



14-6-2018

Wateranalyse Nederlandse wateren

Case-onderzoek Rijkswaterstaat



Youri Immerzeel

Inhoud

Inleiding	2
Hoofdstuk 1: Chlorofyl A	3
Chemische stoffen en Chlorofyl A	3
Gegevensbewerking	3
Ontwikkeling Chlorofyl A in Nederland	4
Toekomstige ontwikkeling van chlorofyl A	5
Samenhang chemische stoffen en Chlorofyl A.....	7
Positief	7
Negatief	8
Vervolg vragen	9
Hoofdstuk 2: Dioxinevervuiling in Nederland	10
Gegevensbewerking	10
Analyse	11
Dioxines in Nederland: Conclusie.....	13
Hoofdstuk 3: Lanthaniden	14
Lanthaniden: Informatie en analyse.....	14
Conclusie	15
Bronvermelding.....	16

Inleiding

Nederland heeft, als land dat zich grotendeels onder de zeespiegel bevindt, een unieke relatie met water. Als absolute wereldleiders op het gebied van watermanagement is Nederland zich als geen ander land bewust van het belang van goed omgaan met water.

In opdracht van Rijkswaterstaat vindt u hierbij het rapport van een uitgebreid onderzoek naar de chemische samenstelling van water op verschillende locaties in Nederland. Gebruik makend van de watermetingen van Rijkswaterstaat zelf zijn diverse onderwerpen nader onderzocht.

Ten eerste is onderzoek gedaan naar Chlorofyl A, een chemische stof die gewoonlijk geassocieerd wordt met waterkwaliteit. Niet alleen zal de ontwikkeling door de jaren heen van de stof zelf worden bekeken, maar ook zal geanalyseerd worden of het mogelijk is de toekomstige ontwikkeling van chlorofyl A te voorspellen. Tevens zullen verbanden tussen chlorofyl A en andere chemische stoffen onder de loep worden genomen, waarna verdere analyse in die richting zal volgen.

Een tweede element uit dit onderzoek is een analyse van de diverse stroomgebieden die Nederlandse wateren kennen. Het moge duidelijk zijn dat niet ieder deel van rivieren en waterlichamen in ons land hetzelfde is; er zal uitgebreid stilgestaan worden bij de chemische samenstelling van de stroomgebieden, en ook de verschillen tussen stroomgebieden zullen aan het licht komen.

Tenslotte wordt een analyse uitgevoerd van zwevende stoffen in het water. Niet alle chemische stoffen zijn door het water opgenomen; sommigen zweven in onopgeloste of andere vorm in het water zelf. Door onderzoek uit te voeren naar de samenhang tussen opgeloste en onopgeloste stoffen in het water kunnen bijvoorbeeld uitspraken worden gedaan over de kwaliteit ervan, of over oververtegenwoordiging van bepaalde stoffen

Hoofdstuk 1: Chlorofyl A

Chemische stoffen en Chlorofyl A

Chlorofyl A wordt, als maat voor de biomassa van algen, gezien als een van de belangrijkste parameters voor het meten van waterkwaliteit ¹. Het heeft als eigenschap de energie van licht bruikbaar te maken voor fotosynthese ², waaruit onder andere zuurstof vrijkomt. Wanneer chlorofyl A in water voorkomt kan veilig aangenomen worden dat er sprake is van de aanwezigheid van (water)planten, en dat er voldoende voedingsstoffen in het water aanwezig zijn. Door de aanwezigheid van waterplanten kunnen aannames worden gemaakt over de kwaliteit van het water zelf ³.

In acht nemend dat chlorofyl A en waterkwaliteit hand in hand lijken te gaan, kan men veel duidelijkheid krijgen over factoren die het water beïnvloeden door onderzoek te doen naar verbanden tussen chlorofyl A en andere chemische stoffen. Een sterke positieve samenhang tussen chlorofyl A en een andere stof zou immers een indicatie zijn dat ook de betreffende stof veel aanwezig is in gezond water, waar een negatieve samenhang de stelling mogelijk maakt dat de betreffende stof veelal aanwezig is in ongezond water. Een overzicht van deze verbanden kan een positieve bijdrage leveren aan het interpreteren van watermonsters, en kan aandachtspunten naar voren brengen omtrent de kwaliteit van het water.

Gegevensbewerking

In de beschikbare data zijn enkele zaken die aangepast moeten worden voor gekeken kan worden naar verbanden tussen chlorofyl A en andere chemische stoffen.

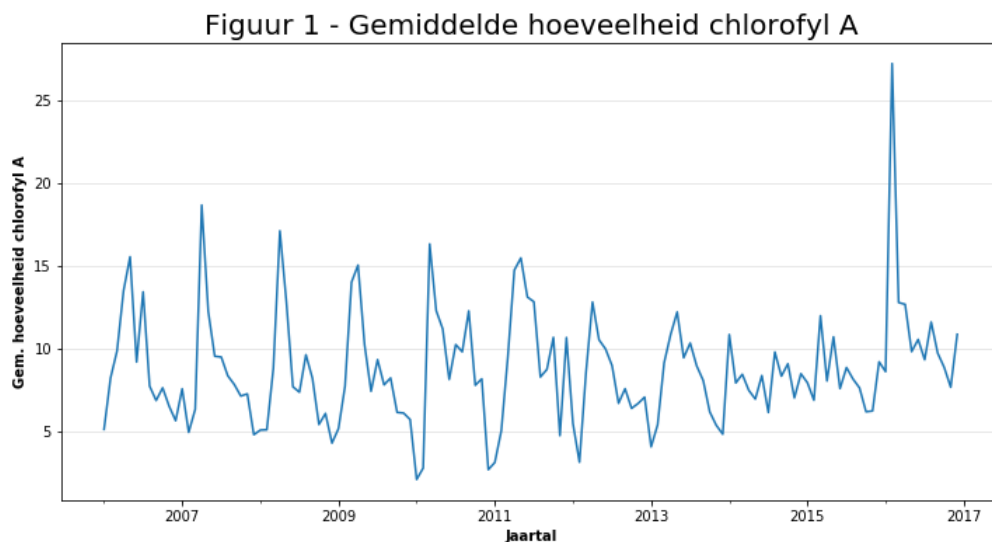
De metingen die door de jaren heen zijn uitgevoerd hebben meer gegevens opgeleverd dan enkel waarnemingen van chemische stoffen. Hoewel metingen van bijvoorbeeld oppervlakte en troebelheid waardevolle informatie bieden, zijn deze overbodig in de hieronder volgende analyse. Uit een lijst meetparameters ⁴ is een selectie gemaakt waarvan metingen bij dit deel van het onderzoek achterwege zijn gelaten. Uiteindelijk zijn voornamelijk de meetwaarden van chemische stoffen zelf bewaard gebleven, en zijn combinaties, percentages en voor dit onderzoek irrelevante metingen verwijderd.

Hiernaast is het belangrijkste punt wat gegevensbewerking betreft het samenvoegen van een aantal eigenschappen van watermonsters om dataverlies tijdens de analyse te voorkomen. Er zijn immers metingen waar meerdere meldingen van eenzelfde chemische stof gemaakt worden, maar in een andere hoedanigheid (onder andere *drooggewicht*, *na filtratie*, of *in stikstof*). Om te voorkomen dat observaties onterecht worden samengevoegd of verwijderd is de specificatie van iedere chemische stof in de data specifieker gemaakt; niet alleen wordt aangegeven welke stof gemeten is, maar ook welke meeteenheid gebruikt is (bijv. mg/l) en in welke hoedanigheid de stof is gemeten.

In het eerste deel van bijlage 2 zijn de hierboven genoemde bewerkingen uitgevoerd. Van belang is hierbij op te merken dat er voorafgaand aan deze aanpassingen al veel opgeruimd is aan de data, zoals bijvoorbeeld het verwijderen van niet-relevante informatie. Deze aanpassingen zijn weergegeven in bijlage 1.

Ontwikkeling Chlorofyl A in Nederland

Voordat gekeken zal worden naar de samenhang van chemische stoffen met chlorofyl A, zoals hierboven beschreven staat, zal de aanwezigheid van chlorofyl A in de watermonsters in beeld worden gebracht. Hiermee kan een trend geschetst worden, en zal het mogelijk zijn voorspellingen te doen over de ontwikkeling van chlorofyl A in Nederlandse wateren. Door grote onregelmatigheid in de meetmomenten zal met maandelijkse gemiddelden worden gewerkt. In figuur 1 is de ontwikkeling te zien van chlorofyl A van begin 2006 tot eind 2016.



Een aantal zaken is opvallend te noemen in figuur 1. Ten eerste is duidelijk te zien dat de hoeveelheid chlorofyl A enorm afhankelijk is van het seizoen, zoals uiteraard de verwachting was; chlorofyl beschrijft immers plantengroei. Daarnaast valt op dat in algemene termen de gemeten hoeveelheden chlorofyl A nauwelijks toenemen door de jaren heen, hoewel een zeer voorzichtige stijging wel degelijk zichtbaar is.

Tenslotte is de enorme piek in 2016 moeilijk te missen. Deze wordt veroorzaakt door één enkele ontzettend hoge meetwaarde. Deze waarde is in de oorspronkelijke meting dubbel gecontroleerd op juistheid, en is afkomstig van een locatie waar vaker uitzonderlijke waarden gemeten worden, terwijl die locatie naast deze uitzonderingen slechts een beperkte invloed op de algehele trend heeft. Om een algemeen beeld te geven van de ontwikkeling van chlorofyl A in Nederland zal deze buiten beschouwing worden gelaten.

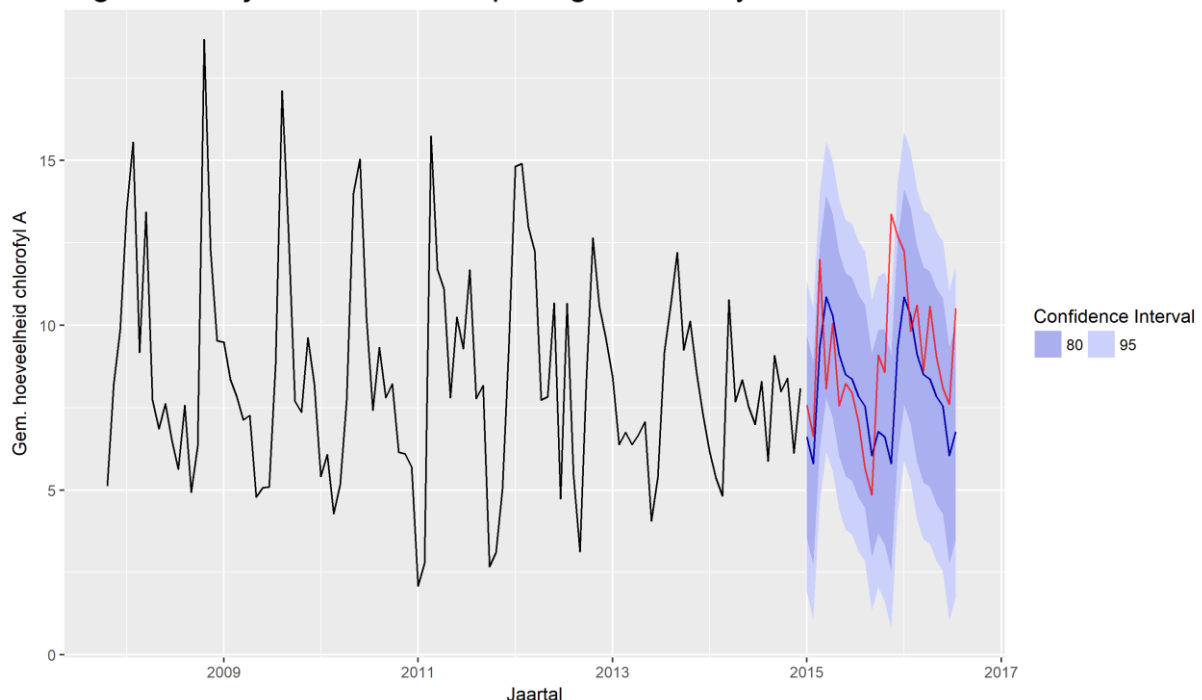
Toekomstige ontwikkeling van chlorofyl A

Omdat de aanwezigheid van chlorofyl A zoals eerder genoemd vrij stabiel (maar seizoensafhankelijk) is, kan de aanwezigheid van deze stof gemodelleerd worden. Door een tijdreeksmodel te maken ontstaat een verder inzicht in de te verwachten ontwikkeling van chlorofyl A in metingen, en of er een daling of stijging zichtbaar is.

Gebleken is dat metingen van chlorofyl A zich in beperkte mate lenen tot het doen van voorspellingen, met als voornaamste probleem dat de periode van beschikbare gegevens (van 10 jaar) eigenlijk aan de korte kant is. Dit is terug te zien in de kwaliteits- en evaluatiescores van het gemaakte model. Deze geven aan dat de gegevens zich in principe uitstekend lenen voor een tijdreeksmodel en bijbehorende voorspellingen, maar tonen ook aan dat fluctuaties in de metingen nog een te grote invloed hebben door de korte periode die beschikbaar is. Een gedetailleerde analyse hiervan is te vinden in bijlage 3.

Figuur 2 is een weergave van de prestaties van het voorspellingsmodel op de (in de gegevens aanwezige) jaren 2015 en 2016. In het rood is het daadwerkelijke verloop van de metingen te zien; in het blauw de door het model voorspelde waarden. Blauw geschaduwd zijn de "confidence intervals" van het model; dit kan gezien worden als een soort marge van onzekerheid. Het model is er 80% zeker van dat een toekomstige meting zich op een bepaalde datum tussen de grenzen van de donkerblauwe balk bevindt, en 95% zeker dat deze binnen de grenzen van de lichtblauwe balk te vinden is. Zoals eerder genoemd vangt het model de trend van de chlorofyl-metingen vrij goed op, maar is het niet in staat te reageren op scherpe fluctuaties in de metingen (die in de rode lijn zichtbaar zijn).

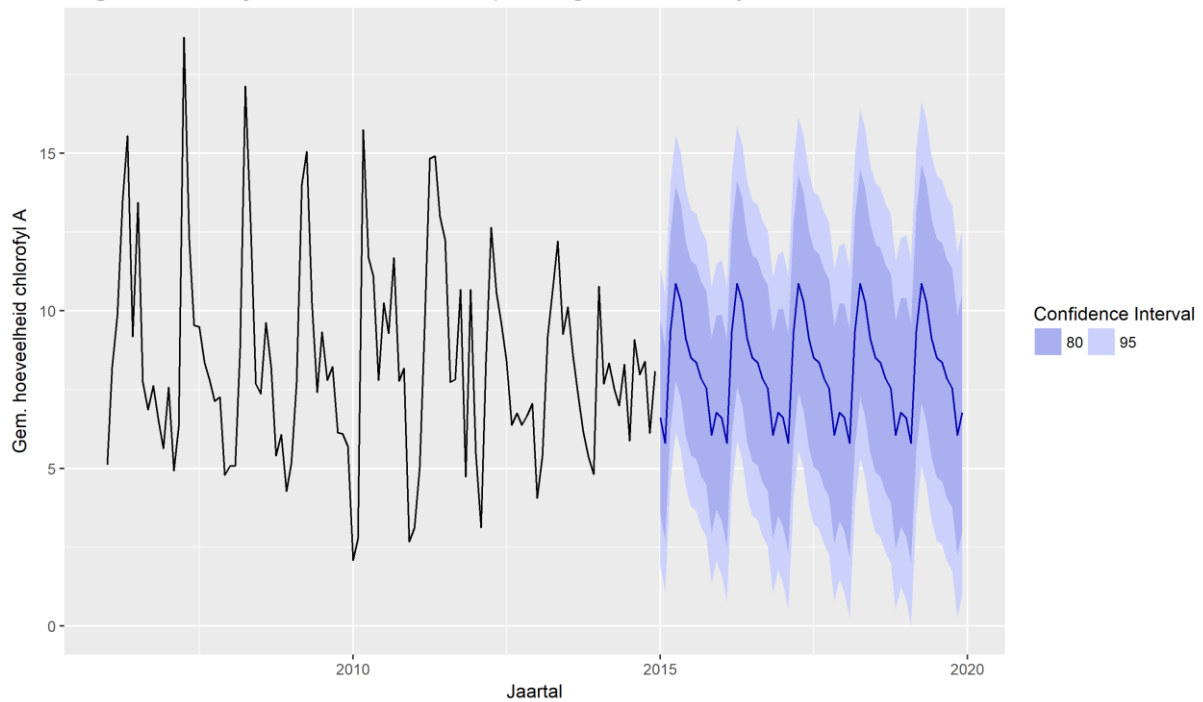
Figuur 2 - Tijdreeks en voorspellingen chlorofyl A



Wanneer gekeken wordt naar een langere termijn wordt steeds duidelijker dat er, zoals eerder gesteld, een te korte periode aan gegevens aanwezig is om een model op te baseren. In figuur 3 is een grafiek te zien van de voorspellingen van het model van 2015 tot 2020. Hier is goed te zien dat de grote invloed van seizoenen op chlorofyl A doorberekend wordt. Ook is zichtbaar dat, omdat er in

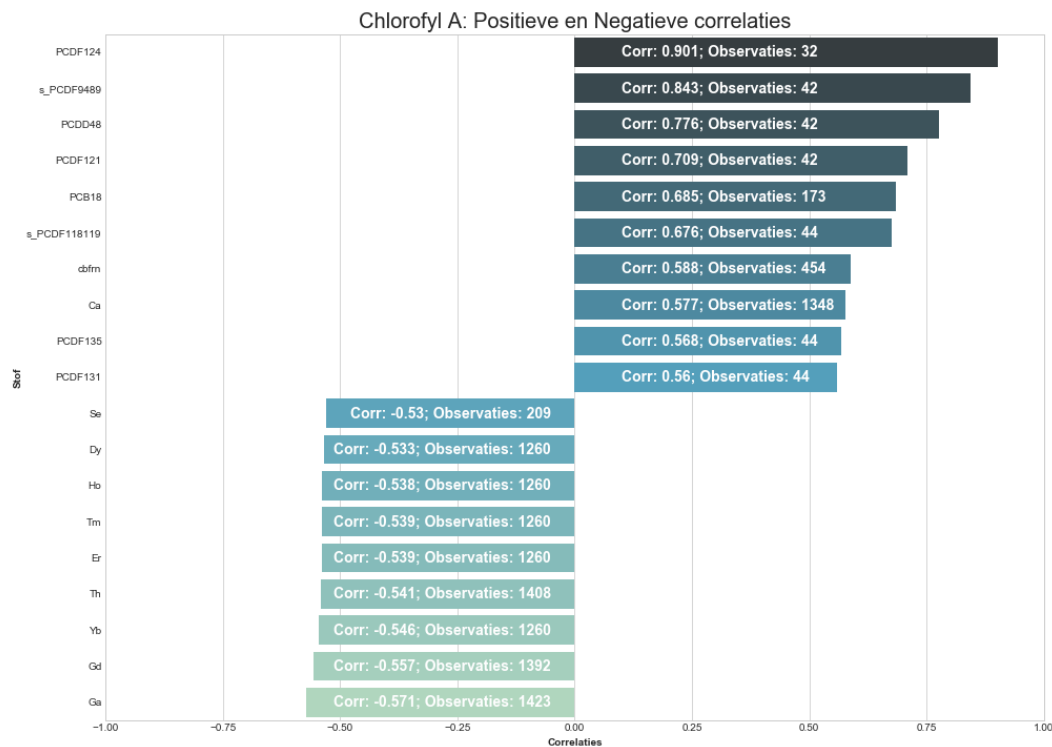
de afgelopen 10 jaar op jaarbasis geen grote stijgingen of dalingen waren, het model heeft aangenomen dat dit ook in de toekomst zo zal blijven. Wel wordt logischerwijs de onzekerheidsmarge van het model steeds ruimer naarmate verder in de toekomst gekeken wordt.

Figuur 3 - Tijdreeks en voorspellingen chlorofyl A - tot 2020



Samenhang chemische stoffen en Chlorofyl A

Zoals eerder gesteld zijn de gemeten chemische stoffen gezocht die een sterke of zeer sterke samenhang met chlorofyl A vertonen. Zoals eerder genoemd zal er een scheiding gemaakt worden tussen positief respectievelijk negatief samenhangen met chlorofyl A. Het tot stand komen van deze analyse zal hier niet worden toegelicht, maar is geheel weergegeven in bijlage 2.



Positief

In de bovenstaande afbeelding vindt men een overzicht van de stoffen die sterk of zeer sterk positief samenhangen met chlorofyl A. Dit houdt in dat de aanwezigheid van een van deze stoffen vaak hand in hand blijkt te gaan met de aanwezigheid van chlorofyl A.

Het is overduidelijk dat de namen en aard van deze chemicaliën toelichting behoeven.

- Overduidelijk is dat er een grote mate van samenhang is tussen chlorofyl A en verscheidene zogeheten PCDD's of PCDF's. *Polychlorinated dibenzodioxins*, ookwel dioxines, zijn zeer vervuilende stoffen. Het zijn "bijproducten die gevormd worden tijdens de synthese van zekere industriële chemicaliën of tijdens verbranding"⁵. In de richtlijnen van het Europees parlement⁶ wordt duidelijk gemaakt dat dergelijke stoffen gevaarlijk te noemen zijn wanneer deze in waterlichamen aanwezig zijn. "Door hun hydrofobische aard wordt de meerderheid van dioxines dat in watersystemen vrijkomt uiteindelijk geassocieerd met fijnstof of gebioaccumuleerd in waterleven"⁷. Hoewel het evident is dat de aanwezigheid van deze stoffen geen goede zaak is en indicatie is van milieuschade, is de samenhang tussen deze stoffen en chlorofyl A wel goed te verklaren.

- Carbofuran is een uiterst giftige pesticide⁸, die per december 2007 niet langer toegestaan is⁹. De samenhang tussen carbofuran en chlorofyl A zal dus voor het overgrote deel uit oudere metingen komen, en is niet langer relevant. Verder onderzoek in de gegevens wijst uit dat alle recentere metingen van carbofuran qua concentratie onder de voor deze stof geldende grenswaarden vallen.
- Calcium is, onder andere, een essentiële voedingsstof voor planten; het speelt een (grote) rol in celwanden en membranen¹⁰. De aanwezigheid hiervan is dan ook een voorwaarde voor de groei van waterplanten, en kan dus absoluut als positief worden gezien. Het is aannemelijk dat de aanwezigheid van een voldoende mate van calcium een positief oordeel over de kwaliteit van het water (voor plantengroei) mogelijk maakt.

Negatief

Tevens was in de afbeelding aan het begin van dit paragraaf een overzicht te vinden van de stoffen die sterk of zeer sterk negatief samenhangen met chlorofyl A. Dit houdt in dat de aanwezigheid van een van deze stoffen vaak samen blijkt te gaan met een afwezigheid van chlorofyl A, en vice versa. Stoffen die slechts enkele malen gemeten zijn worden hier buiten beschouwing gelaten; er zijn onvoldoende gegevens om van een betrouwbare samenhang te spreken.

Het is evident dat er geen stoffen gemeten zijn met een zeer sterke negatieve samenhang met chlorofyl A. Wel is er een groep vergelijkbare stoffen die een matig tot sterke samenhang met chlorofyl A vertonen.

Ook de hier genoemde chemicaliën vragen om verdere toelichting.

- Gallium¹² is een vast, glanzend metaal. Het kent toepassingen in thermometers, zonnecellen, radiologie en andere zaken. Onderzoek¹³ heeft uitgewezen dat blootstelling aan gallium wortelgroei van planten beperkt en oxidatieve schade veroorzaakt.
- Gadolinium, Ytterbium, Erbium, Thulium, Holmium en Dysprosium zijn allen lanthaniden¹⁴, en zijn metaalachtige elementen. Deels worden lanthaniden gezien als zeldzame aarden; stoffen die van nature in de aardkorst te vinden zijn, en een breed scala aan industriële, wetenschappelijke en medische toepassingen kennen¹⁴. Een eenduidig beeld over het effect van lanthaniden op plantengroei is in de literatuur niet gevonden. Bovenstaande analyse lijkt duidelijk een negatief effect van lanthaniden en zeldzame aarden op chlorofyl A en dus bladgroei te ondersteunen, maar "na compilatie en analyse van de data is gevonden dat REEs (zeldzame aarden) positieve effecten hebben in lage concentraties en negatieve effecten in relatief hoge concentraties¹⁵".
- Thorium¹⁶ is een metaalachtig, zwak radioactief element. Vanwege de radioactiviteit wordt het gebruik van thorium in industrie uitgefaseerd. Het is een van de weinige radioactieve elementen dat natuurlijk in de aardkorst te vinden is.
- Seleen, tenslotte, is een stof die van natuur zeer veel in het milieu voorkomt, en speelt, met mate, een rol in menselijke gezondheid¹⁷. Hoge metingen van seleen kunnen veroorzaakt worden door het gebruik van seleenrijke meststoffen in de landbouw.

Vervolg vragen

Aan positieve respectievelijk negatieve zijde vertoont een specifieke soort chemische stoffen een sterke samenhang met chlorofyl A. Deze stoffen verschijnen beide meerdere malen in de top van de correlatietabellen. Hieruit vloeien enkel vervolgvragen voort, die behandeld zullen worden.

1. Er is, zoals inmiddels bekend, een samenhang tussen chlorofyl A enerzijds en PCDD's en PCDF's anderzijds. In de resultaten van de analyse is tevens zichtbaar dat dat deze stoffen steevast enkele tientallen keren gemeten worden. Zijn er zaken zichtbaar in de gegevens van deze metingen waarop ingegrepen kan worden om de waterkwaliteit te verbeteren?
2. Lanthaniden en zeldzame aarden zijn op vrij grote schaal gemeten, en hebben een negatieve samenhang met chlorofyl A. Zijn deze stoffen op bepaalde locaties eenvoudigweg van nature aanwezig, of kan menselijk handelen hier invloed op hebben? Welke conclusies kunnen op basis van de gegevens getrokken worden?

Hoofdstuk 2: Dioxinevervuiling in Nederland

PCDD's, PCB's en PCDF's: Dioxines in Nederland

Diverse verschijningsvormen van dioxines kennen een grote mate van samenhang met chlorofyl A. Zoals eerder toegelicht is bioaccumuleren deze stoffen zich, wanneer ze in het water terecht komen, in waterleven, waaronder dus waterplanten. Deze stoffen zijn in richtlijnen van de Europese Unie⁶ als schadelijk bestempeld.

Om beter inzichtelijk te maken of ingrijpen mogelijk of wenselijk is, zal specifiekere gekeken worden naar de metingen waarin dioxines voorkomen.

Gegevensbewerking

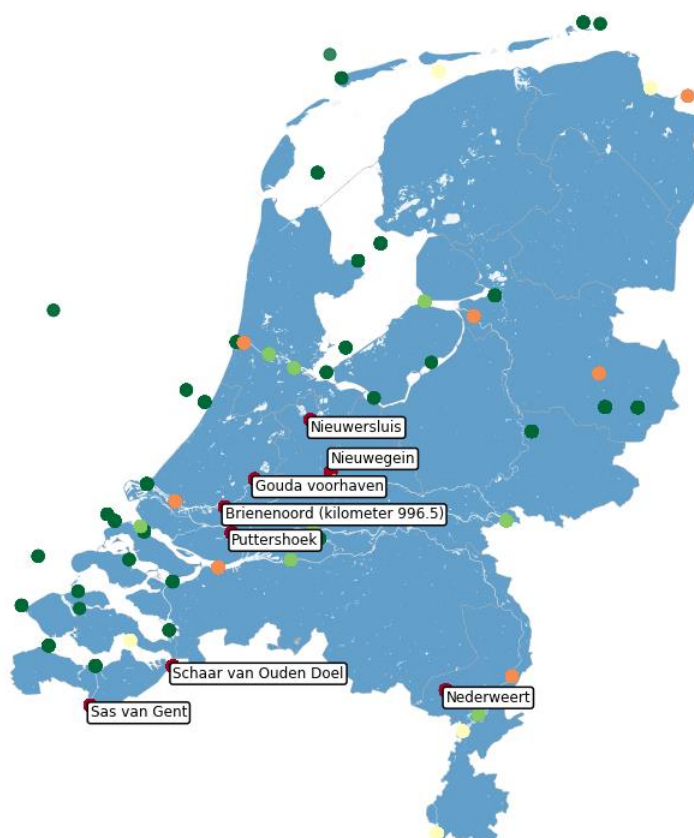
Van alle beschikbare metingen worden vanzelfsprekend enkel de metingen van dioxines bewaard. PCB's, PCDF's en PCDD's zijn in verschillende hoedanigheden en meeteenheden opgeslagen. Zo kan er bij de ene meting sprake zijn van een waarde in ug/kg of ng/kg, en bij de andere meting van een waarde in ug/l. Dit verschil lijkt mede te maken te hebben met het compartiment waarin de meting gedaan is; of er sprake is van zwevende stof (in het water) of oppervlaktewater.

Door dit verschil kan geen eenduidig oordeel geveld worden tot een herschaling van deze metingen plaatsvindt. Hierom is een categorisering toegepast, waardoor de verschillen tussen meetlocaties onderling bekeken kunnen worden. Voor alle jaren waarvan gegevens beschikbaar waren is vervolgens geanalyseerd welke meetlocaties de hoogste concentraties dioxines kennen vergeleken met de andere meetlocaties. De resultaten van deze analyses zijn zowel gevisualiseerd op een kaart van Nederland als numeriek weergegeven. In bijlage 2 is het tot stand komen van deze categorisering en visualisaties uitgebreid uitgewerkt.

Analyse

Uit het onderzoek naar dioxines in Nederland komen enkele locaties consistent als zorgwekkend naar boven. Uitzonderingen (die benoemd zullen worden) daargelaten zijn gedurende de tien jaar waarvan gegevens beschikbaar relatief weinig geografische verschuivingen door de jaren heen te zien.

Figuur 4 - Dioxine-vervuiling in kwantielen, 2016



In figuur 4 is de analyse van dioxines in 2016 (het laatst gemeten jaar) te zien. Dergelijke visualisaties van ieder jaar zijn te vinden in bijlage 4. Groene tinten zijn hierbij relatief lage, en rode tinten relatief hoge concentraties (ten opzichte van andere metingen in dat jaar). Duidelijk zichtbaar is dat grote delen van Nederland relatief lage concentraties van dioxines kennen. Vaak zijn de relatief hoge concentraties te zien in randstadgebieden of midden-Limburg.

Figuur 5 - Relatieve concentraties dioxines - meest opvallende locaties

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Brienoord (kilometer 996.5)	3	3	3	3	1	3	4	4	4	4	4
Gouda voorhaven	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Nieuwegein	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Puttershoek	3	3	3	0	1	3	3	3	4	4	4
Sas van Gent	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4
Schaar van Ouden Doel	3	4	3	4	3	3	4	4	4	4	4
Nederweert	4	4	4	4	2	2	3	4	3	4	4
Nieuwersluis	0	0	0	0	2	3	4	4	4	3	4
Belfeld boven	4	3	3	0	4	3	3	1	1	1	3
Haringvlietsluis	4	4	4	4	3	2	2	2	2	2	1
Keizersveer	3	3	2	3	2	1	2	3	1	1	1

De meest opvallende meetlocaties zijn hierboven weergegeven. Hier geldt dat hoe hoger de categorie, hoe hoger de concentratie dioxines relatief tot andere locaties, met een maximale waarde van 4. Enkele zaken die opvallen:

1. Gouda voorhaven en Nieuwegein zijn zonder uitzondering ieder jaar te vinden bij de meest vervuilde locaties van het land.
2. Sas van Gent, Schaar van Ouden Doel en Nederweert volgen een vergelijkbare trend, hoewel er jaren zijn geweest waar de concentraties net onder de hoogste categorie lagen. Sas van Gent en Schaar van Ouden Doel liggen dicht bij Antwerpen en het kanaal Gent-Terneuzen, wat een verklaring is voor de relatief hoge vervuiling.
3. Brienoord, Puttershoek en vooral Nieuwersluis zijn grote stijgers door de jaren heen, en zijn locaties waar een duidelijk negatieve trend te zien is.
4. Haringvlietsluis, Belfeld boven en Keizersveer behoren tot de weinige locaties waar de relatieve concentraties door de jaren heen duidelijk zijn afgenomen.

Dioxines in Nederland: Conclusie

De voornaamste conclusie die kan worden getrokken is dat hoge metingen van dioxines zich voor een aanzienlijk deel in de randstad of midden-Limburg bevinden. Metingen in midden-Limburg zijn niet consistent hoog, maar variëren per jaar. Vanzelfsprekenderwijs grenzen deze locaties tevens aan het Duitse Ruhrgebied, waarvan veilig kan worden aangenomen dat er veel vervuiling van in het water belandt. Een vergelijkbare situatie geldt bij Sas van Gent en Schaar van Ouden Doel, twee relatief sterk vervuilde locaties die tegen de Belgische grens bij zeeland aan liggen. Antwerpen en het kanaal Gent-Terneuzen (met nabijgelegen industriegebieden) hebben hier ongetwijfeld een grote invloed.

Om deze redenen is de voornaamste aanbeveling dat verdere analyse of aandacht zou moeten gaan naar het randstadgebied tussen Rotterdam en Utrecht. Puttershoek, de Brienenoord, Gouda, Nieuwegein en Nieuwersluis vormen als het ware een as door Nederland waar de concentraties van dioxines consistent het hoogst zijn. De geanalyseerde metingen maken het zeer waarschijnlijk dat de waterkwaliteit op deze locaties relatief laag zal zijn. Afhankelijk van de precieze normen en richtlijnen kan ingrijpen op die locaties wenselijk zijn.

Hoofdstuk 3: Lanthaniden

Lanthaniden: Informatie en analyse

Lanthaniden (zeldzame aarden) zijn vaak metaalachtige elementen. Deze zijn op vrij grote schaal gemeten, en hebben een redelijk sterke negatieve samenhang met chlorofyl A. Omdat dit veelal stoffen zijn die van nature in de aardkorst voorkomen is de hoeveelheid of hoogte van metingen hiervan op zichzelf niet problematisch. Daarnaast is, zoals eerder genoemd, in de literatuur geen eenduidig beeld te vinden over de effecten van diverse concentraties van deze stoffen op flora en fauna. Wel is het relevant analyse uit te voeren naar de locaties waar deze stoffen het meest gemeten worden. Deze locaties zouden hierdoor voor extra monitoring in aanmerking komen. In figuur 6 zijn de locaties getoond waar lanthaniden het meest gemeten zijn.

Figuur 6 - Hoogste aantal metingen lanthanides in Nederland, 2016



Zeer opvallend was dat de twee hierboven weergegeven locaties, Lobith en Eijsden, met kop en schouders boven de andere locaties uitsteken wat betreft het aantal metingen van lanthaniden. Aangezien eerder is genoemd dat lanthaniden van nature in de aardkorst voorkomen, zijn locaties waar relatief weinig metingen geweest zijn buiten beschouwing gelaten.

In de tweede helft van bijlage 2 is de analyse te vinden die uitgevoerd is naar lanthaniden in de beschikbare gegevens.

Gebleken is dat Eijsden en Lobith locaties zijn waar het zogeheten Aqualarm¹⁸, een systeem waarmee de waterkwaliteit bepaald wordt, actief is. Met dit systeem wordt de kwaliteit van rivierwater extra nauwkeurig gecontroleerd, omdat in deze gebieden drinkwaterproducenten actief zijn. Het is meer dan waarschijnlijk dat de hoge hoeveelheden metingen een direct gevolg zijn van de meer regelmatige en actieve meting van waterkwaliteit op deze plaatsen.

Verdere actie hoeft hierop dan ook niet worden ondernomen; de verdere monitoring die in de inleiding op dit onderwerp geopperd werd is reeds actief.

Conclusie

Omdat lanthaniden op natuurlijke wijze in de aardkorst voorkomen, is besloten enkel naar de frequentie te kijken van metingen van lanthaniden, en niet direct naar de hoogte van de meetwaarden. Uit het onderzoek, waarvan de resultaten getoond zijn in figuur 6, bleek dat Lobith en Eijsden locaties zijn waar veruit het vaakst lanthaniden gemeten worden. Dit zijn locaties waar Aqualarm¹⁸, een monitoringsysteem van Rijkswaterstaat, actief is. Hiermee kan het onderwerp zonder verdere conclusies worden afgesloten.

Bronvermelding

1. van Urk, Helmerhorst, Ruiter (1990). *De spectrofotometrische bepaling van chlorophyll-a in oppervlaktewater(NEN 6520) kritisch bekeken*. [H2O tijdschrift voor watervoorziening en afvalwaterbehandeling 23 \(20\): 554 - 559](#)
2. Bladgroen. (z.d.). In [Wikipedia](#). Geraadpleegd 18 april 2018.
3. Weeda, E.J. (2011). *Waterplanten als maat voor de biologische kwaliteit van oppervlaktewateren*. [Wageningen University & Research](#)
4. Parameter. (z.d.) In [Waterbase](#). Geraadpleegd 22 april 2018.
5. Bursian, S., Newsted, J., Zwiernik, M. (2011). *Polychlorinated biphenyls, polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans*. [Reproductive and Developmental Toxicology, 543-567](#)
6. RICHTLIJN 2000/60/EG VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD. (2000). [Publicatieblad van de Europese Unie, PB L327, blz 89](#)
7. POLYCHLORINATED DIBENZO-P-DIOXINS (PCDDS), POLYCHLORINATED DIBENZOFURANS (PCDFS), AND DIOXIN-LIKE POLYCHLORINATED BIPHENYLS (DL-PCBS). (2011). [Environmental Quality Dossier 2011, 21](#)
8. Carbofuran. (z.d.). In [Wikipedia](#). Geraadpleegd 19 april 2018.
9. Kyprianou, M. (2007). *Beschikking van de commissie betreffende de niet-opneming van carbofuran*. [Publicatieblad van de Europese Unie, L156/30](#)
10. White, P. J., & Broadley, M. R. (2003). *Calcium in Plants*. [Annals of Botany, 92\(4\), 487–511.](#)
11. Waterstoffluoride. (z.d.). In [Wikipedia](#). Geraadpleegd 26 april 2018.
12. Gallium. (z.d.). In [Periodiek Systeem](#). Geraadpleegd 29 april 2018.
13. Chang, H.F. et al. (2017). *Effect of Gallium Exposure in Arabidopsis thaliana is Similar to Aluminum Stress*. [Environmental Science & Technology 2017 51 \(3\), 1241-1248](#)
14. Lanthanide. (z.d.) In [Wikipedia](#). Geraadpleegd 26 april 2018.
15. Zhang, C. et al. (2013). *Effects of rare earth elements on growth and metabolism of medicinal plants*. [Acta Pharmaceutica Sinica B, 20-24](#)
16. Thorium. (z.d.). In [Wikipedia](#). Geraadpleegd 29 april 2018 .
17. Seleen. (z.d.). In [Lennotech](#). Geraadpleegd 29 april 2018.
18. Aqualarm (z.d.). In [Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat](#). Geraadpleegd 26 mei 2018.