

Bronnen, paden en lotgevallen van probleemstoffen in de Waddenzee 'Factsheets'

Titel Bronnen, paden en lotgevallen van probleemstoffen
in de Waddenzee. 'Factsheets'

Correspondentie adres Rijksinstituut voor Kust en Zee/ RIKZ
Postbus 207
9750 AE Haren

Contactpersoon K.van de Ven: C.L.M.vdVen@rikz.rws.minvenw.nl

Inleiding

Kader en algemene doelstelling

De Rijkswaterstaatsdirecties Noord-Nederland en Noord-Holland hebben het beheer van de waterkwaliteit van de Waddenzee in handen. Voor een duurzame ontwikkeling en uitvoering van het **waterkwaliteitsbeheer van de Waddenzee** is onder meer kennis van de aanvoer en de verspreiding van stoffen en de effecten van stoffen op organismen noodzakelijk.

Het project 'Lakmoes'¹ bevat een aantal producten die de **chemische kwaliteit** van de Waddenzee in beeld brengen. Deze factsheets en/of factsheet- map behoren tot deze producten.

Naast deze papieren factsheets zijn er nu ook websheets ontwikkeld. De websheet is een verkorte populaire vorm v/d factsheet voor een brede doelgroep. Deze websheets zijn beschikbaar via de internetsite <http://www.waddenzee.nl/waterkwaliteit>.

De waterkwaliteit wordt onder andere bepaald door het toetsen van stoffen aan de normen. Uit de toetsing vloeien probleemstoffen voort. Een probleemstof is binnen Rijkswaterstaat gedefinieerd als

a: een stof die de streefwaarde (VR, verwaarloosbaar risico) of achtergrondwaarde of indicatieve MTR overschrijdt in water, sediment of zwevend stof.

b: een stof die een zodanige trend volgt dat dit mogelijk op de korte termijn tot overschrijding van de norm zal lijden.

Een factsheet geeft informatie over een **probleemstof** of **probleemstoffen -groep** in de Waddenzee. Voor de beheersdirecties geeft de gebundelde kennis informatie over de invloed van diverse bronnen en aanvoerroutes en hiermee ook zicht op mogelijk te nemen maatregelen op regionaal niveau ten aanzien van een bepaalde stof. Tevens geeft de ontwikkeling van de factsheets een beter inzicht in witte vlekken in de kennis over die stof

De factsheets zijn het resultaat van een pilotstudie, bestaand uit onder meer het inventariseren, samenvatten en leesbaar maken van de beschikbare informatie en kennis over een probleemstof. De relevante informatie is opgebouwd op een manier waarbij overzicht en mogelijkheid tot actualisering centraal staan.

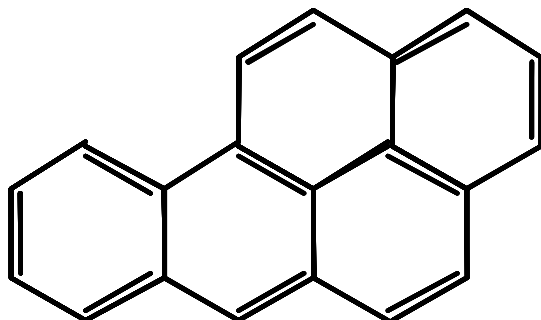
De factsheets zijn opgebouwd uit de hoofdstukken introductie, beleid, bronnen (aanvoerroutes), paden (routes en processen), lotgevallen (afbraak en ophoping) en terugdringen van emissies. De stoffen met de grootste normoverschrijding zijn als eerste meegenomen in een factsheet. Het uiteindelijke doel is de top twintig van probleemstoffen in de Waddenzee te behandelen.

De beschikbare factsheets (maart 2003) zijn:

- TBT (1^e versie, december 2001)
- TFT (1^e versie, december 2001)
- Irgarol (1^e versie, december 2002)
- Antraceen (1^e versie, december 2002)
- Benzo[a]pyreen (1^e versie, december 2002).

¹ In Lakmoes wordt de Waddenzee beschouwd als lakmoespapiertje voor de chemische kwaliteit van het Nederlandse mariene en estuariene milieu.

Benzo[a]pyreen



Auteur

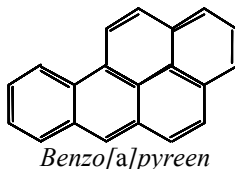
Gerard Stroomberg
(Aguasense)

Datum laatste bijwerking

28 november 2002

1. Introductie

Benzo[a]pyreen behoort tot de stofgroep polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAKs)². PAKs ontstaan bij onvolledige verbrandingsprocessen en bevinden zich in aardolie en van aardolie afgeleide producten. PAKs bestaan uit twee of meer gefuseerde aromatische ringen die honderden verschillende structuren kunnen vormen.



Buiten deze componenten bestaan ook (ge-alkyleerde) PAKs met één of meer methyl-groepen, (heterocyclische) PAKs waarin één van de ringen een koolstofatoom is vervangen door een zwavel- of een stikstofatoom. Deze componenten zijn vaak gerelateerd aan aardolie(producten). Daarnaast kunnen bij verbrandingsprocessen ook reacties met luchtstikstof plaats vinden waardoor nitro-PAKs ontstaan met een NO₂-groep aan een ring.

Geschiedenis en toepassing.

PAKs ontstaan bij onvolledige verbrandingsprocessen en worden gevormd in het verkeer en bij diverse industriële processen, zoals cokesproductie t.b.v. de staalindustrie. Daarnaast vindt er uitstoot plaats t.g.v. elektriciteitsopwekking met name via kolenstook en afvalverbranding [1, 2 en 3]

Met name in het verleden is koolteer en creosoot voor de conservering van sloopshuiden en beschoeiingen. Ook houten spoorbielzen zijn ter conservering behandeld met creosootolie. Het wegverkeer is ook een belangrijke bron van PAKs. Daarnaast worden veel PAKs gevormd bij het gebruik van open haarden. Buiten deze antropogene bronnen zijn er ook (min of meer) natuurlijke bronnen zoals bosbranden.

Huidig gebruik.

Het gebruik van koolteer bij de conservering van sloopshuiden en kunstwerken is niet meer toegestaan. Ook spoorbielzen worden tegenwoordig steeds vaker van beton gemaakt. Voornaamste bron van PAKs blijven de onvolledige verbrandingsprocessen (waaronder ook wegverkeer en open haarden) en olieverontreiniging. Een bijzondere toepassing waarbij veel PAKs gemoeid zijn is de aluminiumproductie middels elektrolyse. De gebruikte grafielektroden bevatten hoge PAK gehalten.

Probleemstoffen.

Op basis van de vierde Nota Waterhuishouding is geconstateerd dat in het gehele Waddengebied de benzo[a]pyreen gehalten in sediment en zwevende stof zich boven de streefwaarde bevinden [4]. De benzo[a]pyreen gehalten in zwevend stof in de Noordzee en het IJsselmeer en de Eems zijn hoger dan in de Waddenzee en duiden op mogelijke aanvoerroutes.

² Bij het samenstellen van deze factsheet is zoveel mogelijk informatie opgenomen over benzo[a]pyreen. In sommige gevallen, wanneer er geen specifieke informatie over benzo[a]pyreen beschikbaar was, is informatie gegeven over de stofgroep PAKs.

2. Beleid

Emissiebeleid lucht

Het beleidsstandpunt Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen in het Milieu (1993) stelt dat de emissie van iedere bron van PAK, die direct of indirect via atmosferische depositie het milieu belast, in 2000 gereduceerd moest zijn met 90% ten opzichte van het jaar 1985.

Emissiebeleid water.

Met ingang van 4 juni 1996, is het verboden om een PAK-houdende coating toe te passen, voorhanden te hebben of aan een ander ter beschikking te stellen [5].

Per 1 oktober 1999 heeft het CTB de toelating van steenkoolteerdestillaat (creosoot, carboleum) als houtverduurzamingsmiddel voor toepassingen in de waterbouw en in hout dat in direct contact staat met grondwater beëindigd. Voor overige toepassingen zoals hout voor buitenshuis gebruik (niet in direct contact met grond of grondwater), spoorbielsen, en in sommige gevallen in de agrarische en tuinsector is de toelating verlengd. Het CTB-besluit is aangevuld met een invoer- en handelsverbod [6].

Naar aanleiding van de Europese Kader Richtlijn Water zijn PAKs voorlopig ingedeeld in Cluster 2 (Oranje cluster) als een stofgroep met de hoogste gevarenklasse ("highest level of hazard") waarvan echter productie of gebruik niet algemeen verboden is [7]. Dit laatste is mede het gevolg van de "natuurlijke" vorming van PAKs bij bijvoorbeeld bosbranden.

Toelating.

In het Bouwstoffenbesluit bodem- en oppervlaktewaterbescherming is de bijzondere categorie "toepassing teerhoudend asfaltgranulaat in grootschalige, goed geïsoleerde en terugvindbare, funderingsconstructies" per 1 januari 2001 opgeheven. [8].

Normen.

De in de 4^e Nota Waterhuishouding [9] geformuleerde normen voor benzo[a]pyreen zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1. In de 4^e Nota Waterhuishouding vastgelegde normen voor benzo[a]pyreen.

Oppervlaktewater			Sediment		Grondwater (opgelost)
MTR opgelost (µg/l)	SW totaal (µg/l)	MTR totaal (µg/l)	SW droge stof (mg/kg d.s.)	MTR droge stof (mg/kg d.s.)	landelijke streefwaarde (µg/l)
0.05	0.002	0.2	0.003	3	0.0005

3. Bron

Algemeen.

In tabel 2 is een overzicht gegeven van de belangrijkste benzo[a]pyreen-emissies naar lucht in Nederlands volgens een inventarisatie het RIVM in 1995 [3]. De totale emissie uit een bronsgroep is gegeven en de belangrijkste deelbron met bijbehorende emissie.

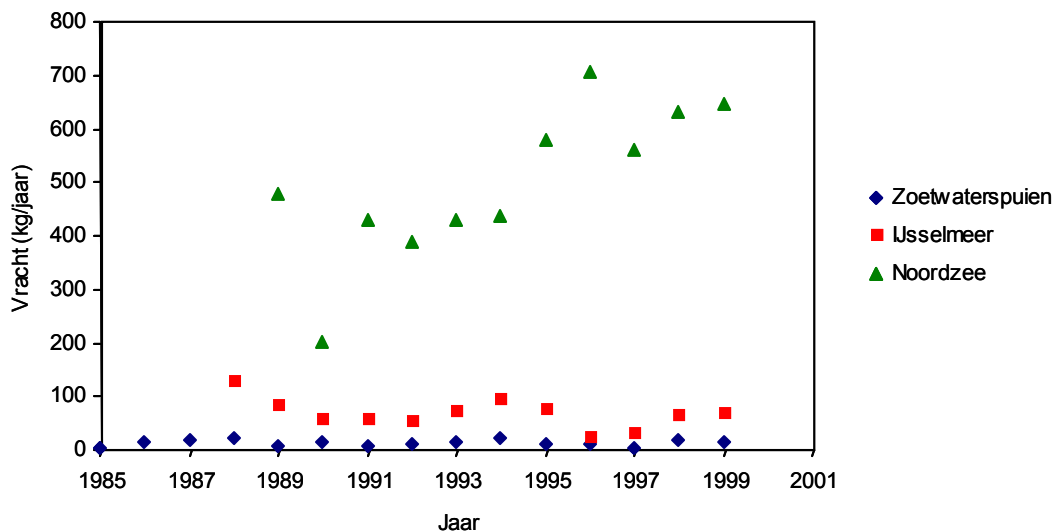
Tabel 2. Emissie bronnen van benzo[a]pyreen naar de lucht in Nederland, gerapporteerd in 1995 [3].

Brongroep	Totale emissie (kg/jaar)	Belangrijkste deelbron	Emissie van bel. deelbron (kg/jaar)
Afvalverwerking	0.95		
Bouw	47	Gecreosoteerd hout	28
Consumenten	2800	Open haard	2800
Energie	25	Aardgas productie	11
Handel, tertiaire sector en overheid	2.2	Verladen	0.01
Industrie	950	Cokes en staal productie, hout en meubel industrie	490
Landbouw	0.16	Glastuinbouw	0.15
Verkeer en transport	2100	Wegverkeer	1700

Aanvoer uit omringende wateren

.Figuur 1 geeft een overzicht van de benzo[a]pyreen-vrachten die de Waddenzee bereiken. De Noordzee levert verreweg de grootste bijdrage, gevolgd door de spui vanuit het IJsselmeer. De bijdrage vanuit de zoetwaterspuien is weliswaar het kleinst maar gelet op de debieten zijn de benzo[a]pyreen-concentraties hier het hoogst.

Figuur 1. Benzo[a]pyreen-vrachten vanuit de wateren rondom de Waddenzee [10]



Opvallend is dat waar de vracht vanuit het IJsselmeer over de laatste jaren is afgenomen, de vracht uit de Noordzee is toegenomen. De afname van de aanvoer uit het IJsselmeer laat zich onder meer verklaren door de verbeterde kwaliteit van het water in de IJssel.

Atmosferische depositie.

Duyzer en Vonk [11] maakten een schatting van de totale depositie van benzo[a]pyreen in Nederland (Opp. 36800 km²). Zij berekenen tussen 1990 en 2000 een verlaging van de PAK depositie met een factor 4.2. Voor 2000 schatten zij een totale depositie van antraceen in Nederland (Opp. 36800 km²) van 749 kg/jaar waarvan 523 kg/jaar via natte depositie en 226 kg/jaar via droge depositie. Omrekening van deze waarden naar de Waddenzee levert een schatting zoals weergegeven in tabel 3.

Tabel 3. Schattingen van atmosferische benzo[a]pyreen depositie in de Waddenzee volgens [11].

Sector	Oppervlakte (km ²)	Totale depositie (kg/jaar)	Natte depositie (kg/jaar)	Droge depositie (kg/jaar)
Waddenzee	2786	56,7	39,6	17,1
West. Wad.	1533	31,2	21,8	9,4
Oost. Wad.	733	14,9	10,4	4,5
Eems-Doll.	520	10,6	7,4	3,2

Waterbodem havens.

Verhoogde PAK concentraties worden gevonden in de havensedimenten rondom de Waddenzee. Deze sedimenten worden regelmatig verwijderd ten behoeve van het op diepte houden van de haven, daarnaast worden sommige zeer vervuilde vakken gesaneerd om aan gestelde milieunormen te voldoen. [12].

Overige bronnen

Scheepvaart.

Zoals boven onder het kopje beleid/toelating is aangegeven is het niet langer toegestaan om PAK houdende coatings toe te passen voor de conservering van sloopshuiden etc. In tabel 4 is een overzicht gegeven van de emissiefactoren voor totaal PAKs van verschillende typen sloopsmotoren en twee soorten brandstof. Met name de gewenste reductie van de uitstoot van CO₂, NO_x, PM₁₀ en SO₂ leidt tot een verschuiving naar schonere brandstoffen en sloopsmotoren. Deze reductie zal ook een gunstige invloed hebben op de PAK uitstoot [13].

Tabel 4. Emissiefactoren voor Totaal PAKs VROM (mg/kg brandstof) van de verschillende sloopsmotoren in de zeescheepvaart. [14]

	Medium Speed Diesel	Slow Speed Diesel	Stoomturbine	Gasturbine
Zware stookolie	1,01	1,03	0,15	
Scheepsgasolie	3,07	1,01	0,091	0,046

Locale emissies.

Gezien de hoge PAK belasting die traditioneel gepaard gaat met aluminium productie is specifiek aandacht geschonken aan de PAK emissies door Aldel, een aluminium producerend bedrijf in Delfzijl. In het milieujarverslag 2001 [15] is een overzicht gegeven van de gerapporteerde PAK emissies vanaf 1995. De totale emissie (10 PAK VROM) naar lucht is in de periode 1995 - 2001 gereduceerd van 200 a 300 g/ton geproduceerd aluminium tot ca 0.8 g/ton. In totaal bedroeg de 10 PAK emissie naar lucht minder dan 1 kg. De (6 PAK Borneff) emissie naar water werd in dezelfde periode gereduceerd van 50 kg/jaar tot 0,002 kg/jaar per jaar. De sterke daling in de emissies is het gevolg van het feit dat ovenpuin niet langer in de open lucht wordt opgeslagen.

4. Pad

Plaats in de stofgroep PAKs.

Door de grote omvang van het aantal PAKs wordt voor het monitoren een selectie gemaakt van PAKs die worden gemeten. Binnen de PAKs die worden gevolgd in de reguliere monitoringprogramma's is benzo[a]pyreen een van de grotere (vijfrings) PAKs. Benzo[a]pyreen maakt vanwege zijn toxiciteit deel uit van alle monitoringselecties; 16 PAK van de US/EPA en de 10 PAK van VROM en de 6 PAK van Borneff. Door de relatief hoge log-Kow waarde is deze PAK betrekkelijk slecht wateroplosbaar en is voornamelijk gebonden aan sediment of zwevend stof.

Gegevens en eigenschappen Benzo[a]pyreen [2]

CAS nr.	50-32-8
EINEC nr	200-028-5
Triviale naam	NVT
Moleculair gewicht	252 g/mol
Log Kow	6.04
Oplosbaarheid (zoet/zout)	0.003 mg/l (in zoet water bij 25°C)
	0.005-0.010 mg/l (in zout water bij 22°C)

Verspreiding.

PAK-concentraties in zeewater vertonen een grote variatie, van 0,001 ng/l tot 0,3 ng/l, maar kunnen zelfs 8500 ng/l bereiken in estuaria en kustgebieden. Sediment gehalten in estuaria kunnen variëren van 0,2 tot meer dan 6 mg/kg (droog gewicht) [16].

In figuur 2 (volgende pagina) is een overzicht gegeven van gemiddelde benzo[a]pyreen-gehalten in sediment, zwevend stof en in mossel in 1999.

Toetsing van de benzo[a]pyreen-gehalten (90% percentiel), in zwevend stof en sediment in de Waddenzee laten zien dat de MTR niet wordt overschreden maar de streefwaarde wel [4]. Een overzicht is in tabel 5 weergegeven. De gehalten zijn vrij uniform verdeeld over de onderscheiden sectoren in de Waddenzee, West, Oost en Eems-Dollard

Tabel 5. Toetsing benzo[a]pyreen-gehalten^a aan streefwaarden en MTR [4].

Compartiment	Normen		Waddenzee-West		Waddenzee-Oost		Eems Dollard	
	SW (mg/kg)	MTR (mg/kg)	t.o.v. SW	t.o.v. MTR	t.o.v. SW	t.o.v. MTR	t.o.v. SW	t.o.v. MTR
Zwevend stof	0.003	3	57	<	58	<	69	<
Sediment	0.003	3	46	<	45	<	50	<

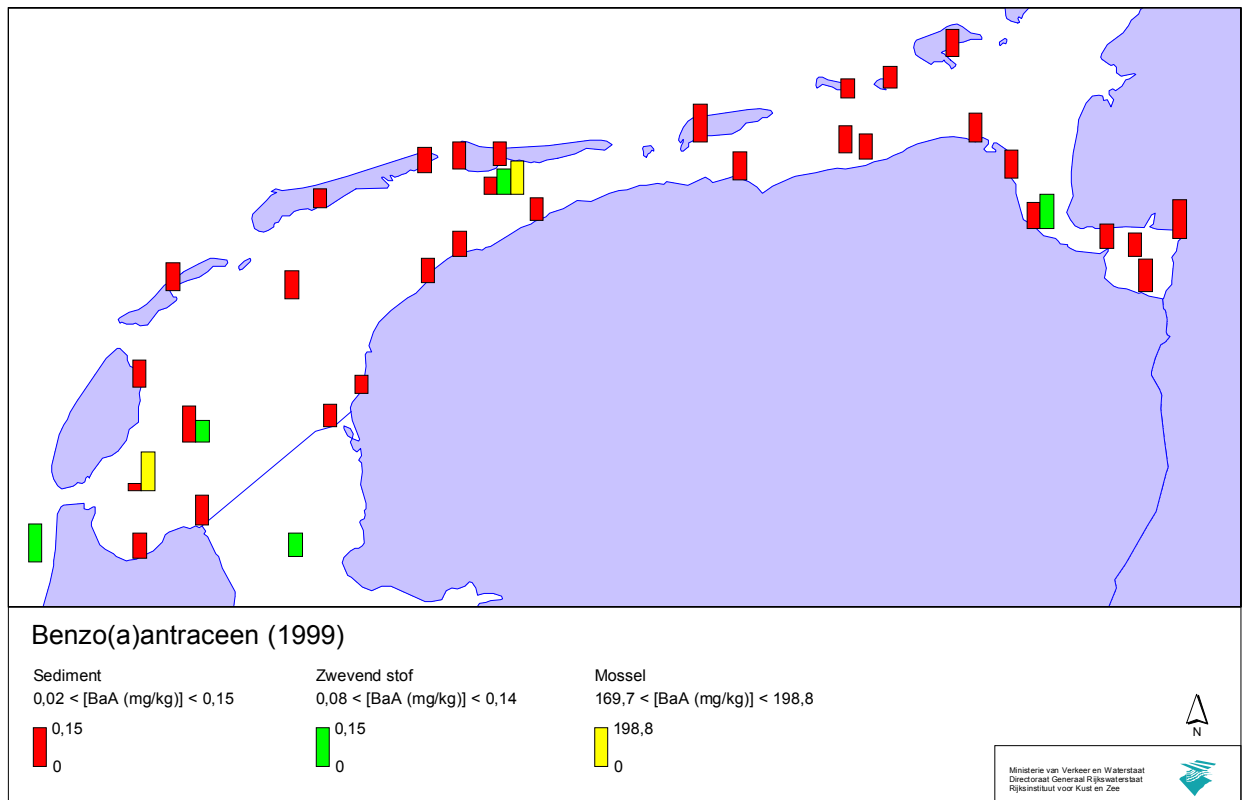
^a Gerapporteerd zijn de overschrijdingsfactoren van de 90% percentiel.

Trendanalyse van benzo[a]pyreen-gehalten in zwevend stof en mossel laten zien dat er in mossel in alle sectoren de benzo[a]pyreen gehalten vrijwel gelijk blijven in de periode 1989-1999. In het zwevend stof in de Eems-Dollard wordt ook geen trend waargenomen. In Waddenzee-West en -Oost worden wel significante positieve trends waargenomen, de concentraties nemen over de periode 1989-1999 toe met respectievelijk 61% en 42%, zie tabel 6.

Tabel 6. Gerapporteerde trends voor benzo[a]pyreen-gehalten in zwevend stof en mossel [4].

	Waddenzee-West	Waddenzee-Oost	Eems Dollard
Zwevend stof	+61% ^a	+42% ^a	nd ^a
Mossel (vet)	nd ^a	nd ^a	nd ^b

^a Periode 1989-1999, ^b Periode 1989-1998



Figuur 2. Gemiddelde meetwaarden van het benzo[a]pyreen-gehalte in 1999 in sediment, zwevend stof en mossel. (De locaties in het IJsselmeer en de Noordzee liggen in werkelijkheid verder naar het zuiden.) [4].

Relatie met bronnen..

Benzo[a]pyreen-concentraties in lucht in de nabijheid van de Hoogovens bedragen 0.2 tot 0.5 ng/m^3 , tegenover een achtergrondconcentratie van 0.05 tot 0.15 ng/m^3 [17]. Daar staat tegenover dat benzo[a]pyreen uitstoot door het wegverkeer leidt tot luchtconcentraties van 0.2 tot 0.4 ng/m^3 in stedelijke gebieden en langs wegen tot een jaargemiddelde van 0.7 ng/m^3 [17].

Verdeling over water- en sedimentfase.

Benzo[a]pyreen is betrekkelijk slecht oplosbaar zoals kan worden afgeleid uit de hoge $\log K_{ow}$ waarde. In watersystemen is benzo[a]pyreen voornamelijk aan het sediment of zwevend stof gebonden. Dit verklaart ook waarom benzo[a]pyreen (ondanks lagere emissies) in hogere concentraties in zwevend stof of sediment voorkomt in vergelijking tot kleinere PAKs zoals antracene.

5. Lot

Opname en ophoping.

Door het biotransformatievermogen van hogere organismen speelt ophoping (bioaccumulatie) en doorvergiftiging (biomagnificatie) vaak geen rol. In predatoren worden relatief lage tot zeer lage PAK concentraties waargenomen. Bij primaire producenten (planten) en detrivore organismen (afvalers) zijn de gemeten gehalten hoger [18]. Voor deze laatste organismen geldt dat zij in nauw contact met verontreinigde bodem leven. De toxiciteit van PAKs is echter ook afhankelijk van de mate van biotransformatie zoals hieronder is beschreven.

Afbraak.

Naast biotransformatie wordt afbraak van PAKs door bacteriën en schimmels onder gecontroleerde omstandigheden waargenomen [19]. Voorwaarde is dat de PAKs de enige koolstofbron zijn voor het micro-organisme. Daarnaast speelt de selectiviteit van de micro-organismen een rol, sommige stammen metaboliseren slechts één of enkele PAKs. In de praktijk zal in een veldsituatie de afbraak van PAKs door micro-organismen heel langzaam verlopen.

Omzettingsproducten.

Door de gefuseerde aromatische ringstructuur zijn PAKs stabiele componenten. Voor het openen van de ringen is een hoge activeringsenergie nodig. In het milieu vindt afbraak voornamelijk plaats door microorganismen. De gevormde afbraak producten zijn divers, naarmate de afbraak wordt voortgezet worden meer ringen geopend en worden hydroxylgroepen ingevoegd. Deze omzettingsproducten zijn goed wateroplosbaar en veelal gevoelig voor spontane oxidatiereacties met zuurstof en zonlicht.

Ecotoxiciteit

De ecotoxiciteit van PAKs kan zich op verschillende manieren uiten. De meest onderzochte zijn apolaire narcose, carcinogeniciteit, fototoxiciteit en meer recentelijk hormonale verstoring.

Apolaire narcose. Apolaire, ongeladen componenten (dus ook PAKs) kunnen opgenomen worden in biologische membranen en de membraan functie verstoren. Dit resulteert in een toxisch effect dat wordt aangeduid met apolaire narcose. In visstudies treed na een periode van verhoogde activiteit, immobilisatie op die uiteindelijk resulteert in sterfte. Vergelijkbare condities kunnen in het veld optreden bij bijvoorbeeld olievervuiling.

Carcinogeniciteit. Sommige PAKs, zoals in het geval van benzo[a]pyreen, kunnen na opname door een organisme door middel van enzymen worden geactiveerd. De gevormde reactieve tussenproducten kunnen schade veroorzaken aan het erfelijk materiaal (DNA) en zo de vorming van tumoren veroorzaken. Het IARC (Int. Agency for Research on Cancer) heeft benzo[a]pyreen geclassificeerd in de categorie 2A (waarschijnlijk kankerverwekkend voor mensen). In diverse onderzoeken met proefdieren wordt benzo[a]pyreen aangewezen als de meest carcinogene (kankerverwekkende) PAK binnen de groep van regulier gemeten PAKs [20]. Er bestaat er een sterk verband tussen het voorkomen van levertumoren in vis en PAK gehalten in sedimenten. Het ontstaan van tumoren is vaak het gevolg van een complexe interactie tussen meerdere vervuilende stoffen. Mengsels van stoffen kunnen vaak eerder tot tumoren leiden in plaats van individuele stoffen [21].

Fototoxiciteit. Een andere vorm van toxische effecten is fototoxiciteit die mede bepaald door de intensiteit van het (zon)licht dat de PAK in het organisme bereikt. Uit een studie van 20 PAKs met *Daphnia magna* (Watervlo) bleek dat antraceen, pyreen, benzo[a]pyreen en dibenzo[a,h]pyreen behoren tot de meest fototoxische PAKs [18].

Hormonale verstoring. Een aantal studies wijst op mogelijke hormonale verstoring door PAKs en met name de PAK-metabolieten. Dit kan veroorzaakt worden door verhoogde activiteit van enzymen die hormonen (de)activeren of door de activiteit van PAK-metabolieten die een structurele gelijkenis vertonen met hormonen [18].

Geselecteerde toxiciteitgegevens van benzo[a]pyreen voor zoetwaterorganismen zijn weergegeven in tabel 7. De selectie is gemaakt door de het RIVM ten behoeve van de vaststelling van Geïntegreerde Milieukwaliteitsdoelstellingen voor Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen [22]. De gegevens die hiervoor gebruikt zijn dienden aan bepaalde minimale kwaliteitseisen te voldoen. In het zeemilieu zijn deze gegevens beperkt voorhanden. Voor enkele zoetwaterorganismen zijn wel toxiciteitgegevens bekend.

Tabel 7. Toxiciteitgegevens van benzo[a]pyreen voor zoetwaterorganismen*

Taxonomische groep	Soort	Parameter	Concentratie (ug/l)
Vis	2 Brachydanio rerio	NOEC	6.3
Alg	<i>Scenedesmus capricornutum</i>	NOEC groei	10
Alg	<i>Scenedesmus capricornutum</i>	EC50 groei	5.7
Kreeftachtige	<i>Daphnia pulex</i>	LC50	5.0

*Zoals verzameld ten behoeve van de Geïntegreerde Milieukwaliteitsdoelstellingen voor Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's) [22].

6. Terugdringen emissies

Beleid.

In 1992 werd een *Strategienotitie thema verspreiding* aan de Tweede Kamer aangeboden (TK, 1991-1992, 22767 nr. 1). In deze notitie werd aangegeven dat gestreefd moest worden naar veilige concentraties van stoffen in het milieu. Deze veilige concentraties werden bepaald door het in het *Eerste Nationaal Milieubeleidsplan* vastgelegde systeem van maximaal toelaatbaar risico (MTR) en de streefwaarde (SW). Als doel werd gesteld om middels emissie reducties in 2000 het MTR te bereiken en in 2010 de SW (voor alle compartimenten, land, lucht en water). [Het emissiereductiebeleid is erop gericht om nieuwe verontreiniging tegen te gaan en doet dus geen uitspraken over bestaande verontreinigingen]. In 2001 verscheen de notitie *Emissiereductiedoelstellingen prioritaire stoffen* waarin de stand van zaken betreffende een groot aantal stoffen wordt beschreven en doelstellingen voor 2010 zijn vastgelegd. [8]. Volgens deze notitie *Emissiereductiedoelstellingen prioritaire stoffen* is er een grote reductie van PAK emissies gerealiseerd in de periode 1990-2000, maar er zijn verdergaande reducties noodzakelijk om landelijk op het niveau van het MTR uit te komen. De verschillende doelgroepen; industrie, verkeer, energie etc, dienen een reductie van ca 70% te realiseren (t.o.v. 1995) om landelijk op het MTR-niveau uit te komen. Om het SW-niveau te kunnen bereiken zijn reducties noodzakelijk van 80-90% (t.o.v. 1995). De doelgroep industrie verwacht het SW-niveau in 2005 bereikt te hebben, de doelgroep afvalverwerking verwacht vóór 2010 een reductie van 80% te realiseren. Doelgroep verkeer verwacht wel een verdere reductie maar niet voldoende om de SW te bereiken. Binnen de energiesector zijn de afgelopen jaren twee kolencentrales gesloten. Onderzoek bij raffinaderijen wees uit dat de PAK emissies een factor 10 lager waren dan voorheen werd aangenomen [8].

Alternatieven.

Voor het verduurzamen van hout zijn alternatieven beschikbaar in de vorm van het zogenaamde Plato-hout en geacetyleerd hout. Beide zijn door middel van thermische modificatie verduurzaamd. Oorspronkelijk werd hout ook verduurzaamd met koperzouten maar dat is eind 2001 door de CTB verboden. Ook andere materialen zoals beton of kunststof kunnen als alternatief dienen [8].

Literatuuroverzicht

1. Slooff W, Janus JA, Matthijsem AJCM, Montizaan, Ros JPM (eds.). 1989. *Basisdocument PAK*. RIVM rapport 758474007. RIVM Bilthoven.
2. Verschuere K. 1996. *Handbook of environmental data on organic chemicals*. Van Nostrand Reinhold, New York, pp 2064.
3. Veen MP, Kroese ED. 1999. Following the source to effect using PAH as a lead. RIVM rapport 630040001/1999. RIVM Bilthoven.
4. Ter Hofstede R, Van de Ven CLM. 2001. Bronnen, paden en lotgevallen van probleemstoffen in de Waddenzee en Eems Dollard. Tussenrapport editie 2000. Werkdocument RIKZ AB-2000.609.
5. Besluit PAK-houdende coatings, Wet milieugevaarlijke stoffen. Besluit van 4 juni 1996, houdende regelen met betrekking tot het beperken van het gehalte polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) in coatings (Besluit PAK-houdende coatings Wet milieugevaarlijke stoffen) (Besluit PAK-houdende coatings Wet milieugevaarlijke stoffen [Versie geldig vanaf: 26-05-1998])
6. Staatscourant 1999 nr. 202 / pag. 14 VROM – Wet milieugevaarlijke stoffen. Ontwerpbesluit wijziging Besluit PAK-houdende coatings Wet milieugevaarlijke stoffen met betrekking tot gecreosoteerd hout.
7. Identification of priority hazardous substances. 2001. Modified procedure in accordance with article 16(3) of the water framework Directive. Working Document ENV/19100/01.
http://europa.eu.int/comm/environment/water/water-dangersub/wd_env_191000_01_final.pdf
8. Ministerraad 15 juni 2001. *Emissiereductiedoelstellingen prioritaire stoffen*. Notitie in het kader van NMP4. Met bijlage. VROM, Den Haag.
9. Staatscourant 16 juni 2000, nr. 114 / pag. 18. Gewijzigde versie Bijlage A: Normen 4e Nota Waterhuishouding
10. Marijnissen S, Frederiks B, Smit T, Van de Ven K. 2001. *Emissies naar de Waddenzee 1985-1999*. Rapport RIKZ/2001.048.
11. Duyzer JH, Vonk AW. 2001. *Atmosferische depositie van POP in Nederland: Resultaten van metingen in het jaar 2000*. TNO-rapport R 2001/307.
12. Maatregelenprogramma Waddenzee. 2000 – 2005 waarin opgenomen Handhavingsprogramma Waddenzee 2000. Vastgesteld door het RCW van 9 december 1999. Opgesteld door: Commissie tot Uitvoering Beheersplan Waddenzee (CUBWAD), Wadden Handhavings Overleg (WHO).
<http://www.waddenzee.nl/dutch/bibliotheek/maatregelenprogramma2000/maatregelenprogramma0.htm>
13. Kasifa SC. 2002. Scheepvaart en Milieu Mogelijkheden voor emissiesreductie. RIVM rapport 773002019/2002. RIVM Bilthoven.
14. Hulskotte JHJ, Koch WWR. 2000. Emissiefactoren Zeeschepen, TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie, Apeldoorn
15. Milieujaarverslag 2001 (overheidsverslag) Aldel (april 2002). <http://www.aldel.nl/>
16. OSPAR Priority Substances Series, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) OSPAR Commission 2001, ISBN 0 946956 73 1.
17. Buijsman E. 1999. Assessment of air quality for polycyclic aromatic hydrocarbons in the Netherlands. RIVM report 729999 001, Bilthoven.
18. Van Brummelen TC, Van Hattum B, Crommentuijn T, Kalf DF. 1998. The handbook of Environmental Chemistry Vol 3. Part J. PAHs and related compounds. Chapter 14, Bioavailability and Ecotoxicity of PAHs. Ed. Nielson AH. Springer Verlag Berlin. pp 203-263.
19. Neilson AH, Allard A-S. 1998. The handbook of Environmental Chemistry Vol 3. Part J. PAHs and related compounds. Chapter 10, Microbial metabolism of PAHs and Heteroarenes. Ed. Nielson AH. Springer Verlag Berlin. pp 1-80.
20. Delistraty. D 1998. The handbook of Environmental Chemistry Vol 3. Part J. PAHs and related compounds. Chapter 16, A critical review of the application of toxic equivalency factors to carcinogenic effects of polycyclic aromatic hydrocarbons in mammals. Ed. Nielson AH. Springer Verlag Berlin. pp 311-359.
21. De Maagd PGJ, Vethaak AD. 1998. The handbook of Environmental Chemistry Vol 3. Part J. PAHs and related compounds. Chapter 15, Biotransformation of PAHs and their carcinogenic effects in fish. Ed. Nielson AH. Springer Verlag Berlin. pp 311-359.
22. Kalf DF, Crommentuijn GH, Posthumus R, Van de Plassche EJ. 1995. Integrated Environmental Quality Objectives for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) RIVM Rapport 679101018, Bilthoven. 172 p.