

Deltares-rapport**2008-U-R1081/A****Variatie van de zwevend stof kwaliteit in het
stroomgebied van de Maas****Bodem- en
Grondwatersystemen**Princetonlaan 6
Postbus 80015
3508 TA Utrechtwww.deltares.nlT +31 30 256 4750
F +31 30 256 4855
info@deltares.nl

Datum	10 november 2008
Auteur(s)	I.J.I. Bakker, G.T. Klaver, S. Jansen, J. Joziasse en E.S. van der Meulen
Opdrachtgever	Delft Cluster
Projectnummer	092.79299
	Dit onderzoek is mede gerealiseerd dankzij een financiële bijdrage van Delft Cluster, in het kader van werkpakket 3 van het project “Waterkwaliteit en calamiteiten”.
Aantal pagina's	45 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	2
Goedgekeurd door	H.H.M. Rijnaarts

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Deltares.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan Deltares, dan wel de betreffende ter zake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het Deltares-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Samenvatting

Transport van verontreinigingen gebonden aan slib kan een belangrijk deel uitmaken van het totale transport van deze stoffen. Het kan hierbij gaan om grote hoeveelheden die bovendien grensoverschrijdend verplaatst kunnen worden, en grote ecologische effecten teweeg kunnen brengen. Voor een goede inschatting van (ecologische) effecten en van de effectiviteit van maatregelen, onder andere in het kader van de Kaderrichtlijn Water (KRW) is het dan ook essentieel om de bronnen en transportpaden te kennen en de processen te begrijpen.

De variatie van de zwevend stof kwaliteit in het stroomgebied van de Maas is op twee manieren uitgewerkt. Daarvoor zijn twee verschillende datasets gebruikt. Ten eerste de data afkomstig van de Internationale Maascommissie (IMC), met gegevens van macroparameters ('algemene' variabelen) en verontreinigingen in totaal water van het gehele stroomgebied. De concentraties in totaal water zijn gebruikt als indicatie voor de gehalten in zwevend stof. Daarnaast is een dataset van Rijkswaterstaat in Nederland gebruikt met gegevens van algemene variabelen en verontreinigingen in zwevend stof van het Nederlandse deel van de Maas.

De variatie van concentraties zware metalen, PCB's en PAK in zwevend stof in de Maas in Nederland lijkt vooral te worden veroorzaakt door variatie in debiet. Voor de zware metalen is dit verband niet consistent. De gehalten PCB's (en minder sterk, metalen) nemen over het algemeen af bij een verhoging van het debiet, terwijl een verhoging van het debiet bij PAK's over het algemeen leidt tot een verlaging van de gehalten in zwevend stof.

De sterke correlatie van PAK's en in mindere mate PCB's geeft aan dat de variatie van deze verontreinigingen sterk bepaald wordt door input van één of enkele duidelijke bronnen. Er is een duidelijke invloed van de zijrivier de Sambre geconstateerd op gehalte van PAK's in totaal water, hieruit wordt geconcludeerd dat het gehalte PAK in zwevend stof in de Maas wordt beïnvloed door de Sambre. Mogelijk is langs de Sambre een gebied aanwezig dat periodiek overstroomt, waarbij met PAK verontreinigde grond wordt geërodeerd en via de Sambre naar de Maas wordt getransporteerd.

Over het algemeen liggen de gehalten aan PAK en zware metalen in het zwevend stof nabij de monding van de Maas (meetstation Keizersveer) lager dan bij de grens met België (meetstation Eijsden). Dit kan veroorzaakt worden door verdunning of door sedimentatie van verontreinigd zwevend stof. De gehalten PCB-28 zijn bij Keizersveer hoger dan bij Eijsden. Dit duidt op een bron van PCB-28 tussen Eijsden en Keizersveer (input vanuit zijstroom of lozing). Voor PCB-153 en PCB-52 zijn de gehalten bij beide meetstations ongeveer gelijk.

Inhoudsopgave

	Samenvatting.....	2
1	Inleiding.....	4
2	Dataverwerking.....	5
2.1	Het stroomgebied van de Maas.....	5
2.2	Gebruikte datasets en variabelen	7
2.3	Statistische analyse	10
3	Resultaten	12
3.1	Variatie van zwevend stof kwaliteit in één locatie	12
3.2	Variatie van zwevend stof kwaliteit door het stroomgebied heen	30
4	Discussie.....	39
5	Conclusies en aanbevelingen.....	41
	Referenties	42
	Bijlage(n)	
A	Tijdreeksen debiet en zware metalen in zwevend stof	
B	Relatie debiet en gehalte zware metalen in zwevend stof	

1 Inleiding

Transport van verontreinigingen gebonden aan slib kan een belangrijk deel uitmaken van het totale transport van deze stoffen. Het kan hierbij gaan om grote hoeveelheden die bovendien grensoverschrijdend verplaatst kunnen worden, en grote ecologische effecten teweeg kunnen brengen. Voor een goede inschatting van (ecologische) effecten en van de effectiviteit van maatregelen (onder andere in het kader van KRW) is het dan ook essentieel om de bronnen en transportpaden te kennen en de processen te begrijpen. Extreme gebeurtenissen zoals droogte en overstromingen, die door klimaatverandering in toenemende mate voor zullen komen, hebben hier een grote invloed op. Werkpakket 3 van het Delft Cluster Project “Waterkwaliteit en Calamiteiten” richt zich daarom op het transport van verontreinigingen gebonden aan zwevend slib en de invloed van extreme gebeurtenissen hierop. In een ander rapport (Bakker et al, 2008) is op basis van een literatuurstudie een overzicht gegeven van de beschikbare kennis op dit gebied met betrekking tot de Rijn en Maas.

In het voorliggende rapport zal aan de hand van databases voor de Maas worden onderzocht welke oorzaken er zijn voor de variatie in de kwaliteit van het zwevend stof. Dit heeft twee doelstellingen:

1. Het herleiden van bepalende factoren voor de kwaliteit van zwevend stof op één locatie (belang van seizoenen);
2. Het herleiden van de bepalende factoren voor de variatie van de zwevend stof kwaliteit door de Maas heen (bronnen van verontreinigingen).

Het rapport is een aanvulling op eerder onderzoek (Bakker, 2006) over dezelfde onderwerpen.

In het rapport wordt eerst een overzicht gegeven van de karakteristieken van het stroomgebied van de Maas, de gebruikte datasets en statische methoden (hoofdstuk 2). Met statistische methoden worden vervolgens kwaliteitsgegevens op één locatie (Eijsden) geanalyseerd om bepalende factoren voor de variatie van de kwaliteit van het zwevende stof als gevolg van seizoenspatronen te achterhalen en worden kwaliteitsgegevens door het stroomgebied van de Maas heen geanalyseerd om te zoeken naar de relevante bronnen (hoofdstuk 3). In hoofdstuk 4 worden de belangrijkste conclusies samengevat.

2 Dataverwerking

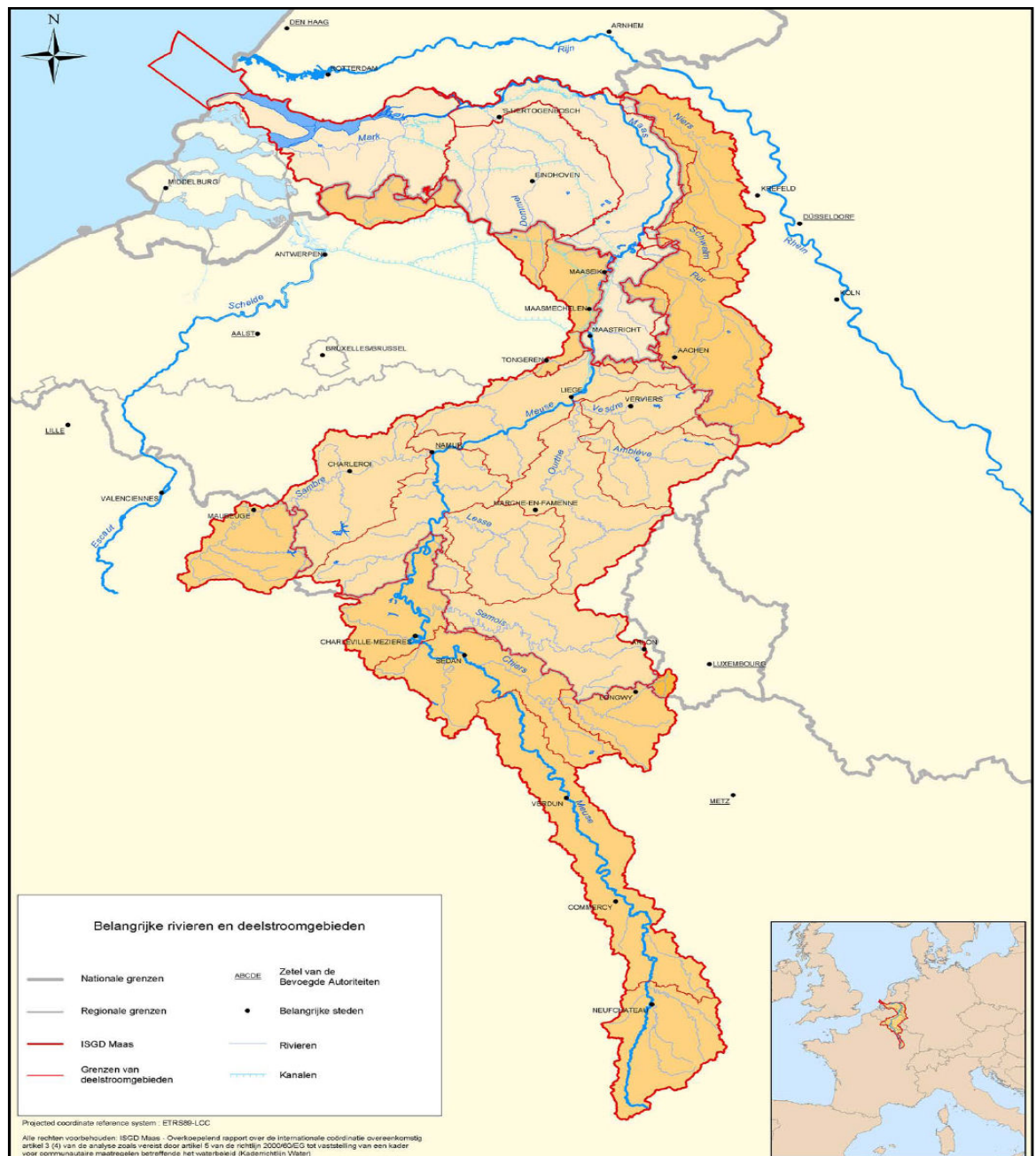
2.1 Het stroomgebied van de Maas

Het stroomgebied van de Maas beslaat een oppervlak van bijna 35.000 km² in een tamelijk dichtbevolkt gebied met bijna 9 miljoen inwoners en een gemiddelde inwonersdichtheid van ongeveer 250 inwoners/km². De Maas ontspringt op een hoogte van 384 meter boven zeeniveau in Pouilly-en-Bassigny (Frankrijk) waarna de rivier via België en Nederland na 905 km in de Noordzee uitmondt. Delen van het stroomgebied zijn ook in Luxemburg en Duitsland gelegen. Figuur 2.1 geeft het hele stroomgebied van de Maas weer, waarbij ook de belangrijke zijrivieren vermeld zijn. Dit zijn de Chiers, Semois, Lesse, Sambre, Ourthe, Roer, Swalm, Niers, Dommel en Mark. De Maas is een typische regenrivier. Het debiet is afhankelijk van de neerslag en kan per seizoen en van jaar tot jaar verschillen. De gemiddelde hoeveelheid neerslag kan variëren tussen de 700 en 1400 mm per jaar, waarbij de neerslag in het Ardennengebied (Waals deel van België) het grootst is. De slecht doorlatende ondergrond in vooral het Waalse deel van de Maas zorgt mede voor grote piekafvoeren in de rivier bij hevige regenbuien. Hoge afvoeren vinden over het algemeen plaats in de winter en het voorjaar. Daarbij kunnen piekafvoeren bereikt worden van meer dan 3000 m³/s, zoals waargenomen tijdens de overstroming van 1993 bij meetstation Eijsden (nabij de grens tussen België en Nederland). De geringe berging van regenwater in de ondergrond zorgt voor lage afvoeren tijdens de warmere zomer- en herfstmaanden. Tijdens zeer droge jaren kan de afvoer voor lange tijd ruim onder de 50 m³/s blijven. Het grillige afvoerverloop van de Maas wordt daarnaast ook veroorzaakt door ingrepen in de rivier voor het behoud van scheepvaart en voor overstromingspreventie. Bijna de gehele loop van de Maas wordt kunstmatig gereguleerd door stuwen, sluizen, dammen en kanalen, waarmee het natuurlijk karakter van de rivier sterk wordt aangetast (IMC, 2005a). Op basis van geomorfologische en fysische kenmerken kan het stroomgebied van de Maas onderverdeeld worden in drie deelgebieden:

Zone 1: van de bron tot aan Charleville-Mézières (nabij de Frans-Belgische grens): De ondergrond van dit deel van de Maas is kalkhoudend en poreus, terwijl het zomerbed uit grind bestaat. De hoofdstroom van de Maas is hier nog vrij smal en door een gering verval is de stroomsnelheid ook zeer laag. Scheepvaart wordt grotendeels door het evenwijdige lopende “Canal de l’Est” geleid. Vanaf Troussey is ook de Maas gekanaliseerd. De milieudruk op dit deel van de Maas is nog niet zo groot, doordat er weinig scheepvaart plaatsvindt en het gebied dunbevolkt is. Daarnaast komt er weinig industrialisatie en verstedelijking voor.

Zone 2: Van Charleville-Mézières tot Luik

Dit deel van de Maas wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van slecht doorlatend gesteente. De rivier wordt breder en tijdens hevige regenval kunnen de deelstroomgebieden van de Semois, Lesse, Sambre en Ourthe substantieel bijdragen aan het debiet van de Maas. Het water zal snel afgevoerd worden naar de benedenstroomse delen van de Maas vanwege de beperkte opslagcapaciteit van de ondergrond. De hoofdstroom van de Maas is sterk door de mens beïnvloed om de rivier bevaarbaar te maken. In dit traject komen veel verstedelijkte en geïndustrialiseerde gebieden voor, zowel langs de hoofdstroom als langs de Sambre.



Figuur 2.1: Het stroomgebied van de Maas met aanduiding van de locatie in West-Europa (IMC, 2005a)

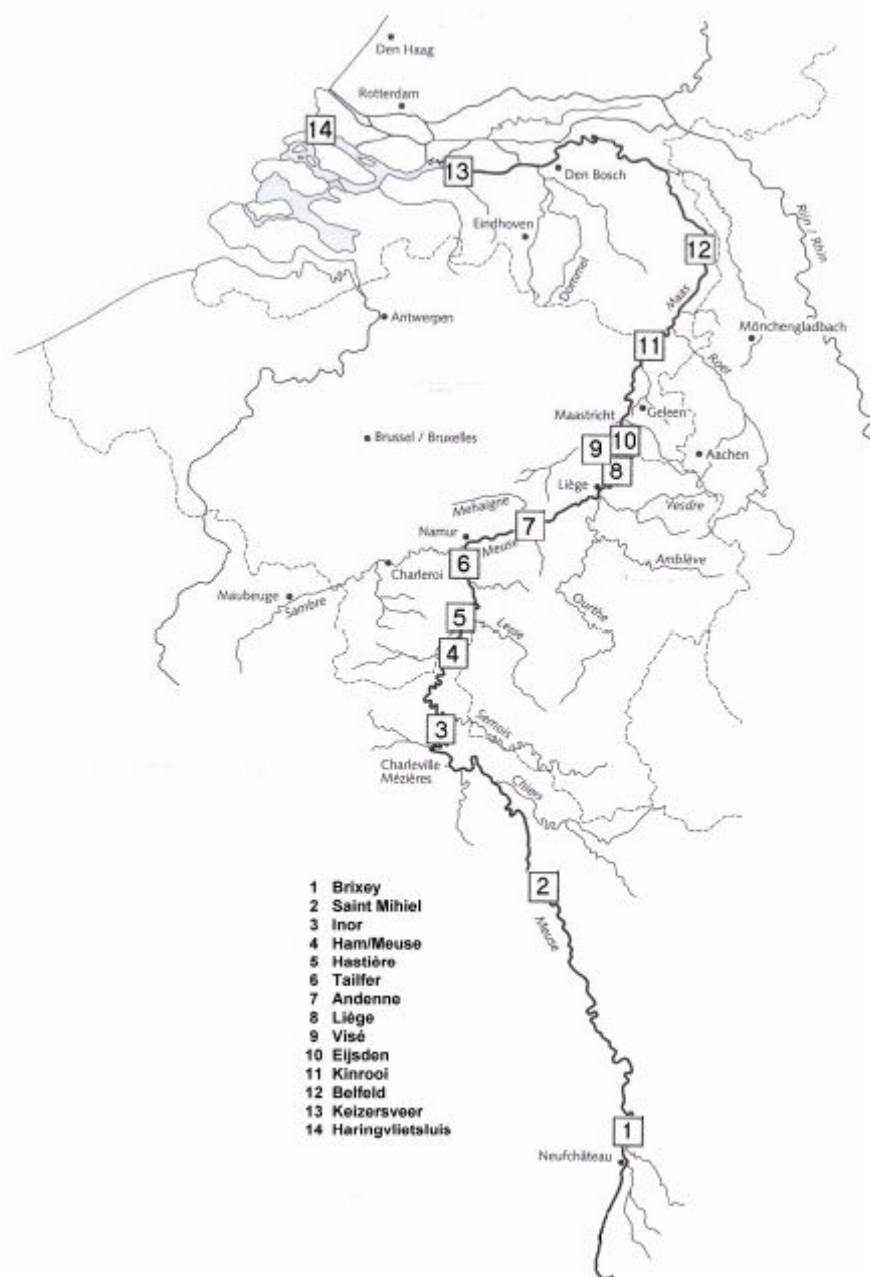
Zone 3: Van Luik tot de monding

De kenmerken in dit deel van de Maas lopen sterk uiteen. De ondergrond in het traject van Luik tot aan Maastricht bestaat voornamelijk uit kalksteen en de hoofdstroom is hier vrij smal met beboste hellingen. Ten noorden van Maastricht is de bedding vooral zandig en rijk aan grind. Omdat de Maas hier de grens vormt tussen Nederland en België, wordt dit traject de Grensmaas genoemd. De Maas heeft hier een meanderend karakter en is ontoegankelijk voor scheepvaart. Na Roermond is de Maas wel weer bevaarbaar; de hiervoor aangebrachte kunstwerken leiden tot een grote beperking van de natuurlijke stroomdynamiek. Dit deel van het stroomgebied heeft een hoge

bevolkingsdichtheid met veel intensieve landbouw en industrie. Het noordwestelijke deel van het stroomgebied van de Maas heeft een vrij open karakter. Het is omringd door stedelijke havengebieden en wordt de Rijn-Maasdelta genoemd, omdat hier ook de Rijn invloed uitoefent op het verloop van de Maas (IMC, 2005a).

2.2 Gebruikte datasets en variabelen

Een belangrijke en goed bruikbare dataset voor de kwaliteit van oppervlaktewater en zwevend stof wordt gevormd door de gegevens van de verschillende monitoringlocaties binnen de hoofdstroom van de Maas. Door de Internationale Maas Commissie (IMC) zijn 14 locaties vastgesteld waar oppervlaktewater en in mindere mate zwevend stof op een frequente basis worden bemonsterd. Figuur 2.2 geeft een overzicht van deze monitoringlocaties in het Maasstroomgebied. Jaarlijks wordt door het IMC een rapportage uitgebracht waarin de resultaten van het zogeheten 'homogeen meetnet' worden vrijgegeven. In dit rapport worden gegevens verwerkt van, onder andere, metalen, nutriënten en organische verontreinigingen in water. Dit betreft de 'totaal'concentraties (zowel het opgeloste als het aan zwevend slib geadsorbeerde deel). Ook algemene variabelen als debiet, pH en zwevend stof kwantiteit wordt van deze monitoringlocaties meegenomen. Deze gegevens worden op een 4-wekelijkse basis gerapporteerd en zijn vanaf 1998 beschikbaar. Voor de uitwerkingen in dit rapport is een verzamelset gemaakt voor de periode 1998-2004 van de variabelen die in tabel 2.1 zijn aangegeven.



Figuur 2.2: Aanduiding van de monitoringlocaties in de hoofdstroom van de Maas voor het homogeen meetnet van de Internationale Maas Commissie (IMC, 2005b)

In de rapportage van het IMC wordt niet naar de kwaliteit van zwevend stof gekeken, omdat de bemonstering van zwevend stof niet op alle monitoringlocaties wordt uitgevoerd, of pas zeer recent van start is gegaan (AquaTerra, 2007). Voor het Nederlandse deel van de Maas is de bemonstering van zwevend stof in 1988 al begonnen en zijn de kwaliteitgegevens van zwevend stof vrij verkrijgbaar op het internet via www.waterbase.nl. Deze gegevens worden vrijgegeven door Rijkswaterstaat (RWS-waterdienst voormalig RIZA). Zwevend stof wordt in het Nederlandse deel van de Maas op vier locaties bemonsterd; figuur 2.3 geeft aan waar deze locaties zich bevinden. Deze locaties zijn vergelijkbaar met het meetnetprogramma

van het IMC, met de locatie Stevensweert als aanvulling in het Nederlandse deel van de Maas. De frequentie van zwevend stof bemonstering is verschillend per locatie en varieert van wekelijks (Eijsden), 4-wekelijks (Keizersveer) tot 8-wekelijks (Belfeld en Stevensweert). Debiet en zwevend stof concentratie worden met een hogere frequentie bepaald, variërend van dagelijks tot 4-wekelijks. De gegevens uit www.waterbase.nl zijn verzameld in een dataset voor de periode 1990-2005 waarin de variabelen uit tabel 2.1 zijn opgenomen.



Figuur 2.3: Overzicht van de monitoringlocaties voor bemonstering van oppervlaktewater en zwevend stof in de Maas (www.waterbase.nl)

Uit beide datasets zijn verschillende variabelen gehaald voor de verdere uitwerking in hoofdstuk 3. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de variabelen die per dataset worden meegenomen, gecategoriseerd in verschillende parametergroepen.

Tabel 2.1: Overzicht van variabelen die per Maas-dataset zijn meegenomen in dit rapport

Parametergroep	IMC dataset (totaal concentraties van verontreinigende stoffen in water in mg/l of µg/l)	www.waterbase.nl dataset (concentraties van verontreinigende stoffen in zwevend stof in mg/kg)
Algemene variabelen	Debiet, pH, geleidbaarheid, zwevend stof concentratie	Debiet, pH, geleidbaarheid, zwevend stof concentratie, temperatuur, gloeirest
Hoofdvariabelen	NH ₄ , NO ₃ , Cl, SO ₄ , F	--
Nutriënten	Totaal-P, Totaal-N	
Contaminanten: metalen	As, Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn	Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
Contaminanten: organisch	PAK's (2)	PCB's (6), PAK's (15), HCB en dieldrin

De invulling van de verschillende parametergroepen kan soms verschillen tussen beide datasets. Dit is mede afhankelijk van de beschikbaarheid van de gegevens en de mogelijkheid om een variabele te bepalen in een bepaalde matrix (een hoofdvariabele

zoals chloride komt bijna alleen in oplossing voor). Daarnaast zijn de datasets aangepast ten behoeve van de verdere uitwerking die in hoofdstuk 3 is beschreven. In de uitwerking wordt de nadruk gelegd op de correlatie tussen de algemene variabelen en de twee verontreinigingsgroepen (metalen en organische microverontreinigingen).

2.3 Statistische analyse

De statistische analyse op één locatie wordt uitgevoerd voor meetstation Eijsden, vanwege de hoge frequentie van bemonstering en metingen. De periode 2000-2005 is geselecteerd om de langjarige variatie van de zwevend stof kwaliteit in Eijsden te beschouwen en hieruit de bepalende factoren voor seizoensvariatie te halen.

De gegevens van enkele PAK's zijn voor deze periode echter niet compleet en zijn daarom niet verwerkt in de analyse. Dit betreft de variabelen: acenafteen, fluoreen en naftaleen. Gegevens van dieldrin liggen grotendeels onder de detectielimiet, wat invloed kan hebben op de uiteindelijke resultaten van de statistische analyses.

Voor de periode 2000-2005 worden de volgende statistische grootheden berekend, c.q. statistische analyses uitgevoerd voor de variabelen uit tabel 2.1 (dataset www.waterbase.nl) voor de locatie Eijsden:

<i>Algemeen:</i>	Gemiddelde, mediaan, standaarddeviatie, minimum en maximum
<i>Frequentieverdeling:</i>	Histogram met frequentieverdeling, skewness en kurtosis
<i>Correlatie:</i>	Correlatiematrix met Pearson-verdeling
<i>Factoranalyse:</i>	Hoofdcomponentenanalyse ("Principal component analysis") voor identificatie van bepalende factoren en bijbehorende variabelen

De algemene statistieken geven een indicatie van de spreiding van de gemeten variabele. Grote verschillen tussen het gemiddelde en de mediaanwaarde zijn een eerste indicatie van een niet normale verdeling van de meetwaarden, doordat het gemiddelde veel meer beïnvloed wordt door uitschieters.

De frequentieverdeling visualiseert de spreiding van de waarden. Vanuit de frequentieverdelingen kan vervolgens bepaald worden welke variabelen niet normaal verdeeld zijn. Voor de factoranalyse is het namelijk van belang dat de gegevens omgezet worden naar een normale verdeling, omdat de correlatie tussen de variabelen wordt beïnvloed door een afwijkende verdeling. De skewness en kurtosis zijn statistische parameters die eigenschappen van de verdeling van de waarden van de variabelen beschrijven.

De skewness geeft de mate van asymmetrie aan. Bij een enkeltoppige, normale verdeling, ook wel Gauss-verdeling genoemd valt de gemiddelde waarde samen met de meest voorkomende waarde (de modus) en ook met de mediaanwaarde. De skewness is dan gelijk aan 0. Bij een skewness groter dan 0 ligt de gemiddelde waarde boven de mediaanwaarde (die op zijn beurt weer boven de modus ligt); bij een skewness kleiner dan 0 ligt de gemiddelde waarde onder de mediaanwaarde (die dan onder de modus ligt).

Met de kurtosis wordt aangegeven wat de “gepiektheid” van de frequentieverdeling is. Bij een negatieve kurtosis is de verdeling 'plat' en bij een positieve kurtosis 'gepiekt'. Een positieve kurtosis geeft aan dat de variantie van de verdeling door meer onregelmatige extreme afwijkingen wordt bepaald. Extreme waarden worden uit de dataset verwijderd, als uit de frequentieverdeling blijkt dat een gehalte als uitschieter beschouwd kan worden.

De meest voorkomende niet-normale verdeling is de log-normale verdeling. Daarbij ligt het grootste deel van de metingen bij zeer lage of juist zeer hoge gehalten (de skewness heeft een relatief hoge absolute waarde). De log-normale verdeling kan omgezet worden naar een normale verdeling door de gegevens te log transformeren. In de verdere statistische analyses zijn een aantal variabelen op deze wijze omgezet naar een normale verdeling, omdat parameters zoals de Pearson's correlatiecoëfficiënt alleen zinvolle resultaten opleveren voor de mate van correlatie tussen twee variabelen, als de gegevens normaal zijn verdeeld.

De factoranalyse wordt uitgevoerd via een hoofdcomponentenanalyse, waarmee de grote hoeveelheid variabelen gereduceerd kan worden tot een klein aantal verklarende factoren. De factor of component waarmee het grootste deel van de variantie verklaard kan worden, wordt aangeduid als de eerste hoofdcomponent, de volgende als tweede hoofdcomponent, etc. Het aantal verklarende factoren die nog meetellen wordt bepaald door de weging van de factoren; de grens wordt vaak gelegd bij een bepalende variantie van 1%.

3 Resultaten

3.1 Variatie van zwevend stof kwaliteit in één locatie

3.1.1 Beschrijvende statistiek

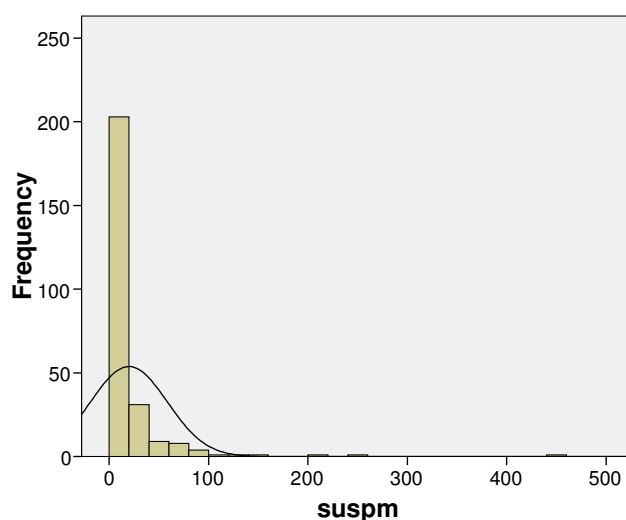
Tabel 3.1: Algemene statistieken en indicatoren van de frequentieverdeling voor de variabelen in zwevend stof (SPM) van meetstation Eijsden voor de periode 2000-2005

	Debiet m3/s	zwevend stof con mg/l	pH	EC mS/s	T graden Celsius
Gemiddelde	273	20	7.7	44	14
Mediaan	149	9	7.7	44	14
Stand. dev.	299	39	0.20	12	6.0
min	15	2	7.0	21	2.6
max	1711	446	8.4	72	26
Skewness	2.0	6.9	-0.02	0.37	0.03
Kurtosis	4.8	64	1.5	-0.41	-1.3
	Gloeirest mg/l	DOC mg/l	Cd spm mg/kg	Cr spm mg/kg	Cu spm mg/kg
Gemiddelde	15	3.8	14	108	168
Mediaan	5.2	4.0	11	103	148
Stand. dev.	34	1.0	14	38	89
min	0.80	2.0	0.1	38	26
max	390	8.0	181	271	526
Skewness	7.1	0.56	7.0	1.0	1.0
Kurtosis	67	0.93	77	1.7	0.78
	Hg spm mg/kg	Ni spm mg/kg	Pb spm mg/kg	Zn spm mg/kg	PCB-28 ug/kg
Gemiddelde	0.53	65	208	1299	4.1
Mediaan	0.45	64	198	1272	3.8
Stand. dev.	0.34	20	101	574	2.2
min	0.12	22	1.0	206	0.60
max	4.1	175	886	4458	25
Skewness	5.2	1.4	1.8	1.4	3.7
Kurtosis	50	5.5	8.0	5.8	32
	PCB-52 ug/kg	PCB-101 ug/kg	PCB-138 ug/kg	PCB-153 ug/kg	PCB-180 ug/kg
Gemiddelde	7.7	13	20	26	22
Mediaan	7.4	12	17	20	16
Stand. dev.	4.1	7.7	15	22	22
min	2.0	2.9	3	1	1
max	34	71	150	220	190
Skewness	1.9	3.0	3.9	4.2	3.8
Kurtosis	7.1	17	23	27	20
	Anthraceen ug/kg	Benza(a)anthraceen ug/kg	Benz(a)pyreen ug/kg	Benzo(b)fluorantheen ug/kg	Benzo(ghi)perylene ug/kg
Gemiddelde	0.22	0.82	0.98	1.3	0.95
Mediaan	0.21	0.81	0.97	1.3	0.91
Stand. dev.	0.10	0.34	0.41	0.46	0.35
min	0.04	0.12	0.13	0.21	0.19
max	0.69	2.8	2.9	3.0	2.2
Skewness	1.1	1.2	0.70	0.41	0.56
Kurtosis	2.7	5.3	1.7	0.78	0.62
	Benzo(k)fluorantheen ug/kg	Chryseen ug/kg	Dibenz(ah)anthraceen ug/kg	Fenanthreen ug/kg	Fluoranthreen ug/kg
Gemiddelde	0.58	0.99	0.16	0.80	1.6
Mediaan	0.58	1.0	0.16	0.78	1.7
Stand. dev.	0.20	0.34	0.06	0.34	0.68
min	0.11	0.19	0.03	0.12	0.14
max	1.4	2.7	0.38	3.0	4.5
Skewness	0.50	0.69	0.62	1.4	0.7
Kurtosis	1.5	3.0	1.0	6.4	2.2
	Indeno(1,2,3-c,d)pyreen ug/kg	Pyreen ug/kg	HCB ug/kg	Dieldrin ug/kg	
Gemiddelde	0.94	1.4	6.4	0.89	
Mediaan	0.96	1.4	4.0	0.70	
Stand. dev.	0.35	0.53	13	0.52	
min	0.14	0.14	0.50	0.50	
max	2.3	4.1	110	3.6	
Skewness	0.37	0.82	6.4	2.2	
Kurtosis	1.0	3.5	44	6.7	

In tabel 3.1 is een overzicht opgenomen van de algemene statistische parameters van fysische variabelen en gehalten van metalen en organische microverontreinigingen in zwevend stof voor monsters van grensmeetstation Eijsden uit de periode 2000-2005. Daarnaast zijn ook de skewness en de kurtosis meegenomen (voor toelichting zie paragraaf 2.3).

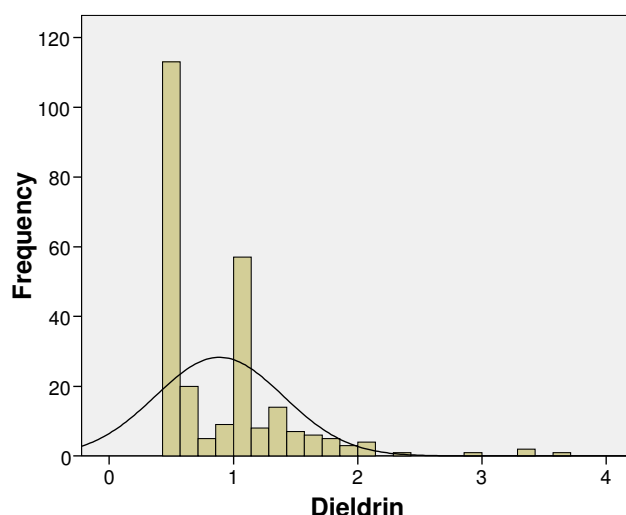
Erratum: in tabel 3.1 moet de eenheid onder EC mS/cm zijn i.p.v. mS/s.

Uit tabel 3.1 is een duidelijke tweedeling in de resultaten terug te vinden wat betreft algemene statistieken en de gevolgen voor de frequentieverdeling. Een deel van de variabelen laat een duidelijke niet-normale frequentieverdeling zien, wat niet alleen terug te vinden is in een hoge positieve waarde voor de skewness (grootste deel van de metingen ligt boven de modus) en kurtosis maar ook in een tamelijk groot verschil tussen het gemiddelde en de mediaan. Figuur 3.1 geeft de frequentieverdeling weer van het zwevend stofgehalte, dat een duidelijke piek (modus) laat zien bij de laagste gehalteklasse.



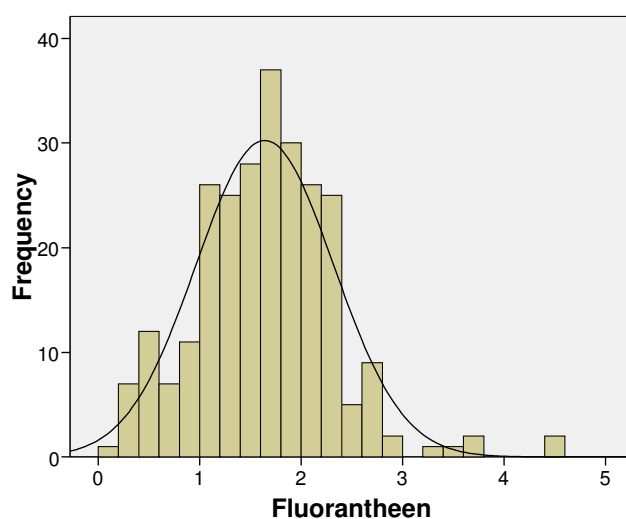
Figuur 3.1: Frequentieverdeling van het zwevend stofgehalte (mg/l) bij meetstation Eijsden voor de periode van 2000-2005

Een duidelijk voorbeeld van een hoge kurtosis is te zien in de frequentieverdeling van dieldrin (figuur 3.2). De hoogste frequentie is terug te vinden bij de laagste gehalteklasse, wat wordt veroorzaakt door een grote bijdrage van monsters onder de detectielimiet. Een tweede piek is terug te vinden bij een gehalteklasse die ergens in het midden ligt. De frequentieverdeling van dieldrin wordt hiermee sterk beïnvloed door het grote aantal bepalingen onder de detectielimiet.



Figuur 3.2: Frequentieverdeling van dieldrin (µg/kg) in zwevend stof bemonsterd bij meetstation Eijsden in de periode van 2000-2005

Een ander deel van de variabelen is redelijk normaal verdeeld, wat af te leiden is uit de lage waarden voor de skewness en een kleine afwijking tussen het gemiddelde en de mediaanwaarde. Figuur 3.3 geeft de frequentieverdeling van fluorantheen met een duidelijke Gauss-vorm. Enkele afwijkende pieken in frequentie komen nog voor bij de hogere gehalten, waarbij een gehalte tussen 4 en 5 µg/l nog tamelijk frequent voorkomt.



Figuur 3.3: Frequentieverdeling van fluorantheen (µg/kg) in zwevend stof bemonsterd bij meetstation Eijsden in de periode van 2000-2005

Naast de invloed van een niet-normale verdeling, kunnen ook uitschieters zorgen voor een verkeerd beeld van de correlatie tussen de variabelen. Om een consistente dataset te krijgen, is eerst voor elke variabele uitgezocht wat de beste verdeling is (normaal of log-normaal). Vervolgens wordt binnen de verdeling gekeken naar eventuele uitschieters en extremen die de correlatie tussen de variabelen sterk kunnen beïnvloeden. Het verwijderen van deze waarden geeft een beter beeld van de correlatie.

Tabel 3.2: Overzicht van de beste frequentieverdeling voor fysische variabelen in oppervlaktewater en gehalten aan metalen en organische microverontreinigingen in zwevend stof, met indicatie van eventueel aanwezige uitschieters voor de dataset van meetstation Eijsden uit de periode 2000-2005

Variabele	Verdeling	Uitschieter?	Variabele	Verdeling	Uitschieter?
Debiet	Log-normaal	Nee	PCB-138	Log-normaal	Ja, 1 hoog
Zwevend stof gehalte	Log-normaal	Nee	PCB-153	Log-normaal	Ja, 1 laag
pH	Normaal	nee	PCB-180	Log-normaal	Ja, 1 laag
Geleidbaarheid	Normaal	Nee	Anthraceen	Normaal	Ja, 2 hoog
Temperatuur	Normaal (bi- modaal)	Nee	Benz(a)anthraceen	Normaal	Ja, 2 hoog
Gloeirest	Log-normaal	Nee	Benz(a)pyreen	Normaal	Ja, 1 hoog
DOC	Normaal	Nee	Benzo(b)fluorantheen	Normaal	Nee
Cadmium	Log-normaal	Ja, 2 laag	Benzo(ghi)peryleen	Normaal	Nee
Chroom	Log-normaal	Nee	Benzo(k)fluorantheen	Normaal	Ja, 2 hoog
Koper	Log-normaal	Nee	Chryseen	Normaal	Ja, 1 hoog
Kwik	Log-normaal	Nee	Dibenz(ah)anthraceen	Normaal	Nee
Nikkel	Log-normaal	Nee	Fenanthreen	Normaal	Ja, 1 hoog
Lood	Log-normaal	Ja, 2 laag	Fluorantheen	Normaal	Ja, 2 hoog
Zink	Log-normaal	Nee	Indeno(1,2,3-cd)pyreen	Normaal	Nee
PCB-28	Log-normaal	Nee	Pyreen	Normaal	Ja, 1 hoog
PCB-52	Log-normaal	Nee	HCB	Log-normaal	Ja, 4 hoog
PCB-101	Log-normaal	Nee	Dieldrin	Log-normaal	Nee

De extreme waarden of uitschieters zijn afgeleid vanuit box-plots die gemaakt zijn voor alle variabelen (niet opgenomen in dit rapport). In box-plots vallen extreme waarden op, doordat deze waarden ver buiten de grenzen van de box liggen. In tabel 3.2 wordt een overzicht gegeven van de frequentieverdeling per variabele en een aanduiding van het wel of niet aanwezig zijn van uitschieters, waarbij tevens het aantal te lage of te hoge waarden worden vermeld.

3.1.2 Correlatiematrix en factoranalyse

De informatie van tabel 3.2 wordt meegenomen in de beschouwing van de correlaties en de factoranalyse. In de tabellen 3.3 en 3.4 zijn de gegevens omgezet naar een correlatiematrix volgens Pearson's correlatiecoëfficiënt (berekend met SPSS 15.0), waarbij onderscheid is gemaakt tussen de gegevens zonder transformatie (tabel 3.3) en gegevens waarbij variabelen die niet standaard normaal verdeeld zijn, een log-transformatie hebben ondergaan (tabel 3.4). De correlatie tussen de variabelen is blauw en onderstreept, als er een significante correlatie optreedt. De waarde van 0,6 is aangenomen als grens voor een significante correlatie tussen de variabelen. De gloeirest is in tabel 3.4 niet meer opgenomen, omdat uit tabel 3.3 blijkt dat de variabele sterk gecorreleerd is met het zwevend stofgehalte (correlatie 1.00). Dit geeft aan dat de bepaling van de gloeirest geen goede indicator is voor het organische stofgehalte.

Uit de correlatiematrices zijn enkele groepen variabelen te herleiden, te weten:

Groep 1: Debiet, zwevend stof, in mindere mate geleidbaarheid en temperatuur (beide negatief)

Groep 2: Cadmium, koper, lood en zink

Groep 3: Chroom en nikkel

Groep 4: PCB-28 en PCB-52

Groep 5: PCB-101, PCB-138, PCB-153 en PCB-180

Groep 6: Alle PAK's

Het log-transformeren van de dataset heeft niet tot veel veranderingen geleid. Alleen opvallend is de lage correlatie tussen de metaalgehalten in het zwevend stof bij een verdeling volgens tabel 2 (tabel 3.3), terwijl het log-transformeren van de variabelen en het verwijderen van uitschieters voor een hogere correlatie zorgt (tabel 3.4). Vooral de correlatie van cadmium met koper, lood en zink wordt hoger.

De PCB's worden duidelijk onderverdeeld in twee groepen waarbij het onderscheid wordt gemaakt in PCB's met weinig (1-4) of veel (>4) chlooratomen aan het organische molecuul.

De uitkomsten van de correlatiematrix zijn over het algemeen een redelijke indicatie van de mogelijk aanwezige factoren of "principal components" (hoofdcomponenten). Voor de factoranalyse in dit rapport wordt de log-getransformeerde dataset gebruikt volgens de correlatiematrix van tabel 3.4.

Uit de eerste uitvoering van de hoofdcomponentenanalyse zijn vijf factoren naar voren gekomen die een lading ('loading') hebben van meer dan 1% van de variantie. De laatste factor ligt echter dicht bij de grens van 1% en heeft een beduidende lagere bijdrage dan de andere factoren. De analyse is daarom nogmaals uitgevoerd, waarbij met een beperking van vier factoren is gewerkt. Deze vier factoren verklaren in totaal 75% van de totale variantie in de dataset. In figuren 3.4 tot en met 3.7 wordt per factor weergegeven welke variabelen een belangrijke rol spelen bij de factor, doordat elke variabele per factor een lading heeft meegekregen. Deze lading geeft aan in hoeverre de variabele correleert met de factor, waarbij zowel een negatieve als een positieve lading kan voorkomen.

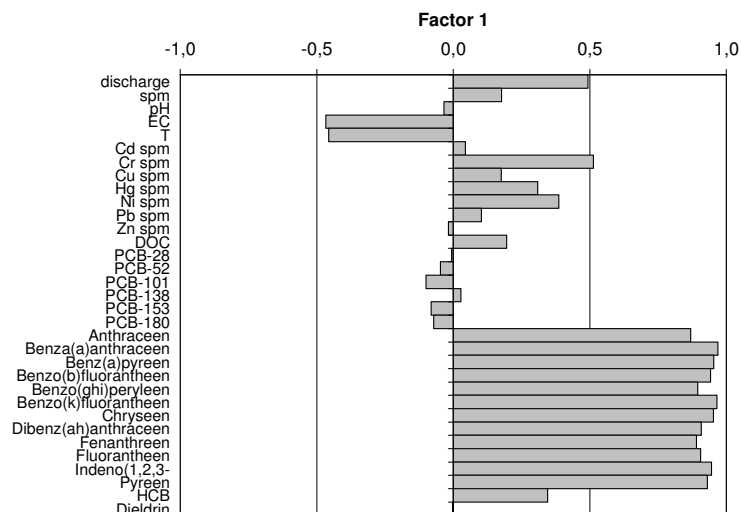
Tabel 3.3: Correlatiematrix van algemene variabelen in oppervlaktewater en metalen en organische microverontreinigingen in zwevend stof van meetstation Eijsden uit de periode 2000-2005. De correlatie tussen de variabelen is blauw en onderstreept, als er een significante correlatie optreedt. De gegevens zijn niet log-getransformeerd.

	discharge	spm	pH	EC	T	gloeirest	Cd spm	Cr spm	Cu spm	Hg spm	Ni spm	Pb spm	Zn spm	DOC	PCB-28	PCB-52	PCB-101	PCB-138	PCB-153	PCB-180	Anthracene	Benzo(a)anthracene	Benzo(a)pyrene	Benzo(b)fluoranthene	Benzo(ghi)perylene	Benzo(k)fluoranthene	Chrysene	Dibenz(a,h)anthracene	Fenanthrene	Fluoranthene	Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	Pyrene	HCB	Dieldrin			
discharge	1,00																																				
spm	0,67	1,00																																			
pH	0,31	0,06	1,00																																		
EC	-0,71	-0,37	-0,37	1,00																																	
T	-0,64	-0,27	-0,44	0,60	1,00																																
gloeirest	0,67	1,00	0,06	-0,38	-0,29	1,00																															
Cd spm	-0,25	-0,19	-0,02	0,14	0,01	-0,17	1,00																														
Cr spm	-0,20	-0,12	-0,18	0,07	-0,16	-0,09	0,33	1,00																													
Cu spm	-0,41	-0,20	-0,23	0,29	0,08	-0,18	0,37	0,62	1,00																												
Hg spm	-0,06	-0,09	0,12	-0,06	-0,01	-0,08	0,30	0,23	0,19	1,00																											
Ni spm	-0,12	-0,10	0,04	0,04	-0,26	-0,07	0,34	0,67	0,52	0,19	1,00																										
Pb spm	-0,36	-0,21	-0,09	0,29	0,09	-0,20	0,34	0,52	0,57	0,12	0,46	1,00																									
Zn spm	-0,46	-0,25	-0,17	0,40	0,18	-0,24	0,33	0,46	0,59	0,14	0,35	0,71	1,00																								
DOC	0,05	0,25	-0,32	0,07	0,13	0,25	-0,11	0,05	0,02	-0,12	-0,07	-0,04	-0,02	1,00																							
PCB-28	-0,40	-0,10	-0,36	0,34	0,49	-0,10	0,06	0,16	0,24	0,10	-0,10	0,12	0,21	0,14	1,00																						
PCB-52	-0,47	-0,17	-0,39	0,39	0,52	-0,16	0,08	0,24	0,30	0,02	-0,01	0,22	0,31	0,08	0,83	1,00																					
PCB-101	-0,38	-0,14	-0,33	0,32	0,54	-0,14	0,04	0,11	0,17	0,17	-0,09	0,19	0,15	-0,01	0,66	0,66	1,00																				
PCB-138	-0,21	-0,07	-0,24	0,19	0,37	-0,07	0,04	0,14	0,15	0,22	-0,02	0,19	0,11	-0,04	0,45	0,46	0,90	1,00																			
PCB-153	-0,24	-0,09	-0,22	0,20	0,40	-0,09	0,04	0,10	0,12	0,24	-0,05	0,20	0,10	-0,07	0,42	0,41	0,91	0,96	1,00																		
PCB-180	-0,20	-0,08	-0,19	0,15	0,36	-0,08	0,04	0,09	0,11	0,26	-0,05	0,19	0,09	-0,09	0,40	0,37	0,87	0,94	0,99	1,00																	
Anthracene	0,53	0,38	0,05	-0,47	-0,47	0,40	0,13	0,37	0,13	0,12	0,30	0,04	0,00	0,19	-0,03	-0,03	-0,13	-0,04	-0,12	-0,11	1,00																
Benzo(a)anthracene	0,44	0,30	0,04	-0,43	-0,48	0,31	0,14	0,36	0,16	0,11	0,30	0,06	0,01	0,17	-0,03	-0,03	-0,11	-0,03	-0,12	-0,11	0,87	1,00															
Benzo(a)pyrene	0,29	0,20	-0,06	-0,36	-0,40	0,22	0,17	0,49	0,25	0,13	0,38	0,12	0,08	0,20	0,00	0,02	-0,08	-0,02	-0,10	-0,09	0,78	0,93	1,00														
Benzo(b)fluoranthene	0,25	0,17	-0,07	-0,33	-0,35	0,19	0,23	0,49	0,26	0,20	0,37	0,14	0,11	0,18	0,05	0,06	-0,04	0,00	-0,07	-0,06	0,76	0,89	0,96	1,00													
Benzo(ghi)perylene	0,11	0,12	-0,15	-0,21	-0,25	0,14	0,25	0,56	0,38	0,14	0,43	0,26	0,21	0,17	0,13	0,18	0,05	0,09	0,01	0,01	0,68	0,86	0,93	0,92	1,00												
Benzo(k)fluoranthene	0,30	0,20	-0,03	-0,39	-0,41	0,21	0,21	0,48	0,26	0,17	0,38	0,14	0,09	0,16	0,01	0,01	-0,06	0,00	-0,07	-0,07	0,79	0,94	0,97	0,96	0,93	1,00											
Chrysene	0,40	0,23	0,06	-0,46	-0,46	0,23	0,21	0,34	0,19	0,19	0,27	0,07	0,03	0,07	-0,01	-0,03	-0,06	0,00	-0,06	-0,05	0,82	0,95	0,88	0,88	0,83	0,93	1,00										
Dibenz(a,h)anthracene	0,24	0,15	-0,05	-0,34	-0,33	0,16	0,23	0,44	0,23	0,21	0,31	0,11	0,08	0,18	0,01	-0,02	-0,05	-0,02	-0,07	-0,06	0,73	0,85	0,90	0,92	0,86	0,92	0,86	1,00									
Fenanthrene	0,32	0,19	0,04	-0,37	-0,39	0,21	0,39	0,44	0,27	0,20	0,34	0,13	0,09	0,09	0,02	0,03	-0,07	0,00	-0,08	-0,07	0,90	0,83	0,76	0,76	0,73	0,79	0,83	0,75	1,00								
Fluoranthene	0,44	0,25	0,13	-0,50	-0,57	0,27	0,25	0,39	0,16	0,15	0,36	0,09	0,00	0,07	-0,13	-0,14	-0,14	-0,03	-0,10	-0,09	0,85	0,90	0,84	0,81	0,78	0,88	0,90	0,81	0,88	1,00							
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	0,26	0,17	-0,05	-0,37	-0,37	0,18	0,21	0,47	0,29	0,22	0,34	0,14	0,09	0,14	0,03	0,04	-0,01	0,05	-0,02	-0,02	0,74	0,90	0,94	0,95	0,92	0,96	0,91	0,90	0,76	0,82	1,00						
Pyrene	0,39	0,21	0,10	-0,45	-0,50	0,22	0,30	0,36	0,20	0,23	0,30	0,04	0,02	0,06	-0,03	-0,07	-0,09	-0,02	-0,08	-0,06	0,84	0,91	0,84	0,84	0,77	0,88	0,94	0,82	0,89	0,91	0,87	1,00					
HCB	0,21	0,07	-0,07	-0,17	-0,13	0,03	0,07	-0,03	-0,09	0,11	-0,10	-0,15	-0,16	-0,04	0,22	0,11	0,11	0,10	0,09	0,10	0,17	0,14	0,09	0,11	0,05	0,11	0,22	0,12	0,20	0,14	0,12	0,19	1,00				
Dieldrin	-0,23	-0,13	-0,24	0,19	0,31	-0,12	0,01	0,13	0,10	0,04	-0,01	0,13	0,04	0,05	0,35	0,36	0,49	0,44	0,43	0,41	-0,09	-0,05	0,00	0,01	0,06	-0,01	-0,05	0,02	-0,02	-0,03	0,03	-0,06	0,07	1,00			

Tabel 3.4: Correlatiematrix van algemene variabelen in oppervlaktewater en metalen en organische microverontreinigingen in zwevend stof van meetstation Eijsden uit de periode 2000-2005. De correlatie tussen de variabelen is blauw en onderstreept, als er een significante correlatie optreedt. De gegevens zijn log-getransformeerd.

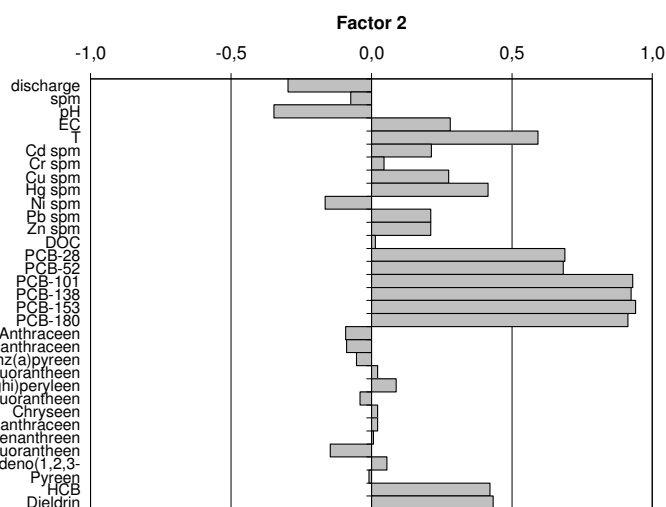
	discharge	suspm	pH	EC	T	Cd spm	Cr spm	Cu spm	Hg spm	Ni spm	Pb spm	Zn spm	DOC	PCB-28	PCB-52	PCB-101	PCB-138	PCB-153	PCB-180	Anthracen	Benza(a)anthracen	Benzo(a)pyreen	Benzo(b)fluorantheen	Benzo(ghi)perylene	Benzo(k)fluorantheen	Chryseen	Dibenz(ah)anthracen	Fenanthreen	Fluorantheen	Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	Pyreen	HCB	Dieldrin	
discharge	1.00																																	
suspm	0.65	1.00																																
pH	0.46	0.26	1.00																															
EC	-0.85	-0.50	-0.37	1.00																														
T	-0.73	-0.32	-0.44	0.60	1.00																													
Cd spm	-0.40	-0.57	-0.21	0.37	0.24	1.00																												
Cr spm	-0.05	-0.31	-0.19	0.02	-0.19	0.48	1.00																											
Cu spm	-0.37	-0.46	-0.22	0.34	0.19	0.71	0.61	1.00																										
Hg spm	0.07	-0.13	0.07	-0.05	-0.02	0.43	0.40	0.37	1.00																									
Ni spm	0.00	-0.28	0.04	0.04	-0.27	0.49	0.75	0.56	0.34	1.00																								
Pb spm	-0.36	-0.45	-0.14	0.37	0.18	0.68	0.59	0.74	0.36	0.52	1.00																							
Zn spm	-0.50	-0.52	-0.15	0.46	0.29	0.73	0.47	0.76	0.28	0.44	0.84	1.00																						
DOC	-0.10	0.15	-0.32	0.07	0.13	-0.10	0.05	-0.03	-0.11	-0.07	-0.07	-0.07	1.00																					
PCB-28	-0.53	-0.31	-0.42	0.48	0.60	0.38	0.15	0.41	0.21	-0.06	0.31	0.43	0.18	1.00																				
PCB-52	-0.58	-0.39	-0.42	0.46	0.61	0.38	0.19	0.43	0.13	-0.01	0.36	0.47	0.09	0.87	1.00																			
PCB-101	-0.50	-0.25	-0.41	0.45	0.67	0.33	0.10	0.38	0.29	-0.08	0.32	0.35	0.04	0.75	0.76	1.00																		
PCB-138	-0.31	-0.13	-0.36	0.32	0.51	0.28	0.16	0.37	0.37	-0.01	0.31	0.29	0.02	0.59	0.61	0.88	1.00																	
PCB-153	-0.36	-0.15	-0.35	0.36	0.58	0.30	0.14	0.37	0.39	-0.02	0.34	0.31	-0.01	0.58	0.60	0.92	0.93	1.00																
PCB-180	-0.31	-0.12	-0.31	0.31	0.52	0.27	0.13	0.34	0.40	-0.02	0.33	0.29	-0.02	0.51	0.54	0.86	0.90	0.97	1.00															
Anthracen	0.51	0.20	0.06	-0.47	-0.48	-0.06	0.41	0.09	0.23	0.30	0.06	-0.05	0.13	-0.11	-0.13	-0.23	-0.07	-0.17	-0.15	1.00														
Benza(a)anthracen	0.52	0.23	0.01	-0.46	-0.50	0.02	0.46	0.15	0.24	0.38	0.09	-0.03	0.16	-0.08	-0.12	-0.20	-0.05	-0.17	-0.15	0.89	1.00													
Benzo(a)pyreen	0.37	0.09	-0.08	-0.37	-0.40	0.12	0.57	0.23	0.27	0.47	0.16	0.05	0.19	-0.01	-0.02	-0.10	0.01	-0.10	-0.10	0.78	0.92	1.00												
Benzo(b)fluorantheen	0.35	0.04	-0.07	-0.33	-0.35	0.15	0.53	0.22	0.32	0.40	0.17	0.07	0.18	0.06	0.03	-0.03	0.05	-0.04	-0.04	0.74	0.89	0.96	1.00											
Benzo(ghi)perylene	0.22	-0.03	-0.15	-0.21	-0.25	0.24	0.59	0.35	0.27	0.46	0.31	0.19	0.17	0.16	0.16	0.07	0.15	0.05	0.05	0.67	0.85	0.93	0.92	1.00										
Benzo(k)fluorantheen	0.42	0.09	-0.06	-0.40	-0.41	0.18	0.55	0.26	0.32	0.46	0.19	0.07	0.15	-0.01	-0.04	-0.12	0.00	-0.09	-0.08	0.78	0.94	0.96	0.96	0.93	1.00									
Chryseen	0.54	0.21	0.04	-0.47	-0.47	0.07	0.44	0.18	0.33	0.37	0.10	0.00	0.05	-0.04	-0.07	-0.09	0.04	-0.06	-0.06	0.82	0.94	0.87	0.87	0.82	0.92	1.00								
Dibenz(ah)anthracen	0.35	0.03	-0.05	-0.34	-0.33	0.13	0.48	0.21	0.33	0.36	0.14	0.05	0.18	0.04	-0.02	-0.03	0.03	-0.04	-0.05	0.71	0.83	0.90	0.92	0.86	0.91	0.85	1.00							
Fenanthreen	0.41	0.09	0.02	-0.40	-0.39	0.05	0.49	0.22	0.29	0.38	0.15	0.06	0.13	0.02	0.00	-0.09	0.04	-0.07	-0.07	0.92	0.87	0.80	0.77	0.74	0.80	0.85	0.75	1.00						
Fluorantheen	0.56	0.15	0.12	-0.53	-0.57	-0.01	0.43	0.09	0.25	0.38	0.09	-0.05	0.08	-0.16	-0.20	-0.23	-0.11	-0.19	-0.17	0.83	0.90	0.82	0.80	0.76	0.86	0.88	0.79	0.87	1.00					
Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	0.38	0.09	-0.05	-0.37	-0.37	0.13	0.51	0.24	0.34	0.38	0.17	0.06	0.14	0.03	0.00	-0.01	0.09	-0.01	0.00	0.74	0.89	0.94	0.95	0.92	0.95	0.91	0.90	0.77	0.81	1.00				
Pyreen	0.53	0.18	0.09	-0.48	-0.50	0.00	0.41	0.13	0.33	0.33	0.05	-0.03	0.08	-0.04	-0.11	-0.11	0.00	-0.08	-0.07	0.83	0.91	0.84	0.84	0.77	0.87	0.93	0.82	0.88	0.90	0.87	1.00			
HCB	0.12	0.03	-0.07	-0.14	0.02	0.03	0.08	0.08	0.36	-0.04	-0.03	0.00	-0.04	0.30	0.27	0.25	0.29	0.21	0.21	0.35	0.31	0.24	0.29	0.23	0.27	0.38	0.30	0.34	0.22	0.27	0.30	1.00		
Dieldrin	-0.19	-0.15	-0.24	0.19	0.31	0.13	0.15	0.13	0.11	0.00	0.16	0.06	0.05	0.26	0.30	0.42	0.36	0.41	0.37	-0.09	-0.05	0.01	0.01	0.06	-0.01	-0.03	0.02	-0.01	-0.03	0.03	-0.04	-0.01	1.00	

De eerste factor of component verklaart 35% van de variantie (figuur 3.4). Hierin is een sterke bijdrage te zien van alle PAK's, waarbij de lading varieert tussen 0.87 en 0.97. Daarnaast hebben het debiet en chroom in zwevend stof nog een redelijk positieve lading en de geleidbaarheid en temperatuur een negatieve lading. Deze factor geeft aan dat de verschillende PAK's sterk aan elkaar gerelateerd zijn, met vergelijkbare fluctuaties van het gehalte.



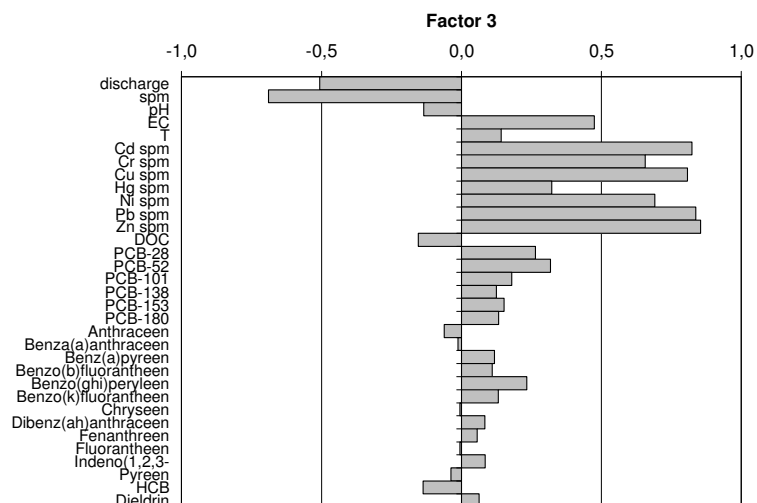
Figuur 3.4: Eerste bepalende factor van de hoofdcomponentenanalyse voor de verzamelde dataset van meetstation Eijsden in de Maas uit de periode 2000-2005, waarmee 35% van de variantie in de dataset wordt verklaard

De tweede component verklaart 18% van de variantie. De PCB's komen hier sterk in terug, vooral PCB-101, PCB-138, PCB-153 en PCB-180, dezelfde groep als in de correlatiematrix. PCB-28 en PCB-52 dragen ook positief bij aan deze factor maar op een beduidend lager niveau. Dit geeft nogmaals het onderscheid aan tussen PCB-verbindingen met weinig (1-4) of veel (>4) chlooratomen. Daarnaast spelen ook dieldrin en de temperatuur een rol in deze factor.



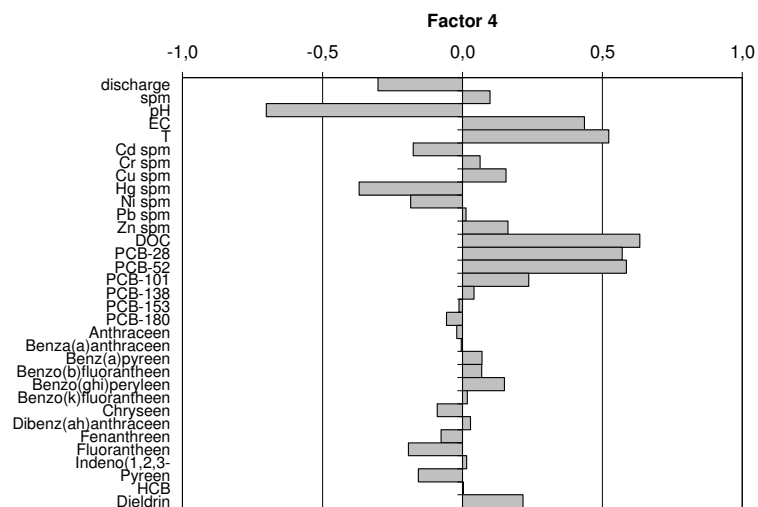
Figuur 3.5: Tweede bepalende factor van de hoofdcomponentenanalyse voor de verzamelde dataset van meetstation Eijsden in de Maas uit de periode 2000-2005, waarmee 18% van de variantie in de dataset wordt verklaard

De derde component verklaart 16% van de variantie. Deze factor wordt grotendeels bepaald door metalen in het zwevend stof, die allemaal positief bijdragen. De lading van de metalen is echter zeer variabel. Cadmium, koper, lood en zink komen duidelijk in de groep voor en chroom en nikkel in iets mindere mate. Kwik heeft als enige metaal geen hoge lading. Geleidbaarheid heeft daarnaast ook een redelijk hoge, positieve lading. Het debiet en vooral het zwevend stofgehalte hebben een duidelijk negatieve lading op deze factor. Hiermee lijkt er een redelijke correlatie te zijn tussen het debiet, zwevend stof gehalte en metalen in zwevend stof, in tegenstelling tot de organische verontreinigingen die geen correlatie aangeven.



Figuur 3.6: Derde bepalende factor van de hoofdcomponentenanalyse voor de verzamelde dataset van meetstation Eijsden in de Maas uit de periode 2000-2005, waarmee 16% van de variantie in de dataset wordt verklaard

De vierde component verklaart 6% van de variantie. In deze groep komt vooral de pH sterk negatief naar voren met nog een laag negatieve lading van kwik en het debiet. Aan de andere kant is de geleidbaarheid, temperatuur en het DOC-, PCB28- en PCB52-gehalte positief. De fysische/chemische betekenis van deze groep is nog onduidelijk, maar lijkt gerelateerd te zijn aan de chemische omstandigheden van het water (pH, EC, DOC).

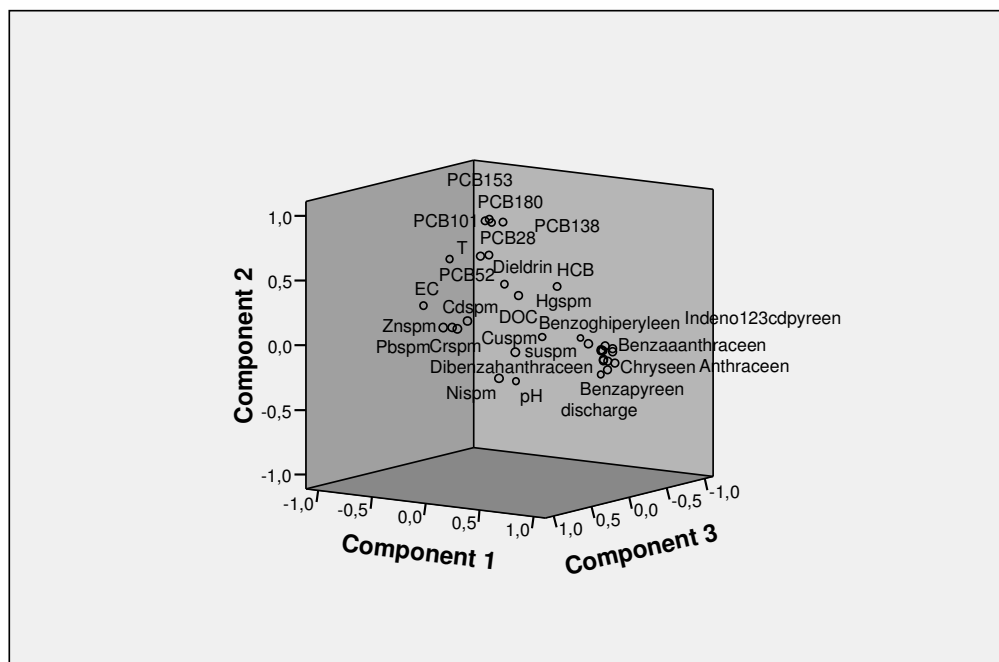


Figuur 3.7: Vierde bepalende factor van de hoofdcomponentenanalyse voor de verzamelde dataset van meetstation Eijsden in de Maas uit de periode 2000-2005, waarmee 6% van de variantie in de dataset wordt verklaard

De ladingen van de drie grootste factoren zijn in een ruimtelijk perspectief weergegeven in figuur 3.8.

In figuur 3.8 zijn duidelijke enkele clusterings te zien voor de PAK's (rechtsonder) en PCB's (bovenin). De metalen lijken iets meer verspreid, maar vooral cadmium, chroom, lood en zink liggen nog redelijk dicht bij elkaar. Kwik wijkt wel veel af van de andere metalen en is bijna als aparte groep te beschouwen. De algemene variabelen van water en zwevend stof liggen tussen de verschillende parametergroepen van factor 1 tot en met 3. Temperatuur ligt dicht bij de PCB-groep bovenin. Geleidbaarheid ligt tussen de PCB's en metalen in, maar neigt meer naar de metalen. DOC en zwevend stofgehalte liggen ongeveer in het midden van alle componenten. pH ligt tussen de metalen en PAK's en neigen meer naar de metalen. Debiet ligt het dichtste bij de PAK's.

Component Plot in Rotated Space

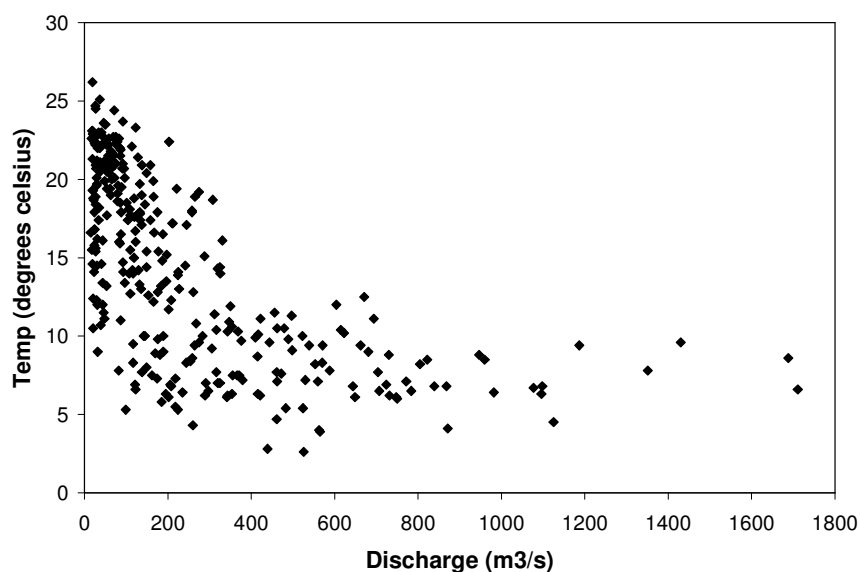


Figuur 3.8: De drie belangrijkste componenten uit de factoranalyse van de dataset van meetstation Eijsden in de Maas uit de periode van 2000-2005, uitgezet in een geroteerde ruimte

3.1.3 Variatie van de zwevend stofkwaliteit in de tijd

De resultaten uit de correlatiematrix en de factoranalyse laten sterke correlaties zien tussen de verontreinigingsgroepen onderling maar niet met algemene variabelen als debiet en temperatuur. Deze correlaties geven aan dat de variatie van de zwevend stof kwaliteit voor het grootste deel wordt bepaald door input vanuit verschillende verontreinigingsbronnen.

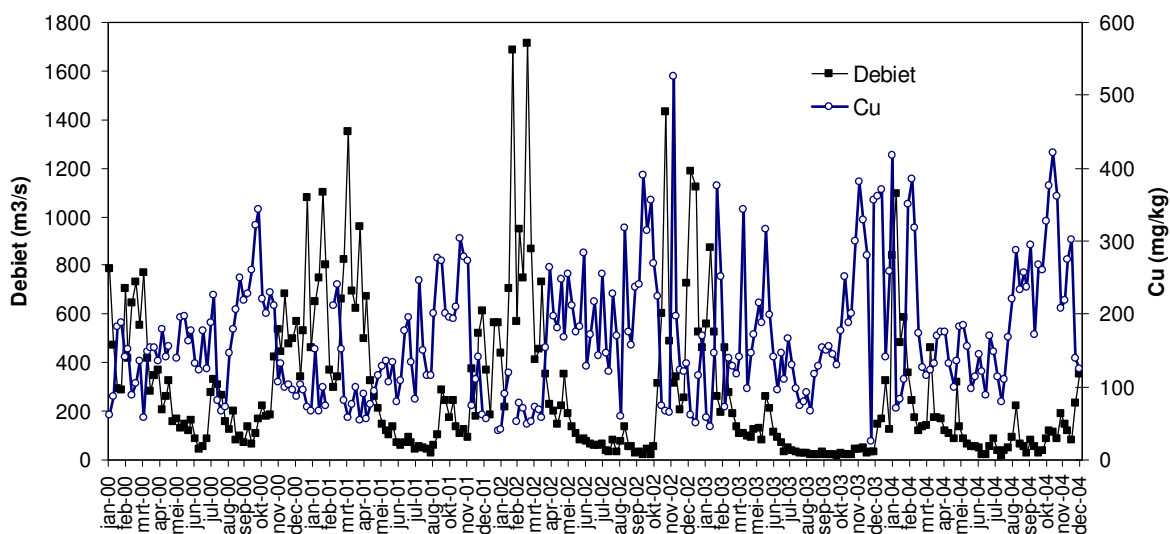
Om een beeld te vormen van seizoensverschillen van verontreinigingen in zwevend stof en de verschillen per jaar worden in de komende figuren de gehalten aan metalen en organische microverontreinigingen in zwevend stof van meetstation Eijsden uit de periode van 2000-2005 uitgezet tegen de tijd (verschillen per jaar), debiet en temperatuur (seizoensverschillen). Temperatuur is hierin een betere tracer voor seizoensverschillen, doordat debiet ook mede afhankelijk is van wisselvallige bijdragen van regen. Temperatuur en debiet zijn negatief met elkaar gecorreleerd; bij lage afvoeren (zomer) is de temperatuur van het water hoog en andersom. De correlatie tussen beide variabelen staat afgebeeld in figuur 3.9. De relatie tussen debiet en temperatuur is niet lineair. Uit figuur 3.9 blijkt dat de relatie het beste beschreven kan worden door een exponentiële vergelijking; de correlatiecoëfficiënt is 0.52.



Figuur 3.9: De temperatuur van het oppervlaktewater uitgezet tegen het debiet voor meetstation Eijsden in de periode 2000-2005

Zware metalen

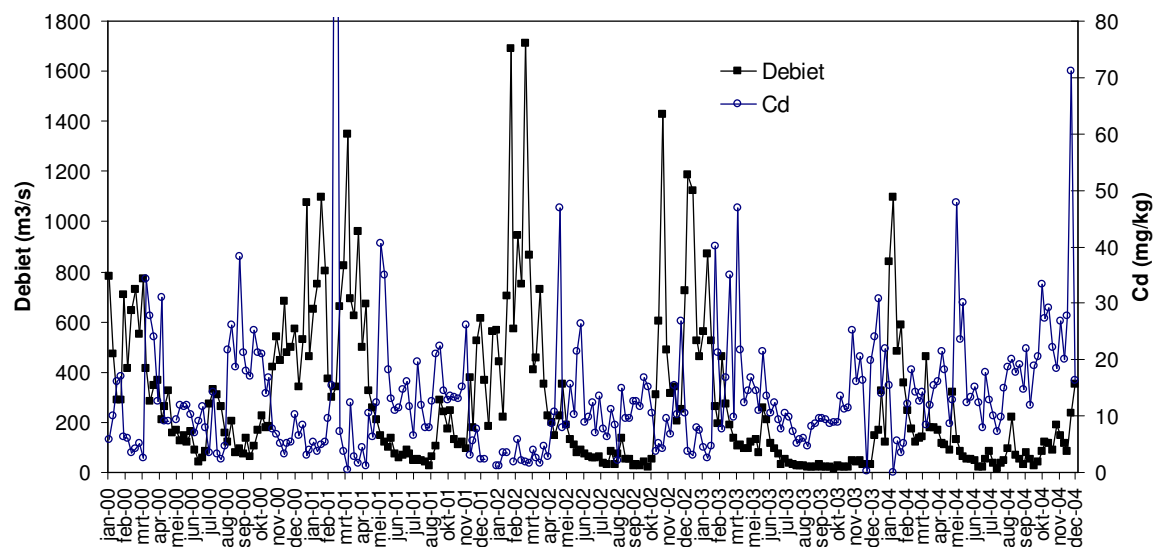
De resultaten van de factoranalyse geven geen sterke correlatie aan tussen de verschillende zware metalen in zwevend stof. Figuur 3.10 geeft een voorbeeld van de variatie van het kopergehalte met de tijd en daarnaast een vergelijking met het debiet. Hierin lijkt de hoogte van het kopergehalte te variëren tussen de jaren en per seizoen. In de jaren 2000 en 2001 is het kopergehalte het hoogst in de zomer- en herfstmaanden, vooral in de maanden september en oktober. In deze periode is het debiet relatief laag. In de jaren 2003 en 2004 lijkt dit patroon juist omgekeerd te zijn, met lagere gehalten in de zomer en hogere gehalten in de winter. Tijdens deze jaren komen hoge pieken van het kopergehalte overeen met hoge pieken van het debiet.



Figuur 3.10: Het kopergehalte in zwevend stof en het debiet uitgezet tegen de tijd voor meetstation Eijsden in de periode 2000-2004

Figuur 3.11 illustreert de variatie van het cadmiumgehalte, tevens weer vergeleken met het debiet. Voor het cadmiumgehalte lijkt er niet een duidelijke seizoensafhankelijkheid te zijn. Zowel binnen de zomer- als winterperiode fluctueert het cadmiumgehalte aanzienlijk, waarbij hoge piekwaarden voor kunnen komen. De hoogste piekwaarden lijken wel aan een bepaalde periode in het jaar gebonden te zijn, want de hoogste waarden komen terug in de lente (maart-mei) en in mindere mate in de herfst (september, oktober, november). De hoogte van de pieken is wisselend per jaar. Over het algemeen is het cadmiumgehalte het laagst in de winter, vooral in de jaren 2001 en 2002. Er is geen duidelijke relatie tussen debiet en cadmiumgehalten.

In het jaar 2005 (niet geïllustreerd) is er duidelijk een stijgende trend voor het cadmiumgehalte waargenomen, beginnend in de maand juli (waarden in december 2005 ongeveer 200 mg/kg). Dit is het gevolg van een langdurige cadmiumlozing vanuit het achterland (België).



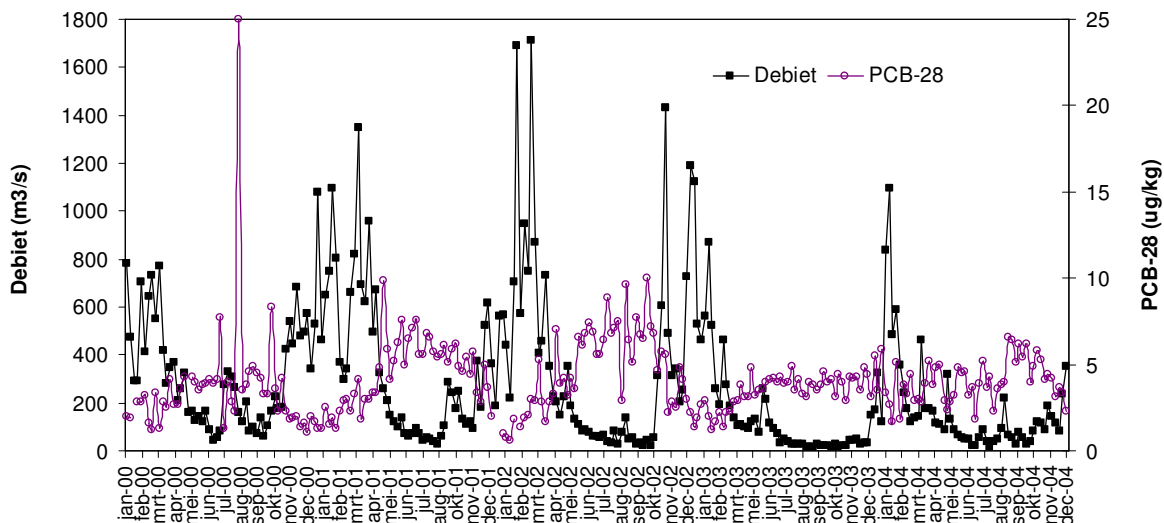
Figuur 3.11: Het cadmiumgehalte in zwevend stof en het debiet uitgezet tegen de tijd voor meetstation Eijsden in de periode 2000-2004

Voor de andere metalen zijn soortgelijke figuren te maken (zie bijlage A), waarbij de beschrijving elke keer weer iets zal afwijken. Opvallend is dat voor veel metalen de nazomerse pieken terug komen. Niet in elk jaar en ook niet altijd overtuigend, maar toch lijken de hoogste metaalgehalten in de herfst te liggen, vooral in jaren waarin het debiet langer laag blijft (2003 en 2004).

PCB's

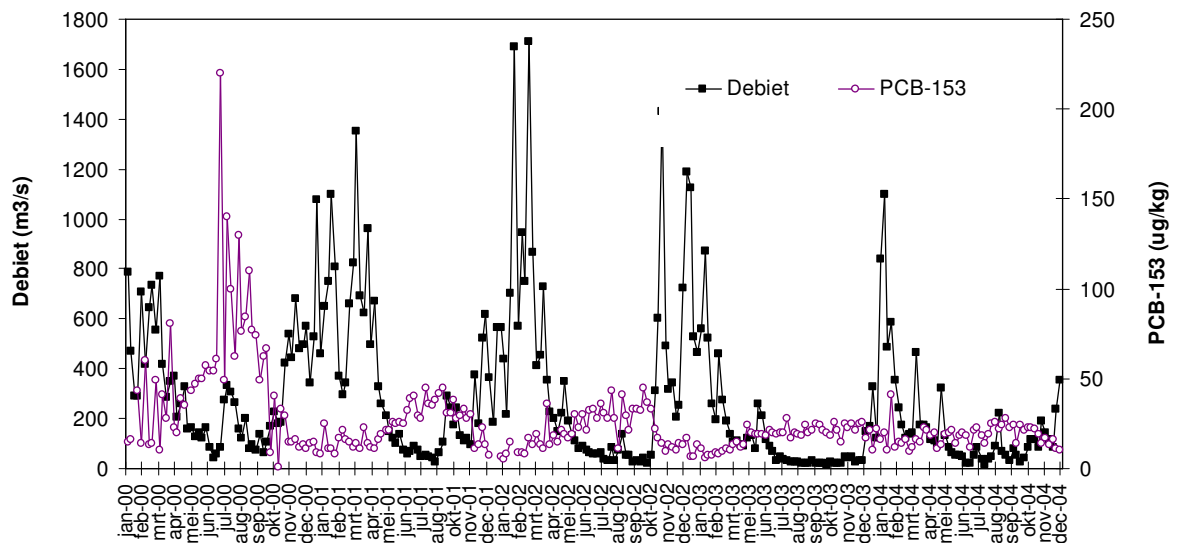
De organische verontreinigingen laten een ander patroon zien dan de metalen, waarbij er nog duidelijk onderscheid gemaakt kan worden tussen PCB's en PAK's (zie ook de verdeling van de groepen via de factoranalyse). Uit de berekening van de Pearson's correlatiecoëfficiënten komt naar voren, dat PCB's ook in twee groepen verdeeld kunnen worden. De onderscheidende factor daarbij is het aantal chlooratomen. Groep 1 bevat één tot vier chlooratomen en groep 2 vijf of meer.

Figuur 3.12 geeft de variatie van PCB-28 (drie chlooratomen) weer met de tijd, in vergelijking met het debiet. PCB-28 wordt vooral in de jaren 2000 tot en met 2002 seizoenaal beïnvloed, waarbij 's zomers hoge gehalten voorkomen en 's winters lagere gehalten. Verhoogde gehalten PCB-28 vallen over het algemeen samen met lagere debieten. Vanaf 2003 begint de seizoensinvloed af te vlakken. Dit zou mede veroorzaakt kunnen worden door het afvlakken van de variatie in debiet (geen hoge piekwaarden), maar dit verband is niet heel duidelijk.



Figuur 3.12: Het PCB-28 gehalte in zwevend stof en het debiet uitgezet tegen de tijd voor meetstation Eijsden in de periode 2000-2004

In figuur 3.13 wordt de variatie van het PCB-153 gehalte (zes chlooratomen) tegen de tijd uitgezet en vergeleken met het debiet. Een vergelijking van figuur 3.12 met figuur 3.13 geeft aan dat het verschil tussen PCB-28 en PCB-153 niet groot is. De seizoensverschillen zijn vergelijkbaar, met hoge waarden in de zomer en lage waarden in de winter. Opvallend voor PCB-153 is het voorkomen van meerdere piekwaarden in de zomer van 2000, terwijl er maar één piekwaarde bij PCB-28 voorkomt. Een ander verschil tussen PCB-28 en PCB-153 is de grotere fluctuatie van het PCB-28 gehalte na 2003. PCB-153 lijkt in deze periode nog min of meer de seizoensvariatie te volgen, maar dan wel met een kleinere amplitude. Het verschil tussen zomer en winter is in 2002 bijvoorbeeld een factor 10 (4-40 µg/kg) en in 2004 een factor 3 (9-28 µg/kg).

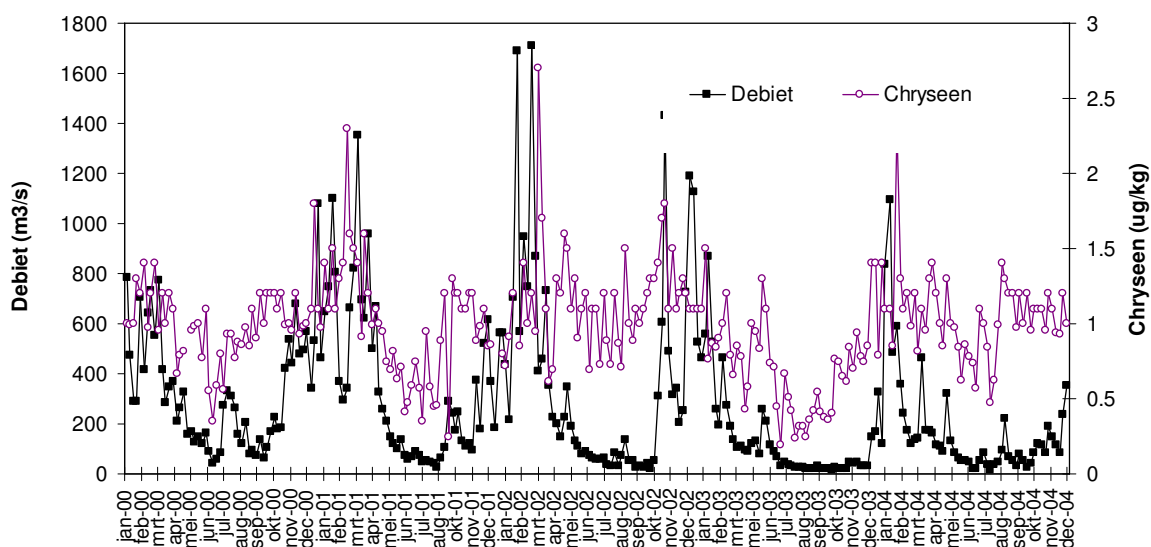


Figuur 3.13: Het PCB-153 gehalte in zwevend stof en het debiet uitgezet tegen de tijd voor meetstation Eijsden in de periode 2000-2004

PAK's

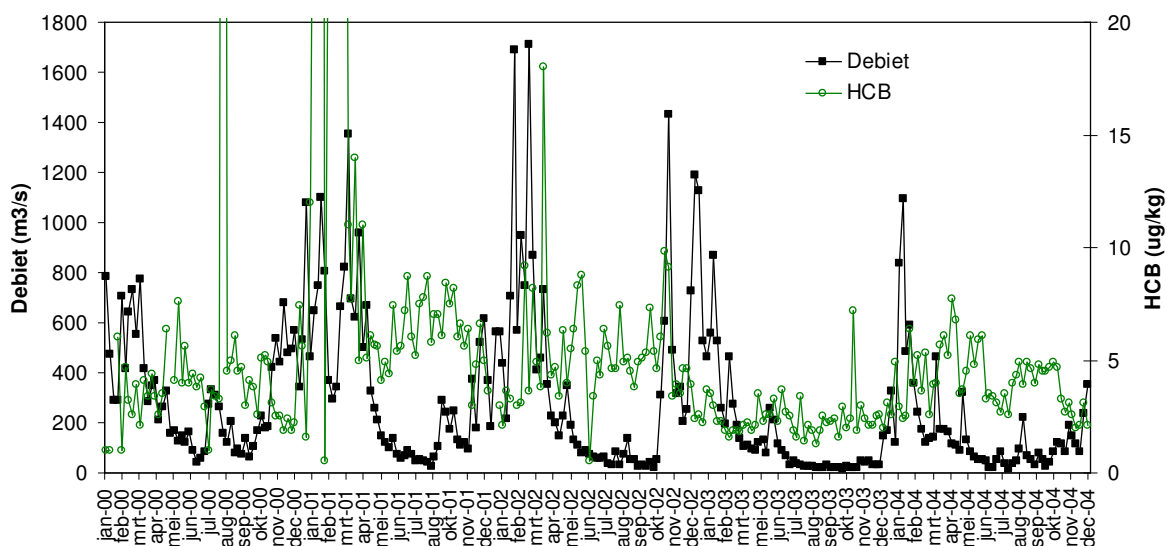
De PAK's lijken zich allemaal vergelijkbaar te gedragen. Figuur 3.14 geeft de variatie van chryseen weer tegen de tijd, in vergelijking met het debiet. In tegenstelling tot de PCB's geeft figuur 3.14 aan dat PAK's een omgekeerde seizoensvariatie vertonen, met lage waarden in de zomer en hoge waarden in de winter. In de winter kunnen er af en toe hoge piekwaarden aan chryseen voorkomen en deze lijken overeen te komen met de piekwaarden van het debiet. Het verloop van de chryseengehaltes is echter wel grillig, waarbij er geen vloeiend verloop van zomer naar winter is terug te vinden. De verschillen tussen de jaren kunnen ook groot zijn. Zo is het chryseengehalte in de zomer van 2003 zeer laag (rond $0.4 \mu\text{g/kg}$), ruim een factor 8 lager dan de hoogste waarde in de voorgaande en de opvolgende winterperioden. In de zomer van 2002 komt het chryseengehalte in de zomer niet onder de $0.7 \mu\text{g/kg}$ uit en is het verschil met de winterwaarden ongeveer een factor 4. Pieken en dalen in het chryseengehalte komen globaal overeen met pieken en dalen in het debiet.

Het vergelijkbare gedrag van PAK's is een aanwijzing dat het PAK-gehalte beïnvloed wordt door één bron of dat er een constante verhouding is tussen de bronnen.



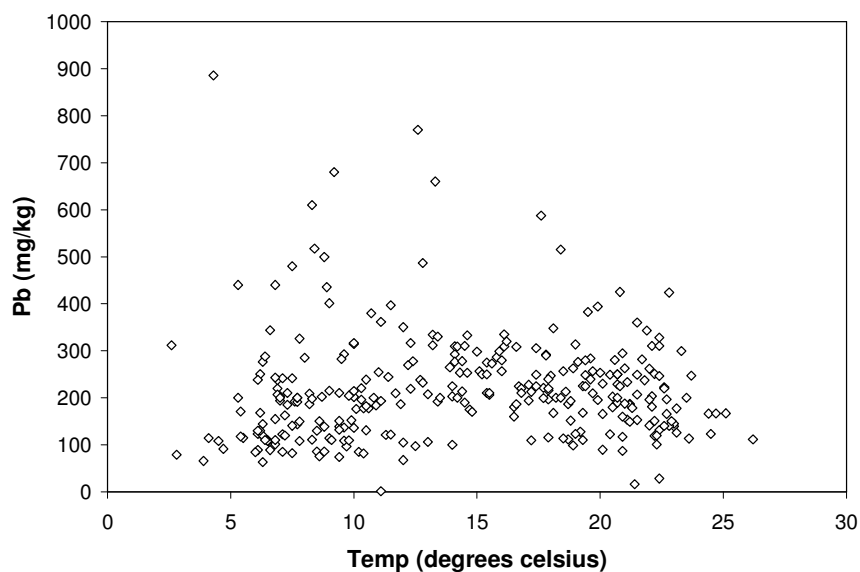
Figuur 3.14: Het chryseengehalte in zwevend stof en het debiet uitgezet tegen de tijd voor meetstation Eijsden in de periode 2000-2004

Naast de PAK's en PCB's zijn er nog enkele drins meegenomen, maar die liggen grotendeels onder de detectielimiet. Figuur 3.15 geeft de variatie van HCB (hexachloorbenzeen) als groep apart. HCB correleert volgens de correlatiematrix en factoranalyse met geen enkele andere variabele. In figuur 3.15 is voor HCB geen duidelijke seizoensfluctuatie terug te vinden en er is geen duidelijke relatie met het debiet. Opvallend zijn de hoge waarden in augustus 2000 en januari-februari 2001 (piekwaarde ongeveer 100 µg/kg). Deze gehalten zijn minimaal een factor 5 hoger dan de "normale" HCB-gehalten. Ten tweede valt op dat in het jaar 2003 veel lagere gehalten voorkomen dan in de andere jaren.



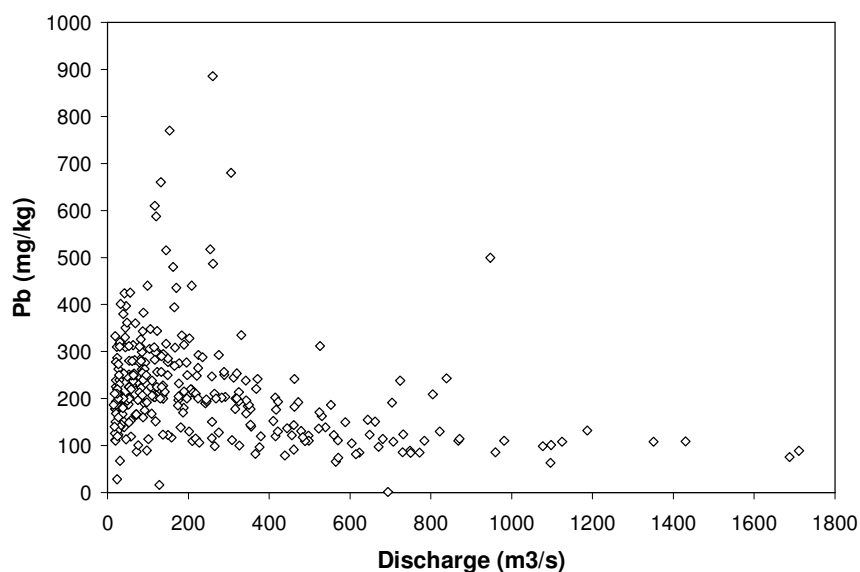
Figuur 3.15: Het HCB-gehalte in zwevend stof en het debiet uitgezet tegen de tijd voor meetstation Eijsden in de periode 2000-2004

De seizoensafhankelijke variatie van metalen en organische verontreinigingen in zwevend stof kan ook gevisualiseerd worden door de variabelen tegen de temperatuur of het debiet uit te zetten.



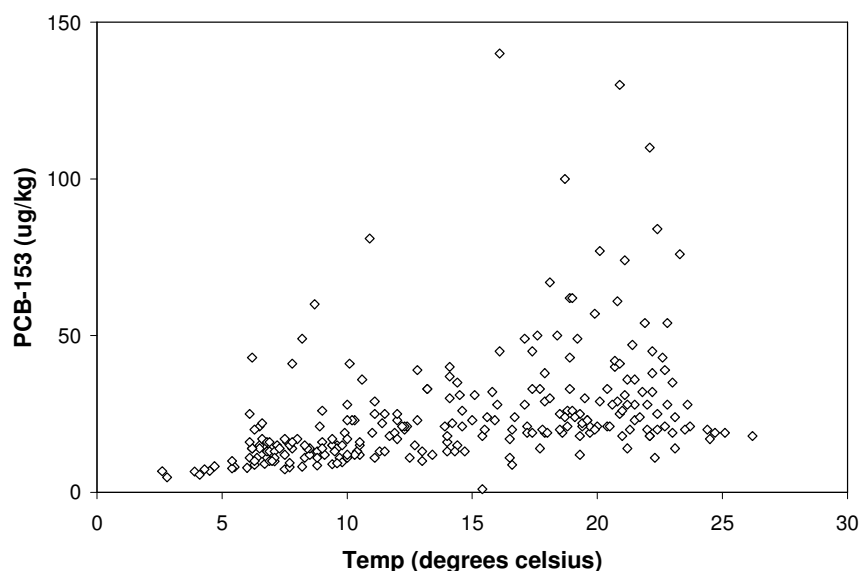
Figuur 3.16: Het loodgehalte in zwevend stof uitgezet tegen de temperatuur voor meetstation Eijsden in de periode 2000-2005

In figuur 3.16 is het loodgehalte uitgezet tegen de temperatuur. Dit laat zien dat zowel bij lage als hoge temperaturen het loodgehalte zeer variabel is. Er is geen duidelijke correlatie tussen de variabelen te vinden. Als het loodgehalte wordt uitgezet tegen het debiet (figuur 3.17), is de trend duidelijker, waarbij de hoogste loodgehalten voorkomen bij lage debieten, met een maximum rond 150 m³/s. Hierna neemt het gehalte af bij een stijging van het debiet. Eenzelfde patroon is gevonden voor de andere zware metalen (zie Bijlage B).



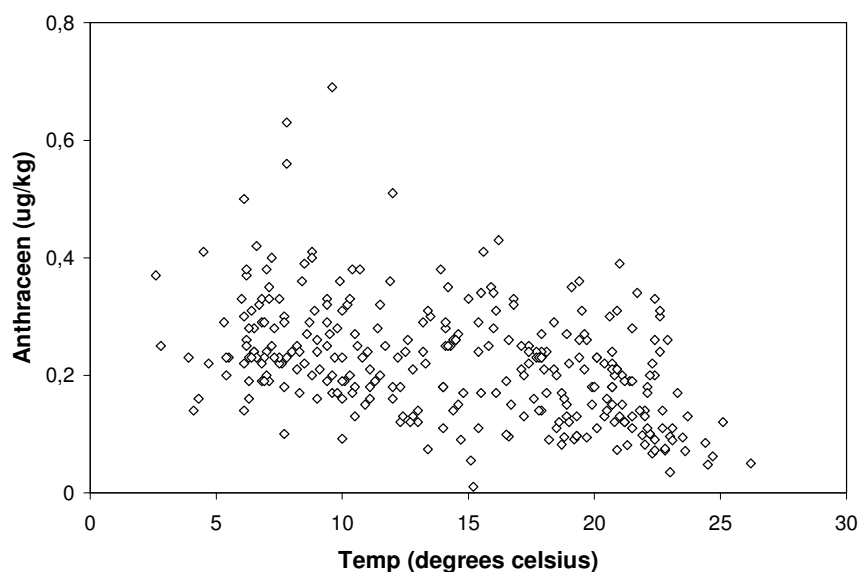
Figuur 3.17: Het loodgehalte in zwevend stof uitgezet tegen het debiet voor meetstation Eijsden in de periode 2000-2005

In figuur 3.18 zijn de PCB-153 gehalten uitgezet tegen de temperatuur. Tussen deze variabelen lijkt een duidelijker verband te bestaan, met over het algemeen hogere PCB-gehalten bij hogere temperaturen. Ook nu is de spreiding zeer groot. PCB-153 uitgezet tegen het debiet (niet geïllustreerd) laat het tegenovergestelde beeld zien, met afnemende gehalten bij toenemend debiet. De relatie tussen PCB-153 en debiet is exponentieel. Andere PCB-componenten geven een vergelijkbaar beeld als PCB-153 in figuur 3.18. Voor sommige componenten is de spreiding echter nog een stuk groter.

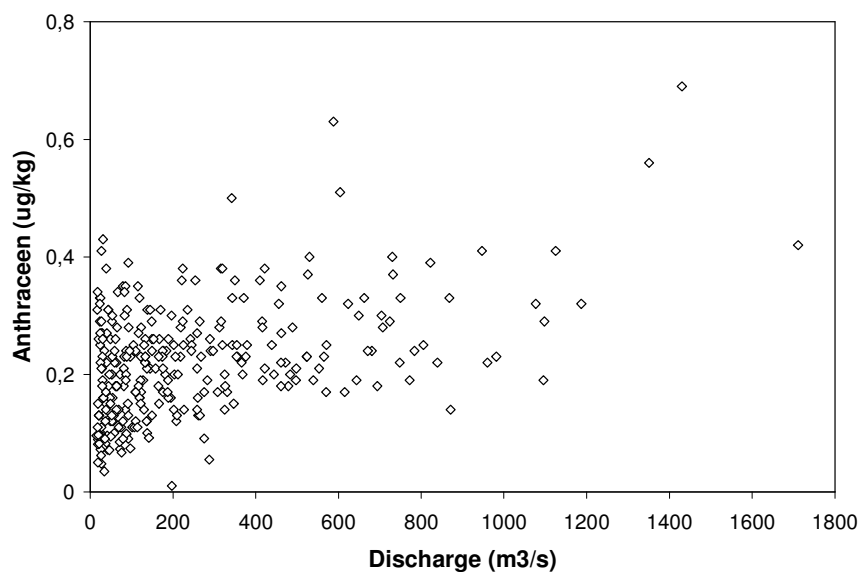


Figuur 3.18: Het PCB153-gehalte in zwevend stof uitgezet tegen de temperatuur voor meetstation Eijsden in de periode 2000-2005

De voorgaande resultaten lieten al zien dat de PAK's juist de omgekeerde seizoensvariatie hebben vergeleken met metalen en PCB's. Figuur 3.19 laat de variatie van anthraceen tegen de temperatuur zien. Zoals verwacht op basis van de seizoensvariatie, neemt het anthraceengehalte af met toenemende temperaturen, maar ook nu is de spreiding zeer groot. Voor anthraceen bestaat een duidelijke relatie tussen gehalten in zwevend stof en debiet (figuur 3.20). De resultaten van de andere PAK's zijn voor de relatie tussen gehalten in zwevend stof enerzijds en temperatuur en debiet anderzijds, vergelijkbaar met die van anthraceen.



Figuur 3.19: Het anthraceengehalte in zwevend stof uitgezet tegen de temperatuur voor meetstation Eijsden in de periode 2000-2005



Figuur 3.20: Het anthraceengehalte in zwevend stof uitgezet tegen het debiet voor meetstation Eijsden in de periode 2000-2005

3.2 Variatie van zwevend stof kwaliteit door het stroomgebied heen

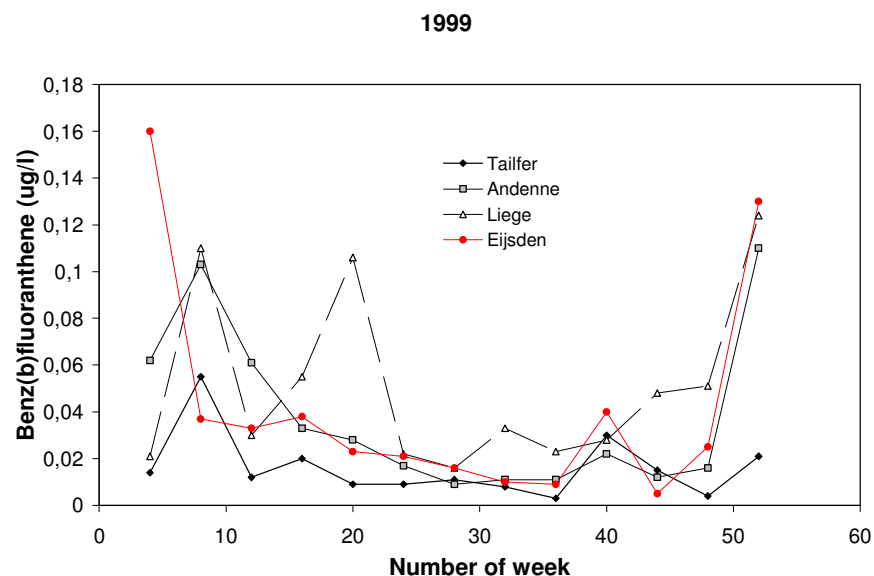
De variatie van het PAK- en PCB-gehalte in zwevend stof met de tijd bij meetstation Eijsden geeft aan dat de variatie afhankelijk is van één bron of dat er een constante verhouding tussen de bronnen is. Om na te gaan waar de PAK- en PCB-gehalten vandaan komen (herkomst) wordt er een vergelijking gemaakt met het PAK- en PCB-gehalte van stroomopwaarts gelegen meetstations in de Maas. De vergelijking wordt echter bemoeilijkt, doordat er geen gegevens zijn van PAK's in zwevend stof van

buitenlandse stations, maar alleen van gehalten in totaal water. Voor PCB's zijn in de IMC-database ook geen totaalgehalten terug te vinden. In het totaal gehalte zit niet alleen de PAK in het zwevend stof, maar ook de opgeloste PAK. De vracht aan PAK wordt bepaald door het debiet, het gehalte aan zwevend stof in de rivier, het PAK-gehalte in het zwevend stof en het gehalte aan opgeloste PAK. Over het algemeen levert het plotten van de totaal gehalten tegen de tijd voor verschillende locaties een goede indicatie van de herkomst. De gegevens zijn afkomstig van de IMC-database waarin de stoffen op de verschillende meetpunten 4-wekelijks zijn gerapporteerd.

3.2.1 Concentraties PAK in totaal water in België en Nederland

Uit de dataset zijn twee representatieve PAK's gekozen, te weten benzo(b)fluorantheen en indeno(1,2,3-cd)pyreen. Uit de gegevens van de dataset komt naar voren, dat de PAK-gehalten (totaal water) in het Nederlandse deel van de Maas (bijna) altijd onder de detectielimiet liggen, behalve in Eijsden. Dit wil nog niet zeggen dat de gehalten in het Eijsden ook werkelijk hoger zijn, want dit hangt ook af van de waarde van de detectielimieten. In de volgende plots zijn alleen de gehalten meegenomen van de Belgische meetstations en Eijsden.

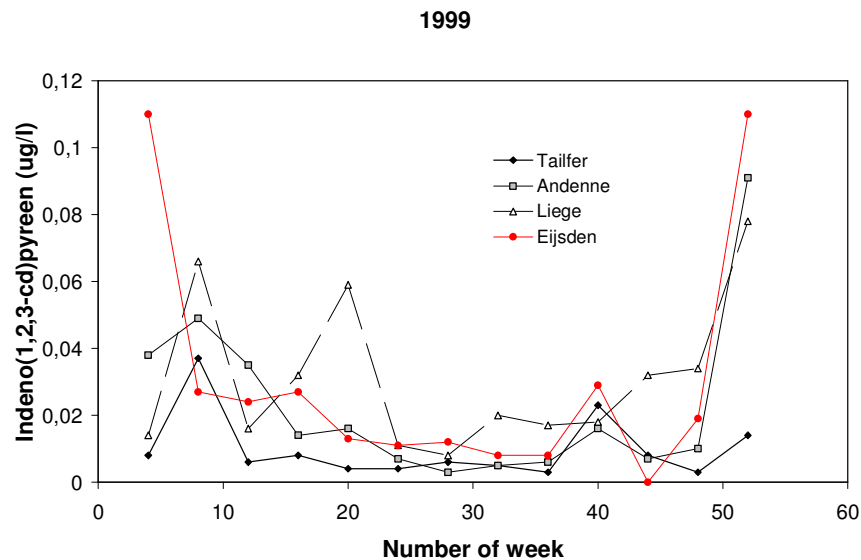
De resultaten van het jaar 1999 en 2001 zijn een goede illustratie van de variatie die voor kan komen tussen de meetstations.



Figuur 3.21: Het benzo(b)fluoranthengehalte in totaal water (waterfase + zwevend stof) uitgezet tegen het weeknummer van 1999 voor vier verschillende meetstations in de Maas. De meetstations zijn in stroomafwaartse richting genoemd.

Figuren 3.21 en 3.22 geven de variatie van de twee PAK's aan, uitgezet tegen het weeknummer (tijd) voor 1999. Ook in het totaal watergehalte is goed te zien dat de variatie van de PAK's vergelijkbaar is (vergelijk benzo(b)fluorantheen en indeno(1,2,3-cd)pyreen in Eijsden). In 1999 zijn over het algemeen de gehalten het laagst bij station Tailfer (rkm 518), dat nog voor de toevoeging van de Sambre ligt. In Tailfer komen enkele piekwaarden van PAK's voor, die over het algemeen ook terug te vinden zijn bij de andere stations (bijv. in week 8 en week 40). De grootste stijging in PAK-gehalte komt voor tussen Tailfer en Andenne (week 8 en week 52). In week 20 is er ook een

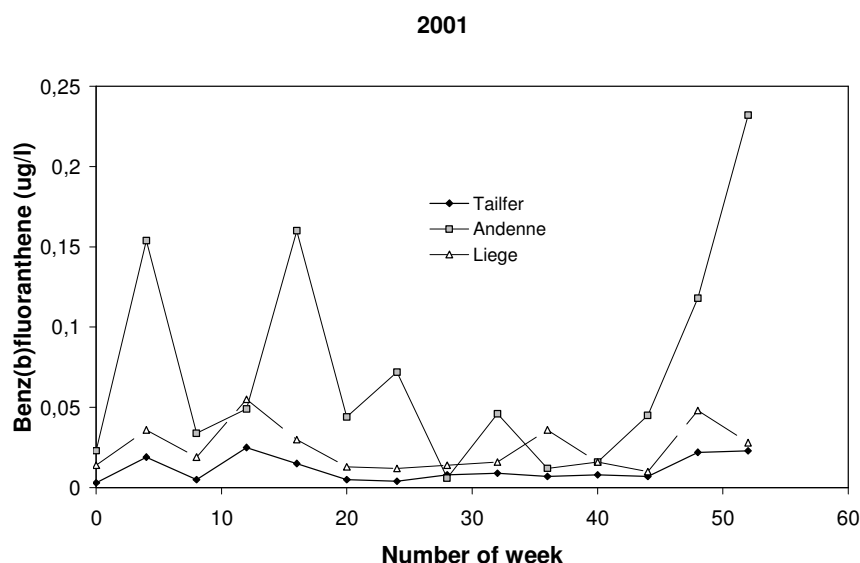
grote piekwaarde bij het station in Luik, maar deze is niet meer terug te vinden in Eijsden, terwijl er in week 4 een onverklaarbare hoge waarde bij Eijsden te vinden is. Voor het totaalgehalte is niet een duidelijke seizoensvariatie terug te vinden, alhoewel de meeste piekwaarden in de wintermaanden voorkomen. Dit zal ook samenvallen met hoge debietwaarden, waarbij er in verhouding meer materiaal (PAK's) per tijdseenheid getransporteerd kan worden. Zo zijn de piekgehalten in week 8 en 52 te relateren aan hogere debietwaarden. Het piekgehalte van Luik in week 20 is echter niet aan een hoog debiet toe te schrijven.



Figuur 3.22: Het indeno(1,2,3-cd)pyreengehalte in totaal water (waterfase + zwevend stof) uitgezet tegen het weeknummer van 1999 voor vier verschillende meetstations in de Maas. De meetstations zijn in stroomafwaartse richting genoemd.

In andere jaren wijkt het patroon af van de resultaten uit 1999. Figuur 3.23 laat de variatie van benzo(b)fluorantheen zien voor het jaar 2001. Gegevens van meetstation Eijsden ontbreken. In tegenstelling tot de resultaten van 1999, komen in 2001 alleen maar piekwaarden voor bij het station Andenne (week 4, 16, 24 en 48/52). In Luik zijn deze piekwaarden niet of nauwelijks terug te vinden. Dit station lijkt qua variatie meer overeen te komen met de resultaten van Tailfer.

Het beeld van de variatie in PAK-gehalten in andere beschouwde jaren komt grotendeels overeen met de resultaten van figuur 3.23 (2001). Dit geeft aan dat de grootste input van PAK's in het riviersysteem afkomstig is van een plek tussen de locaties Tailfer en Andenne. Tussen deze locaties voegt de zijrivier de Sambre zich bij de Maas. Deze lijkt de belangrijkste bron van PAK's te zijn in de Maas.



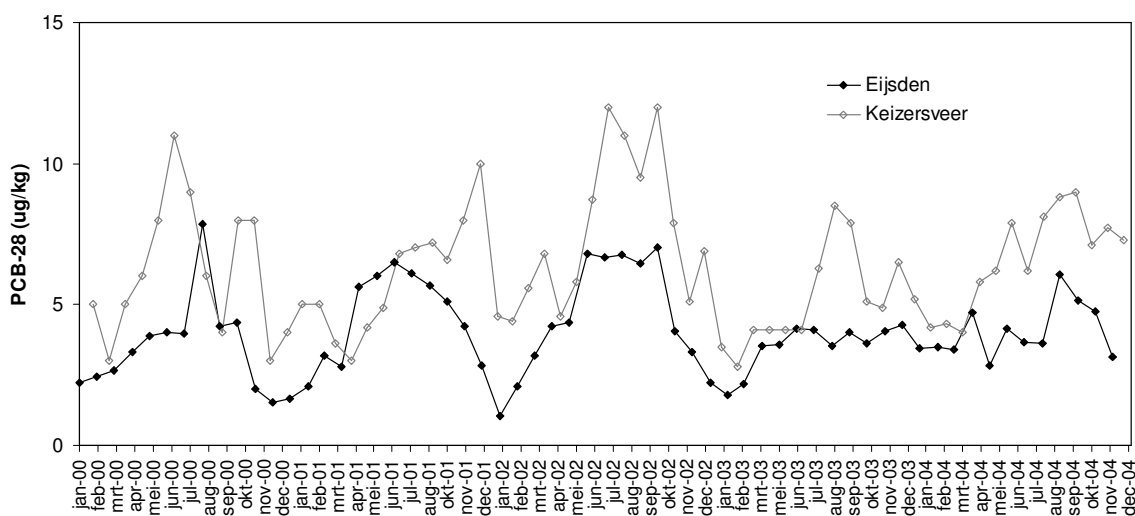
Figuur 3.23: Het benzo(b)fluorantheengehalte uitgezet tegen het weeknummer van 2001 voor drie verschillende meetstations in de Maas. De meetstations zijn in stroomafwaartse richting genoemd.

3.2.2 Gehalten aan PAK's, PCB's en zware metalen in zwevend stof in Nederland

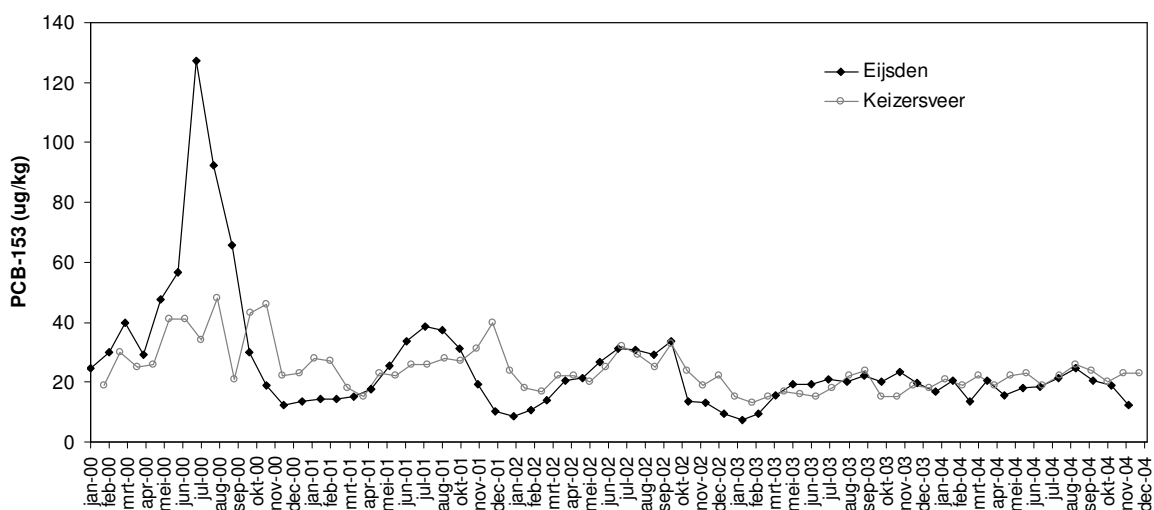
De totaalgehalten aan PAK's en PCB's van Nederlandse meetstations (uitgezonderd Eijsden) liggen onder de detectielimiet. Van dit deel van het Maasstroomgebied zijn echter wel gegevens van PAK's en PCB's (afkomstig van www.waterbase.nl) in zwevend stof beschikbaar. In de volgende figuren wordt ook de variatie van het metaalgehalte in zwevend stof in dit deel van de Maas geïllustreerd. De grootste variatie treedt op tussen station Eijsden (Belgisch-Nederlandse grens) en Keizersveer (dicht bij de monding). Daarom worden hieronder de gegevens van deze twee meetstations besproken. Figuren 3.24, 3.25 en 3.26 geven de variatie weer van PCB-28 en PCB-153 in de periode van 2000-2004 voor de stations Eijsden en Keizersveer.

PCB

Opvallend voor de variatie van het PCB-28 gehalte in zwevend stof van Eijsden en Keizersveer is het hogere gehalte bij het stroomafwaartse station Keizersveer (zie figuur 3.24). Dit kan er op duiden dat in het Nederlandse deel van de Maas nog additionele bronnen voor PCB-28 aanwezig zijn, of dat resuspensie en transport van met PCB-28 verontreinigd materiaal een belangrijke rol speelt. De seizoensvariatie in Keizersveer is vergelijkbaar met die in Eijsden (lagere gehalten in de winter).



Figuur 3.24: Het PCB-28 gehalte in zwevend stof uitgezet tegen de tijd voor meetstation Eijsden (wekelijkse meetdata gemiddeld per maand) en Keizersveer in de periode 2000-2004

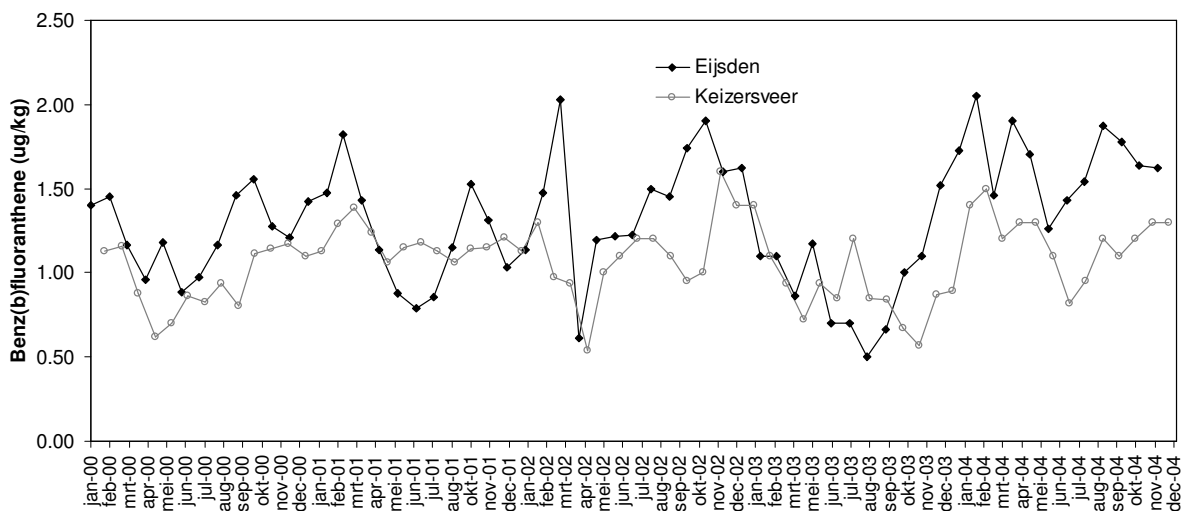


Figuur 3.25: Het PCB-153 gehalte in zwevend stof uitgezet tegen de tijd voor meetstation Eijsden (wekelijkse meting per maand gemiddeld) en Keizersveer in de periode 2000-2004

De variatie van het PCB-153 gehalte is voor beide locaties min of meer vergelijkbaar (zie figuur 3.25). De grote piek aan PCB-153 die in de zomer van 2000 in Eijsden voorkomt, is niet duidelijk terug te vinden in Keizersveer. In de jaren hierna is de variatie van PCB-153 klein en vertoont deze geen grote verschillen tussen de twee stations. De PCB-153 gehalten in zwevend stof nemen niet toe, maar ook niet duidelijk af in het Nederlandse deel van de Maas. Er is een grotere seizoensfluctuatie in 2001 en 2002 terug te vinden en afvlakking in 2003 en 2004.

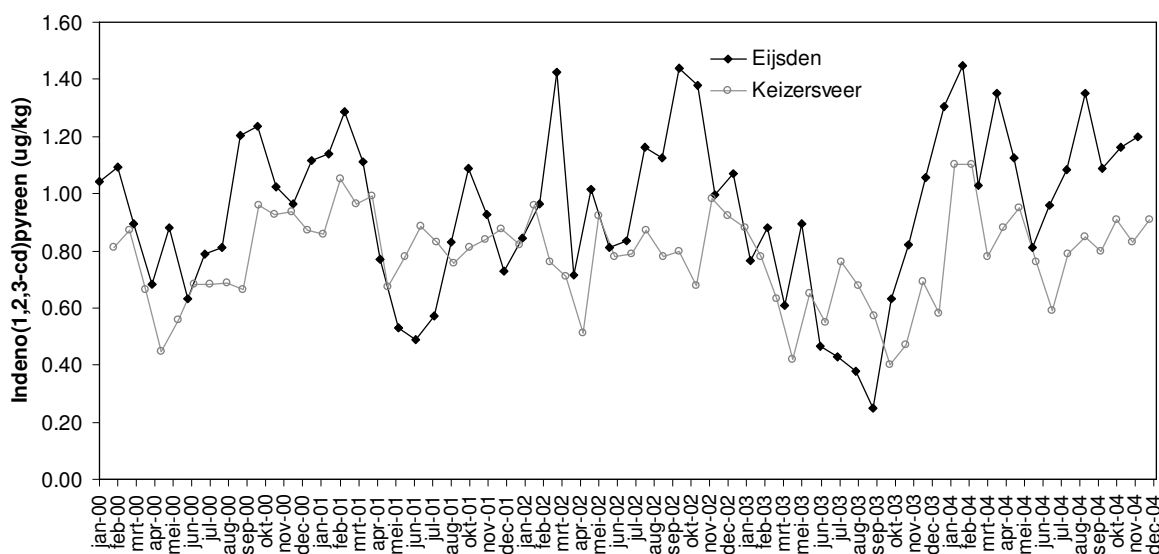
PAK

De variatie van het PAK-gehalte wordt geïllustreerd aan de hand van benzo(b)fluorantheen (figuur 3.26) en indeno(1,2,3-cd)pyreen (figuur 3.28).



Figuur 3.26: Het benzo(b)fluorantheengehalte in zwevend stof uitgezet tegen de tijd voor meetstation Eijsden (wekelijkse data per maand gemiddeld) en Keizersveer in de periode 2000-2004

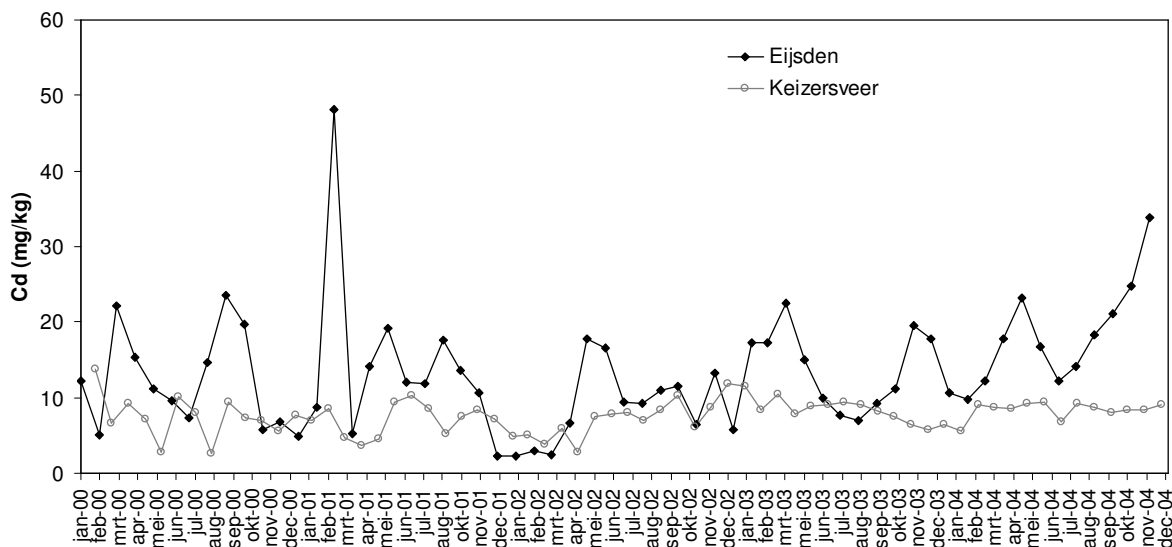
De variatie van benzo(b)fluorantheen in zwevend stof is vergelijkbaar voor de meetstations Eijsden en Keizersveer. Beide locaties laten een seizoensvariatie zien, met lagere gehalten in de zomer, die echter niet in alle jaren duidelijk naar voren komt. Over het algemeen is het gehalte aan benzo(b)fluorantheen lager in Keizersveer dan in Eijsden. Figuur 3.27 laat zien dat de variatie van indeno(1,2,3-cd) pyreen vergelijkbaar is, met opnieuw vaak enigszins lagere gehalten in Keizersveer dan in Eijsden.



Figuur 3.27: Het indeno(1,2,3-cd)pyreengehalte in zwevend stof uitgezet tegen de tijd voor meetstation Eijsden en Keizersveer in de periode 2000-2004

Zware metalen

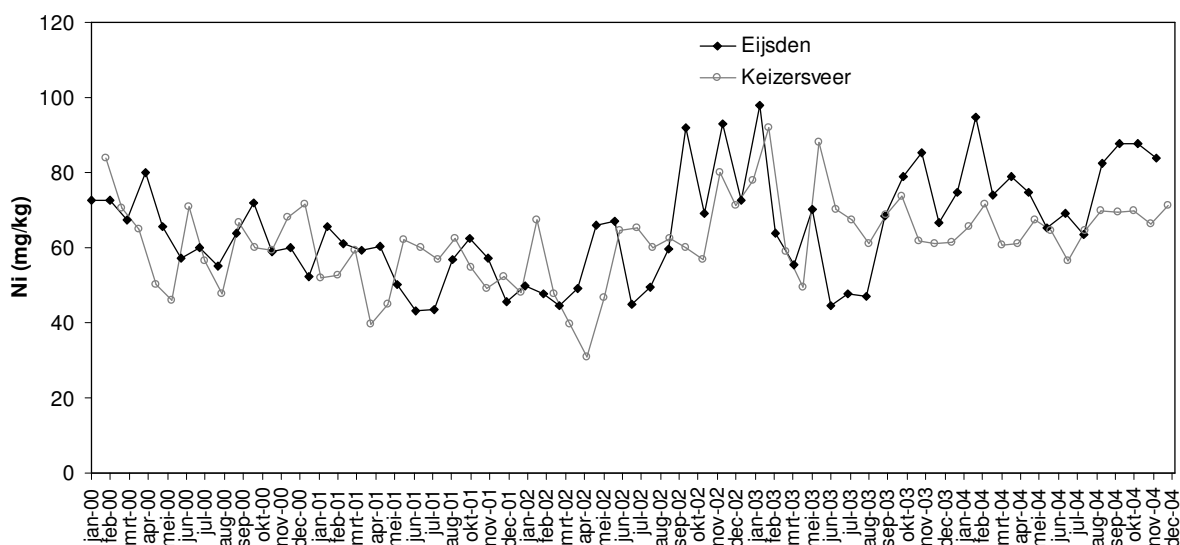
De variatie van het metaalgehalte in zwevend stof voor het Nederlandse deel van de Maas wordt geïllustreerd door figuren 3.28 (cadmium), 3.29 (nikkel) en 3.30 (zink).



Figuur 3.28: Het cadmiumgehalte in zwevend stof uitgezet tegen de tijd voor meetstation Eijsden (wekelijkse meting per maand gemiddeld) en Keizersveer in de periode 2000-2004

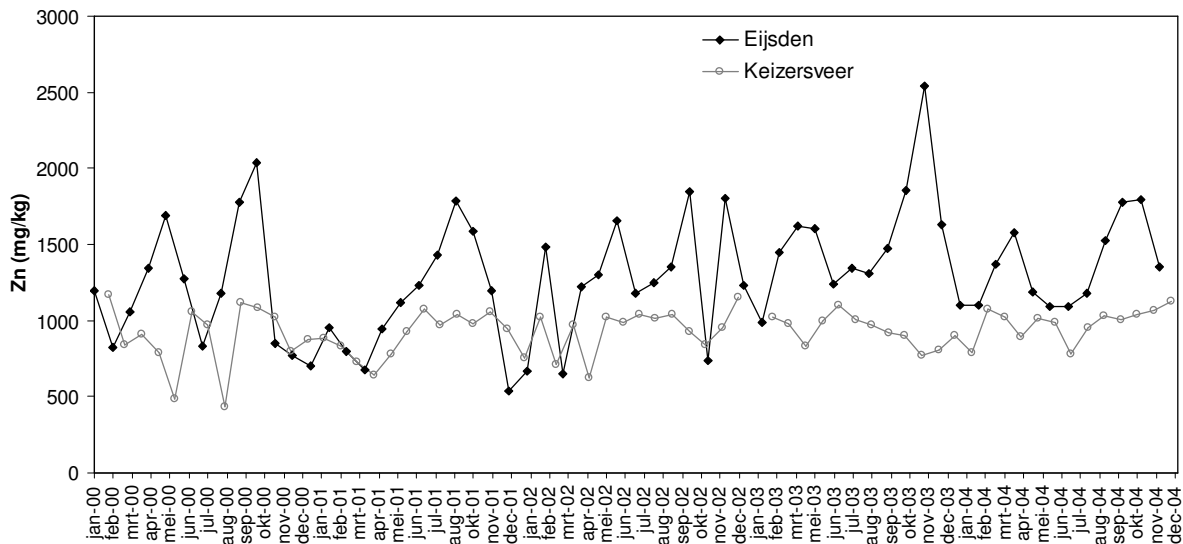
Het cadmiumgehalte varieert veel in de periode van 2000 tot en met 2004 in meetstation Eijsden. Uit figuur 3.28 komt naar voren dat het cadmiumgehalte in Keizersveer over het algemeen lager ligt dan in Eijsden (met uitzondering van enkele maanden verspreid over de periode van 2000-2004).

Voor het nikkelgehalte laat figuur 3.29 zien dat de verschillen tussen station Eijsden en Keizersveer niet groot zijn. Keizersveer volgt over het algemeen redelijk het patroon van Eijsden. In de figuur is te zien dat het nikkelgehalte in Keizersveer zowel hoger als lager kan zijn dan in Eijsden. In de winter van 2002-2003 volgt Keizersveer de piekwaarden van Eijsden goed.



Figuur 3.29: Het nikkelgehalte in zwevend stof uitgezet tegen de tijd voor meetstation Eijsden (wekelijkse data per maand gemiddeld) en Keizersveer in de periode 2000-2004

De zinkgehalten zijn weergegeven in figuur 3.30. Station Eijsden vertoont geen duidelijk seizoenspatroon. Het zinkgehalte in Keizersveer is over het algemeen lager dan in Eijsden.



Figuur 3.30: Het zinkgehalte in zwevend stof uitgezet tegen de tijd voor meetstation Eijsden en Keizersveer in de periode 2000-2005

De variatie van PAK's, PCB's en metalen in zwevend stof van het Nederlandse deel van de Maas laat zien dat de gehalten in het stroomafwaartse station Keizersveer over het algemeen lager ligt dan de gehalten bij het grensmeetstation Eijsden. Het patroon van de variatie in gehalten bij Eijsden wordt lang niet altijd teruggevonden bij Keizersveer. Vaak treedt er een vertraging op in piekwaarden, of komen piekwaarden

niet aan door sedimentatie van het verontreinigde sediment en verdunning met schoner sediment. Opvallend zijn de hogere waarden voor PCB-28 in Keizersveer ten opzichte van de gehalten in Eijsden.

4 Discussie

Variatie van zwevend stof in de tijd op één locatie

De periode van 2000-2004 is voor grensmeetstation in Eijsden gebruikt om de variatie in zwevend stof kwaliteit op één locatie te beschouwen. Aan de hand van de correlatiematrix en factoranalyse wordt geconcludeerd dat de variatie van de gehalten aan PAK's, PCB's en metalen niet verklaard wordt door fluctuaties van debiet en temperatuur, of door seizoensverschillen. De analyse geeft wel aanwijzingen voor een zwakke, positieve relatie tussen PAK's en debiet en een zwakke negatieve relatie tussen zware metalen en debiet en tussen PCB's en debiet..

De verontreinigingsgroepen (PAK's, PCB's, metalen) laten binnen de groep een sterke correlatie zien, maar tussen de groepen een minder sterke correlatie. PAK's zijn hierin het sterkst gecorreleerd. PCB's geven een klein onderscheid in PCB's met weinig (1-4) en veel (>4) chlooratomen. Metalen geven onderling een geringe correlatie, waarbij onderscheid gemaakt kan worden in drie groepen:

- 1) Cd, Cu, Pb en Zn
- 2) Cr en Ni
- 3) Hg

De plots van zware metalen tegen de tijd en debiet geven geen eenduidig beeld van een eventuele seizoensvariatie. Hoge en lage metaalgehalten in het zwevend stof komen zowel in de zomer als in de winter voor. Hoge piekwaarden lijken vaker voor te komen in het voor- en najaar, hoewel dit niet jaarlijks terugkeert. Uit de tijdreeksen is geen duidelijke relatie tussen debiet en gehalten aan zware metalen in zwevend stof af te leiden. De variatie van PAK's en PCB's is beter te relateren aan seizoensverschillen en variatie van het debiet. Over het algemeen is er een tegengesteld patroon voor beide groepen, waarin hogere PCB-gehalten in de zomer voorkomen en hogere PAK-gehalten in de winter. Daarnaast zijn over het algemeen hogere debieten gerelateerd aan lagere PCB-gehalten en hogere PAK-gehalten. Dit patroon is echter niet elk jaar waargenomen en de gehalten vertonen binnen een jaar ook nog veel fluctuatie. Deze correlaties met het debiet zijn mogelijk te verklaren doordat bij hogere afvoer van rivierwater meer sediment wordt aangevoerd, waarbij een verdunning met niet verontreinigd sediment leidt tot lagere gehalten aan PCB's en metalen. De hogere PAK gehalten bij hogere debieten hangen mogelijk samen met een verhoogde aanvoer van PAK's in deeltjesvorm (niet noodzakelijk gebonden aan andere sedimentdeeltjes).

Wanneer de gehalten aan verontreiniging worden uitgezet tegen het debiet, is voor alle beschouwde zware metalen een trend te zien, waarbij het gehalte eerst toeneemt en bij een verdere stijging van het debiet afneemt. Er is geen duidelijke relatie gevonden tussen temperatuur en metaalgehalten. Bij een hoger debiet wordt een lagere temperatuur verwacht. Dit verklaart de positieve correlatie tussen gehalten aan PCB's en temperatuur. Voor PAK's wordt juist een negatieve correlatie tussen temperatuur en het gehalte in zwevend stof waargenomen. Dit sluit goed aan op de positieve relatie tussen debiet en PAK-gehalten die blijkt uit de tijdreeksen. Bij een lager debiet wordt immers een lagere temperatuur verwacht.

Variatie van zwevend stofkwaliteit in het stroomgebied van de Maas

De sterke onderlinge correlatie van PAK's en in mindere mate PCB's geeft aan, dat de variatie van deze verontreinigingen sterk bepaald wordt door input van één of enkele

duidelijke bronnen. Om deze bronnen te traceren is ook naar de variatie van de zwevend stofkwaliteit in de tijd gekeken voor het Nederlandse en Belgische gedeelte van het Maasstroomgebied. Probleem hierbij is dat binnen de IMC niet naar het zwevend stof wordt gekeken, maar alleen naar totaal water. Voor de Belgische meetstations is daarom gebruik gemaakt van concentraties verontreinigingen in totaal water (water en zwevend stof). PCB's worden in de rapportages van de IMC niet meegenomen, zodat deze stofgroep verder buiten beschouwing blijft.

Uit de variatie van de PAK-concentratie in totaal water van Belgische meetstations bovenstrooms van Eijsden is een duidelijke invloed van de zijrivier de Sambre terug te vinden. Benedenstrooms van Eijsden ligt het totaalgehalte van PAK's onder de detectielimiet. Mogelijk is langs de Sambre een gebied aanwezig dat periodiek overstroomt, waarbij PAK –deeltjes of met PAK verontreinigde gronddeeltjes worden vrijgemaakt en via de Sambre naar de Maas wordt getransporteerd. Dit leidt in de Maas tot verhoogde gehalten aan PAK's tijdens hoog water. Er zijn echter ook andere mogelijke verklaringen voor de periodiek verhoogde input van PAK vanuit de Sambre naar de Maas. Onderzoek naar industriële activiteiten in dit gebied zou hier meer duidelijkheid over kunnen verschaffen.

PAK's, PCB's en metaalgehalten zijn bepaald in zwevend stof van het Nederlandse deel van de Maas. Over het algemeen liggen de gehalten aan PAK's en zware metalen in het zwevend stof nabij de monding van de Maas (meetstation Keizersveer) lager dan bij de grens met België (meetstation Eijsden). Dit kan veroorzaakt worden door verdunning met schoon sediment, of door sedimentatie van verontreinigd zwevend stof tussen beide meetstations, bijv. voor stuwen of sluizen. Om sedimentatie vast te stellen zou de concentratie en samenstelling van het zwevend stof op diverse plaatsen in de Maas met elkaar moeten worden vergeleken.

De gehalten aan PCB-28 zijn bij Keizersveer hoger dan bij Eijsden. Dit duidt op een bron van PCB-28 tussen Eijsden en Keizersveer (input vanuit een zijstroom of een directe lozing in de Maas). Voor PCB-153 en PCB-52 zijn de gehalten bij beide meetstations ongeveer gelijk.

5 Conclusies en aanbevelingen

De variatie van concentraties aan PCB's en PAK in zwevend stof in de Maas in Nederland lijkt vooral te worden veroorzaakt door variatie in debiet. Voor de zware metalen is dit verband niet consistent. De gehalten aan PCB's (en minder sterk, metalen) nemen over het algemeen af bij een verhoging van het debiet, terwijl een verhoging van het debiet bij PAK's over het algemeen leidt tot een verlaging van de gehalten in zwevend stof.

De sterke correlatie van PAK's en in mindere mate PCB's geeft aan dat de variatie van deze verontreinigingen sterk bepaald wordt door input van één of enkele duidelijke bronnen. Er is een invloed van de zijrivier de Sambre aan te wijzen op de gehalten aan PAK's in totaal water (opgelost en zwevend stof). Mogelijk is langs de Sambre een gebied aanwezig dat periodiek overstroomt, waarbij PAK-deeltjes, of met PAK's verontreinigde grond via de Sambre naar de Maas wordt getransporteerd.

Over het algemeen liggen de gehalten aan PAK's en zware metalen in het zwevend stof nabij de monding van de Maas (meetstation Keizersveer) lager dan bij de grens met België (meetstation Eijsden). Dit kan veroorzaakt worden door verdunning met schoon sediment, of door sedimentatie van verontreinigd zwevend stof tussen beide meetstations, bijv. voor stuwen of sluizen. De gehalten aan PCB-28 zijn bij Keizersveer hoger dan bij Eijsden. Dit duidt op een bron van PCB-28 tussen Eijsden en Keizersveer (input vanuit een zijstroom of een directe lozing op de Maas). Voor PCB-153 en PCB-52 zijn de gehalten bij beide meetstations ongeveer gelijk.

Aanbevelingen

- Deze studie heeft aanwijzingen opgeleverd voor de oorzaken van de variatie in de zwevend stofkwaliteit in de Maas in Nederland. Om deze aanwijzingen verder te onderbouwen is het gewenst om gedurende een lange periode (meerdere jaren) de concentratie en samenstelling van het zwevend stof op diverse punten in de Maas te meten. Voor het opstellen van een massabalans zijn ook de gegevens van de zijrivieren nodig. Daarnaast zouden de gehalten metalen en organische verontreinigingen in zwevend stof met dezelfde frequentie gemeten moeten worden. Op deze manier kan worden vastgesteld waar bronnen van verontreiniging zich bevinden en waar sedimentatie of erosie plaatsvindt.
- Met de uit het hierboven omschreven meetprogramma verkregen dataset kan de relatie tussen debiet en gehalten aan verontreiniging verder uitgediept worden, waarbij ook wordt gekeken naar de veranderingen in deze relatie door het jaar heen en de invloed van extreme gebeurtenissen of incidentele lozingen.
- Op basis van monitoring in de Sambre, gecombineerd met een inventarisatie van industriële activiteiten, landgebruik en bodemkwaliteitsgegevens, kan de PAK-bijdrage uit deze zijrivier nader worden verklaard..
- Tijdens deze studie is gebruik gemaakt van gegevens in de periode 1999-2004. Uitbreiding met meer gegevens van latere jaren kan informatie opleveren over huidige trends en over de effectiviteit van recente maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit van de Maas.

Referenties

AquaTerra (2007) *Report of meeting on measurement of suspended solids in the Meuse*, AquaTerra Integrated Project FP6, Deliverable R3.23.

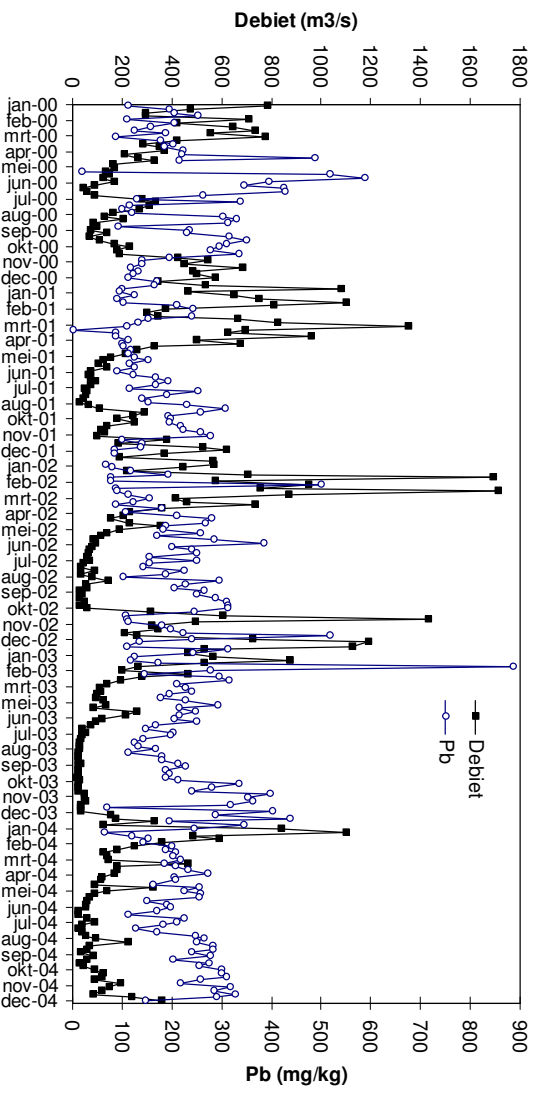
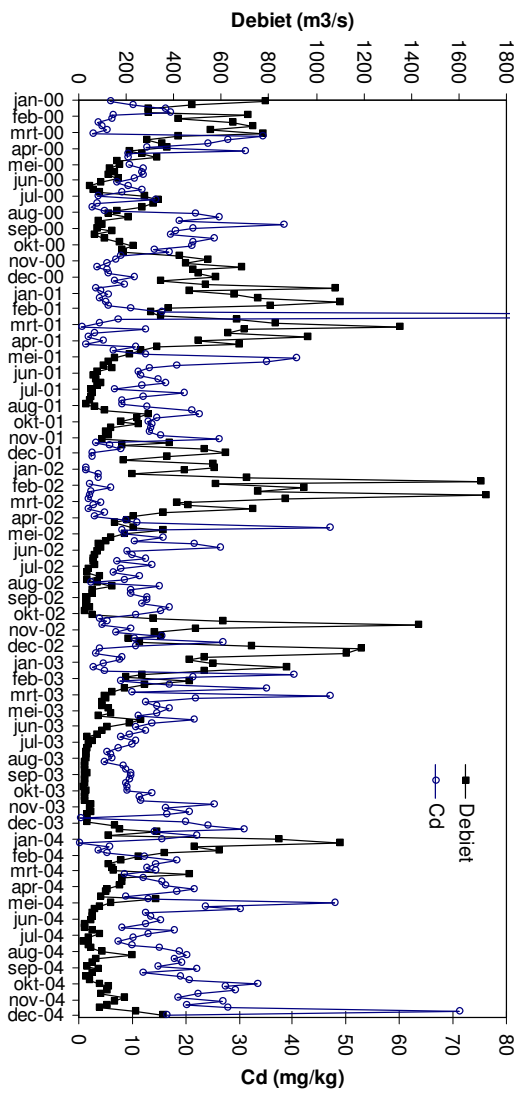
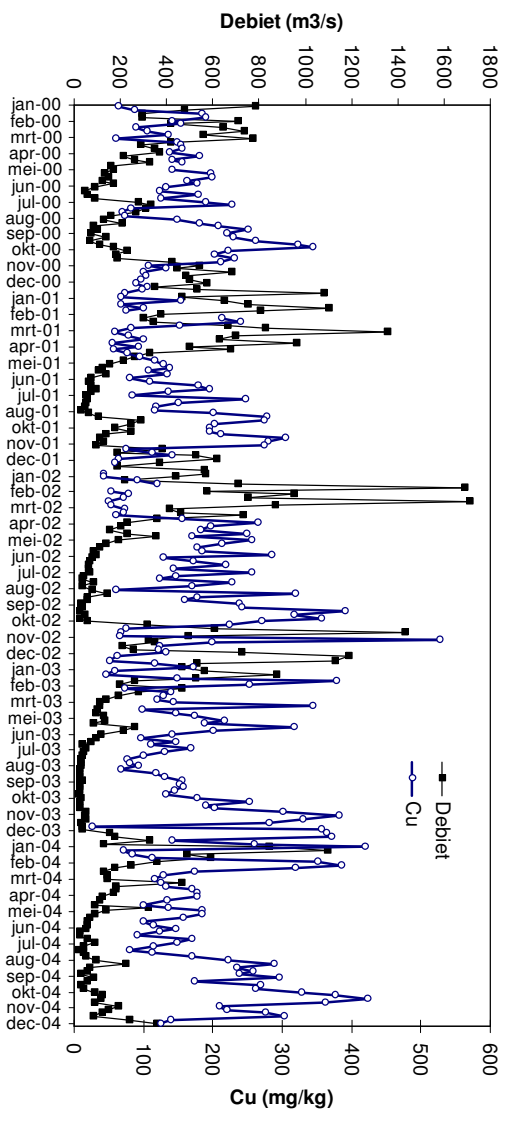
Bakker, I.J.I. (2006) *The composition of suspended particulate matter during floodings of the river Meuse*. Master thesis Rijksuniversiteit Groningen en TNO Bouw en Ondergrond, Utrecht.

Bakker, I., G. Klaver, S. Jansen, J. Joziassse (2008) *Overzicht bronnen van verontreinigd slib en mogelijke transportpaden*, Deltares rapport 2008-U-R0713/A, juli 2008.

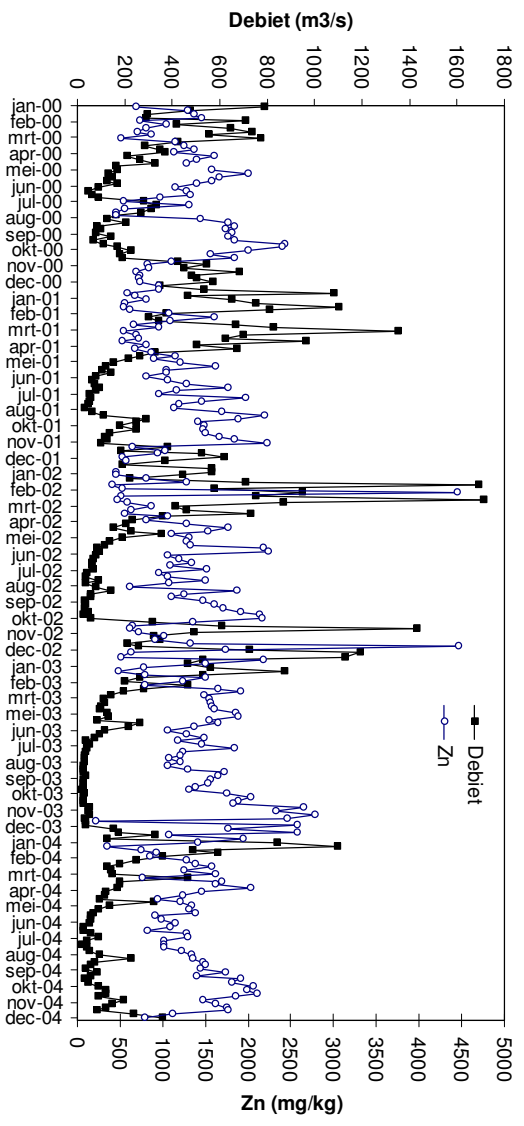
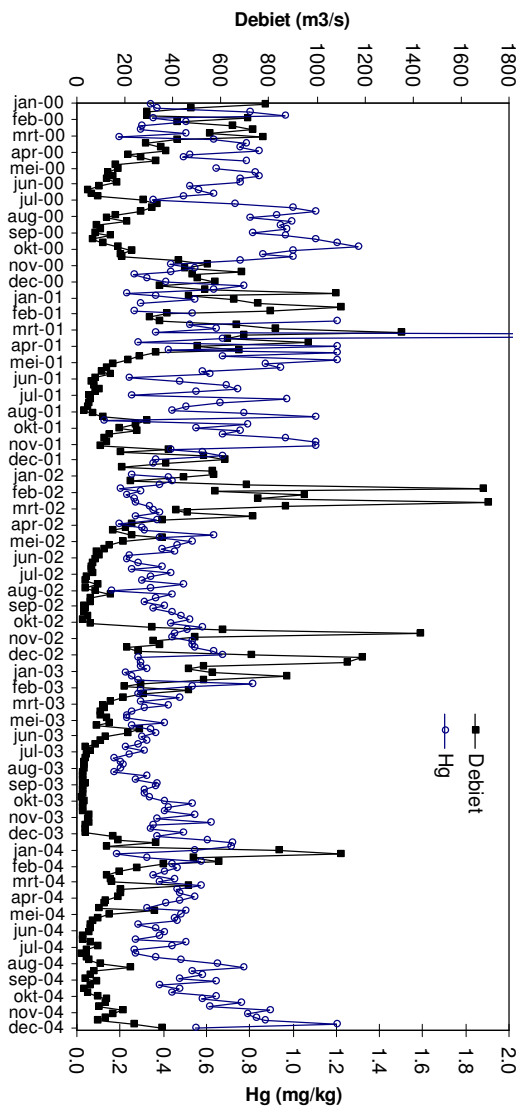
IMC (2005a) *Internationale stroomgebieddistrict Maas – Analyse, overkoepelend rapport*. Internationale Maas Commissie.

IMC (2005b) *Resultaten van het homogeen meetnet 2004*. Internationale Maas Commissie.

A Tijdreksen debiet en zware metalen in zwevend stof



Vervolg Bijlage A



B Relatie debiet en gehalte zware metalen in zwevend stof

