven $< \pm 4\%$.
- 7) NVN 2817: 1996, Luchtkwaliteit – Uitworp door stationaire bronnen – Monsterneming en analyse voor het bepalen van de gehalten aan arseen, cadmium, chroom, koper, kwik, lood en zink en hun verbindingen in zwevend stof en in de gasfase.
Opmerking: TNO-Onzekerheid $< \pm 15\%$
- 8) VDI 3868 Blatt 1: 1994, Determination of total emission of metals, metalloids and their compounds – Manual measurement in flowing emitted gases – Sampling system for particulate and filter passing matter.
Opmerking: Onzekerheid meetmethode $< \pm 100\%$ bij elementconcentratie lager $0,05 \text{ mg/m}^3$ tot $< \pm 25\%$ bij elementconcentratie hoger dan $0,1 \text{ mg/m}^3$.
- 9) VDI 3868 Blatt 2E: 1995, Bestimmung der Gesamtemission von Metallen, Halbmetallen und ihren Verbindungen – Messen von Quecksilber – Atomabsorptionsspektrometrie mit Kaltdampftechnik.
Opmerking: Onzekerheid meetmethode $< \pm 100\%$ bij kwikconcentratie lager $0,05 \text{ mg/m}^3$ tot $< \pm 25\%$ bij kwikconcentratie hoger dan $0,5 \text{ mg/m}^3$.
- 10) NPR 6425: 1995, Atomaire-emissiespectrometrie met inductief gekoppeld plasma. Algemene richtlijnen.
Opmerking: Geen continue meting.
- 11) NEN-EN 14385: 2002, Luchtkwaliteit – Emissies van stationaire bronnen – Bepaling van de totale emissie van specifieke elementen.
Opmerkingen:
 - Discontinue bepaling van massaconcentraties (op en door het filter) van specifieke zware metalen (Sb, As, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Mn, Ni, Tl en V) in rookgassen van afvalverbranders in het concentratiebereik van $0,005$ tot $0,5 \text{ mg/m}^3$.
 - Detectiegrens per element: $< 0,005 \text{ mg/m}^3$.
 - Onzekerheid volgens de meetmethode (reproduceerbaarheid): factor 2 tot 5 in het bereik tussen $0,05$ en $0,005 \text{ mg/m}^3$.
- 12) NEN-EN 13211: 2001, Luchtkwaliteit – Emissies van stationaire bronnen – Bepaling van de concentratie aan totaal kwik (DIN-EN 13211: 1998).
Opmerkingen:
 - Geen continue meting.
 - Onzekerheid meetmethode $< \pm 60\%$ bij kwikconcentratie lager $0,01 \text{ mg/m}^3$ tot $< \pm 35\%$ bij kwikconcentratie hoger dan $0,04 \text{ mg/m}^3$.