



# GEBIEDSGERICHT MILIEUBELEID

STUDIE ZWARE METALEN IN HET EEMS-DOLLARD ESTUARIUM  
(ARSEEN • CADMIUM • KWIK • LOOD)

## GEBIEDSGERICHT MILIEUBELEID

Rapport zware metalen (Arseen, Cadmium, Kwik en Lood)

Versie: mei 2018

ZAAKDOSSIER: Z2017-00006686

Vastgesteld in het Bestuurlijk Overleg Gebiedsgericht Milieubeleid op 9 mei 2018.

**PROJECT:** Gebiedsgericht milieubeleid  
Rapport zware metalen (Arseen, Cadmium, Kwik en Lood)

**AUTEURS:** J.P. van Zweeden / H. Brinkman

**DATUM:** 11-6-2018

**VERSIE:** 0.5

**ZAAKDOSSIER:** Z2017-00006686

**ORGANISATIE:** Omgevingsdienst Groningen, Lloydsweg 17, 9641 KJ VEENDAM

# I. Samenvatting

Op verzoek van de provincie Groningen is in het kader van het gebiedsgericht milieubeleid een studie verricht naar de zware metalen in het Eems–Dollard estuarium. De provincie werkt in dit kader samen met GSP, SBE en NMFG aan een joint fact finding process.

In dit onderzoek is er voor gekozen de categorie “zware metalen” te beperken zich tot arseen (As), cadmium (Cd), kwik (Hg) en lood (Pb).

De vragen die centraal staan in dit proces zijn:

- 1. Wat is de feitelijke situatie ten aanzien van de belasting van zware metalen op het Eems-Dollard gebied.**
- 2. Wat is de invloed van de bedrijven in de Eemsdelta op deze belasting?**

Op basis van literatuuronderzoek, onderzoek in openbare databases, websites en uit informatie van betrokkenen in het gebied is getracht bovenstaande vragen te beantwoorden.

Gebleken is dat er voor de cadmium, kwik en lood, en in mindere mate ook arseen, ten aanzien van de feitelijke situatie wel veel informatie voorhanden is maar veelal is deze informatie niet erg recent. Voor zover er meetreeksen over meerdere jaren beschikbaar zijn, blijken de waarden redelijk constant, in enkele gevallen (zoals de concentraties van cadmium en lood in lucht) variëren de waarden wel. In dit rapport is er vanuit gegaan dat de historische gegevens ook een redelijk beeld geven van de huidige situatie in het gebied.

De concentraties zware metalen in het estuarium wordt op basis van de beschikbare gegevens als volgt ingeschat (Tabel 1):

COMPARTIMENT	METAAL:			
	ARSEEN (As)	CADMIUM (Cd)	KWIK (Hg)	LOOD (Pb)
lucht (ng/m <sup>3</sup> )	0,5	0,1	1,5	3
water (µg/l)	1,5	0,1	0,001	0,1
sediment (mg/kg drooggewicht)	15	0,4	0,2	40
mossel (mg/kg drooggewicht)	-	1	0,25	3

TABEL 1

Sommige bedrijven die gelegen zijn in de nabijheid van het gebied lozen zware metalen in de lucht en direct op het oppervlaktewater. De emissie naar de lucht deponert deels naar het estuarium. Uit de lozingen die de bedrijven melden in het kader van hun verplichtingen in het kader van de Europese PRTR-verordening is een schatting gemaakt van de hoeveelheid metalen die deze bedrijven in het estuarium lozen. Dit is ook gedaan voor de bedrijven die in Duitsland liggen; zij moeten hun emissies ook rapporteren in het kader van de PRTR-verordening.

Het Eems-Dollard-estuarium wordt daarnaast op verschillende andere manieren belast met zware metalen. In dit onderzoek is gekeken hoeveel zware metalen het gebied inkomen door:

- Toevoer vanuit de Eems en Groningse afwateringspunten
  - Sedimentatie van slib vanuit de Noordzee
  - Depositie ten gevolge van de grootschalige luchtverontreiniging
- Op basis van verschillende bronnen kan geconcludeerd worden dat de aanvoer naar het estuarium ongeveer de volgende vrachten bedragen (in kg/j, Tabel 2).

Op basis van de geschatte bijdragen van de verschillende bronnen aan de belasting van het gebied kan een indruk worden verkregen van de relatieve bijdrage van de lokale bedrijven aan deze belasting. In Tabel 2 is deze bijdrage ook weergegeven.

METAAL:	PERIODE	As	Cd	Hg	Pb
Uit de Eems	1983-2005	40.000	200	100	5.000
Uit Groningen	1995-1999	1.500	50	40	1.500
Uit de Noordzee	1989-1999	onbekend	400	200	30.000
Grootschalige depositie	2014-2015	<50 <sup>1)</sup>	27	5	300
Bedrijven naar water	2014-2015	20	1	0,25	40
Bedrijven via de lucht	2014-2015	0,55	0,07	0,4	2,7
Procentuele bijdrage van lokale bedrijven		<0,05%	0,16%	0,19%	0,12%

TABEL 2

De periodes waarover de gegevens stammen, bestrijken niet in alle gevallen dezelfde periode. In veel gevallen overlappen deze periodes elkaar ook niet.

Voor zover het de emissies van bedrijven betreft, zijn de meest recente waarden uiteraard het meest relevant. Als er in verloop van de vrachten geen duidelijk verband te zien is dan wordt aangenomen dat zich ook in de jaren daarna geen wezenlijke wijzigingen hebben voorgedaan. Wat betreft de vrachten van metalen uit de Eems en vanuit de Groninger wateren geldt dat deze weliswaar vrij sterk kunnen variëren, maar geen toe- of afname laten zien. Omdat echter de concentraties in het estuarium in de periode voor en na 1999 niet wezenlijk veranderd zijn, mag aangenomen worden dat de vrachten ook niet erg veranderd zijn. Een uitzondering is kwik, waarbij wel een afname van de concentraties te zien zijn.

Het blijkt dat de bijdrage van de lokale bedrijven een bijdrage leveren die in de orde grootte ligt van 0,1 - 0,2 %.

Zware metalen in het Eems-Dollard-estuarium worden opgenomen in de voedselketen. Deze metalen zijn een belasting voor met name dieren die in het gebied leven. Metalen hebben de eigenschap dat ze accumuleren in de voedselketen, organismen die hoger in de voedselketen staan, zullen meer metalen in hun lichaam hebben dan dieren onder in de voedselketen. Er is wel informatie beschikbaar over gehalten in dieren, maar deze is moeilijk te interpreteren. Op basis van een eerste orde bioaccumulatiemodel kan echter voorspeld worden dat een toename van het gehalte van metalen in het estuarium leidt tot een evenredige toename van gehalte in in het gebied levende organismen. Omdat de bijdrage van lokale bedrijven aan de belasting van het gebied in de orde grootte van 0,1 - 0,2 % is, zal ook het gehalte van metalen in organismen die afkomstig zijn uit de lozingen van bedrijven, in die orde van grootte liggen.

1) Op basis van gegevens uit 1999

# Inhoudsopgave

<b>1. Samenvatting</b>	<b>3</b>
<b>2. Achtergrond van het onderzoek</b>	<b>6</b>
<b>3. Afbakening van het onderzoek</b>	<b>7</b>
3.1. Keuze metalen en beschrijving effecten	7
3.2. Keuze onderzoeksgebied	7
3.3. Status en betekenis normen Waterwet	7
3.4. Bestaande situatie	7
3.5. Concentraties in water en sediment	8
3.5.1. Arseen	8
3.5.2. Cadmium	10
3.5.3. Kwik	12
3.5.4. Lood	15
3.6. Concentraties in lucht	17
3.6.1. Arseen	18
3.6.2. Cadmium	18
3.6.3. Kwik	18
3.6.4. Lood	19
3.7. Concentraties in biota	19
3.7.1. Arseen	19
3.7.2. Cadmium	19
3.7.3. Kwik	20
3.7.4. Lood	21
3.8. Aanvoer vanuit water	21
3.8.1. Arseen	22
3.8.2. Cadmium	22
3.8.3. Kwik	23
3.8.4. Lood	24
3.9. Aanvoer vanuit de Noordzee	24
3.9.1. Arseen	24
3.9.2. Cadmium	24
3.9.3. Kwik	25
3.9.4. Lood	25
3.10. Aanvoer vanuit lucht naar water (door depositie)	25
3.10.1. Arseen	26
3.10.2. Cadmium	26
3.10.3. Kwik	26
3.10.4. Lood	26
3.11. Lozingen van bedrijven in het gebied	27
3.11.1. Direct naar water	28
3.11.1.1. Arseen	29
3.11.1.2. Cadmium	30
3.11.1.3. Kwik	30
3.11.1.4. Lood	31
3.11.2. Via lucht naar water	32
3.11.2.1. Arseen	32
3.11.2.2. Cadmium	33
3.11.2.3. Kwik	33
3.11.2.4. Lood	34
<b>4. Invloed van de huidige lozingen in het Estuarium op de gehalten in water</b>	<b>36</b>
<b>5. Effecten op organismen</b>	<b>37</b>
5.1. Verandering in gehalten in biota	37
5.2. Vergelijking met EQS	37
<b>Bijlagen</b>	<b>41</b>

## 2. Achtergrond van het onderzoek

---

Het milieu in het Eems-Dollardgebied wordt op verschillende manieren belast. Er zijn verschillende componenten, verschillende bronnen, en de belasting kan ook in tijd en ruimte variëren.

De projectgroep heeft gevraagd om meer inzicht te geven in de belasting van het gebied door zware metalen, zowel de bestaande belasting als de te belasting ten gevolge van industriële activiteiten in het gebied.

## 3. Afbakening van het onderzoek

In het overleg van de Stuurgroep Gebiedsgericht Milieubeleid op 7 september 2016 is afgesproken dat de uitwerking van het onderdeel zware metalen uit het gebiedsgericht milieubeleid een vervolg dient te krijgen waarbij het in beeld brengen van de feitelijke situatie centraal dient te staan.

### 3.1. Keuze metalen en beschrijving effecten

Ten behoeve van dit onderzoek, specifiek gericht op de belasting door zware metalen van de Eemsdelta, is er voor gekozen om de metalen uit [1] nader te beschouwen. Er is getoetst aan Nederlandse normen, ingeval die er niet zijn is getoetst aan Europese normen.

Uiteindelijk leidt de aanwezigheid van zware metalen in het gebied tot een belasting van organismen. De effecten worden primair beschreven in termen van de verandering van de gehalten van zware metalen in het gebied.



### 3.2. Keuze onderzoeksgebied

Activiteiten in het Eems-Dollardgebied kunnen in principe tot effecten leiden in een erg groot gebied. Het zwaartepunt van de effecten zal echter in de nabijheid van de industrie zijn gelegen. Omdat vooral effecten in het water zijn te verwachten is er voor gekozen om het studiegebied te beperken tot het Eems-Dollard-estuarium, zoals dat is vastgelegd in de Kaderrichtlijn water [2] (rode lijn in Figuur 1).

Het voordeel van deze keuze is dat het gebied zeer goed gedefinieerd is en daardoor eenduidig vastligt.

Het oppervlak van het estuarium bedraagt 462 km<sup>2</sup> (46200 ha).

### 3.3. Status en betekenis normen Waterwet

Voor vergunningverlening aan bedrijven van lozingen van (o.a.) zware metalen op oppervlaktewater wordt getoetst aan de kwaliteitseisen van de Waterwet. In bijlage 6 is een toelichting op de werking van (de normen uit) de Waterwet opgenomen.

### 3.4. Bestaande situatie

Op dit moment wordt het gebied ook belast door de gekozen metalen. Deze worden aangevoerd door de Eems en andere rivieren die op het gebied lozen, directe lozingen door bedrijven of door andere activiteiten en depositie vanuit de atmosfeer.

De metalen komen in het water, en gaan daar in oplossing, of blijven gehecht aan zwevende deeltjes, of hechten zich aan slib. De metalen kunnen daarna opgenomen worden door organismen, en worden ook weer uitgescheiden, eventueel nadat het organisme is overleden. Uiteindelijk zullen de metalen het gebied ook weer verlaten, er vindt in principe geen ophoping van materiaal plaats.



Metalen in het milieu zijn onderdeel van de biochemische cyclus. Een onderdeel van deze cyclus is dat het metaal vastgelegd wordt in een z.g. reservoir, waar het element voor een hele lange periode vastligt [3]. Eventuele opslag van metalen in het systeem van het estuarium behoort niet tot de scope van dit onderzoek, maar de bijdrage door sedimentatie van slib is wel in kaart gebracht.

### 3.5. Concentraties in water en sediment

Rijkswaterstaat doet al enige decennia onderzoek naar de concentraties van (onder meer) metalen in het oppervlaktewater. De resultaten van deze metingen worden gepubliceerd in de zg. Waterdata, een database die openbaar is en door iedereen geraadpleegd kan worden [4]. Deze database biedt de mogelijkheid om data voor een groot aantal (ongeveer 1200) “waarnemingssoorten” op te vragen. Een waarnemingssoort bestaat bijna altijd uit een chemische verbinding (of groep verbindingen) en het compartiment waar deze verbinding in is gemeten.

Uit deze database zijn voor de vier metalen voor alle compartimenten de (historische) meetdata gehaald. In Bijlage 2 zijn alle meetpunten waar één of meerdere parameters van de metalen ooit zijn gemeten, weergegeven. In Bijlage 3 zijn de meetlocaties in de omgeving van het onderzoeksgebied weergegeven, en in Bijlage 4 is de selectie van de meetlocaties die in dit rapport zijn opgenomen, weergegeven.

Bij sommige concentraties is in de database aangegeven dat de waarde “kleiner dan (<)” is. In dat geval is er voor gekozen de waarde zonder het “<”-teken in de grafieken weer te geven. De feitelijke concentratie op dat moment en op die plaats kunnen dus lager zijn geweest dan uit de grafiek blijkt. In Tabel 3 is met een “X” aangegeven welke waarnemingssoorten in de database aanwezig zijn. Als er een “-“ staat dan is de waarnemingssoort wel in de database genoemd, maar wordt niet in (de buurt van) het Eems-Dollard-estuarium gemeten.

COMPARTIMENT	METAAL			
	As	Cd	Hg	Pb
in mg/kg diameter < 63 um drooggewicht in bodem/sediment	X	X	X	X
in mg/kg drooggewicht in bodem/sediment	X	X	-	-
in mg/kg drooggewicht in zwevende stof	X	X	X	X
in ug/l in oppervlaktewater	X	X	X	X
in ug/l na filtratie in oppervlaktewater	X	X	X	X

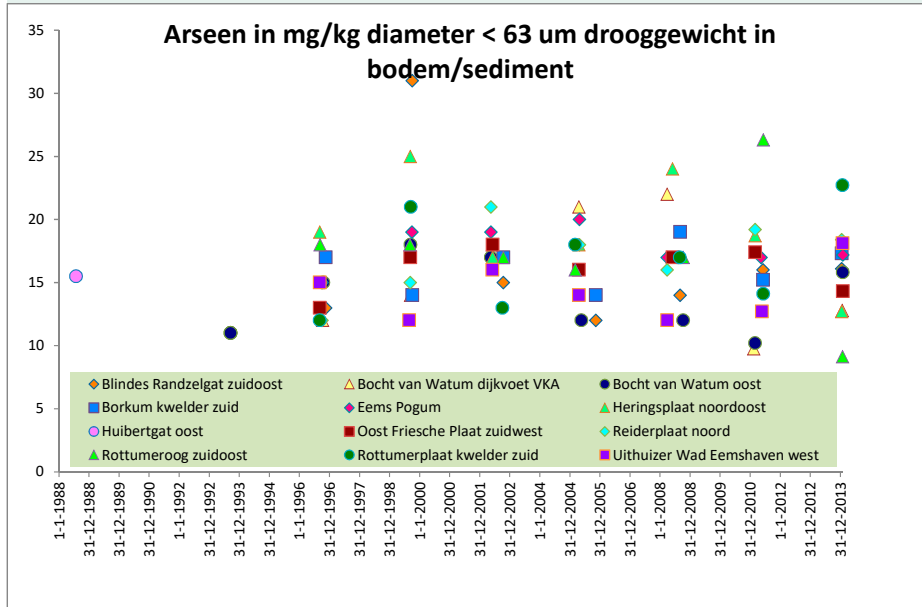
TABEL 3

In een aantal gevallen zitten er flinke hiaten in de meetreeksen van [4], zie de figuren bij de §§ 3.5.1, 4.1.2, 4.1.3 en 4.1.4. Het is niet bekend of in die periode niet gemeten is of dat de data ontbreken in de database. In [5], [6] en [7] zijn grafieken gegeven van een aantal van bovenstaande waarnemingssoorten. Opvallend is dat de meetreeksen in [5], [6] en [7] een deel van de perioden dat geen waarnemingen in [4] zijn opgenomen, vullen. Omdat deze gegevens in de waterbase [4] ontbreken zijn deze perioden ook niet in de grafieken van 4.1.1. tot en met 4.1.4 opgenomen.

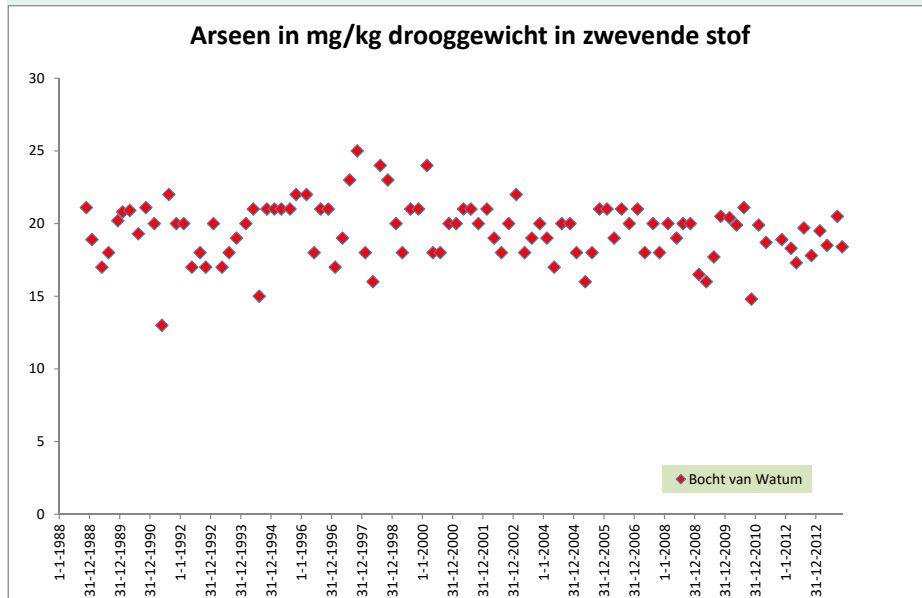
#### 3.5.1. Arseen

In onderstaande figuren zijn de meetresultaten voor arseen op een aantal meetpunten weergegeven. Voor geen van de waarnemingssoorten kan gesteld worden dat er in de afgelopen decennia een significante wijziging is opgetreden.

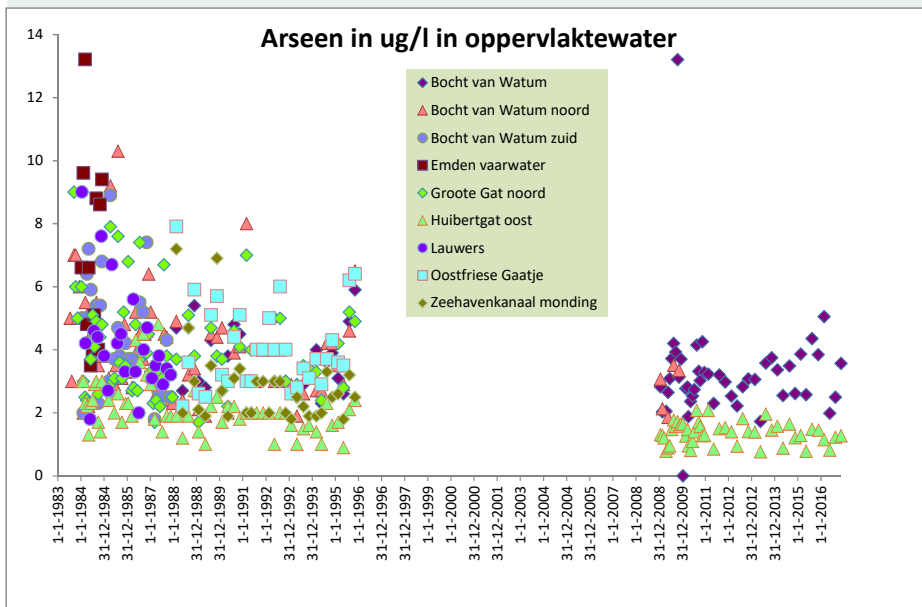
In [6] zijn voor opgelost arseen waarden over de periode 1989 tot 1999 gegeven. Deze waarden zijn vergelijkbaar met de waarden in Figuur 4 (concentratie arseen in µg/l in oppervlaktewater).



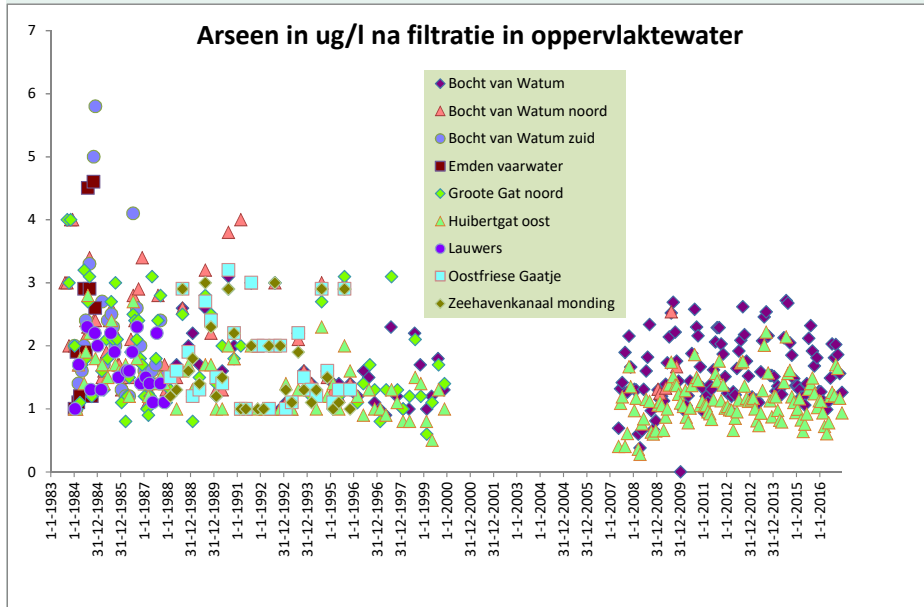
FIGUUR 2



FIGUUR 3



FIGUUR 4



FIGUUR 5

### 3.5.2. Cadmium

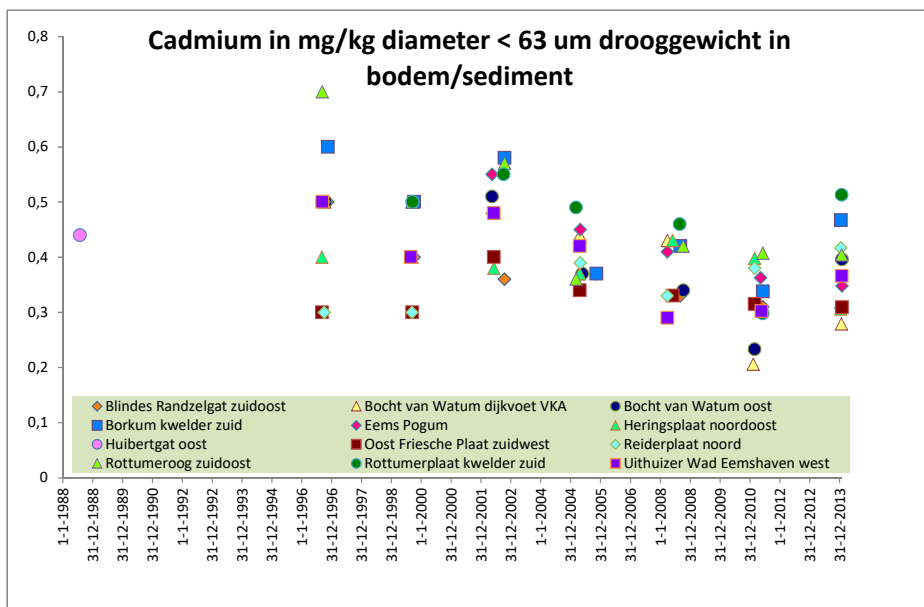
In onderstaande figuren zijn de meetresultaten voor cadmium op een aantal meetpunten weergegeven. Het lijkt er op dat de gehalten in sediment en zwevend stof in de afgelopen decennia enigszins zijn afgenomen.

Voor cadmium in oppervlaktewater (zowel voor als na filtratie) geldt dat met name in de jaren '70 van de vorige eeuw relatief hoge waarden zijn gemeten, daardoor worden de waarden daarna niet leesbaar weergegeven in de grafiek. Voor deze twee waarnemingssoorten zijn ook de grafieken gegeven voor de periode na '74/'76, zodat een duidelijker beeld van het verloop van de concentraties verkregen wordt.

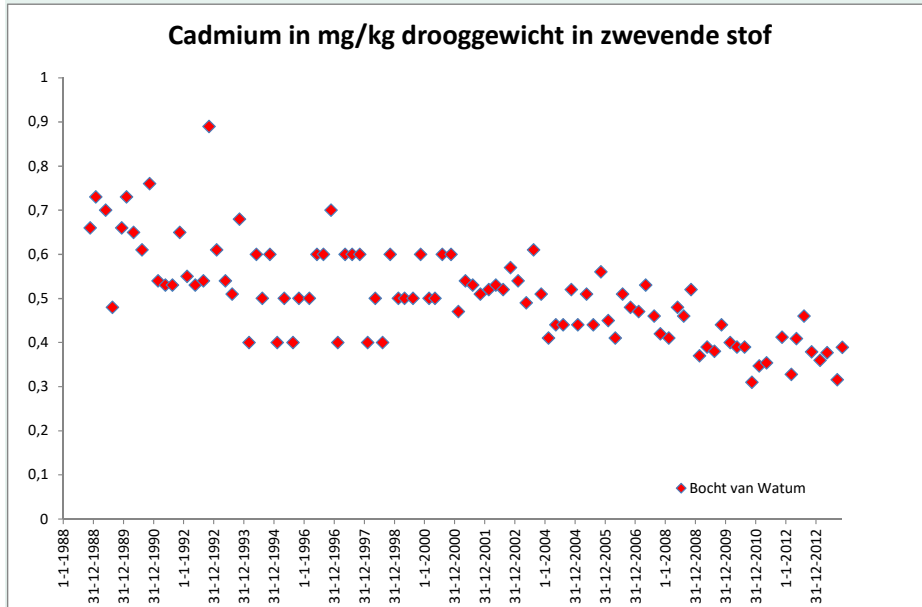
In [6] zijn voor opgelost cadmium waarden over de periode 1989 tot 2000 gegeven, deze zijn vergelijkbaar met de waarden in Figuur 9 (concentratie cadmium in  $\mu\text{g/l}$  in oppervlaktewater).

In [8] is de cadmium-concentratie in sediment (fractie  $<63 \mu\text{m}$ ) gegeven. In de Eems-Dollard lag de waarde in de periode 1998-2007 op ongeveer  $0,5 \text{ mg/kg}$  d.w. Deze waarde komen overeen met de waarden in Figuur 6.

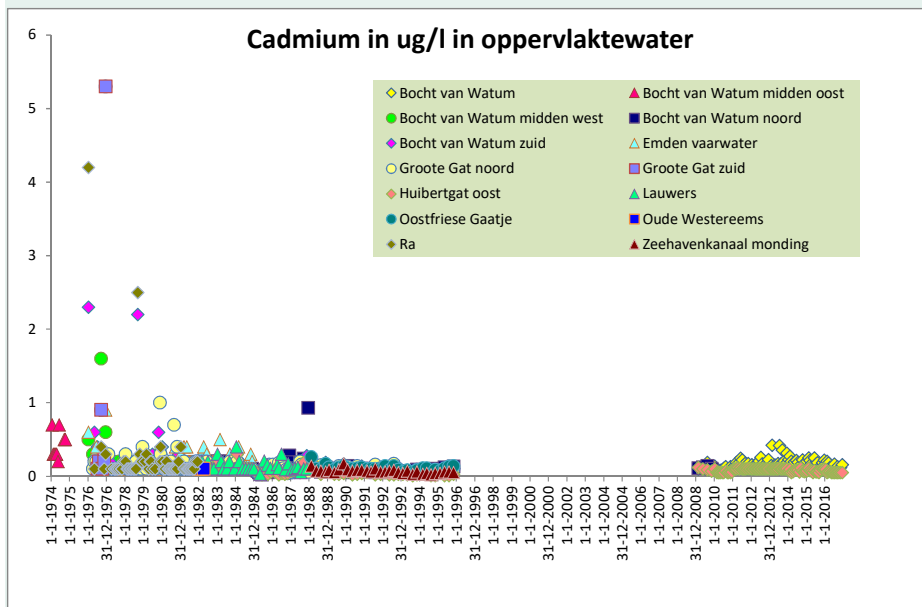
In genoemde figuur in [8] zijn ook waarden opgenomen voor andere locaties in de Waddenzee. Deze liggen ongeveer op hetzelfde niveau.



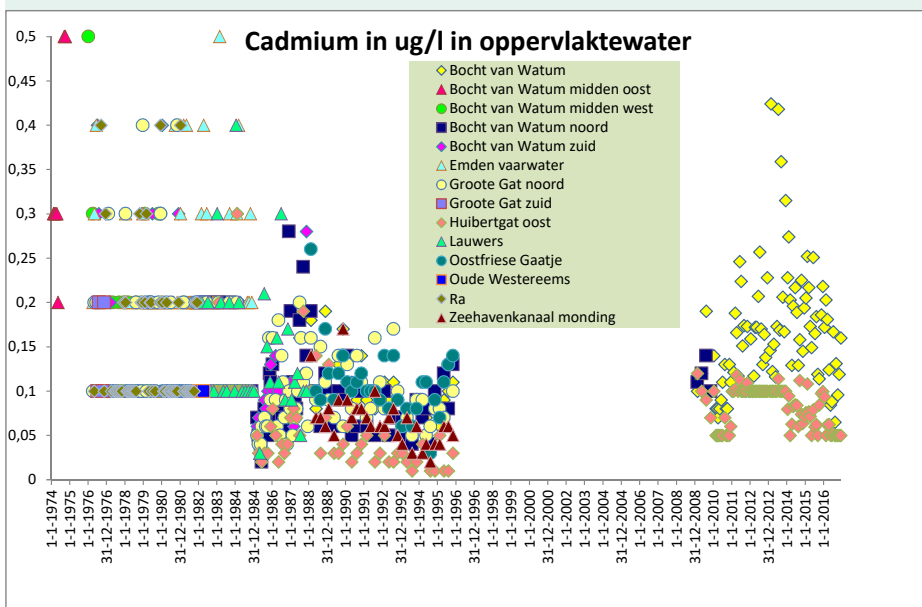
FIGUUR 6



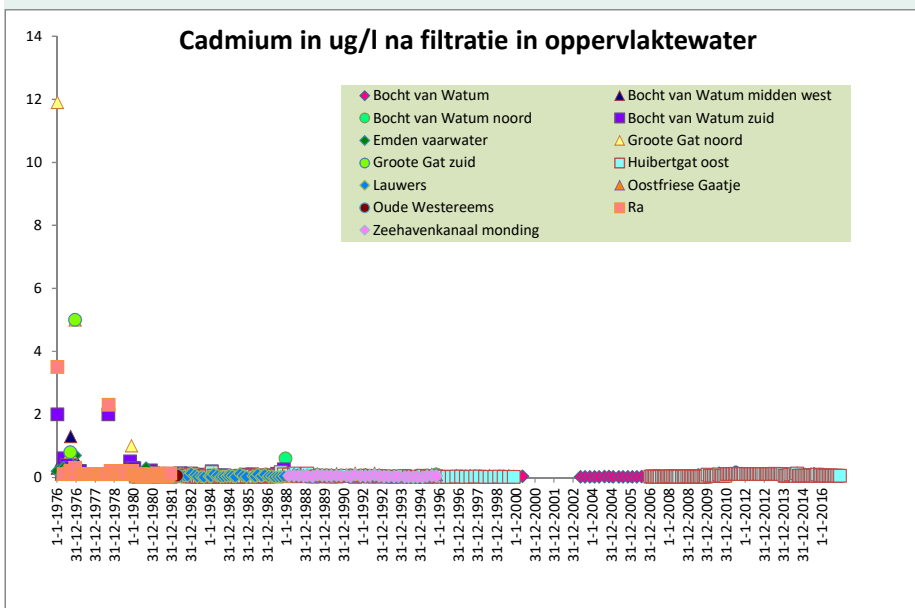
FIGUUR 7



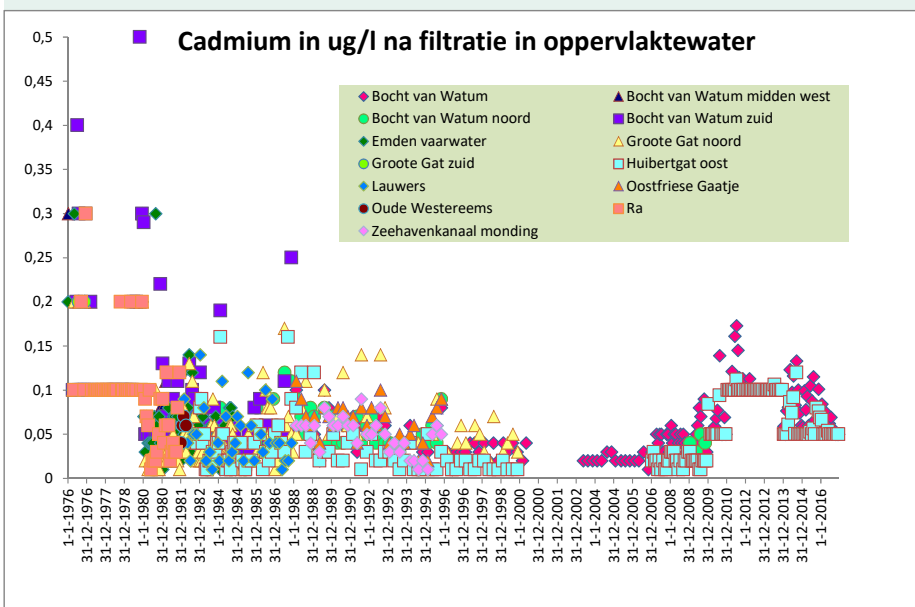
FIGUUR 8



FIGUUR 9



FIGUUR 10



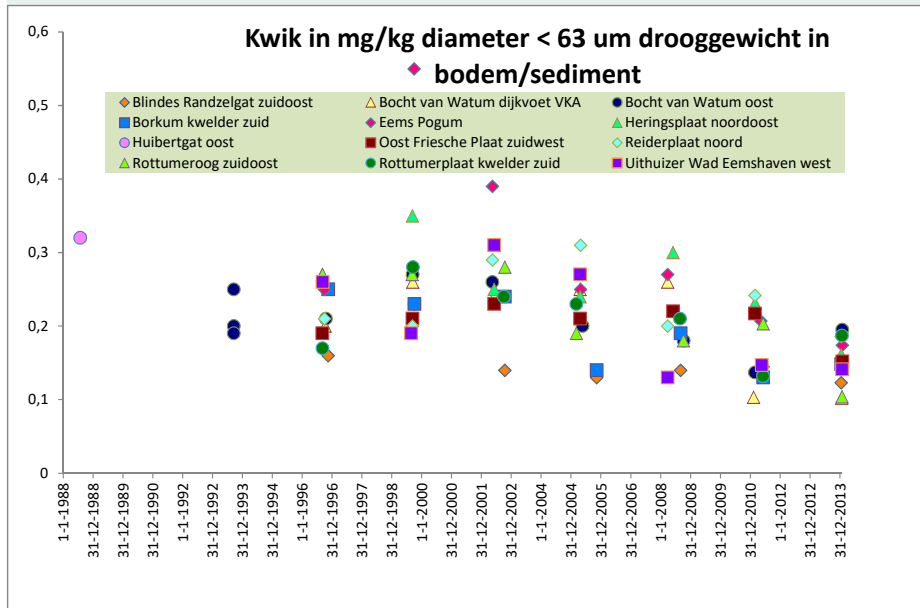
FIGUUR 11

### 3.5.3. Kwik

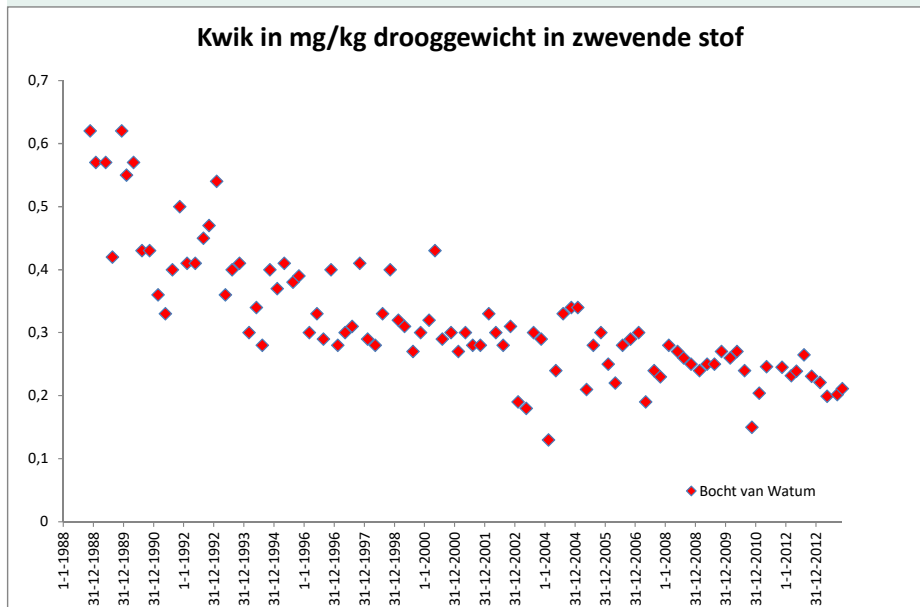
In onderstaande figuren zijn de meetresultaten voor kwik op een aantal meetpunten weergegeven. Het lijkt er op dat de gehalten in sediment in de afgelopen decennia enigszins zijn afgenomen, voor zwevend stof geldt dat in ieder geval.

Voor kwik in oppervlaktewater (zowel voor als na filtratie) geldt dat met name in de jaren '70 van de vorige eeuw relatief hoge waarden zijn gemeten. Waarschijnlijk is dit te wijten aan lozingen van het (in 1983 gesloten) kwikelectrolysebedrijf van AKZO, en aan de lozing van AAgrunol via de zg. "smeerpip" (in 1979 buiten bedrijf gesteld [9]). Vanwege deze zeer hoge waarden worden de waarden daarna niet goed weergegeven in de grafiek. Voor beide parameters zijn ook de grafieken gegeven voor de periode na '74/'76, zodat een duidelijker beeld van het verloop van de concentraties verkregen wordt. Er is sprake van een periode waarover geen meetdata in de database zijn opgenomen. De waarden voor die periode waren hoger dan de periode daarna, wat er op kan duiden dat de kwikconcentraties verder zijn afgenomen.

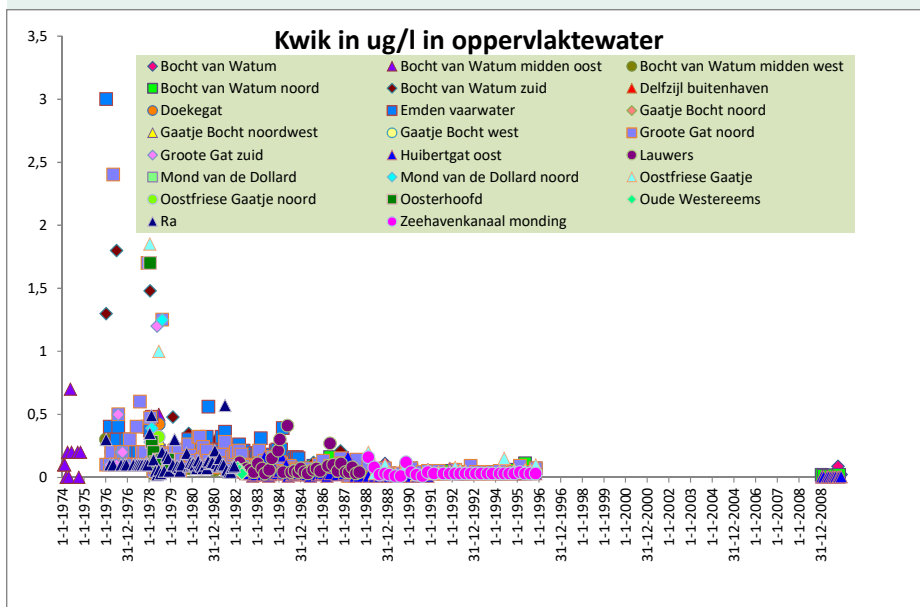
In [6] zijn voor opgelost kwik waarden over de periode 1989 tot 1999 gegeven, deze zijn lager dan de waarden in Figuur 15 (concentratie kwik in  $\mu\text{g/l}$  in oppervlaktewater).



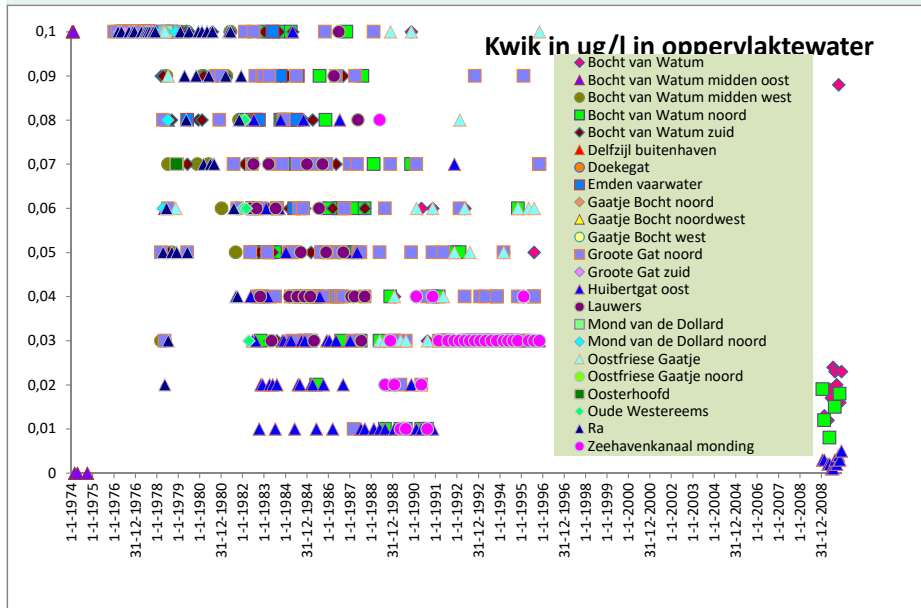
FIGUUR 12



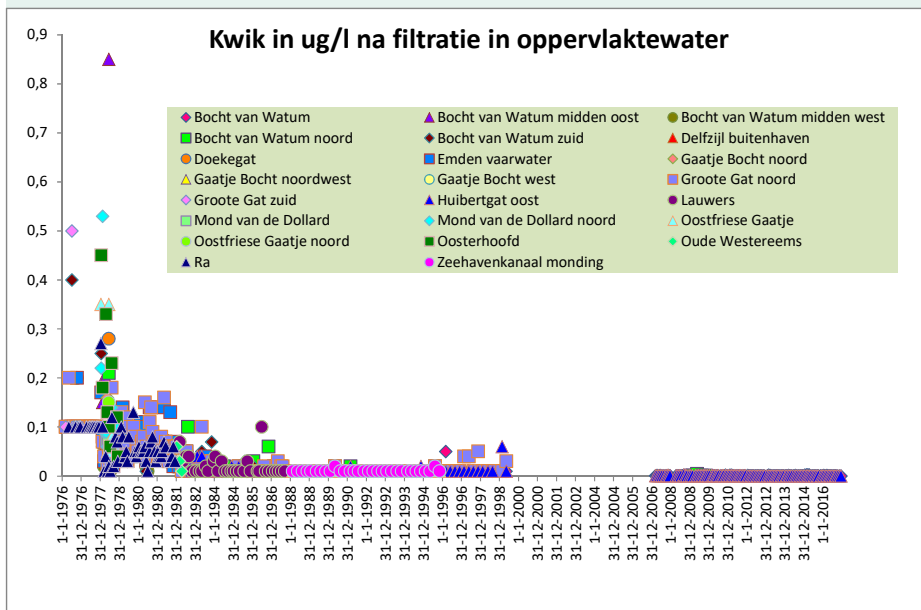
FIGUUR 13



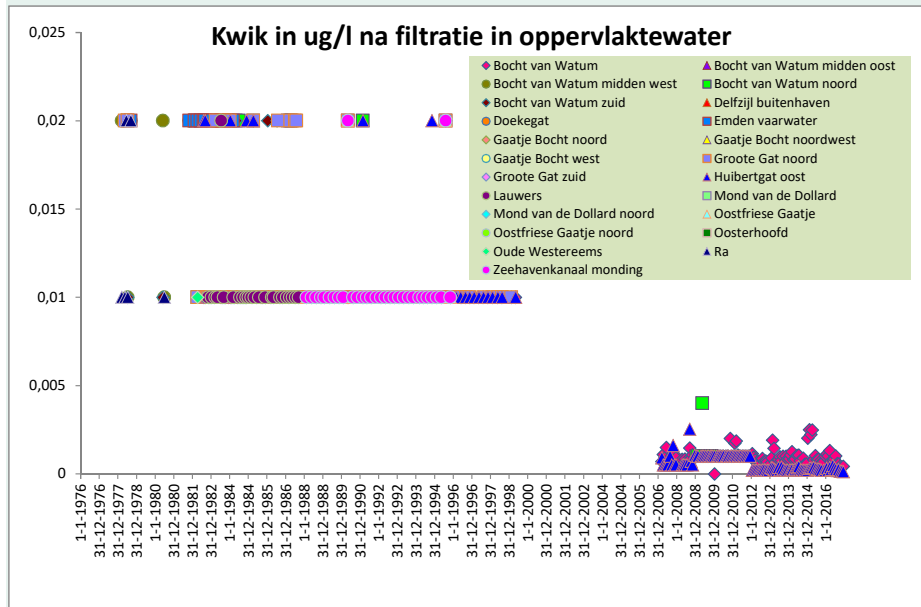
FIGUUR 14



FIGUUR 15



FIGUUR 16



FIGUUR 17

In [8] is de kwik-concentratie in sediment (fractie <63 µm) gegeven. In de Eems-Dollard lag de waarde in de periode 1998-2007 op ongeveer 0,2 mg/kg d.w. Ook hier is een lichte daling waar te nemen. De waarden komen overeen met de waarden in Figuur 12 (Concentratie kwik in mg/kg diameter <63 µm drooggewicht in bodem/sediment).

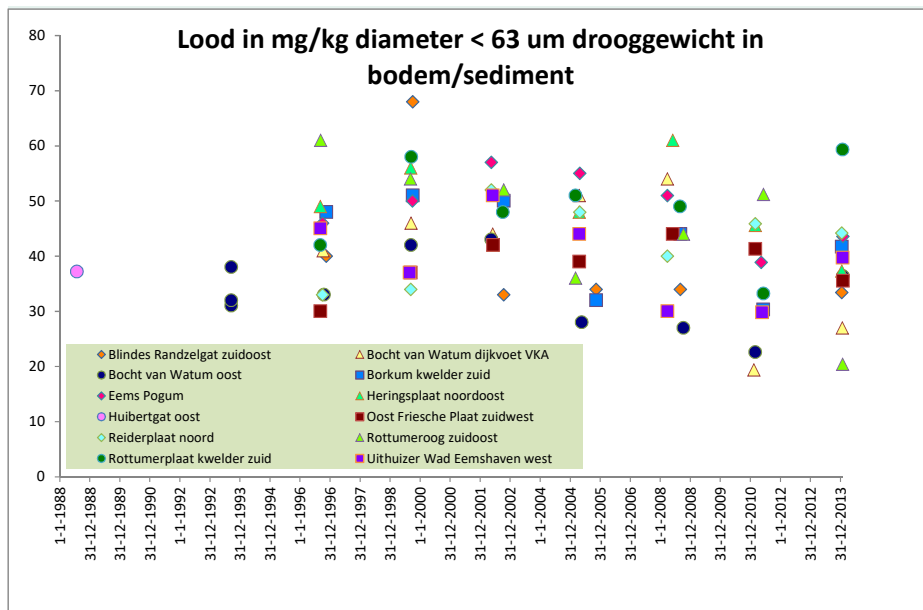
In genoemde figuur in [8] zijn ook waarden opgenomen voor andere locaties in de Waddenzee. Deze liggen ongeveer op hetzelfde niveau; de Elbe heeft duidelijk hogere waarden (ca. 1 mg/kg) en Ditmarschen<sup>2)</sup> heeft een ongeveer twee keer zo hoge waarde (ca. 0,4 mg/kg).

### 3.5.4. Lood

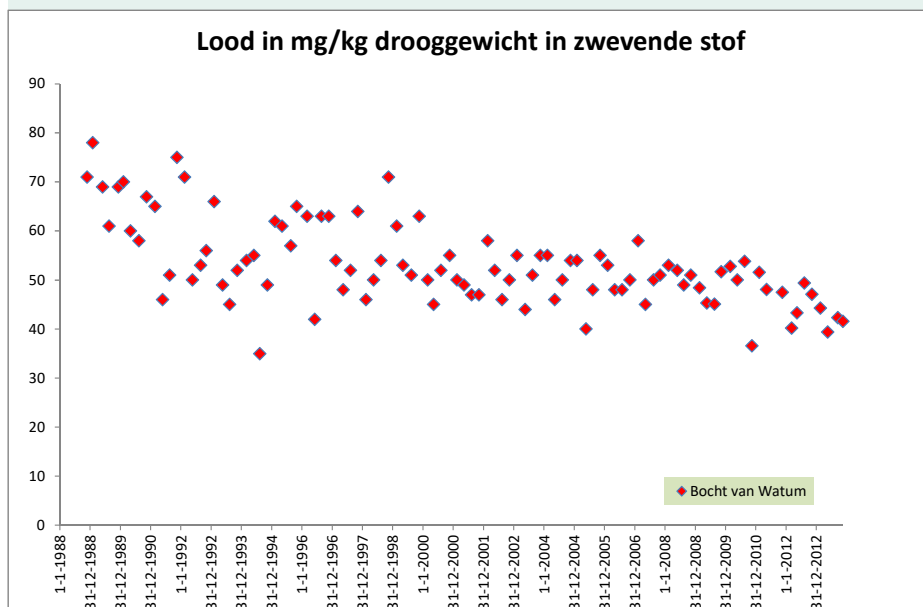
In onderstaande figuren zijn de meetresultaten voor lood op een aantal meetpunten weergegeven. Het lijkt er op dat de gehalten in sediment en zwevend stof in de afgelopen decennia enigszins zijn afgenomen.

Voor lood na filtratie in oppervlaktewater geldt dat met name in de jaren '70 van de vorige eeuw relatief hoge waarden zijn gemeten, daardoor worden de waarden in de periode daarna niet goed weergegeven in de grafiek. Voor deze parameter is ook de grafiek gegeven voor de periode na '74, zodat een duidelijker beeld van het verloop van de concentraties verkregen wordt. Na deze periode is er geen sprake meer van een duidelijke afname van de concentratie.

2) Waarschijnlijk wordt hier Ditmarschen bedoeld

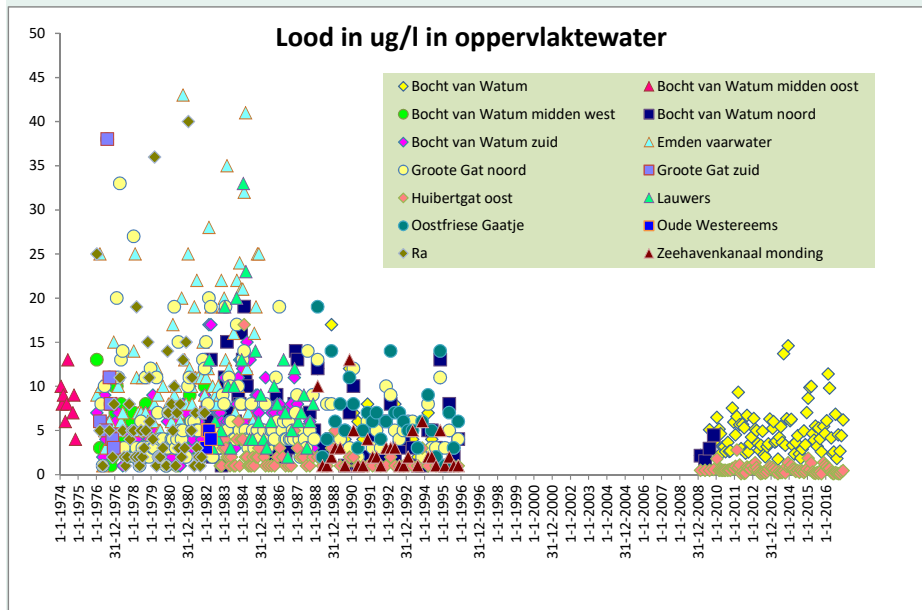


FIGUUR 18

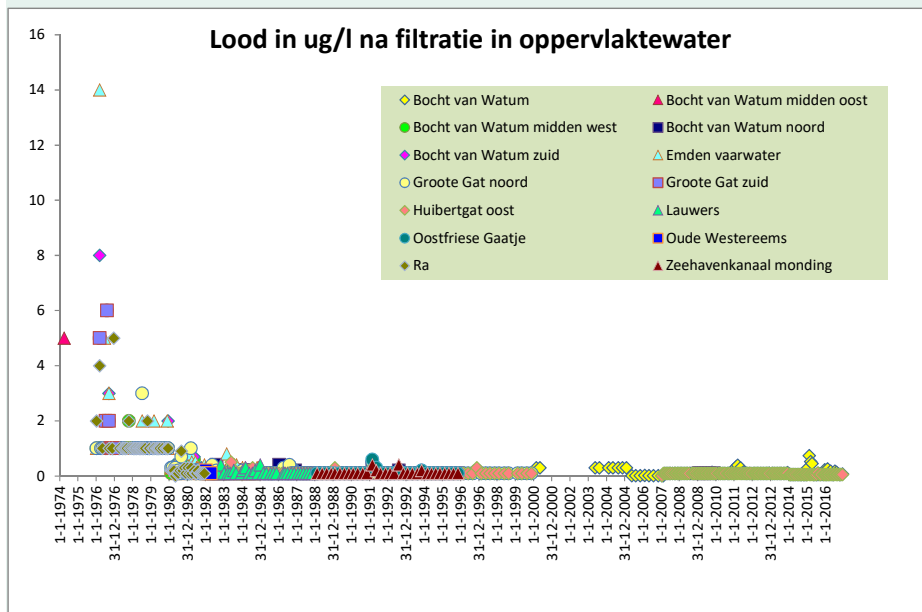


FIGUUR 19

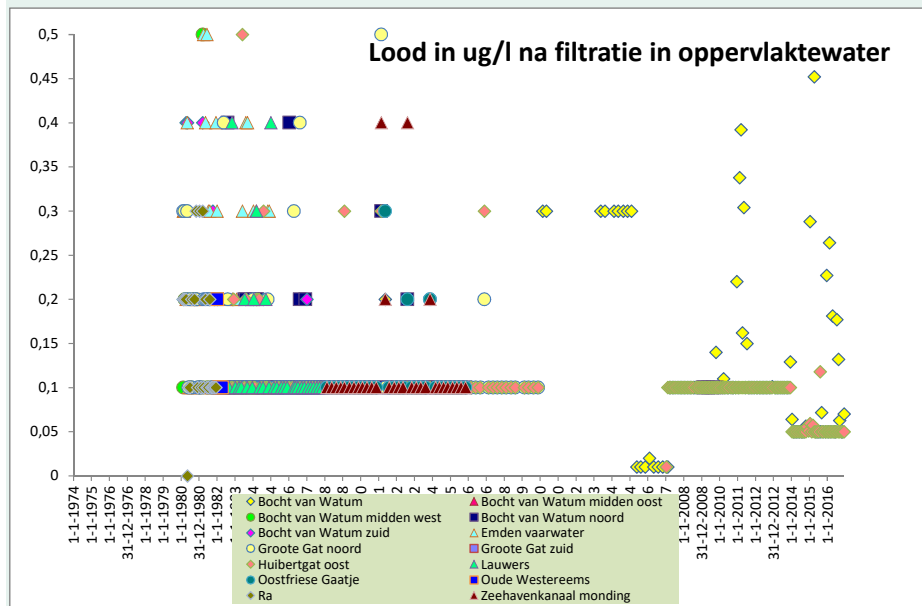




FIGUUR 20



FIGUUR 21



FIGUUR 22

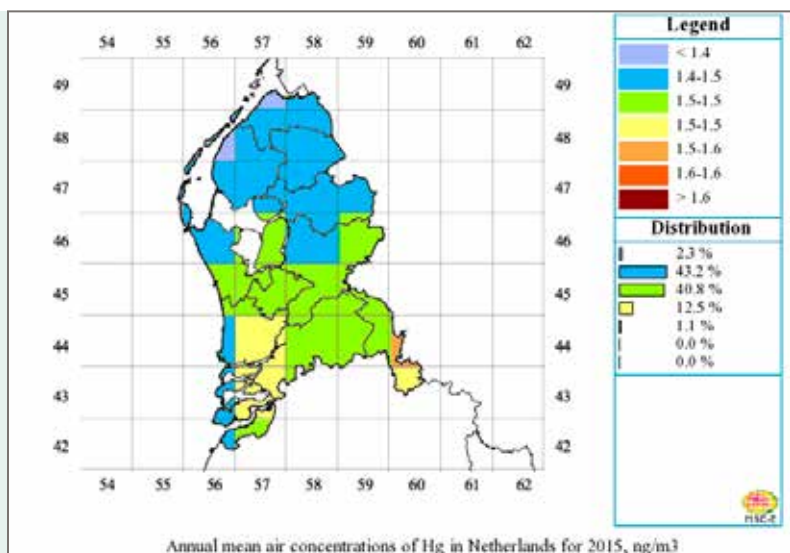
In [6] zijn voor opgelost lood waarden over de periode 1989 tot 2000 gegeven, deze zijn vergelijkbaar met de waarden in Figuur 22 (concentratie lood in  $\mu\text{g/l}$  na filtratie in oppervlaktewater).

In [8] is de lood-concentratie in sediment (fractie  $<63 \mu\text{m}$ ) gegeven. In de Eems-Dollard lag de waarde in de periode 1998-2007 op ongeveer  $50 \text{ mg/kg}$  d.w. De waarden komen overeen met de waarden in Figuur 18 (concentratie lood in  $\text{mg/kg}$   $< 63 \mu\text{m}$  drooggewicht in bodem/sediment).

In genoemde figuur in [8] zijn ook waarden opgenomen voor andere locaties in de Waddenzee. Deze liggen ongeveer op hetzelfde niveau

### 3.6. Concentraties in lucht

Concentraties in de lucht geven een variatie in de ruimte en een sterke variatie in de tijd. De variatie in de ruimte wordt onder meer bepaald door de aan- of afwezigheid van lokale bronnen, de variatie in tijd vooral door meteorologische omstandigheden (op korte tijdschaal: uren, dagen) en verandering in de uitstoot (op langere tijdschaal: jaren). Daar waar in dit rapport sprake is van “concentraties in lucht” betreft het jaargemiddelde concentraties.



FIGUUR 23

Concentraties van As, Cd, Hg en Pb in de lucht worden niet op veel locaties gemeten. Bovendien, als deze componenten gemeten worden, dan zeker niet in het studiegebied. Er zijn geen meetstations boven water. Vaak worden concentraties van luchtverontreinigende stoffen berekend op basis van de emissies.

In de jaren '90 van de vorige eeuw zijn schattingen uitgevoerd van de concentraties As, Cd, Hg (en Ni) in Nederland [10]. Eén van de meetlocaties lag in de Kollumerwaard, voor As en Cd zijn de metingen uitgevoerd in de periode 1987-1998. Voor Hg zijn geen metingen uitgevoerd, daarvoor zijn berekeningen uitgevoerd op basis van bekende bronnen.

Een wat uitgebreider rapport heeft het RIVM in 2010 gepubliceerd [11]. Hierin zijn de meetresultaten op verschillende meetstations van het landelijk Meetnet Luchtverontreiniging (LML) weergegeven. De in [11] weergegeven componenten zijn (onder meer) Cd en Pb. As en Hg worden niet gemeten.

In het kader van de “Convention on Long-range Transboundary Air Pollution” (CLRTAP) is in 1998 het “Protocol on Heavy Metals” [12] vastgesteld. Het doel van dit protocol is de uitstoot van zware metalen, veroorzaakt door antropogene activiteiten, te beperken. Dit protocol richt zich primair op Cd, Hg en Pb (art. 3, Annex I van [12]). Op grond van art. 8 van [12] zijn er modelstudies uitgevoerd naar onder meer de deposities van deze metalen. Als uitvloeisel van deze modelstudies is er ook informatie over concentraties beschikbaar gekomen.

De berekende concentraties zijn grafisch weergegeven op een schaal van 25×25 km (voor een voorbeeld: zie Figuur 23). De data zijn ook in tabelvorm beschikbaar [13]. Voor ons doel zijn de data behoren bij Y-coördinaat 49 en X-coördinaten 57 en 58 van belang. Alleen voor de jaren 2014 en 2015 zijn de concentraties gegeven.

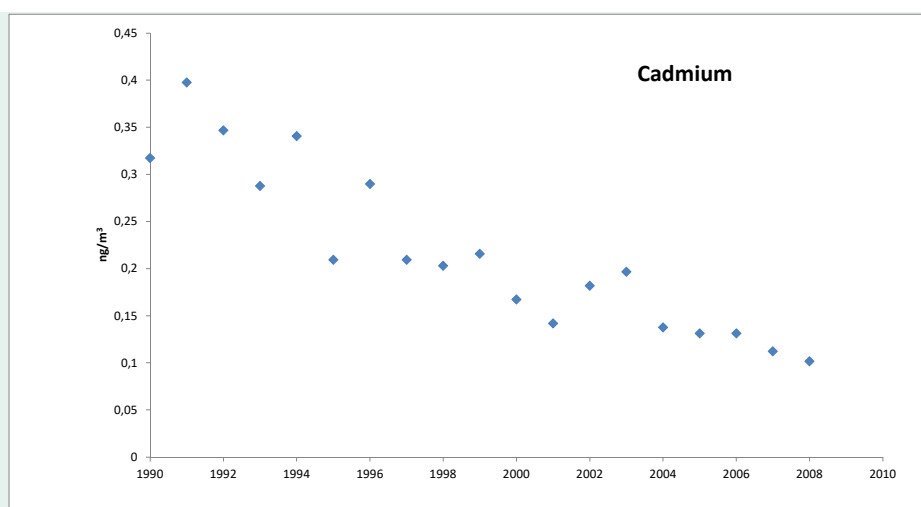
### 3.6.1. Arseen

De achtergrondconcentratie in de laatste decennia van de vorige eeuw bedroegen in het noorden van ons land ca. 0,6 ng/m<sup>3</sup> [10]. In de periode '82-'83 lag het niveau nog op 1,5-2 ng/m<sup>3</sup> [14]. De waarden in de Kollumerwaard lagen in de periode 2001-2005 op ongeveer 0,5 ng m<sup>3</sup> [15].

### 3.6.2. Cadmium

De achtergrondconcentratie in de laatste decennia van de vorige eeuw bedroegen in het noorden van ons land ca. 0,2 ng/m<sup>3</sup> [10].

FIGUUR 24



Uit [11] blijkt dat de concentratie in lucht op de locatie Kollumerwaard in de periode 1990-2008 gestaag is afgenomen van ca. 0,3-0,4 ng/m<sup>3</sup> tot ca. 0,1 ng/m<sup>3</sup> (Figuur 24).

De op grond van het “Protocol on Heavy Metals” [12] berekende concentraties (in ng/m<sup>3</sup>) [13] zijn in Tabel 4 weergegeven:

X	Y	2014	2015
49	57	0,180	0,074
49	58	0,216	0,089

TABEL 4

### 3.6.3. Kwik

De achtergrondconcentratie in de laatste decennia van de vorige eeuw werd in het noorden van ons land geschat op ca. 2 ng/m<sup>3</sup> [10].

De op grond van het “Protocol on Heavy Metals” [12] berekende concentraties (in ng/m<sup>3</sup>) [13] zijn in Tabel 5 weergegeven:

X	Y	2014	2015
49	57	1,56	1,40
49	58	1,57	1,41

TABEL 5

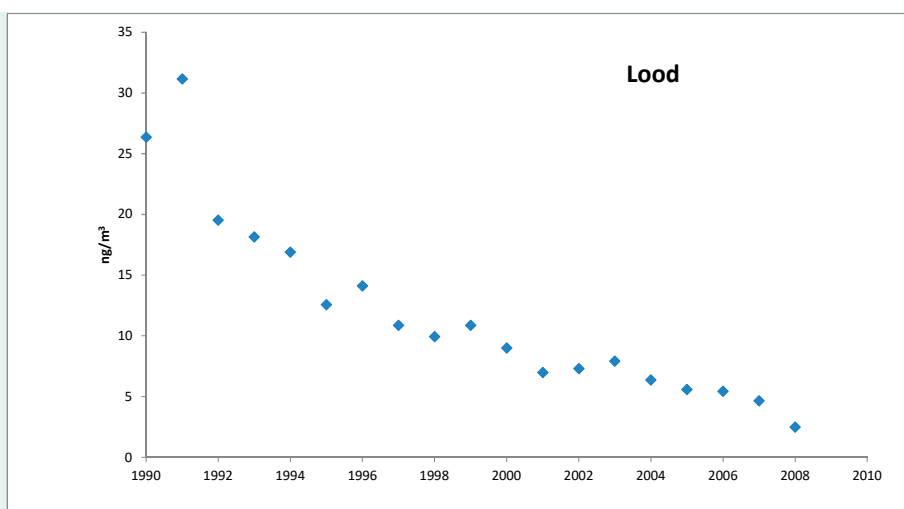
### 3.6.4. Lood

Uit [11] blijkt dat de concentratie in lucht op de locatie Kollumerwaard in de periode 1990-2008 gestaag is afgenomen van ca. 30 ng/m<sup>3</sup> tot ca. 2,5 ng/m<sup>3</sup> (Figuur 25).

In 2014 heeft MSC-E, een onderzoeksinstituut onder de “Convention on Long-range Trans-boundary Air Pollution”, in samenwerking met het RIVM, een rapport gepubliceerd waarin een schatting gemaakt wordt van de loodverontreiniging in Nederland [16]. De resultaten betreffen de (op basis van modellen berekende) concentraties voor het jaar 2007. Uit figuur 2.2 uit [16] blijkt dat de concentratie in het studiegebied merendeels lager was dan 4 ng/m<sup>3</sup>. De kaart toont over een klein gebied een met een geringe uitschieter naar waarden tussen 4 en 5 ng/m<sup>3</sup>.

De achtergrondconcentratie in de laatste decennia van de vorige eeuw werd in het noorden van ons land geschat op ca. 2 ng/m<sup>3</sup> [10].

FIGUUR 25



De op grond van het “Protocol on Heavy Metals” [12] berekende concentraties (in ng/m<sup>3</sup>) [13] zijn in Tabel 6 weergegeven:

X	Y	2014	2015
49	57	3,8	2,8
49	58	4,8	3,7

TABEL 6

## 3.7. Concentraties in biota

In deze paragraaf is primair gekeken naar de gehalten in mosselen. Er zijn meer gegevens, ook voor andere organismen, maar deze zijn niet in een rapport samengevat. Onderzoek naar deze gegevens is daarom lastig en zal snel onvolledig zijn.

### 3.7.1. Arseen

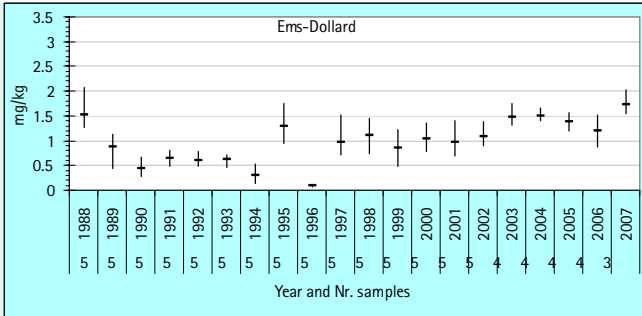
Voor arseen zijn geen gegevens gevonden.

### 3.7.2. Cadmium

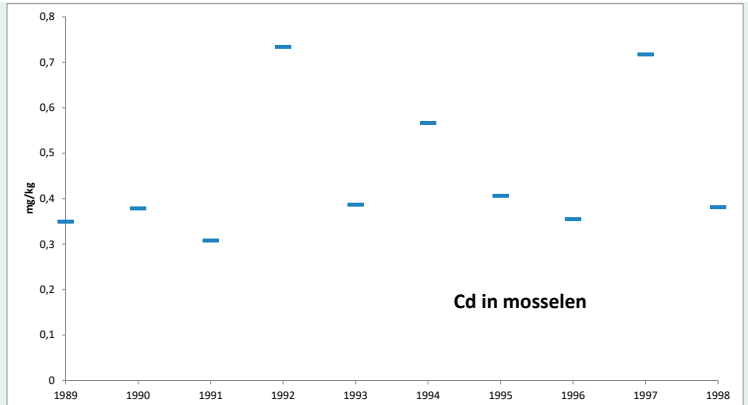
De gehalten in de mossel zijn opgenomen in figuur 5.1.5 van [8], deze figuur is hier weergegeven als Figuur 26. De concentraties lagen tot 2007 in de ordegrootte van 1-1,5 mg/kg drooggewicht.

In figuur 5.1.5 van [8] zijn ook de gehalten van andere plaatsen in de Waddenzee weergegeven, deze zijn min of meer vergelijkbaar met die in het Eems-Dollardestuarium.

In [6] en [7] zijn ook waarden voor mosselen opgenomen (Figuur 27). De waarden zijn wat lager dan in [8].



FIGUUR 26



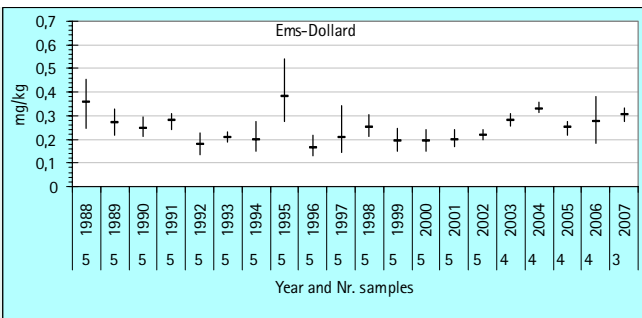
FIGUUR 27

### 3.7.3. Kwik

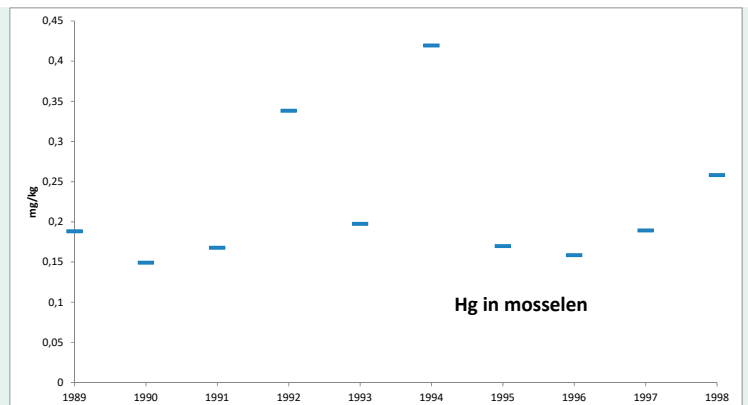
De gehalten in de mossel zijn opgenomen in figuur 5.1.11 van [8], deze figuur is hier weergegeven als Figuur 28. De concentraties lagen tot 2007 in de ordegrootte van 0,25 mg/kg drooggewicht.

In figuur 5.1.11 van [8] zijn ook de gehalten van andere plaatsen in de Waddenzee weergegeven, deze zijn in enkele gevallen lager dan die in het Eems-Dollardestuarium, en in andere gevallen hoger.

In [6] en [7] zijn ook waarden voor mosselen opgenomen (Figuur 29). De waarden zijn vergelijkbaar met die in [8].



FIGUUR 28



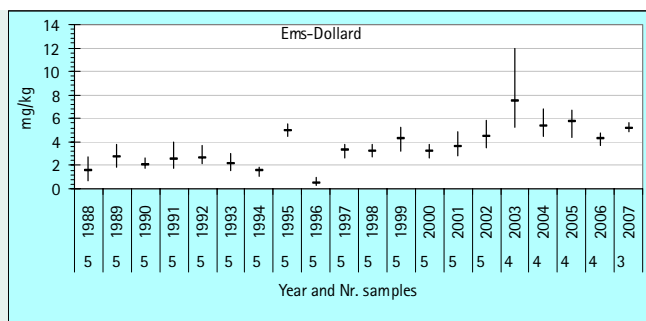
FIGUUR 29

### 3.7.4. Lood

De gehalten in de mossel zijn opgenomen in figuur 5.1.14 van [8], deze figuur is hier weergegeven als Figuur 30. De concentraties lagen tot 2007 in de ordegrootte van 5 mg/kg drooggewicht.

In figuur 5.1.14 van [8] zijn ook de gehalten van andere plaatsen in de Waddenzee weergegeven, deze zijn lager dan die in het Eems-Dollardestuarium.

In [6] en [7] zijn ook waarden voor mosselen opgenomen (Figuur 31). De waarden zijn vergelijkbaar met die in [8].



FIGUUR 30



FIGUUR 31

## 3.8. Aanvoer vanuit water

Het estuarium wordt belast door aanvoer van metalen vanuit de Eems, en de spui vanuit Nederland (onder meer het Eemskanaal en de Westerwoldse AA). Bovendien komt met het getij een hoeveelheid slib in het gebied, waarbij netto sedimentatie plaats vindt.

In Tabel 7 wordt weergegeven in welke bronnen gegevens over de belasting van het estuarium gevonden zijn.

BRON	As	Cd	Hg	Pb	OPMERKINGEN
[17]		X	X	X	Eems (gemiddelden over '83-'87, '93-'97, '98-'02 en '03-'05)
[18]		X	X	X	Eems ('85-'99 per jaar)
[18]	X				Eems ('89-'99 per jaar)
[8]		X	X	X	Eems ('96-'06 per jaar)
[19]		X		X	Eems ('97-'01 gemiddeld)
[18]	X	X	X	X	Spui Groningen ('85-'99 per jaar)
[20]	X	X	X	X	Eemskanaal, Westerwoldse AA ('10-'11)
[18]		X	X	X	Depositie slib vanuit de Noordzee ('89-'99)

TABEL 7

In [19] wordt de aanvoer vanuit de Eems naar het gebied in de periode 1997-2001 beschreven; alleen voor Cd en Pb zijn in dit rapport gegevens beschikbaar. In [21] en [18] zijn ook vrachten vanuit de Eems gegeven, over de periode 1985 (voor As: 1989) t/m 1999.

In [17] zijn gegevens opgenomen over de hoeveelheid metalen die vanuit het stroomgebied van de Eems afgevoerd worden. Onduidelijk is of de emissies in het Nederlandse deel van het stroomgebied hier ook bij zijn betrokken.

In dit rapport wordt er vanuit gegaan dat de hoeveelheden die door de Eems en vanuit de Groningse wateren worden afgevoerd in het estuarium komen.

De gegevens die in [17] zijn opgenomen betreffen de periodes '83-'87, '93-'97, '98-'02 en '03-'05. Het betreft dus relatief oude gegevens. Het blijkt dat de vrachten gedurende de onderzochte jaren steeds lager worden.

De in [21] en [18] opgenomen waarden zijn tot het jaar 1999, dus nog ouder dan de waarden uit [17]. Het betreft wel een langere meetreeks

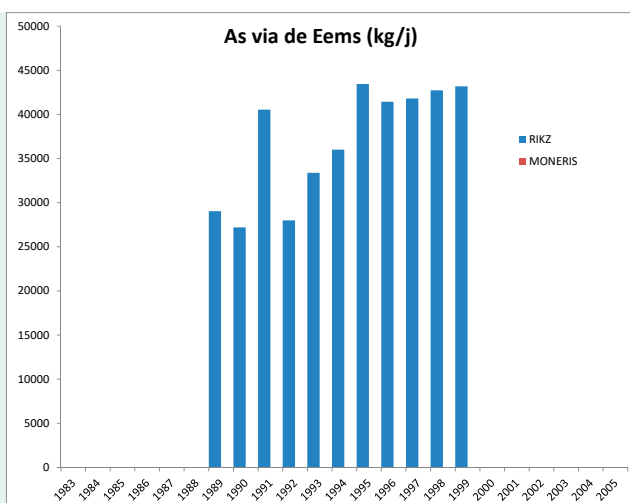
In [8] zijn voor Cd, Hg en Pb ook grafieken opgenomen met vrachten voor de periode 1996-2006. Deze zijn echter samengevat met de vrachten van andere rivieren die in de Waddenzee uitstromen (Ijssel, Weser, Elbe en Eider). De afvoer via de Eems is (veel) geringer dan die uit de meeste andere rivieren. Uit de grafieken is de vracht niet goed af te lezen, omdat de waarden erg dicht bij de x-as liggen. Dat geldt met name voor de laatste jaren, omdat de vracht in de genoemde periode sterk afneemt. Wat betreft de ordegrrootte komen de waarden voor de vracht vanuit de Eems goed overeen met die uit [17]; voor Cd eindigt de grafiek in 2006 ongeveer bij 0,2 ton/j, en voor Hg en Pb is dat resp. <0,1 en ca. 2 ton/j.

### 3.8.1. Arseen

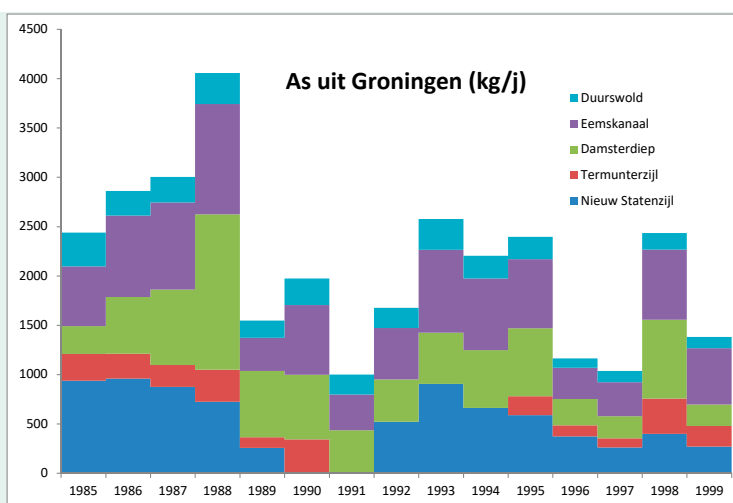
In [21] en [18] zijn emissievrachten vanuit de Eems naar het estuarium weergegeven voor de jaren 1998-1999. Deze zijn samengevat in Figuur 32. De vracht bedroeg in het laatste decennium van de vorige eeuw ongeveer 40 ton/j.

In [21] en [18] zijn ook vrachten vanuit de Groninger afwateringspunten gegeven. In Figuur 33 zijn deze samengevat. De vracht bedroeg in het laatste decennium van de vorige eeuw ongeveer 1,5 ton/j.

Uit de data uit [20] is af te leiden dat de vracht vanuit Westerwoldse AA en Eemskanaal samen in 2010-2011 ook ongeveer 1,5 ton/j bedroeg.



FIGUUR 32



FIGUUR 33

Dit vracht vanuit de Groningse afwateringspunten is verwaarloosbaar ten opzichte van de aanvoer vanuit de Eems.

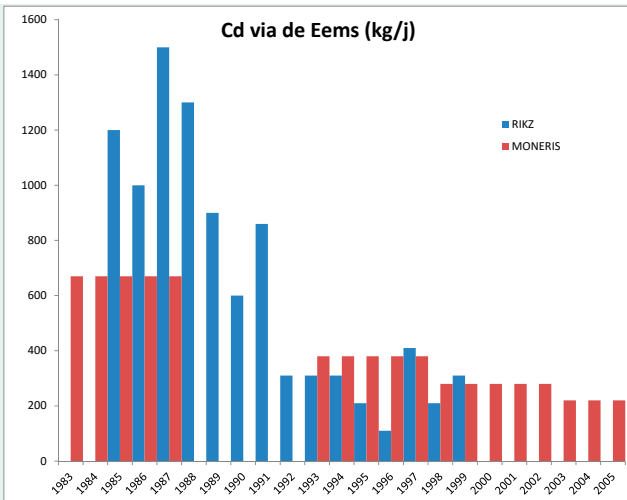
De belasting van het estuarium door alle bronnen bedroeg ongeveer 40 ton/j.

### 3.8.2. Cadmium

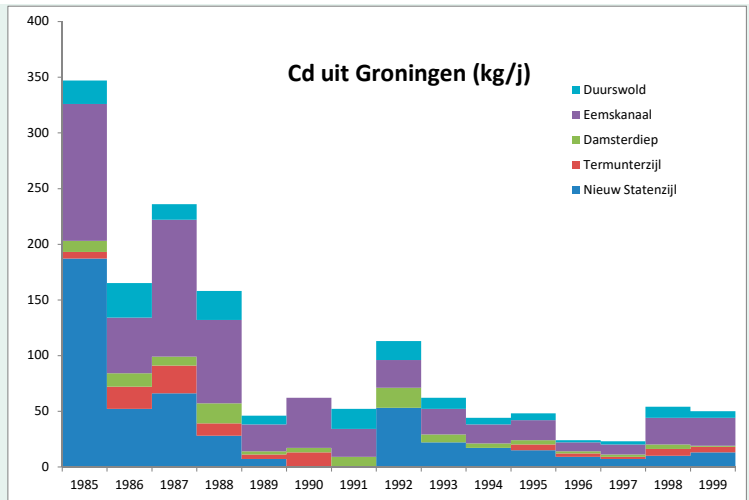
In [21] en [18] zijn emissievrachten vanuit de Eems naar het estuarium weergegeven voor de jaren 1998-1999. In [17] zijn ook emissievrachten gegeven. Beide zijn samengevat in Figuur 34. De vracht bedroeg in het laatste decennium van de vorige eeuw ongeveer 200 kg/j.

In [21] en [18] zijn ook vrachten vanuit de Groninger afwateringspunten gegeven. In Figuur 35 zijn deze samengevat. De vracht bedroeg in het laatste decennium van de vorige eeuw ongeveer 50 kg/j. Dit is qua ordegrrootte vergelijkbaar met de aanvoer vanuit de Eems.

Uit de data uit [20] is af te leiden dat de vracht vanuit Westerwoldse AA en Eemskanaal samen in 2010-2011 ook ongeveer 50 kg/j bedroeg.



FIGUUR 34



FIGUUR 35

Uit tabel 2.4 van [19] blijkt rond het jaar 2000 de aanvoer vanuit Duitsland 190 kg/j te zijn en vanuit Nederland 53 kg/j.

Uit tabel 5.1.4 van [8] blijkt dat de aanvoer vanuit Eems met 60% (onduidelijk is over welke periode deze afname is geconstateerd) is afgenomen.

De belasting van het estuarium door alle bronnen bedroeg ongeveer 250 kg/j.

### 3.8.3. Kwik

In [21] en [18] zijn emissievrachten vanuit de Eems naar het estuarium weergegeven voor de jaren 1998-1999. In [17] zijn ook emissievrachten gegeven. Beide zijn samengevat in Figuur 36. De vracht bedroeg in het laatste decennium van de vorige eeuw ongeveer 100 kg/j.

In [21] en [18] zijn ook vrachten vanuit de Groninger afwateringspunten gegeven. In Figuur 37 zijn deze samengevat. De vracht bedroeg in het laatste decennium van de vorige eeuw ongeveer 40 kg/j. Dit is qua ordegrootte vergelijkbaar met de aanvoer vanuit de Eems.

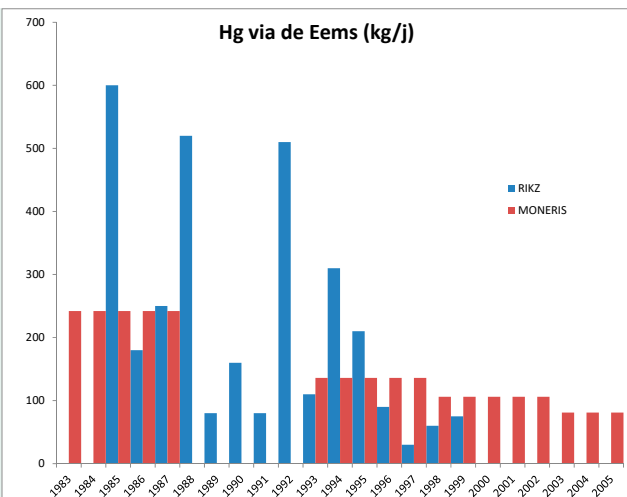
Uit de data uit [20] is af te leiden dat de vracht vanuit Westerwoldse AA en Eemskanaal samen in 2010-2011 ongeveer 30 kg/j bedroeg.

Uit tabel 2.4 van [19] blijkt rond het jaar 2000 de aanvoer vanuit Duitsland 190 kg/j te zijn en vanuit Nederland 53 kg/j.

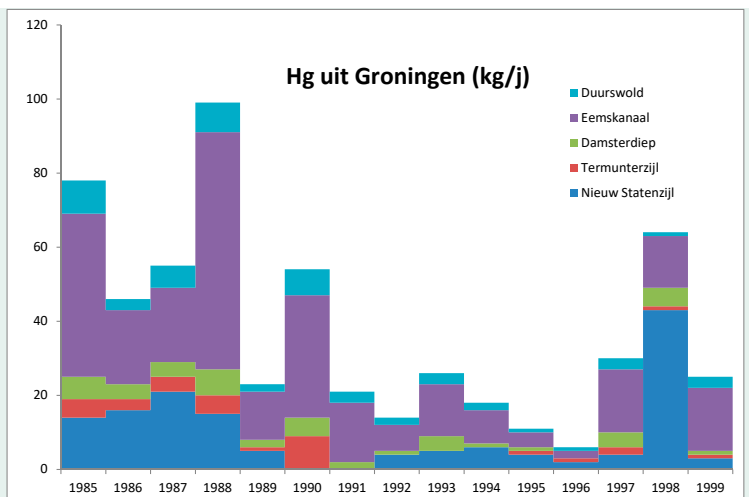
Uit tabel 5.1.4 van [8] blijkt dat de aanvoer vanuit Eems met 98% (onduidelijk is over welke periode dit gemeten is) is afgenomen.

De belasting van het estuarium door Duitse en Nederlandse bronnen samen bedroeg ongeveer 250 kg/j.

FIGUUR 36



FIGUUR 37



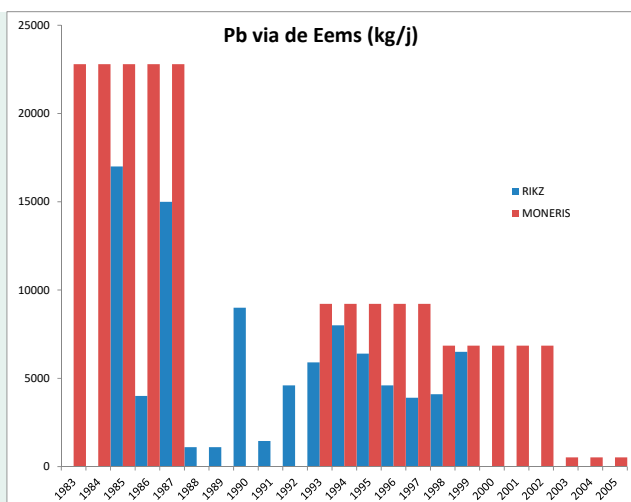


### 3.8.4. Lood

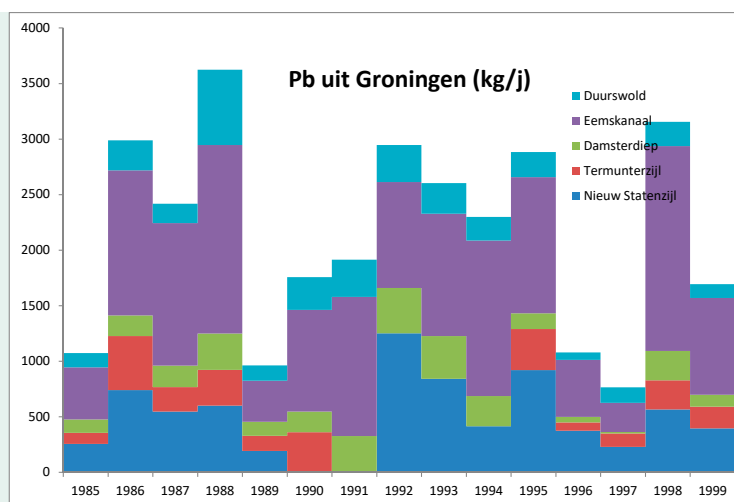
In [21] en [18] zijn emissievrachten vanuit de Eems naar het estuarium weergegeven voor de jaren 1998-1999. In [17] zijn ook emissievrachten gegeven. Beide zijn samengevat in Figuur 38. De vracht bedroeg in het laatste decennium van de vorige eeuw ongeveer 5 ton/j.

In [21] en [18] zijn ook vrachten vanuit de Groninger afwateringspunten gegeven. In Figuur 39 zijn deze samengevat. De vracht bedroeg in het laatste decennium van de vorige eeuw ongeveer 1,5 ton/j. Dit is qua ordegrrootte vergelijkbaar met de aanvoer vanuit de Eems.

Uit de data uit [20] is af te leiden dat de vracht vanuit Westerwoldse AA en Eemskanaal samen in 2010-2011 ongeveer 1 ton/j bedroeg. Gezien de grootte van deze vracht vergeleken met die uit [17] over de periode 2003-2005 lijkt het er dan ook op dat de waarden uit [17] over die periode aan de lage kant zijn.



FIGUUR 38



FIGUUR 39

Uit tabel 2.4 van [19] blijkt rond het jaar 2000 de aanvoer vanuit Duitsland 3300 kg/j te zijn en vanuit Nederland 1700 kg/j.

Uit tabel 5.1.4 van [8] blijkt dat de aanvoer vanuit Eems met 50% (onduidelijk is over welke periode dit gemeten is) is afgenomen.

De belasting van het estuarium door alle bronnen bedroeg ongeveer 6,5 ton/j.

## 3.9. Aanvoer vanuit de Noordzee

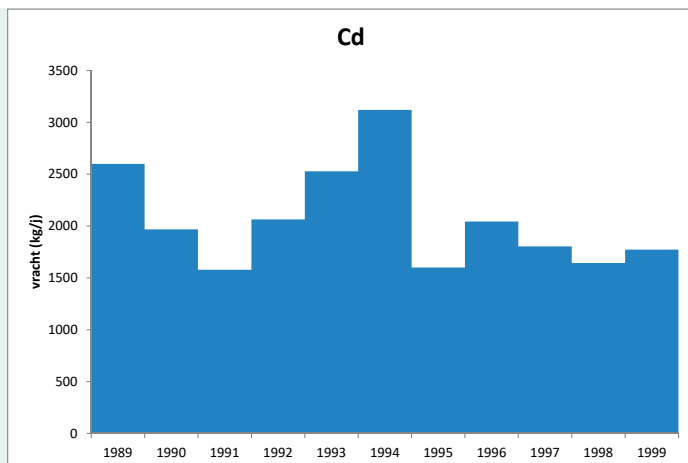
Per getij stroomt er een hoeveelheid slib in het estuarium in en uit. Netto vindt sedimentatie plaats van dat slib. In het Eems-Dollardgebied blijft ongeveer 0,6 à 0,7 miljoen ton per jaar achter [18]. Deze hoeveelheid komt redelijk overeen met de waarde van [22] (NB dichtheid slib is 450 kg/m<sup>3</sup> [22], blz. 13). In [18] is de vracht naar de Waddenzee, incl. Eems-Dollard, gegeven. In §3.5 van [18] wordt het meest waarschijnlijke getal voor de netto sedimentatie in de Waddenzee 2-2,5 miljoen ton gegeven, en het meest waarschijnlijke getal voor de Eems-Dollard 0,6-0,7 miljoen ton per jaar. In dit memo wordt er vanuit gegaan dat in de Eems-Dollard het  $0,65/(2,25+0,65)^e$  deel (=0,224) van de totale hoeveelheid sedimenteert. De in [18] genoemde getallen voor aanvoer vanuit de Noordzee zijn dus met 0,224 vermenigvuldigd om de waarde voor het estuarium te verkrijgen.

### 3.9.1. Arseen

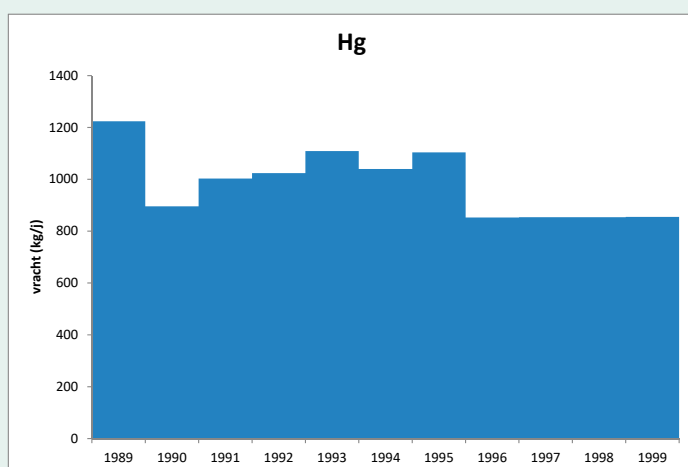
Voor arseen zijn geen gegevens over de aanvoer vanuit de Noordzee beschikbaar.

### 3.9.2. Cadmium

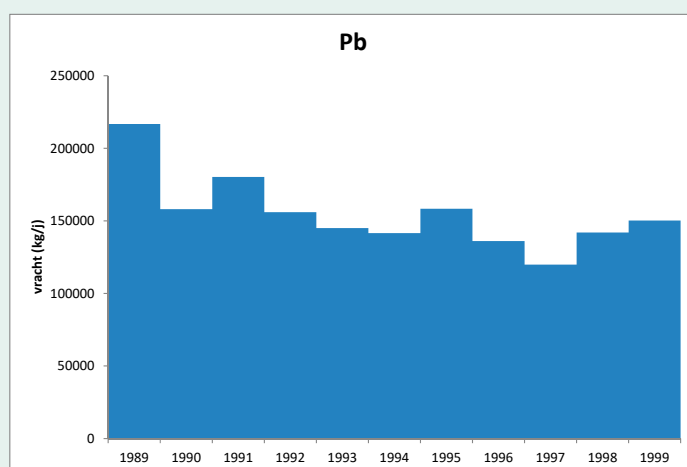
De aanvoer vanuit de Noordzee bedraagt over de periode 1989-1999 ongeveer 400 kg/j (zie Figuur 40).



FIGUUR 40



FIGUUR 41



FIGUUR 42

### 3.9.3. Kwik

De aanvoer vanuit de Noordzee bedraagt over de periode 1989-1999 ongeveer 200 kg/j (zie Figuur 41).

### 3.9.4. Lood

De aanvoer vanuit de Noordzee bedraagt over de periode 1989-1999 ongeveer 30000 kg/j (zie Figuur 42).

## 3.10. Aanvoer vanuit lucht naar water (door depositie)

Het transport van de lucht naar oppervlaktewater vindt plaats door depositie. Depositie is het proces waarbij transport van (luchtverontreinigende) stoffen vanuit de lucht naar het aardoppervlak plaats vindt. Voor een toelichting op het depositieproces zie bijlage I.

De enige recente informatie die gevonden is over de depositie van zware metalen op gebieden zoals het studiegebied is afkomstig uit de in het kader van de "Convention on Long-range Transboundary Air Pollution" (CLRTAP) uitgevoerde berekeningen ([12], [13], zie voor de toelichting §3.6).

Daarnaast is in [19] wat oudere informatie (periode 1997-2001) informatie gegeven over de atmosferische depositie van Cd en Pb.

Verder is in bijlage IV van [23] een overzicht gegeven van de atmosferische depositie op de waterkwaliteitsbeheersgebieden in Nederland. Het estuarium ligt in het gebied "Rijkswaterstaat - Directie Noord-Nederland", maar dat gebied is wel veel groter dan het estuarium. Aannemende dat de gemiddelde belasting in het hele gebied representatief is voor die in het estuarium kan een schatting gemaakt worden van de totale depositie naar het estuarium. De gegevens zijn geldig voor het jaar 2000.

### 3.10.1. Arseen

Op zich zijn de deposities voor As niet in [12] en [13] gegeven. As is echter aan stof gebonden en heeft daarmee een depositiesnelheid die vergelijkbaar is met de andere stofgebonden componenten: Cd en Pb. De depositiesnelheid van deze stoffen blijkt (na analyse van de gegevens uit [13]) ongeveer  $6 \cdot 10^{-6}$  m/s te zijn.

Helaas is ook de concentratie van As in de lucht in het studiegebied niet goed bekend. Het enige gegeven is de ongeveer 20 jaar oude waarde van  $0,6 \text{ ng/m}^3$  (zie §3.6.1). Uitgaande van deze waarde kan de depositie uit concentratie en depositie van Cd en Pb berekend worden.

Bij een oppervlakte van het estuarium van  $462 \text{ km}^2$  is de totale depositie naar het gebied dan ongeveer  $50 \text{ kg/j}$ . Daarbij moet aangetekend worden dat het voor de hand ligt dat de afgelopen 20 jaar de concentraties in de lucht, net als bij Cd en Pb, afgenomen zullen zijn en dat de feitelijke atmosferische depositie dus (veel) lager is dan deze  $50 \text{ kg/j}$ .

### 3.10.2. Cadmium

De op grond van het "Protocol on Heavy Metals" [12] berekende deposities boven zeewater (in  $\text{g/km}^2/\text{j}$ ) [13] zijn in Tabel 8 weergegeven.

X	Y	2014	2015
49	57	33	17
49	58	35	17

TABEL 8

Bij een oppervlakte van het estuarium van  $462 \text{ km}^2$  is de totale depositie naar het gebied ongeveer  $10 \text{ kg/j}$ .

Uit tabel 2.4 van [19] blijkt dat de totale depositie op het gebied rond het jaar 2000 op  $22 \text{ kg/j}$  geschat werd.

In Bijlage IV van [23] is een gemiddelde depositie van  $0,6 \text{ g/ha}$  berekend. Vermenigvuldigd met het oppervlakte van het estuarium (zie §3.2) leidt dit tot een depositie van  $27 \text{ kg/j}$ .

### 3.10.3. Kwik

De op grond van het "Protocol on Heavy Metals" [12] berekende deposities boven zeewater (in  $\text{g/km}^2/\text{j}$ ) [13] zijn in Tabel 9 weergegeven:

X	Y	2014	2015
49	57	10,4	9,7
49	58	11,6	9,6

TABEL 9

Bij een oppervlakte van het estuarium van  $462 \text{ km}^2$  is de totale depositie naar het gebied ongeveer  $5 \text{ kg/j}$ .

In Bijlage IV van [23] is een gemiddelde depositie van  $0,1 \text{ g/ha}$  berekend. Vermenigvuldigd met het oppervlakte van het estuarium (zie §3.2) leidt dit tot een depositie van  $5 \text{ kg/j}$ .

### 3.10.4. Lood

De op grond van het "Protocol on Heavy Metals" [12] berekende deposities boven zeewater (in  $\text{g/km}^2/\text{j}$ ) [13] zijn in Tabel 10 weergegeven:

X	Y	2014	2015
49	57	780	610
49	58	860	620

TABEL 10

Bij een oppervlakte van het estuarium van 462 km<sup>2</sup> is de totale depositie naar het gebied ongeveer 300 kg/j.

Uit tabel 2.4 van [19] blijkt dat de totale depositie op het gebied rond het jaar 2000 op 930 kg/j geschat werd.

In Bijlage IV van [23] is een gemiddelde depositie van 25,5 g/ha berekend. Vermenigvuldigd met het oppervlakte van het estuarium (zie §3.2) leidt dit tot een depositie van 1180 kg/j.

### 3.1.1. Lozingen van bedrijven in het gebied

Aan de grenzen van het Eems-Dollard-estuarium liggen bedrijven die zware metalen naar lucht en water emitteren. Bepaalde categorieën bedrijven dienen hun emissies jaarlijks te rapporteren op grond van Verordening 166/2005 van de EG [24]. Deze regelgeving is middels het Uitvoeringsbesluit E-PRTR [25] en de Uitvoeringsregeling E-PRTR [26] in de Nederlandse wetgeving geïmplementeerd.

METAAL	As	Cd	Hg	Pb
Lucht	20	1	1	50
Water	5	5	1	20

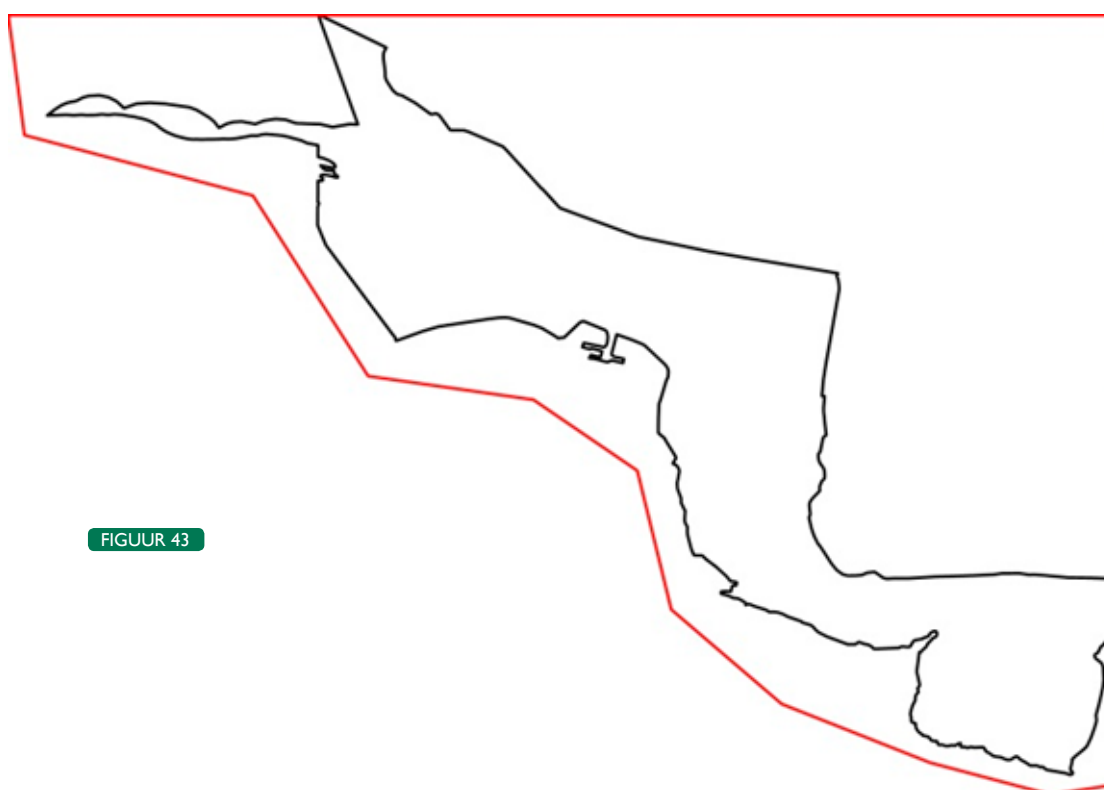
TABEL 11

In [27] zijn drempelwaarden opgenomen, waarbij rapportageplicht geldt. Voor de in dit rapport onderzochte stoffen gelden de volgende drempelwaarden (Tabel 11, in [kg/j]).

In de praktijk blijkt overigens dat bedrijven soms ook lagere emissies dan de drempelwaarden rapporteren.

In de database zijn emissies voor de volgende jaren gegeven: 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2014, 2015. Alle emissies zijn uitgedrukt in [kg/j].

Voor dit onderzoek zijn bedrijven geselecteerd die aan de grens van het estuarium liggen: het rode gebied zoals weergegeven in Figuur 43. In Tabel 12 zijn de bedrijven die emissies naar water of lucht gerapporteerd hebben in de in de database opgenomen jaren.



FIGUUR 43

BEDRIJF	WATER				LUCHT			
	As	Cd	Hg	Pb	As	Cd	Hg	Pb
Akzo Nobel Chemicals BV (Chemie Park Delfzijl)	x	x	x	x				
BioEnergieCentrale Delfzijl BV	x	x	x					
Brunner Mond BV	x	x	x	x				
Dynea BV	x		x					
E.ON Energy from Waste Delfzijl BV					x	x	x	x
GDF SUEZ Eemscentrale							x	
Klesch Aluminium Delfzijl		x	x	x	x	x		x
Lubrizol Advanced Materials Resins BV / Noveon Holland BV		x		x				
PPG Industries Chemicals BV	x			x				
RWE Eemshaven Holding BV							x	
RWZI Delfzijl	x	x	x	x				
Theo Pouw Secundaire Bouwstoffen BV							x	
Zeolyst CV	x	x	x	x				

TABEL 12

De emissiegegevens aan het aan het estuarium grenzende Duitse grondgebied zijn betrokken van de PRTR-website van de Umweltbundesamt [28]. De volgende bedrijven zijn hierin opgenomen (Tabel 13):

BEDRIJF	ACTIVITEIT	EMISSIONS IN 2015
OGE - UST Krummhörn	Verbrennungsanlagen > 50 MW	Geen emissies naar water of lucht, alleen afvalstoffen
Volkswagen AG Werk Emden	Oberflächenbehandlung mit organischen Lösungsmitteln >150 kg/h oder >200 t/a	Emissies naar lucht: NMVOS Emissies naar water: nikkel
Cassens Werft GmbH	Bau und Lackieren von Schiffen oder Entfernen von Lackierungen von Schiffen > 100 m Länge	Geen emissies naar water of lucht, alleen afvalstoffen
Statkraft Markets GmbH (Biomasseheizkraftwerk Emden)	Verbrennungsanlagen > 50 MW	Emissies naar lucht: CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> Geen emissies naar water
Emder Werft und Dock GmbH	Bau und Lackieren von Schiffen oder Entfernen von Lackierungen von Schiffen > 100 m Länge	Geen emissies naar water of lucht, alleen afvalstoffen
Vital Fettrecycling GmbH	Herstellung einfacher KW	Geen emissies naar water of lucht, alleen afvalstoffen
RETEK AG	Beseitigung oder Verwertung v. gefährlichen Abfällen > 10 t/d	Geen emissies naar water of lucht, alleen afvalstoffen
TST - The Seafood Traders GmbH	Herstellung v. Nahrungsmitteln/ Getränkeprodukten aus tierischen Rohstoffen > 75 t/d	Geen emissies naar water of lucht, alleen afvalstoffen

TABEL 13

Er is alleen gezocht naar de emissies in het meest recente jaar dat in de registratie is opgenomen, 2015. Het ligt niet in de aard van de verwachtingen dat deze bedrijven in voorgaande jaren wel zware metalen geëmitteerd hebben.

### 3.1.1.1. Direct naar water

In § 3.1.1.1 en § 4.7.2 zijn de gerapporteerde emissies van deze bedrijven zoals die in de database van de Emissieregistratie [29] zijn opgenomen, weergegeven. Het blijkt overigens dat sommige bedrijven bij één metaal of compartiment meerdere keren zijn opgenomen in de database, echter nooit bij hetzelfde jaar. In de onderstaande §§ zijn deze bedrijven niet samengevoegd i.v.m. de automatische verwerking van de resultaten. Voor de uiteindelijke beoordeling is dit ook niet zo relevant.

De in de emissieregistratie gerapporteerde emissies komen waar mogelijk uit de emissiejaarverslagen, maar er zijn ook andere bronnen gebruikt om de bedrijfsemissies in de emissieregistratie zo volledig mogelijk te maken [30]. Bij de in dit rapport opgenomen emissies is met een code<sup>3)</sup> aangegeven wat de herkomst is van het emissiecijfer (Tabel 14).

CODE	HERKOMST
1	Milieujaarverslag, geaccepteerd door het bevoegd gezag
2	Milieujaarverslag, versie nog niet gevalideerd door het bevoegd gezag
4	Kopie van registratie voorafgaand jaar
5	Geschat door de Emissieregistratie
11	CBS enquête, gemeten effluenten (RWZI)
12	Geschat door CBS (RWZI)
22	Inventarisatie Emissieregistratie Individueel (1985-1998)
23	CIW enquête (Commissie Integraal Waterbeheer) (1990-2006)
24	WVO-info (1990-2006)

TABEL 14

#### 3.11.1.1. Arseen

Uit de database van de Emissieregistratie zijn de emissies naar water door de volgende bedrijven gerapporteerd (Tabel 15).

BEDRIJF	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015
Akzo Nobel Chemicals BV (Chemie Park Delfzijl)		77 <sup>23</sup>					
BioEnergieCentrale Delfzijl BV						1,48 <sup>1</sup>	
Brunner Mond BV				208 <sup>1</sup>			
Brunner Mond BV			183 <sup>1</sup>				
Dynea BV		1,14 <sup>5</sup>					
Klesch Aluminium Delfzijl					0,6 <sup>1</sup>		
Klesch Aluminium Delfzijl		30 <sup>1</sup>	1,2 <sup>1</sup>	0,36 <sup>1</sup>			
PPG Industries Chemicals BV					10,9 <sup>1</sup>	9,7 <sup>1</sup>	7,6 <sup>1</sup>
RWZI Delfzijl		8,42 <sup>11</sup>	14,2 <sup>11</sup>	7,69 <sup>12</sup>	9,28 <sup>12</sup>	8,44 <sup>12</sup>	9,51 <sup>12</sup>
Zeolyst CV				0,6 <sup>24</sup>	0,58 <sup>1</sup>	0,56 <sup>1</sup>	0,76 <sup>1</sup>
Zeolyst CV		0,25 <sup>4</sup>					
Totaal:		120	200	220	21	20	18

TABEL 15

Deze emissies zijn ook grafisch uitgezet in Figuur 44. Zoals in § 3.11.1 al is aangegeven, zijn enkele bedrijven meerdere keren in de database opgenomen.

De totale emissie van As naar water door bedrijven ligt in de periode 2010-2015 in de orde-grootte van 20 kg/j. In voorgaande jaren was de emissie soms veel groter. BrunnerMond is inmiddels gesloten, deze emissie is daarmee gestopt.

3) Alleen de codes die voor dit rapport relevant zijn, zijn in deze tabel weergegeven.

### 3.11.1.2. Cadmium

Uit de database van de Emissieregistratie zijn de emissies naar water door de volgende bedrijven gerapporteerd (Tabel 16).

BEDRIJF	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015
Akzo Nobel Chemicals BV (Chemie Park Delfzijl)					0,5 <sup>1</sup>	0,5 <sup>1</sup>	0,6 <sup>1</sup>
Akzo Nobel Chemicals BV (Chemie Park Delfzijl)	30 <sup>23</sup>	177 <sup>1</sup>					
BioEnergieCentrale Delfzijl BV							0,01 <sup>1</sup>
Brunner Mond BV				98 <sup>1</sup>			
Brunner Mond BV			88 <sup>1</sup>				
Klesch Aluminium Delfzijl					0,05 <sup>1</sup>		
Klesch Aluminium Delfzijl			0,02 <sup>1</sup>				
Noveon Holland BV				0,5 <sup>24</sup>			
RWZI Delfzijl		1,39 <sup>11</sup>	0,761 <sup>11</sup>	0,535 <sup>12</sup>	0,343 <sup>12</sup>	0,287 <sup>12</sup>	0,598 <sup>12</sup>
Zeolyst CV						0,04 <sup>1</sup>	0,05 <sup>1</sup>
Totaal	30	180	89	99	0,89	0,83	1,3

TABEL 16

Deze emissies zijn ook grafisch uitgezet in Figuur 45. Zoals in § 4.6 al is aangegeven, zijn enkele bedrijven meerdere keren in de database opgenomen.

De totale emissie van Cd naar water door bedrijven ligt in de periode 2010-2015 in de orde-grootte van 1 kg/j. In voorgaande jaren was de emissie soms veel groter. BrunnerMond is inmiddels gesloten, deze emissie is daarmee gestopt.

Uit tabel 2.4 van [19] blijkt dat de totale industriële lozing op het gebied rond het jaar 2000 op 77 kg/j geschat werd. Dat komt redelijk overeen met de gegevens uit 16.

### 3.11.1.3. Kwik

Uit de database van de Emissieregistratie zijn de emissies naar water door de volgende bedrijven gerapporteerd (Tabel 17).

BEDRIJF	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015
Akzo Nobel Chemicals BV (Chemie Park Delfzijl)				0,04 <sup>1</sup>	0,015 <sup>1</sup>	0,01 <sup>1</sup>	0,01 <sup>1</sup>
Akzo Nobel Chemicals BV (Chemie Park Delfzijl)	5,32 <sup>5</sup>	10,1 <sup>1</sup>	0,012 <sup>1</sup>				
Brunner Mond BV				0,1 <sup>1</sup>			
Dynea BV		0,05 <sup>5</sup>					
Klesch Aluminium Delfzijl			0,005 <sup>1</sup>	0,006 <sup>1</sup>			
RWZI Delfzijl		0,179 <sup>11</sup>	0,257 <sup>11</sup>	0,316 <sup>12</sup>	0,238 <sup>12</sup>	0,132 <sup>12</sup>	0,231 <sup>12</sup>
Zeolyst CV				0,009 <sup>24</sup>	0,03 <sup>1</sup>	0,03 <sup>1</sup>	0,1 <sup>1</sup>
Totaal:	5,3	10	0,27	0,47	0,28	0,17	0,34

TABEL 17

Deze emissies zijn ook grafisch uitgezet in Figuur 46. Zoals in § 4.6 al is aangegeven, zijn enkele bedrijven meerdere keren in de database opgenomen.

De totale emissie van Hg naar water door bedrijven ligt in de periode 2010-2015 in de orde-grootte van 0,25 kg/j. In voorgaande jaren was de emissie soms veel groter. De emissie van Akzo Nobel is waarschijnlijk nog afkomstig van drainagewater, verontreinigd met kwik uit het voormalige kwikelectrolysebedrijf (gesloten in 1983) [31].

3.11.1.4. Lood

Uit de database van de Emissieregistratie zijn de emissies naar water door de volgende bedrijven gerapporteerd (Tabel 18).

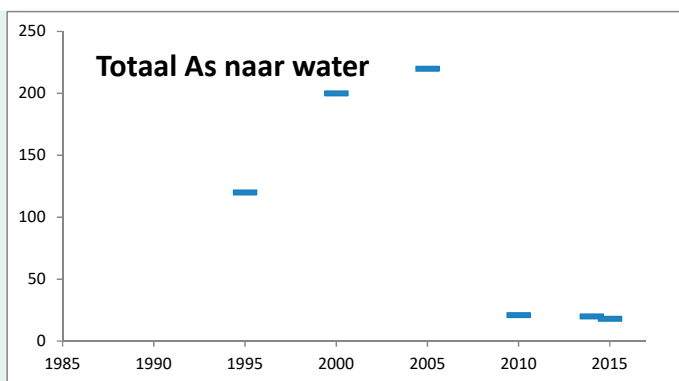
BEDRIJF	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015
Akzo Nobel Chemicals BV (Chemie Park Delfzijl)	440 <sup>23</sup>	1070 <sup>1</sup>					
BioEnergieCentrale Delfzijl BV						3,6 <sup>1</sup>	1,02 <sup>1</sup>
Brunner Mond BV				849 <sup>1</sup>			
Brunner Mond BV			196 <sup>1</sup>				
Klesch Aluminium Delfzijl			1 <sup>1</sup>	0,8 <sup>1</sup>			
Lubrizol Advanced Materials Resins BV					7,05 <sup>1</sup>		
Noveon Holland BV				9 <sup>24</sup>			
PPG Industries Chemicals BV					26,3 <sup>1</sup>	32,8 <sup>1</sup>	30,7 <sup>1</sup>
Rohm and Haas BV (Delfzijl)				0,039 <sup>24</sup>			
RWZI Delfzijl		17,9 <sup>11</sup>	12,6 <sup>11</sup>	9,29 <sup>12</sup>	4,26 <sup>12</sup>	3,16 <sup>12</sup>	4,85 <sup>12</sup>
Zeolyst CV					1,46 <sup>1</sup>	2,17 <sup>1</sup>	2,52 <sup>1</sup>
Totaal:	440	1100	210	870	39	42	39

TABEL 18

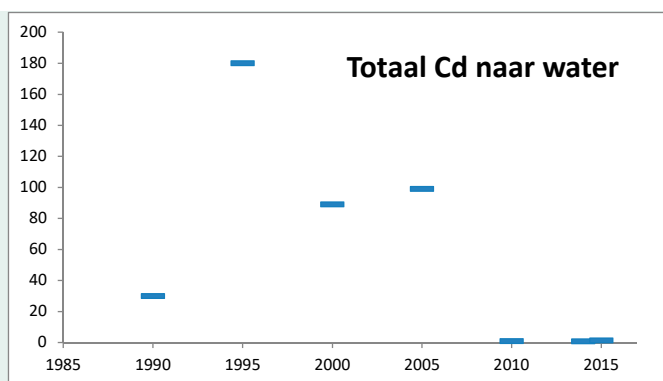
Deze emissies zijn ook grafisch uitgezet in Figuur 47. Zoals in § 4.6 al is aangegeven, zijn enkele bedrijven meerdere keren in de database opgenomen.

De totale emissie van Pb naar water door bedrijven ligt in de periode 2010-2015 in de orde-grootte van 40 kg/j. In voorgaande jaren was de emissie soms veel groter. BrunnerMond is inmiddels gesloten, deze emissie is daarmee gestopt.

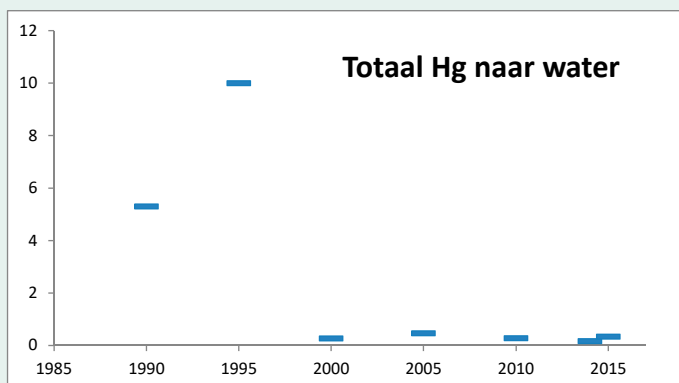
Uit tabel 2.4 van [19] blijkt dat de totale industriële lozing op het gebied rond het jaar 2000 op 785 kg/j geschat werd. Dat is een veel hoger getal dan uit de emissieregistratie voor het jaar 2000 blijkt, maar is wel weer in redelijke overeenstemming met de waarden van 1990 en 1995.



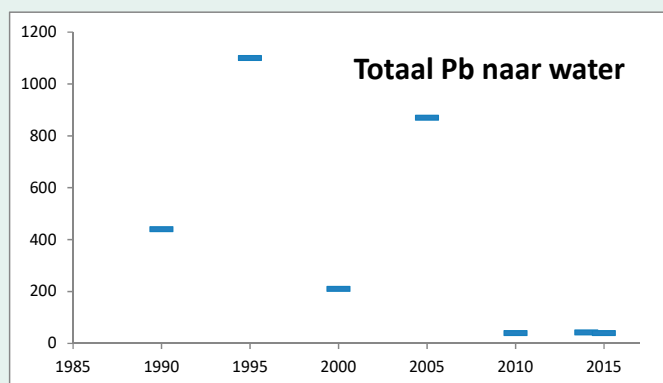
FIGUUR 44



FIGUUR 45



FIGUUR 46



FIGUUR 47



### 3.11.2. Via lucht naar water

Emissies van metalen door de bedrijven naar lucht zullen niet rechtstreeks in het oppervlakte-water komen. Echter door depositie zal een gedeelte van de emissie naar het water gaan. Zie voor een toelichting op het depositieproces Bijlage I.

Hoeveel de depositie vanuit een specifieke bron is, is afhankelijk van veel factoren. De eigenschappen van de stof zijn van belang. Omdat As, Cd en Pb aan stof gebonden zijn, zal de depositie wat betreft de stoffeigenschappen identiek zijn. Hg kan daarentegen, naast stofgebonden, ook voorkomen als Hg<sup>0</sup> en Hg<sup>II</sup>. Deze vormen hebben afwijkende depositieparameters.

Daarnaast is wordt de depositie bepaald door de kenmerken van de bron zoals de ligging t.o.v. het estuarium, de hoogte van het emissiepunt en de warmte-emissie.

Voor de berekening van de depositie van de metalen naar het estuarium wordt gebruik gemaakt van de laatste versie van OPS-pro (4.5.1), het model van het RIVM voor de berekening van de depositie van stoffen [32].

Voor de relevante bedrijven zijn de bronparameters uit het niet-openbare deel van de Emissieregistratie gehaald (e-MJV). Met deze parameters is vervolgens berekend welk deel van de emissie naar de lucht op het estuarium deponeren. Overigens zijn de bronparameters niet van grote invloed op het resultaat van deze berekening. Dat komt omdat alle geëmitteerde stof uiteindelijk weer zal deponeren. Een andere parameter (zoals een hogere bron) veroorzaakt dicht bij de bron een wat lagere depositie, maar die moet uiteraard gecompenseerd worden door een iets hogere depositie op een wat grotere afstand. Zeker als de totale depositie over een groot gebied berekend wordt, zal de invloed beperkt blijven.

Bij de berekening van de emissie van Klesch is de warmte-emissie op 0 gesteld, de in het e-MJV opgenomen waarde is op zich wel correct maar de electrolysehal is een lijnbron waarbij de pluimstijging ten gevolge van de warmte-emissie niet vergelijkbaar is met die van een puntbron.

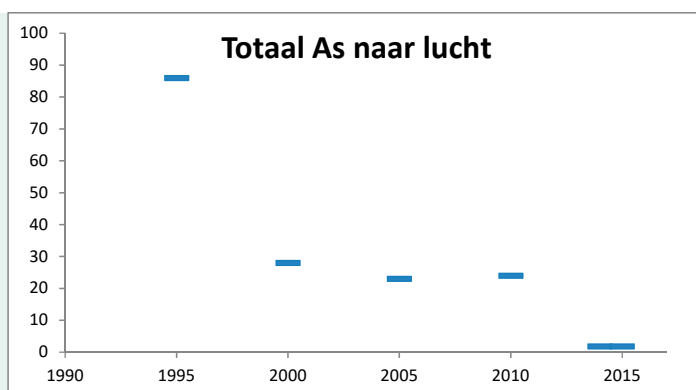
#### 3.11.2.1. Arseen

Uit de database van de Emissieregistratie zijn de emissies naar lucht door de volgende bedrijven gerapporteerd (Tabel 19, in kg/j).

Deze emissies zijn ook grafisch uitgezet in Figuur 48.

BEDRIJF	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015
E.ON Energy from Waste Delfzijl BV					1,29 <sup>5</sup>	1,82 <sup>5</sup>	1,78 <sup>5</sup>
Klesch Aluminium Delfzijl		85,8 <sup>22</sup>	28 <sup>22</sup>	23 <sup>1</sup>	23 <sup>1</sup>		
Totaal:		86	28	23	24	1,8	1,8

TABEL 19



FIGUUR 48

Klesch heeft in 2014 en 2015 geen emissies van As gerapporteerd. Het bedrijf heeft (een deel van deze periode) niet geproduceerd.

Van de geëmitteerde emissie van As door E.ON zal 1,7% op het estuarium deponeren, van de emissie van Klesch 2,6%.

Uitgaande van As-emissies van E.ON en Klesch van resp. 2 en 20 kg/j zal de depositie op het Eems-Dollard estuarium ongeveer 0,55 kg/j bedragen. Daarbij moet opgemerkt worden dat Klesch de afgelopen jaren nauwelijks geproduceerd heeft, deze totaalwaarde is dus alleen van toepassing als Klesch weer volledig gaat produceren.

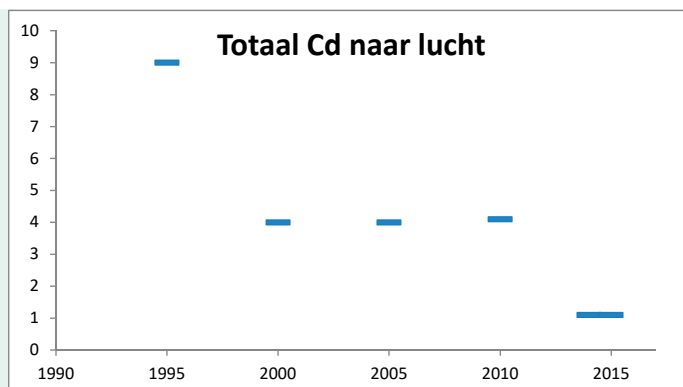
### 3.11.2.2. Cadmium

Uit de database van de Emissieregistratie zijn de emissies naar lucht door de volgende bedrijven gerapporteerd (Tabel 20, in kg/j).

Deze emissies zijn ook grafisch uitgezet in Figuur 49.

BEDRIJF	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015
E.ON Energy from Waste Delfzijl BV					2,47 <sup>5</sup>	1,06 <sup>5</sup>	1,08 <sup>5</sup>
Klesch Aluminium Delfzijl		9 <sup>22</sup>	4 <sup>22</sup>	4 <sup>1</sup>	1,6 <sup>1</sup>		
Totaal:		9	4	4	4,1	1,1	1,1

TABEL 20



FIGUUR 49

Klesch heeft in 2014 en 2015 geen emissies van Cd gerapporteerd. Het bedrijf heeft (een deel van deze periode) niet geproduceerd.

Van de geëmitteerde emissie van As door E.ON zal 1,7% op het estuarium deponeren, van de emissie van Klesch 2,6%.

Uitgaande van Cd-emissies van E.ON en Klesch van resp. 1 en 2 kg/j zal de depositie op het Eems-Dollard estuarium ongeveer 0,07 kg/j bedragen. Daarbij moet opgemerkt worden dat Klesch de afgelopen jaren nauwelijks geproduceerd heeft, deze totaalwaarde is dus alleen van toepassing als Klesch weer volledig gaat produceren.

### 3.11.2.3. Kwik

Uit de database van de Emissieregistratie zijn de emissies naar lucht door de volgende bedrijven gerapporteerd (Tabel 21, in kg/j).

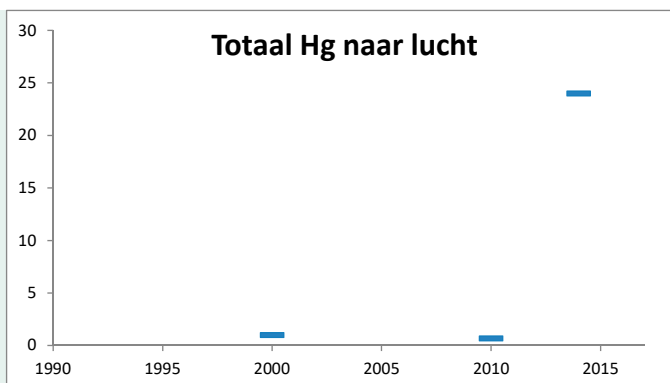
Deze emissies zijn ook grafisch uitgezet in Figuur 50 (pag. 34).

BEDRIJF	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015
E.ON Energy from Waste Delfzijl BV					0,67 <sup>2</sup>	3,55 <sup>5</sup>	3,85 <sup>5</sup>
RWE Eemshaven Holding BV						7 <sup>1</sup>	11,9 <sup>1</sup>
Theo Pouw Secundaire Bouwstoffen BV						13,4 <sup>1</sup>	17,9 <sup>1</sup>
GDF SUEZ Eemscentrale			1 <sup>22</sup>				
Totaal:			1		0,67	24	34

TABEL 21

Van de geëmitteerde emissie van Hg in de vorm van stofgebonden door E.ON zal 1,7% op het estuarium deponeren, van de emissie van RWE is dit 1,6% en van Theo Pouw 1,2%. De emissie van de Eemscentrale is nu niet meer relevant, hiervoor is geen berekening gemaakt. Het is ook mogelijk dat de emissie van kwik in de vorm van metallisch kwik optreedt, de depositie zal in die gevallen resp. 0,087%, 0,077% en 0,13% zijn. Als de emissie als Hg<sup>II</sup>-gas gemodelleerd wordt, dan bedraagt de emissie resp. 1,4%, 0,99% en 1,4% van de uitstoot.

Omdat de grootste depositie bij stofgebonden kwik optreedt, wordt in dit rapport uitgegaan van de deze vorm als worst case.



FIGUUR 50

Uitgaande van een emissie van 4 kg/j voor E.ON, 10 kg/j voor RWE en 15 kg/j voor Theo Pouw zal de depositie op het Eems-Dollard estuarium ongeveer 0,4 kg/j bedragen.

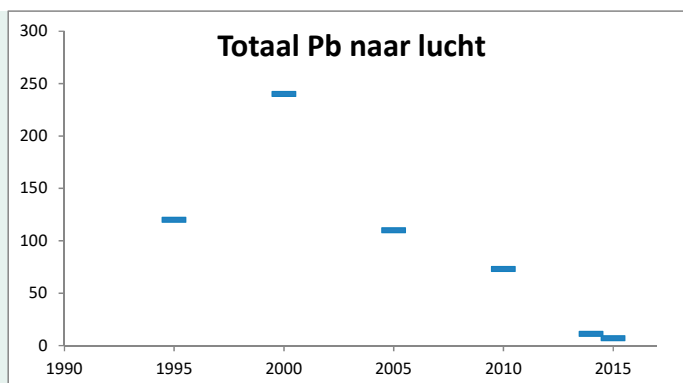
#### 3.11.2.4. Lood

Uit de database van de Emissieregistratie zijn de emissies naar lucht door de volgende bedrijven gerapporteerd (Tabel 22, in kg/j).

Deze emissies zijn ook grafisch uitgezet in Figuur 51.

BEDRIJF	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015
E.ON Energy from Waste Delfzijl BV					2 <sup>2</sup>	11,1 <sup>5</sup>	7,02 <sup>5</sup>
Klesch Aluminium Delfzijl		118 <sup>22</sup>	242 <sup>22</sup>	109 <sup>1</sup>	71 <sup>1</sup>		
Totaal:		120	240	110	73	11	7

TABEL 22



FIGUUR 51

Klesch heeft in 2014 en 2015 geen emissies van Pb gerapporteerd. Het bedrijf heeft (een deel van deze periode) niet geproduceerd.

Van de geëmitteerde emissie van As door E.ON zal 1,7% op het estuarium deponeren, van de emissie van Klesch 2,6%.

Uitgaande van As-emissies van E.ON en Klesch van resp. 5 en 100 kg/j zal de depositie op het Eems-Dollard estuarium ongeveer 2,7 kg/j bedragen. Daarbij moet opgemerkt worden dat Klesch de afgelopen jaren nauwelijks geproduceerd heeft, deze totaalwaarde is dus alleen van toepassing als Klesch weer volledig gaat produceren.

## 4. Invloed van de huidige lozingen in het Estuarium op de gehalten in water

Er zijn meerdere bronnen waardoor het Eems-Dollardestuarium belast wordt door metalen. De belangrijkste blijkt de aanvoer vanuit slib uit de Noordzee te zijn (§4.5), gevolgd door aanvoer vanuit de Eems (§4.4). De directe en indirecte lozingen door bedrijven in de nabijheid van het gebied leveren slechts een beperkte bijdrage. Samengevat zijn de bijdragen (Tabel 23, in kg/j):

METAAL:	PERIODE	As	Cd	Hg	Pb
Uit de Eems	1983-2005	40.000	200	100	5.000
Uit Groningen	1995-1999	1.500	50	40	1.500
Uit de Noordzee	1989-1999	onbekend	400	200	30.000
Grootschalige depositie	2014-2015	<50 <sup>4</sup>	27	5	300
Bedrijven naar water	2014-2015	20	1	0,25	40
Bedrijven via de lucht	2014-2015	0,55	0,07	0,4	2,7
Procentuele bijdrage van lokale bedrijven		<0,05%	0,16%	0,19%	0,12%

**TABEL 23**

Een en ander betekent dat de bijdrage van de lokale lozingen aan de concentratie in het water slechts zeer beperkt is.

4) Op basis van gegevens uit 1999.

## 5. Effecten op organismen

Het Eems-Dollardestuarium wordt op verschillende manieren belast met zware metalen. Primair komen de metalen in het water, maar zullen door organismen opgenomen worden, eventueel via het slib. In dit hoofdstuk wordt beschreven wat de invloed van een verandering van de belasting van het estuarium betekent voor gehalten in organismen.

Met behulp van een eerste orde (twee compartimenten) bioaccumulatiemodel kan worden berekend hoeveel van een metaal in het weefsel van organismen terecht komt. In Bijlage 5 wordt dit model nader toegelicht.

In het systeem waarin de concentratie in het water van het estuarium opgenomen wordt in het biologisch systeem, zoals in dit geval sprake is, kan met behulp van het bioaccumulatiemodel aangetoond worden dat de ligging van het evenwicht recht evenredig is met de concentratie in het water. Dat betekent dat als de concentratie in water met 10% toeneemt, de concentratie (in het geval waar het evenwicht is bereikt) in biota (en in slib) eveneens met 10% toe zal nemen.

### 5.1. Verandering in gehalten in biota

De bijdrage van lokale bronnen aan de concentraties in het estuarium liggen in de orde-grootte van 0,1 - 0,2 %.

Uitgaande van een eerste orde bioaccumulatiemodel (bijlage 5) kan gesteld worden dat de bijdrage van de lokale bronnen aan de belasting van organismen in het estuarium gering is.

### 5.2. Vergelijking met EQS

Normen voor water [8] (Tabel 24, uit tabel 5.1.2):

METAAL	AA-EQS (NON-INLAND SURFACE WATERS) IN µg/l, mg/m <sup>3</sup>	MAC-EQS (NON-INLAND SURFACE WATERS) IN µg/l, mg/m <sup>3</sup>	AA-EQS (BIOTA mg·kg <sup>-1</sup> TS)
As			
Cd	0,2	1,5	
Hg	0,05	0,07	0,1
Pb	7,2	n.a.	

TABELLE 24

De EQS (Environmental Quality Standards) zijn (voor metalen) betrokken op gefiltreerd water (AA = jaargemiddelde, MAC = maximum toegestane waarde).

Voor cadmium geldt dat alle (recente) waarnemingen (Figuur 11, ca. 0,1 µ/l) onder de AA-EQS voor water liggen.

Voor kwik geldt dat alle (recente) waarnemingen (Figuur 17, ca. 0,001 µg/l) ruim onder de AA-EQS voor water liggen. Voor kwik geldt dat de concentraties in biota (Figuur 28, ca. 0,2 mg/kg) boven de AA-EQS liggen. De EQS-norm is vertaald in een Nederlandse norm voor water, die een factor 1000 lager ligt dan de Europese norm. De gehalten aan kwik in het Eems-Dollard estuarium liggen, net als elders in Europa, hoger dan de Nederlandse norm, maar voldoen aan de Europese norm voor zout oppervlaktewater.

In Bijlage 7 is een overzicht gegeven van de concentraties kwik in zeewater (wereldwijd) in relatie tot de Nederlandse norm.

Voor lood geldt dat alle (recente) waarnemingen (Figuur 22, ca. 0,1 µg/l) ruim onder de AA-EQS voor water liggen.

# Referenties

- [1] Ecologie & Economie in balans  
Emissiejaarverslag voor de regio Eemsdelta  
H. Brinkman, I. van Dorp, B. Pents, H. Pastoors, H. de Ruiter, J. Leuvel  
Jaren 2008, 2009 en 2010  
Pub.: juni 2013
- [2] Kenmerken stroomgebied Deelstroomgebied Eems-Dollard estuarium  
Dr. H. Schans  
Versie 2.0 (Definitief)  
28 februari 2005  
<https://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/131190/achtergrondocnl-dldefinitief2802051.pdf>
- [3] Ecology/Biogeochemical cycles  
Wikibooks (geraadpleegd op 7 november 2017)  
[https://en.wikibooks.org/wiki/Ecology/Biogeochemical\\_cycles](https://en.wikibooks.org/wiki/Ecology/Biogeochemical_cycles)
- [4] Waterdata  
<https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterdata-en-waterberichtgeving/waterdata>  
[http://live.waterbase.nl/waterbase\\_wns.cfm?taal=nl](http://live.waterbase.nl/waterbase_wns.cfm?taal=nl)
- [5] Inventarisatie probleemstoffen in de Waddenzee en Eems-Dollard, Meetjaar 2000  
November 2001  
G.W. Doeglas, C.L.M. van de Ven & B. Frederiks  
Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ  
Werkdocument RIKZ/AB/2001 .614.X  
<http://publicaties.minienm.nl/download-bijlage/62138/479504.pdf>
- [6] Inventarisatie probleemstoffen in de Waddenzee en Eems-Dollard, Meetjaar 2001  
januari 2003  
B. Frederiks en C.L.M. van de Ven  
Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ  
<http://publicaties.minienm.nl/download-bijlage/18871/inventarisatie-probleemstoffen-waddenzee-2001-1.pdf>  
<http://publicaties.minienm.nl/download-bijlage/18872/inventarisatie-probleemstoffen-waddenzee-2001-2.pdf>
- [7] Inventarisatie probleemstoffen in de Waddenzee en Eems-Dollard, Meetjaar 2002  
1 december 2004  
B. Frederiks, M.K. van Hoorn en C.L.M. van de Ven  
Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ  
Werkdocument RIKZ/2004.616w  
<http://publicaties.minienm.nl/download-bijlage/18873/inventarisatie-probleemstoffen-waddenzee-2002-1.pdf>  
<http://publicaties.minienm.nl/download-bijlage/18874/inventarisatie-probleemstoffen-waddenzee-2002-2.pdf>  
<http://publicaties.minienm.nl/download-bijlage/18875/inventarisatie-probleemstoffen-waddenzee-2002-3.pdf>
- [8] Joop Bakker, Gerold Lüerßen, Harald Marencic, Kristine Jung, 2009.  
Hazardous Substances. Thematic Report No. 5.1.  
In: Marencic, H. & Vlas, J. de (Eds.), 2009.  
Quality Status Report 2009.  
Wadden Sea Ecosystem No. 25.  
Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Monitoring and Assessment Group, Wilhelmshaven, Germany.  
[https://www.researchgate.net/profile/Joop\\_Bakker/publication/265526159\\_Hazardous\\_Substances/links/54c27ccd0cf2911c7a488450/Hazardous-Substances.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Joop_Bakker/publication/265526159_Hazardous_Substances/links/54c27ccd0cf2911c7a488450/Hazardous-Substances.pdf?origin=publication_detail)  
NB voor concentraties in sediment geldt dat bij de grafieken µg/kg staat, maar in de toelichting mg/kg. De correcte eenheid is mg/kg.
- [9] Smeerpijp (Groningen)  
Wikipedia (geraadpleegd op 7 november 2017)  
[https://nl.wikipedia.org/wiki/Smeerpijp\\_\(Groningen\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Smeerpijp_(Groningen))

- [10] Assessment of air quality for arsenic, cadmium, mercury and nickel in the Netherlands  
E. Buijsman  
December 1999  
RIVM rapport 729999 002  
<http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/729999002.pdf>
- [11] Emissies en verspreiding van zware metalen  
M.G. Mennen, W.A.J. van Pul, P.L. Nguyen, E.A. Hogendoorn, E.M. van Putten, M.E. Boshuis-Hilverdink, G.M. de Groot  
2010  
RIVM rapport 609100004/2010  
<http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/609100004.pdf>
- [12] Protocol on Heavy Metals  
Aarhus, 24 juni 1998  
<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/full%20text/1998.Heavy.Metals.e.pdf>
- [13] Data of HMs and POPs for the EMEP region  
<http://www.msceast.org/index.php/pollution-assessment/emep-domain-menu/data-hm-pop-menu>
- [14] Arseen  
Coördinatie-commissie voor de metingen van radioactiviteit en xenobiotische stoffen  
December 1989  
I. Rijsdorp, W. v.d. Naald  
<http://edepot.wur.nl/324238>
- [15] Heavy metals and benzo(a)pyrene in ambient air in the Netherlands  
RIVM Report 680704001/2007  
A.M.M. Manders, R. Hoogerbrugge  
<http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/680704001.pdf>
- [16] Assessment of Lead Pollution Levels in the Netherlands (EMEP case study)  
I. Ilyin, M. Varygina, E. van der Swaluw, B. Jimmink, A.J. Leekstra  
March 2014  
EMEP/MSCE-E Technical Report 1/2014  
[http://www.msceast.org/reports/1\\_2014.pdf](http://www.msceast.org/reports/1_2014.pdf)
- [17] Calculation of Emissions into Rivers in Germany using the MONERIS Model, Nutrients, heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons  
Umweltbundesamt  
September 2010  
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4018.pdf>
- [18] Emissies naar de Waddenzee 1985-1999  
S. Marijnissen, B. Frederiks, T. Smit, K. van de Ven  
November 2001  
Rapport RIKZ/2001.048  
<http://publicaties.minienm.nl/download-bijlage/24258/emissies-naar-de-waddenzee-1985-1999.pdf>
- [19] Karakterisering Deelstroomgebied Eems-Dollard  
rapportage volgens artikel 5 van de kaderrichtlijn water (2000/60/EG)  
maart 2005  
[http://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/24007/art\\_5\\_rapportage\\_eems-dollard.pdf](http://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/24007/art_5_rapportage_eems-dollard.pdf)
- [20] Dataset gegevens van waterschap Hunze en Aa's, ontvangen op:  
9-11-2017  
14-11-2017  
21-11-2017  
Contactpersoon Hermen Klomp, tel. 0598693424
- [21] Emissies naar de Waddenzee 1985-1994  
D. Dijkhuizen, J. v.d. Velde en B. Frederiks  
December 1996  
Rapport RIKZ-96.038  
<http://publicaties.minienm.nl/download-bijlage/45543/rikz-96038a.pdf>



- [22] Ontwikkeling sedimentvolume Eems-Dollard en het Groninger wad, Overzicht van de beschikbare kennis en gegevens  
A2269  
December 2008  
[https://publicwiki.deltares.nl/download/attachments/72844178/ontwikkeling\\_sedimentvolume\\_eems-dollard\\_en\\_het\\_groninger\\_wad.pdf?version=1&modificationDate=1499252710646&api=v2](https://publicwiki.deltares.nl/download/attachments/72844178/ontwikkeling_sedimentvolume_eems-dollard_en_het_groninger_wad.pdf?version=1&modificationDate=1499252710646&api=v2)
- [23] Belasting van het oppervlaktewater door atmosferische deposities  
A. Bleeker, J.H. Duyzer  
november 2003  
TNO-rapport R 2003/476  
<http://library.wur.nl/ebooks/hydrotheek/1854995.pdf>
- [24] VERORDENING (EG) Nr. 166/2005 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 18 januari 2006 betreffende de instelling van een Europees register inzake de uitstoot en overbrenging van verontreinigende stoffen en tot wijziging van de Richtlijnen 91/689/EEG en 96/61/EG van de Raad  
<http://www.e-mjv.nl/publish/pages/17/e-prtr-verordening.pdf>
- [25] Uitvoeringsbesluit EG-verordening PRTR en PRTR-protocol  
<http://wetten.overheid.nl/BVBR0023431/>
- [26] Uitvoeringsregeling EG-verordening PRTR en PRTR-protocol  
<http://wetten.overheid.nl/BVBR0023585/>
- [27] Stoffenlijst en drempelwaarden integrale PRTR-verslag vanaf verslagjaar 2009  
[http://www.e-mjv.nl/publish/pages/17/stoffenlijst\\_integraal\\_prtr-verslag.pdf](http://www.e-mjv.nl/publish/pages/17/stoffenlijst_integraal_prtr-verslag.pdf)
- [28] UmweltBundesamt, PRTR-portal Thru.de (Klarheit, Transparenz, Verlässlichkeit und Glaubwürdigkeit)  
<http://www.thru.de>
- [29] Emissieregistratie  
<http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/erpub/default.nl.aspx>
- [30] Emissieregistratie, Gebruikswijzer cijfers  
[http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/content/emission\\_explanation.nl.aspx#Bedrijfemissies](http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/content/emission_explanation.nl.aspx#Bedrijfemissies)
- [31] Beschikking van 10 juni 1997 van Gedeputeerde Staten der provincie Groningen op de aanvraag van Akzo Nobel b.v., locatie Delfzijl  
[https://www.provinciegroningen.nl/fileadmin/user\\_upload/Documenten/Milieuvergunning/92279.pdf](https://www.provinciegroningen.nl/fileadmin/user_upload/Documenten/Milieuvergunning/92279.pdf)
- [32] Operationele Prioritaire Stoffen model  
[http://www.rivm.nl/Onderwerpen/O/Operationele\\_Prioritaire\\_Stoffen\\_model](http://www.rivm.nl/Onderwerpen/O/Operationele_Prioritaire_Stoffen_model)
- [33] Evaluation of a first-order model for the prediction of the bioaccumulation of PCBs and DDT from sediment into the marine deposit-feeding clam *Macoma Nasuta*  
Bruce L. Boese, Henry Lee II, Scott Echols  
Environmental Toxicology and Chemistry, Vol. 16, No. 7, pp. 1545–1553, 1997  
[http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.5620160731/epdf?r3\\_referer=wol&tracking\\_action=preview\\_click&show\\_checkout=1&purchase\\_referrer=www.google.nl&purchase\\_site\\_license=LICENSE\\_DENIED\\_NO\\_CUSTOMER](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.5620160731/epdf?r3_referer=wol&tracking_action=preview_click&show_checkout=1&purchase_referrer=www.google.nl&purchase_site_license=LICENSE_DENIED_NO_CUSTOMER)
- [34] Risk Assessment of Chemicals: An Introduction  
C.J. van Leeuwen, J.L.M. Hermens  
[http://www.acad.bg/ebook/cheminformatics/van%20Leeuwen\\_Risk%20Assessment%20of%20Chemicals-An%20Introduction%202nd%20ed.pdf](http://www.acad.bg/ebook/cheminformatics/van%20Leeuwen_Risk%20Assessment%20of%20Chemicals-An%20Introduction%202nd%20ed.pdf)
- [35] Significance of Xenobiotic Metabolism for Bioaccumulation Kinetics of Organic Chemicals in *Gammarus pulex*  
R. Ashauer, A. Hintermeister, I. O'Connor, M. Elumelu, J. Hollender, B.I. Escher  
Environ. Sci. Technol. 2012, 46, 3498-3508  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3308200/pdf/es204611h.pdf>
- [36] Beoordeling kwikemissies uit de RWE-centrale in het Eemshavengebied  
Arcadis  
15 september 2014  
[https://www.provinciegroningen.nl/fileadmin/user\\_upload/Documenten/Downloads/Beoordeling\\_kwikemissies\\_uit\\_de\\_RWE-centrale\\_in\\_het\\_Eemshavengebied.pdf](https://www.provinciegroningen.nl/fileadmin/user_upload/Documenten/Downloads/Beoordeling_kwikemissies_uit_de_RWE-centrale_in_het_Eemshavengebied.pdf)

# BIJLAGEN

# Bijlage I

## Depositieberekeningen

Nadat een luchtverontreinigende stof in de atmosfeer geloosd is zijn er verschillende processen die er voor zorgen dat de stof uiteindelijk weer uit de atmosfeer verwijderd wordt.

Eén van de processen die kunnen optreden zijn chemische reacties, waarbij de stof omgezet wordt in andere stoffen en uiteindelijk afgebroken wordt tot eenvoudige chemische verbindingen. Dit proces kan zich niet voordoen bij de metalen die in dit rapport beschreven worden, het zijn chemische elementen die uit de aard van de zaak niet afgebroken kunnen worden. Omzetting is in principe wel mogelijk (van de ene verbinding naar een andere) maar omdat het hier voornamelijk om zouten zal gaan, die allemaal de zelfde depositiekenmerken hebben, is dat voor dit rapport niet relevant. Kwik is hierbij een uitzondering, voor zover kwik als metallisch kwik ( $\text{Hg}^0$ ) geloosd wordt kan het uiteindelijk omgezet worden in een kwikzout. Dit proces is zo traag dat het hier niet relevant is.

Het andere mechanisme waarmee stoffen uit de atmosfeer verwijderd worden is depositie. Depositie kan onderscheiden worden in natte en droge depositie.

Natte depositie is het proces waarbij een stof opgenomen wordt in waterdruppels in de atmosfeer en daarmee bij een regenbui uitregenen. Bij natte depositie wordt nog onderscheid gemaakt in in-cloud scavenging, waarbij de verontreiniging in wolkendruppels worden opgenomen, en below-cloud scavenging, waarbij de verontreiniging ingevangen wordt in vallende regendruppels tijdens een regenbui. Bij natte depositie is de hoeveelheid regenval van belang, en specifieke stoffeigenschappen van de luchtverontreinigende stof.

Bij droge depositie wordt de stof ingevangen in het oppervlak van de aarde. Voor stofdeeltjes is de impact van belang (de mate waarin een deeltje de luchtstroom rond een obstakel niet kan volgen en door het obstakel wordt ingevangen), het transport vanuit de atmosfeer naar de zg. laminaire grenslaag rond het obstakel (en er doorheen) en de adsorptie of absorptie aan het oppervlak. Vooral deze laatste stap is erg sterk afhankelijk van de aard van de chemische verbinding. De andere deelprocessen worden onder meer bepaald door turbulentie en windsnelheid. De eigenschappen van het oppervlak zijn zeer bepalend voor de hoeveelheid stof die uiteindelijk zal deponeren. De droge depositie in een gebied met veel begroeiing (zoals een bos) is veel hoger dan op relatief vlakke oppervlakten (zoals wateroppervlakten).

Deposities kennen over het algemeen een grote variatie in de ruimte. Er zal ongetwijfeld een variatie in tijd zijn, maar deze wordt als niet relevant beschouwd. De variatie in de ruimte wordt onder meer bepaald door de aan- of afwezigheid van lokale bronnen maar vooral door het type ondergrond. De depositie wordt uitgedrukt in massahoeveelheden per oppervlak per tijdseenheid, bij voorbeeld  $\text{g}/\text{km}^2/\text{j}$ .

Er is een relatie tussen de concentratie in de lucht en de depositie van de stof, de verhouding tussen de depositie en de concentratie, de zg. depositiesnelheid (uitgedrukt in  $\text{m}/\text{s}$ ), is voor een bepaalde stof en een bepaald type ondergrond bij benadering een vaste waarde. Er zijn stoffen die moeilijk deponeren (zoals koolmonoxide, deze stof is weinig reactief en hecht daardoor slecht aan de ondergrond, bovendien lost deze stof ook slecht op in regenwater) en deze hebben een lage depositiesnelheid, en er zijn stoffen die makkelijk deponeren, zoals ammoniak.

Uiteindelijk zal de luchtverontreinigende stof uit de atmosfeer verdwijnen. De tijd die daarvoor nodig is, is dus afhankelijk van veel parameters, maar er kan wel een soort over-all parameter bepaald worden die een indruk geeft van afbraak en depositie: de atmosferische verblijftijd. Deze verblijftijd (ook wel halfwaardetijd genoemd, de tijd die nodig is om de helft van de geloosde verontreiniging uit de atmosfeer te verwijderen) kan variëren van enkele uren tot meerdere jaren.

Voor de stoffen die in dit onderzoek van belang zijn, geldt een verblijftijd van enkele dagen. Daarbij moet je je realiseren dat bij een (gemiddelde) windsnelheid van 5 m/s de afstand waarop zo'n deeltje zich kan verspreiden, vele honderden kilometers is. Voor kwik wordt echter een veel hogere verblijftijd aangehouden, van enkele maanden tot een jaar.

De consequentie van deze lange verblijftijd is dat de luchtverontreinigende stof dicht bij de bron slechts voor een heel klein deel zal neerslaan, en tegelijkertijd betekent dat ook dat bronnen die op honderden kilometers afstand gelegen zijn, ook nog een bijdrage kunnen leveren aan de depositie op het estuarium. Per ver weg gelegen bron zal de depositie gering zijn, maar omdat er op grote afstand ook meer bronnen gelegen zijn, kan de depositie van alle bronnen toch substantieel zijn.

De berekeningen van de depositie van ver weg gelegen bronnen is uitgevoerd door EMEP, een onder de vlag van de VN opererende instantie. Zij inventariseren bronnen en berekenen daarmee de depositie op verschillende typen ondergrond (land use). In dit onderzoek zijn alleen de depositiewaarden op zee van belang.

## Bijlage 2

---

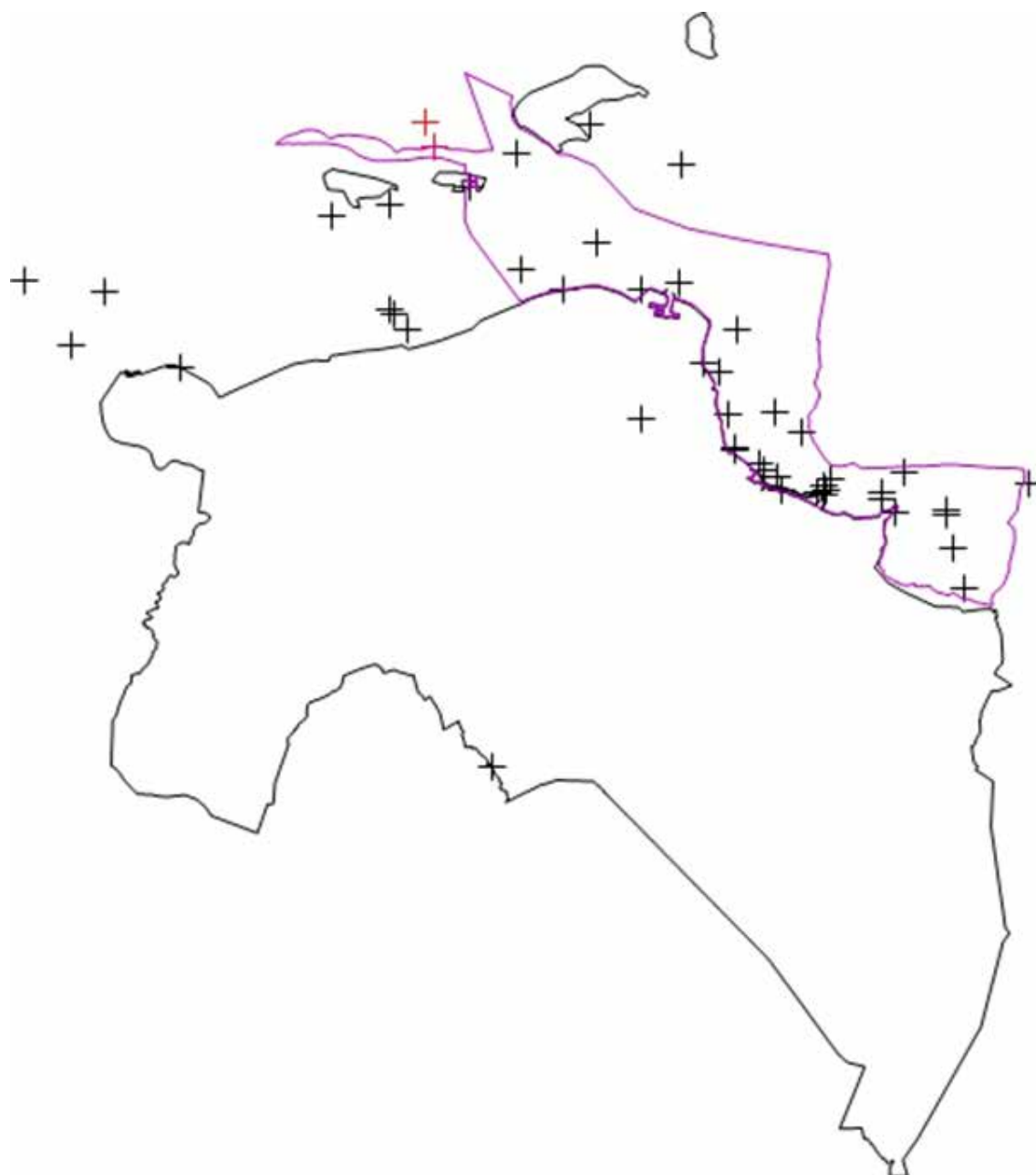
### Meetlocaties Nederland voor As, Cd, Hg en Pb



## Bijlage 3

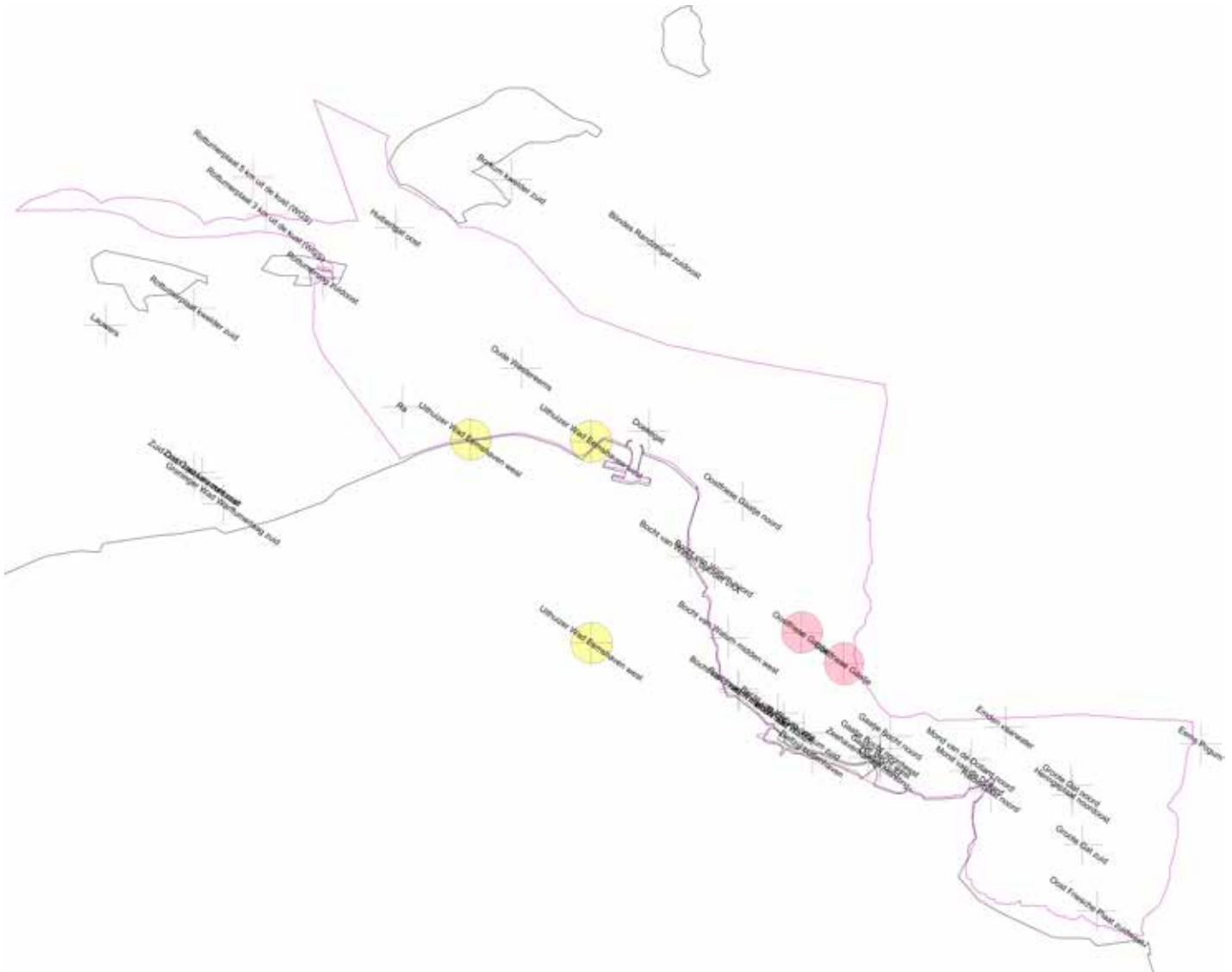
---

### Meetlocaties Groningen voor As, Cd, Hg en Pb



## Bijlage 4

### Meetlocaties estuarium voor As, Cd, Hg en Pb



Uit de analyse van de data is gebleken dat er een aantal meetlocaties zijn met dezelfde naam, maar met verschillende coördinaten. Over heel Nederland gerekend betreft het meer dan dertig locaties, in het gebied in en rond het Eems-Dollard estuarium betreft het de meetlocaties “Uithuizer Wad Eemshaven west” en “Oostfriese Gaatje”. Meetlocaties met dezelfde naam maar meerdere coördinaten zijn aangegeven met cirkels.

De meetlocaties die geselecteerd zijn voor dit onderzoek zijn de locaties waarvan de (gemiddelde) coördinaten zijn gelegen binnen het gebied van het estuarium, aangevuld met de volgende locaties (die net buiten het gebied zijn gelegen): “Eems Pogum”, “Borkum kwelder zuid”, “Blindes Randzelgat zuidoost”, “Uithuizer Wad Eemshaven west”, “Rottumerplaat 70 km uit de kust (WGS)”, “Rottumerplaat 5 km uit de kust (WGS)”, “Rottumerplaat 3 km uit de kust (WGS)”, “Lauwers”, “Rottumerplaat kwelder zuid”

# Bijlage 5

## Toelichting bioaccumulatiemodel

Het Eems-Dollardestuarium wordt op verschillende manieren belast met zware metalen. Primair komen de metalen in het water, maar zullen door organismen opgenomen worden, eventueel via het slib. In deze bijlage wordt beschreven wat de invloed van een verandering van de belasting van het estuarium betekent voor gehalten in organismen.

Voor metalen geldt dat er sprake is van bioaccumulatie. Deze elementen zullen in het milieu zeker niet afbreken. Eenmaal in het water zullen ze deels opgenomen worden, eventueel nadat ze gehecht zijn aan slib, in in het water levende organismen.

Met behulp van het eerste orde (twee compartimenten) bioaccumulatiemodel ([33], [34], [35], [36]) kan worden berekend hoeveel van een metaal in het weefsel van organismen terecht komt. Dit model is, wat mathematische beschrijving betreft, relatief eenvoudig. De (verandering van de) concentratie in het organisme wordt met een differentiaalvergelijking beschreven en is afhankelijk van de concentratie buiten het organisme, de concentratie in het organisme en een opnameconstante en een eliminatieconstante:  $\frac{dC_{in}}{dt} = k_1 C_{out} - k_2 C_{in}$ , waarbij  $C_{in}$  de concentratie van het metaal in het organisme is,  $C_{out}$  de concentratie in het water is, en  $k_1$  en  $k_2$  de opnameconstante en de eliminatieconstante is ([34], formule 3.30).

In woorden: de toename van de concentratie in het organisme als functie van de tijd ( $\frac{dC_{in}}{dt}$ ) is evenredig met de concentratie in het omringende water (hoe hoger de concentratie, hoe hoger de opname) en neemt evenredig af met de concentratie in het organisme.

De bioaccumulatie(concentratie)factor BCF wordt gedefinieerd als de verhouding tussen de opnameconstante en de eliminatieconstante:  $BCF = \frac{k_1}{k_2}$ . Deze bioaccumulatiefactor beschrijft de situatie waarbij opname en uitscheiding met elkaar in evenwicht is:  $\frac{dC_{in}}{dt} = 0$ .

Voor de berekening over meerdere compartimenten (organismen) worden meerdere differentiaalvergelijkingen gebruikt, met eigen waarden van  $k_1$  en  $k_2$ , en dus ook met eigen waarden van de BCF.

De ligging van het evenwicht wordt bepaald door de waarde van BCF: hoe hoger de waarde van BCF, des te hoger is de concentratie in het ontvangende organisme ten opzichte van de omgeving. De snelheid waarmee het evenwicht wordt bereikt is echter afhankelijk van de opnameconstante  $k_1$ .

In het systeem waarin de concentratie in het water van het estuarium opgenomen wordt in het biologisch systeem, waar in dit geval sprake van is, kan aangetoond worden dat de ligging van het evenwicht recht evenredig is met de concentratie in het water. Dat betekent dat als de concentratie in water met 10% toeneemt, de concentratie (in het geval waar het evenwicht is bereikt) in biota (en in slib) eveneens met 10% toe zal nemen. Opgemerkt moet worden dat soms het evenwicht niet bereikt wordt, omdat het organisme niet lang genoeg leeft om de evenwichtssituatie te bereiken: het gehalte metalen zal dan gedurende de levensduur van het organisme blijven stijgen. In zo'n geval zal het gehalte ook naar evenredigheid hoger worden.



# Bijlage 6

## De werking van de Waterwet

De werking van de Waterwet wordt nader toegelicht. Dit is van belang omdat is geconstateerd dat lozingen naar water vanuit de Eemshaven en Oosterhorn veel belangrijker zijn voor toename van concentraties van zware metalen in de Eems Dollard dan emissies naar lucht (en daaruit volgende depositie).

Iedere lozing op oppervlaktewater moet worden getoetst aan de bepalingen van de Waterwet. De Waterwet heeft onder meer het volgende doel: “bescherming en verbetering van de chemische en ecologische kwaliteit van watersystemen” (Waterwet, artikel 2.1 onder 1 sub b). De normen waaraan vergunningaanvragen worden getoetst zijn “in overeenstemming met het stelsel van milieudoelstellingen, opgenomen in artikel 4 van de kaderrichtlijn water.” (Waterwet, artikel 2.10). De Kaderrichtlijn Water eist een goede ecologische toestand van wateren. Dat betekent dat de normen die zijn vastgesteld en waaraan wordt getoetst bij een vergunningaanvraag de ecologisch goede toestand als uitgangspunt hebben.

Of een waterlozing al dan niet toelaatbaar is, wordt uiteindelijk beoordeeld middels een emissie-immissietoets. Aan deze toets gaan twee stappen vooraf, namelijk bronaanpak en minimalisatie. Dat betekent dat alleen vergunning aangevraagd kan worden voor een “restlozing”. Aanvrager van een vergunning is als eerste verplicht om middels bronmaatregelen en minimalisatiemaatregelen de omvang van de emissie zo veel als redelijk mogelijk te beperken en het proces zo aan te passen dat van iedere te gebruiken stof de minst milieubelastende variant wordt toegepast.

Het proces van toepassen van bronmaatregelen en minimaliseren kan als volgt schematisch worden weergegeven:

De restlozing wordt vervolgens middels de emissie-immissietoets getoetst aan:

- de kwaliteit van het ontvangende oppervlaktewater waarop de initiatiefnemer loost, en
- emissiegrenswaarden die op dat stuk oppervlaktewater gelden.

Uit de toets volgt of deze toelaatbaar is, of dat nadere bron- of minimalisatiemaatregelen nodig zijn. Een lozing is pas toelaatbaar wanneer uit de emissie-immissietoets blijkt dat er geen gevolgen zijn voor de chemische en ecologische kwaliteit van het ontvangende water. Toepassing van de immissietoets geeft onder meer invulling aan de doelstellingen van de Europese Kaderrichtlijn Water. Het gaat hierbij vooral om het beschermen en verbeteren van de chemische en ecologische kwaliteit van watersystemen. De effecten van de lozing beoordeelt men benedenstrooms van het oppervlaktewaterlichaam. Het bevoegd gezag kijkt of deze (punt)lozing in lijn is met de maximaal toelaatbare belasting op het oppervlaktewaterlichaam (de immissieruimte).

Door op deze wijze te toetsen wordt steeds tegen de actuele achtergrondwaarde getoetst, wat betekent dat alle voorgaande vergunde lozingen steeds opnieuw bij een nieuwe vergunning worden betrokken. Op die manier, met toepassing van normen die de ecologische waterkwaliteit borgen, is de zekerheid verkregen dat onder de Waterwet vergunde lozingen nooit kunnen leiden tot een onaanvaardbare verslechtering van de waterkwaliteit. Deze conclusie kan doorgetrokken worden naar het niveau van de structuurvisie en de bestemmingsplannen Eemshaven en Oosterhorn: De vergunningsystematiek van de Waterwet borgt ook op planniveau dat een onaanvaardbare verslechtering van de waterkwaliteit uitgesloten is.

# Bijlage 7

## Kwikgehaltenes in zeewater

Voor kwik geldt dat de emissies van natuurlijke bronnen (zoals geologische activiteit, of emissies vanuit oceanen) groter is dan de antropogene bronnen [A]. Een kwikatoom heeft in de atmosfeer een levensduur (voordat het uit het systeem is verdwenen) van ongeveer een jaar en in water meerdere jaren. Dat betekent dat een op een bepaalde plaats geloosd kwikatoom ten gevolge van stroming in water en lucht niet in het gebied zal blijven. De concentraties op lokaal niveau zullen daardoor gedempt worden, maar het is altijd mogelijk dat lokaal (soms sterk) verhoogde concentraties optreden. Een voorbeeld is de lozing van kwik in de baai van Minamata, waar begin 60-er jaren van de vorige eeuw waarden tot 3600 ng/l (totaal kwik) gevonden werden [A].

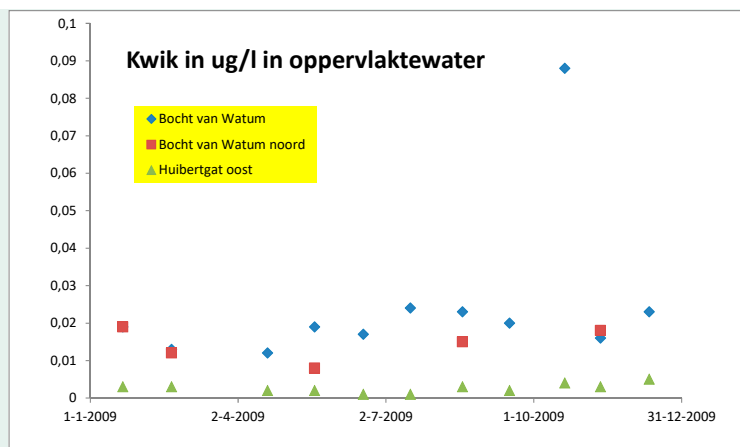
De huidige gehalten aan totaal kwik in oceanen liggen in de ordegrootte van 0,3 ng/l [A]; maar op andere plaatsen worden hogere concentraties aangetroffen:

Noordzee	1990-1995	0,56 ng/l
Oostzee	1998	0,6 ng/l
Atlantische oceaan	1996	2,7 ng/l
Zuid-Chinese zee	2010	0,8-2,3 ng/l
Gele Zee	2011	1,34-5,5

Op sommige plaatsen zijn de gemeten waarden nog steeds (veel) hoger, waarschijnlijk ten gevolge van lokale lozingen.

Uit [B] blijkt dat het totaal kwik in de Atlantische oceaan op een traject tussen Portugal en Canada 0,03 tot 0,3 ng/l bedraagt, 97% van de waarden is kleiner dan 0,2 ng/l. Het meetkundig gemiddelde is 0,1 ng/l. Vergelijkbare waarden worden gevonden in subpolaire zeestromen (0,1 ng/l) maar in de subtropische zeestromen zijn de concentraties iets hoger.

In het Eems-Dollardestuarium is totaal kwik alleen gemeten in het jaar 2009. De gemiddelde concentratie bedroeg in dat jaar 11 ng/l. Opvallend is dat de waarden, gemeten in "Huibertgat oost" veel lager zijn dan die in "Bocht van Watum" en "Bocht van Watum noord": resp. 3 ng/l, 25 ng/l en 14 ng/l. Zie grafiek (de hoge gemiddelde waarde in de Bocht van Watum wordt veroorzaakt door één uitzonderlijk hoge waarneming). Het verschil kan wellicht verklaard worden uit het feit dat het Huibertgat veel dichterbij de Noordzee ligt dan de andere twee meetpunten. Deze laatste twee worden meer beïnvloed door aanvoer vanuit o.a. de Eems, het Huibertgat meer door aanvoer vanuit de Noordzee.

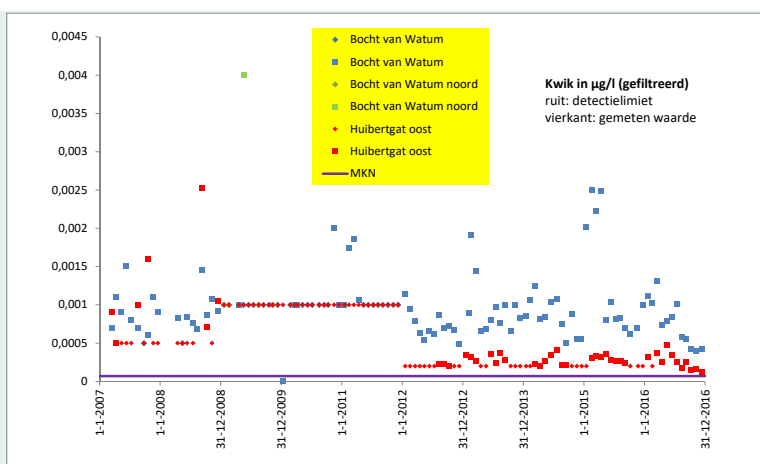


Een gehalte van 3 ng/l voor het Huibertgat komen wat betreft ordegrootte overeen met de gegevens uit [1] en [2].

In Nederland wordt een norm voor kwik in water gehanteerd van kwik na filtratie (waarbij het aan slib gehecht kwik dus niet meegenomen wordt. De kwaliteitsnorm is 0,00007 ng/l.

De in het estuarium gemeten gehalte aan totaal kwik overschrijdt deze waarde altijd. In onderstaande figuur is het gemeten gehalte weergegeven, samen met de norm.

Opvallend is dat ook hier de gemeten gehalten in Huibertsgat structureel lager zijn dan die in de Bocht van Watum.



[A]

Mercury in Marine and Oceanic Waters—a Review

Barbara Gworek & Olga Bemowska-Kafabun & Marta Kijeńska & Justyna Wrzosek-Jakubowska  
Water Air Soil Pollut (2016) 227: 371

[https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5013138/pdf/11270\\_2016\\_Article\\_3060.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5013138/pdf/11270_2016_Article_3060.pdf)

[B]

Mercury distribution and transport in the North Atlantic Ocean along the GEOTRAC-ES-GA01 transect

Daniel Cossa, Lars-Eric Heimbürger, Fiz F. Pérez, Maribel I. García-Ibáñez, Jeroen E. Sonke, Hélène Planquette, Pascale Lherminier, Julia Boutorh, Marie Cheize, Jan Lukas Menzel Barraqueta,

Rachel Shelley, Géraldine Sarthou  
Biogeosciences, 15, 2309–2323, 2018

<https://www.biogeosciences.net/15/2309/2018/bg-15-2309-2018.pdf>



