

**Emissieschattingen Diffuse bronnen
Emissieregistratie**

**Atmosferische Depositie op
Nederland en Nederlands
Continentaal Plat**

Versie juni 2018

In opdracht van RIJKSWATERSTAAT – WVL
Uitgevoerd door TNO DELTARES EN PBL

Atmosferische Depositie op Nederland en Nederlands Continentaal Plat

1 Omschrijving emissiebron

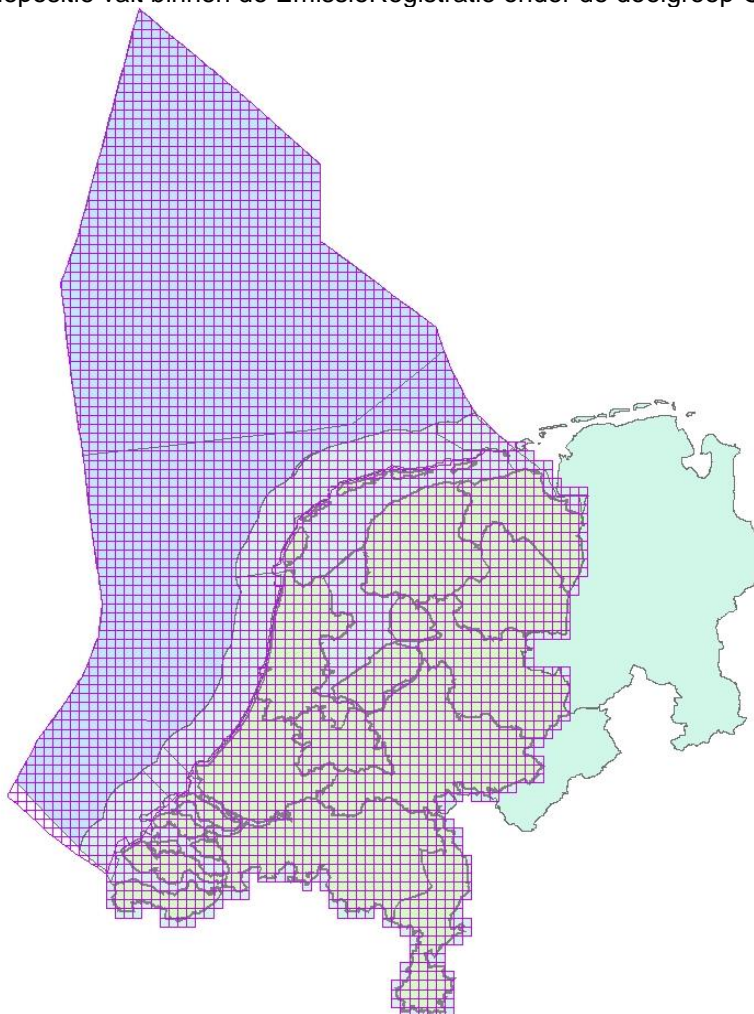
Atmosferische depositie van stoffen op water en bodem kan omschreven worden als een belasting van het oppervlaktewater dan wel de bodem via de lucht. Voor de hier gepresenteerde stoffen vindt de emissie van stoffen in eerste instantie naar de lucht plaats. De emissie naar de lucht wordt gegeven door de bij Emissieregistratie bekende bronnen in Nederland en Europa. Na emissie vanuit deze bronnen naar de atmosfeer worden stoffen verspreid door de atmosfeer waarna ze als gevolg van natte depositie (via neerslag) en droge depositie in het water en op de bodem terecht komen.

Figuur 1 geeft een overzicht van het rekengebied dat in deze studie gebruikt is.

De depositie is in deze studie berekend voor Nederland en het Nederlands Continentaal Plat (NCP). Daarbij worden de volgende emissieoorzaken onderscheiden:

E400100	depositie op oppervlaktewater
E400100	depositie op riool
E901411	depositie op bodem

De atmosferische depositie valt binnen de EmissieRegistratie onder de doelgroep Overig.

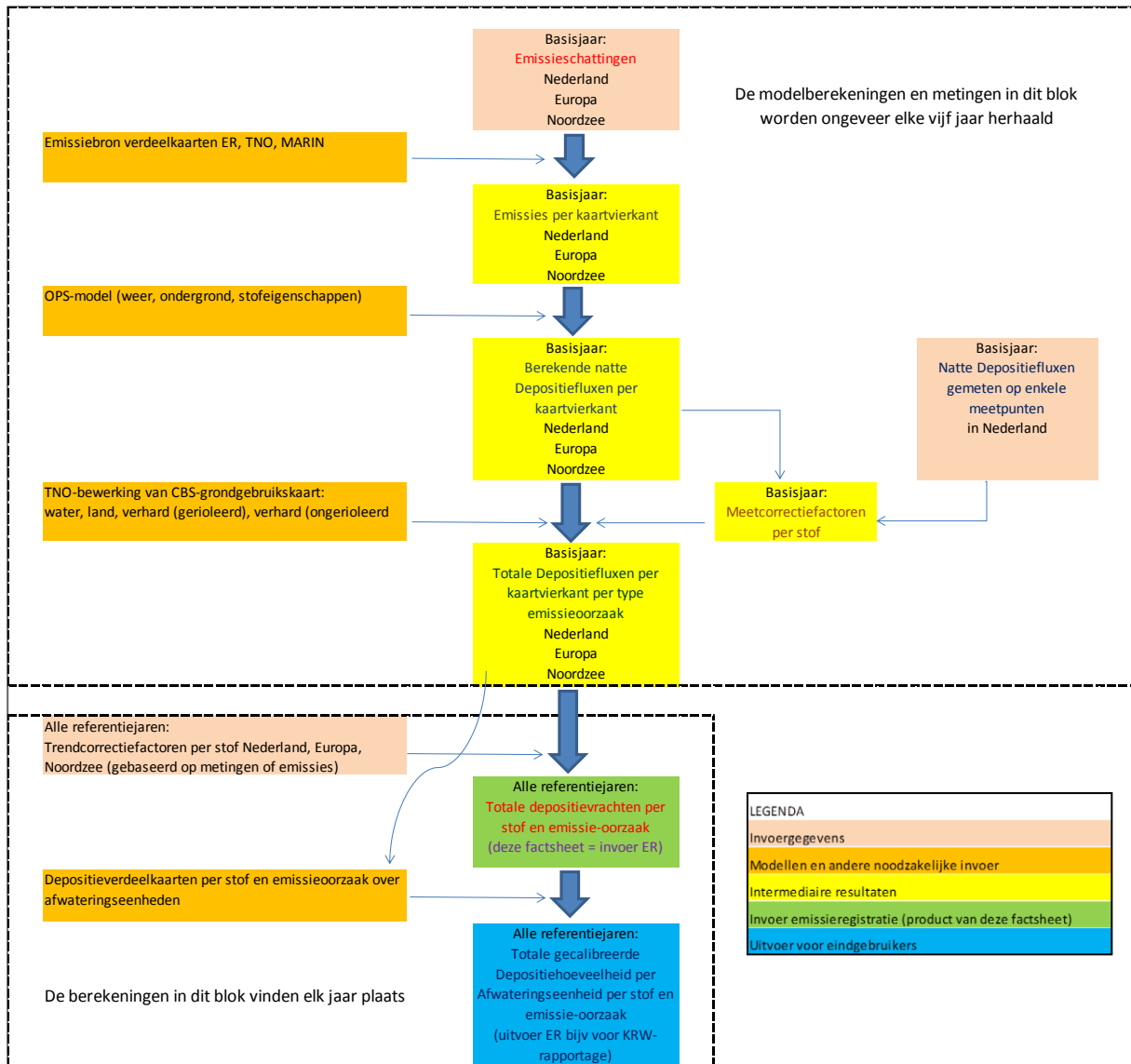


figuur 1: Overzichtkaart van het rekengebied dat gebruikt is in deze studie (alleen het gerasterde gedeelte).

Opgemerkt wordt dat er wel gerekend is voor het Duitse gedeelte van de Dollard, maar dat deze cijfers niet in de Emissieregistratie (ER) zijn opgenomen.

2 Toelichting berekeningswijze

De uitgebreide procedure om geregionaliseerde cijfers voor atmosferische depositie te berekenen voor een groot aantal stoffen met een verloop over meer dan twee decennia wordt getoond in figuur 2.



figuur 2: Overzicht van de procedure voor de productie van geregionaliseerde cijfers van atmosferische depositie voor een reeks van jaren

Geregionaliseerde emissiegegevens over 1 basisjaar van Nederland en omliggende Europese landen en de Noordzee worden worden ingevoerd in het atmosferische (chemie-)transportmodel (OPS-model [1]). Het resultaat van deze berekeningen zijn depositiefluxen voor ieder kaartvierkant in het gebied zoals getoond in figuur 1. Afhankelijk van het onderliggende oppervlak (water, land, verhard (gerioleerd/ongerioleerd) en locatie worden hieraan emissie-oorzaken toegekend tevens wordt in deze stap gecorrigeerd voor systematische afwijkingen door per stof meetcorrectiefactoren toe te passen. De berekende depositie van stoffen op meetlocaties (zie ook: "vergelijking met meetgegevens") is vergeleken met de op die locatie gemeten depositie. Uit de vastgestelde verhouding tussen meetgegevens en modelberekeningen voor alle meetlocaties wordt een meetcorrectiefactor berekend die van toepassing verklaard wordt op de berekende depositie voor het hele rekengebied (Figuur 1). Impliciet is daarbij de aanname gemaakt dat de verdeling van de bronnen over het gebied goed bekend is maar de emissiefactoren niet.

Deze aanpak functioneert in het algemeen goed in het gebied waar de metingen zijn uitgevoerd. Dit geldt voor eerdere berekeningen die zijn uitgevoerd voor het Nederlandse oppervlaktewater [2a], [2b] en waarschijnlijk ook voor berekeningen van de depositie op kustwateren. Voor berekeningen op de Noordzee en NCP neemt de onzekerheid door deze werkwijze echter toe. Dit komt omdat meetgegevens in dit gebied ontbreken en de verdeling van de bronnen systematisch af zou kunnen wijken van die op het land. De onzekerheid is daardoor aanzienlijk groter dan de onzekerheid in de schattingen voor het land.

Door de verkregen depositiefluxen te vermenigvuldigen met het oppervlak en te sommeren per brongebied van de luchtmissies en per emissie-oorzaak worden de jaarvrachten afkomstig van de emissies per brongebied (Nederland, Europa en Noordzee) voor het basisjaar van de emissies verkregen. Om de jaarvrachten over meerdere jaren te produceren, zoals getoond in deze factsheet, worden de jaarvrachten voor het basisjaar vermenigvuldigd met trendfactoren. Deze trendfactoren kunnen worden afgeleid van jaarreeksen van emissiegegevens voor de verschillende brongebieden of uit meetreeksen (van deposities of concentraties) op enkele locaties in Nederland. Indien er gebruik wordt gemaakt van meetreeksen vervalt uiteraard het onderscheid tussen de verschillende brongebieden en wordt 1 trendfactor per stof per jaar toegepast in de berekening van de jaarvracht in het betreffende jaar. Omdat er voor vele PAK-verbindingen geen emissiegegevens beschikbaar zijn worden de depositievrachten van deze PAK-verbindingen geschat door gebruik te maken van de verhouding van deze PAK-verbindingen ten opzichte van één geslecteerde PAK-verbinding waarvan de jaarvrachten wel berekend zijn. De toegepaste verhouding wordt in dat geval afgeleid uit de beschikbare meetcijfers.

Stoffen

Tabel A1 in bijlage A geeft een overzicht welke stoffen in deze studie beschouwd zijn en voor welke stoffen berekeningen zijn uitgevoerd. Leidraad voor de keuze van stoffen is de kwaliteit van de invoergegevens, en in het bijzonder die van de luchtmissies. De kwaliteit van de emissiegegevens bepaalt voor een groot gedeelte de kwaliteit van de getallen uit deze studie.

Lucht-emissies afkomstig uit de EmissieRegistratie of uit een recente emissiestudie van Denier van der Gon et al. [3a/b] worden beschouwd als de best beschikbare bestanden. Voor een beperkt aantal stoffen is daarnaast gebruik gemaakt van het emissiestand van Berdowski et al. [4]. Stoffen waarvan de emissiegegevens niet afkomstig zijn uit een van eerdergenoemde bestanden zijn niet in deze studie behandeld.

Modelberekeningen

Voor het bepalen van de concentratie- en depositieverdeling van de verschillende stoffen over Nederland en het NCP wordt gebruik gemaakt van het door het RIVM ontwikkelde verspreidings- en depositiemodel OPS (Operationeel model Prioritaire Stoffen).

De uitkomsten van het OPS model zijn vervolgens verwerkt in een GIS om daarmee de belasting (daadwerkelijke netto vracht) op het onverhard oppervlak, het verhard oppervlak, het oppervlaktewater en het NCP te berekenen. De hiervoor benodigde kaarten zijn door het Milieu en Natuur Planbureau aangeleverd. Hierbij is gebruikgemaakt van de bodemgebruikkaart 2003 en van de Emissieregistratie rioleringsseenheden kaartlaag (jaar: 2002) om de verdeelsleutel van de onderliggende compartimenten te bepalen. Door middel van GIS bewerkingen wordt er per rooster cel een verdeling bepaald tussen water, verharde en onverharde oppervlakken en de doorvertaling naar riool (zie ook paragraaf 8+10).

Het OPS model

Het OPS model berekent de concentratie van een stof in lucht en in neerslag op een bepaalde plaats (de receptor) als gevolg van een emissie op een andere plaats [5]. Voor de huidige studie is Versie 4.1 van het OPS-model beschikbaar gesteld door het RIVM. De bijdrage aan de concentratie en depositie (zowel nat als droog) op de receptor wordt voor alle bronnen (zeescheepvaart op het NCP, Nederland, Europa) afzonderlijk berekend. Daarbij wordt gebruik gemaakt van zogenaamde trajectorieën. Deze trajectorieën beschrijven de weg die de lucht (met daarin de geëmitteerde stof) afgelegd heeft vanaf bron tot aan de receptor. De verspreiding op de lokale schaal wordt berekend met een wiskundige beschrijving van een pluim, de zogenaamde Gaussische pluim formulering. Het ruimtelijk oplossend vermogen van het model wordt grotendeels bepaald door de resolutie van de gebruikte emissiebestanden. In deze studie is een oplossend vermogen van 5x5 km gebruikt. De toedeling via het GIS is gedaan met een ruimtelijke resolutie van 5x5 km voor het NCP, en van 1x1 km voor de rest van het rekengebied (het vaste land van Nederland, inclusief de zoute binnenwateren en de 1-miles kustzone).

Voor het uitvoeren van de modelberekeningen zijn drie sets invoergegevens nodig, namelijk: emissiegegevens, meteorologische gegevens en stofspecifieke gegevens. Voor de laatste twee zijn de volgende invoergegevens gebruikt:

Meteorologische gegevens

Bij de bovengenoemde berekeningen spelen meteorologische parameters, zoals de windrichting en windsnelheid, uiteraard een belangrijke rol. De hier gerapporteerde berekeningen zijn uitgevoerd op basis van de meteorologische gegevens van het jaar 2000, om de model- en meetresultaten zo goed mogelijk te kunnen vergelijken. De meetgegevens die gebruikt zijn om de berekende uitkomsten van sommige stoffen te schalen zijn die van het jaar 2000. De ruwheidparameter Z_0 varieert tussen de receptoren, en is gebaseerd op de LGN3 kaart. LGN3 is de landgebruikkaart die standaard door OPS4.1 wordt gebruikt.

Stofspecifieke gegevens

Tijdens het transport door de atmosfeer kunnen stoffen worden afgebroken door reacties met ozon of hydroxyl-radicalen. Daarnaast treden verliezen op door bijvoorbeeld droge en natte depositie. Met de invloed van deze verliesprocessen wordt in het OPS model rekening gehouden. Het OPS bevat stofspecifieke parameters voor enkele stoffen (zoals zware metalen, NO_x). Voor andere stoffen zijn de gegevens ingevoerd die zijn afgeleid uit eerdere rapportages [6].

In tabel 1 is een overzicht gegeven van depositiesnelheden naar water, zoals in deze studie gehanteerd ten behoeve van het berekenen van de droge depositie naar oppervlaktewateren. Deze tabel vermeldt ook de stoffeigenschappen die gebruikt zijn voor die stoffen die niet standaard in OPS zitten.

Vergelijking met meetgegevens

De berekende natte depositiefluxen van metalen en de concentraties van NO_x en NH₃ zijn vergeleken met de overeenkomstige cijfers uit het landelijk regenwatermeetnet van het RIVM [7]. Voor enkele PAK's zijn vergelijkingen gemaakt met cijfers uit het TNO meetnet 2000-2001 [8, 9]. De stations zijn de zogenaamde regionale stations van het landelijk meetnet. Voor beide meetnetten zijn de cijfers uit het jaar 2000 gebruikt. Beide meetnetten hebben een landelijke dekking (zie ook: voetnoot 3 van tabel A.1). De modelresultaten zijn via de trendfactoren geschaald naar de situatie van 2000. De filosofie van deze methode is dat voor een aantal stoffen de emissies slecht bekend zijn, en dat een correctie op grond van de verhouding tussen meet- en modelresultaten resulteert in een berekende belasting die recht doet aan de gemeten fluxen. Voor NO_x en NH₃ zijn de emissies vrij goed bekend, en is geen correctiefactor toegepast. De meetcorrectiefactor is gedefinieerd als de verhouding tussen meetresultaat en modelresultaat. (Als de metingen een hogere waarde geven dan de modelresultaten dan is de meetcorrectiefactor groter dan 1, en worden de fluxen naar de ondergrond na toepassing van de factor verhoogd.)

Opgemerkt wordt dat voor diverse metalen de meetcorrectiefactor fors is (Tabel 1). Dit kan veroorzaakt worden door mogelijk niet correcte metingen. Zie ook paragraaf 12.

Tabel 1: Depositiesnelheden boven water (V_{water}) in $cm.s^{-1}$ (centimeter per seconde) voor de verschillende stoffen in deze studie, de verdeling naar gas- en aerosolfase, en de ingevoerde parameters voor de niet-standaard stoffen. De laatste kolom geeft de meetcorrectiefactoren.

stoffen	Vd ¹ water $cm.s^{-1}$	ps ²	stofeigenschappen	mol	Meet corr. factor
Cadmium	0.10	1	OPS	112	3.418
Kwik	0.15	1	OPS	201	1
Lood	0.10	1	OPS	207	3.823
Arseen	0.10	1	OPS	75	3.527
Chroom	0.10	2	OPS	52	0.58
Kobalt	0.10	1	OPS	59	7.8
Koper	0.10	1	OPS	64	2.568
Nikkel	0.10	1	OPS als Cu	59	1.018
Seleen	0.10	1	OPS	79	1
Vanadium	0.15	1	OPS	51	1.1
Zink	0.10	1	OPS	65	5.075
Hexachloorbenzeen	0.10	0	$Rc=21.3; Da=0.01; W=0; Dc=5.93^E-02$	284	1
Polychloorbifenyyl	0.30	0	$Rc=14.3; Da=0.0; W=1000; Dc=5.53^E-02$	327	5
Hexachloorhexaan	0.19	0	$Rc=2.33; Da=0.09; W=453000; Dc=5.86^E-02$	291	1
Benzo(a)pyreen	0.45	0	OPS	252	0.254
Benzo(b)fluorantheen	0.45	0	$Rc=66666; Da=1.25; W=100000; Dc=6.300^E-02$	252	0.958
Benzo(k)fluorantheen	0.45	0	$Rc=2.32; Da=0.41; W=340000; Dc=6.300^E-02$	252	0.985
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	0.45	1	$Dc=6.019^E-2$	276	0.337
Benzeen	0.01	0	OPS	78	1
Benzo(g,h,i)peryleen	0.45	0	$Rc=1.47; Da=1.25; W=73000; Dc=6.019^E-2$	276	0.294
Endosulfan	0.40	0	$Rc=166; Da=1.8; W=1.55; Dc=4.957^E-02$	407	1
Fluorantheen	0.43	0	$Rc=9.1; Da=0.43; W=5200; Dc=6.3^E-2$	252	0.294
Polygebroemde difenylethers	0.01	1	$Dc=3.22^E-02$	964	1
Hexachloorbutadieen	0.10	0	$W=0; Dc=6.19^E-02$	261	10
Pentachloorfenol	0.45	0	$Rc=2.05; Da=0.05; W=130000; Dc=6.126^E-02$	267	0.1
Tetrachlooretheen	0.01	0	$Rc=250; Da=0.0439; W=0.8; Dc=7.809^E-2$	164	1
Trichlooretheen	0.01	0	$Rc=111.1; Da=0.521; W=1.94; Dc=8.77^E-02$	130	1
NOx	0.2	0	OPS	46	1
NH3	1.0	0	OPS	17	1
Naftaleen	0.14	0	$Rc=16666; Da=4.1; W=125; Dc=8.838^E-2$	128	1

1 depositiesnelheden uit [6] en referenties daarin.

2 deeltjes grootte verdeling; 0 is gas; 1: ultrafijn; 2: fijn

Rc oppervlakteweerstand voor droge depositie ($s.cm^{-1}$).

Da chemische afbraak in lucht (% per uur)

W verhouding tussen de concentratie in neerslag en in lucht (dimensieloos). Deze verhouding is van belang voor een onderdeel van de natte depositie (rain-out).

Dc diffusiecoëfficiënt ($cm^2.s^{-1}$) is gelijk aan (molgewicht)^{0.5}. Deze coëfficiënt is van belang voor de beschrijving van een onderdeel van de natte depositie (wash-out).

3 Emissieverklarende variabele

De emissieverklarende variabele voor depositie op het oppervlaktewater en op de bodem is in principe de emissie naar de lucht. Dat betekent dat de verhouding tussen een bepaalde emissie in een bepaald jaar en de depositie in dat jaar gebruikt kan worden om de depositie in een ander jaar te berekenen op basis van de emissie in dat andere jaar. De schaalfactor voor een stof voor een bepaald jaar is daardoor gelijk aan de emissie van het betreffende jaar gedeeld door de emissie van het referentiejaar waarvoor de depositie is berekend.

In deze factsheet is de depositie berekend ten gevolge van emissies die in drie categorieën zijn ingedeeld, zie ook tabel 2:

- emissies van de zeescheepvaart op het NCP (NO_x , nikkel, vanadium, kobalt, benzo(a)pyreen, benzo(b)fluorantheen, benzo(b)fluorantheen en indeno (1,2,3-c,d)pyreen)
- emissies van de overige Nederlandse bronnen
- emissies van overige emissiebronnen in Europa

Tabel 2: Emissies naar lucht in (kg/jaar, tenzij anders vermeld), en herkomst van gegevens en peiljaar van de gegevens.

	Nederlandse bronnen		Europese bronnen (zonder NL)		Zeescheepvaart (NCP)	
	emissie	herkomst	emissie	herkomst	emissie	herkomst
Cadmium	2363	ER-2003 ¹	326 ton	DvdG-2000 ²		
Kwik	571	ER-2003	315 ton	DvdG-2000		
Lood	41 ton	ER-2003	12995 ton	DvdG-2000		
Arseen	976	ER-2003	481 ton	DvdG-2000		
Chroom	2990	ER-2003	1960 ton	DvdG-2000		
Kobalt	0,3 ton	[9a]	10,9 ton	[9a]	3.0 ton	[9a]
Koper	86 ton	ER-2003	4990 ton	DvdG-2000 ³		
Nikkel	18,6 ton	ER-2003	3730 ton	DvdG-2000	28,6 ton	Ref.6
Seleen	706	ER-2003	473 ton	DvdG-2000		
Zink	97 ton	ER-2003	16881 ton	DvdG-2000		
Vanadium	22 ton	[9a]	802 ton	[9a]	609 ton	[9a]
Hexachloorbenzeen	598	DvdG-2000	18 ton	DvdG-2000		
Polychloorbifenyyl	160	DvdG-2000	133 ton	DvdG-2000		
Hexachloorhexaan	0	DvdG-2000	254 ton	DvdG-2000		
Benzo(a)pyreen	1,06 ton	[9a]	1554 ton	[9a]		
Benzo(b)fluorantheen	6,08 ton	[9a]	2113 ton	[9a]		
Benzo(k)fluorantheen	15,90 ton	[9a]	1818 ton	[9a]		
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	4,22 ton	[9a]	1218 ton	[9a]		
Benzeen	2911 ton	ER-2000	157 kton	LE-2000 ⁴		
Benzo(g,h,i)peryleen	1147	ER-2000	10 ton	Berdw-1990 ⁵		
Endosulfan	0	DvdG-2000	703 ton	DvdG-2000		
Fluorantheen	35 ton	ER-2005	8231 ton	Berdw-1990		
Polygebroemde difenylethers	180	DvdG-2000	8,5 ton	DvdG-2000		
Hexachloorbutadieen	0	DvdG-2000	64	DvdG-2000		
Pentachloorfenol	21 ton	ER-2005	657 ton	DvdG-2000		
Tetrachlooretheen	825 ton	ER-2005	196 kton	Berdw-1990		
Trichlooretheen	31 ton	ER-2005	222 kton	Berdw-1990		
NO _x ⁶	371 kton	ER-2005	16430 kton	LE-2000	116 kton	Ref.6
NH ₃ ⁶	152 kton	ER-2000	6295 kton	LE-2000		
Naftaleen	243 ton	ER-2005	15,7 kton	>>benzeen ⁷		

1: ER: Emissieregistratie, gevolgd door het jaar waarvoor aangevraagd; voor de metalen is gebruik gemaakt van het Emissieregistratie06, voor de overige stoffen Emissieregistratie07.

2: DvdG: Denier van de Gon et al., (2005). Cijfers hebben betrekking op het jaar 2000 [3a/b]

3: voor de buitenlandse koper emissies is de variant gevolgd met de hoge emissieschatting voor remvoering

4: LE-2000: uit het LOTOS-EUROS systeem [10].

5: Berdw: Berdowski et al., 1997 [4]

6: De emissies zijn gegeven als NO_x en NH₃ (zo gebruikt het OPS model de invoer); de modelresultaten (depositie/vrachten) zijn in de eenheid N gegeven.

7: buitenlandse naftaleen emissies zijn geschaald met benzeen emissies (10% van benzeen)

Trendfactoren

De door het OPS model berekende depositiefluxen zijn geschaald met trendfactoren om ervoor te zorgen dat de fluxen die van het peiljaar 2000 zijn voor de meeste stoffen. Voor PAK geldt peiljaar 2011. Deze trendfactoren zijn ook gebruikt om de vrachten (belasting) voor jaren anders dan 2000 te berekenen. De trendfactoren voor de jaren 1990-2016 zijn gegeven in tabel 3 (Nederland), tabel 4 (Europa) en tabel 5 (scheepvaart). Voor zware metalen en PAK worden metingen gebruikt om de trend af te leiden. Voor de overige stoffen zijn de trendfactoren gebaseerd op trends en/of prognoses in emissies (zie onderstaande paragraaf).

Trendfactoren zware metalen (nr 1 in tabel 3 t/m 5)

De trendfactoren voor zware metalen in de periode 1990-2016 zijn gebaseerd op in regenwater gemeten concentraties afkomstig uit het landelijk regenwatermeetnet van het RIVM (http://www.lml.rivm.nl/data_val/index.html) [7]. Voor seleen is gebruik gemaakt van emissie-informatie uit het EMEP-Webdab [11].

Vanaf 2012 wordt het regenwater nog maar op 2 verschillende locaties afgeleid ipv 5 locaties in eerdere jaren. De jaarlijkse trend wordt vanaf 2011 niet meer afgeleid op basis van een jaarlijks gemiddelde maar op basis van een 3-jarig gemiddelde.

Trendfactoren PAK (nr 2 in tabel 3 t/m 5)

Voor het jaar 2011 zijn nieuwe OPS berekeningen voor PAK uitgevoerd. De trend voor PAK bestaat uit twee perioden. De periode voor de nieuwe OPS berekeningen in 2011 en de periode daarna. In de periode voor 2011 wordt uitgegaan van een studie van Denier van der Gon (3b) waarin trendfactoren zijn afgeleid voor 1990-2020. Voor de periode na 2011 wordt gebruik gemaakt van metingen bij locatie de Zilk in fijn stof (PM10). Op locatie de Zilk worden 5 PAK gemeten. Deze PAK kunnen worden opgesplitst in zware PAK (> 270 g/mol) middelzware PAK (230 – 250 g/mol) en lichte PAK (<230 g/mol). Voor de periode 2011-2015 wordt voor elk jaar een 3-jarig gemiddelde trend bepaald voor de 3 verschillende gewichtsklassen voor PAK.

Trendfactoren stikstof (nr 3 in tabel 3 t/m 5)

Voor de stoffen Nox en NH₃ zijn de trendfactoren voor de binnenlandse emissies afkomstig uit EmissieRegistratie. Voor de buitenlandse emissies wordt de trend afgeleid uit EMEP cijfers.

Tabel 3: Trendfactoren ten opzichte van het referentiejaar voor Nederland.

NAAM	referentie jaar	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	nr
Arseenverb. als As	2000	3.35	2.26	1	0.91	0.74	0.68	0.73	1
Cadmiumverb. als Cd	2000	1.34	1.41	1	0.61	0.23	0.24	0.28	1
Chroomverb.(totaal) als Cr	2000	1.39	1	1	0.93	0.74	0.68	0.75	1
Koperverb. als Cu	2000	1.03	0.73	1	0.68	0.33	0.37	0.46	1
Kwikverb. als Hg	2000	3.18	1.33	1	0.87	0.67	0.63	0.63	4
Loodverb. als Pb	2000	1.26	0.95	1	0.58	0.16	0.15	0.18	1
Nikkelverb. als Ni	2000	1.9	1.22	1	0.97	0.43	0.4	0.45	1
Seleenverb. als Se	2000	0.85	0.73	1	0.82	0.63	0.64	0.64	1
Zinkverb. als Zn	2000	1.45	1.14	1	0.72	0.33	0.34	0.44	1
Ammoniak	2000	2.07	1.27	1	0.87	0.76	0.72	0.72	3
Stikstofoxyden (als NO2)	2000	1.31	1.12	1	0.91	0.77	0.66	0.66	3
Benzeen	2000	1.84	1.36	1	0.82	0.7	0.59	0.59	4
Acenafteen	2011	3.5	2.16	1.03	1.09	1.01	0.57	0.57	2
Acenaftyleen	2011	3.5	2.16	1.03	1.09	1.01	0.57	0.57	2
Anthraceen	2011	3.5	2.16	1.03	1.09	1.01	0.57	0.57	2
Benzo(a)Anthraceen	2011	3.5	2.16	1.03	1.09	1.01	0.57	0.57	2
Benzo(a)Pyreen	2011	3.5	2.16	1.03	1.09	1.01	0.63	0.63	2
Benzo(ghi)Peryleen	2011	3.56	2.2	1.05	1.03	1	0.8	0.8	2
Chryseen	2011	3.5	2.16	1.03	1.09	1.01	0.57	0.57	2
Dibenzo(A H)Anthraceen	2011	3.5	2.16	1.03	1.09	1.01	0.8	0.8	2
Fenanthreen	2011	3.5	2.16	1.03	1.09	1.01	0.57	0.57	2
Fluorantheen	2011	3.5	2.16	1.03	1.09	1.01	0.57	0.57	2
Fluoreen	2011	3.5	2.16	1.03	1.09	1.01	0.57	0.57	2
Naftaleen	2011	3.5	2.16	1.03	1.09	1.01	0.57	0.57	2
Pyreen	2011	3.5	2.16	1.03	1.09	1.01	0.57	0.57	2
Benzo(b)Fluorantheen	2011	3.02	1.87	0.89	0.88	1.04	0.63	0.63	2
Benzo(k)Fluorantheen	2011	3.29	2.03	0.97	0.95	1.02	0.63	0.63	2
Indeno(1 2 3-c d)Pyreen	2011	2.91	1.8	0.86	0.89	1.06	0.8	0.8	2
Hexachloorcyclohexaan	2000	5.2	3.1	1	1	1	1	1	4
Tetrachlooretheen (per)	2000	2.2	2.62	1	0.95	0.95	0.95	0.95	4
Trichlooretheen (tri)	2000	8.57	9.02	1	0.3	0.3	0.3	0.3	4
Endosulfan	2000	1	1	1	1	1	1	1	4
Hexachloorbenzenen	2000	0.44	0.72	1	0.72	0.44	0.45	0.45	4
Pentachloorfenol	2000	1	1	1	0.86	0.73	0.62	0.62	4
PCB	2000	0.92	0.96	1	0.6	0.2	0.12	0.12	4
Hexachloorbutadieen	2000	1	1	1	1	1	1	1	4

Trendfactoren via prognoses (nr 4 in tabel 3 t/m 5)

Voor de stoffen endosulfan hexachloorbutadieën hexachloorbenzeen hexachloorcyclohexaan PCB's pentachloorfenol wordt uitgegaan van de prognoses 1990-2020 uit het rapport van Denier van der Gon [3b]. Middels interpolatie wordt de trend afgeleid.

Voor de stoffen NMVOS (niet-methaan vluchtige organische stoffen) benzeen trichlooretheen en tetrachlooretheen zijn de trendfactoren van Nederland en Europa voor de jaren 1990-2016 afkomstig

van EMEP [12]¹. Het jaar 2010 representeert het Gothenborg Protocol. Voor 2020 is gebruikt gemaakt van een analyse door IIASA² van de zogenaamde NEC5 variant (NEC: National Emission Ceilings Directive) ter voorbereiding van de emissieplafonds voor 2020 [13]. Het jaar 2015 volgt uit een lineaire interpolatie tussen 2010 en 2020. De trendfactoren 1990-2016 voor tri- en tetrachlooretheen zijn afkomstig uit de IIASA prognoses.

Tabel 4: Trendfactoren ten opzichte van het referentiejaar voor Europa.

NAAM	referentie jaar	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	nr
Arseenverb. als As	2000	3.35	2.26	1	0.91	0.74	0.68	0.73	1
Cadmiumverb. als Cd	2000	1.34	1.41	1	0.61	0.23	0.24	0.28	1
Chroomverb.(totaal) als Cr	2000	1.39	1	1	0.93	0.74	0.68	0.75	1
Koperverb. als Cu	2000	1.03	0.73	1	0.68	0.33	0.37	0.46	1
Kwikverb. als Hg	2000	1.87	1.31	1	0.9	0.67	0.6	0.6	4
Loodverb. als Pb	2000	1.26	0.95	1	0.58	0.16	0.15	0.18	1
Nikkelverb. als Ni	2000	1.9	1.22	1	0.97	0.43	0.4	0.45	1
Seleenverb. als Se	2000	2	1.5	1	0.82	0.63	0.64	0.64	1
Zinkverb. als Zn	2000	1.45	1.14	1	0.72	0.33	0.34	0.44	1
Ammoniak	2000	1.34	1.01	1	0.95	0.91	0.94	0.94	3
Stikstofoxyden (als NO2)	2000	1.34	1.17	1	0.91	0.72	0.6	0.6	3
Benzeen	2000	1.48	1.18	1	0.93	0.88	0.68	0.64	4
Acenafteen	2011	3.56	2.2	1.05	1.03	1	0.57	0.57	2
Acenaftyleen	2011	3.56	2.2	1.05	1.03	1	0.57	0.57	2
Anthraceen	2011	3.56	2.2	1.05	1.03	1	0.57	0.57	2
Benzo(a)Anthraceen	2011	3.56	2.2	1.05	1.03	1	0.57	0.57	2
Benzo(a)Pyreen	2011	3.56	2.2	1.05	1.03	1	0.63	0.63	2
Benzo(ghi)Peryleen	2011	3.56	2.2	1.05	1.03	1	0.8	0.8	2
Chryseen	2011	3.56	2.2	1.05	1.03	1	0.57	0.57	2
Dibenzo(A H)Anthraceen	2011	3.56	2.2	1.05	1.03	1	0.8	0.8	2
Fenanthreen	2011	3.56	2.2	1.05	1.03	1	0.57	0.57	2
Fluorantheen	2011	3.56	2.2	1.05	1.03	1	0.57	0.57	2
Fluoreen	2011	3.56	2.2	1.05	1.03	1	0.57	0.57	2
Naftaleen	2011	3.56	2.2	1.05	1.03	1	0.57	0.57	2
Pyreen	2011	3.56	2.2	1.05	1.03	1	0.57	0.57	2
Benzo(b)Fluorantheen	2011	3.53	2.18	1.04	1.02	1.01	0.63	0.63	2
Benzo(k)Fluorantheen	2011	3.56	2.2	1.05	1.02	1	0.63	0.63	2
Indeno(1 2 3-c d)Pyreen	2011	3.66	2.26	1.08	1.04	1.01	0.8	0.8	2
Hexachloorcyclohexaan	2000	5.2	3.1	1	1	1	1	1	4
Tetrachlooretheen (per)	2000	2.2	2.62	1	0.95	0.95	0.95	0.95	4
Trichlooretheen (tri)	2000	8.57	9.02	1	0.3	0.3	0.3	0.3	4
Endosulfan	2000	1	1	1	1	1	1	1	4
Hexachloorbenzenen	2000	0.44	0.72	1	0.72	0.44	0.45	0.45	4
Pentachloorfenol	2000	1	1	1	1	1	1	1	4
PCB	2000	0.92	0.96	1	0.6	0.2	0.13	0.12	4
Hexachloorbutadien	2000	1	1	1	1	1	1	1	4

Trendfactoren zeescheepvaart

De toekomstige emissies van zeescheepvaart zijn niet goed bekend. Verwacht wordt dat het volume van deze sector nog verder zal groeien. Er zijn ook maatregelen in voorbereiding die de uitstoot van deze sector moet verminderen.

¹ EMEP: Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmission of air pollutants in Europe. Gothenborg Protocol: Protocol dat de nationale emissieplafonds beschrijft voor de Europese landen voor de stoffen NO_x, SO₂, NH₃ en NMVOS

² IIASA: International Institute for Applied Systems Analysis. IIASA voert veel toekomstverkenningen uit voor de Europese Commissie op het gebied van energie emissies en luchtverontreiniging.

Tabel 5: Trendfactoren ten opzichte van het jaar 2000 voor scheepvaart.

NAAM	referentie jaar	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	nr
Nikkelverb. als Ni	2000	0.8	0.82	1	0.97	0.58	0.21	0.21	1
Kobaltverb. (als Co)	2000	0.8	0.82	1	0.97	0.58	0.21	0.21	1
Vanadiumverb. (als V)	2000	0.8	0.82	1	0.97	0.58	0.21	0.21	1
Stikstofoxyden (als NO ₂)	2000	0.8	0.82	1	1.12	0.93	0.91	0.91	3
Acenafteen	2011	0.98	1.01	1.22	1.33	0.97	1.05	1.05	2
Acenaftyleen	2011	0.98	1.01	1.22	1.33	0.97	1.05	1.05	2
Anthraceen	2011	0.98	1.01	1.22	1.33	0.97	1.05	1.05	2
Benzo(a)Anthraceen	2011	0.98	1.01	1.22	1.33	0.97	1.05	1.05	2
Benzo(a)Pyreen	2011	0.98	1.01	1.22	1.33	0.97	1.05	1.05	2
Benzo(ghi)Peryleen	2011	0.98	1.01	1.22	1.33	0.97	1.05	1.05	2
Chryseen	2011	0.98	1.01	1.22	1.33	0.97	1.05	1.05	2
Dibenzo(A H)Anthraceen	2011	0.98	1.01	1.22	1.33	0.97	1.05	1.05	2
Fenanthreen	2011	0.98	1.01	1.22	1.33	0.97	1.05	1.05	2
Fluorantheen	2011	0.98	1.01	1.22	1.33	0.97	1.05	1.05	2
Fluoreen	2011	0.98	1.01	1.22	1.33	0.97	1.05	1.05	2
Naftaleen	2011	0.98	1.01	1.22	1.33	0.97	1.05	1.05	2
Pyreen	2011	0.98	1.01	1.22	1.33	0.97	1.05	1.05	2
Benzo(b)Fluorantheen	2011	0.98	1.01	1.22	1.33	0.97	1.05	1.05	2
Benzo(k)Fluorantheen	2011	0.98	1.01	1.22	1.33	0.97	1.05	1.05	2
Indeno(1 2 3-c d)Pyreen	2011	0.98	1.01	1.22	1.33	0.97	1.05	1.05	2

De trendfactoren van de metalen kobalt, nikkel en vanadium zijn afgeleid van de hoeveelheden zwaveloxide die op het NCP door de scheepvaart is gemiddeld. De trendfactoren van de PAK-verbindingen zijn afgeleid van de hoeveelheid koolwaterstoffen die op het NCP door de scheepvaart is gemiddeld. De trendfactor van stikstofoxiden is afgeleid van de hoeveelheid stikstofoxiden die op het NCP door de scheepvaart is gemiddeld. Deze hoeveelheden zijn in januari 2014 van de besloten website van de emissieregistratie gehaald.

Verhoudingsfactoren in PAK-depositie

Voor PAK waarvoor geen recente emissieschattingen beschikbaar waren zijn de depositiehoeveelheden geschaald met de uitkomsten van één andere PAK zijnde benzo(a)pyreen. De verhoudingsfactoren zijn afgeleid uit de metingen die door TNO werden uitgevoerd in de periode 2010/2011 [9a].

Tabel 6: Verhoudingsfactoren in PAK-depositie t.o.v. Benzo(a)Pyreen.

Stofnaam	Verhoudingsfactor
Benzo(a)Pyreen	1.00
Naftaleen	5.20
Acenaftyleen	1.58
Acenafteen	1.74
Fluoreen	2.10
Fenanthreen	14.76
Anthraceen	0.76
Fluorantheen	9.38
Pyreen	5.49
Benzo(a)Anthraceen	0.88
Chryseen	1.88
Dibenzo(a.h)Anthraceen	0.29
Benzo(ghi)Peryleen	0.98

Het gevolg van de toepassing van deze verhoudingsfactoren is dat er van veel meer PAK-verbindingen schattingen beschikbaar zijn gekomen voor de hoeveelheden van atmosferische depositie. Een kwetsbaar punt hierbij is dat de meting van de hoeveelheid atmosferische depositie van de stof benz(a)pyreen bepalend is voor de uitkomsten van al deze stoffen.

4 Emissiefactoren

Emissiefactoren beschrijven de emissies per eenheid van een bepaalde parameter. Bijvoorbeeld: de emissie uit een auto per gereden kilometer. Het begrip emissiefactor is niet zinvol voor de beschrijving van atmosferische depositie. Zie de paragraaf over de Emissieverklarende variabele.

5 Maatregelen en effecten

Maatregelen ten aanzien van atmosferische depositie zijn het meest effectief door emissiebeperking op (internationale) schaal door te voeren. Voor NO_x, NH₃, NMVOC, zware metalen en persistente organische stoffen bestaat er een protocol onder de Convention on the Long Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP), dat ressorteert onder de UN-ECE³. In het kader van dit protocol heeft een groot aantal landen afspraken gemaakt over rapportageverplichtingen en emissiereductieverplichtingen. Mede hierdoor dalen de emissies van deze stoffen al een aantal jaren en is de verwachting dat deze dalingen de komende jaren nog zullen voortduren. De OPS-berekeningen zijn (zoveel mogelijk) gebaseerd op werkelijke emissies naar lucht. De effecten van maatregelen zijn daarom via de trendfactoren meegenomen in de uiteindelijke berekeningen voor de belasting door atmosferische depositie.

6 Tijdsreeks emissiefactoren

De schattingsmethode voor atmosferische depositie wordt niet uitgevoerd aan de hand van emissiefactoren, zie paragraaf 4.

7 Belasting op Nederland en Nederlands Continentaal Plat

Met het OPS model is de belasting voor alle compartimenten afzonderlijk berekend. In de tabellen 6 t/m 9 zijn de totale belasting (voor alle afwateringseenheden tezamen) gegeven voor de drie afzonderlijke brongroepen (scheepvaart op NCP, Nederland en Europa). De Nederlandse bronnen zijn exclusief de NCP bronnen, de Europese bronnen zijn exclusief die van Nederland en NCP. Het NCP is het water buitengaats tot vlak voor de kust. De 1-mijlszone valt in deze studie niet onder het NCP, maar wordt bij het oppervlaktewater gerekend, evenals het IJsselmeer, de Waddenzee en de Zeeuwse wateren.

Het referentiejaar voor de emissies in de berekeningen is 2000.

In paragraaf 8 wordt toegelicht hoe de verdeling over de verschillende compartimenten tot stand komt.

Een overzicht van de totale belasting door atmosferische depositie door de drie brongroepen gezamenlijk voor de jaren 1990-2020 is gegeven in:

- Tabel 6: depositie op NCP;
- Tabel 7: depositie op onverhard oppervlak;
- Tabel 8: depositie op verhard oppervlak dat afstroomt naar riool;
- Tabel 9: depositie op zoet en zout oppervlaktewater (incl. 1-miles kustzone).

³ UN-ECE staat voor: United Nations Economic Commission for Europe. In dit kader worden emissies verzameld onder het zogenaamde EMEP programma. (EMEP: Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmission of air pollutants in Europe).

Tabel 6: Belasting en prognose (kg/j. tenzij anders vermeld) van het NCP door emissies in Nederland,, Europa en door zeescheepvaartemissies op het NCP.

Stof	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016
Arseenverb. (als As)	20 253	13 671	6 046	5 530	4 479	4 112	4 397
Cadmiumverb. (als Cd)	3 358	3 516	2 502	1 536	574	608	702
Chroomverb. (als Cr)	5 388	3 893	3 884	3 606	2 891	2 647	2 922
Kobaltverb. (als Co)	1 852	1 870	1 829	1 662	1 345	1 462	1 522
Koperverb. (als Cu)	65 705	46 558	63 892	43 522	21 004	23 537	29 568
Kwikverb. (als Hg)	1 723	1 183	900	811	601	541	541
Loodverb. (als Pb)	101 670	76 782	80 489	46 985	13 280	11 900	14 164
Nikkelverb. (als Ni)	23 423	16 314	14 751	14 309	6 993	5 104	5 620
Seleenverb. (als Se)	2 712	2 038	1 378	1 123	868	882	884
Vanadiumverb. (als V)	40 746	34 580	37 632	35 091	16 187	7 322	7 460
Zinkverb. (als Zn)	372 082	291 434	256 608	184 610	85 849	87 778	112 238
N - Totaal	64 040 653	51 180 726	46 476 259	43 389 061	37 366 892	34 978 421	34 978 421
Benzeen	44 849	35 202	29 109	26 477	24 683	19 289	18 327
Naftaleen	7 322	4 528	2 168	2 132	2 079	1 185	1 185
Fenanthreen	20 806	12 869	6 161	6 058	5 909	3 369	3 369
Anthraceen	1 074	664	318	313	305	174	174
Fluorantheen	13 202	8 165	3 909	3 844	3 749	2 137	2 137
Chryseen	2 648	1 638	784	771	752	429	429
Benzo(a)Anthraceen	1 240	767	367	361	352	201	201
Benzo(a)Pyreen	1 408	871	417	410	400	253	253
Benzo(b)Fluorantheen	2 177	1 350	653	645	639	407	407
Benzo(k)Fluorantheen	559	346	166	163	163	104	104
Benzo(ghi)Peryleen	1 378	852	408	400	391	313	313
Indeno (1 2 3-c d)Pyreen	789	489	235	229	225	178	178
Acenafteen	2 446	1 513	724	712	695	396	396
Acenaftyleen	2 226	1 377	659	648	632	360	360
Pyreen	7 746	4 791	2 294	2 255	2 200	1 254	1 254
Dibenzo(A H)Anthraceen	415	257	123	121	118	94	94
Fluoreen	2 959	1 830	876	862	841	479	479
Hexachloorcyclohexaan	824	491	159	159	159	159	159
Tetrachlooretheen	13 998	16 667	6 350	6 007	6 007	6 007	6 007
Trichlooretheen	8 864	9 331	1 034	313	313	313	313
Endosulfan	376	376	376	376	376	376	376
Hexachloorbenzeen	0.7	1.2	1.6	1.2	0.7	0.7	0.7
Pentachloorfenol	608	608	608	601	595	589	589
PCB's	47	49	51	30	10	7	6
Hexachloorbutadieen	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Gebromeerde Difenylethers	27	27	27	27	27	27	27

Tabel 7: Belastingen prognose (kg/j, tenzij anders vermeld) van het Nederlandse onverharde oppervlak door emissies in Nederland, Europa en door zeescheepvaartemissies op het NCP.

Stof	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016
Arseenverb. (als As)	16 928	11 427	5 054	4 622	3 744	3 437	3 676
Cadmiumverb. (als Cd)	4 811	5 038	3 586	2 201	822	872	1 007
Chroomverb. (als Cr)	5 303	3 831	3 822	3 549	2 845	2 605	2 876
Kobaltverb. (als Co)	1 625	1 635	1 512	1 347	1 180	1 161	1 225
Koperverb. (als Cu)	89 151	63 171	86 689	59 052	28 499	31 936	40 119
Kwikverb. (als Hg)	2 031	1 357	1 032	929	689	622	622
Loodverb. (als Pb)	149 914	113 216	118 682	69 280	19 581	17 547	20 885
Nikkelverb. (als Ni)	24 603	16 163	13 665	13 252	6 085	5 214	5 822
Seleenverb. (als Se)	2 229	1 682	1 174	957	740	751	754
Vanadiumverb. (als V)	29 758	22 955	23 262	21 070	7 570	4 208	4 353
Zinkverb. (als Zn)	509 670	399 199	351 496	252 874	117 594	120 237	153 741
N - Totaal	164 186 834	113 059 002	94 429 269	84 830 545	73 158 214	68 322 346	68 322 346
Benzeen	91 276	69 092	53 104	45 373	40 346	32 874	32 167
Naftaleen	2 341	1 446	690	684	664	376	376
Fenanthreen	6 646	4 106	1 958	1 943	1 884	1 068	1 068
Anthraceen	344	213	101	101	98	55	55
Fluorantheen	4 222	2 608	1 244	1 234	1 197	679	679
Chryseen	846	523	249	247	240	136	136
Benzo(a)Anthraceen	396	245	117	116	112	64	64
Benzo(a)Pyreen	450	278	133	132	128	81	81
Benzo(b)Fluorantheen	527	325	155	153	156	98	98
Benzo(k)Fluorantheen	1 058	653	312	305	308	194	194
Benzo(ghi)Peryleen	441	273	130	127	125	100	100
Indeno (1,2,3-c,d)Pyreen	396	245	117	115	118	93	93
Acenafteen	781	483	230	228	222	126	126
Acenaftyleen	711	439	209	208	202	114	114
Pyreen	2 474	1 529	729	723	701	398	398
Dibenzo(A,H)Anthraceen	133	82	39	39	38	30	30
Fluoreen	945	584	278	276	268	152	152
Hexachloorcyclohexaan	1 012	603	195	195	195	195	195
Tetrachlooretheen	569 925	678 610	258 539	244 575	244 575	244 578	244 575
Trichlooretheen	410 523	432 187	47 890	14 494	14 494	14 511	14 511
Endosulfan	622	622	622	622	622	622	622
Hexachloorbenzeen	5.4	8.9	12	8.9	5.4	5.5	5.6
Pentachloorfenol	669	669	669	606	543	494	494
PCB's	175	183	191	114	38	30	22
Hexachloorbutadieen	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Gebromeerde Difenylethers	50	50	50	50	50	50	50

Tabel 8: Belastingen prognose (kg/j. tenzij anders vermeld) van riool in Nederland door emissies in Nederland, Europa en door zeescheepvaartemissies op het NCP.

Stof	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016
Arseenverb. (als As)	2 626	1 773	784	717	581	533	570
Cadmiumverb. (als Cd)	775	812	578	355	132	140	162
Chroomverb. (als Cr)	850	614	612	569	456	417	461
Kobaltverb. (als Co)	307	309	284	253	223	217	230
Koperverb. (als Cu)	16 085	11 397	15 641	10 654	5 142	5 762	7 238
Kwikverb. (als Hg)	325	210	160	143	107	96	96
Loodverb. (als Pb)	24 120	18 216	19 095	11 147	3 151	2 823	3 360
Nikkelverb. (als Ni)	4 710	3 080	2 590	2 512	1 147	996	1 113
Seleenverb. (als Se)	355	270	198	161	125	126	127
Vanadiumverb. (als V)	6 178	4 701	4 712	4 247	1 453	842	873
Zinkverb. (als Zn)	83 201	65 167	57 380	41 280	19 197	19 628	25 097
N – Totaal*	7 035 558	6 107 988	5 378 441	4 945 142	4 028 683	3 444 223	3 444 223
Benzeen	19 507	14 676	11 133	9 397	8 275	6 801	6 694
Naftaleen	354	219	104	104	100	57	57
Fenanthreen	1 006	621	296	294	285	162	162
Anthraceen	52	32	15	15	15	8	8
Fluorantheen	639	395	188	187	181	103	103
Chryseen	128	79	38	37	36	21	21
Benzo(a)Anthraceen	60	37	18	18	17	10	10
Benzo(a)Pyreen	68	42	20	20	19	12	12
Benzo(b)Fluorantheen	81	50	24	23	24	15	15
Benzo(k)Fluorantheen	222	137	65	64	65	41	41
Benzo(ghi)Peryleen	67	41	20	19	19	15	15
Indeno (1,2,3-c,d)Pyreen	63	39	18	18	19	15	15
Acenafteen	118	73	35	35	34	19	19
Acenaftyleen	108	66	32	31	31	17	17
Pyreen	374	231	110	110	106	60	60
Dibenzo(A,H)Anthraceen	20	12	5.9	5.9	5.7	4.5	4.5
Fluoreen	143	88	42	42	41	23	23
Hexachloorcyclohexaan	185	110	35	35	35	35	35
Tetrachlooretheen	118 324	140 888	53 676	50 777	50 777	50 778	50 777
Trichlooretheen	68 675	72 299	8 011	2 425	2 425	2 427	2 427
Endosulfan	105	105	105	105	105	105	105
Hexachloorbenzeen	1.0	1.6	2.2	1.6	1.0	1.0	1.0
Pentachloorfenol	189	189	189	168	147	130	130
PCB's	32	34	35	21	7.0	5.7	4.0
Hexachloorbutadieen	0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Gebromeerde Difenylethers	8	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3

*: NH₃ belasting op het verhard oppervlak is op 0 gesteld vanwege het basische karakter van de ondergrond

Tabel 9: Belasting (kg/j, tenzij anders vermeld) van het oppervlakte water (zoet en zout) in Nederland door emissies in Nederland, Europa en door zeescheepvaartemissies op het NCP

Stof	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016
Arseenverb. (als As)	3 712	2 506	1 108	1 014	821	754	806
Cadmiumverb. (als Cd)	1 038	1 087	774	475	177	188	217
Chroomverb. (als Cr)	1 202	868	866	804	645	590	652
Kobaltverb. (als Co)	376	378	358	321	273	279	293
Koperverb. (als Cu)	16 785	11 894	16 321	11 118	5 366	6 013	7 553
Kwikverb. (als Hg)	423	276	210	189	140	127	127
Loodverb. (als Pb)	29 090	21 969	23 029	13 443	3 800	3 405	4 053
Nikkelverb. (als Ni)	5 764	3 859	3 336	3 236	1 518	1 233	1 370
Seleenverb. (als Se)	484	366	259	211	163	166	166
Vanadiumverb. (als V)	8 653	6 897	7 172	6 567	2 612	1 334	1 372
Zinkverb. (als Zn)	97 379	76 272	67 158	48 315	22 468	22 973	29 374
N - Totaal	26 454 734	19 515 110	16 881 569	15 389 377	13 249 071	12 268 394	12 268 394
Benzeen	17 058	12 978	10 082	8 698	7 793	6 307	6 143
Naftaleen	1 130	699	333	331	321	182	182
Fenanthreen	3 212	1 985	947	940	911	517	517
Anthraceen	166	102	49	49	47	27	27
Fluorantheen	2 038	1 260	601	596	578	328	328
Chryseen	409	253	121	120	116	66	66
Benzo(a)Anthraceen	191	118	56	56	54	31	31
Benzo(a)Pyreen	217	134	64	64	62	39	39
Benzo(b)Fluorantheen	449	278	133	131	135	85	85
Benzo(k)Fluorantheen	221	136	65	64	66	42	42
Benzo(ghi)Peryleen	213	132	63	62	60	48	48
Indeno (1 2 3-c d)Pyreen	156	97	46	46	47	37	37
Acenafteen	378	233	111	110	107	61	61
Acenaftyleen	344	212	101	101	98	55	55
Pyreen	1 196	739	353	350	339	193	193
Dibenzo(A H)Anthraceen	64	40	19	19	18	15	15
Fluoreen	457	282	135	134	130	74	74
Hexachloorcyclohexaan	115	69	22	22	22	22	22
Tetrachlooretheen	5 635	6 710	2 556	2 418	2 418	2 418	2 418
Trichlooretheen	3 075	3 237	359	109	109	109	109
Endosulfan	109	109	109	109	109	109	109
Hexachloorbenzeen	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1
Pentachloorfenol	133	133	133	123	112	104	104
PCB's	9.0	9.4	9.8	5.9	2.0	1.6	1.1
Hexachloorbutadieen	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Gebromeerde Difenylethers	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9

8 Verdeling compartimenten

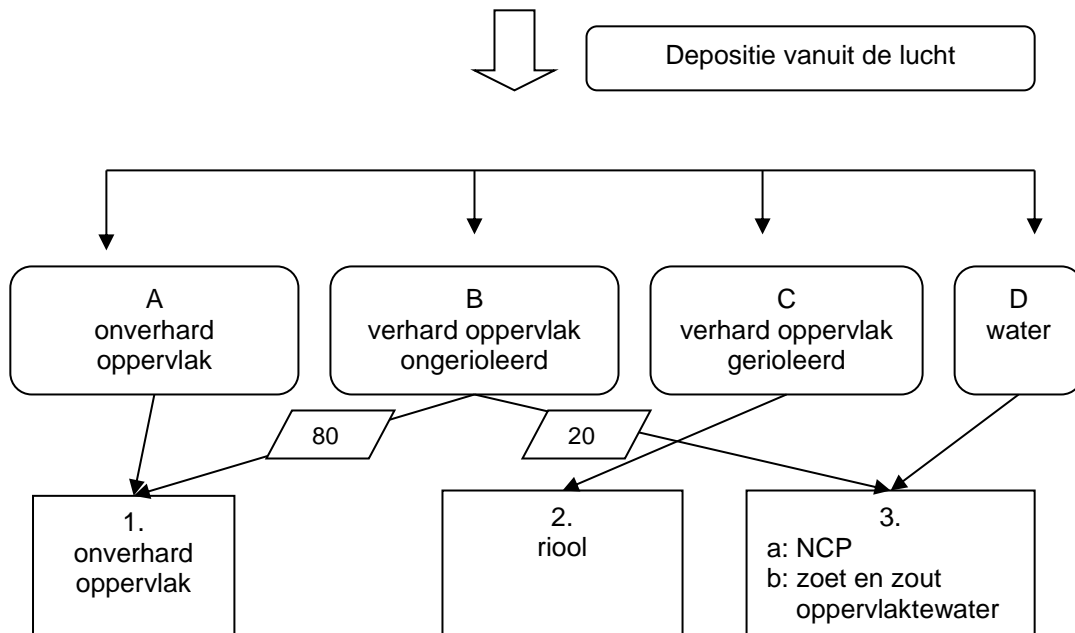
Figuur 3 laat zien dat de atmosferische depositie (emissies naar water/bodem etc.) plaatsvindt naar:

- A onverhard oppervlak
- B verhard oppervlak. ongerioleerd
- C verhard oppervlak. gerioleerd
- D water (NCP + zoet en zout oppervlaktewater)

Van de belasting op de ongerioleerde verharde oppervlakken wordt aangenomen dat 20% naar water gaat en 80% naar onverhard oppervlak. Door deze toedeling wordt de atmosferische depositie uiteindelijk toegerekend naar:

- 1) onverhard oppervlak (zie tabel 7)
- 2) riool (zie tabel 8)
- 3) water
 - a NCP (zie tabel 6)
 - b zoet en zout oppervlaktewater (zie tabel 9)

Vanwege het basische karakter van de verharde oppervlakken wordt de NH₃ vracht in het riool gelijk aan nul gesteld.



Figuur 3: Verdeling van de atmosferische depositie over de compartimenten.

De oppervlakte van de vier verschillende compartimenten voor Nederland bedraagt respectievelijk:

A	onverhard oppervlak	2.939 10 ⁶ ha
B	verhard oppervlak. ongerioleerd	0.101 10 ⁶ ha
C	verhard oppervlak. gerioleerd	0.326 10 ⁶ ha
Da	NCP	5.727 10 ⁶ ha
Db	oppervlaktewater	0.787 10 ⁶ ha

9 Emissieroutes via riool naar water

Emissies naar water vinden plaats door middel van directe emissies op oppervlaktewater en indirect door emissies uit het rioleringsstelsel, via overstorten, effluënten van RWZI's. In de factsheet "Effluënten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's" [15] wordt dit verder beschreven. De emissies vinden plaats via de hemelwaterafvoer (hwa).

10 Regionalisatie

De belasting per stof is uitgerekend met het OPS-model op een rooster van 5x5-kilometer. Vervolgens zijn de deposities met GIS-programmatuur toebedeeld aan de afzonderlijke compartimenten waarbij voor het NCP wederom een rooster van 5x5 kilometer is aangehouden; voor het land is hiervoor een rooster van 1x1 kilometer gebruikt. De belasting per stof is rechtstreeks in de EmissieRegistratie opgeslagen per gebied of per roostercel. De GIS-programmatuur maakt gebruik van de bodemgebruikkaart 2003 en van de kaart rioleringsseenheden 2002. Het bestand bodemgebruik deelt het bodemgebruik in Nederland in hoofdgroepen in die weer onderverdeeld zijn in categorieën. Voor deze categorieën wordt een ondergrens gehanteerd die varieert tussen de 0.1 en 1 hectare [16].

De ruimtelijke verdeling van de emissies uit het jaar 2000 (zoals berekend door OPS) dient als basis van de verdeling voor alle andere jaren. De emissiecijfers voor andere jaren zijn aangepast op basis van de trendfactoren, de ruimtelijke verdeling blijft ongewijzigd.

11 Opmerkingen en wijzigingen ten opzichte van voorgaande jaren

ER1990-2016

Trendfactoren voor de PAK metingen zijn aangepast. Er wordt vanaf 2011 niet langer gebruik gemaakt van luchtemissies uit EmissieRegistratie of prognoses op basis van het rapport van Denier van der Gon [3b].

De emissies voor Benzo(b)fluorantheen zijn aangepast. De emissies op riool waren erg hoog in vergelijking met de overige PAK. De emissies zijn op basis van gevonden verhoudingsfactoren BbF tov BaP, BkF en InP

ER1990-2015

Trendfactoren voor zware metalen zijn aangepast. In plaats van het jaargemiddelde wordt een 3-jarig gemiddelde berekend.

ER1990-2012

Nieuwe PAK berekeningen zijn doorgevoerd. Hiervoor zijn de regenwatermetingen uit de TNO/Deltares meetcampagne 2011/2012 gebruikt.

ER1990-2011

Twee nieuwe stoffen zijn toegevoegd, kobalt en vanadium. Daarnaast zijn er nieuwe trendfactoren afgeleid voor de scheepvaart voor NO_x en nikkel. Voor NO_x werd tot nu toe de trendfactor voor 2005 doorgekopieerd. Voor nikkel werden de trendfactoren uit het regenwatermeetnet aangehouden.

ER1990-2009 tweede ronde

Voor de zware metalen zijn de regenwatermeetnet gegevens van het RIVM gebruikt om de trend te bepalen. De emissies voor 2005 en 2008 zijn aangepast. In de voorgaande jaren was de trend bepaald door interpolatie van de prognose voor 2010. Daarnaast zijn voor het bepalen van de PAK en stikstof trendfactoren luchtemissies uit de EmissieRegistratie gebruikt en voor stikstof ook de Europese luchtemissies uit de EMEP database [11].

Correctie voor Eems stroomgebied

Ten onrechte was het gehele Eems stroomgebied meegenomen in de depositie op het NCP. De belasting op het Duitse deel van het Eems stroomgebied is uit de depositieberekeningen verwijderd.

Fluxen

Tabel B1 geeft een vergelijking van de depositieflux op de vier verschillende compartimenten zoals berekend in deze studie en de flux afgeleid uit metingen in het TNO meetnet [9] en uit het landelijk regenwatermeetnet van het RIVM [7]. Vergelijking met metingen is de grondslag geweest voor de bepaling van de depositiefluxen in eerdere studies. Voor diverse stoffen is de overeenstemming behoorlijk te noemen, voor anderen zijn de verschillen nogal groot. Deze vergelijking is aanleiding geweest om voor een aantal stoffen (PCB, PCP en HBU) meetcorrectiefactoren op te nemen zoals weergegeven in tabel 1. Voor HCB en PCB zijn de depositiewaarden boven water aangepast (respectievelijk van 0.01 naar 0.10 en van 0.07 naar 0.30).

Verder valt in tabel B1 op dat de fluxen van bepaalde stoffen voor de verschillende ondergronden sterk uiteenlopen. Dit valt te verklaren uit de fysisch/chemische eigenschappen van de stoffen waarmee gerekend is.

Belasting NCP

Een vergelijking met eerdere studies is niet goed mogelijk aangezien de gebieden waarvoor de berekeningen zijn uitgevoerd (o.a. afwateringseenheden) verschillen. Een uitzondering betreft de studie "Atmosferische depositie Zoute Wateren" uit 2005-2006 [6]. Tabel C1 geeft een overzicht van de emissies, meetcorrectiefactoren en belasting op het NCP in beide studies.

De emissies en de meetcorrectiefactoren in beschouwing nemend kan gesteld worden dat de bijdragen tot de belasting op het NCP uit beide studies voor sommige stoffen in redelijke overeenstemming is. Voor andere stoffen zijn er aanzienlijke verschillen die grotendeels te verklaren zijn uit de verschillen in de emissies.

Stoffen

Stoffen die in deze studie niet behandeld zijn, en in eerdere studies wel, zijn:

- benzo(a)anthraceen.

- carbendazim.
- chloorthanolil.
- diuron.
- fenanthreen
- isoproturon.
- organotinverbindingen.
- simazine
- tinverbindingen

De reden voor het niet meenemen van deze stoffen is gelegen in het feit dat voor deze stoffen de emissiebestanden van onvoldoende kwaliteit werden beoordeeld.

Originele factsheet::

Roemer. M (TNO). J.H. van der Brugh (TNO) en N. van Duijnhoven (Deltares). Atmosferische depositie op Nederland en Nederlands Continentaal Plat. april 2008

De factsheets worden jaarlijks geupdate.

12 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

Aan elk onderdeel van de emissieberekening is een betrouwbaarheid toegekend. De volgende betrouwbaarheidspercentages zijn hierbij gehanteerd: 1%. 5%. 10%. 25%. 50%. 100%. 200% en 400%. Een betrouwbaarheid van 1% wil zeggen dat het desbetreffende onderdeel zeer betrouwbaar is; een betrouwbaarheid van 400% betekent een grote onzekerheid in het desbetreffende onderdeel. Alle percentages ertussen geven van laag naar hoog een steeds kleinere betrouwbaarheid en een grotere onzekerheid. Voor elk van de onderdelen is de betrouwbaarheid ingeschat door een groep experts. Hierbij zijn onder andere de volgende punten in overweging genomen:

- Metingen: zijn er metingen beschikbaar? Om hoeveel metingen gaat het? Zijn ze recent. realistisch en representatief? Hoe groot is de variatie?
- Als er geen metingen voorhanden zijn: is er veel literatuur of zijn er andere informatiebronnen beschikbaar?
- Als de emissie d.m.v. een model wordt verkregen: wat is de schaal van het model en is het model gevalideerd?
- Aannames: moeten er veel aannames gedaan worden en hoe groot zijn die?
- Regionalisatie: geeft de EVV een goed beeld van de ruimtelijke verdeling van de bron? Hoe groot is de variatie van de emissie in de ruimte en kan deze variatie door de EVV wel goed over Nederland verdeeld worden?

Onderdeel emissieberekening	Betrouwbaarheidspercentage (%)
Berekening jaarvrachten (OPS + validatie):	
- stikstof	25
- metalen	50
- PAK	100
- overige stoffen	200
Verdeling compartimenten	
- direct	5
- indirect	200
- bodem	5
Emissieroutes via riool naar water	10
Regionalisatie:	
- stikstof	50
- metalen	100
- PAK	100
- overige stoffen	100

Zowel de emissieverklarende variabele als de emissiefactor zijn onderdeel van het OPS model. Alleen de berekende jaarvrachten met behulp van OPS en de daarbij horende validatie met meetgegevens krijgt een betrouwbaarheidspercentage. Voor stikstof wordt de berekende belasting met OPS niet gevalideerd met meetgegevens omdat het model redelijk betrouwbare belastingen oplevert. Stikstof krijgt daarom een betrouwbaarheidspercentage van 25%. Voor metalen zijn de invoergegevens van OPS redelijk bekend, maar de OPS resultaten dienen wel gevalideerd te worden. Hiervoor wordt de meetgegevens uit het regenwatermeetnet van RIVM gebruikt. De metalen krijgen een

betrouwbaarheidspercentage van 50%. Voor PAK en de overige stoffen is de invoer matig en is de validatie ook minder goed. Voor PAK vinden incidenteel metingen plaats, voor overige stoffen zijn ze niet beschikbaar. De PAK krijgen een betrouwbaarheidspercentage van 100%, de overige stoffen een percentage van 200%.

De verdeling van de emissies over de verschillende compartimenten verloopt via een aantal routes (zie Hoofdstuk 8) en wordt bepaald door de kwaliteit van de GIS gegevens. Deze gegevens zijn goed bekend voor de directe belasting op bodem en oppervlaktewater. Beide krijgen een betrouwbaarheidspercentage van 5%. De indirecte belasting op het riool is minder betrouwbaar. Voordat de stoffen een RWZI bereiken hebben ze al een behoorlijke weg afgelegd. Een groot deel van de stoffen blijft achter in straatvuil of het rioleringsproces. De betrouwbaarheid wordt op 200% geschat. De verdeling van de indirecte emissies via het riool naar water krijgt een betrouwbaarheidspercentage van 10% [15]. De regionalisatie van de emissies is redelijk betrouwbaar omdat het zwaartepunt van de bronnen wel bekend is en het model wat dit betreft redelijk betrouwbaar is. De weerjaren worden minder goed meegenomen. OPS wordt voor een bepaald jaar gedraaid en de emissies voor de daaropvolgende jaren worden berekend met behulp van trendfactoren. Om die reden krijgt stikstof een betrouwbaarheidspercentage van 50% toegewezen en de andere stoffen een betrouwbaarheid van 100%.

Als belangrijkste verbeterpunten kunnen worden genoemd:

- Opgemerkt wordt dat voor diverse metalen de meetcorrectiefactor fors is (Tabel 1). Dit grote verschil suggereert dat de emissies van deze stoffen flink onderschat worden. Gegeven de aanzienlijke aandacht die in een recente studie [3] aan de emissies van deze stoffen is geschonken is dat een opvallende constatering. Het blijkt echter dat de meetresultaten verkregen uit twee verschillende methoden niet eenduidig zijn. In deze studie en in eerdere studies over de belastingen van Nederland en NCP zijn de metingen uit het landelijk regenwatermeetnet gebruikt [7]. Voor vier metalen (arsen, cadmium, kwik en zink) meet het RIVM sinds 1990 de concentratie op aerosol. Er bestaat een goed bekend verband tussen de jaarlijkse depositieflux uitgaande van concentraties van metalen in de lucht, en die gebaseerd op de concentraties in regenwater. Het blijkt dat de jaarlijkse depositieflux gebaseerd op concentraties in regenwater circa een factor drie hoger is dan die op grond van concentraties van metalen in de lucht. Gesteld wordt dat de twee meetbestanden niet samenhangend zijn. Aanbevolen wordt dat het RIVM hierover helderheid verschaft, en aangeeft welk bestand het beste te gebruiken is. Belangrijk verbeterpunt is om overeenstemming bereiken tussen de meetgegevens van metalen uit het regenwaternet en die uit de aerosol metingen.
- verbetering van emissiegegevens van zware metalen en PAK
- verbetering van schattingen van de depositiesnelheid van gasvormige organische verbindingen
- verbetering van de verificatie van modelberekeningen door het uitvoeren van metingen. Dit geldt vooral voor de schattingen op het NCP.
- om meer stoffen op te kunnen nemen is het nodig dat van deze stoffen betere emissiegegevens beschikbaar komen en dat er meetcampagnes worden uitgevoerd.

13 Reacties

Voor vragen naar aanleiding van dit werkdocument of opmerkingen kan contact worden opgenomen met Nanette van Duijnhoven, Deltares, tel. 06-10399534, e-mail: nanette.vanduijnhoven@deltares.nl

14 Referenties

- [1] Duyzer, J.H. R.A.J. Plant, A. Bleeker (2002). Bepaling van emissies naar water door atmosferische depositie. TNO-MEP rapport R2002/268. Utrecht.
- [2] Bleeker A. en J.H. Duyzer (2003). Belasting van het oppervlaktewater door atmosferische depositie- berekening van directe depositie van 18 probleemstoffen naar water. TNO rapport 2003/476. Utrecht.
- [3a] Denier van der Gon H., M. van het Bolscher, A. Visschedijk en P. Zandveld (2005). Study to the effectiveness of the UN-ECE Heavy Metals Protocol and costs of additional measures. TNO rapport B&)-A R2005/193. TNO. Utrecht.

- [3b] Denier van der Gon H., M. van het Bolscher, A. Visschedijk en P. Zandveld (2005). Study to the effectiveness of the UN-ECE Persistent Organic Pollutants Protocol and costs of additional measures. TNO rapport B&)-A R2005/193. TNO. Utrecht.
- [4] Berdowski J., J. Baas, J. Bloos, A. Visschedijk en P. Zandveld (1997). The European Inventory of Heavy Metals and Persistent Organic Pollutants for 1990. UFO Plan 104.02 672/03 UBA/Berlijn en TNO/Utrecht.
- [5] Van Jaarsveld, J.A. (1995). Modelling the long-term atmospheric behaviour of pollutants on various spatial scales. Proefschrift Universiteit Utrecht. ISBN 90-393-0950-7
- [6] Roemer M., J. Duyzer, J. Hulskotte, J. van den Roovaart en K. van de Ven (2006). Factsheet Atmosferische depositie op zoute wateren.
- [7] Stolk A. (2001). Landelijk meetnet regenwatersamenstelling Meetresultaten 2000. RIVM Rapport 723101 057 / 2001. Bilthoven + jaarlijkse databestanden met regenwatersamenstellingen.
- [8] Duyzer J. en A.W. Vonk (2003). Atmosferische depositie van pesticiden, PAK's en PCB's in Nederland. TNO rapport R2003/255. TNO. Utrecht.
- [9] Duyzer J. en A.W. Vonk (2001). Atmosferische depositie van POP in Nederland: resultaten van de metingen in het jaar 2000. TNO rapport R2001/246. TNO. Utrecht.
- [9a] Duyzer J., Westrate H., Visschedijk A., Atmosferische depositie van stoffen naar oppervlaktewater. TNO-060-UT-2012-01650. 7 december 2012
- [10] Denier van der Gon en A. Visschedijk (2004). LOTOSEUROS emissies
- [11] Webdab: elektronische emissie-informatie van EMEP (www.emep.int).
- [12] EMEP (2007) Transboundary pollution of acidification, eutrophication and ground level ozone (Tabellen A1-A5). Report 1/7. DNMI. Oslo. Noorwegen.
- [13] Amann M., W. Asman, I. Bertok, J. Cofala, C. Heyes, Z. Klimont, W. Schopp en F. Wagner (2007). Cost-effective emission reductions to meet the environmental targets of the thematic strategy on air pollution under different greenhouse gas constraints. NEC Scenario Analysis Report No. 5. IIASA. Laxenburg. Oostenrijk.
- [14] Informatie afkomstig van de emissieregistratie. www.emissieregistratie.nl
- [15] Rijkswaterstaat WVL. 2014. Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's. factsheet diffuse bronnen, mei 2014.
- [16] Bestand Bodemgebruik 2003 (2003). Centraal Bureau voor de Statistiek. Voorburg.
- [17] Hulskotte J. en J. Duyzer (2004). Belasting van het oppervlaktewater door atmosferische depositie. TNO rapport R2004/526. TNO. Utrecht.
- [18] Most, P.F.J. van der *et al.*, juli 1998. *Methoden voor de bepaling van emissies naar lucht en water*. Publicatierreeks Emissieregistratie, nr. 44.

Bijlage A Overzicht stoffen

Tabel A1: Stoffenlijst

Stoffen (stofnr)	NL ER ¹ DvdG-2000	buitenland DvdG-2000 ²	Buiten ³ lucht meting	Fysisch. chemische karakt. ⁴	Status ⁵
Ja-stoffen⁶					
Cadmium (104)	2003	DvdG-2000	RIVM	Ja	1
Kwik (110)	2003	DvdG-2000	-	Ja	2
Lood (111)	2003	DvdG-2000	RIVM	Ja	1
Arseen (103)	2003	DvdG-2000	RIVM	Ja	1
Chroom (105)	2003	DvdG-2000	RIVM	Ja	1
Koper (109)	2003	DvdG-2000	RIVM	Ja	1
Nikkel (114)	2003	DvdG-2000	RIVM	Ja	1
Seleen (115)	2003	DvdG-2000	-	Ja	2
Zink (120)	2003	DvdG-2000	RIVM	Ja	1
Hexachloorbenzeen	DvdG-2000	DvdG-2000	TNO	Ja	1
Polychloorbifenyyl	DvdG-2000	DvdG-2000	TNO	Ja	1
Hexachloorhexaan	DvdG-2000	DvdG-2000	TNO	Ja	1
Benzo(a)pyreen (539)	2000	DvdG-2000	TNO	Ja	1
Benzo(b)fluorantheen (540)	2000	DvdG-2000	TNO	Ja	1
Benzo(k)fluorantheen (541)	2000	DvdG-2000	TNO	Ja	1
Indeno-(1.2.3.cd)pyreen (543)	2000	DvdG-2000	TNO	Ja	1
Benzeen (515)	2000	Berdw-1990 ⁷	RIVM	Ja	3
Benzo(g,h,i)peryleen (542)	2000	Berdw-1990	TNO	Ja	3
Endosulfan	DvdG-2000	DvdG-2000	TNO	Ja	1
Fluorantheen (536)	2005	Berdw-1990	TNO	Ja	1
Polygebroomeerde difenylethers	DvdG-2000	DvdG-2000	-	ja	2
Hexachloorbutadieen	DvdG-2000	DvdG-2000	TNO	ja	1
Pentachloorfenol (679)	2005	DvdG-2000	TNO	ja	1
Tetrachlooretheen (619)	2005	Berdw-1990	-	Ja	4
Trichlooretheen (621)	2005	Berdw-1990	-	Ja	4
NOx (305)	2005	DvdG-Vissch ⁸	RIVM	ja	3
NH3 (301)	2000	DvdG-Vissch	RIVM	ja	3
N-totaal					
Naftaleen (545)	2005	Via benzeen ⁹	TNO	ja	3
Nee stoffen⁶					
Di2-thylhexylftalaat	2005	-	-	ja	N
Dichloorethaan.1.2	2005	??	-	Ja	N
Dichloormethaan	2005	??	-	ja	N
Anthraceen ¹⁰	ER ¹¹	UBA ¹¹	TNO	Ja	N
Atrazine	RIALT ¹²	RIALT	TNO	Ja	N
Chloorvenfinvos	2005	RIALT	TNO	ja	N
Chloorpyrifos	2005	RIALT	TNO	Ja	N
Trichloorbenzenen	2005	??	-	Ja?	N
Trichloormethaan	2005	-	-	Ja	N
Tetrachloormethaan (620)	2005	??	-	Ja	N
Dichloorvos	RIALT	RIALT	TNO	ja	N
Mecoprop	niet	RIALT	-	ja	N
SCCP (short chain chlorinated paraffins)	DvdG-2000	??	-	Ja?	N
Vanadium	??	??	-		N
Dieldrin	-	-	-	deels	N
Diuron	-	-	-	Ja	N
Isodrin	-	-	-		N
Isoproturon	2005	-	-		N
Alachloor	-	-	-	deels	N
Nonylfenol	-	-	-		N
Octylfenolen	-	-	-		N
Simazine	RIALT	RIALT	TNO	Ja	N
Stoffen (stofnr)	NL ER ¹ DvdG-2000	buitenland DvdG-2000 ²	Buiten ³ lucht meting	Fysisch. chemische karakt. ⁴	Status ⁵
Tributylverbindingen	-	-	-		N
Trifluralin	-	-	-	Ja	N
Trifenyyltin	RIVM	-	-		N
MCPA (2-methyl-4-chlorophenoxyacetic acid)	2005	-	TNO	deels	N
Heptachloor	RIALT	RIALT	TNO	deels	N
Stoffen (stofnr)	NL ER ¹ DvdG-2000	buitenland DvdG-2000 ²	Buiten ³ lucht meting	Fysisch. chemische karakt. ⁴	Status ⁵

Stoffen (stofnr)	NL ER ¹ DvdG-2000	buitenland DvdG-2000 ²	Buiten ³ lucht meting	Fysisch. chemische karakt. ⁴	Status ⁵
Bentazon	2005	RIALT	TNO	ja	N
Chloridazon	2005	RIALT	TNO	ja	N
Dichloorvos	RIALT	RIALT	TNO	ja	N
Dichloorprop	-	-	-		N
Dimethoaat	RIALT	RIALT	TNO	ja	N
Pyrazon	RIALT	RIALT	TNO	ja	N
Boor	-	-	-		N
Uranium	-	-	-		N
Propoxur	RIALT	RIALT	TNO	ja	N
Diazinon	RIALT	RI/ALT	TNO	ja	N
Hepterofofos	-	-	-		N
Aldrin	0 ³	0	TNO	deels	N
Chlordane	0	0	-		N
Chlordecone	0	0	-		N
DDT (Dichlorodiphenyltrichloroethane)	0	0	-		N
Endrin	0	0	0	deels	N
Hexabroombifenyl	0	0	-	deels	N
Mirex	0	0	-		N
Toxafeen	0	0	-	deels	N
Heptachloor	0	0	-0	deels	N

- 1) Als emissie is voorzien van een getal dan is de bron de Emissieregistratie (ER). of Denier van der Gon et al.. [3a/b]. anders is de bron ofwel Berdowski et al.. (1995) [4] ofwel RIVM/ALTERRA
- 2) Als emissie is voorzien van een getal dan is de bron Denier van de Gon (2005). [3a/b]
- 3) RIVM meetnet. neerslag beslaat periode 1992-2004/5 in 4-wekelijkse perioden. Stations: Beek. Biddinghuizen. de Bilt. de Zilk/Leiduin. Eibergen. Gilze-Rijen. Huijbergen. Kollumerwaard. Philippine. Rotterdam. Speulderbos. Valthmond/Witteveen. Vredepeel. Wageningen. Wieringerwerf; Voor N-totaal en benzeen worden luchtconcentraties bedoeld; TNO meetnet beslaat luchtmonsters en neerslagmonsters in de periode 2000-2001 in 4-wekelijkse perioden; 19 stations verspreid over het land.
- 4) Deels: wel dampspanning. oplosbaarheid. moleculaire massa. maar geen depositiesnelheden.
- 5) Status; zie onderstaande tabel.
- 6) Ja-stoffen zijn stoffen waarover gerapporteerd is; Nee-stoffen worden niet gerapporteerd omdat er te weinig of onvoldoende betrouwbare informatie is
- 7) Gebaseerd op Berdowski et al.. (1995) [4]
- 8) Denier van der Gon en Visschedijk [10]
- 9) Naftaleenemissies zijn als 10% van de benzeenemissies verondersteld.
- 10) Anthraceen is " gepromoveerd" naar de "ja-groep". Er wordt niet voor gerekend. alleen is er geschaald via fluorantheen. (anthraceen = 0.11* fluorantheen.)
- 11) Info uit Hulskotte en Duyzer (2004). [17]
- 12) RIALT: emissiebestanden zoals gebruikt in Duyzer en Vonk (2003). [9].

Status-tabel

	1	2	3	4	N*
Emissies Nederland	ER/DvdG	ER/DvdG	ER/DvdG	ER/DvdG	
Emissies buitenland	DvdG	DvdG	Berd.	Berd.	
trend-info	ja	ja	nee	nee	
meetnet	ja	nee	ja	nee	
stofkarakteristiek	ja	ja	ja	ja	

* Nee-stoffen zijn stoffen waarvan de bestanden voor Nederlandse en buitenlandse emissies andere zijn dan de ER. DvdG dan wel Berdw.

Bijlage B Vergelijking Fluxen

Tabel B1 vergelijkt de depositieflux van een aantal stoffen op de vier verschillende bestemmingen met de depositieflux zoals die uit metingen volgt. De depositieflux per tijdseenheid en per oppervlakte-eenheid verschilt voor de vier verschillende bestemmingen. De verschillen in depositieflux tussen de bestemmingen worden veroorzaakt door de stoffeigenschappen. De depositieflux "water direct NCP" is circa een factor twee lager dan die van "water direct NL" wat te maken heeft met het feit dat het NCP verder weg gelegen is van vooral de Nederlandse bronnen dan de oppervlaktewateren in Nederland. De depositieflux uit metingen sluit goed aan bij de berekende depositiefluxen, wat gezien de toepassing van meetcorrectiefactoren niet vreemd is.

Tabel B1: Depositieflux (gram/ha/j) vergeleken met die uit metingen [8.9].

stofnaam	Bestemming. Flux (gram/ha/jr)				Flux (gram/ha/jr) Metingen
	Bodem direct NL	Verhard gerioleerd NL	Water direct NCP	Water direct NL	
Chroom ¹	1.3004	1.4345	0.6787	1.1025	1.204
Nikkel	4.6493	6.0664	2.5775	4.2453	3.853
Koper	34.9256	47.8254	6.9986	22.3991	20.298
Zink	119.5889	134.3886	44.8512	85.4753	90.900
Arseen	1.7195	1.8364	1.0566	1.4103	1.442
Cadmium	1.2200	1.3533	0.4373	0.9848	0.881
Lood	40.3790	44.7226	14.0677	29.3094	31.448
Benzo(a)pyreen ²	0.1772	0.1951	0.1096	0.2211	0.2
Benzo(b)fluorantheen	0.3039	0.3196	0.4557	0.8139	0.48
Benzo(k)fluorantheen	0.3193	0.4965	0.1700	0.2901	0.29
Indeno(1.2.3-cd)pyreen	0.1562	0.1700	0.1034	0.1989	0.18
Benzo(g,h,i)peryleen	0.3362	0.4472	0.0522	0.1154	0.19
HexaChloorBenzeen	0.004187	0.005233	0.00028	0.00094	0.006
Hexachloorhexaan	0.0662	0.0831	0.0277	0.0283	0.023
Polychloorbifenyyl	0.0130	0.0164	0.00018	0.0025	0.05
Endosulfan	0.2115	0.2460	0.0657	0.1386	0.006
HexaChloorButadien	0.00063	0.00064	0.00043	0.00047	0.0006
PentaChloorFenol	0.2276	0.4434	0.1063	0.1689	0.14
Naftaleen	0.8169	1.2105	3.9043	11.4473	5.79
Fluorantheen	5.1429	8.9752	0.4086	1.0696	2.97

1: metingen alle zware metalen uit het landelijk regenwatermeetnet [7]. Flux is 2* flux natte depositie

2: metingen Benzo(a)pyreen en alle daarna genoemde stoffen uit TNO meetnet [8.9]

Bijlage C Vergelijking met eerdere studies

Een vergelijking van de resultaten met wat uit eerdere studies naar voren is gekomen is niet goed mogelijk aangezien de gebieden waarvoor de berekeningen zijn uitgevoerd (o.a. afwateringseenheden) verschillen. Een uitzondering betreft de studie " Atmosferische depositie Zoute Wateren uit 2005-2006 [6]. Tabel C1 geeft een overzicht van de emissies, meetcorrectiefactoren en belasting op het NCP in beide studies.

De meetcorrectiefactoren zijn voor beide studies nogal verschillend. In de huidige studie zijn alle regionale stations, verspreid over Nederland, gebruikt, terwijl in de eerdere slechts drie kuststations gebruikt zijn; die studie was gericht op de zoute wateren, en niet op Nederland als totaal.

De depositiesnelheden op zee (tabel 1) waren in beide studies gelijk.

Verder valt op dat de emissies voor hetzelfde peiljaar verschillend zijn in de twee studies. Grote verschillen bestaan voor koper en voor de binnenlandse emissies van cadmium en lood. De koperemissies zijn aangepast vanwege nieuwe schattingen van de bijdrage van remvoeringen. De reden van de grote verschillen in de aangeleverde emissies voor cadmium en lood is niet bekend.

Tabel C1: Vergelijking emissies en belasting NCP in deze studie en studie Atmosferische Depositie Zoute Wateren, Peiljaar 2000

Stof	Emissies naar lucht (ton/j)		Meet correctie factor	Belasting op NCP (kg/j)	
	ER	buitenland		door binnenlandse bronnen	door buitenlandse bronnen
Cadmium	2.5	326	3.418	434	2070
Koper	87.4	4.990	2.658	7.105	56.849
Kwik	0.6	315	1	31	869
Lood	47.2	12.995	3.823	9.185	71.387
Nikkel	19.1	3.730	1.018	935	9.618
Zink	99.4	16.881	5.075	18.061	238.824
NOx	420 kton	16.430 kton	1	3.590 ton N	19.529 ton N
Studie zoute wateren					
Cadmium	1.0	376	1.85	102	2.165
Koper	19.6	2.826	9.46	8.880	65.088
Kwik	0.8	343	1	43	917
Lood	29.2	35.344	1.17	2.010	94.677
Nikkel	24.9	4.052	0.63	1.006	9.883
Zink	94.1	19.409	2.77	11.277	217.896
NOx	451 kton	17.820 kton	1	54.78 ton N	23.435 ton N

Een ander verschil is dat in de huidige studie gerekend is volgens de meteorologie van 2000, terwijl in de eerdere studie gebruik is gemaakt van de langjarige gemiddelde meteorologie 1990-2000. Dit verschil is de reden voor afwijkingen van niet meer dan 10-20%. Tenslotte wordt opgemerkt dat vergelijking van alleen de emissies niet alles verklaart. Van belang is vooral ook de bronhoogte, de hoogte waarop de stoffen in de atmosfeer uitgestoten wordt. De bronhoogte is van belang voor de NO_x emissie uit bijvoorbeeld elektriciteitscentrales. Die vergelijking is niet gemaakt.

De emissies en de meetcorrectiefactoren in beschouwing nemend kan gesteld worden dat de bijdrage tot de belasting op het NCP uit beide studies voor sommige stoffen in redelijke overeenstemming is. Voor andere stoffen zijn er aanzienlijke verschillen die grotendeels te verklaren zijn uit de verschillen in de emissies.