Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Achtergrondconcentraties en kwaliteitscriteria grondwater;

gegevens voor antimoon, arseen, barium, cadmium, chroom, kobalt, koper, kwik, lood, molybdeen, nikkel en zink

RIVM Briefrapport 2017-0125
W. Verweij et al.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Achtergrondconcentraties en kwaliteitscriteria grondwater;

gegevens voor antimoon, arseen, barium, cadmium, chroom, kobalt, koper, kwik, lood, molybdeen, nikkel en zink.

RIVM Briefrapport 2017-0125
W. Verweij et al.

Colofon

© RIVM 2017
Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2017-0125

W. Verweij (auteur), RIVM
L. Boumans (auteur), RIVM
J.W. Claessens (auteur), RIVM
J.P.A. Lijzen (auteur), RIVM

Contact:
Johannes Lijzen
DMG/DDB
johannes.lijzen@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Rijkswaterstaat, in het kader van het ontwikkelen van een milieuhygiënisch toetsingskader voor diepe plassen.

Dit is een uitgave van:
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Achtergrondconcentraties en kwaliteitscriteria grondwater; gegevens voor antimoon, arseen, barium, cadmium, chroom, kobalt, koper, kwik, lood, molybdeen, nikkel en zink

Lichtvervuilde bagger kan worden gebruikt om diepe plassen ondieper te maken. Het is mogelijk dat metalen uit de grond of bagger in het oppervlaktewater van de plas terechtkomen, en in het grondwater. De concentraties van metalen in het grondwater nabij zulke plassen mogen op de lange termijn daarom niet te hoog worden. Onderzoek van het RIVM levert de achtergrondconcentraties in grondwater waarmee beheerders kunnen nagaan of risico's voor het nabijgelegen grondwater acceptabel zijn.

Voor deze opdracht is onderzocht in welke mate twaalf metalen van nature in grondwater voorkomen (achtergrondwaarden) en bij welke concentratie een probleem ontstaat (risicogrenzen). De meeste van de twaalf metalen (antimoon, arseen, barium, cadmium, chroom, kobalt, koper, kwik, lood, molybdeen, nikkel en zink) komen vaak van nature in relatief hoge concentraties in het grondwater voor.
In de voorgestelde methodiek voor het afleiden van kwaliteitsnormen voor grond en bagger, zijn de risicogrenzen en achtergrondconcentraties gebruikt, zoals die ook worden gebruikt door het Rijk om drempelwaarden te bepalen. Deze drempelwaarden betreffen een specifiek type kwaliteitsnorm voor grondwater die voortvloeit uit de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) en houdt rekening met de natuurlijke achtergrondconcentraties. Hier bestaat geen gangbare methode voor.

Bij de gebruikte methodiek wordt gekeken naar risico's voor mens (drinkwaternorm) en organismen in het milieu (norm voor oppervlaktewater). De strengste norm wordt gebruikt. Een uitzondering wordt gemaakt als de achtergrondwaarde van nature een hogere concentratie heeft dan deze normen; in die gevallen is de achtergrondwaarde bepalend. Bij de meeste onderzochte metalen blijkt dat dat het geval te zijn.

Kernwoorden: achtergrondwaarden, grondwater, antimoon, arseen, barium, cadmium, chroom, kobalt, koper, kwik, lood, molybdeen, nikkel, zink

Synopsis

Background concentrations and quality criteria for groundwater: data for antimony, arsenic, barium, cadmium, cobalt, copper, mercury, lead, molybdenum, nickel and zinc

Slightly polluted sludge can be used in the Netherlands for reconstruction of deep freshwater pools. Potentially, metals from the soil or sludge may enter the surface water in the pools, and the groundwater. The metal concentrations in groundwater near these pools should not increase too much on the long term. RIVM research yields background concentrations in groundwater in order to determine if there are risks for the adjacent groundwater is acceptable.

For this project RIVM investigated to which degree twelve metals occur naturally in groundwater (background concentrations) and which concentrations may cause problems (quality criteria). Most of the metals (antimony, arsenic, barium, cadmium, cobalt, copper, mercury, lead, molybdenum, nickel and zinc) occur naturally in relatively high concentrations in groundwater.
In a proposed methodology to derive quality standards for soil and sludge, the groundwater risk limits and background concentrations are used that were also used for deriving so-called threshold values. These threshold values are a specific type of quality standards in groundwater stemming from the European Water Framework Directive. This type of standards includes natural background concentrations.

The applied methodology includes risks for humans (drinking water standards) and the environment (surface water standards). The most stringent one is applied, unless the natural background concentration is higher; in that case the background concentration determines the final value. This turns out to be the case for most metals.

Keywords: Background concentrations, groundwater, antimony, arsenic, barium, cadmium, cobalt, copper, mercury, lead molybdenum, nickel zinc

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11
1.1 Aanleiding en doel — 11
1.2 Toelichting voorstel toetsingskader grondwater diepe plassen — 12
1.3 Elementen van de drempelwaarden — 14
1.4 Leeswijzer — 15

2 Gehanteerde methode — 17
2.1 Getallen per grondwaterfunctie — 17
2.2 Afleiden achtergrondconcentraties in 2008 en 2011 — 17
2.2.1 Gebruikte metingen — 17
2.3 Stappen in afleiding achtergrondconcentraties in deze rapportage — 18
2.3.1 Verzamelen van data — 18
2.3.2 Ruimtelijke verdeling van de putten, diepte van de filters en verdeling waarnemingen over de periode 1990-2015 — 18
2.3.3 Bepalen van achtergrondwaarden — 19

3 Resultaten en discussie — 23
3.1 Kwaliteitswaarden voor drinkwater en oppervlaktewater — 23
3.2 Achtergrondconcentraties in grondwater — 23
3.3 Toelichting bij de betrouwbaarheid van de achtergrondconcentraties — 25
3.4 Vergelijking van kwaliteitswaarden en achtergrondconcentraties — 26
3.5 Vergelijking van kwaliteitswaarden en achtergrondwaarden voor parameters waarvoor drempelwaarden bestaan — 26
3.6 Vergelijking van achtergrondwaarden met andere waarden — 28

4 Conclusies en aanbevelingen — 33

Literatuur — 35

Bijlage 1 Overzicht van totaal aantal putten en waarnemingen — 37

Bijlage 2 Per stof verdeling van de waarnemingen over filters, meetjaren en provincies. — 39

Bijlage 3 Verdelingen van de achtergrondmetingen gegeven voor chloride en de elf onderzochte elementen. — 58

Bijlage 4 Betrouwbaarheid van de P95 als gevolg van het voorkomen van waarnemingen <DL in de dataset. — 70

Samenvatting

Dit rapport beschrijft de afleiding van achtergrondwaarden en risicogrenzen voor grootschalige toepassingen van grond en bagger in diepe plassen. Dergelijke grond en bagger kan metalen bevatten die kunnen vrijkomen en via het oppervlaktewater in het grondwater kunnen terechtkomen. Als de concentraties metalen in het grondwater te hoog worden is dat ongewenst vanuit het oogpunt van de Grondwaterrichtlijn. Rijkswaterstaat heeft namens de werkgroep diepe plassen het RIVM gevraagd achtergrondwaarden en kwaliteitswaarden conform de methodiek van de drempelwaarden te bepalen voor acht metalen en metalloïden. Drempelwaarden zijn grondwaternormen die voortkomen uit de Europese Kaderichtlijn Water en de Grondwaterrichtlijn, en zijn bedoeld voor toetsing van (relatief grote) grondwaterlichamen. Bij de afleiding van drempelwaarden worden echter dezelfde elementen gebruikt als die relevant zijn voor diepe plassen, wat de drempelwaardenmethodiek geschikt maakt voor de afleiding van achtergrondwaarden en risicogrenzen voor diepe plassen.

De eerste stap in de methodiek is de afleiding van humane en ecologische risicogrenzen; van die twee wordt de laagste (=strengste) gekozen. Dat wordt de uiteindelijke toetswaarde, tenzij de achtergrondconcentratie van nature hoger is; in dat geval wordt de achtergrondwaarde de toetswaarde. Dat blijkt voor de meeste metalen en metalloïden het geval te zijn.

De hier afgeleide achtergrondwaarden zijn vergeleken met waarden die eerder in andere kaders en met andere methoden tot stand zijn gekomen. Er zijn verschillen, maar die zijn niet groot en niet systematisch.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Voor het grootschalig toepassen van grond en bagger in diepe plassen wordt een nieuw milieuhygiënisch toetsingskader ontwikkeld. Dit toetsingskader is onderdeel van de regeling bodemkwaliteit (VROM, 2007) en opgenomen in de Handreiking voor het herinrichten van diepe plassen (IenM, 2010).
Naar aanleiding van een advies van de commissie Verheijen (Verheijen, 2009) over het verondiepen van diepe plassen is er onderzoek gedaan naar het vrijkomen van verontreinigingen uit grond en bagger. De resultaten van dat onderzoek hebben geleid tot een voorstel voor een nieuw milieuhygiënisch toetsingskader (Rijkswaterstaat, 2015). Om tot een toetsingskader voor toe te passen grond en bagger in diepe plassen te komen, is er behoefte aan referentieconcentraties in grondwater die gebaseerd zijn op de volgende elementen:

- achtergrondconcentraties voor het Nederlandse grondwater;
- ecologische risicogrenzen voor (oppervlakte)water;
- humane risicogrenzen voor drinkwater of drinkwaternormen.

Deze elementen zijn ook gebruikt bij het afleiden van drempelwaarden, een norm voor grondwater volgens de Grondwaterrichtlijn (EU, 2006), die een dochterrichtlijn is van de Kaderrichtlijn Water (KRW; EU, 2000). In 2009 is nog een zogeheten (formeel niet-bindend) Guidance Document verschenen waarin de afleiding van drempelwaarden wordt behandeld (EU, 2009).
Vanwege de beleidsmatige wens om tot meer consistentie en vereenvoudiging te komen is voorgesteld door de beleidsmatige werkgroep ‘diepe plassen’ om aan te sluiten bij de wijze van afleiden van generieke achtergrondconcentraties in Nederland zoals is gedaan ten behoeve van drempelwaardenafleiding.
Ook voor de streefwaarden grondwater voor metalen zijn in het verleden achtergrondconcentraties afgeleid en gebruikt voor de streefwaarden diep en ondiep voor metalen (Circulaire bodemsanering, 2013). De grondslag van die gegevens is gedateerd en zou op basis van nieuwe data mogelijk herzien kunnen worden.

Het doel van de studie is om te beschikken over achtergrondconcentraties en risicogrenzen om grondwatercriteria af te leiden voor van nature voorkomende stoffen waarvoor dat nog niet gedaan is bij de afleiding van drempelwaarden voor de Grondwaterrichtlijn (GWR) (EU, 2006). De opdracht van RWS aan het RIVM was voor de stoffen antimoon, barium, chroom, kobalt, koper, kwik, molybdeen en zink genoemde waarden te bepalen. Voor arseen zijn de genoemde gegevens reeds beschikbaar uit Verweij et al. (2008) en de Nijs et al. (2011). Voor cadmium, nikkel en lood zijn in 2008 geen achtergrondconcentraties bepaald, maar is gebruik gemaakt van detectiegrenzen. Voor deze stoffen zullen volgens dezelfde methodiek achtergrondconcentraties worden bepaald.

Binnen de KRW worden drempelwaarden gebruikt om te toetsen of de zogeheten ‘goede chemische toestand’ voor grondwater is bereikt. Dit is een oordeel op het schaalniveau van een grondwaterlichaam (in Nederland ca. 25 lichamen). De goede chemische toestand is onderdeel van de complete toestandsbepaling (chemische en kwantitatieve samen) en vormt één van de vijf milieudoelen voor grondwater in de KRW (EU, 2010). Eén van de andere vier doelen is het voorkómen dan wel beperken van de zogeheten ‘inbreng van verontreinigende stoffen’, vaak aangeduid met de Engelse naam ‘prevent & limit’. Daarmee wordt beoogd de emissies van stoffen naar grondwater te reguleren, op een lokaal niveau. De GWR maakt daarbij onderscheid tussen gevaarlijke (voorkomen) en niet-gevaarlijke (beperken) stoffen. Voor welke stoffen voorkómen geldt en waar beperken, is door het Rijk (nog) niet nader ingevuld.

Voor bepaalde activiteiten en situaties mag een lidstaat beslissen dat de vastgestelde maatregelen ter voorkoming en beperking van inbreng van verontreinigende stoffen niet gelden. Deze uitzonderingen staan opgesomd in artikel 6 lid 3 van de GWR. Uitzondering b kan bijvoorbeeld worden toegepast als door de bevoegde autoriteiten een inbreng wordt beschouwd als zodanig klein dat achteruitgang van de kwaliteit van het grondwater uitgesloten is. Als een lidstaat gebruik maakt van een uitzonderingsbepaling dan moet dit echter expliciet worden aangegeven in het stroomgebiedbeheersplan. Een belangrijke andere voorwaarde voor het gebruik van een uitzonderingsbepaling is monitoring en het vermelden van de uitzonderingen in een inventaris (Claessens et al., 2010).

Het vrijkomen van verontreinigingen uit grond en bagger naar het grondwater zou in principe volgens het ‘prevent & limit’-spoor moeten worden benaderd, zoals behandeld in een ander Guidance Document (EU, 2007). De algemene vraag daarbij is: hoe kan invulling gegeven worden aan prevent en limit bij beleid voor het verondiepen van diepe plassen met grond en bagger? Deelvragen daarbinnen zijn: welk kwaliteitscriterium wordt gebruikt voor de inbreng van stoffen, waar geldt dit criterium en welke generieke achtergrondconcentraties worden gebruikt.

De beleidsmatige werkgroep ‘diepe plassen’ heeft voorgesteld de elementen van de drempelwaardenmethodiek te hanteren om de inbreng van stoffen en de toelaatbare gehalten in grond en bagger te kwantificeren. Dit rapport gaat alleen over de afleiding conform de drempelwaardenmethodiek, niet over de inbreng en de toelaatbare gehalten. Daarover beslist het ministerie van IenM, (mede) op basis van dit rapport.

Behalve het gebruik binnen een toetsingskader voor diepe plassen, zijn deze gegevens ook bruikbaar voor grondwaternormering binnen het kader van de Omgevingswet.

1.2 Toelichting voorstel toetsingskader grondwater diepe plassen

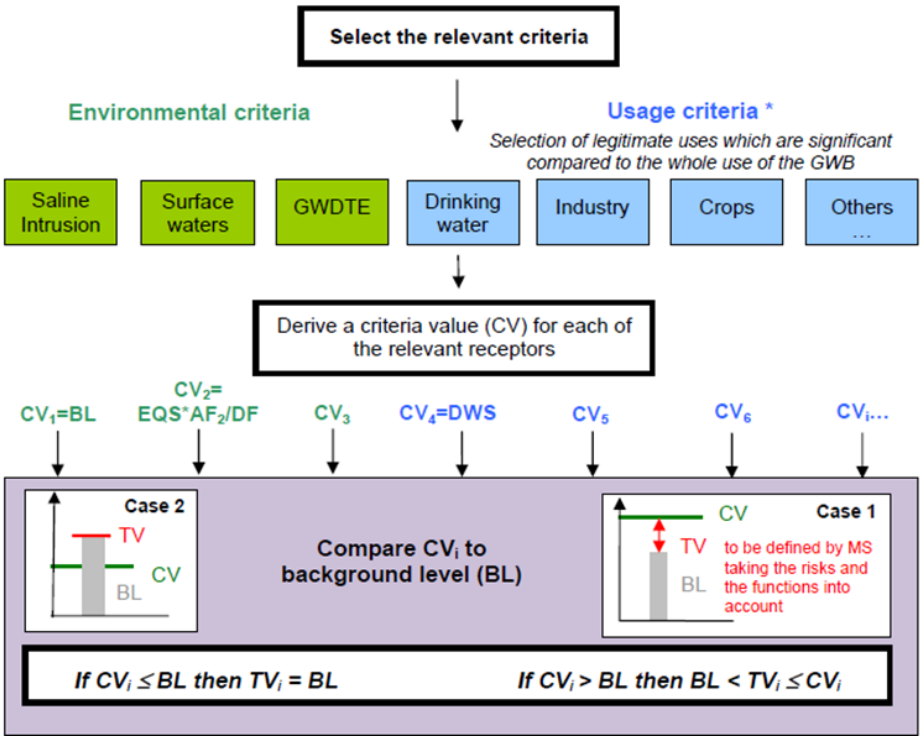
Binnen de discussies over de gewenste beoordelingscriteria is geconcludeerd dat, naast generieke risicogrenzen vanuit effecten op de

ecologie en voor de mens (drinkwater), (lokale) achtergrondconcentraties in het grondwater van belang zijn. Verder is het van belang om het toetsingskader aan te laten sluiten bij bestaande uitgangspunten in andere beleidskaders, zoals voor bouwmaterialen en bestrijdingsmiddelen (zie bijvoorbeeld Verschoor en Swartjes, 2008). In de beleidsmatige werkgroep ‘diepe plassen’ is de voorkeur uitgesproken voor het gebruik van de bouwstenen van de drempelwaardenmethodiek. Conceptueel is het idee de gemiddelde concentratie te beoordelen in een verticaal vlak, direct naast de plas in benedenstroomse richting. Slechts een deel van het water in dat vlak komt uit de plas door een groot verschil in de (veelal beperkte) doorlatendheid van het vulmateriaal en de (veelal goede) doorlatendheid in het zandpakket (Rijkswaterstaat, 2015).
Een invulling van ‘prevent & limit’ voor het grondwater in geval van diepe plassen kan zijn dat, rekening houdend met verdunning als gevolg van de doorlatendheid, de ecologische risicogrens voor water en de drinkwaternorm naast de plas niet worden overschreden. Wanneer de achtergrondconcentratie in het grondwater hoger ligt dan beide risicogrenzen dan wordt die achtergrondconcentratie gehanteerd als criterium.
Drempelwaarden zijn voor vier metalen / metalloïden (As, Cd, Pb, Ni) afgeleid, met het doel om te bepalen of het grondwater in een goede chemische toestand is. In dat geval zijn er geen maatregelen nodig om tot kwaliteitsverbetering van het grondwaterlichaam te komen. De bouwstenen van drempelwaarden kunnen ook toegepast worden voor de toetsing van het grondwater in de buurt van diepe plassen, als gevolg van inbreng van stoffen via het toepassen van grond en bagger.
Het uitgewerkte criterium voor het beperken van de inbreng van ‘van nature voorkomende stoffen’ kan betekenen dat de grondwaterkwaliteit voldoet aan de ecologische kwaliteit voor oppervlaktewater (Jaargemiddelde Milieukwaliteitsnorm, JG-MKN) (BKMW, 2015) en voldoet aan de drinkwaternormen. Als deze beide waarden lager liggen dan de hogere percentielwaarde van de achtergrondconcentraties in Nederland, dan geldt deze achtergrondconcentratie als het criterium dat moet gelden op de plaats van beoordelen (POC2; ‘Plain Of Compliance’; zie ook EU, 2007). Dit betekent dat de ecologische en/of humane risicogrens in het grondwater ter hoogte van het beoordelingsvlak overschreden kan worden. De generieke achtergrondconcentratie is nu bijvoorbeeld bepalend voor arseen. De generieke achtergrondconcentratie kan in dat geval worden gebruikt als de concentratie van het bovenstroomse water van diepe plassen bij de berekening van de mate van verdunning. Het water dat vanuit het toegepaste materiaal in de bodem komt moet dan voldoen aan deze achtergrondconcentratie.

Om deze benadering voor alle metalen te kunnen uitvoeren zijn de elementen voor antimoon, barium, chroom, kobalt, koper, kwik, molybdeen en zink achtergrondconcentraties conform de drempelwaardensystematiek nodig. De methodiek hiervoor is vastgelegd in twee rapporten (Verweij et al., 2008 en De Nijs et al., 2011). In hoofdstuk 2 wordt hier nader op ingegaan.

1.3 Elementen van de drempelwaarden

In 2009 is een uitwerking van de Grondwaterrichtlijn verschenen (EU, 2009). Deze uitwerking behandelt o.a. de toestandbeoordeling van grondwaterlichamen (zie Figuur 1). Als eerste stap wordt dan nagegaan welke functies van belang zijn voor een grondwaterlichaam. Daarbij kan het gaan om milieucriteria uit de KRW zoals intrusie van zout water, beïnvloeding van oppervlaktewater door grondwater (kwantiteit en kwaliteit) en grondwaterafhankelijke natuurgebieden (GWDTE). Daarnaast kan het gebruik van het grondwater relevant zijn, voor diverse doeleinden, zoals drinkwater, industrie, etc. Per functie wordt vastgesteld aan welke concentratie het grondwater zou moeten voldoen; daarna wordt de laagste (=strengste) waarde genomen om te waarborgen dat alle functies worden beschermd en die waarde wordt de drempelwaarde. Is de natuurlijke achtergrondwaarde echter hoger dan de berekende waarde, dan is de natuurlijke achtergrondwaarde bepalend voor de uiteindelijke drempelwaarde.



Figuur 1. Schema om tot afleiding van een drempelwaarde te komen (EU, 2009).

Dat betekent dat, vanuit deze methodiek geredeneerd, het logisch is eerst na te gaan welke functies relevant zijn, daarna per functie de maximum-concentratie te bepalen, en daarna de vergelijking met achtergrondwaarden te maken.
Voor de afleiding van drempelwaarden voor grondwater in Nederland is oppervlaktewater wel beschouwd, maar de gewenste kwaliteit van grondwaterafhankelijke natuurgebieden niet, door gebrek aan data (Verweij et al., 2008, Claessens et al., 2014). Voor het gebruik van grondwater is drinkwater beschouwd (Verweij et al., 2008). Daarmee is het aantal relevante functies ingeperkt tot twee.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is de werkwijze beschreven om tot waarden voor de drie elementen van de drempelwaarde te komen (drinkwater, oppervlaktewater en achtergrondwaarden) en wordt ingegaan op de dataselectie voor de achtergrondconcentraties. Hoofdstuk 3 geeft de resultaten voor de onderzochte stoffen. Ook worden in dat hoofdstuk de afgeleide achtergrondwaarden vergeleken met bestaande waarden voor achtergrondconcentraties; zowel met beleidsmatig vastgestelde waarden (streefwaarden) als met niet beleidsmatig vastgestelde waarden. Hoofdstuk 4 geeft de conclusies en aanbevelingen.

2 Gehanteerde methode

2.1 Getallen per grondwaterfunctie

Conform de systematiek (zie 1.3) zijn voor drinkwater en voor oppervlaktewater risicogrenzen geïnventariseerd. Voor drinkwater zijn normen uit het Drinkwaterbesluit opgezocht (Ministerie IenM, 2011). Voor vier van de stoffen (Ba, Co, Mo en Zn) zijn geen normen in het Drinkwaterbesluit opgenomen. Voor die stoffen is nagegaan of de Wereldgezondheidsorganisatie WHO aanbevelingen kent. Dat bleek voor twee stoffen inderdaad het geval (Ba en Mo).

Voor oppervlaktewater is gezocht op de website www.rivm.nl/rvs/normen, die gebruik maakt van de RIVM-database Risico's van Stoffen (RVS; geraadpleegd 16 juni 2016). De waarden zijn gebruikt die weergegeven worden onder 'Landoppervlaktewateren wettelijk JG-MKN (opgelost)'. Deze waarden zijn afkomstig uit het 'BKMW 2009', zoals bijgesteld in 2015.

2.2 Afleiden achtergrondconcentraties in 2008 en 2011

In 2008 hebben Verweij et al. een methodiek voorgesteld voor het afleiden van drempelwaarden in de Nederlandse situatie. Deze voorstellen zijn met aanpassingen door het Ministerie overgenomen. Voor de berekening van de achtergrondwaarde werd een vrij ingewikkelde methode gehanteerd. Verweij et al. (2008) hebben drempelwaarden afgeleid per grondwaterlichaam. Het Ministerie heeft bij het vaststellen een beleidsmatige 'verdunning- en afbraakfactor' van 1.5 toegepast (voor metalen is alleen verdunning van toepassing).

In 2011 is door De Nijs et al. voor het bepalen van achtergrondconcentraties een aanpassing van deze methodiek voorgesteld. De aanpassing hield in dat drempelwaarden niet meer per grondwaterlichaam werden afgeleid maar apart voor zoet en brak grondwater, waarbij de grens op 300 mg/l chloride is gelegd. Verder wordt de 95-percentiel gehanteerd van alle gebruikte meetlocaties (zie paragraaf 2.2.1). Deze methode is door het Ministerie overgenomen en gebruikt voor de tweede lichting stroomgebiedbeheersplannen SGBP-2 (IenM, 2015) en opgenomen in BKMW 2009 (2015).

2.2.1 Gebruikte metingen

Bij het bepalen van achtergrondwaarden in 2008 en 2011 (Verweij et al. 2008 en De Nijs et al., 2011) is een schaduwbestand gebruikt waarin de data zijn opgenomen van het Landelijk Meetnet Grondwater (LMG), aangevuld met data van provinciale meetnetten grondwater (PMG) tot het jaar 2003 en drinkwaterdata van het stroomgebied Maas.

In 2008 zijn er achtergrondwaarden en drempelwaarden afgeleid voor de parameters N, P, Cl, As, Ni, Pb, en Cd. De achtergrondwaarden voor Ni, Pb en Cd zijn gebaseerd op gangbare detectielimieten. In 2011 is uitsluitend gekeken naar de parameters N, P, Cl en As.
Het bepalen van de achtergrondwaarden in 2011 is in grote lijnen gebaseerd op een onderscheid in zoete en brakke/zoute

grondwaterlichamen. Dit onderscheid wordt bepaald door de chlorideconcentratie van het water in het meetfilter. Tevens is op basis van cumulatieve frequentieverdelingen van logaritmisch getransformeerde waarden van de parameters onderzocht of duidelijk sprake is van de aanwezigheid van verhoogde concentraties waarvan wordt verondersteld dat ze antropogeen zijn veroorzaakt. De achtergrondwaarde wordt vervolgens bepaald door de 95-percentiel van de onverhoogde concentraties. Zie ook paragraaf 2.3.3. Het resultaat van deze analyse is één achtergrondwaarde voor al het zoete grondwater en één voor al het brakke/zoute grondwater. Deze aanpak zal weer worden gevolgd.

Voor barium, chroom, koper, zink en kwik is gebruik gemaakt van het bovengenoemde schaduwbestand. Voor het bepalen van achtergrondconcentraties voor antimoon, kobalt, molybdeen is gebruik gemaakt van data die in andere databases aanwezig zijn (zie volgende paragraaf).

2.3 Stappen in afleiding achtergrondconcentraties in deze rapportage

2.3.1 Verzamelen van data

Data van grondwaterconcentraties koper, zink en kwik zijn al opgenomen in het schaduwbestand. Barium en chroom worden gemeten en gerapporteerd binnen het Landelijk Meetnet Grondwater. Deze parameters zijn toegevoegd aan het schaduwbestand. Vervolgens is onderzocht in hoeverre deze gegevens toereikend zijn om achtergrondwaarden te bepalen of dat het noodzakelijk is aanvullende gegevens op te vragen bij provincies.
Antimoon, kobalt en molybdeen worden wel gemeten binnen het LMG maar worden niet gerapporteerd. Voor antimoon en kobalt zijn gevalideerde gegevens voor de periode 2012-2016 geleverd door TNO. Voor molybdeen zijn indicatieve waarden voor de periode 2012-2016 geleverd. Deze gegevens zijn geleverd door TNO en gevalideerd door RIVM volgens het RIVM-protocol voor grondwatermetingen. Vervolgens zijn ze toegevoegd aan het schaduwbestand.

2.3.2 Ruimtelijke verdeling van de putten, diepte van de filters en verdeling waarnemingen over de periode 1990-2015

In dit bestand zijn in totaal 856 unieke putten opgenomen. 294 van deze putten zijn LMG putten, 546 van deze putten zijn PMG putten, en 16 van deze putten zijn drinkwaterputten. In Tabel 2.1 (bladzijde 19) staat de verdeling van deze putten over de verschillende provincies.

De ruimtelijke verdeling van de verschillende putten is weergegeven op onderstaande Figuur 2.1 (bladzijde 20).

Van de 856 putten zijn in totaal 878 filters bemonsterd. De onderkant van het filter is gelegen variërend van 0 m -mv tot 207 m –mv. In Bijlage 1 (Tabel B1.2) is de verdeling van de onderkant van het filter

Tabel 2.1 Verdeling van de 856 unieke putten over de verschillende provincies.

Provincie	Aantal putten	Percentage
Drenthe	83	10%
Flevoland	68	8%
Friesland	27	3%
Gelderland	98	11%
Groningen	94	11%
Limburg	65	8%
Noord Holland	55	6%
Noord Brabant	121	14%
Overijssel	62	7%
Utrecht	44	5%
Zuid Holland	62	7%
Zeeland	77	9%
Totaal	856	

opgenomen. Daaruit blijkt dat de meeste filters zich rond 10 m –mv bevinden. Dit komt omdat per put het meest gemeten filter wordt gebruikt; dit is vaak het filter op 10 m –mv.

In het bestand zijn waarnemingen opgenomen over de periode 1990-2015. In totaal zijn er 11193 waarnemingen verdeeld over de 856 putten over de verschillende jaren. De verdeling van de 11193 waarnemingen over de verschillende jaren is opgenomen in Bijlage 1 (Tabel B1.3).

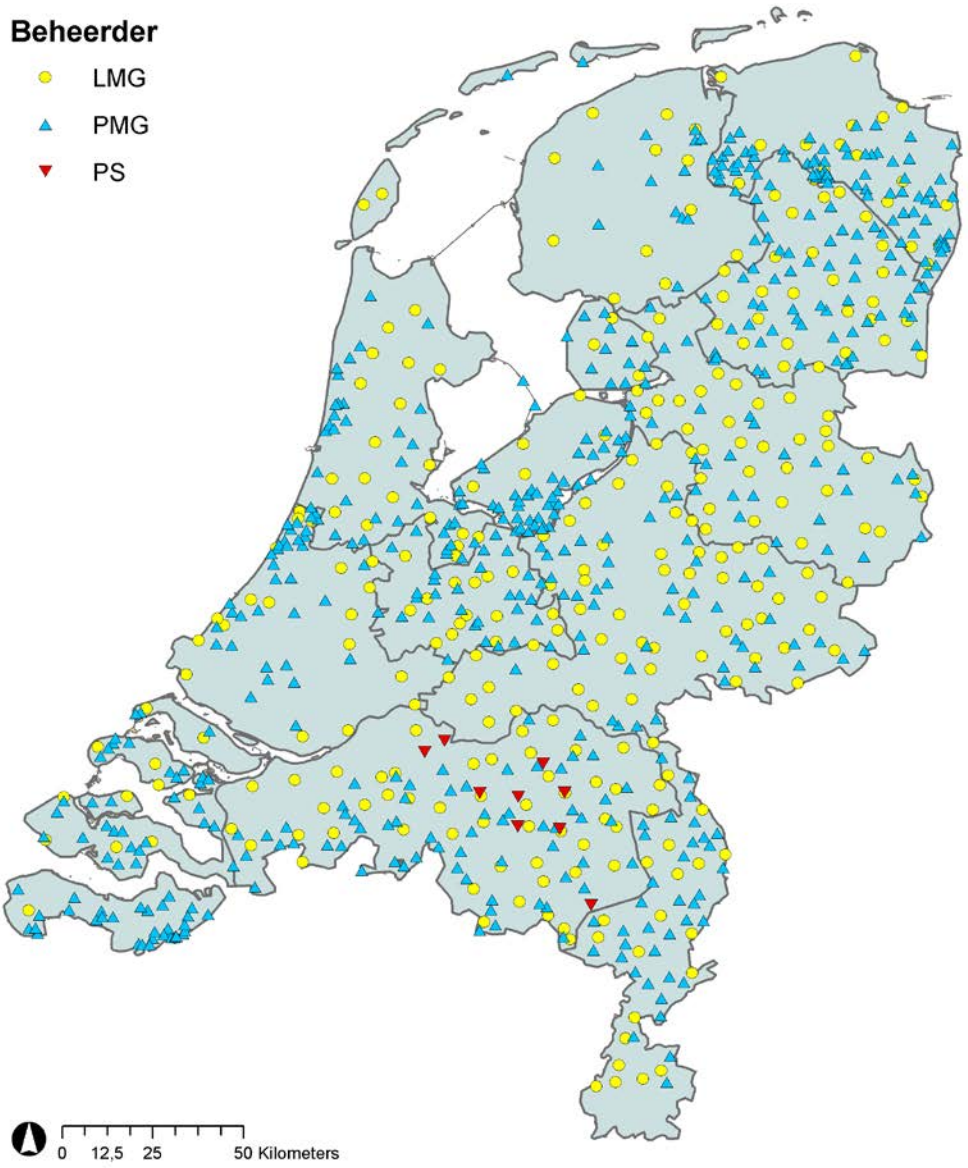
In Bijlage 2 is per parameter weergegeven het aantal bemonsterde putten en de diepte van de onderkant van het filter, in welke provincie deze putten zijn gelegen en over welke jaren deze parameters zijn bemonsterd.

Putfilters waarvan de bovenkant van het filter kleiner is dan 10 m –mv, moeten ten minste 2 meter water boven de bovenkant van het filter hebben. Indien dit niet het geval is, dan worden de gegevens verwijderd. Voor de grondwaterstijghoogte worden de gemiddelden van alle waarnemingen van een putfilter genomen.

2.3.3 *Bepalen van achtergrondwaarden*

Voor het bepalen van de achtergrondwaarden is per filter een mediaan bepaald. Een put die meerdere filters heeft, heeft daarom ook meerdere medianen.[1] Van deze medianen is voor zowel zoet als brak grondwater een achtergrondwaarde berekend. Hiervoor is eerst onderzocht of de bestaande onderverdeling zoet-zout nog geldig is. De bestaande onderverdeling is gebaseerd op het voorkomen van de parameters N, P, Cl, Cd, Ni, Pb (De Nijs et al, 2011). In de huidige analyse zijn ook de parameters koper, zink, barium, chroom, antimoon, kobalt en molybdeen meegenomen. Hiervoor is visueel gecontroleerd of de

[1] Het gevolg is dat sommige putten zwaarder wegen dan andere. Voor de bepaling van achtergrondwaarden is dat geen probleem. Voor bijvoorbeeld trendanalyse zou het wel een probleem kunnen zijn.



Figuur 2.1 Ruimtelijke spreiding van geselecteerde putten uit het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG), de Provinciale Meetnetten Grondwaterkwaliteit (PMG) en de drinkwaterputten (PS).

cumulatieve frequentieverdeling (log van concentratie uitgezet tegen het percentiel) van de gegevens uni-, bi- of multimodaal zijn. Zowel binnen het zoete water als binnen het zoute water moeten de cumulatieve frequentieverdelingen van de verschillende parameters normaal verdeeld zijn. Als dit niet het geval is dan zijn er andere (antropogene) factoren die de concentraties bepalen. Het is dan nodig dat een selectie wordt toegepast op de gegevens voordat de achtergrondwaarden kunnen worden bepaald. Aangezien voor alle cumulatieve frequentiediagrammen een unimodale verdeling is gevonden, was het niet nodig gegevens te verwijderen. Daarnaast bleek de bestaande onderverdeling zoet-zout gehandhaafd te kunnen worden.

Vervolgens is de achtergrondwaarde van de verschillende parameters afgeleid door het berekenen van de 95-percentiel van de verschillende parameters voor zoet en voor zout water. Hierbij heeft geen weging plaatsgevonden voor het verschil in aantal medianen per put-filter. Het resultaat is per parameter een achtergrondwaarde voor zoet grondwater en een achtergrondwaarde voor zout grondwater.

3 Resultaten en discussie

3.1 Kwaliteitswaarden voor drinkwater en oppervlaktewater

De drinkwaternormen en de oppervlaktewaternormen zijn twee kwaliteitswaarden die worden gebruikt in de drempelwaardensystematiek (zie paragraaf 2.1). Vier van de drinkwaternormen (Cr, Cu, Hg en Sb) zijn afkomstig uit het Drinkwaterbesluit (Ministerie van IenM, 2011), twee (Ba en Mo) zijn afkomstig van de WHO (WHO, 2006). De oppervlaktewaternormen zijn afkomstig uit de BKMW en te vinden op de website risico van stoffen (www.rivm.nl/rvs).
Ook de getallen voor As, Cd, Ni en Pb zijn in deze tabel vermeld.

In Tabel 3.1 worden de drinkwaternormen en oppervlaktewaternormen getoond, en in de laatste kolom is de laagste van beide opgenomen.

Tabel 3.1 Geselecteerde drinkwaternormen en oppervlaktewaternormen.

Stof	Drinkwater-norm (µg/l)	Oppervlaktewater-norm (µg/l) (JG-MKN)	Strengste (µg/l)
As[$]	10	0,5	0,5
Ba	700[*]	73	73
Cd[$]	5	0,08-0,25[#]	0,25
Co	-	0,2	0,2
Cr	50	3,4	3,4
Cu	2000	2,4	2,4
Hg	1	0,0007	0,0007
Mo	70[*]	136	70
Ni[$]	20	20	20
Pb[$]	10	7,2[&]	7,2
Sb	5	5,6	5
Zn	-	7,8	7,8

[*] afkomstig van WHO
[$] op basis van gegevens in Verweij et al. 2008
[#] voor Cd is in BKMW 2009 (2015) de range in verschillende watertypen 0,08-0,25 µg/l, afhankelijk van de hardheid. Aangezien Nederlands oppervlaktewater vrij hard is, wordt verder gewerkt met de waternorm passend bij die hardheid (0,25 µg/L Cd).
[&] voor Pb is in BKMW 2009 (2015) de JG-MKN 7,2 µg/l. Voor 2021 wordt de norm veranderd. Die wordt gebaseerd op de biologisch beschikbare fractie, afhankelijk van de hoeveelheid organische stof en wordt dan 1,2 µg/l. Hier is uitgegaan van de norm voor totaal-Pb van 7,2 µg/l.

3.2 Achtergrondconcentraties in grondwater

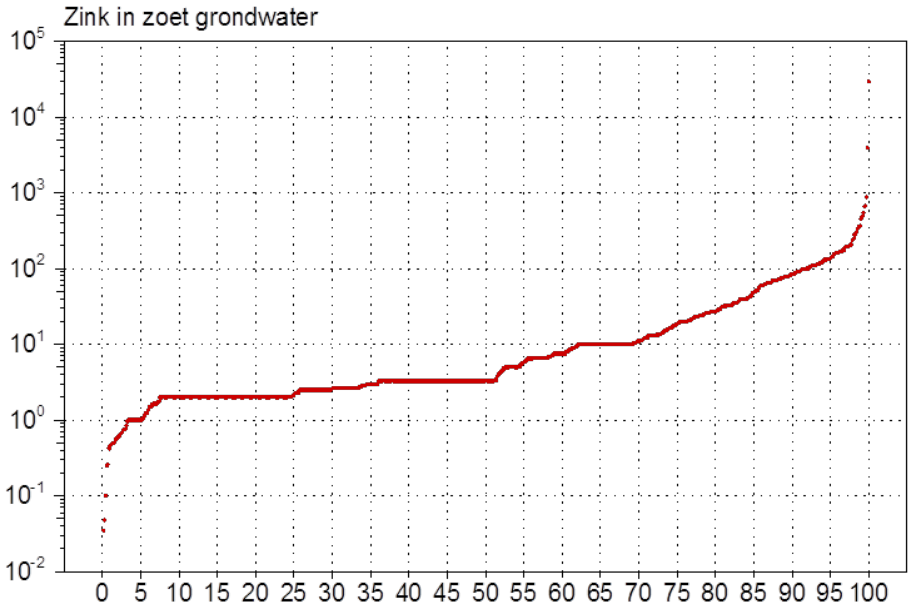
Op basis van de beschrijving in hoofdstuk 2 zijn de achtergrondconcentraties in grondwater afgeleid voor zoet water en voor brak water.

Tabel 3.2 Achtergrondwaarden voor van nature voorkomende stoffen in grondwater op het 95-percentiel niveau in zoet en brak water.

Stof	Achtergrondwaarde (µg/l) 95-percentiel	
	zoet	brak
Ba	225	885
Co	27,8	6,9*
Cr	3,3	20
Cu	8,8	3,9
Hg	0,02#	0,04*
Mo	1,2	1,0*
Sb	0,4	0,3*,#
Zn	138	58

* P95 is minder betrouwbaar vanwege beperkt aantal medianen (zie paragraaf 3.3 voor toelichting)
# P95 is minder betrouwbaar vanwege het niet kunnen uitsluiten van de invloed van detectielimieten op de hoogte van de P95 (zie paragraaf 3.3 voor toelichting)

De spreiding van de waarnemingen is groot. Als voorbeeld wordt hier eerst de verdeling van de zink-metingen in zoet grondwater getoond (zie Figuur 3.1). De laagste waarde is 0,0347 µg/l. De mediane waarde ligt bij 3,3 µg/l, het gemiddelde bedraagt 76,23 µg/l. De hoogste waarde is 29500 µg/l. In bijlage 3 staan de verdelingen van de metingen voor alle metalen.
In de tabellen 3.3 en 3.4 zijn de mediane (50-percentiel), gemiddelde en 95-percentielwaarden voor respectievelijk zoet en brak grondwater gegeven. Daaruit blijkt voor de meeste metalen een flinke spreiding, met een verhouding van een factor 2 tot 100 tussen de 50- en 95 percentiel. Dat betekent dat de keuze voor de 95-percentiel als 'afkapgrens' voor de achtergrondwaarde een belangrijke factor is bij het stellen van drempelwaarden of andere kwaliteitswaarden in grondwater.



Figuur 3.1. Verdeling van de zink-metingen in zoet grondwater.

Tabel 3.3 Mediane, gemiddelde en 95-percentielwaarde voor zoet grondwater. Eenheden: µg/l.

Stof	Mediaan	Gemiddelde	95-percentiel
Ba	68,2	91,4	225
Co	0,3	4,5	27,8
Cr	0,6	1,2	3,3
Cu	0,5	2,2	8,8
Hg	0,01	0,01	0,02[#]
Mo	0,2	0,3	1,2
Sb	0,05	0,1	0,4
Zn	3,3	76	137

[#] P95 is minder betrouwbaar vanwege het niet kunnen uitsluiten van de invloed van detectielimieten op de hoogte van de P95 (zie paragraaf 3.3 voor toelichting)

Tabel 3.4 Mediane, gemiddelde en 95-percentielwaarde voor brak grondwater. Eenheden: µg/l.

Stof	Mediaan	Gemiddelde	95-percentiel
Ba	190	341	885
Co	0,4	4,2	6,9[*]
Cr	2,5	4,2	20
Cu	0,5	1,5	3,9
Hg	0,02	0,02	0,04[*]
Mo	0,2	0,2	1,0[*]
Sb	0,05	0,09	0,3[*,#]
Zn	10	26	58

[*] P95 is minder betrouwbaar vanwege beperkt aantal medianen (zie paragraaf 3.3 voor toelichting)
[#] P95 is minder betrouwbaar vanwege het niet kunnen uitsluiten van de invloed van detectielimieten op de hoogte van de P95 (zie paragraaf 3.3 voor toelichting)

3.3 Toelichting bij de betrouwbaarheid van de achtergrondconcentraties

De berekeningen van de P95 voor de verschillende stoffen zijn gebaseerd op datasets met veel waarnemingen (zie bijlage 2) die afkomstig zijn van verschillende bronnen (zie paragraaf 2.2.1). Voor een aantal stoffen is echter onder brakke omstandigheden de P95 gebaseerd op een beperkt aantal medianen (zie bijlage 1). Bij een beperkt aantal medianen (<100) wordt een minder betrouwbare P95 berekend. Dit geldt voor de stoffen kwik, antimoon, molybdeen en kobalt onder brakke omstandigheden. Een optie kan zijn om voor deze stoffen onder brakke omstandigheden de P95 te gebruiken afgeleid voor zoet.

In het onderliggende onderzoek is er voor gekozen een waarde lager dan de detectielimiet te vervangen door de helft van de aangegeven detectielimiet, om in lijn te blijven met de oorspronkelijke methodiek (Verweij et al., 2008). Ook in het geval dat er van een reeks een groot aantal waarnemingen kleiner dan de detectielimiet is en de variatie in detectielimieten groot is, dan geeft de berekende mediaan van een reeks een minder betrouwbare waarde.

Om uit te sluiten dat de medianen die gelegen zijn boven de P95 worden beïnvloed door waarnemingen < detectielimiet, is gekeken in hoeverre:

1. waarnemingen < detectielimiet voorkomen in de hele dataset waarvan de detectielimiet groter is dan de P95;

2. waarnemingen < detectielimiet voorkomen in de hele dataset waarvan de halve detectielimiet groter is dan de P95;
3. waarnemingen < detectielimiet voorkomen in dat deel van de dataset dat hoort bij de medianen die groter zijn dan de P95.
4. Van de waarnemingen < detectielimiet aangetroffen bij punt 3 is gekeken in hoeverre de detectielimiet groter is dan de bijbehorende mediaan.

De resultaten van deze analyse zijn opgenomen in bijlage 4. Op basis van deze resultaten wordt geconcludeerd dat voor lood (zoet en brak), kwik (zoet), cadmium (brak) en antimoon (brak) niet kan worden uitgesloten dat de P95 wordt beïnvloed door waarnemingen <detectielimiet. Voor deze stoffen geldt dat de medianen en daarmee ook de P95 mogelijk verhoogd is door de aanwezigheid van detectielimieten.

Voor alle stoffen geldt dat vanwege de keuze een waarneming <detectielimiet te vervangen door de helft van de aangegeven detectielimiet, de P95 mogelijk wordt beïnvloed door de aanwezigheid van detectielimieten. Immers in de dataset wordt de helft van de detectielimiet gebruikt, terwijl de werkelijke waarde ergens tussen de detectielimiet en oneindig klein zal zijn. Aangezien de werkelijke waarde hoger kan zijn dan de helft van de detectielimiet maar ook lager, is het niet mogelijk om in zijn algemeenheid aan te geven wat het effect van deze keuze is op de hoogte van de P95. Wel kan worden geconcludeerd dat de P95 nooit groter zal zijn dan een factor 2.

3.4 Vergelijking van kwaliteitswaarden en achtergrondconcentraties

In Tabel 3.5 worden de hierboven afgeleide strengste waarden vergeleken met de berekende achtergrondwaarden (zoet en brak) en wordt getoond welke bepalend is voor de uiteindelijk berekende waarde. Technische details van de berekeningen van de achtergrondwaarden (zoals de gebruikte aantallen data en de verdelingen van de gemeten concentraties) zijn te vinden in Bijlage 1.

3.5 Vergelijking van kwaliteitswaarden en achtergrondwaarden voor parameters waarvoor drempelwaarden bestaan

Voor de parameters Cd, Pb en Ni zijn door Verweij et al. in 2008 al drempelwaarden afgeleid. Dit is destijds echter noodgedwongen op een heel andere manier gedaan dan de andere in dat rapport behandelde stoffen (N, P, Cl en As). De reden is dat destijds de meerderheid van de metingen een waarde onder de detectielimiet lieten zien, waardoor de gekozen methode (waar o.a. een 50-percentiel voor nodig was) niet kon worden toegepast. Om te stimuleren dat waterbeheerders analysemethoden met lagere detectielimieten gingen gebruiken, werden de drempelwaarden provisorisch en arbitrair op een veronderstelde lage detectielimiet gesteld. Sindsdien zijn meer metingen met betere analysemethoden beschikbaar gekomen (en bovendien wordt nu de 50-percentiel niet meer gebruikt) waardoor de berekeningen nu wel zinvolle resultaten kunnen opleveren.

Tabel 3.5 Strengste waarde vergeleken met achtergrondwaarde plus eindresultaat. De grijze cellen worden bepaald door de achtergrondwaarde, de groene door de drinkwaternorm en de blauwe door de oppervlaktewaternorm.

Stof	Strengste uit tabel 3.1 (µg/l)	Achtergrondwaarde (µg/l)		Kwaliteitswaarde rekening houdend met generieke achtergrondconcentratie (µg/l)	
		zoet	brak	zoet	brak
Ba	73	225	885	225	885
Co	0,2	27,8	6,9*	27,8	6,9
Cr	3,4	3,3	20	3,4	20
Cu	2,4	8,8	3,9	8,8	3,9
Hg	0,0007	0,02#	0,04*	0,02	0,04
Mo	70	1,2	1,0*	70	70
Sb	5	0,4	0,3*,#	5	5
Zn	7,8	138	58	138	58

* P95 is minder betrouwbaar vanwege beperkt aantal medianen (zie paragraaf 3.3 voor toelichting)
# P95 is minder betrouwbaar vanwege het niet kunnen uitsluiten van de invloed van detectielimieten op de hoogte van de P95 (zie paragraaf 3.3 voor toelichting)

In Tabel 3.5 is de strengste kwaliteitsnorm, de afgeleide achtergrondwaarde en de daaruit volgende kwaliteitswaarde rekening houdend met de generieke achtergrondwaarde opgenomen.

Tabel 3.6 Aanvullende achtergrondwaarde op basis van achtergrondconcentraties in het Nederlandse grondwater voor Ni, Pb en Cd.

Stof	Strengste uit tabel 3.1 (µg/l)	Achtergrondwaarde (µg/l)		Kwaliteitswaarde rekening houdend met generieke achtergrondconcentratie (µg/l)	
		zoet	brak	zoet	brak
As%	0,5	13,2	18,7	13,2	18,7
Cd	0,25	0,92	0,08#	0,92	0,25
Ni	20	43	5,0	43	20
Pb	7,2	2,0#	1,0#	7,2	7,2

% Voor arseen zijn de achtergrondwaarden overgenomen uit de Nijs et al. 2011.
# P95 is minder betrouwbaar vanwege het niet kunnen uitsluiten van de invloed van detectielimieten op de hoogte van de P95 (zie paragraaf 3.3 voor toelichting)

Van Cd, Co, Ni en Zn is bekend (Fraters et al., 2001) dat in Zuid-Nederland door antropogene beïnvloeding verhoogde waarden worden gevonden. Idealiter waren voor dit rapport de metingen van Zuid-Nederland er uit gefilterd en was de berekening van de achtergrondwaarde opnieuw gedaan. Door tijdgebrek was dat niet mogelijk.
Kleine verschillen t.o.v. de getallen uit 2008 (zie Tabel 3.6) worden daarnaast veroorzaakt doordat destijds de methodiek van Maximaal Toelaatbare Toevoeging (MTT) werd gehanteerd, die inmiddels beleidsmatig is verlaten. Dit verklaart bijvoorbeeld het verschil tussen 0,35 en 0,25 bij Cd, en 7,4 en 7,2 bij Pb.

Tabel 3.7 In deze studie afgeleide kwaliteitswaarden in vergelijking met drempelwaarden uit 2009.

Stof	Drempelwaarde (BKMW, 2009)		Kwaliteitswaarde rekening houdend met generieke achtergrondconcentratie (µg/l)	
	zoet	brak	zoet	brak
Cd	0,35	0,35	0,92	0,25
Ni	20	20	43	20
Pb	7,4	7,4	7,2	7,2

3.6 Vergelijking van achtergrondwaarden met andere waarden

In deze paragraaf worden de achtergrondwaarden die in dit rapport zijn afgeleid (zie Tabel 3.5) vergeleken met eerder afgeleide achtergrondwaarden (Fraters et al., 2001) en met op achtergrondwaarden gebaseerde streefwaarden uit de 'Circulaire bodemsanering' (IenM, 2013). De achtergrondwaarden uit de Circulaire zijn gebaseerd op gegevens uit begin jaren 90 en eerder, en zijn gerapporteerd in Crommentuijn et al. (1997).

Fraters et al. hebben in 2001 een studie gepubliceerd naar achtergrondwaarden van een zeventiental metalen in grondwater. Zij hebben onderscheid gemaakt in drie diepteklassen: minder dan 5 meter onder maaiveld, ca. 10 meter onder maaiveld en ca. 25 meter onder maaiveld. Verder hebben zij onderscheid gemaakt in drie bodemsoorten: veen, zand en klei. In Fraters et al. is geen onderscheid gemaakt tussen zoete en brakke locaties. Daardoor zijn per metaal in principe negen waarden bepaald.

In het huidige onderzoek is overwegend gebruik gemaakt van waarnemingen op ca. 10 m -mv (zie tabel B1.2). Het is daarom voor de hand liggend de achtergrondwaarden bepaald in het huidige onderzoek te vergelijken met de achtergrondwaarden op ca. 10 m -mv uit Fraters et al. 2001. Daarnaast is in beide studies een andere benadering gekozen voor de gebiedsindeling. In het huidige onderzoek wordt een onderscheid gemaakt in zoet en brak grondwater, terwijl Fraters et al (2001) een onderscheid maakt in zand, veen en klei. De achtergrondwaarde berekend voor zoet grondwater zou in grote lijnen overeen moeten komen met de achtergrondwaarde die is berekend voor zand in Fraters et al., 2001. De achtergrondwaarde voor brak grondwater zou in grote lijnen overeen moeten komen met de achtergrondwaarde berekend voor klei en veen door Fraters et al., 2001.

Tabel 3.8 Achtergrondwaarden uit dit rapport vergeleken met die van Fraters et al. (2001) voor dieptes van ca 10 meter -mv. Eenheden: µg/l.

	Dit rapport		Fraters et al. (2001)			
Stof	Zoet	Brak	Zand 10 m -mv		Klei/veen 10m -mv	
	P95	P95	mediaan	P90	mediaan	P90
Ba	225	885	52	160	190	990
Co	28	6,9[*]	0,28[$]	0,7[$]	0,28[$]	0,7[$]
Cr	3,3	20	0,85	3,2	0,85	3,2
Cu	8,8	3,9	9,9	9,9	<0,63	<0,63
Hg	0,02[$]	0,04[*]	0,02	0,05	0,02	0,05
Mo	1,2	1,0[*]	0,25	1,6	0,25	1,6
Sb	0,40	0,3[*,#]	0,05	0,16	0,05	0,16
Zn	138	58	<6,5[$]	85[$]	<6,5	46
Ni	43	5,0	1,3[$]	21[$]	<0,59	2,1
Pb	2,0[#]	1,0[$]	<0,02	1,3	<0,02	1,3
Cd	0,92	0,08[#]	0,7[$]	0,7[$]	<0,05	0,05
As	13,2[%]	18,7[%]	0,45	5,4	0,45	5,4

[$] gegevens zuid-Nederland niet meegenomen bij het afleiden van achtergrondconcentraties.
[%] Achtergrondwaarden zijn overgenomen uit de Nijs et al. 2011.
[*] P95 is minder betrouwbaar vanwege beperkt aantal medianen (zie paragraaf 3.3 voor toelichting).
[#] P95 is minder betrouwbaar vanwege het niet kunnen uitsluiten van de invloed van detectielimieten op de hoogte van de P95 (zie paragraaf 3.3 voor toelichting).

In Tabel 3.8 staan de achtergrondwaarden zoals bepaald in dit rapport vergeleken met de achtergrondwaarde voor zand, veen en klei op een diepte van ca 10 m -mv.
Tabel 3.8 laat zien dat er verschillen zijn tussen de waarden afgeleid in 2001 (Fraters et al., 2001) en de waarden afgeleid in de onderliggende studie. Voor de meeste metalen zijn de waarden vergelijkbaar; meest in het oog springend zijn kobalt (in dit rapport een duidelijk hogere waarde voor zowel zoet als brak) en chroom en koper (in dit rapport een duidelijk hogere waarde voor brak). Molybdeen zit juist wat aan de lage kant.

Gebruikte gegevens
In Fraters et al. (2001) is gebruik gemaakt van gegevens uit het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG), het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM), het Trendmeetnet Verzuring (TMV) en het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB). De waarden afgeleid voor 10 m -mv, zoals die zijn overgenomen in tabel 3.8, zijn gebaseerd op LMG waarnemingen over de periode 1990-1996. Voor de parameters kobalt, kwik, molybdeen en antimoon is gebruik gemaakt van een beperkte dataset van 48 waarnemingen uit het jaar 1982.

In het onderliggende onderzoek is gebruik gemaakt van gegevens uit het LMG over de periode 1990-2015. In aanvulling daarop zijn gegevens gebruikt die zijn verzameld in de provinciale meetnetten (PMG's) en gegevens van drinkwaterbedrijven. Verschillen in de datasets met betrekking tot aantal meetputten, diepte van de filters en analysemethoden kunnen leiden tot verschillen in de berekende achtergrondwaarden.

Met name voor de parameters kobalt, kwik, molybdeen en antimoon is de gebruikte dataset in de onderliggende studie veel groter (kobalt 349 waarnemingen, kwik 197 waarnemingen, molybdeen 274 waarnemingen, antimoon 309 waarnemingen) (zie bijlage 2 en 3). Deze waarnemingen zijn grotendeels afkomstig uit de periode na 2004. Een groot deel van deze waarnemingen zijn gelegen in het zoete grondwater. Voor deze parameters (kobalt, kwik, molybdeen en antimoon) is de achtergrondwaarde zoet dus gebaseerd op een uitgebreidere dataset dan de dataset die in 2001 is gebruikt. Mogelijk verklaart dit het grote verschil (factor 40 voor zoet versus zand tussen de afgeleide waarden voor kobalt. Ook de verschillen voor kwik (factor 2,5 voor zoet versus zand) en antimoon (factor 2,5 voor zoet versus zand) kunnen hier mogelijk door worden verklaard.

Voor de brakke omstandigheden lijken de afgeleide waarden voor kwik, antimoon, molybdeen en kobalt ook in het onderliggende onderzoek minder betrouwbaar vanwege de beperkte hoeveelheid data (zie paragraaf 3.3).

Naast de ligging van de putten is ook de diepte van de filters bepalend voor de berekende waarde. In het onderliggende onderzoek zijn ongeveer 65% van de filters voor alle parameters gelegen op ongeveer 10 m -mv (zie bijlage 3). Een deel van de overige filters is dieper gelegen en een ander deel ondieper (orde grootte 10%). Met name de ondieper gelegen filters kunnen hogere concentraties bevatten en zullen dus leiden tot hogere achtergrondwaarden. Dit kan van invloed zijn op de afgeleide achtergrondwaarden juist voor parameters die vaker voorkomen in de bovengrond (zink, koper, cadmium, etc.).

Een andere belangrijke factor is dat in het onderzoek van Fraters et al. (2001) bij het afleiden van de achtergrondwaarden voor nikkel, cadmium, kobalt en zink geen gegevens uit Zuid-Nederland zijn meegenomen. In het onderliggende onderzoek zijn de gegevens van Zuid-Nederland wel meegenomen. Het wel of niet uitsluiten van de gegevens uit Zuid-Nederland verklaart mogelijk het verschil tussen beide studies. Voor zink, nikkel en cadmium wordt in het onderliggende onderzoek een waarde afgeleid die 1,5 tot 2 keer hoger is dan de waarden die zijn afgeleid door Fraters et al., 2001. Voor kobalt is dit zoals hierboven al genoemd een factor 40 voor zoet versus zand. De oorzaak van de verhoogde concentraties voor cadmium, nikkel en zink is historische industriële verontreiniging en de landbouw (Reijnders et al., 2004 & Van Vliet et al., 2010). Voor kobalt zijn de bronnen niet onderzocht, maar was de dataset in Fraters et al. (2001) nog klein.

Voor onze studie is overwogen ook de waarden van Zuid-Nederland te verwijderen. In onze cumulatieve verdelingen (zie bijlage 1) zien wij echter geen duidelijke clusters van hogere waarnemingen. Mogelijk was met andere analyses wel dat verschil inzichtelijk geworden. Het plotten van de data voor verschillende gebiedstypen had wellicht andere inzichten gegeven. Daarvoor ontbrak echter de tijd. De achtergrondwaarden waar wij in ons rapport op uitkomen zijn dus hoger voor cadmium, kobalt, nikkel en zink dan de waarden die in 2001 zijn afgeleid door Fraters et al..

Voor het doel van dit rapport (achtergrondconcentraties en kwaliteitscriteria voor diepe plassen) hoeft het niet erg te zijn dat de hier afgeleide waarden beïnvloed zijn door antropogene verontreiniging. Het past ook bij de filosofie van de Kaderrichtlijn Water en de Grondwaterrichtlijn, dat emissies van stoffen (voor zover niet ‘hazardous’, niet gevaarlijk) in beperkte mate toegestaan zijn, als aan een aantal voorwaarden is voldaan. Het alternatief (de waarden van zand zuid verwijderen) heeft als nadeel dat bij een diepe plas in dat gebied meteen de afgeleide achtergrondwaarde wordt overschreden.

Voor gebieden waarvan bekend is dat ze weinig belast zijn door antropogene verontreiniging kan als alternatief voor Cd, Ni, Zn en Co de P85 worden gebruikt als achtergrondwaarde. Dit leidt tot een verlaging van de achtergrondwaarde van 0,92 µg/l naar 0,40 µg/l (cadmium), van 28 µg/l naar 4,9 µg/l (kobalt), van 43 µg/l naar 13 µg/l (nikkel) en van 138 µg/l naar 49 µg/l (zink) (zie bijlage 3).

De verschillen die wij zien t.o.v. eerdere studies maken de hier afgeleide waarden voor deze vier metalen echter wel ongeschikt om te gebruiken als streefwaarden (in de zin van natuurlijke achtergrond). Voor dat doel zouden de gegevens van Zuid-Nederland moeten worden verwijderd. Verder zou de trend van de concentraties van deze metalen in het grondwater over de afgelopen jaren moeten worden bekeken (Van Vliet et al., 2010).

Detectielimieten
De uiteindelijk afgeleide achtergrondwaarde wordt ook bepaald door hoe wordt omgaan met waarnemingen die lager zijn dan de detectielimiet. Fraters et al (2001) hebben de werkelijk gemeten waarden gebruikt ook als deze lager waren dan de detectielimiet. In het onderliggende onderzoek is er echter voor gekozen een waarde lager dan de detectielimiet te vervangen door de helft van de aangegeven detectielimiet (zie ook paragraaf 3.3). In het onderliggende onderzoek zijn vanwege deze keuze de afgeleide waarden voor lood (zoet en brak), kwik (zoet), cadmium (brak) en antimoon (brak) minder betrouwbaar (zie ook bijlage 4).

Statistische methode
Door Fraters et al. (2001) wordt de achtergrondwaarde bepaald door de 90% betrouwbaarheidsinterval van de 90% percentiel waarde. In de onderliggende studie wordt de achtergrondwaarde bepaald door de 95-percentiel. In het geval dat er meer dan 100 waarnemingen zijn, dan zal de 90% betrouwbaarheidsinterval van de 90% percentielwaarde zoals gebruikt door Fraters et al. (2001) niet veel afwijken van de 95-percentielwaarde zoals gebruikt in de onderliggende studie. Voor de getallen afgeleid voor zoet geldt dat voor alle parameters dit criterium van 100 waarnemingen ruimschoots wordt gehaald.

Voor de getallen afgeleid voor brak is dit echter niet het geval. Met name voor de parameters barium, kobalt, kwik, molybdeen en antimoon wordt het criterium van 100 waarnemingen niet gehaald (zie bijlage 1). In het geval dat er minder dan 100 waarnemingen zijn dan zal de achtergrondwaarde berekend met de 95-percentiel lager zijn dan de achtergrondwaarde berekend met de 90% betrouwbaarheid van de 90

percentiel. Dit betekent dat voor deze parameters de achtergrondwaarde brak in de onderliggende studie hoger is dan de waarde berekend door Fraters et al. (2001) voor klei/veen. Voor de parameters barium, kobalt, kwik en molybdeen is dit ook het geval. Voor antimoon wordt daarentegen juist een lagere waarde berekend.

Tabel 3.9 bevat de achtergrondwaarden uit dit rapport en de streefwaarden uit de 'Circulaire streefwaarden en interventiewaarden bodemsanering' (IenM, 2013). Ook hier valt op dat vergeleken met de waarden van diep grondwater in de Circulaire, de hier afgeleide waarden voor kobalt (zoet) en chroom (brak) relatief hoog zijn. De waarden voor antimoon en zink zijn ook relatief hoog t.o.v. de circulaire.

Tabel 3.9 Achtergrondwaarden uit dit rapport vergeleken met de streefwaarden ondiep en diep en de achtergrondconcentratie (AC) diep uit de 'Circulaire bodemsanering' (2013). Eenheden: µg/l.

Dit rapport			streefwaarden 'Circulaire'		
Stof	Zoet	Brak	Ondiep	Diep	Diep (AC)
Ba	225	885	50	200	200
Co	28	6,9*	20	0.7	0,6
Cr	3,3	20	1	2,5	2,4
Cu	8,8	3,9	15	1,3	1,3
Hg	0,02#	0,04*	0,05	0,01	-
Mo	1,2	1,0*	5	3.6	0,7
Sb	0,40	0,3*,#	-	0,15	0,09
Zn	138	58	65	24	24
Cd	0,92	0,08#	0,4	0,06	0,06
Ni	43	5,0	15	2,1	2,1
Pb	2,0#	1,0#	15	1,7	1,6

* P95 is minder betrouwbaar vanwege beperkt aantal medianen (zie paragraaf 3.3 voor toelichting)

P95 is minder betrouwbaar vanwege het niet kunnen uitsluiten van de invloed van detectielimieten op de hoogte van de P95 (zie paragraaf 3.3 voor toelichting)

Aangezien de waarden in dit rapport op een andere manier tot stand zijn gekomen dan de waarden van Fraters et al. (2001), is het niet vreemd dat er andere getallen zijn afgeleid. Dat geldt ook voor de streefwaarden uit de circulaire. Grote verschillen komen echter niet voor.

De hier afgeleide waarden kunnen de achtergrondconcentraties van de streefwaarden voor diep grondwater (> 10 -mv) gaan vervangen, behalve voor cadmium, kobalt, nikkel en zink .

4 Conclusies en aanbevelingen

In dit rapport zijn waarden afgeleid die gebruikt kunnen worden om te toetsen welke inbreng van stoffen als gevolg van de invloed van diepe plassen op het omringende grondwater acceptabel wordt gevonden. De afleiding van de verschillende waarden is gedaan conform de systematiek voor afleiding van drempelwaarden zoals bedoeld in de Grondwaterrichtlijn (EU, 2006). De waarden zoals hier afgeleid verschillen slechts in beperkte make van eerder afgeleide waarden zoals de achtergrondwaarden van Fraters et al. (2001) en de geldende streefwaarden voor diep grondwater.

Voor een aantal andere stoffen zijn al eerder drempelwaarden afgeleid. De drempelwaarden voor nikkel, cadmium en lood zijn in 2008 noodgedwongen (nl. door een gebrek aan goede data) mede gebaseerd op detectiegrenzen. Voor deze drie metalen konden nu wel achtergrondwaarden worden bepaald.

Literatuur

BKMW 2009 (2015). Herziene “Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009” (Bkmw). http://wetten.overheid.nl/BWBR0027061/2016-01-01

Claessens, J, W. Verweij, S. Lukacs & A.C.M. de Nijs (2014). Kwaliteitsstandaarden voor interactie grondwater met terrestrische ecosystemen. RIVM-rapport 607402010, RIVM, Bilthoven.

Circulaire bodemsanering (2013). Staatscourant 2013 nr. 16675.

Crommentuijn, T.; Polder, M.D.; van de Plassche, E.J., 1997. Maximum Permissible Concentrations and Negligible Concentrations for metals, taking background concentrations into account. RIVM Rapport 601501001, RIVM, Bilthoven.

De Nijs, A.C.M., Verweij W., Buis E. & Janssen G. (2011). Methodiekontwikkeling Drempelwaarden Grondwater: Achtergrondconcentraties en Attenuatie- en Verdunningsfactoren. RIVM-rapport 607402003, RIVM, Bilthoven.

EU (2000). Richtlijn 2000/60/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 oktober 2000 tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid. Publicatieblad van de Europese Unie, L 327/1.

EU (2006). Richtlijn 2006/118/EG van het Europees Parlement en de Raad van 12 december 2006 betreffende de bescherming van het grondwater tegen verontreiniging en achteruitgang van de toestand. Publicatieblad van de Europese Unie, L 372/19.

EU (2007). Guidance on preventing or limiting direct and indirect inputs in the context of the groundwater directive 2006/118/EC. Guidance document No. 17 onder de common implementation strategy for the water framework directive (2000/60/EC).

EU (2009). Guidance on groundwater status and trend assessment. Guidance document No. 18 onder de common implementation strategy for the water framework directive (2000/60/EC).

EU (2010). Guidance on risk assessment and the use of conceptual models for groundwater. Guidance document No. 26 onder de common implementation strategy for the water framework directive (2000/60/EC).

Fraters, B., L.J.M. Boumans & H.F. Prins (2001). Achtergrondconcentraties van 17 sporenmetalen in het grondwater van Nederlanr. RIVM-rapport 711701017, RIVM, Bilthoven.

IenM, Ministerie van (2010). Handreiking voor het herinrichten van diepe plassen. https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/kamerstukken/2010/12/21/toezegging-herinrichting-diepe-plassen-handreiking-herinrichten-van-diepe-plassen/dp2010032309bhandreikingvoorhetherinrichtenvandiepeplassen.pdf

IenM, Ministerie van (2011). Drinkwaterbesluit, 23 mei 2011. http://wetten.overheid.nl/BWBR0030111/2015-11-28

IenM, Ministerie van (2013). Circulaire bodemsanering 2009. https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2013-16675.pdf

IenM, Ministerie van (2015). Stroomgebiedbeheerplan Rijn 2016-2021, Stroomgebiedbeheerplan Maas 2016-2021, Stroomgebiedbeheerplan Schelde 2016-2021, Stroomgebiedbeheerplan Eems 2016-2021.

Reijnders, H.F.R., G. van Drecht, H.F. Prins, J.J.B. Bronswijk & L.J.M. Boumans, 2004. De kwaliteit van ondiep en middeldiep grondwater in Nederland in het jaar 2000 en verandering daarvan in de periode 1984-2000. RIVM rapport 714801030.

Rijkswaterstaat, 2015. Milieuhygiënisch toetsingskader voor grootschalige bodemtoepassingen in diepe plassen (concept-versie, juni 2015). Voorstel voor beoordeling van partijen grond en bagger. Auteurs; C.A. Schmidt, J.P.M. Vink, N.J. Comans, L.P.M. Lamers, J. F. Postma, J.P.A. Lijzen, L.A. Osté, S. Verbeek.

Van Vliet, M.E., A. Vrijhoef, L.J.M. Boumans & E.J.W. Wattel-Koekkoek, 2010. De kwaliteit van ondiep en middeldiep grondwater in Nederland in het jaar 2008 en de verandering daarvan in 1984-2008. RIVM-rapport 680721005.

Verheijen et al., 2009. Verantwoord grootschalig toepassen van grond en baggerspecie. Rapport van de Deskundigencommissie Verheijen (Hoofdrapport en bijlagenrapport).

Verschoor, A.J. & Swartjes F.A., 2008. Emissies naar grondwater. Overzicht van beleidsuitgangspunten en procedures voor beoordeling. RIVM-rapport 711701070, RIVM, Bilthoven.

Verweij, W., H.F.R. Reijnders, H.F. Prins, L.J.M. Boumans, M.P.M. Janssen, C.T.A. Moermond, A.C.M. de Nijs, B.J. Pieters, E.M.J. Verbruggen & M.C. Zijp (2008). Advies voor drempelwaarden. RIVM-rapport 607300005, RIVM, Bilthoven.

VROM (2007). Regeling bodemkwaliteit, 2007. http://wetten.overheid.nl/BWBR0023085/2016-08-25

WHO, 2006. Guidelines for drinking-water quality [electronic resource] :incorporating first addendum. Vol. 1, Recommendations. – 3rd ed. Electronic version for the Web. ISBN 92 4 154696 4

Bijlage 1 Overzicht van totaal aantal putten en waarnemingen

In deze bijlage worden details over de gebruikte gegevens getoond. De gegevens zoals gebruikt door de Nijs et al. (2011) zijn aangevuld met nieuwe jaren. Het aantal putten ten opzichte van de 2011-rapportage is in een aantal gevallen afgenomen omdat de gemiddelde grondwaterstand in deze putten te diep is geworden waardoor ze buiten de selectie zijn gevallen.

Tabel B1.1: gebruikte data en verschil met 2011-rapportage.

	zoet				brak			
	oud		nieuw		oud		nieuw	
	putten	analyses	putten	analyses	putten	analyses	putten	analyses
Ba	650	5863	645	8899	59	460	52	555
Co	2	6	313	1136	0	0	36	81
Cr	677	5166	678	8286	98	752	92	863
Cu	689	5938	687	9049	99	802	93	916
Hg	98	306	179	651	7	15	18	38
Mo	25	0	249	534	0	0	25	39
Sb	3	3	275	577	0	0	34	50
Zn	700	6539	693	9699	100	841	93	948

Tabel B1.2: Verdeling van de onderkant van het filter t.o.v. maaiveld.

Onderkant filter m -mv	Aantal filters	Percentage
0	16	2%
5	15	2%
6	35	4%
7	45	5%
8	67	8%
9	102	12%
10	341	39%
11	101	12%
12	65	7%
13	24	3%
14	17	2%
15	14	2%
16	2	0%
17	4	0%
18	7	1%
19	5	1%
20	8	1%
23	1	0%
24	1	0%
34	1	0%
49	1	0%
56	1	0%
67	1	0%
102	1	0%
149	1	0%

Onderkant filter m -mv	Aantal filters	Percentage
173	1	0%
207	1	0%
Totaal	878	

Tabel B1.3: Verdeling van de 11193 waarnemingen in het bestand over de verschillende jaren.

Jaar	Aantal waarnemingen	Percentage
1990	396	4%
1991	492	4%
1992	527	5%
1993	584	5%
1994	614	5%
1995	710	6%
1996	684	6%
1997	640	6%
1998	495	4%
1999	578	5%
2000	468	4%
2001	502	4%
2002	326	3%
2003	518	5%
2004	495	4%
2005	415	4%
2006	286	3%
2007	336	3%
2008	314	3%
2009	311	3%
2010	307	3%
2011	285	3%
2012	220	2%
2013	273	2%
2014	226	2%
2015	191	2%
Totaal	11193	

Bijlage 2 Per stof verdeling van de waarnemingen over filters, meetjaren en provincies.

Antimoon

Tabel B2.1: Ruimtelijke verdeling putten

Provincie	Aantal putten	Percentage
Drenthe	25	8%
Flevoland	9	3%
Friesland	11	4%
Gelderland	52	17%
Groningen	17	6%
Limburg	17	6%
Noord Holland	20	6%
Noord Brabant	45	15%
Overijssel	35	11%
Utrecht	14	5%
Zuid Holland	54	17%
Zeeland	10	3%
Totaal	309	

Tabel B2.2: Onderkant filter

Onderkant filter m -mv	Aantal filters	Percentage
0	0	0%
5	2	1%
6	7	2%
7	8	3%
8	22	7%
9	46	15%
10	128	41%
11	47	15%
12	32	10%
13	10	3%
14	5	2%
15	0	0%
16	0	0%
17	1	0%
18	0	0%
19	0	0%
20	0	0%
23	1	0%
24	0	0%
34	0	0%
49	0	0%
56	0	0%
67	0	0%
102	0	0%
149	0	0%

173	0	0%
207	0	0%
Totaal	309	

Tabel B2.3: Verdeling van de waarnemingen in het bestand over de verschillende jaren.

Jaar	Aantal waarnemingen	Percentage
1990	0	0%
1991	0	0%
1992	0	0%
1993	0	0%
1994	0	0%
1995	0	0%
1996	0	0%
1997	0	0%
1998	3	0%
1999	0	0%
2000	0	0%
2001	0	0%
2002	0	0%
2003	0	0%
2004	34	5%
2005	0	0%
2006	0	0%
2007	17	3%
2008	0	0%
2009	0	0%
2010	0	0%
2011	0	0%
2012	0	0%
2013	244	39%
2014	192	31%
2015	137	22%
Totaal	627	

Barium

Tabel B2.4: Ruimtelijke verdeling putten

Provincie	Aantal putten	Percentage
Drenthe	83	12%
Flevoland	9	1%
Friesland	13	2%
Gelderland	98	14%
Groningen	94	13%
Limburg	57	8%
Noord Holland	55	8%
Noord Brabant	109	16%
Overijssel	62	9%
Utrecht	44	6%
Zuid Holland	62	9%
Zeeland	11	2%
Totaal	697	

Tabel B2.5: Onderkant filter

Onderkant filter m -mv	Aantal filters	Percentage
0	0	0%
5	14	2%
6	25	4%
7	30	4%
8	57	8%
9	80	11%
10	326	46%
11	74	10%
12	48	7%
13	17	2%
14	13	2%
15	8	1%
16	2	0%
17	3	0%
18	5	1%
19	0	0%
20	1	0%
23	1	0%
24	1	0%
34	1	0%
49	0	0%
56	0	0%
67	0	0%
102	0	0%
149	0	0%
173	0	0%
207	0	0%
Totaal	706	

Tabel B2.6: Verdeling van de waarnemingen in het bestand over de verschillende jaren.

Jaar	Aantal waarnemingen	Percentage
1990	382	4%
1991	435	5%
1992	465	5%
1993	584	6%
1994	533	6%
1995	583	6%
1996	498	5%
1997	454	5%
1998	402	4%
1999	467	5%
2000	404	4%
2001	387	4%
2002	227	2%
2003	440	5%
2004	423	4%
2005	387	4%
2006	199	2%
2007	284	3%

Jaar	Aantal waarnemingen	Percentage
2008	251	3%
2009	284	3%
2010	231	2%
2011	258	3%
2012	220	2%
2013	273	3%
2014	192	2%
2015	191	2%
Totaal	9454	

Cadmium

Tabel B2.7: Ruimtelijke verdeling putten

Provincie	Aantal putten	Percentage
Drenthe	83	11%
Flevoland	16	2%
Friesland	27	3%
Gelderland	98	12%
Groningen	94	12%
Limburg	58	7%
Noord Holland	55	7%
Noord Brabant	113	14%
Overijssel	62	8%
Utrecht	44	6%
Zuid Holland	62	8%
Zeeland	77	10%
Totaal	789	

Tabel B2.8: Onderkant filter

Onderkant filter m -mv	Aantal filters	Percentage
0	2	0%
5	15	2%
6	29	4%
7	37	5%
8	63	8%
9	97	12%
10	333	41%
11	91	11%
12	57	7%
13	22	3%
14	15	2%
15	14	2%
16	2	0%
17	4	0%
18	7	1%
19	5	1%
20	8	1%
23	1	0%
24	1	0%
34	1	0%
49	1	0%

Onderkant filter m -mv	Aantal filters	Percentage
56	1	0%
67	1	0%
102	1	0%
149	1	0%
173	1	0%
207	1	0%
Totaal	811	

Tabel B2.9: Verdeling van de waarnemingen in het bestand over de verschillende jaren.

Jaar	Aantal waarnemingen	Percentage
1990	382	4%
1991	436	4%
1992	465	5%
1993	257	3%
1994	533	5%
1995	644	6%
1996	599	6%
1997	557	6%
1998	439	4%
1999	565	6%
2000	462	5%
2001	462	5%
2002	286	3%
2003	506	5%
2004	495	5%
2005	387	4%
2006	276	3%
2007	293	3%
2008	314	3%
2009	284	3%
2010	277	3%
2011	258	3%
2012	220	2%
2013	273	3%
2014	192	2%
2015	191	2%
Totaal	10053	

Chroom

Tabel B2.10: Ruimtelijke verdeling putten

Provincie	Aantal putten	Percentage
Drenthe	83	11%
Flevoland	9	1%
Friesland	25	3%
Gelderland	98	13%
Groningen	94	12%
Limburg	58	8%
Noord Holland	55	7%
Noord Brabant	112	15%
Overijssel	62	8%
Utrecht	44	6%
Zuid Holland	62	8%
Zeeland	68	9%
Totaal	770	

Tabel B2.11: Onderkant filter

Onderkant filter m -mv	Aantal filters	Percentage
0	2	0%
5	15	2%
6	28	4%
7	35	4%
8	58	7%
9	92	12%
10	333	42%
11	89	11%
12	54	7%
13	22	3%
14	15	2%
15	13	2%
16	2	0%
17	4	1%
18	6	1%
19	3	0%
20	7	1%
23	1	0%
24	1	0%
34	1	0%
49	1	0%
56	1	0%
67	1	0%
102	0	0%
149	0	0%
173	0	0%
207	0	0%
Totaal	784	

Tabel B2.12: Verdeling van de waarnemingen in het bestand over de verschillende jaren.

Jaar	Aantal waarnemingen	Percentage
1990	382	4%
1991	435	5%
1992	184	2%
1993	202	2%
1994	209	2%
1995	644	7%
1996	558	6%
1997	514	6%
1998	439	5%
1999	565	6%
2000	462	5%
2001	462	5%
2002	286	3%
2003	499	5%
2004	481	5%
2005	387	4%
2006	235	3%
2007	285	3%
2008	225	2%
2009	284	3%
2010	277	3%
2011	258	3%
2012	220	2%
2013	273	3%
2014	192	2%
2015	191	2%
Totaal	9149	

Kobalt

Tabel B2.13: Ruimtelijke verdeling putten

Provincie	Aantal putten	Percentage
Drenthe	27	8%
Flevoland	9	3%
Friesland	11	3%
Gelderland	53	15%
Groningen	17	5%
Limburg	48	14%
Noord Holland	20	6%
Noord Brabant	49	14%
Overijssel	35	10%
Utrecht	15	4%
Zuid Holland	54	15%
Zeeland	11	3%
Totaal	349	

Tabel B2.14: Onderkant filter

Onderkant filter m -mv	Aantal filters	Percentage
0	2	1%
5	2	1%
6	8	2%
7	9	3%
8	27	8%
9	53	15%
10	143	41%
11	47	13%
12	34	10%
13	10	3%
14	8	2%
15	0	0%
16	1	0%
17	1	0%
18	2	1%
19	0	0%
20	1	0%
23	1	0%
24	0	0%
34	0	0%
49	0	0%
56	0	0%
67	0	0%
102	0	0%
149	0	0%
173	0	0%
207	0	0%
Totaal	349	

Tabel B2.15: Verdeling van de waarnemingen in het bestand over de verschillende jaren.

Jaar	Aantal waarnemingen	Percentage
1990	0	0%
1991	0	0%
1992	0	0%
1993	0	0%
1994	0	0%
1995	0	0%
1996	0	0%
1997	0	0%
1998	0	0%
1999	0	0%
2000	0	0%
2001	0	0%
2002	0	0%
2003	1	0%
2004	245	20%
2005	273	22%
2006	19	2%
2007	31	3%

Jaar	Aantal waarnemingen	Percentage
2008	25	2%
2009	23	2%
2010	27	2%
2011	0	0%
2012	0	0%
2013	244	20%
2014	192	16%
2015	137	11%
Totaal	1217	

Koper

Tabel B2.16: Ruimtelijke verdeling putten

Provincie	Aantal putten	Percentage
Drenthe	83	11%
Flevoland	16	2%
Friesland	25	3%
Gelderland	98	13%
Groningen	94	12%
Limburg	59	8%
Noord Holland	55	7%
Noord Brabant	114	15%
Overijssel	62	8%
Utrecht	44	6%
Zuid Holland	62	8%
Zeeland	68	9%
Totaal	780	

Tabel B2.17: Onderkant filter

Onderkant filter m -mv	Aantal filters	Percentage
0	3	0%
5	15	2%
6	29	4%
7	37	5%
8	58	7%
9	94	12%
10	333	42%
11	90	11%
12	56	7%
13	22	3%
14	16	2%
15	13	2%
16	2	0%
17	4	1%
18	6	1%
19	3	0%
20	7	1%
23	1	0%
24	1	0%
34	1	0%
49	1	0%

Onderkant filter m -mv	Aantal filters	Percentage
56	1	0%
67	1	0%
102	0	0%
149	0	0%
173	0	0%
207	0	0%
Totaal	794	

Tabel B2.18: Verdeling van de waarnemingen in het bestand over de verschillende jaren.

Jaar	Aantal waarnemingen	Percentage
1990	382	4%
1991	455	5%
1992	468	5%
1993	257	3%
1994	533	5%
1995	644	6%
1996	599	6%
1997	557	6%
1998	439	4%
1999	565	6%
2000	462	5%
2001	462	5%
2002	286	3%
2003	506	5%
2004	481	5%
2005	387	4%
2006	249	2%
2007	286	3%
2008	252	3%
2009	284	3%
2010	277	3%
2011	258	3%
2012	220	2%
2013	273	3%
2014	192	2%
2015	191	2%
Totaal	9965	

Kwik

Tabel B2.19: Ruimtelijke verdeling putten

Provincie	Aantal putten	Percentage
Drenthe	23	12%
Flevoland	7	4%
Friesland	14	7%
Gelderland	0	0%
Groningen	85	43%
Limburg	1	1%
Noord Holland	1	1%
Noord Brabant	0	0%
Overijssel	35	18%
Utrecht	0	0%
Zuid Holland	31	16%
Zeeland	0	0%
Totaal	197	

Tabel B2.20: Onderkant filter

Onderkant filter m -mv	Aantal filters	Percentage
0	2	1%
5	0	0%
6	7	4%
7	7	4%
8	20	10%
9	31	16%
10	91	46%
11	21	11%
12	10	5%
13	6	3%
14	2	1%
15	0	0%
16	0	0%
17	0	0%
18	0	0%
19	0	0%
20	0	0%
23	0	0%
24	0	0%
34	0	0%
49	0	0%
56	0	0%
67	0	0%
102	0	0%
149	0	0%
173	0	0%
207	0	0%
Totaal	197	

Tabel B2.21: Verdeling van de waarnemingen in het bestand over de verschillende jaren.

Jaar	Aantal waarnemingen	Percentage
1990	10	1%
1991	0	0%
1992	0	0%
1993	0	0%
1994	0	0%
1995	0	0%
1996	0	0%
1997	64	9%
1998	0	0%
1999	67	10%
2000	66	10%
2001	0	0%
2002	0	0%
2003	72	10%
2004	78	11%
2005	63	9%
2006	86	12%
2007	18	3%
2008	34	5%
2009	0	0%
2010	61	9%
2011	0	0%
2012	0	0%
2013	0	0%
2014	0	0%
2015	0	0%
Totaal	689	

Lood

Tabel B2.22: Ruimtelijke verdeling putten

Provincie	Aantal putten	Percentage
Drenthe	83	11%
Flevoland	16	2%
Friesland	26	3%
Gelderland	98	12%
Groningen	94	12%
Limburg	58	7%
Noord Holland	55	7%
Noord Brabant	113	14%
Overijssel	62	8%
Utrecht	44	6%
Zuid Holland	62	8%
Zeeland	77	10%
Totaal	788	

Tabel B2.23: Onderkant filter

Onderkant filter m -mv	Aantal filters	Percentage
0	2	0%
5	15	2%
6	29	4%
7	37	5%
8	62	8%
9	97	12%
10	333	41%
11	91	11%
12	57	7%
13	22	3%
14	15	2%
15	14	2%
16	2	0%
17	4	0%
18	7	1%
19	5	1%
20	8	1%
23	1	0%
24	1	0%
34	1	0%
49	1	0%
56	1	0%
67	1	0%
102	1	0%
149	1	0%
173	1	0%
207	1	0%
Totaal	810	

Tabel B2.24: Verdeling van de waarnemingen in het bestand over de verschillende jaren.

Jaar	Aantal waarnemingen	Percentage
1990	382	5%
1991	434	6%
1992	465	6%
1993	257	3%
1994	533	7%
1995	272	4%
1996	260	3%
1997	235	3%
1998	245	3%
1999	275	4%
2000	237	3%
2001	154	2%
2002	102	1%
2003	221	3%
2004	495	7%
2005	387	5%
2006	257	3%
2007	293	4%

Jaar	Aantal waarnemingen	Percentage
2008	287	4%
2009	284	4%
2010	277	4%
2011	258	3%
2012	220	3%
2013	273	4%
2014	192	3%
2015	191	3%
Totaal	7486	

Molybdeen

Tabel B2.25: Ruimtelijke verdeling putten

Provincie	Aantal putten	Percentage
Drenthe	25	9%
Flevoland	9	3%
Friesland	11	4%
Gelderland	52	19%
Groningen	17	6%
Limburg	17	6%
Noord Holland	20	7%
Noord Brabant	45	16%
Overijssel	35	13%
Utrecht	14	5%
Zuid Holland	19	7%
Zeeland	10	4%
Totaal	274	

Tabel B2.26: Onderkant filter

Onderkant filter m -mv	Aantal filters	Percentage
0	0	0%
5	2	1%
6	5	2%
7	8	3%
8	16	6%
9	34	12%
10	119	43%
11	44	16%
12	30	11%
13	10	4%
14	5	2%
15	0	0%
16	0	0%
17	0	0%
18	0	0%
19	0	0%
20	0	0%
23	1	0%
24	0	0%
34	0	0%
49	0	0%

Onderkant filter m -mv	Aantal filters	Percentage
56	0	0%
67	0	0%
102	0	0%
149	0	0%
173	0	0%
207	0	0%
Totaal	274	

Tabel B2.27: Verdeling van de waarnemingen in het bestand over de verschillende jaren.

Jaar	Aantal waarnemingen	Percentage
1990	0	0%
1991	0	0%
1992	0	0%
1993	0	0%
1994	0	0%
1995	0	0%
1996	0	0%
1997	0	0%
1998	0	0%
1999	0	0%
2000	0	0%
2001	0	0%
2002	0	0%
2003	0	0%
2004	0	0%
2005	0	0%
2006	0	0%
2007	0	0%
2008	0	0%
2009	0	0%
2010	0	0%
2011	0	0%
2012	0	0%
2013	244	43%
2014	192	34%
2015	137	24%
Totaal	573	

Nikkel

Tabel B2.28: Ruimtelijke verdeling putten

Provincie	Aantal putten	Percentage
Drenthe	83	11%
Flevoland	16	2%
Friesland	27	3%
Gelderland	98	12%
Groningen	94	12%
Limburg	58	7%
Noord Holland	55	7%
Noord Brabant	113	14%
Overijssel	62	8%
Utrecht	44	6%
Zuid Holland	62	8%
Zeeland	77	10%
Totaal	789	

Tabel B2.29: Onderkant filter

Onderkant filter m -mv	Aantal filters	Percentage
0	2	0%
5	15	2%
6	29	4%
7	37	5%
8	63	8%
9	97	12%
10	333	41%
11	91	11%
12	57	7%
13	22	3%
14	15	2%
15	14	2%
16	2	0%
17	4	0%
18	7	1%
19	5	1%
20	8	1%
23	1	0%
24	1	0%
34	1	0%
49	1	0%
56	1	0%
67	1	0%
102	1	0%
149	1	0%
173	1	0%
207	1	0%
Totaal	811	

Tabel B2.30: Verdeling van de waarnemingen in het bestand over de verschillende jaren.

Jaar	Aantal waarnemingen	Percentage
1990	382	4%
1991	444	5%
1992	465	5%
1993	257	3%
1994	210	2%
1995	644	7%
1996	558	6%
1997	514	5%
1998	439	5%
1999	578	6%
2000	462	5%
2001	462	5%
2002	286	3%
2003	506	5%
2004	481	5%
2005	387	4%
2006	271	3%
2007	293	3%
2008	314	3%
2009	284	3%
2010	277	3%
2011	258	3%
2012	220	2%
2013	273	3%
2014	192	2%
2015	191	2%
Totaal	9648	

Zink

Tabel B2.31: Ruimtelijke verdeling putten

Provincie	Aantal putten	Percentage
Drenthe	83	11%
Flevoland	16	2%
Friesland	27	3%
Gelderland	98	12%
Groningen	94	12%
Limburg	65	8%
Noord Holland	55	7%
Noord Brabant	112	14%
Overijssel	62	8%
Utrecht	44	6%
Zuid Holland	62	8%
Zeeland	68	9%
Totaal	786	

Tabel B2.32: Onderkant filter

Onderkant filter m -mv	Aantal filters	Percentage
0	7	1%
5	15	2%
6	29	4%
7	37	5%
8	60	8%
9	94	12%
10	333	42%
11	90	11%
12	56	7%
13	22	3%
14	16	2%
15	13	2%
16	2	0%
17	4	0%
18	6	1%
19	3	0%
20	7	1%
23	1	0%
24	1	0%
34	1	0%
49	1	0%
56	1	0%
67	1	0%
102	0	0%
149	0	0%
173	0	0%
207	0	0%
Totaal	800	

Tabel B3.33: Verdeling van de waarnemingen in het bestand over de verschillende jaren.

Jaar	Aantal waarnemingen	Percentage
1990	382	4%
1991	483	5%
1992	523	5%
1993	584	5%
1994	589	6%
1995	699	7%
1996	658	6%
1997	616	6%
1998	465	4%
1999	578	5%
2000	462	4%
2001	462	4%
2002	286	3%
2003	505	5%
2004	481	5%
2005	387	4%
2006	249	2%
2007	291	3%

Jaar	Aantal waarnemingen	Percentage
2008	252	2%
2009	284	3%
2010	277	3%
2011	258	2%
2012	220	2%
2013	273	3%
2014	192	2%
2015	191	2%
Totaal	10647	

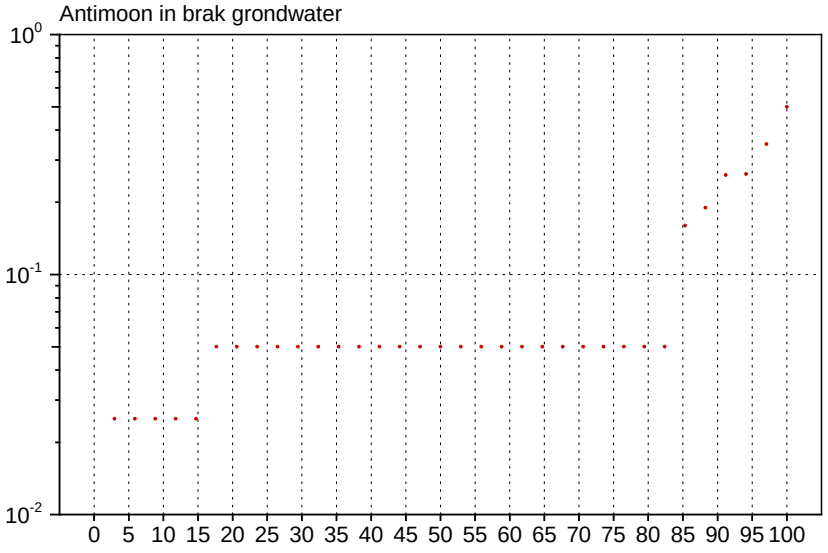
Bijlage 3 Verdelingen van de achtergrondmetingen gegeven voor chloride en de elf onderzochte elementen.

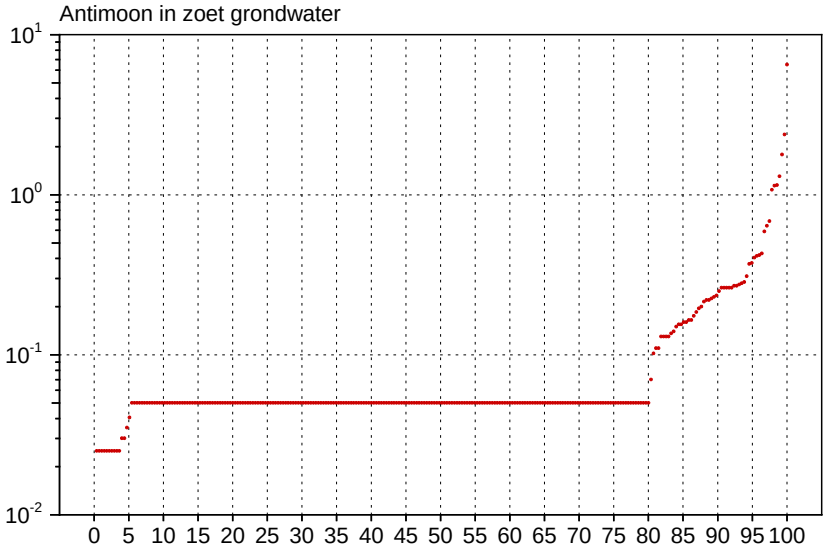
Chloride

	n	**min**	**gem**	**_5.0%**	**_15.0%**
chloride					
zoet	749	2.5	57	9.0	15.9
brak	120	305.7	3860	358.8	479.0
	_30.0%	Median	_70.0%	_85.0%	_95.0%
chloride					
zoet	25.6	39.5	60	101	166
brak	812.5	1490.0	3188	9475	15575
	max				
chloride					
zoet	293				
brak	22700				

Antimoon

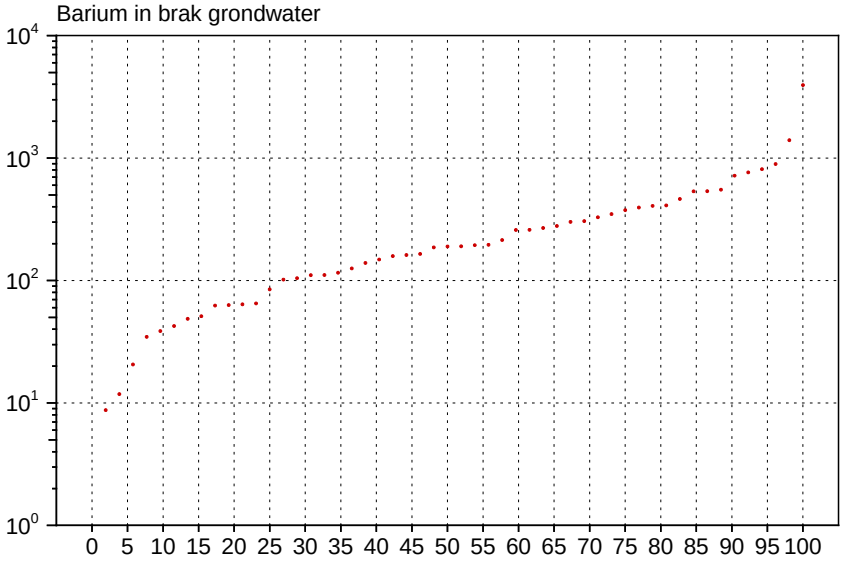
	n	min	gem	_5.0%	_15.0%
chloride					
zoet	275	0.02500	0.1382	0.04287	0.05000
brak	34	0.02500	0.0882	0.02500	0.04000
	_30.0%	Median	_70.0%	_85.0%	_95.0%
chloride					
zoet	0.05000	0.05000	0.05000	0.1600	0.3975
brak	0.05000	0.05000	0.05000	0.1720	0.3975
	max				
chloride					
zoet	6.510				
brak	0.500				

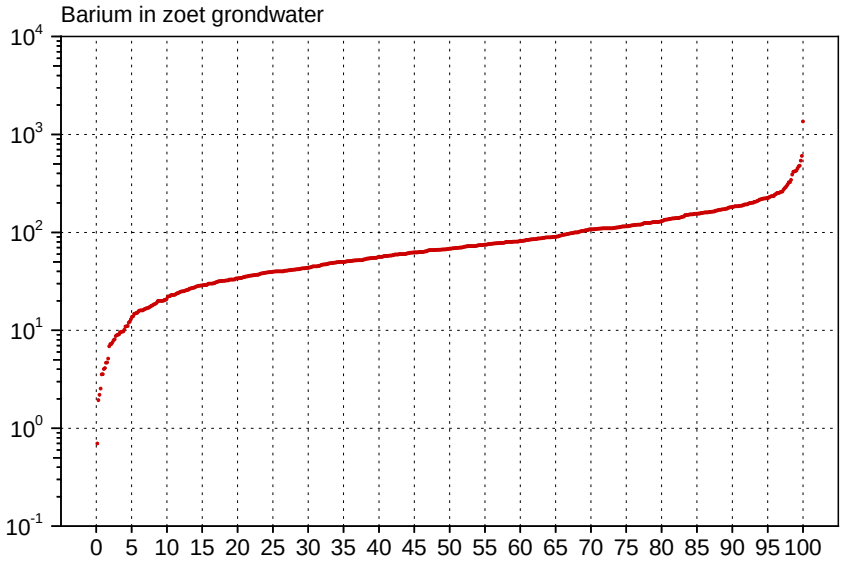




Barium

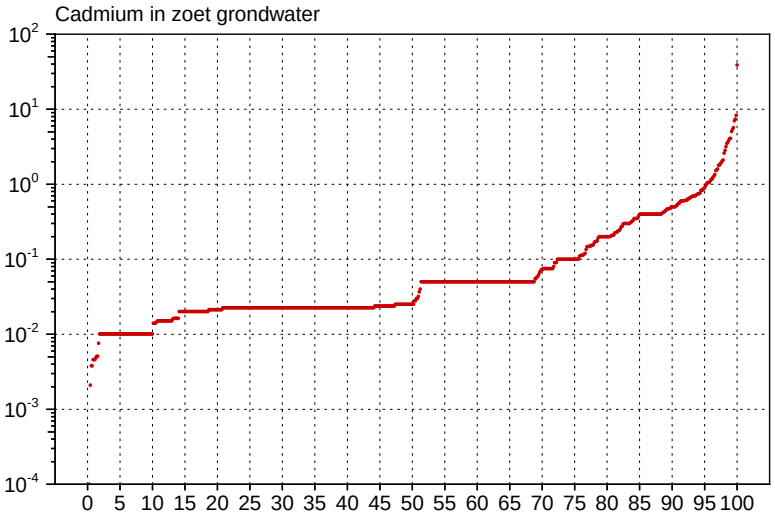
	n	min	gem	_5.0%	_15.0%
chloride					
zoet	6535	0.700	91.4	13.76	28.82
brak	52	8.743	341.3	22.00	54.47
	_30.0%	Median	_70.0%	_85.0%	_95.0%
chloride					
zoet	43.64	68.2	107.5	155.2	225.0
brak	110.58	189.8	325.9	535.8	884.9
	max				
chloride					
zoet	1359				
brak	3938				

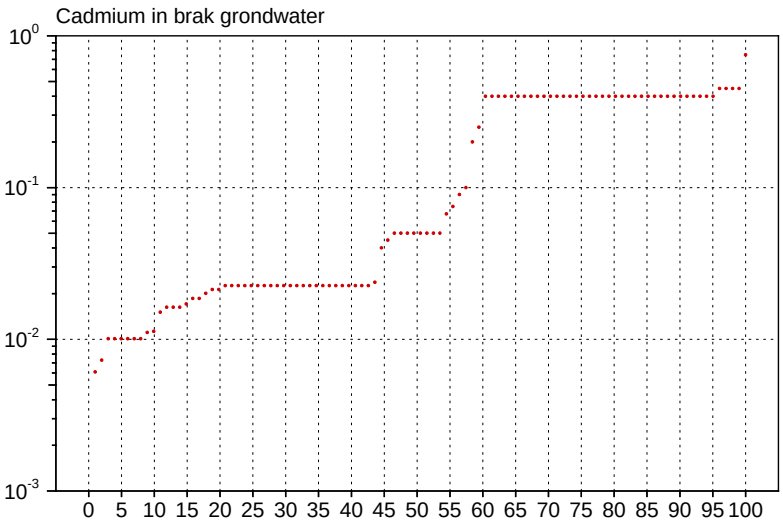




Cadmium

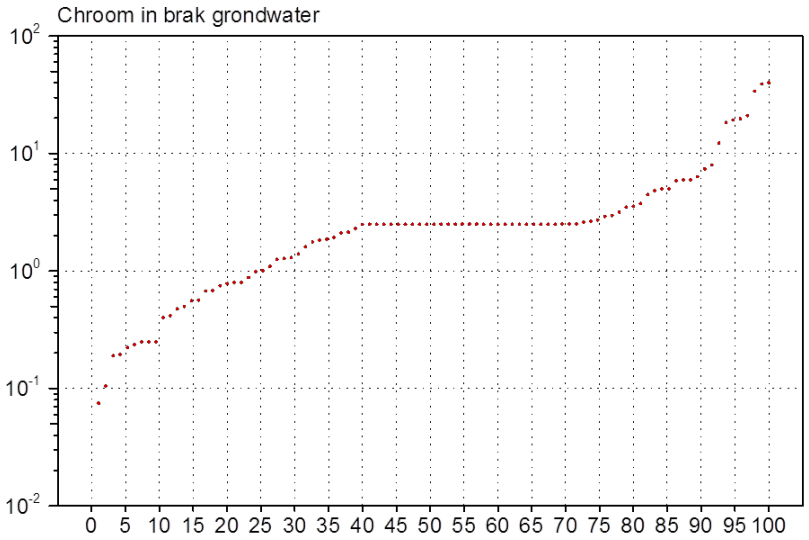
	n	min	gem	_5.0%	_15.0%
chloride					
zoet	701	0.000000	0.2912	0.01000	0.02000
brak	101	0.006000	0.1885	0.01000	0.01797
	_30.0%	Median	_70.0%	_85.0%	_95.0%
chloride					
zoet	0.02250	0.02500	0.0734	0.4000	0.9225
brak	0.02250	0.05000	0.4000	0.4000	0.4225
	max				
chloride					
zoet	38.91				
brak	0.75				

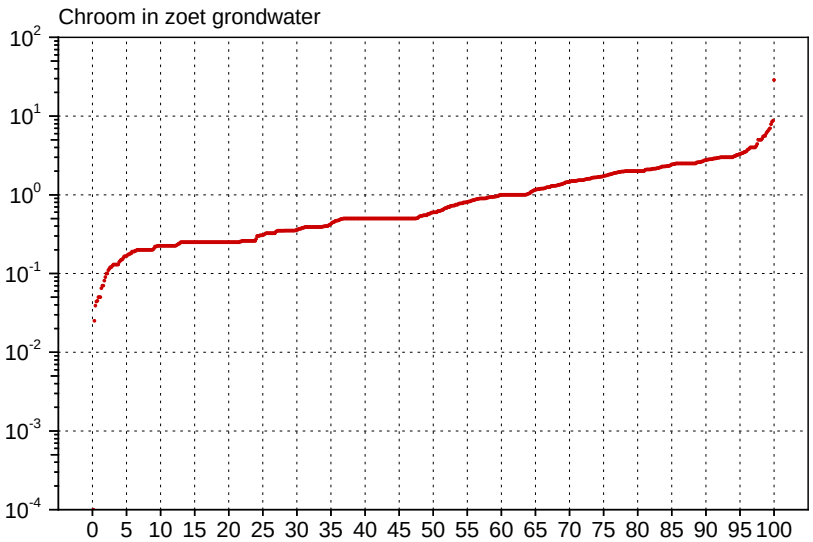




Chroom

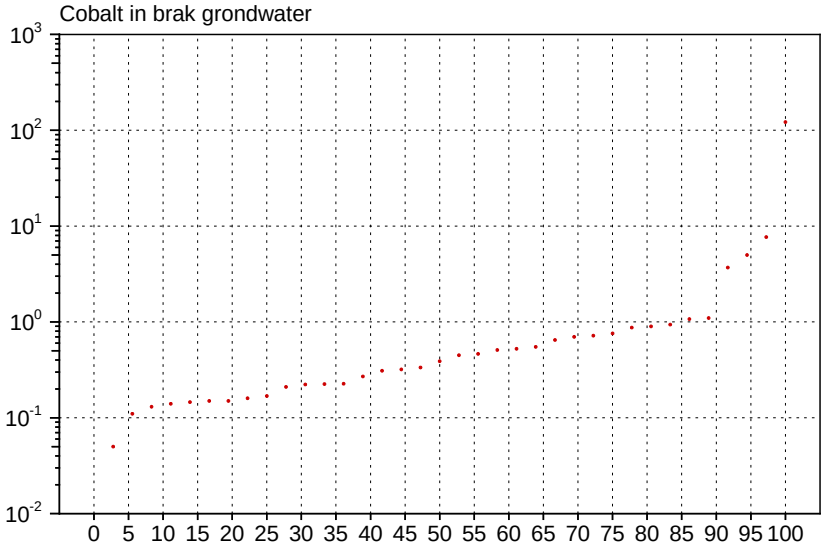
	n	min	gem	_5.0%	_15.0%
chloride					
zoet	687	0.000000	1.206	0.1693	0.2500
brak	95	0.07500	4.230	0.2263	0.5637
	_30.0%	Median	_70.0%	_85.0%	_95.0%
chloride					
zoet	0.3590	0.600	1.468	2.444	3.31
brak	1.4040	2.500	2.500	5.213	19.68
	max				
chloride					
zoet	28.80				
brak	39.90				

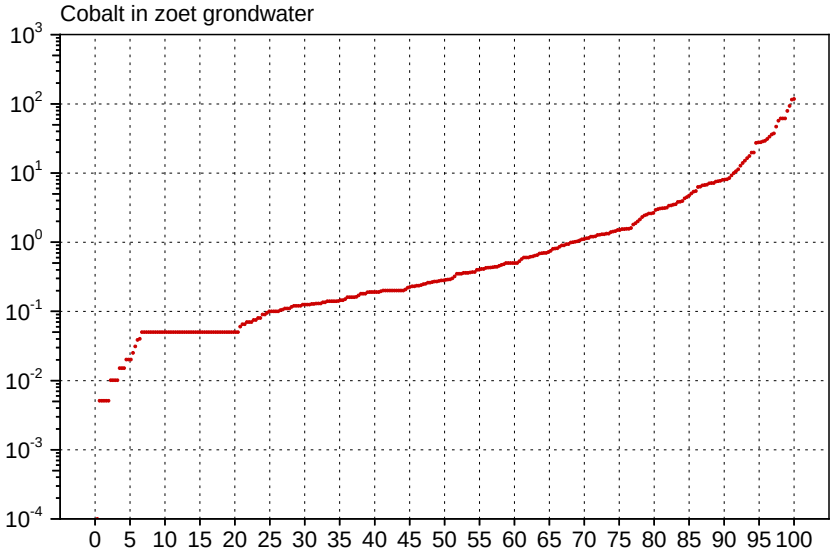




Kobalt

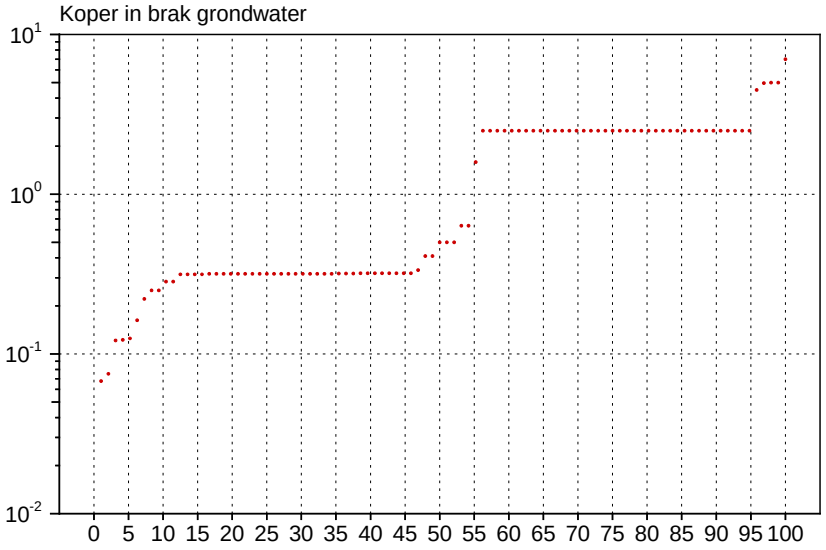
	n	min	gem	_5.0%	_15.0%
chloride					
zoet	313	0.000000	4.524	0.02075	0.05000
brak	36	0.05000	4.234	0.11615	0.14960
	_30.0%	Median	_70.0%	_85.0%	_95.0%
chloride					
zoet	0.1250	0.2850	1.1280	4.900	27.78
brak	0.2236	0.4200	0.7140	1.077	6.89
	max				
chloride					
zoet	117.5				
brak	122.1				

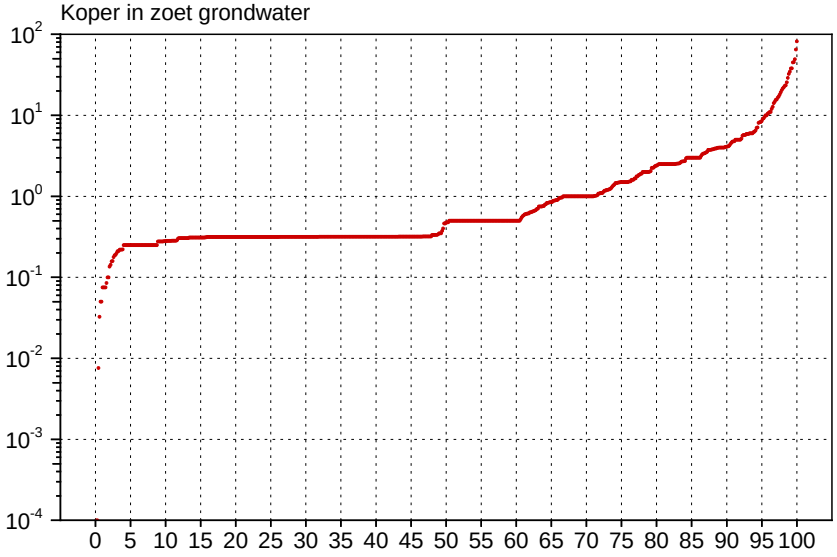




Koper

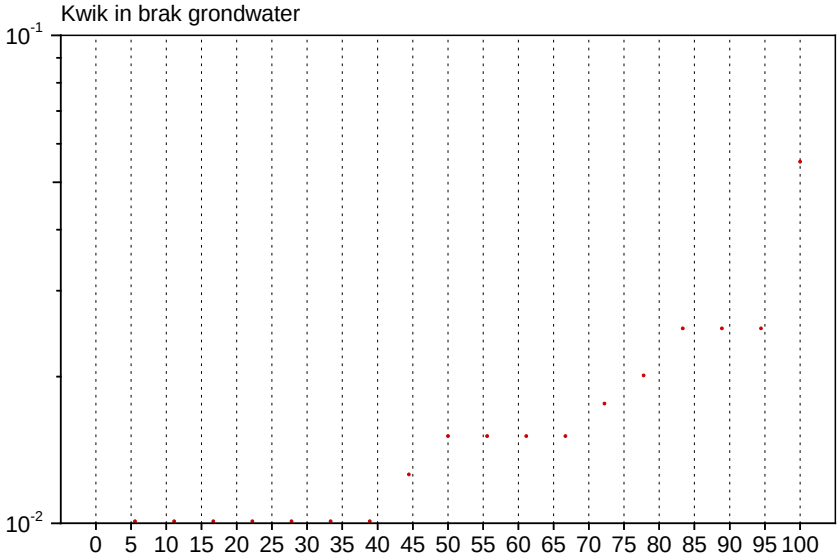
	n	min	gem	_5.0%	_15.0%
chloride					
zoet	696	0.000000	2.241	0.2500	0.3100
brak	96	0.06750	1.452	0.1363	0.3150
	_30.0%	Median	_70.0%	_85.0%	_95.0%
chloride					
zoet	0.3163	0.4765	1.000	3.000	8.839
brak	0.3175	0.5000	2.500	2.500	3.900
	max				
chloride					
zoet	82.00				
brak	7.00				

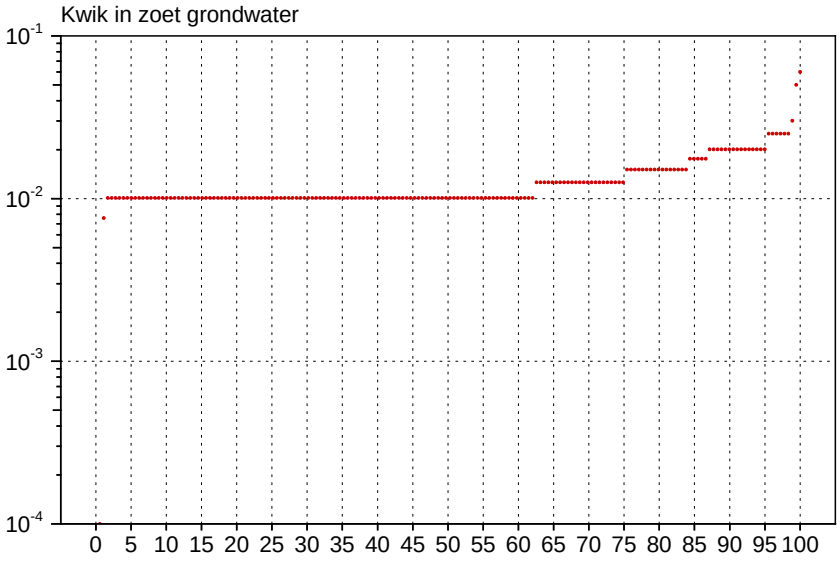




Kwik

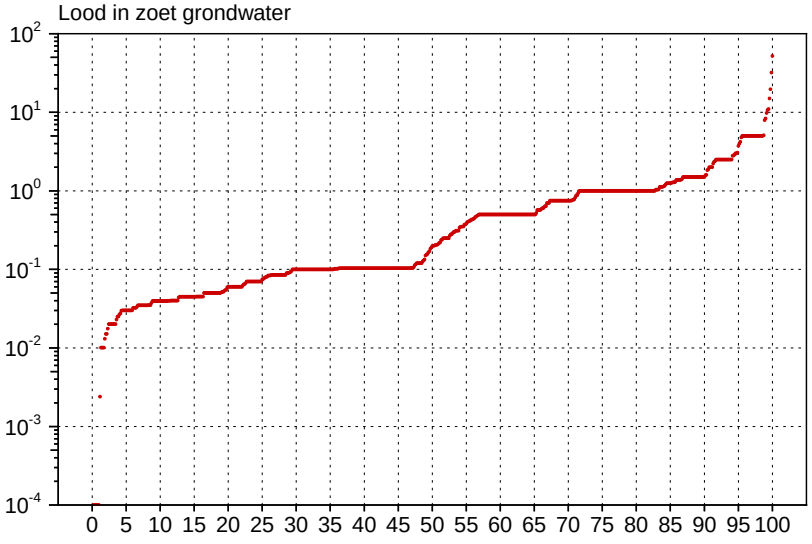
	n	min	gem	_5.0%	_15.0%
chloride					
zoet	179	0.000000	0.01286	0.01000	0.01000
brak	18	0.010000	0.01722	0.01000	0.01000
	_30.0%	Median	_70.0%	_85.0%	_95.0%
chloride					
zoet	0.01000	0.01000	0.01250	0.01750	0.02275
brak	0.01000	0.01500	0.01775	0.02500	0.04300
	max				
chloride					
zoet	0.06000				
brak	0.05500				

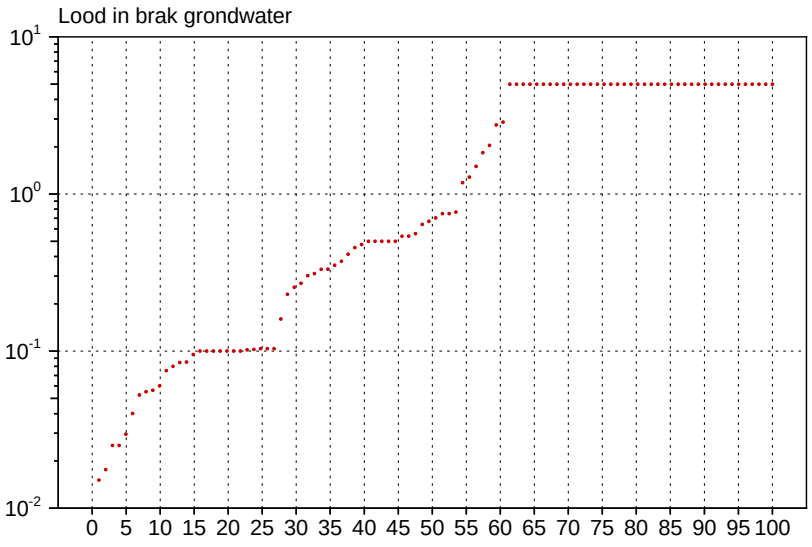




Lood

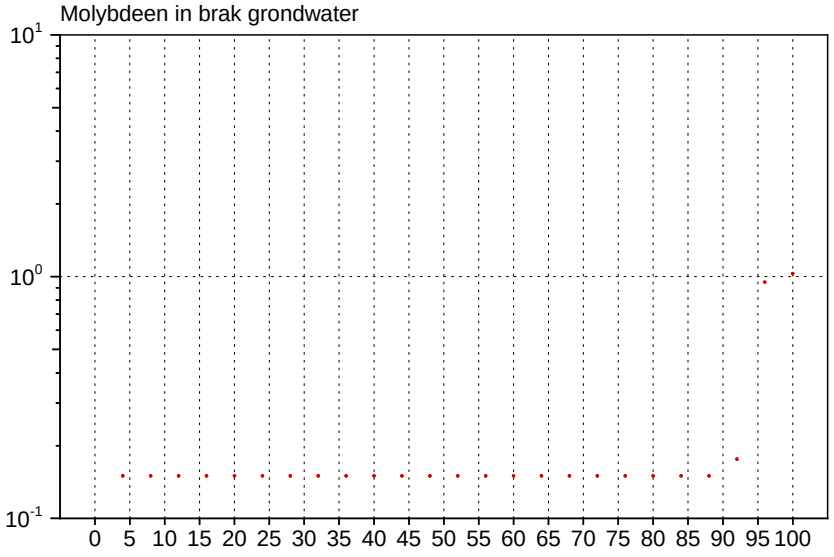
	n	min	gem	_5.0%	_15.0%
chloride					
zoet	700	0.000000	0.900	0.03000	0.04475
brak	101	0.015000	2.259	0.03528	0.09825
	_30.0%	Median	_70.0%	_85.0%	_95.0%
chloride					
zoet	0.1000	0.1991	0.750	1.255	3.865
brak	0.2670	0.7040	5.000	5.000	5.000
	max				
chloride					
zoet	52.05				
brak	5.00				

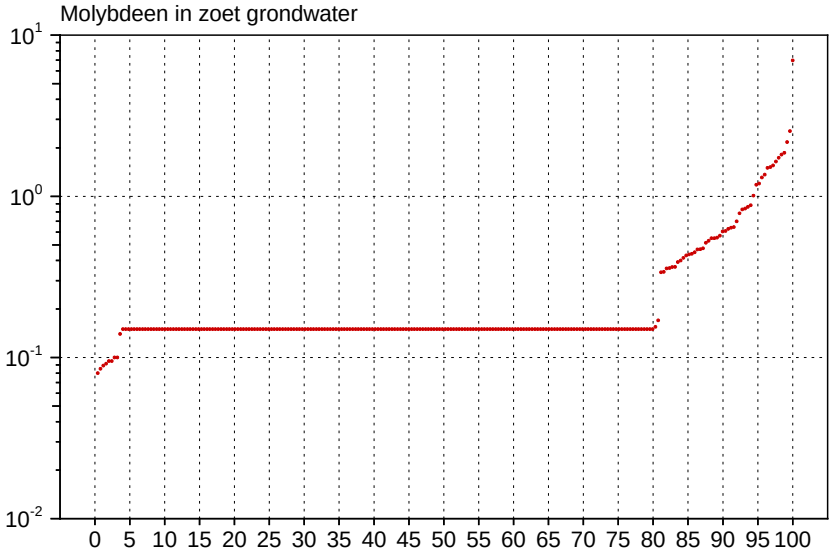




Molybdeen

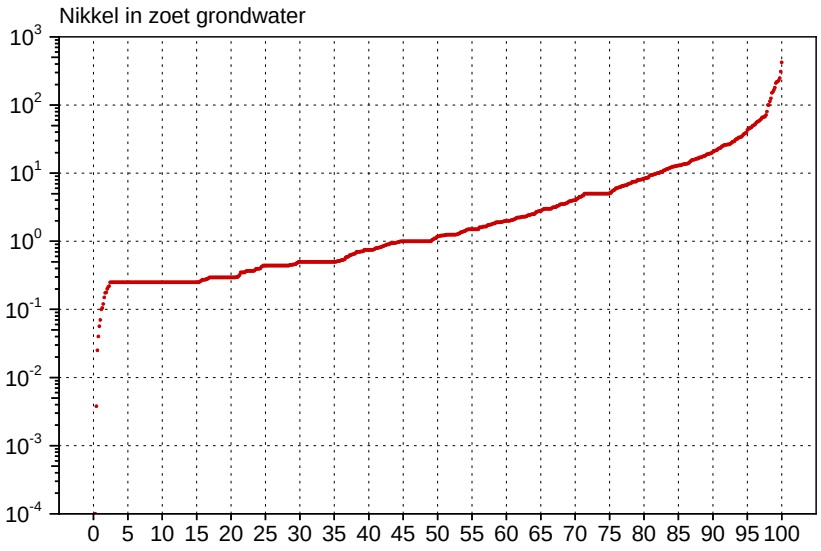
	n	min	gem	_5.0%	_15.0%
chloride					
zoet	249	0.0800	0.3087	0.1500	0.1500
brak	25	0.1500	0.2182	0.1500	0.1500
	_30.0%	Median	_70.0%	_85.0%	_95.0%
chloride					
zoet	0.1500	0.1500	0.1500	0.4366	1.206
brak	0.1500	0.1500	0.1500	0.1500	0.970
	max				
chloride					
zoet	6.970				
brak	1.03				

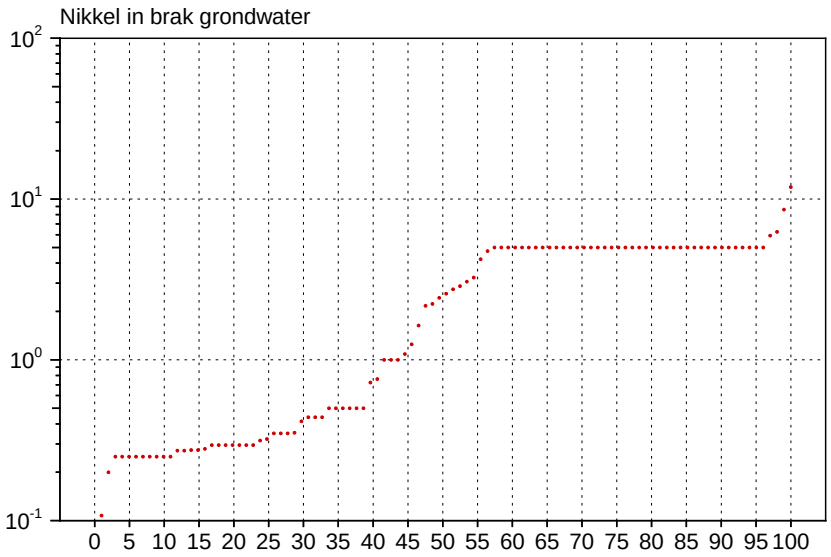




Nikkel

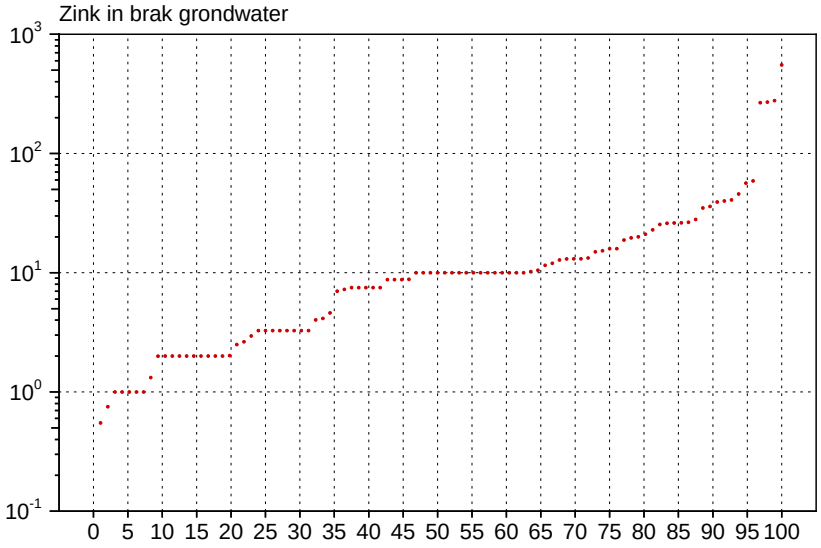
	n	min	gem	_5.0%	_15.0%
chloride					
zoet	701	0.00000	9.923	0.2500	0.2500
brak	101	0.10750	2.814	0.2500	0.2779
	_30.0%	Median	_70.0%	_85.0%	_95.0%
chloride					
zoet	0.5000	1.175	4.033	13.000	43.45
brak	0.4350	2.580	5.000	5.000	5.000
	max				
chloride					
zoet	423.6				
brak	11.9				

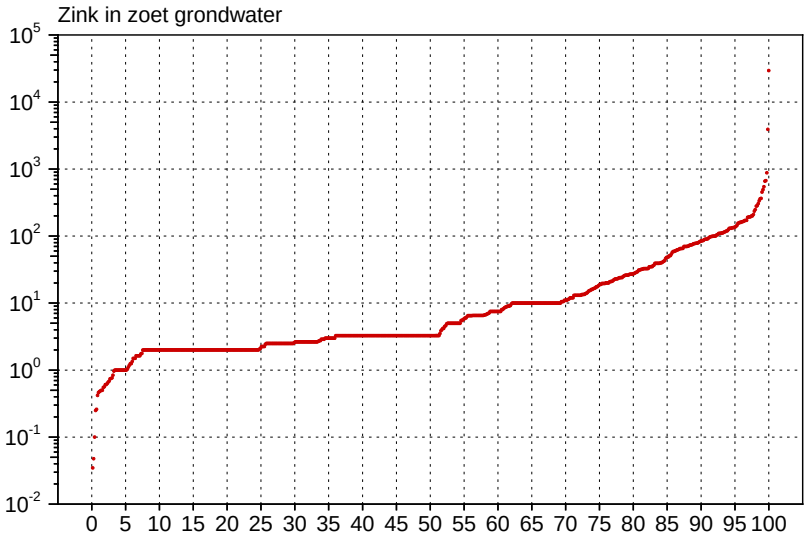




Zink

	n	min	gem	_5.0%	_15.0%
chloride					
zoet	702	0.0347	76.23	1.000	2.000
brak	96	0.5500	25.79	1.000	2.000
	_30.0%	Median	_70.0%	_85.0%	_95.0%
chloride					
zoet	2.635	3.269	11.00	48.60	137.68
brak	3.269	10.000	13.08	26.23	58.15
	max				
chloride					
zoet	29500				
brak	554				





Bijlage 4 Betrouwbaarheid van de P95 als gevolg van het voorkomen van waarnemingen <DL in de dataset.

Tabel B4.1: Overzicht van het voorkomen van waarnemingen <DL in de dataset en in de medianen die ≥ P95 ten behoeve van het verkrijgen van inzicht in de betrouwbaarheid van de P95.

Parameters	Aantal waarnemingen		Aantal waarnemingen <DL		P95 (overgenomen van tabel 3.5 en 3.6 van de hoofdtekst)	Aantal waarnemingen <DL waarvan 1/2 DL ≥ P95		Aantal waarnemingen <DL waarvan DL ≥ P95		Aantal waarnemingen <DL in de medianen ≥ P95		Aantal waarnemingen <DL in de medianen ≥ P95 waarvan de 1/2 DL ≥ mediaan	
Zoet	Totaal	>P95[$]	#	%		#	%	#	%	#	%[*]	#	%[*]
Antimoon	577	26	476	82	0,4	14	2	14	2	1	4	0	0
Barium	8899	447	159	2	225	0	0	1	0,01	0	0	0	0
Cadmium	9082	-	5709	63	0,92	0	0	0	0	-	-	-	-
Chroom	8286	-	2997	36	3,3	0	0	0	0	-	-	-	-
Kobalt	1136	-	218	19	27,8	0	0	0	0	-	-	-	-
Koper	9049	471	5182	57	8,8	0	0	88	1	12	3	0	0
Kwik	651	15	617	95	0,02	27	4	617	95	9	60	6	40
Lood	6663	530	4085	61	2,0	166	2	1498	22	128	24	58	11
Molybdeen	534	-	419	78	1,2	0	0	0	0	-	-	-	-
Nikkel	8689	-	2802	32	43/21	0	0	0	0	-	-	-	-
Zink	9699	-	4580	47	137	0	0	0	0	-	-	-	-
Brak	Totaal	>P95[$]	#	%		#	%	#	%	#	%[*]	#	%[*]
Antimoon	50	4	44	88	0,3	3	6	3	6	2	50	2	50
Barium	555	-	2	0,4	885	0	0	0	0	-	-	-	-
Cadmium	971	448	425	44	0,08	9	1	128	13	37	8	10	2
Chroom	863	-	106	12	20	0	0	0	0	-	-	-	-

Parameters	Aantal waarnemingen		Aantal waarnemingen <DL		P95 (overgenomen van tabel 3.5 en 3.6 van de hoofdtekst)	Aantal waarnemingen <DL waarvan 1/2 DL ≥ P95		Aantal waarnemingen <DL waarvan DL ≥ P95		Aantal waarnemingen <DL in de medianen ≥ P95		Aantal waarnemingen <DL in de medianen ≥ P95 waarvan de 1/2 DL ≥ mediaan	
Kobalt	81	-	9	11	6,9	0	0	0	0	-	-	-	-
Koper	916	31	389	42	3,9	1	0,1	11	1	5	16	0	0
Kwik	38	2	32	84	0,04	0	0	3	8	0	0	0	0
Lood	823	460	248	30	1,0	44	5	115	14	44	10	5	1
Molybdeen	39	-	35	90	1,0	0	0	0	0	-	-	-	-
Nikkel	959	45	281	29	5,0	0	0	6	0,6	1	2	0	0
Zink	948	-	288	30	58	0	0	0	0	-	-	-	-

[$] In deze kolom worden de aantallen waarnemingen in de medianen ≥ P95 gegeven. Deze aantallen worden alleen gegeven voor stoffen waarvoor waarnemingen <DL voorkomen waarvan de DL ≥ P95.

[*] Percentage is tov totaal aantal waarnemingen in de medianen ≥ P95.

RIVM
De zorg voor morgen begint vandaag