



**Netherlands Geological
Survey**

Princetonlaan 6
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T 030 256 42 56

F 030 256 44 75

info-BenO@tno.nl

TNO-rapport

2006-U-R0131/A

Ontwerp Meetnet Grondwaterkwaliteit de Kempen

Datum	augustus 2006
Auteur(s)	Bas van der Grift Harald Opdam (Grontmij)
Opdrachtgever	Actief Bodembeheer de Kempen
Projectnummer	034.69148
Aantal pagina's	69 (incl. bijlagen)
Goedgekeurd door	Bennie Minnema 

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

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

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

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Doel opdracht.....	5
2	Inventarisatie huidige situatie.....	7
3	Ontwerp Meetnet	13
3.1	Meetnetdoelstellingen	13
3.2	Meetnetontwerp	15
3.3	Inrichting.....	23
3.4	Kostenraming inrichting meetnet.....	31
4	Meetprogramma	33
4.1	Meetfrequentie en analysepakket.....	33
4.2	Kostenraming uitvoering meetronde.....	35
4.3	Protocol voor bemonstering.....	36
4.4	Plan voor kwaliteitsborging	36
4.5	Plan voor gegevensbeheer.....	37
4.6	Plan voor data-analyse en rapportage	37
5	Doorkijk naar inrichting van het meetnet	43
6	Literatuur	47

Bijlage(n)

- A Bijlage: inventarisatie huidige situatie
- B Bijlage: uitsplitsing intermediaire gebiedstypen
- C Bijlage: rapportage achtergrondconcentraties van 17 sporenmetalen in het grondwater van Nederland – beschouwing van betekenis voor de Kempen
- D Bijlage: locaties meetnet grondwaterkwaliteit de Kempen
- E Bijlage: bemonsteringsprotocol voor het meetnet grondwaterkwaliteit de Kempen

1 Inleiding

Actief Bodembeheer de Kempen (ABdK) is een milieuprogramma met verschillende uitvoeringspakketten, waaronder grondwater. Een onderdeel van dit uitvoeringspakket is het monitoren van de grondwaterkwaliteit met betrekking tot de cadmium- en zinkverontreiniging in de Kempen.

Tijdens de twee meetcampagnes in de winters 2002-2003 en 2003-2004 zijn de eerste stappen gezet voor structurele monitoring van de grondwaterkwaliteit in het projectgebied in de Kempen. Aan het meetnetontwerp lag geen uitgebreide studie ten grondslag. In een workshop met betrokkenen zijn, op basis van gebiedskennis, 111 locaties geselecteerd voor bemonstering van grondwater. Het meetnet kent vier typen locaties ten behoeve van de monitoring en deze sluiten aan bij het geïntegreerde meetnet bodem- en grondwaterkwaliteit van de provincie Noord-Brabant en de provincie Limburg:

1. diffuse verontreiniging;
2. bedreigde objecten (zoals drinkwaterwinningen en natte natuur);
3. uitspoeling vanuit zinkassen;
4. instroom van mogelijk verontreinigd grondwater uit België.

Om de ontwikkeling van de grondwaterkwaliteit in de Kempen in de toekomst te monitoren wil ABdK een definitief ontwerp voor het grondwaterkwaliteitsmeetnet. De basis hiervoor zijn de resultaten van de twee ‘verkennende’ meetrondes grondwaterkwaliteit, overige databestanden met grondwaterkwaliteitsgegevens, kennis van het bodem- watersysteem en de resultaten van de modelstudies.

1.1 Doel opdracht

Het doel van de opdracht is het ontwerpen van een meetnet en een bijpassend meerjarig monitoringsprogramma, op basis van een evaluatie van het huidige meetnet voor de toestandsmonitoring van zware metalen in het grondwater van de Kempen. Hierbij dient voor de te onderscheiden geohydrologische en geochemische deelgebieden zowel de huidige toestand als de aanwezige trend gemonitord te worden.

2 Inventarisatie huidige situatie

Voorafgaand aan het meetnetontwerp is een inventarisatie gemaakt van de grondwaterkwaliteitsgegevens in het projectgebied van ABdK die binnen verschillende kaders zijn verzameld. Alle digitaal beschikbare gegevens zijn in het databestand opgenomen. Tabel 2.1 geeft een beknopt overzicht van de data. Bijlage A geeft een uitgebreider overzicht van de data, inclusief het aantal punten en een korte evaluatie.

Tabel 2.1: Overzicht data grondwaterkwaliteit in het projectgebied van Actief Bodembeheer de Kempen.

Oorsprong data	Eigenaar/opdrachtgever	opmerking
Landelijke en provinciale meetnetten bodem- en grondwaterkwaliteit	Provincie Noord-Brabant en Limburg	Zowel freatisch als dieper grondwater Limburg alleen 10 en 25 m-mv
Drinkwaterwinning	Brabant Water/ provincie Noord Brabant	Reguliere monitoring WLB + meetronde freatisch grondwater intrekgebied winning Budel
Gemeentelijke data	Gemeente Cranendonck, Bergeijk, Weert	Onderzoeken onverdachte locaties
Cd/Zn Kempen	ABdK/ provincie Noord-Brabant	• meetronde Tauw 1990 • data project gevalsafbakening (deels overlappende met andere data) • meetrondes grondwaterkwaliteit ABdK 2002-2004

Voor de inventarisatie van de huidige situatie is een bewerking op de dataset losgelaten. Een uitgebreide beschrijving van de dataselectie en databewerking is ook in Bijlage A opgenomen. Als eerste is de data onderverdeeld in vijf dieptetrajecten:

- 0-2 m-mv;
- 2-6 m-mv;
- 6-15 m-mv;
- 15-25 m-mv;
- dieper dan 25 m-mv.

Wanneer een locatie meerdere keren in de dataset voorkomt is steeds de meest recente meting gebruik voor verdere verwerking. Vervolgens is de data getoetst aan de streef- en interventiewaarde van zowel cadmium en zink, en op kaart weergegeven. Ook deze puntenkaarten zijn in bijlage A opgenomen.

De dataset is opgedeeld in homogene gebieden. De homogene gebieden bestaan uit:

- geologische ligging (Peelhorst, Centrale Slenk en Kempisch Plateau);
- landgebruik (landbouw, natuur en stedelijk gebied);
- hydrologische situatie (infiltratie, intermediair en kwel).

In grafieken is tenslotte een overzicht gegeven van de spreiding van cadmium en zink concentratie per deelgebied en per dieptetraject. Deze grafieken zijn in Figuur 2.1 tot en met Figuur 2.5 weergegeven. Vanwege late aanlevering zijn de data van de gemeenten Weert en Bergeijk niet in de grafieken opgenomen.

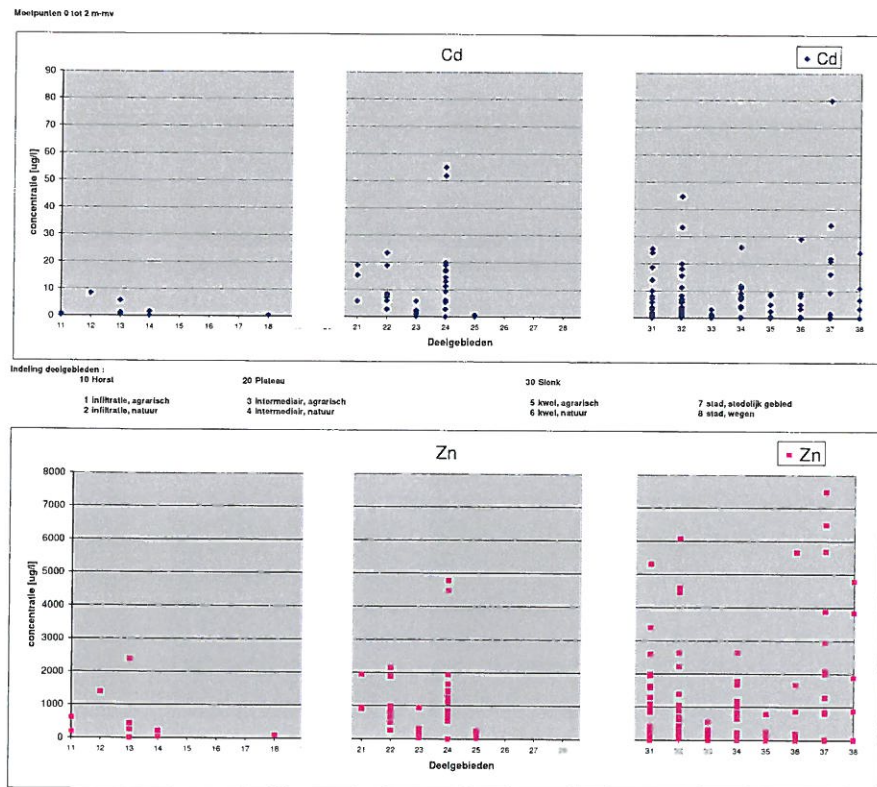
Peelhorst lijkt mee te vallen, maar het aantal gegevens is ook niet zo heel erg groot. De Peelhorst, ten oosten van de Peelrandbreuk ligt niet direct in het door atmosferische depositie belaste gebied. Dit is voor de Centrale Slenk en het Kempisch Plateau wel het geval (respectievelijk in de depositiepluim van de zinkfabriek in Budel en de Vlaamse zinkfabrieken).

Uit de grafieken blijkt een duidelijke afname van de concentratie met de diepte. Op een diepte > 15 m-mv wordt nauwelijks een overschrijding van de interventiewaarde aangetroffen. Dit heeft enerzijds te maken met de reistijd van het grondwater. In infiltratiegebieden is op 20 m-mv de mediane ouderdom van het grondwater ca. 23 jaar. Voor intermediaire en kwelgebieden loopt deze ouderdom nog veel verder op. Anderzijds heeft het te maken met een toename van de capaciteit van de ondergrond om zware metalen te binden.

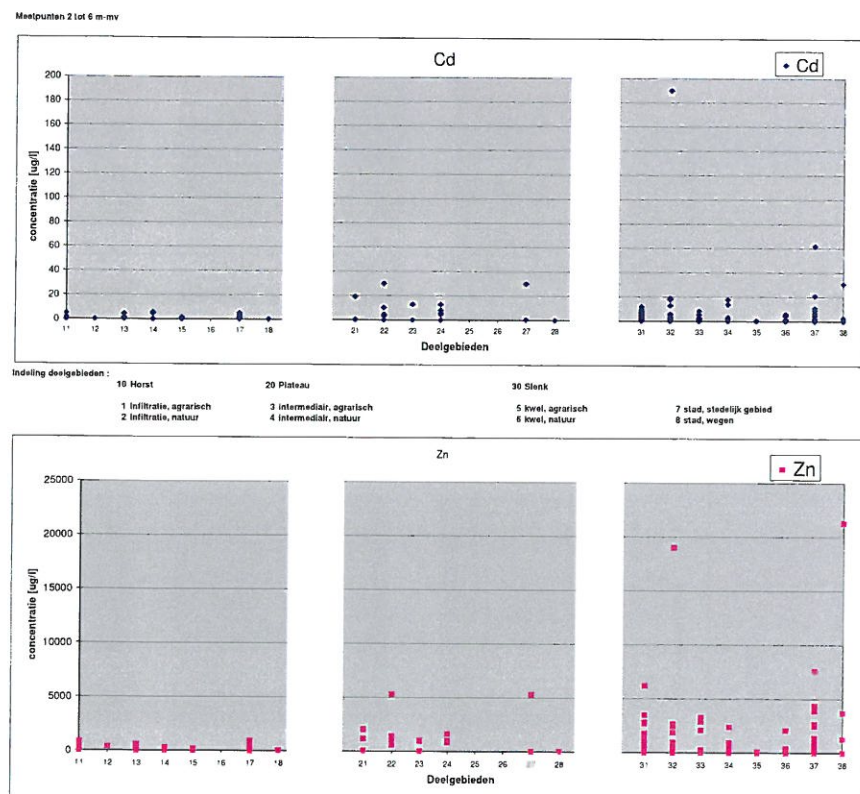
Op basis van de spreidingsdiagrammen lijkt er geen verschil te bestaan in de hoogte van de concentraties tussen de Centrale Slenk en het Kempisch Plateau. Wel zijn de concentraties in de infiltratie en intermediaire gebieden hoger dan in de kwelgebieden. Deze verschillen zijn nu wel minder groot dan wanneer alleen de metingen van de provinciale en landelijke meetnetten aangevuld met de ABdK metingen worden gebruikt (zie bijvoorbeeld Van der Grift et al., 2004 en Van der Grift, 2004 en Van der Grift en Broers, 2005). Mogelijk zegt dit wat over de kwaliteit van de gemeentelijke data. De meetpunten in het stedelijk gebied zijn vrijwel allemaal gemeentelijke data. Hoewel deze van onverdachte locaties afkomstig zijn, blijkt wel dat de concentraties over het algemeen erg hoog zijn. Ondanks de extra data maakt het meenemen van gemeentelijke data de interpretatie van de grondwaterkwaliteittoestand niet eenduidiger.

Uiteindelijk blijkt dat de huidige situatie voor het grondwater in de Kempen tot een diepte van ca 6 m-mv slecht te noemen is. Dit grondwater kan verder infiltreren naar grotere dieptes, maar minstens zo belangrijk is dat het oppervlaktewater voor een heel groot deel gevoed wordt door het ondiepe grondwater. Op basis van deze gegevens kan verwacht worden dat uitspoeling naar het oppervlaktewater voor de komende decennia nog aan zal houden of zelfs toe kan nemen.

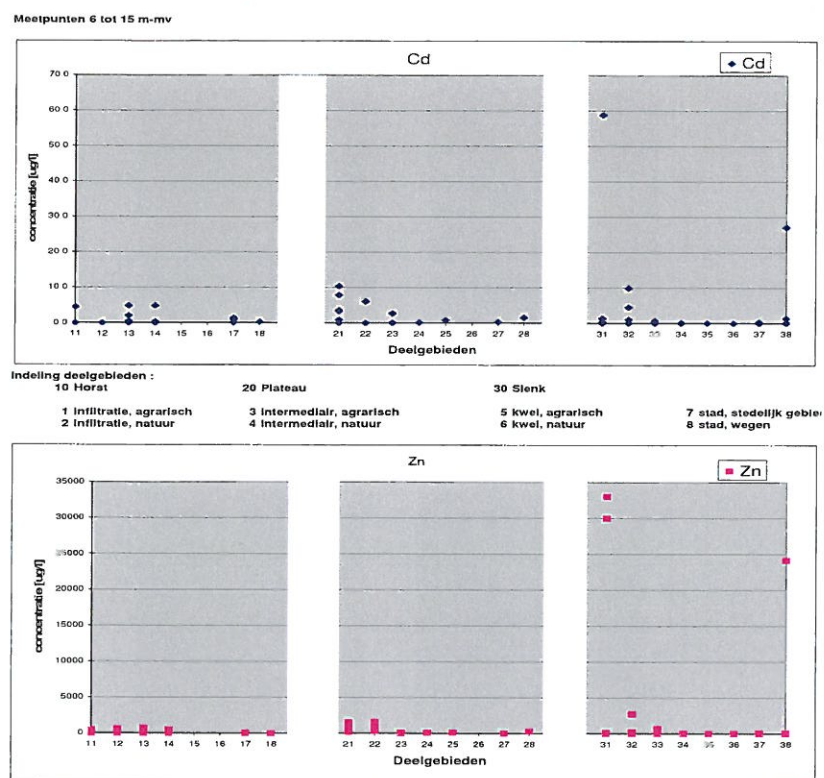
Figuur 2.1: Cadmium en zink in homogene deelgebieden 0-2 m-mv



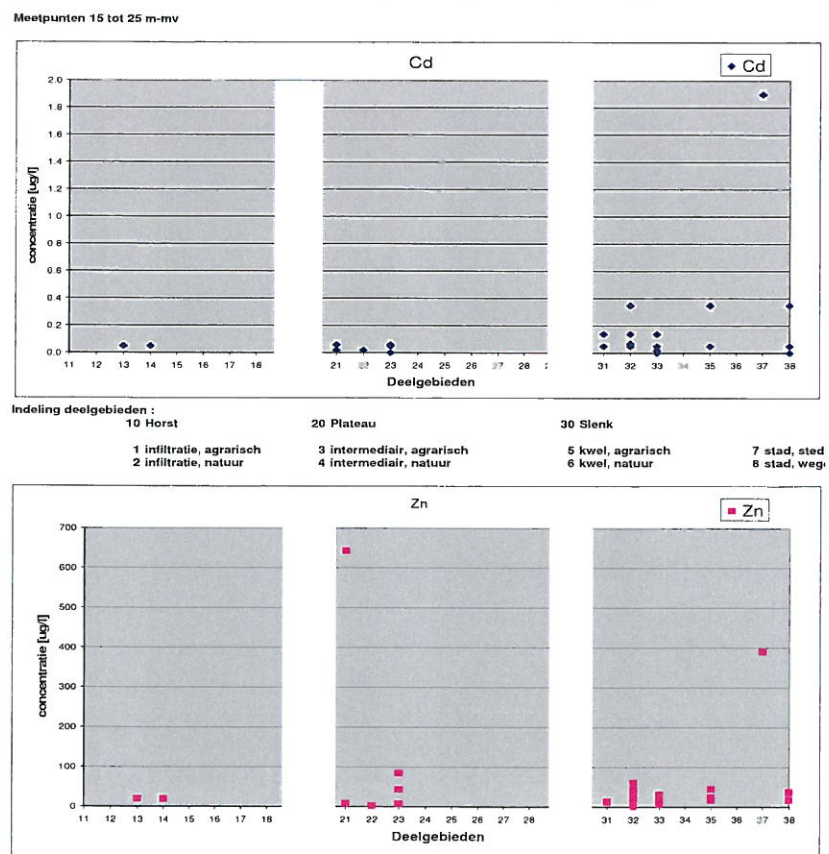
Figuur 2.2: Cadmium en zink in homogene deelgebieden 2-6 m-mv



Figuur 2.3: Cadmium en zink in homogene deelgebieden 6-15 m-mv

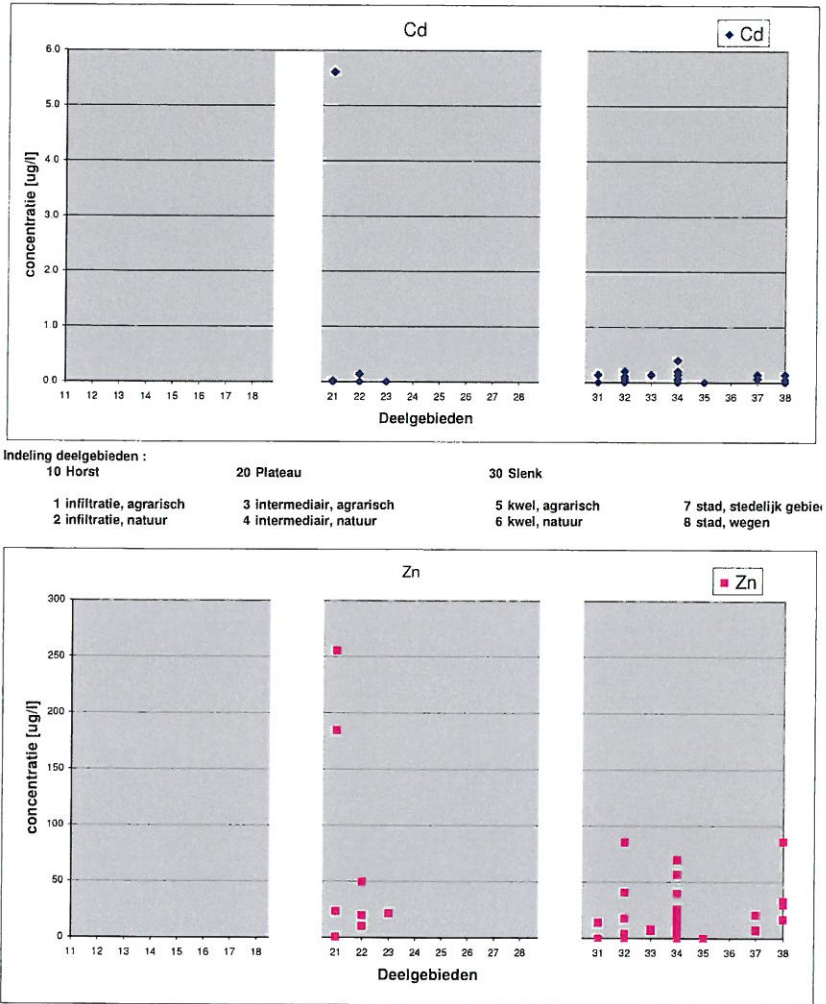


Figuur 2.4: Cadmium en zink in homogene deelgebieden 15-25 m-mv



Figuur 2.5: Cadmium en zink in homogene deelgebieden >25 m-mv

Meetpunten >25 m-mv



3 Ontwerp Meetnet

3.1 Meetnetdoelstellingen

3.1.1 *Beleidsmatige doelstellingen*

Vaak zijn voor de regionale meetnetten grondwaterkwaliteit de volgende hoofd-doelstellingen geformuleerd, waaraan het meetnet na inrichting dient te voldoen:

- A. Inventarisatie van de kwaliteit (chemische samenstelling) van het grondwater in relatie met de (regionale) grondwatersystemen.
- B. Het verschaffen van informatie welke nodig is voor een verantwoord kwalitatief beheer van de bodem met hierin het grondwater.
- C. Het onderkennen van trendmatige kwaliteitsveranderingen in het grondwater. Het bewaken van de kwaliteit van het grondwater, onderkenning van het verloop van de kwaliteitsbeïnvloeding en de snelheid waarmee bepaalde vormen van verontreinigingen in het compartiment bodem (grondwater) worden verplaatst.

In de offerteaanvraag voor het meetnetontwerp stelt ABdK dat het meetnet en het bijpassend meerjarige monitoringsprogramma ook aan de volgende uitgangspunten moet voldoen:

- Het principe van het meetnet grondwater moet voortbouwen op eerdere meetron-des, die de verspreiding van zware metalen in de Kempen in beeld hebben gebracht.
- Het te ontwerpen meetnet en meetprogramma moeten aansluiten bij de routinema-tige grondwatermeetnetten van de provincie Noord-Brabant en Limburg.
- Het meetnet en meetprogramma moeten minimaal voldoen aan de eisen die de bei-de provincies stellen aan meetnetten.
- Het meetnet en meetprogramma moeten aansluiten bij de geplande monitoring voor de Kader Richtlijn Water (KRW) en rekening houden met de concept grondwater richtlijn.
- Het meetnet en meetprogramma moeten inspelen op de mogelijke geochemische vastlegging van zware metalen in het anaerobe grondwater van de Kempen.
- De resultaten moeten geschikt zijn voor validatie van modelresultaten en informatie opleveren om toekomstige maatregelen door te kunnen rekenen.
- Bij het ontwerp moet rekening gehouden worden met de beschermingniveaus die voor het diepe grondwater (dieper dan 15 m) onderscheiden worden:
 1. grondwater met een functie voor de publieke drinkwatervoorziening;
 2. grondwater met een ecologische functie;
 3. grondwater met een oorspronkelijke, natuurlijke kwaliteit;
 4. grondwater dan niet of nauwelijks op natuurlijke wijze wordt aangevuld.

3.1.2 *Technische doelstellingen*

Voor het meetnetontwerp zoals dat in dit rapport wordt voorgesteld zijn de be-leidsmatige doelstellingen zoals hierboven beschreven, vertaalt naar een aantal technisch meetbare doelstellingen. Hierbij is grotendeels uitgegaan van de sugges-ties van Broers en Peters (2000) en Baggelaar en van Beek (1995). In deze rappor-ten is de evaluatie van meetgegevens gericht op het vaststellen van eigenschappen

van gebieden (ook gebiedstypen genoemd) en worden de meetgegevens opgevat als een aselechte steekproef uit de respectievelijke gebieden waarmee gebiedseigenschappen worden geschat.

Doelstelling A kan als volgt worden aangescherpt:

- A1. Het verkrijgen van een betrouwbare schatting van 'typische waarden' van relevante chemische parameters in het betreffende gebied. Als maat voor typische waarde zijn zowel de mediaan (P50) als het 75 percentiel (P75) geschikt. Voor zware metalen voldoet dit beter dan een gemiddelde waarde + standaarddeviatie. Zware metaalconcentraties worden namelijk meestal gekenmerkt door sterke scheve verdelingen. Enkele uitschieters met extreem hoge concentraties domineren dan de karakteristiek van de 'typische waarden'
- A2. Het aantonen van verschillen in typische waarde tussen gebieden.

Voor doelstelling B kunnen de concentraties van de meetgegevens worden vergeleken met geaccepteerde streefwaarden, drinkwaternormen of andere geaccepteerde concentratieniveaus die een bepaalde graad van menselijke invloed of verontreiniging aangeven. Aangescherpte doelstellingen zijn:

- B1. Het verkrijgen van een betrouwbaar signaal over het al dan niet optreden van normoverschrijding voor een relevante parameter in het gebied.
- B2. Het verkrijgen van een betrouwbare schatting van het percentage normoverschrijdingen van een relevante parameter in het gebied. Deze doelstelling is ambitieuzer dan doelstelling B1: we bepalen niet alleen of er normoverschrijdingen zijn maar willen ook weten hoe groot het gebied is waar normoverschrijdingen plaatsvinden.

Doelstelling C kan als volgt worden aangescherpt:

- C1. Het verkrijgen van een betrouwbaar signaal of er al dan niet toe- of afname van concentraties van een relevante parameter optreedt. Met andere woorden: kunnen in het gebied aanwezige trends ook daadwerkelijk worden aangetoond.
- C2. Het verkrijgen van een betrouwbare schatting over de grootte van de toe- of afname van de typische waarden in een bepaald gebied. Als maat voor de typische waarde is de mediane concentratie geschikt.
- C3. Het verkrijgen van een betrouwbare schatting over de grootte van de toe- of afname van het percentage normoverschrijdingen in een bepaald gebied.

De doelstellingen staan in volgorde van toenemende ambitie; om doelstelling C3 te realiseren is een uitgebreider meetnet nodig dan om doelstelling C1 en C2 te halen.

Voorgesteld wordt om voor gebieden met een verschillend risico voor verhoogde concentratie, doelstellingen met een verschillend ambitieniveau te hanteren. Een koppeling tussen meetdoelstelling en risico-inschatting wordt gegeven in Tabel 3.1. Uit de tabel blijkt duidelijk dat we hogere eisen stellen aan het meetnet in de hoogrisicogebieden dan aan dat in de middel- en laagrisicogebieden.

Tabel 3.1: Voorstel voor gedifferentieerde doelstelling voor gebieden met verschillend risico voor grondwaterverontreiniging.

Doelstelling	hoog risico gebieden	middel risico gebieden	laag risico gebieden
A1 vaststellen typische waarden in het gebied (mediaan of P75)	X	X	X*
A2 aantonen verschillen tussen gebieden	X		X**
B1 signaleren van het voorkomen van overschrijdingen (signaalfunctie) in het gebied	X	X	
B2 vaststellen percentage overschrijdingen in het gebied	X		
C1 signaleren van trends in het gebied	X	X	
C2 vaststellen van grootte van trend in typische waarde (mediaan) in het gebied	X		
C3 vaststellen van trends in percentage normoverschrijdingen in het gebied	X		

* achtergrondwaarde

** referentiefunctie

3.2 Meetnetontwerp

In dit rapport wordt een ontwerp neergelegd voor een systeemgericht meetnet dat rekening houdt met gebiedskenmerken die de risico's van verspreiding van cadmium en zink bepalen. Onder verspreiding verstaan we:

- Infiltratie van verontreinigd grondwater naar diepere bodemlagen. Dit betekent dus in feite een toename van het volume verontreinigd grondwater. Verspreiding naar dieptes groter dan ca 35 m-mv wordt onwaarschijnlijk geacht.
- Uitspoeling van verontreinigd grondwater naar het oppervlaktewater. Deze uitspoeling vindt plaats via drains, greppels of slootjes die onder natte omstandigheden water afvoeren of grondwater dat direct in de nabijheid van een beek kwelt.

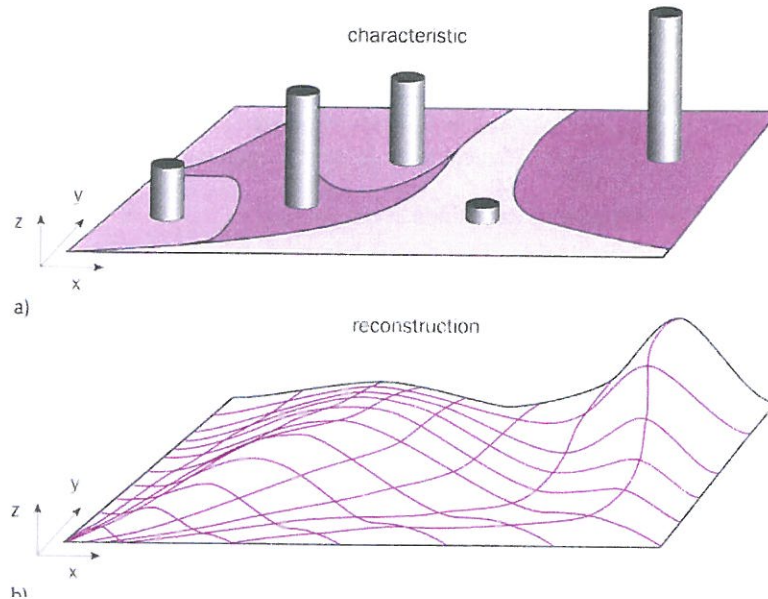
Gebiedskenmerken die deze verspreidingsrisico's bepalen zijn:

- de stromings situatie van grondwater;
- de afstand tot de bron (de zinkfabrieken in de Kempen);
- de gevoeligheid van de bodem voor uitspoeling;
- het landgebruik.

Een puur statistisch meetnet, gebaseerd op een steekproef waarbij gemiddelde of mediaan concentraties of de kans op normoverschrijding per homogeen gebiedstype worden berekend (zie Figuur 3.1), werkt in de Kempen niet doordat we hierbij te maken hebben met puntbronnen van de verontreiniging, met als gevolg een trendmatige verandering van de belasting van de bodem in het gebied. De provinciale meetnetten bodem- en grondwaterkwaliteit en het landelijk meetnet grondwaterkwaliteit zijn voorbeelden van dergelijke op steekproeven gebaseerde meetnetten.

Een homogeen gebiedstype in zo'n meetnet wordt gekenmerkt door een vergelijkbaar bodemtype, landgebruik en hydrologische situatie en daardoor een vergelijkbaar risico op verontreiniging van het grondwater. In de Kempen zal binnen een homogeen gebiedstype altijd een ruimtelijke trend aanwezig zijn omdat locaties dicht bij één van de bronnen een hogere belasting door atmosferische depositie hebben gehad.

Toch is het niet verstandig om het concept van (homogene) gebiedstypes helemaal overboord te zetten. Voor het ontwerp van het meetnet en interpretatie van de resultaten zal onderscheid gemaakt moeten worden in de verschillende gebiedskenmerken zoals hierboven beschreven.



Figuur 3.1: Ontwerp meetnet: steekproef (normaal kwaliteitsmeetnetten) vs. interpolatie (kwantiteitsmeetnetten)

3.2.1 *Risico's als gevolg van locatie landgebruik, bodemtype en hydrologie en afstand tot de smelters*

In het voorgaande hoofdstuk is beschreven dat het meetnet wordt ingericht op basis van risico's voor verontreiniging van het diepere grondwater en uitspoeling van metalen naar het oppervlaktewater. Hoe groter het risico, hoe hoger de meetnetambitie moet zijn, dus meer meetpunten die met een korter tijdsinterval worden bemonsterd. Hiervoor moeten de risico's van de onderscheiden gebiedstypekenmerken eerst worden ingeschat. Tabel 3.2 en Tabel 3.3 geven de risico's voor infiltratie van verontreinigd grondwater en belasting van oppervlaktewater door uitspoeling van verontreinigd grondwater.

Tabel 3.2: Risico's voor infiltratie van verontreinigd grondwater.

	hoog risico	midden risico	laag risico
hydrologie	Infiltratie	Intermediair	kwel
bodemtype	Ongedraineerde zure zandgronden met diepe grondwaterstanden	gedraineerde zandgronden met ondiepere grondwaterstanden	beekdalgronden
landgebruik	natuur	landbouw	
locatie	nabij smelters		veraf

Tabel 3.3: Risico's voor belasting van oppervlaktewater door uitspoeling van verontreiniging grondwater

	hoog risico	midden risico	laag risico
hydrologie	intermediar	kwel	infiltratie
landgebruik	natuur	landbouw	
bodemtype	gedraineerde zandgronden met ondiepere grondwaterstanden	beekdalgronden	Ongedraineerde zure zandgronden met diepe grondwaterstanden
Locatie	nabij smelters		veraf

Toelichting hydrologie:

De infiltratiegebieden, dit zijn de voedingsgebieden van het diepere grondwater. Dit zijn de hooggelegen ruggen tussen de beekdalen. De bodem (hier meestal zure zandgronden met diepe grondwaterstanden) is gevoelig voor uitspoeling van zware metalen naar het bovenste grondwater en verder infiltratie naar diepere bodemlagen. Grondwater dat hier infiltreert, zal een lange weg afleggen voordat het weer kwelt.

Intermediaire gebieden, tussen de beekdalen en hooggelegen ruggen. De landbouwgronden in deze gebieden zijn vaak gedraineerd met drainbuizen, greppels en kleine slootjes. Intermediaire natuurgebieden worden gekenmerkt door relatief hoge grondwaterstanden.

Kwelgebieden. Dit zijn de beekdalen waar regionaal diep grondwater kwelt.

Toelichting bodemtype

Bodemtypes zijn vaak gecorreleerd aan de hydrologische situatie. Zo vinden we in infiltratiegebieden meestal zure zandgronden met diepe grondwaterstanden. Deze zijn gevoelig voor uitspoeling van metalen naar het bovenste grondwater. In kwelgebieden vinden we vaak beekdalgronden. Deze worden gekenmerkt door een hoog organisch stofgehalte (in beekdalen zien we vaak veengronden of moerige gronden) en een neutrale pH. Deze bodems zijn ondanks dat de grondwaterstand aan maaiveld kan staan veel minder gevoelig voor uitspoeling van metalen. Metalen worden in zulke bodems geaccumuleerd.

Toelichting landgebruik

Als gevolg van onderhoudsbekalking heeft de bovengrond van landbouwbodems een hogere pH dan vergelijkbare bodems in natuurgebieden. Het gevolg hiervan is dat metalen met een sterk pH-afhankelijke sorptie, zoals cadmium, zink en nikkel, sneller uitspoelen in natuurgebieden op zure zandgronden. Sterk bindende metalen zoals koper en lood worden vaak onder landbouwbodems in hogere concentraties aangetroffen. Dit komt doordat landbouwbodems als gevolg van bemesting met dierlijke mest hogere DOC concentratie in het poriewater hebben. Dit DOC werkt als een 'carrier' voor metalen zoals koper en lood.

3.2.2 *Gebiedstype indeling*

Voor dit meetnetontwerp zal een keuze gemaakt moeten worden voor een gebiedstype indeling als basis voor de inrichting van het meetnet. Door ABdK is aangegeven dat het meetnet het gehele, door atmosferische depositie belaste gebied moet dekken. Voor de inrichting van het meetnet en het monitoringsplan is het verstandig om het ambitieniveau afhankelijk te maken van het risiconiveau (zie ook paragraaf 3.1.2). Uit de bovenstaande paragrafen blijkt dat afhankelijk van het meetdoel (monitoring infiltratie verontreinigd grondwater naar diepere bodemlagen of monitoring uitspoeling verontreinigd

grondwater naar oppervlaktewatersysteem) in verschillende gebieden het hoogste ambitieniveau ligt.

Risico voor diepere grondwater

Het hoogste risico voor uitspoeling van cadmium en zink naar het diepere grondwater ligt in natuurinfiltratiegebieden nabij de zinksmelters. De grootste meetinspanning moet dus in dit gebiedstype worden ingezet.

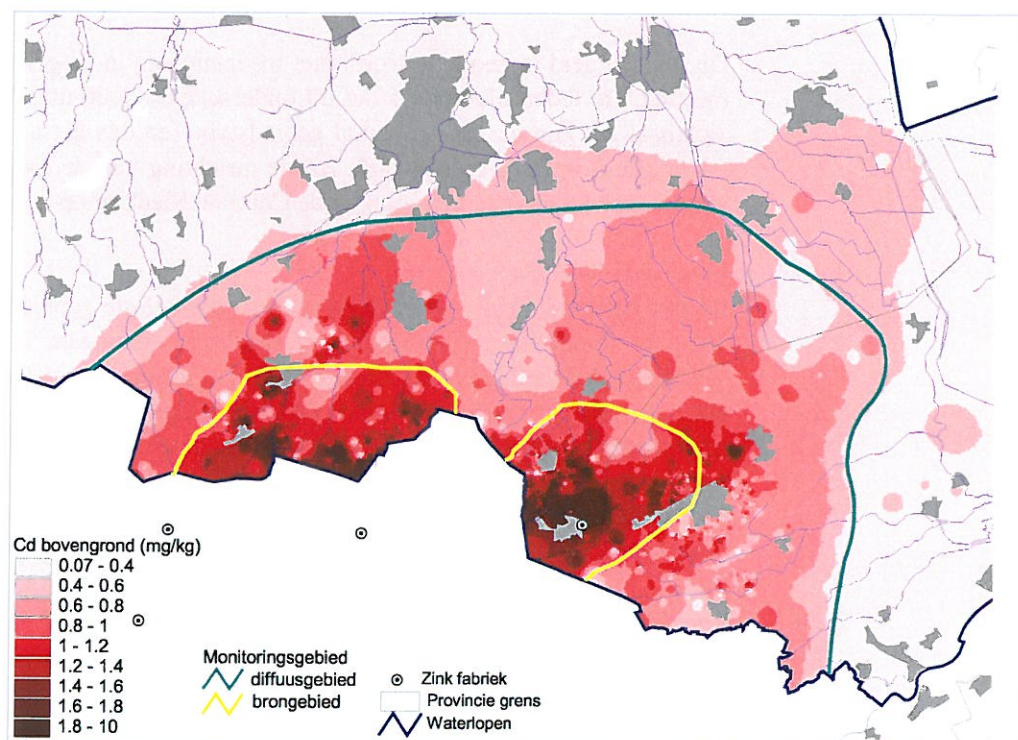
Risico voor belasting oppervlaktewater

Op basis van eerdere meetrondes grondwaterkwaliteit, een kwantitatieve systeemanalyse en modelberekeningen blijkt dat het hoogste risico voor uitspoeling van cadmium en zink naar het oppervlaktewatersysteem, ligt in de gedraineerde, intermediaire gebieden. De bodem in zulke gebieden is veel gevoeliger voor uitspoeling van zware metalen naar het bovenste grondwater dan de bodems in kwelgebieden. Het bovenste grondwater bevat in deze intermediaire gebieden vaak verhoogde concentraties. In de kwelgebieden liggen de concentraties meestal beneden de streefwaarde. Tijdens natte periodes zal het drainage systeem (drainbuizen, slootjes en greppels) water afvoeren naar de beek. Dit drainagewater is gevoed uit het bovenste grondwater dat hoge concentraties aan metalen kan hebben. Verontreinigd ondiep grondwater in de intermediaire gebieden zal op korte of middellange termijn het oppervlaktewater voeden. De echte infiltratiegebieden zijn vanuit het oogpunt van oppervlaktewaterkwaliteit niet echt relevant. Transporttijden van zware metalen in deze grote systemen zijn te groot.

Het meetnet moet gegevens opleveren over de uitspoeling naar het diepere grondwater en naar het oppervlaktewatersysteem. Gebiedskenmerken die in Tabel 3.2 als hoog risico zijn gekenmerkt, zijn in Tabel 3.3 vaak bij de categorie laag risico ingedeeld. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het onderscheid tussen de laag en midden risico gebieden met bijbehorende gedifferentieerde doelstellingen, waarop normaal gesproken een meetnetontwerp gebaseerd is, voor het meetnet grondwaterkwaliteit de Kempen eigenlijk niet zo zinvol is. Het komt er op neer dat zowel in infiltratiegebieden als in intermediaire gebieden het ambitieniveau voor het meetnet hoog ligt. Hierin willen we de typische waarde van concentraties in het grondwater, het percentage normoverschrijding en trends kunnen vaststellen. In de kwelgebieden kan het ambitieniveau lager worden gekozen. Het vaststellen van trends in dit gebiedstype is niet primair van belang.

Afstand tot bron

Een kenmerk waarop het daarnaast zinvol is een onderscheid te maken is de afstand tot de zinksmelterijen. Dit kan worden gedaan door het gebied onder te verdelen in een bronzone rondom de zinksmelterijen en een relatief laag belast gebied. Dit laatste kunnen we als pluimzone kenmerken. Dit moeten we dan niet verwarren met de bron- en pluimbenadering die normaal gesproken bij een saneringsgeval wordt gebruikt en we noemen het daarom 'diffuus gebied'. Voor beide gebieden geldt echter wel dat atmosferische depositie de belangrijkste bron is van verhoogde metaalgehalten in de bodem en het grondwater is. De ligging van de bron en pluimzone kunnen we dan ook het beste baseren op de kartering van de zware metaalgehalten in de bovengrond (CSO, 2001). In Figuur 3.2 is het brongebied en het pluimgebied voor het meetnet grondwaterkwaliteit de Kempen weergegeven. De grens van het pluimgebied ligt bij een cadmiumgehalte in de bovengrond van circa 0,4 mg/kg. De grens van het brongebied ligt bij een cadmiumgehalte van circa 1 mg/kg.



Figuur 3.2: Het door diffuse atmosferische depositie belaste gebied waaruit het monitoringsgebied voor het meetnet grondwaterkwaliteit de Kempen is afgeleid met hierin het brongebied en het diffuusgebied.

Het onderscheid in een brongebied en in een diffuus gebied wordt gebruikt voor de verdeling van de meetpunten en voor de meetnetdoelstellingen. Zo is niet van primair belang om de trend doelstellingen uit Tabel 3.1 voor het diffuus gebied te halen. Ook is wenselijk om in het brongebied een hogere dichtheid van meetpunten te hebben. Dit kan worden gerealiseerd door het aantal meetpunten per gebiedstype gelijkmatig over het brongebied en diffuus gebied te verdelen. Het oppervlak van het diffuus gebied is immers veel groter dan van het brongebied. Door het aantal meetpunten in het brongebied en diffuus gebied gelijk te houden kunnen de resultaten gemakkelijk met elkaar vergeleken worden.

Onderscheid Horst-Slenk

Naast de hierboven beschreven kenmerken kan het gebied ook nog worden onderverdeeld op basis van geologie. De Centrale Slenk kenmerkt zich door een relatief dikke deklaag (Formatie van Bortel) met daaronder een grof grindig pakket. De deklaag bevat heterogene klei-, leem- en veenafzettingen met een relatief hoge reactiviteit en een lage hydraulische doorlatendheid waardoor het verticale transport van metalen wordt geremd. De verhoogde concentraties zware metalen bevinden zich overal nog in de deklaag.

De deklaag op het Kempisch Plateau is veel dunner of zelfs afwezig. De stoffen komen vrijwel direct in de kwetsbare Formatie van Sterksel terecht. Dit pakket heeft een hoge hydraulische doorlatendheid en een lage reactiviteit. Hierdoor is de transportsnelheid van zware metalen in de bovenste meters van de ondergrond veel hoger dan in de Centrale Slenk. De verontreiniging wordt hier tot nu toe dan ook veel dieper waargenomen. Met het toenemen van de diepte zal de transportsnelheid afnemen omdat de stoffen dan in afzettingen terechtkomen die een hogere reactiviteit bezitten (de Formatie van Stamproy die onder de Formatie van Sterksel ligt).

Dit onderscheid in geologie wordt niet meegenomen in de gebiedstype indeling van het meetnet. De reden hiervoor is dat dit onderscheid alleen maar in de infiltratiegebieden zichtbaar zal zijn en dat het aantal gebiedstype (en dus het aantal meetpunten) met dit onderscheid wel erg groot wordt. Bij de inrichting van de locaties zal er wel rekening worden gehouden met de ligging in de Centrale Slenk of op het Kempisch Plateau.

3.2.3 *Bedreigde objecten*

Binnen het door diffuse atmosferische depositie belaste gebied ligt een aantal bedreigde objecten (drinkwaterwinningen, industriewaterwinningen, natte natuurgebieden) met specifieke doelstellingen ten aanzien van monitoring, zowel vanuit de KRW als vanuit het nationale en regionale beleid. Deze bedreigde objecten worden daarom niet als meetnetdoel in dit generieke meetnet meegenomen. Uiteraard zijn er uit het generieke meetnet wel conclusies te halen over de status van de bedreigde objecten ten aanzien van de cadmium- en zinkverontreiniging, maar er worden dus geen peilbuizen geplaatst om de toestand van één of meerdere specifieke bedreigde objecten te monitoren.

3.2.4 *Aansluiting bij provinciale meetnetten*

De gebiedskenmerken die verspreidingsrisico's van zware metalen in het bodemwatersysteem bepalen, zijn de basis voor de gebiedstype indeling. Eén van de voorwaarden die aan het meetnet grondwaterkwaliteit de Kempen wordt gesteld, is dat het meetnet en meetprogramma moeten aansluiten bij de routinematige grondwatermeetnetten van de provincie Noord-Brabant en Limburg. Ook voor de gebiedstype indeling is deze aansluiting gewenst. Het Provinciaal Meetnet Bodemkwaliteit en Provinciaal Meetnet Grondwaterkwaliteit van de provincie Noord-Brabant zijn qua uitvoering en rapportage geïntegreerd tot één meetnet (Van der Grift et al., 2003). Hiervoor is een gebiedstype indeling ontworpen die voor beide meetnetten voldoet. De basis van deze gebiedstype indeling is ook prima geschikt voor het meetnet grondwaterkwaliteit de Kempen omdat het recht doet aan de verspreidingsrisico's zoals in de voorgaande paragraaf is geformuleerd. Tabel 3.4 geeft de indeling van dit geïntegreerde meetnet. Deze indeling is ook de basis voor opzet van het KRW-meetprogramma grondwater dat voor het stroomgebied Maas is ontwikkeld (Broers et al., 2005). Aansluiting met het KRW-meetprogramma grondwater is hiermee gewaarborgd.

Bij het landgebruik wordt alleen onderscheid gemaakt in landbouw en natuur. Voor de regionale kwel- en infiltratiegebieden wordt de hydrologische indeling gebruikt van het grondwaterkwaliteitsmeetnet, voor de intermediaire gebieden wordt ook het onderscheid naar bodemtype uit het bodemkwaliteitsmeetnet meegenomen. Het voordeel daarvan is dat in de intermediaire gebieden een hydrologische detaillering ontstaat die bij eerdere evaluaties relevant bleek. Het resultaat is een geïntegreerde indeling met acht klassen.

ABdK heeft de wens geuit om het aantal gebiedstypen te beperken, indien dit tenminste te verantwoorden is. De vraag moet dan gesteld worden of de detaillering in de *lb-int* gebieden moet worden aangehouden. Het onderscheid op bodemtype in dit gebiedstype is met name ingegeven vanuit de nitraatproblematiek. Voor zware metalen kan verwacht worden dat het onderscheid in bodemtypes veel minder sterk terug is te zien in de grondwaterconcentraties. Het is dan vanuit kosten-effectiviteit zinvol om gebieden samen te voegen. Om dit in de Kempen te testen is de dataset van grondwatermetingen in *lb-int* gesplitst op basis van bodemtype en vervolgens is berekend of deze deelgebieden van elkaar verschillen. Gebleken is dat er voor de cadmium- en

zinkconcentratie geen onderscheid is tussen droge en natte podzols. Voor droge- en natte eerdgronden is dit verschil wel duidelijk aanwezig (zie bijlage B). Voor zink lijkt de concentratieverdeling onder droge eerdgronden en podzols sterk op elkaar. Bij cadmium is dit een stuk minder het geval. De concentraties onder podzolgronden zijn lager dan onder de droge eerdgronden.

Tabel 3.4: Overzicht overkoepelende indeling bodem- en grondwaterkwaliteitsmeetnet provincie Noord-Brabant

code	gebiedstype	motivatie/beschrijving
lb-inf	landbouw-infiltratie	uitsluitend droge gronden in de regionale infiltratiegebieden
n-inf	natuur-infiltratie	uitsluitend droge gronden in de regionale infiltratiegebieden
kwel	kwelgebieden	natte gronden in regionale kwelgebieden
n-int	natuur-intermediair	geen nader onderscheid naar bodemtype
lb-int-ed	landbouw-intermediair-droge eerd	oude landbouwgronden op droge delen binnen intermediaire gebied
lb-int-pd	landbouw-intermediaire-droge podzol	overige droge delen binnen intermediaire gebied, vaak later in cultuur gebracht
lb-int-en	landbouw-intermediair-natte eerd	natte landbouwgronden, meestal in de beekdalen in het intermediaire gebied
lb-int-pn	landbouw-intermediair-natte podzol	overige natte delen binnen intermediaire gebied, vaak later in cultuur gebracht door drainage
overig	restklasse	onder andere moerige gronden en onduidelijke meetpunten qua hydrologische indeling (niet nader mee te nemen in integrale deel van de rapportages)

Ook is te zien dat de concentratieverdeling voor zink onder natte eerdgronden sterk vergelijkbaar is met de kwelgebieden. Voor cadmium is dit minder het geval. De natte eerdgronden zijn vaak beekerdgronden en zijn geografisch sterk verwant met bodem in de kwelgebieden. Daarom kunnen we eigenlijk beter spreken van natte gebieden waaronder de kwelgebieden en natte eerdgronden vallen. In het meetnet grondwaterkwaliteit de Kempen kunnen we dit als één gebiedstype beschouwen.

Op basis van de analyse in de voorgaande paragrafen wordt voorgesteld om voor het meetnet de Kempen de volgende gebiedstypen te onderschrijven:

- n-inf
- n-int
- lb-inf
- lb-int (lb-int-ed + lb-int-pod-d + lb-int-pod-n)
- natte gebieden (kwel + lb-int-en)

3.2.5 Gebiedstypenkaart

Voor het meetnet grondwaterkwaliteit de Kempen is een nieuwe gebiedstypenkaart gemaakt (Figuur 3.4). Deze kaart is een overlay van een kwel-infiltratiekaart, een landgebruikkaart en een bodemkaart.

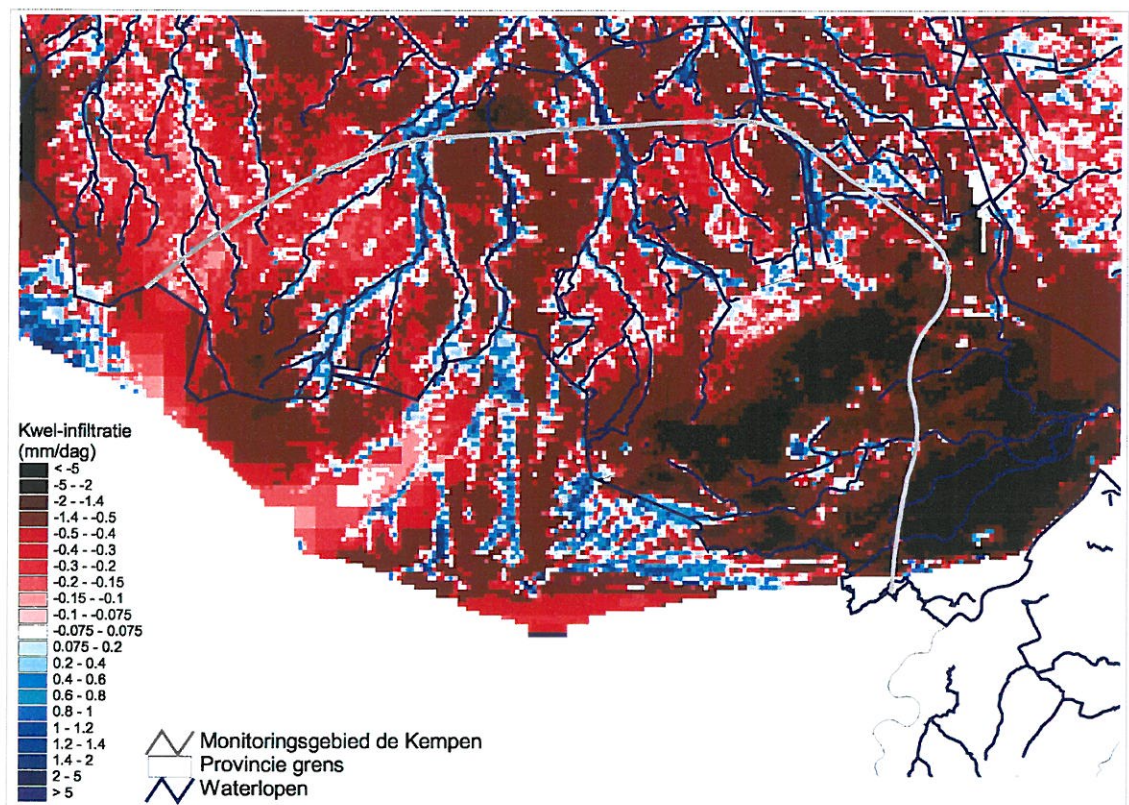
De kwel-infiltratiekaart (Figuur 3.3) is gemaakt met behulp van de resultaten van het 'Waterdoelenmodel'. Dit is een grootschalig 3D-stromingsmodel van de provincie Noord-Brabant. Het model dekt de provincie Noord-Brabant met overlappen in Vlaanderen en de provincie Limburg. Het wordt gebruikt voor de GGOR en andere

projecten waarin het nodig is om de regionale stroming van het grondwater en/of grondwaterstanden te simuleren. De berekende infiltratie of kwelintensiteit is gebuikt voor de kwel-infiltratiekaart. Gebieden met een berekende infiltratieflux van $> 0,4$ mm/dag zijn gekenmerkt als infiltratie gebieden. Gebieden met een berekende infiltratieflux tussen 0 en $0,4$ mm/dag zijn gekenmerkt als intermediaire gebieden. Gebieden met een berekende infiltratieflux van < 0 mm/dag zijn gekenmerkt als kwelgebieden.

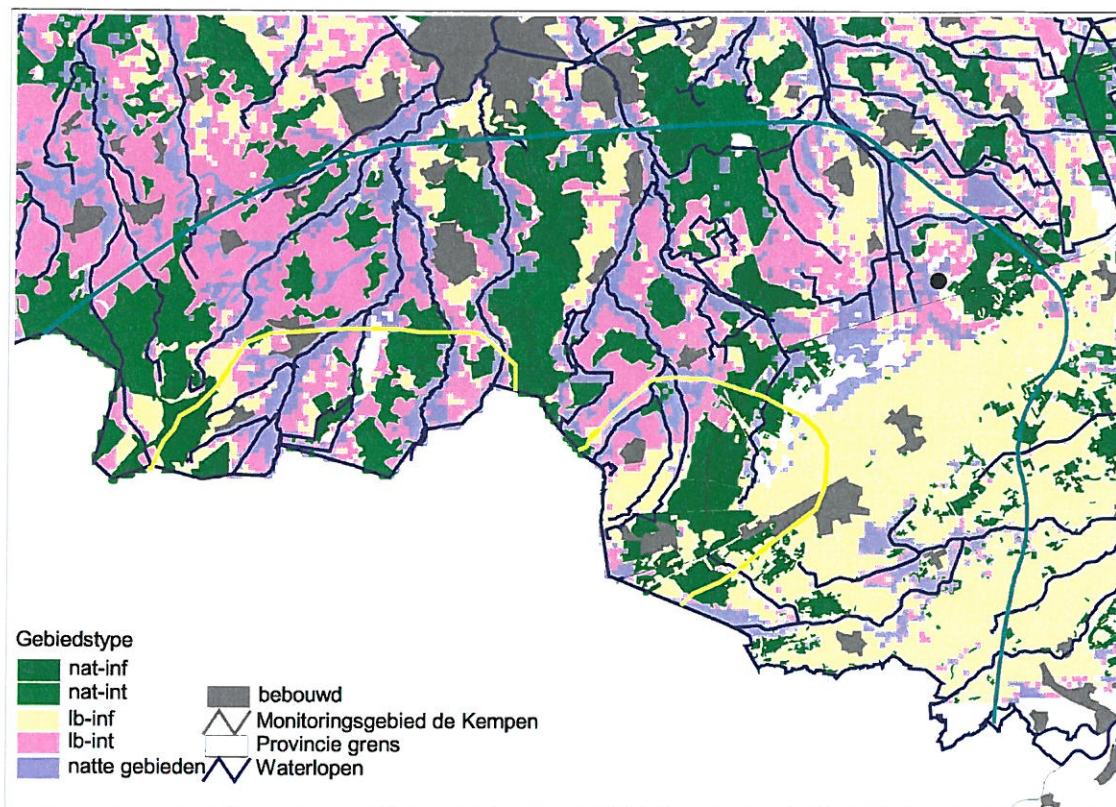
In de landgebruikkaart is een onderscheid gemaakt tussen landbouw, natuur en stedelijk gebied. Het stedelijke gebied wordt niet in dit meetnet meegenomen.

In de *lb-int* gebieden is een overlay gemaakt met de 1:50.000 digitale bodemkaart waarbij een onderscheid is gemaakt tussen natte-eerdgronden, droge-eerdgronden en podzols. De grens tussen natte en droge eerdgronden is bij grondwatertrap VI gelegd. Deze grens komt in theorie overeen met een GHG van ongeveer 50 cm. In de praktijk zijn de grondwaterstanden in Brabant dieper. In de praktijk blijkt een grens tussen droge en natte gronden bij een grondwatertrap VI wel te voldoen.

Een probleem met de bodemkaart overlay is dat niet alle zandgronden in het gebied als podzols of eerdgronden zijn geclassificeerd. Er is een vrij grote categorie overige zandgronden (bijvoorbeeld vaaggronden) deze zijn zonder veel discussie bij podzols in te delen. Daarnaast komen in het gebied een groot aantal bodems voor die als associatie zijn geclassificeerd. Deze zijn in de gebiedstype indeling voor dit meetnet ook bij podzols ingedeeld. Deze keuze is echter tamelijk arbitrair.



Figuur 3.3: Kwelinfiltratie monitoringsgebied de Kempen.



Figuur 3.4: Gebiedstypen meetnet grondwaterkwaliteit de Kempen.

Tabel 3.5 geeft een overzicht van het oppervlak van de gebiedstypen voor het meetnet grondwaterkwaliteit de Kempen. De afzonderlijke gebiedstypen zijn behoorlijk goed evenredig in het meetnet vertegenwoordigd.

Tabel 3.5: Oppervlaktes gebiedstypen meetnet de Kempen.

	oppervlakte km ²	% van Monitoringgebied	Brongebied km ²	Pluimgebied km ²
Totaal oppervlakte Monitoringgebied	724	100		
Pluimgebied	569	79		
Brongebied A	75	10		
Brongebied B	80	11		
Natte gebieden	107	15	22	84
Landbouw-Infiltratie	173	24	29	144
Landbouw-Intermediair	160	22	36	124
Natuur-Infiltratie	85	12	31	54
Natuur-Intermediair	92	13	13	78
overige gebieden	107	15		

3.3 Inrichting

Deze paragraaf behandelt het daadwerkelijke meetnetontwerp. Hierin worden keuzes gemaakt voor het aantal en de diepte van de filters per meetpunt (boring), het aantal in te richten meetpunten en de locaties van de meetpunten in het veld. Er wordt een minimale en maximale variant van het meetnet gepresenteerd. Kwalitatief en waar mogelijk kwantitatief wordt aangegeven wat de winst is van de maximale variant ten opzichte van de minimale variant.

3.3.1 Diepte filters

Het meetnet wordt ingericht met permanente peilbuizen. Voor dit meetnet hebben permanente peilbuizen duidelijke voordelen ten opzichte van tijdelijke peilbuizen waarmee het freatisch grondwater normaal gesproken in meetnetten wordt bemonsterd. Uiteraard brengt dit eenmalige hoge investeringskosten met zich mee. Deze zullen bij de exploitatie van het meetnet door de jaren heen gecompenseerd worden, doordat de bemonsteringskosten van vaste meetpunten veel lager zijn dan plaatsing en bemonstering van het freatisch grondwater door middel van de tijdelijke peilbuizen. De inrichting van de meetpunten is afhankelijk van het gebied waarin ze staan. In Tabel 3.6 staat de diepte van de boringen en de filterstelling van de minimale en maximale variant van het meetnet uitgewerkt. In verschillende gebieden zijn de filterdieptes bovenin gelijk en, met het toenemen van de diepte, afhankelijk van het soort gebied waarin ze staan.

Tabel 3.6: Diepte boringen en filters voor minimale en maximale variant van het meetnet

filter	diepte (m-mv)	lengte filter (m)	gebieden minimale variant	gebieden maximale variant	opmerking
1	net onder GLG	1	alle	alle	
2	4-5	1	alle	alle	
3	8-10	2	infiltratie en intermediair	infiltratie en intermediair	gelijk aan ondiep filter PMG/LMG
4	20-25	2	infiltratie	infiltratie en intermediair	gelijk aan diep filter PMG/LMG
5	ca 35	2	alleen infiltratie Kempisch plateau	infiltratie	

Voor de **minimale** variant van het meetnet is in de infiltratiegebieden tussen de beeklopen in de Centrale Slenk en het regionale infiltratiegebied rondom Budel en Weert een diepte van 25 m-mv voldoende. Op het Kempisch plateau is een grotere diepte gewenst. Zo'n 35 m-mv is hiervoor voldoende. De peilbuizen in infiltratiegebieden op het Kempisch plateau worden daarom uitgerust met een 5-de filter op zo'n 35 m-mv. In de intermediaire gebieden dicht bij de beekdalen is een maximale diepte tussen de 10 en 15 m-mv voldoende. Voor de beekdalen zelf volstaat een ondiep filter net onder de grondwaterspiegel en een filter op 4-5 m-mv.

In de **maximale** variant wordt in alle infiltratiegebieden tot 35 m-mv doorgeboord en worden alle peilbuizen met 5 filters uitgerust. In de intermediaire gebieden wordt tot 25 m-mv doorgeboord en deze peilbuizen worden uitgerust met 4 filters.

Uiteraard is de verspreiding van verhoogde concentraties cadmium en zink naar de diepte met de maximale variant van het meetnet beter te volgen dan met de minimale variant. Omdat de maximale variant meer meetpunten op grotere diepte heeft kan met een grotere zekerheid uitspraken worden gedaan of het diepere grondwater wel of niet wordt bedreigd. Hoe groot deze toename in zekerheid is valt op voorhand niet kwantitatief uit te drukken. Dit is namelijk afhankelijk van de concentraties die daadwerkelijk worden aangetroffen. Het is waarschijnlijk dat in een groot deel van de diepere filters nu en in de toekomst schoon grondwater wordt aangetroffen. Zulke informatie is echter ook van belang om de toestand van het grondwater te beschrijven.

Waar mogelijk kunnen bestaande locaties van het PMG en LMG gebruik worden voor het meetnet de Kempen. Niet altijd zullen deze peilbuizen met een ondiep filter worden

uitgerust. Deze kunnen dan worden uitgebreid met een ondiep filter. Wel moet dan beschouwd worden of deze naast een zinkassenweg liggen. Gebruik maken van overige bestaande peilbuizen wordt niet aanbevolen. Variatie in gebruikt materiaal en diepte van de filters is hiervoor te groot.

3.3.2 Meetnetdichtheid

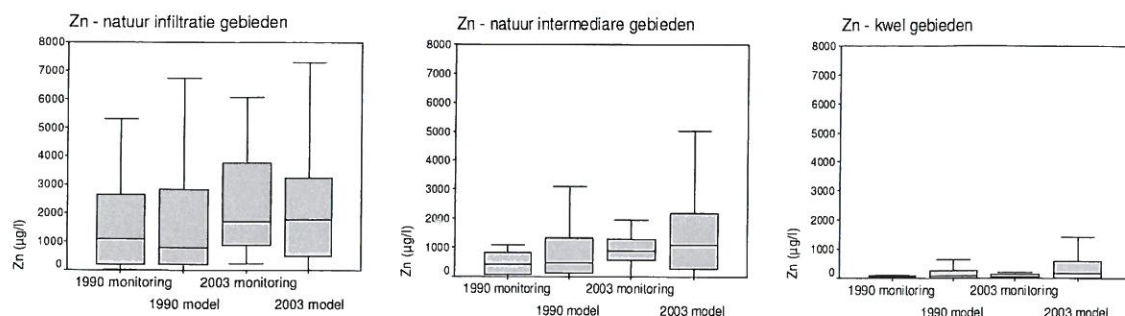
Het bepalen van het aantal meetpunten per gebiedstype, is het meest lastige aspect van het meetnetontwerp. Over het algemeen kan gesteld worden dat de effectiviteit van een meetnet toeneemt naarmate er meer meetpunten zijn. Dit geldt vooral wanneer er getoetst moet worden op het percentage normoverschrijdingen in een bepaald gebiedstype. Dit is het percentage van een groep grondwaterwaarnemingen dat bijvoorbeeld de interventiewaarde overschrijdt. In de classificatie van dit percentage (hoog risico, midden risico of laag risico) wordt namelijk rekening gehouden met de betrouwbaarheidsintervallen rond het gevonden percentage normoverschrijding, zie paragraaf 4.6 (Broers, 2002). Wanneer de concentratie van een stof in een bepaald gebiedstype erg heterogeen is, zijn er meer meetpunten nodig om een typische waarde en trend te bepalen.

Een goed onderbouwde argumentatie over het aantal meetpunten per gebied kan in feite pas na evaluatie van een meetnet worden uitgevoerd. Er is dan pas informatie over de meetneteffectiviteit (de grootte van het betrouwbaarheidsinterval rond de schatting uit de steekproef).

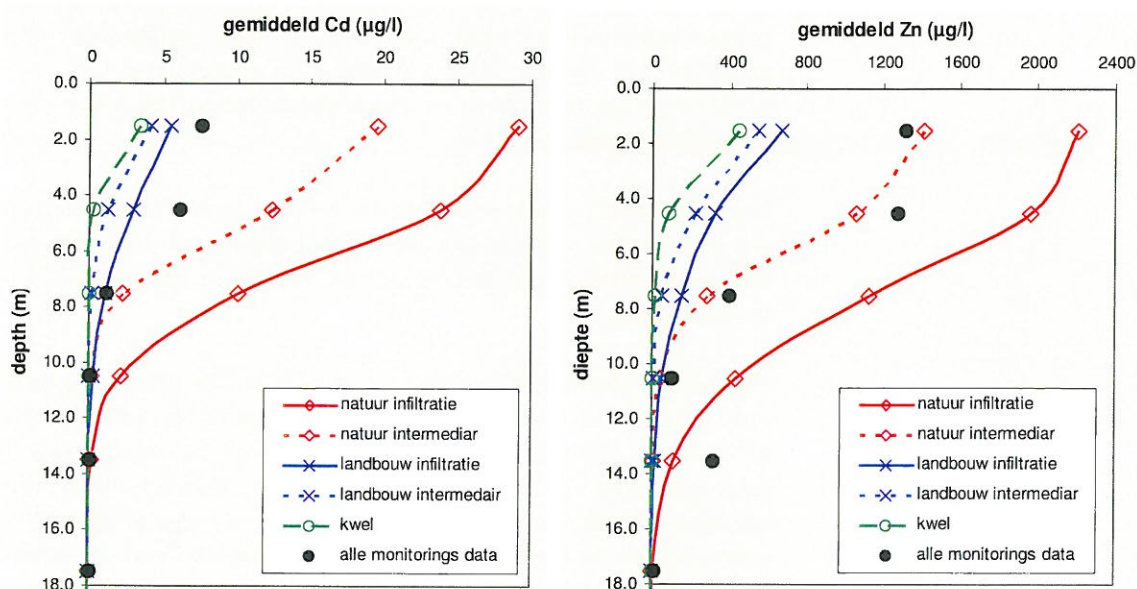
Het grondwaterkwaliteitsmodel van ABdK is een uitstekend hulpmiddel om voor de inrichting van het meetnet een uitspraak te doen over het aantal benodigde locaties per gebiedstype. Door de gekozen modelopzet heeft het model namelijk een vergelijkbare heterogeniteit als de werkelijkheid. Met andere woorden: de berekende concentratie van cadmium of zink heeft binnen gebiedstypen een vergelijkbare spreiding als de gemeten concentraties. In Figuur 3.5 wordt dit geïllustreerd. Voor de gebiedstypen *nat-inf*, *nat-int* en *kwel* is de gemeten en berekende mediaan zinkconcentraties en spreiding weergegeven. De mediaanconcentraties zijn in alle gebiedstypen goed vergelijkbaar. De spreiding van berekende concentraties is in de gebiedstypen *nat-int* en *kwel* groter dan de gemeten concentraties, maar wel in dezelfde orde grootte.

Van het model weten we in elke gridcel en op ieder diepteniveau de concentratie. Dit is iets wat in werkelijkheid natuurlijk nooit mogelijk is. In Figuur 3.6 is de gemiddelde concentratie van cadmium en zink op 5 diepteniveaus in 5 gebiedstypen in de Kempen weergegeven. Dit is het gemiddelde van alle gridcellen in een modellaag in het betreffende gebiedstype.

Met de modelresultaten als uitgangspunt zijn er berekeningen uitgevoerd die als doelstelling hebben om inzicht te krijgen hoeveel gridcellen (= peilbuislocaties) nodig zijn om goede voorspellingen te doen van de gemiddelde concentratie op een bepaald diepteniveau (zoals aangegeven in Figuur 3.6). Anders gezegd hoe verandert het gemiddelde van een steekproef met een N aantal trekkingen ten opzichte van het werkelijke gemiddelde wanneer N toeneemt van 1 naar 20. N is dan het aantal filters op een bepaalde diepte in een bepaald gebiedstype. Deze vraag wordt hieronder als *Som 1* uitgewerkt. Het werkelijke gemiddelde weten we omdat we van alle gridcellen de concentratie kennen.



Figuur 3.5: Mediaanconcentraties en spreiding van gemeten en berekende zinkconcentraties in het ondiepe grondwater in de gebiedstypen natuur-infiltratie, natuur-intermediair en kwel.

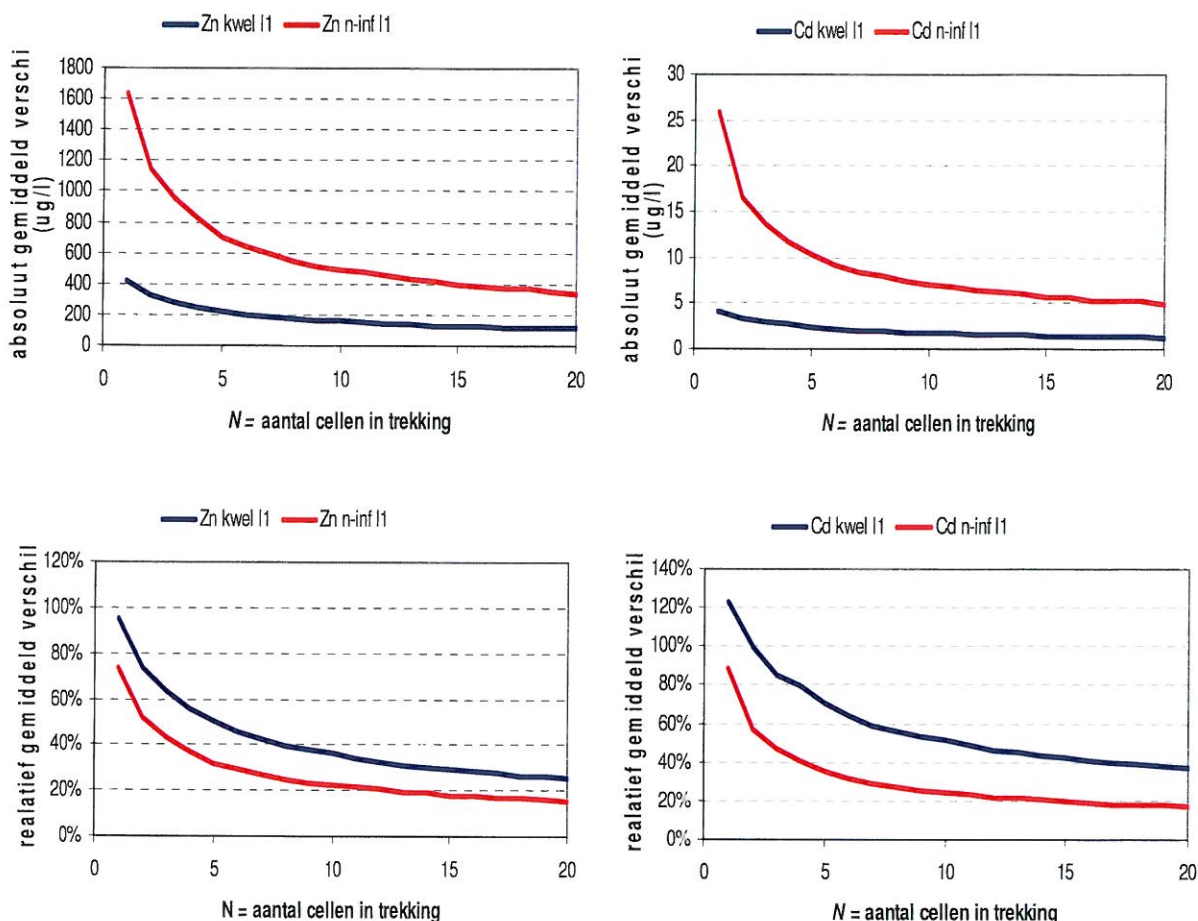


Figuur 3.6: Diepteprofiel van gemiddelde berekende cadmium- en zinkconcentratie in de gebiedstypen nat-inf, nat-int, lb-inf, lb-int en kwel. De zware stippen zijn gemiddelde gemeten concentraties afkomstig uit het 'tijdelijk' meetnet grondwaterkwaliteit de Kempen. Deze zijn niet opgedeeld in gebied

3.3.2.1 Som 1: Absoluut en relatief gemiddeld verschil tussen het trekkinggemiddelde en het werkelijke gemiddelde bij 1000 realisaties

Voor som 1 zijn steeds 1000 willekeurige realisaties met een trekking van een N aantal cellen uit het model genomen (dus 1000 trekkingen van 1 modelcel, 1000 trekkingen van 2 modelcellen, ..., tot 1000 trekkingen van 20 modelcellen). Van iedere afzonderlijke realisatie van de 1000 trekkingen is het absolute verschil tussen het trekking gemiddelde en het werkelijke gemiddelde berekend. Absoluut betekent dat het verschil altijd als positief getal wordt weergegeven. Het resultaat hiervan zijn 1000 absolute verschillen t.o.v. het werkelijke gemiddelde per trekking van een N aantal cellen. Deze verschillen zijn weer gemiddeld waardoor een gemiddeld absoluut verschil tussen het trekkinggemiddelde van 1000 realisaties en het werkelijke gemiddelde bepaald wordt. Naast het beschouwen van het absolute verschil, is op dezelfde manier ook het relatieve gemiddelde verschil beschouwd door het absolute verschil te delen door het werkelijk gemiddelde. Doordat dit met een aantal cellen van $N = 1$ tot $N = 20$ wordt uitgevoerd wordt inzicht gekregen in toename van de effectiviteit van het meetnet in het betreffen-

de gebiedstype met het aantal locaties. De resultaten voor cadmium en zink in model-laag 1 van de gebiedstypes *n-inf* en *kwel* zijn weergegeven in Figuur 3.7.



Figuur 3.7: Gemiddeld absoluut (boven) en relatief (onder) verschil tussen het trekkingsgemiddelde en het werkelijke gemiddelde bij 1000 realisaties met 1 tot 20 cellen per realisatie voor model-laag 1 in de gebiedstypes natuur-infiltratie en kwel.

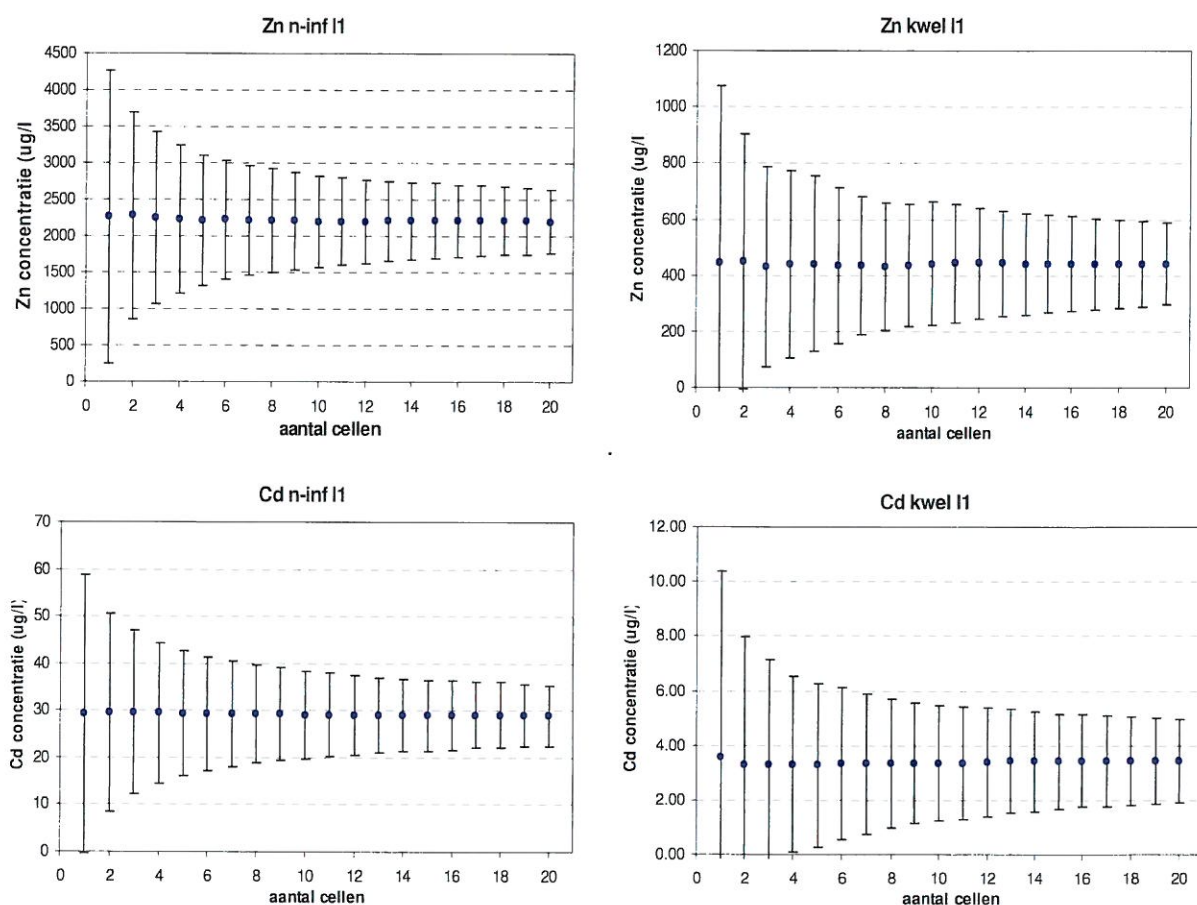
Te zien is dat bij een toename van het aantal cellen in de trekking van 1 tot 5 het absolute en relatieve verschil tussen het trekkingsgemiddelde en werkelijke gemiddelde snel afneemt. Boven de 15 cellen neemt het verschil per 'extra' cel nauwelijks nog af. We kunnen op basis van deze som onderbouwd aangeven dat een aantal peilbuizen tussen 10 en 17 per gebiedstype een zinvolle investering is.

3.3.2.2 Som 2: Gemiddelde en betrouwbaarheidsinterval van 1000 realisaties

Bij het uitwerken van *som 1* is het achterliggend nog de vraag in hoeverre 1000 realisaties voldoende zijn om de statistieken goed te kennen. Om dit te toetsen is een tweede som gemaakt. In *som 2* zijn weer 1000 realisaties gemaakt met een trekking van een *N* aantal cellen uit het model (waarbij *N* varieert van 1 tot 20). Van elke realisatie is het gemiddelde van de *N* observaties berekend. Dit noemen we het trekkingsgemiddelde. Vervolgens is van de 1000 realisatie (dus van 1000 trekkingsgemiddelden) het gemiddelde en het betrouwbaarheidsinterval rondom dit gemiddelde bepaald. In

tegenstelling tot de vorige som is dus niet het absolute verschil tussen het trekkingsgemiddelde en het werkelijke gemiddelde bepaald.

De resultaten voor cadmium en zink in modellaag 1 (dit is het bovenste grondwater tussen 0,5 en 2,5 m-mv van de gebiedstypes *n-inf* en *kwel* zijn weergegeven in Figuur 3.7. Het blijkt dat het gemiddelde niet verandert bij een toename van $N = 1$ tot 20. Dit komt door de 1000 realisatie. Ook 1000 realisaties van 1 observatiecel levert een gemiddelde concentratie die dicht bij het werkelijke gemiddelde ligt. Wel is bij de toename van het aantal observatiecellen een afname van het betrouwbaarheidsinterval te zien. Met andere woorden, het gebied waartussen het berekende gemiddelde kan variëren neemt af met de toename van het aantal meetpunten.



Figuur 3.8: Gemiddelde en betrouwbaarheidsinterval van 1000 realisatie met een trekking van 1 tot 20 cellen per realisatie voor modellaag 1 in de gebiedstypes natuur-infiltratie en kwel

3.3.2.3 Conclusies

Uit *som 1* en *som 2* kan worden bepaald hoeveel meetpunten per gebiedstype nodig zijn om kostenefficiënt te monitoren. Dit aantal ligt op het punt waar toevoeging van een extra meetpunt niet veel winst oplevert voor de afname van het absolute gemiddelde verschil (*som 1*) en betrouwbaarheidsinterval rondom het gemiddelde van 1000 realisaties (*som 2*). Uit beide sommen blijkt dat dit aantal voor zowel cadmium als zink en natuur-infiltratie als kwel ongeveer tussen de 12 en 16 meetpunten te liggen. Dit komt overeen met ervaringen van TNO vanuit andere meetnetten dat circa 12 locaties per gebiedstype ongeveer het minimale aantal is om betrouwbare uitspraken te doen.

Uit *som* 2 valt verder af te leiden dat bij een toename van het aantal meetpunten van 12 naar 16 de grote van het betrouwbaarheidsinterval met circa 15% afneemt. Op basis van de modelberekeningen kan dus worden geconcludeerd dat het meetnet 15% nauwkeuriger wordt.

Uitgaande van 5 gebiedstypen zijn in dat geval 60 locaties nodig. Dit is de **minimale** variant van het meetnet. Een meetnet met 16 locaties per gebiedstype kan als **maximale** variant worden beschouwd, wat in 80 locaties resulteert. In de begroting van de inrichting van het meetnet zijn de kosten van inrichting van deze minimale en maximale variant uitgewerkt.

3.3.3 *Locaties peilbuizen*

De laatste stap in het ontwerp van een meetnet is het aanwijzen van locaties om meetpunten te selecteren. Per gebiedstype worden random 16 locaties voor meetpunten geselecteerd, 8 in het brongebied en 8 in het diffuus gebied. Deze locaties zijn 100x100 meter gridcellen. De exacte plek van de peilbuis binnen het 100x100 meter grid zal in het veld moeten worden bepaald.

Bij het random selecteren van de locaties houden we rekening met de volgende randvoorwaarden:

- A een onderscheid in brongebied en pluimgebied;
- B de afstand tot de rand van het deelgebied;
- C geselecteerde filters mogen niet allemaal bij elkaar liggen;
- D geselecteerde locatie mogen niet nabij een zinkassenweg liggen.

Indien ABdK besluit om minder dan 16 meetpunten per gebiedstype te plaatsen (bijvoorbeeld het minimum aantal van 12 zoals in de voorgaande paragraaf is afgeleid) is er dus een aantal reservelocaties.

Randvoorwaarde A betekent dat evenveel punten in het brongebied als in het pluimgebied worden aangewezen.

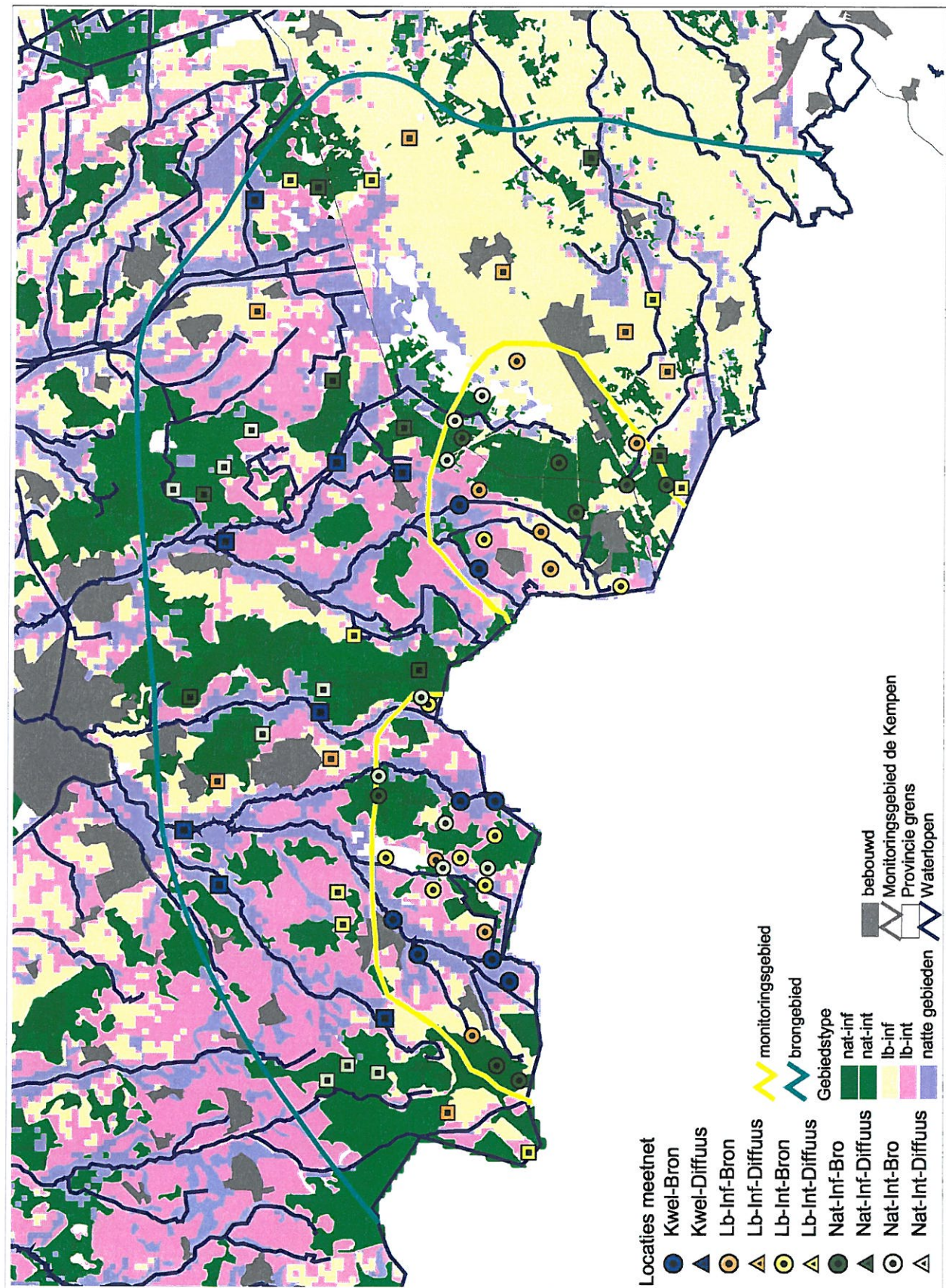
Randvoorwaarde B betekent dat een 100 x 100 meter gridcel voor de locatie van het meetpunt geheel binnen de polygoon van het gebiedstype valt.

Randvoorwaarde C betekent dat de locaties in het brongebied niet dichter dan 1000 meter bij elkaar mogen liggen. In het pluimgebied wordt een minimale afstand van 1000 meter aangehouden.

Randvoorwaarde D betekent dat er geen weg door het 100x100 meter gridcel van de locatie mag liggen. Omdat waarschijnlijk niet alle wegen in de GIS exercitie zijn meegenomen moet dit nog wel in het veld worden gecontroleerd.

Na de random selectie van de locatie bleken enkele meetpunten niet op een slimme plek te liggen. Deze zijn verschoven.

Figuur 3.9 geeft een overzicht van de ligging van de geselecteerde locaties. De locatie is een richtlijn of zoekgebied voor waar in het veld een peilbuis moet worden geplaatst. De exacte locatie zal namelijk in het veld moeten worden bepaald en is afhankelijk van lokale randvoorwaarden. Zie hiervoor hoofdstuk 5 (doorkijk naar inrichting meetnet). Bijlage D bevat een tabel met x,y-coördinaten van het meetnet.



Figuur 3.9: Overzicht ligging geselecteerde locatie gronwaterkwaliteitsmeetnet de Kempen

3.4 Kostenraming inrichting meetnet

Voor de kostenraming van inrichting van het meetnet is uitgegaan van een minimale en maximale variant. De uitgangspunten voor deze varianten zijn samengevat in tabel 3.7.

Tabel 3.7: Uitgangspunten minimale en maximale variant van het meetnet grondwaterkwaliteit

Minimaal

gebied	diepte boring (m-mv) ¹⁾	aantal filters per locatie ¹⁾	aantal locaties	aantal filters
natuur-infiltratie Centrale Slenk	25	4	6	24
natuur-infiltratie Kempisch Plateau	35	5	6	30
natuur-intermediar	12	3	12	36
landbouw-infiltratie Centrale Slenk	25	4	6	24
landbouw-infiltratie Kempisch Plateau	35	5	6	30
landbouw-intermediar	12	3	12	36
natte gebieden	5	2	12	24
<i>Totaal</i>			<i>60</i>	<i>204</i>

Maximaal

gebied	diepte boring (m-mv)	aantal filters per locatie	aantal locaties	aantal filters
natuur-infiltratie	35	5	16	80
natuur-intermediar	25	4	16	64
landbouw-infiltratie	35	5	16	80
landbouw-intermediar	25	4	16	64
natte gebieden	5	2	16	32
<i>Totaal</i>			<i>80</i>	<i>320</i>

1) minimale variant: in infratiegebieden op Kempisch Plateau boring tot ca. 35 m-mv en 5 filters, in Centrale Slenk boring tot ca. 25 m-mv en 4 filters

Tabel 3.8 geeft een kostenindicatie voor inrichting van het meetnet. Bestaande bruikbare provinciale / landelijke peilbuizen zijn niet in de calculatie meegenomen. Het verschil tussen de minimale en maximale variant zit voor een belangrijk deel in het aantal locaties per gebiedstypen. Voor de minimale variant zijn dit er 12 en voor de maximale variant 16. Op basis van modelberekeningen blijkt dat met een toename van 12 naar 16 locaties de effectiviteit van meetnet met ongeveer 15% zal toenemen. Een belangrijk verschil in kosten zit echter ook in de diepte tot waarop wordt doorgeboord en het aantal filters per boring. In de maximale variant wordt in de infiltratiegebieden tot 35 m-mv geboord en zullen er 5 filters per boring worden geïnstalleerd. In de minimale variant gebeurt dit alleen op het Kempisch Plateau. Ook in de intermediaire gebieden wordt dieper geboord in de maximale variant. Uiteraard kan in de maximale variant de verspreiding van de pluim naar de diepte met een grotere zekerheid worden gevolgd en beoordeeld.

Uitgangspunten voor de kostenindicatie zijn:

- De boringen zijn verspreid gesitueerd in een werkgebied van 50x 25 km groot.
- De tarieven zijn inclusief verplaatsingskosten.

4 Meetprogramma

Na inrichting van het meetnet zal ABdK overgaan op de daadwerkelijke uitvoering van meetrondes. Hiervoor is een meetprogramma nodig waarbij rekening gehouden wordt met meetrondes van de provincie Noord-Brabant en Limburg inclusief de meetrondes ten behoeve van de Europese Kaderrichtlijn Water. Dit hoofdstuk bevat het meetprogramma, inclusief een kostenraming voor de uitvoering van dit programma. De volgende zaken zijn beschreven:

- plan voor meetfrequentie en analysepakket;
- protocol voor bemonstering;
- plan voor kwaliteitsborging;
- plan voor gegevensbeheer;
- plan voor data-analyse en rapportage.

4.1 Meetfrequentie en analysepakket

In het voorgaande hoofdstuk is voorgesteld dat het niet voor alle gebieden even noodzakelijk is om trends te signaleren of de grootte van trends vast te stellen. Het is daarom niet nodig om in alle gebiedstypes op alle diepteniveaus dezelfde meetfrequentie te hanteren. In laag en middel risicogebieden voldoen een 4 jaarlijkse meetronde. In hoog risicogebieden is een jaarlijkse bemonsteringsronde optimaal. Een voordeel van deze aanpak is dat parameters gedurende 3 jaar alleen in de gebieden gemeten worden waar deze daadwerkelijk van belang zijn voor het bepalen van de trend voor een bepaald thema. Dit voorkomt onnodig veel meten en daarmee worden de kosten gereduceerd.

Aanbevolen worden het bovenste interval in de hoog risicogebieden in eerste instantie jaarlijks te bemonsteren. Het is niet nodig om het diepere grondwater ieder jaar te bemonsteren.

Tabel 4.1: Voorstel voor meetfrequentie

gebiedstype	net onder GVG	4-5 m-mv	8-10 m-mv	19-21 m-mv	ca 35 m-mv ¹⁾
n-inf	jaarlijks	jaarlijks	1x per 2 jaar	1x per 4 jaar	1x per 4 jaar
n-int	jaarlijks	jaarlijks	1x per 4 jaar	1x per 4 jaar	
lb-inf	jaarlijks	jaarlijks	1x per 4 jaar	1x per 4 jaar	1x per 4 jaar
lb-int-ed	jaarlijks	1x per 2 jaar	1x per 4 jaar		
lb-int-en	jaarlijks	1x per 2 jaar	1x per 4 jaar		
lb-int-pod	jaarlijks	1x per 2 jaar	1x per 4 jaar		
kwel	1x per 2 jaar				

1) alleen locaties op Kempisch plateau

Analysepakket

Aanbevolen wordt om de grondwatermonsters te analyseren op een volledig pakket zware metalen, macro-elementen (Ca, Mg, Na, K, Fe, Al, Cl, SO₄, HCO₃), nutriënten (NH₄, NO₃, PO₄), pH, alkaliteit en DOC. Zo'n uitgebreid pakket heeft veel voordelen boven meting van bijvoorbeeld alleen cadmium, zink en pH:

- Optimale kwaliteitscontrole van de data is mogelijk door bijvoorbeeld berekening van de ionenbalans.

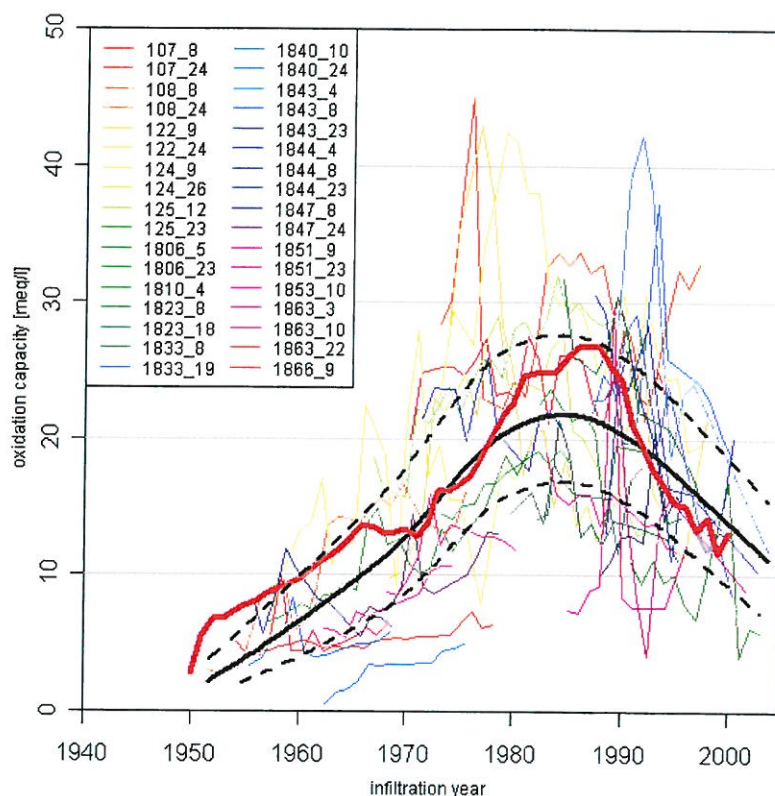
- Hydrogeochemische processen die het water heeft ondergaan zijn vaak nog herkenbaar en kunnen bijdragen aan de verklaring van de gemeten metaalconcentratie.
- Inzicht in andere sporenmatalen waarvan de concentraties in het grondwater kunnen zijn verhoogd door de effect zinksmelters.

Daarnaast wordt aanbevolen om veldmetingen te verrichten op pH, EC, alkaliteit en eventueel op zuurstof.

Tritium-helium

Een aanbeveling is om bij de eerste meetronde de meetpunten eenmalig op ouderdom te dateren door middel van tritium-helium analyses. Hiermee kan worden aangetoond of met het filter oud of jong water wordt bemonsterd. Wanneer oud grondwater wordt bemonsterd kunnen er geen antropogene invloeden zijn en hoeft het filter eigenlijk niet regulier in de meetrondes te worden meegenomen. Tritium-helium analyse vraagt om een eenmalige investering. Hier staat tegenover dat dit zeer veel inzicht geeft in de werking van het grondwatersysteem, er efficiënt bemonsterd kan worden en het veel makkelijker wordt om trendanalyses op gemeten concentraties uit te voeren. Figuur 4.1 is een voorbeeld van een gecombineerde tijdreeksanalyse en ouderdomsbepaling van het oxidatievermogen in grondwater in landbouw-infiltratiegebieden in de provincie Noord-Brabant.

Daarnaast kunnen tritium-helium analyses heel erg goed gebruikt worden voor calibratie van het grondwatermodel. Momenteel gebeurt dit calibreren alleen op stijghoogten maar voor stoftransport toepassingen is een ijking op de leeftijd van het grondwater veel beter.



Figuur 4.1: Tijdreeks van oxidatiecapaciteit (som $\text{NO}_3 + \text{SO}_4$) in landbouw-infiltratiegebieden terugschaald naar het infiltratiejaar van de monstern. De zware lijn is het gemiddelde van de data-reeksen. De rode lijn zijn verwachte concentraties gebaseerd op historische maaiveldbelasting. Individuele tijdreeksen van afzonderlijke filters hebben uniek kleuren

4.2 Kostenraming uitvoering meetronde

Tabel 4.2 geeft een kostenindicatie voor de uitvoering van de bemonstering van een complete meetronde grondwaterkwaliteit de Kempen uitgaande van de minimale en maximale variant van het meetnet. Dit zijn de kosten inclusief alle voorbereidingen van het veldwerk.

Tabel 4.2: Kostenindicatie uitvoering bemonstering complete meetronde grondwaterkwaliteit de Kempen

	prijs per stuk	minimale variant			maximale variant		
		aantal locaties	kosten bemonstering (€)	aantal monsters	aantal locaties	kosten bemonstering (€)	aantal monsters
bemonstering pb 2 filters	185	12	2220	24	16	2960	32
bemonstering pb 3 filters	265	24	6360	72	-	-	-
bemonstering pb 4 filters	345	12	4140	48	32	11040	128
bemonstering pb 5 filters	425	12	5100	60	32	13600	160
Totaal		60	17820	204	80	27600	320

De kosten voor een analysepakket zoals beschreven in de voorgaande paragraaf zijn ongeveer € 250,- excl. BTW per monster. Voor de minimale variant van het meetnet zijn de totale analysekosten dan € 250,- x 204 = € 51.000,- en voor de maximale variant € 250,- x 320 = € 80.000,-.

Kosten voor dataverwerking en rapportage zijn niet in deze berekening opgenomen.

4.3 Protocol voor bemonstering

TNO heeft in samenspraak met RIVM een protocol ontwikkeld voor de bemonstering van grondwater uit permanente monitoringsbuizen. Dit protocol is speciaal ontwikkeld voor het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG) en wordt ook gebruikt door de provincie Noord-Brabant voor de bemonstering van haar provinciale meetnet grondwaterkwaliteit. Dit protocol is weergegeven in Bijlage E.

Een belangrijk aandachtspunt is het afpompen van een peilbuis. In plaats van de gangbare 3x de inhoud van de stijgbuis is deze als afpomptijd gedefinieerd: minimaal een half uur voor ondiepe filters en drie kwartier voor de diepe filters. Uit ervaring blijkt dat deze tijd nodig is voor representatieve monsters uit het betreffende watervoerende pakket. Tijdens het afpompen worden veldparameters geregistreerd zodat kan worden nagegaan of de samenstelling van het grondwater stabiel is. Een ander belangrijk punt is de keuze van de pomp voor de uiteindelijke bemonstering van het grondwater. De onderwaterpomp is veruit de meest geschikte pomp voor bemonstering van het grondwater. Zuurstofmetingen wijzen uit dat de onderwaterpomp beter geschikt is voor het nemen van anaerobe grondwatermonsters.

Andere aandachtspunten zijn het voorgeschreven gebruik van inline (wegwerp)filters voor filtratie van de monsters en de bepaling van de alkaliteit in het veld door middel van een titrator unit.

4.4 Plan voor kwaliteitsborging

De waarde van eenmalige of trendmatige metingen staat of valt met kwaliteitsborging over het hele traject van ontwerp van het meetnet tot aan de uitvoering en evaluatie van de resultaten. Cruciaal hierin zijn de veld- en laboratoriumwerkzaamheden: deze zijn zeer kostenbepalend en zijn slechts tegen hoge kosten herhaalbaar. Investeren in kwaliteitsborgende maatregelen tijdens het uitvoeringstraject betaalt zich op langere termijn altijd terug in de waarde en betrouwbaarheid van de resultaten. Hierbij moet uiteraard wel sprake zijn van een evenwicht tussen kosten en baten.

Voor elk werkonderdeel wordt hieronder kort beschreven aan welke specifieke maatregelen gedacht kan worden om de kwaliteit van de gegevens te kunnen waarborgen.

Veldwerk

Omdat vaak niet aan een monster is te zien of dit op de juiste wijze is genomen, is het opstellen van beoordelingscriteria voor monsters na bemonstering niet eenvoudig. De kwaliteitsboring van het veldwerk ligt daarom in eerste instantie in het preventieve vlak namelijk goed uitgewerkte en hanteerbare protocollen in combinatie met training van de veldwerkuitvoerders.

- Eenduidige beschrijving en uitleg van de handelingen die bij bemonstering moeten worden uitgevoerd middels een instructiebijeenkomst (conform bemonsteringsprotocol paragraaf 4.2).
- Training van de medewerkers van de veldwerkploeg in deze handelingen voorafgaand aan de start van het veldwerk.
- Steekproef in de vorm van tussentijdse onaangekondigde bezoeken van opdrachtgever/opdrachtnemer aan de veldwerkploeg.

- Registratie van verloop van zuurstof, pH en EGV (in de tijd) op een vast format veldformulier, dat na afloop kan worden beoordeeld en gecontroleerd.
- Registratie ijking van de veldmeetapparatuur.

Analyses

Nadat de analyseresultaten vanuit een laboratorium beschikbaar zijn gekomen, kunnen deze op consistentie getoetst door de volgende bewerkingen te ondergaan:

- controle van de ionenbalans;
- vergelijking van de EGV-veld met de EGV-lab;
- vergelijking van het gemeten EGV-lab met het berekende EGV;
- vergelijking van de pH-veld met de pH-lab;
- controle op de relatie ijzer met nitraat (komen bij evenwicht niet naast elkaar voor);
- controle op de relatie aluminium met de pH (aluminium kan alleen bij $\text{pH} < 5.5$ in verhoogde concentraties voorkomen).

Met het uitvoeren van de toetsen alleen is er nog geen sprake van een afgeronde kwaliteitsborging. Immers, bij een toetsing hoort ook een oordeel over de kwaliteit ervan. Voor de uitgevoerde toetsen dienen bij voorkeur beoordelingscriteria te worden opgesteld. Immers, alleen dan kan een beslissing worden genomen over hoe om te gaan met geconstateerde afwijkingen. Bezien moet worden in hoeverre dit formeel in de opdracht wordt meegenomen en wat de consequenties hiervan zijn.

4.5 Plan voor gegevensbeheer

De resultaten van monitoring vormen een waardevolle gegevensverzameling over grondwaterkwaliteit in de Kempen. Het is zaak om de basisgegevens zorgvuldig op te slaan en te beheren. Het platform Meetnetbeheerders heeft een opzet voor een databank gedefinieerd waaraan de provinciale meetnetten bodem- en grondwaterkwaliteit moeten voldoen. Een aandachtspunt is ondermeer dat alle monsterpunten digitaal met kenmerken en coördinaten worden vastgelegd. De provincies Noord-Brabant en Limburg beschikken ieder over een eigen format voor een basisbestand, dat afgestemd moet worden voor het in te richten meetnet in de Kempen.

Daarnaast hebben de afzonderlijke provincies besloten om hun meetnetdata op te slaan in het gegevenssysteem DINO (de centrale database met Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond van TNO). TNO heeft tot taak meegekregen om als beheerder en verstrekker op te treden van alle gegevens over de ondergrond van Nederland, ongeacht de bron of eigenaar van de gegevens. Eventueel kunnen de gegevens confidentieel worden behandeld.

4.6 Plan voor data-analyse en rapportage

TNO heeft een format ontwikkeld voor jaarrapportages van meetrondes grondwaterkwaliteit. Dit format is hieronder op hoofdlijnen uitgewerkt. De rapportagevorm van de hoofdstukken wordt hieronder besproken.

Inhoudsopgave

1. Inleiding
2. Veldwerk en analyses
3. Resultaten per probleemstof
 - 3.1 Cadmium
 - Boxplots, medianen en normoverschrijding
 - Kaartbeelden
 - Beschrijvende en verklarende tekst
 - 3.2 Zink
 - Boxplots, medianen en normoverschrijding
 - etc.
4. Resultaten overige relevante stoffen
 - 4.1 Sulfaat
 - 4.2 Nitraat
 - 4.3 pH
 - 4.4 Nikkel
 - 4.5 Koper
5. Synthese resultaten
6. Aanbevelingen voor toekomstige meetrondes
7. Conclusies
8. Literatuur

Bijlagen

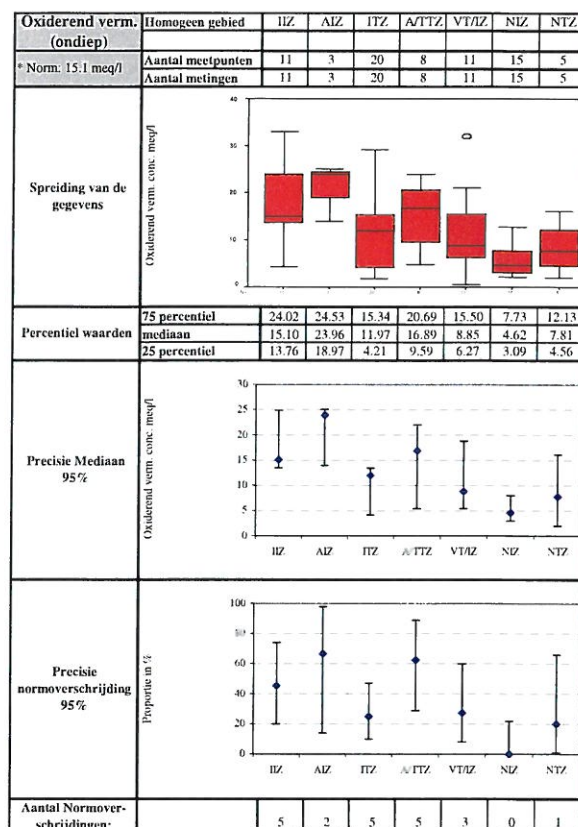
Hoofdstuk 2: Veldwerk en analyses

Dit hoofdstuk geeft een beknopte beschrijving van het veldwerk en de laboratorium werkzaamheden (hierbij kan men bijvoorbeeld denken aan een tabel met analysemethoden en gerapporteerde detectiegrenzen). Ook bevat dit hoofdstuk een overzicht van zaken waar tijdens het veldwerk tegenaan is gelopen. De toetsen voor kwaliteitsboring kunnen ook in dit hoofdstuk worden gerapporteerd.

Hoofdstuk 3 + 4: Resultaten

Per probleemstof/chemische indicator wordt voorgesteld in dit hoofdstuk de resultaten als volgt te presenteren:

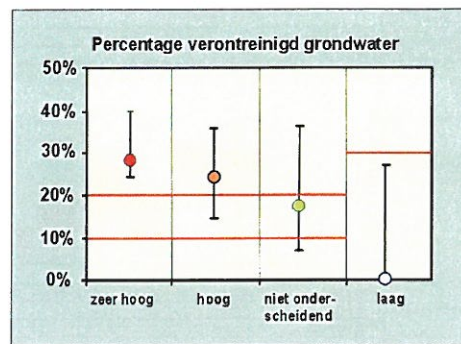
1. *Toestand grondwaterkwaliteit: Boxplots, medianen en normoverschrijding*
 In de toestandsbeschrijving worden figuren met boxplots, mediaan en percentage normoverschrijding opgenomen die vergelijkbaar zijn met figuur 4.2. Op de 'x-as' in het figuur staan de gebiedstypen. Dit zijn niet alleen de homogene deelgebieden maar ook de overige gebiedstypes zoals in het bovenstaande lijstje is weergegeven (grondwaterbeschermingsgebieden, etc.). Zo'n figuur levert een beknopte en inzichtelijke presentatie van de kwaliteit van het grondwater in verschillende gebiedstypen op. Gebruikers van meetnetdata kunnen hieruit gemakkelijk hun informatie filteren. Uit mediaan inclusief het 95% betrouwbaarheidsinterval rondom deze mediaan kan direct worden afgeleid hoeveel de gebiedstypen van elkaar verschillen. Voor het percentage normoverschrijding wordt in overleg met betrokkenen getoetst op één of meerdere relevante toetsingswaarden van de betreffende probleemstof (bijv. streefwaarde ondiep grondwater, streefwaarde diep grondwater, interventiewaarde, MTR of toekomstige drempelwaarde).



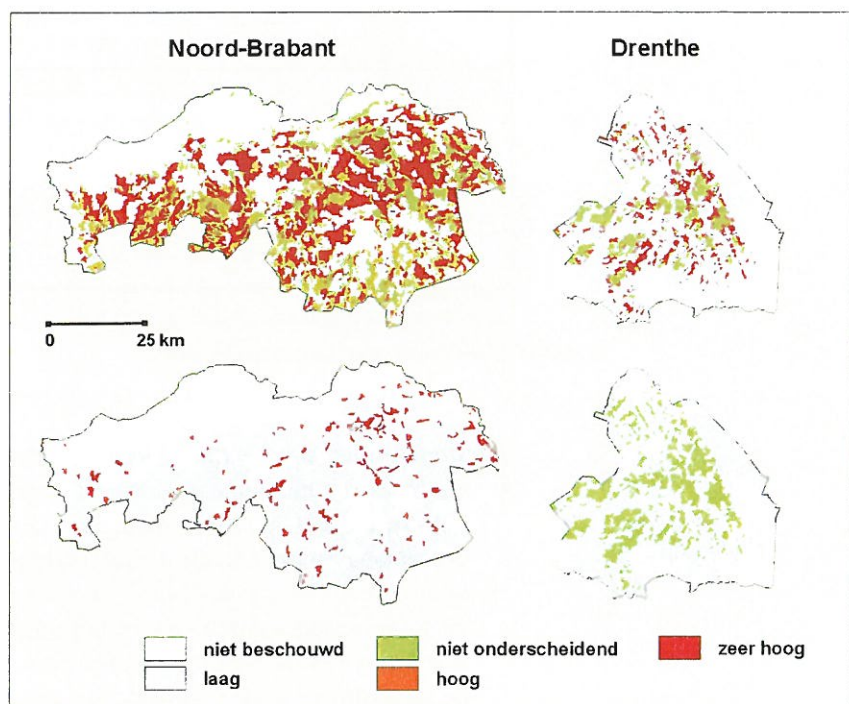
Figuur 4.2: voorbeeld overzichtsfiguur toestand.

2. Toestand grondwaterkwaliteit: Kaartbeelden

- Op basis van het percentage normoverschrijding in de gebiedstypen worden ook kaartbeelden vervaardigd. Het percentage normoverschrijding is het percentage van het totale aantal metingen per gebiedstype waarin de norm voor de betreffende stof wordt overschreden. Dit is een goede indicator om de grondwaterkwaliteit in een bepaald gebied af te beelden. Voorgesteld wordt om een indeling in 5 categorieën te hanteren die rekening houdt met de onzekerheid in de uitspraak. Die aanpak is vergelijkbaar met de landelijke rapportages, de provincie Noord-Brabant en eerder gebruikt in het proefschrift van H.P. Broers uit 2002. Figuur 4.3 geeft aan op welke wijze de classificatie rekening houdt met de betrouwbaarheidsintervallen rond het gevonden percentage normoverschrijding. Figuur 4.4 geeft een voorbeeld van het uiteindelijk te vervaardigen kaartmateriaal.



Figuur 4.3: Voorgestelde classificatie voor de kaartbeelden (naar Broers 2002)



Figuur 4.4: Voorbeeld van presentatievorm en legenda kaartbeelden voor ondiep grondwater (boven) en dieper grondwater (beneden).

3. *Toestand grondwaterkwaliteit: Beschrijvende en verklarende tekst*
 Per probleemstof wordt circa een half A4 beschrijvende en verklarende tekst geleverd waarin de belangrijkste ruimtelijke patronen worden geïnterpreteerd. Daarbij wordt rekening gehouden met de historische belasting, regionale beelden van de leeftijd en stromingspatronen van het grondwater in homogene gebiedstypen en met het optreden van chemische processen in de ondergrond.

Analyse en rapportage van trends in grondwaterkwaliteit zal in de eerste jaren van uitvoering van het meetnet nog niet relevant zijn.

Hoofdstuk 5: Synthese resultaten

Het rapport bevat een synthesehoofdstuk met beschrijvende en verklarende tekst waarin de belangrijkste bevindingen worden behandeld en de implicaties voor beleid worden aangeduid.

In het synthesehoofdstuk wordt ook beschreven hoe de aangetroffen toestand in het Kempische grondwater zich verhoudt tot de landelijke en regionale milieutoestand, en in hoeverre genomen maatregelen inmiddels effect hebben. Ook wordt ingegaan op de te verwachten beïnvloeding van de kwaliteit van het oppervlaktewater door de waargenomen grondwaterkwaliteit. Dit is extra relevant vanwege de duidelijke nadruk van de Europese Kaderrichtlijn op de relatie tussen oppervlakte- en grondwaterkwaliteit.

Hoofdstuk 6: Aanbevelingen voor de volgende meetrondes

Op basis van de rapportage van de geselecteerde probleemstoffen kunnen vervolgens aanbevelingen worden opgesteld voor toekomstig beheer van het meetnet. Het gaat hierbij om een pragmatische evaluatie op basis van de waargenomen ruimtelijke patronen en ervaring opgedaan tijdens de uitvoering van de meetronde.

5 Doorkijk naar inrichting van het meetnet

Voor het gehele meetnet geldt dat duurzaamheid essentieel is. Het meetnet dient de komende 15 tot 20 jaar een representatief beeld te geven van de toestand en trend van zware metalen in het grondwater. Het is daarom van belang om het meetnet zorgvuldig in te richten.

Voor een soepele doorloop naar het vervolgtraject, de feitelijke inrichting van het meetnet inclusief installatie van nieuwe meetpunten en eventueel de inrichting en/of aanpassing van bestaande meetpunten, is hieronder een zevental aanbevelingen gegeven om rekening mee te houden. Deze aanbevelingen zijn gebaseerd op onze expertkennis alsmede vanuit de ervaringen van onze veldwerkploegen met meetnetten.

1. *Veldcontrole bestaand peilbuizen*

Bij de inrichting van het meetnet dient allereerst gekeken te worden naar de representativiteit en bruikbaarheid van de bestaande meetpunten. De inrichtingsaspecten en locatiekeuze zoals beschreven en weergegeven in paragraaf 3.3 is leidend in de keuze of bestaande locaties in het meetnet kunnen worden opgenomen. Hierbij moet ondermeer beschouwd worden of ligging van het meetpunt recht doet aan de locaties zoals weergegeven in Figuur 3.9. Ook moet de filterstelling overeenkomen met die van dit meetnetontwerp. Het bijboren van een ondiep filter is vaak mogelijk en kan kostenbesparend werken ten opzichte van installatie van een compleet nieuwe put

Verder is de representativiteit en bruikbaarheid van bestaande peilbuizen deels afhankelijk van situering ten opzichte van sloten, bereikbaarheid, ligging ten opzichte gebouwen/bomen, etc. en fysieke toestand van het meetpunt (verzakt, beschadigd). Met uitzondering op dit laatste aspect geldt dit natuurlijk ook voor nieuw in te richten meetpunten. Dit moet tijdens een veldbezoek worden vastgelegd in een situatieschets en enkele digitale foto's.

Vervolgens zal in overleg met de opdrachtgever een afweging gemaakt worden of de bestaande meetpunten voldoen aan de gestelde eisen.

2. *Plaatsbepaling nieuwe meetpunten*

In dit ontwerpbericht is per deelgebied globaal de locatie van de nieuw te plaatsen meetpunten aangegeven op een kaart. Hierbij is rekening gehouden met de indeling van de deelgebieden en meetdoelstelling. De eigenaren van de percelen waar de meetpunten zijn gepland dienen te worden achterhaald waarna toestemming voor plaatsing dient te worden geregeld (eventueel tegen een jaarlijkse vergoeding). In het veld dient vervolgens de exacte locatie te worden vastgesteld. Aanbevolen wordt om hiervoor een veldhydroloog in te zetten. Deze kan afhankelijk van de meetdoelstelling, gebiedskennis en lokale omstandigheden de optimale locatie bepalen. De locatie van peilbuizen is ook afhankelijk van situering ten opzichte van sloten, bereikbaarheid, ligging ten opzichte gebouwen/bomen, etc. Ook dit kan de veldhydroloog inschatten. Ook moet bij de definitieve plaatsbepaling rekening worden gehouden met de ligging langs potentiële zinkassenwegen en de locatie nabij de beken (zie onderstaande tekstkaders)

Meetpunten langswegen

Vrijwel alle meetpunten van het Landelijk en Provinciaal Meetnet Grondwaterkwaliteit liggen in de bermen van wegen. Doorgaans is dit geen probleem, echter in de Kempen zijn deze soms gefundeerd met zinkassen wat verhoogde concentraties in de bovenste filters kan veroorzaken. In een aantal gevallen is dit ook daadwerkelijk waargenomen. Bij de inrichting van het meetnet grondwaterkwaliteit de Kempen moet hiermee rekening worden gehouden. Meetpunten om effecten van diffuse verontreiniging te monitoren kunnen dus niet in wegbermen van potentiële zinkassenwegen worden geplaatst. Ook wanneer LMG- of PMG-locaties worden gebruikt ten behoeve van het meetnet de Kempen zal dit moeten worden beschouwd.

Meetpunten in kwelgebieden

Locatie van de peilbuis in een kwelgebied is afhankelijk van de geologische opbouw van het beekstelsel. Dit heeft te maken met de plek waar het grondwater kwelt. Als het beekstelsel in een grofzandig pakket ligt kan de peilbuis het beste direct naast de beek worden geplaatst. Wanneer in het beekdal veenafzettingen liggen kan de peilbuis beter op enige afstand van de beek worden geplaatst.

3. Filterdiepte

Met name voor de ondiepe peilbuizen is de filterdiepte van belang voor het verkrijgen van representatieve data. Van belang is dat het filter onder de GLG wordt geplaatst.

4. Installatie van meetpunten

Een robuuste installatie van het meetnet is van belang. Het meetpunt moet daarom indien mogelijk worden beschermd door een stevige beschermkoker die met een slot is af te sluiten. Indien mogelijk wordt een goede boorbeschrijving gemaakt. De mate van detail zal afhangen van de boordiepte en gekozen boortechniek. De definitieve locatie wordt ingetekend op een gedetailleerde locatieschets en het meetpunt wordt ingemeten (x- en y-coördinaat).

5. Verwerken van gegevens

Om de duurzaamheid te waarborgen wordt aanbevolen alle peilbuizen aan te melden bij het DINO-loket van TNO. Daarnaast zal elk meetpunt opgenomen worden in het peilbuizenboek zodat de relevante gegevens ook over 15 tot 25 jaar nog beschikbaar zijn. In het peilbuizenboek worden de gegevens systematisch geordend, losbladig in een klapper en digitaal in een bewerkbaar bestand (Excel of Word). Het peilbuizenboek zal worden voorzien van een overzichtskaart van het meetnet met daarop aangegeven de locatie en naam van de onderscheiden deelgebieden met de geïnstalleerde meetpunten en peilbuizen.

Vervolgens wordt een locatieblad opgesteld met een overzicht van de technische gegevens per meetpunt. Per meetpunt wordt hierin aangegeven: interne peilbuiscode, TNO-code, X-Y coördinaten, hoogte maaiveld in cm NAP, aantal peilbuizen, filterniveau- en lengte, onderkant en bovenkant van het filter (cm NAP), wijze van afwerking filter, grondgebruik, type deelgebied gebied, situatieschets, foto's en boorprofiel en eventuele opmerkingen.

6. Geologische/hydrologische beschrijving

Naast de gebruikelijke lithologische beschrijving van de boring door de boorploeg kan worden aanbevolen om de boring geologisch te beschrijven. Dit geeft extra inzicht in de opbouw van de ondergrond in de Kempen en zulke informatie is verder zeer waardevol voor een verdere karakterisatie van de opbouw van de ondergrond.

In geval van pulsboringen zijn de kosten voor beschrijving ca € 350,- per boring van 35 meter. Het beschrijven van steekmonsters is ongeveer een factor 5 duurder.

7. Geochemische analyse grondmonsters

Aanbevolen wordt om bij de inrichting van het meetnet grondmonsters te nemen en deze te analyseren op geochemische parameters en textuur. De samenstelling van het grondwater op een bepaalde locatie wordt immers bepaald door de input van stoffen en de reactiviteit van de ondergrond. Deze reactiviteit kan verklaren waarom een stof wel of niet op een bepaalde diepte aanwezig is en wat het risico is op verdere verspreiding.

De grondmonsters (na drogen en malen) worden gemeten, pH, organisch stof, kalkgehalte, hoofdelementen (Si, Al, Fe, Ca, Mg, K) en sporenelementen (minimaal S, P, Ti, Mn, As, Cu, Pb, Zn, Ni, Cr). Voorafgaand aan het drogen en malen wordt het droge stofgehalte en de korrelgrootteverdeling van de monsters bepaald. De kosten voor een dergelijk pakket zijn ongeveer € 215,- bij meer dan 100 analyses.

6 Literatuur

- Broers, H.P. (2002) *Strategies for regional groundwater quality monitoring*. Proefschrift, Universiteit Utrecht.
- Broers, H.P., P. Schipper (Grontmij), R. Stuurman, F.C. van Geer, G. van Oyen (2005) *Opzet van het KRW-meetprogramma grondwater voor het stroomgebied Maas*. TNO-rapport NITG 05-176-A.
- CSO (2001) *Actief Bodembeheer de Kempen – Gevalsafbakening*, rapportnr. 00.298, Bunnik.
- Van der Grift, B. en H.P. Broers (2005) *De kwaliteit van de bodem en het grondwater in 8 zeer kwetsbare grondwaterbeschermingsgebieden in Noord-Brabant*. TNO-rapport NITG 05-133-A.
- Van der Grift, B., M. van Vliet, J.C. Rozemeijer en H.P. Broers (2005) *Trendmeetronde 2004 provinciaal meetnet bodem- en grondwaterkwaliteit*. TNO-rapport NITG 05-132-A.
- Van der Grift, B., J.C. Rozemeijer, M. van Vliet en H.P. Broers (2004) *De kwaliteit van het grondwater in de provincie Noord-Brabant, Rapportage over de toestand van 2003 en trends in de periode 1992 t/m 2003*. TNO-rapport NITG 04-206-B.
- Van der Grift, B. (2004) *Monitoring grondwaterkwaliteit de Kempen: meetronde 2002 en 2003*. TNO-rapport NITG 04-181-B.

A Bijlage: inventarisatie huidige situatie

A.1 Overzicht data grondwaterkwaliteit projectgebied Bodembeheer de Kempen

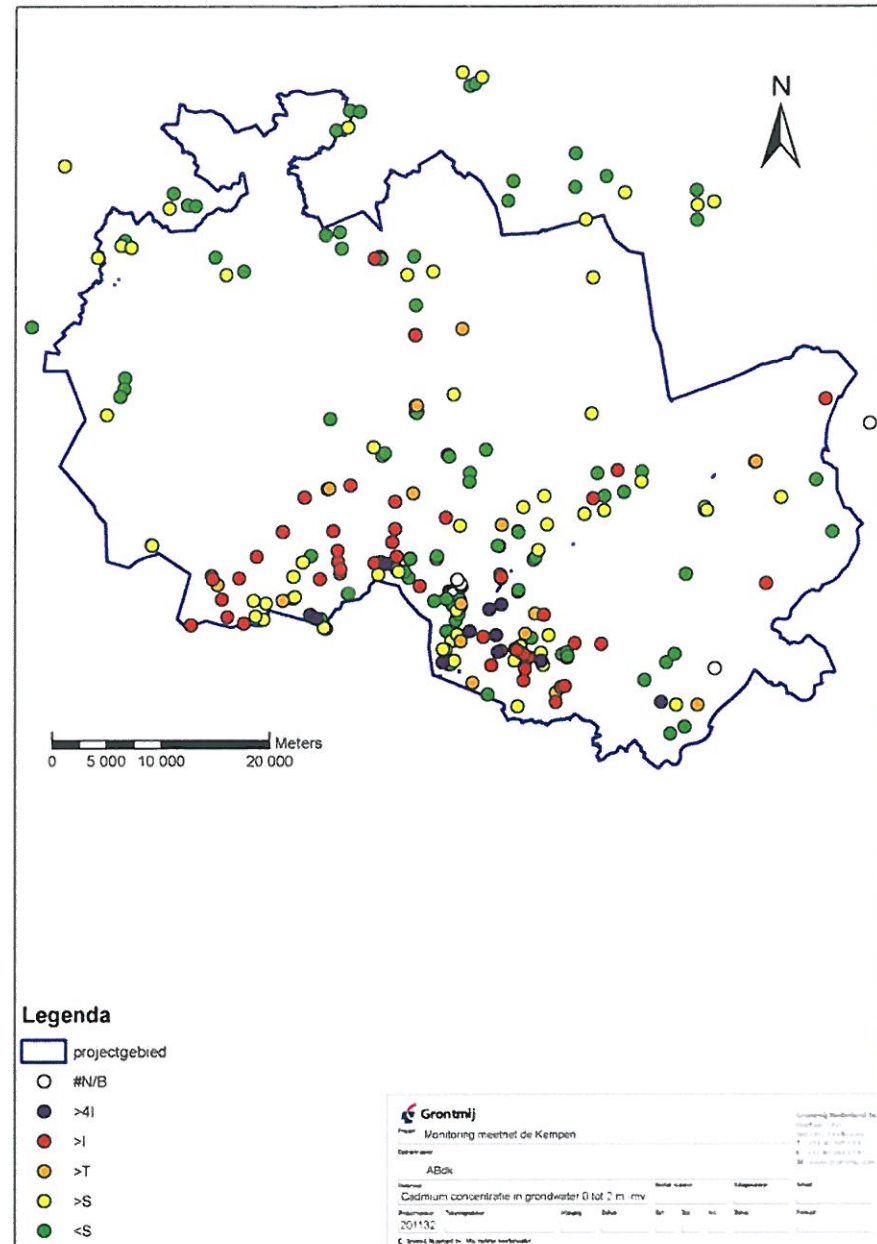
	Organisatie	Gegevens	aantal punten	Evaluatie data
a	Brabant Water	Pompstation Budel		Cd en Zn ontbreekt
b	Brabant Water	Pompstation Budel		x-y coörd. Ontbreekt, puntcode en filterstelling onduidelijk (1997-2005)
c	Brabant Water	Pompstation Budel	n=10	data bruikbaar 2005
d	Brabant Water	Pompstation Budel	n=470	data bruikbaar 1995-2001, niet altijd Zn- en Cd analyses (in 2001 : 33 metingen beschikbaar)
3 a	Gemeente Breda	Bodembeheerplan	n=480	digitale bestanden later ontvangen
4 a	Gemeente Cranendonck	Bodembeheerplan		digitale bestanden ontvangen, maar generieke getallen zonder x-y coördinaat
4 a	Gemeente Blade			generieke data van onverdachte locaties digitaal beschikbaar in Strad's
5 a	Gemeente Valkenswaard			generieke data van onverdachte locaties digitaal beschikbaar in Strad's, maar niemand die met software kan omgaan
6 a	Gemeente Weert		n=80	ontvangen, oke
7 a	Provincie NB	meetronde Tauw 1960	n=30	x-y-z coörd. Plus Cd en Zn oke
	Provincie NB	meetronde Tauw 1960	n=48	x-y coörd oke, filterstelling ontbreekt
8 a	Provincie NB / Limb	LMG	n=64	data bruikbaar 2003
b	Provincie NB / Limb	PMG	n=100	data bruikbaar 2002
c	Provincie NB / Limb	PMG	n=73	data bruikbaar 2003
9 a	ABdK	GW Kempen	n=60	data bruikbaar 2002
	ABdK	Freatsch Kempen	n=60	data bruikbaar 2002
	ABdK	GW Kempen	n=41	data bruikbaar 2003
	ABdK	Freatsch Kempen	n=53	data bruikbaar 2003
10	ABdK	CSO Gevaalafkening	n=185	Grondwater 1990-2001 tot 10 m-mv, dieptetraject bekend
	ABdK	CSO Gevaalafkening	n=1574	Grondwater 1990-1998 15-25 m-mv, dieptetraject bekend
	ABdK	CSO Gevaalafkening	n=136	PMG ondiep dieptetraject
11	Pompstation	Luykspeset	n=20	ontvangen

Uitgangspunten Dataselectie

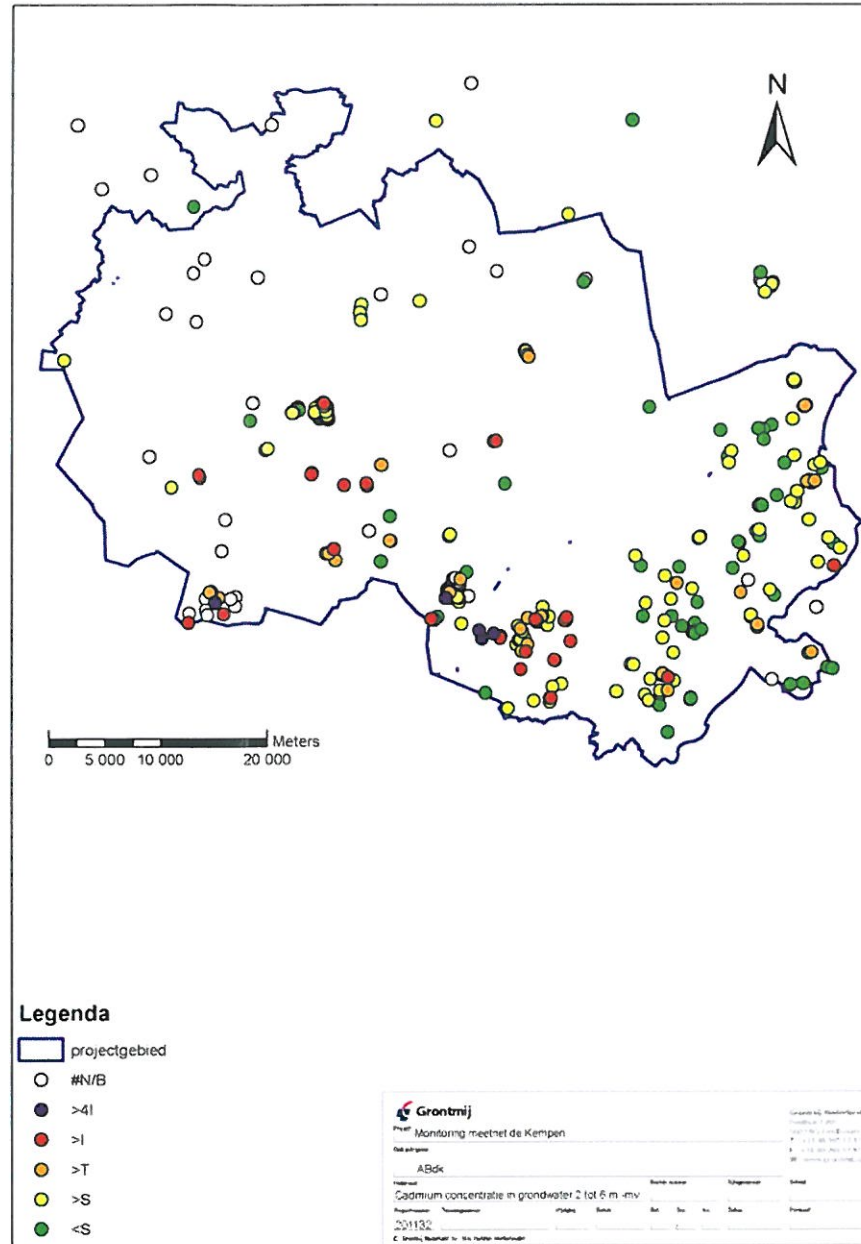
1	Beschikbare gegevensgegevens (n= 5123)																						
a	Bestand	Tablad	Unieke code begin	Unieke code eind	opmerking																		
b	dataarspoort 2002-2004 kempen en NB.xls	data	ABdK0001 tm	ABdK0366	PMB, LMG, PMG																		
c	dataarspoort 2002-2004 kempen en NB.xls	data kempen (geel)	ABdK0369 tm	ABdK0476	freatisch Kempen, grondwater Kempen 2002																		
d	dataarspoort 2002-2004 kempen en NB.xls	data kempen (groen)	ABdK0479 tm	ABdK0572	freatisch Kempen, grondwater Kempen 2004																		
e	freatisch GWB Budel.xls		ABdK0573 tm	ABdK0582	Pompstation Bude																		
f	zware metalen Budel wp's en pps 1995-2001.xls		ABdK0583 tm	ABdK1336	Pompstation Bude																		
g	meetronda1990.xls	Alle gegevens	ABdK1337 tm	ABdK1422	Tauw																		
h	smg_ondep.xls		ABdK1423 tm	ABdK1531	CSO																		
i	punten_gw_vanaf19900101_tot10.xls		ABdK1532 tm	ABdK2162	PNB, Budel Pompstation, etc...																		
j	punten_gw_vanaf19900101_tot10025.xls		ABdK2163 tm	ABdK4758	PNB, Budel Pompstation, etc...																		
k	luysgesie zware metalen TNO.xls	selectie	ABdK3183 tm	ABdK4776	Pompstation Luyksgesie																		
l	meetgegevens weer0.xls		ABdK4777 tm	ABdK4808	Gemeente Weert																		
m	overlappende coördinaten		ABdK4837 tm	ABdK5123	Gemeente Bergeijk																		
2	Dataselectie																						
a	selectie meetnet PMB geen diepte filter	aanname : traject 0 tot 0 m-mv																					
b	selectie meetnet ABdK de Kempen freatisch geen diepte filter	aanname : traject 0 tot 0 m-mv																					
c	selectie meetnet freatisch Budel geen diepte filter	aanname : traject 0 tot 0 m-mv																					
d	selectie meetnet CSO, PMG ondep geen diepte filter	aanname : eruit = dubbel met set TNO																					
3	Bewerken gegevens																						
a	selectie diepte traject m-mv	0 tot 2 = bovenkant filter < 2 m-mv 2 tot 6 = bovenkant filter tussen 2 en 6 meter 6 tot 15 = bovenkant filter tussen 6 en 15 meter 15 tot 25 = bovenkant filter tussen 15 en 25 meter dieper dan 25 = bovenkant filter > 25 meter																					
b	verwijder dubbele data																						
c	verwijder oude data, gebruik meest recente data	0 tot 2 = freatisch Kempen meetronda 2002 eruit (dubbel met 2004) 2 tot 6 = CSO testno210kt tijdreeksen eruit 6 tot 15 = CSO testno210kt tijdreeksen eruit, overlap met PMG/LMG 15 tot 25 = CSO testno210kt tijdreeksen eruit, overlap met PMG/LMG dieper dan 25 =																					
4	Toetsen Cd en Zn concentratie																						
a	<table><tr><th></th><th>Cd (µg/l)</th><th>Zn (µg/l)</th></tr><tr><td>4 m-waarde</td><td>24</td><td>3000</td></tr><tr><td>6 m-waarde</td><td>6</td><td>800</td></tr><tr><td>15 m-waarde</td><td>10</td><td>4500</td></tr><tr><td>25 m-waarde</td><td>0.4</td><td>65</td></tr><tr><td>indien < detectielimiet:</td><td>detectielimiet: 0.7</td><td>detectielimiet: 0.7</td></tr></table>						Cd (µg/l)	Zn (µg/l)	4 m-waarde	24	3000	6 m-waarde	6	800	15 m-waarde	10	4500	25 m-waarde	0.4	65	indien < detectielimiet:	detectielimiet: 0.7	detectielimiet: 0.7
	Cd (µg/l)	Zn (µg/l)																					
4 m-waarde	24	3000																					
6 m-waarde	6	800																					
15 m-waarde	10	4500																					
25 m-waarde	0.4	65																					
indien < detectielimiet:	detectielimiet: 0.7	detectielimiet: 0.7																					
5	Kaarten per dieptetraject																						
a	per dieptetraject kaartje met S-T-f waarden in kleur voor Cd en Zn 5 kaarten Cd 5 kaarten Zn																						
6	Indeling homogene deelgebieden																						
a	Kaarten genereren	kaart 1 landgebruik: bron CBS landgebruik Kempen kaart 2 grondwater: grondwater eenheden kaart 3 geologie: grondwaterkaart van Nederland																					
b	Homogene deelgebieden definiëren combinatie van kaart 1, kaart 2 en kaart 3	27 deelgebieden plus overige																					
7	Overzicht spreiding Cd en Zn concentratie																						
a	Tabelen aantal metingen per deelgebied per dieptetraject																						
b	Grafieken overzicht spreiding Cd en Zn concentratie per deelgebied en per dieptetraject																						

A.2 Gemeten cadmium en zinkconcentraties op vijf diepteniveaus in het grondwater

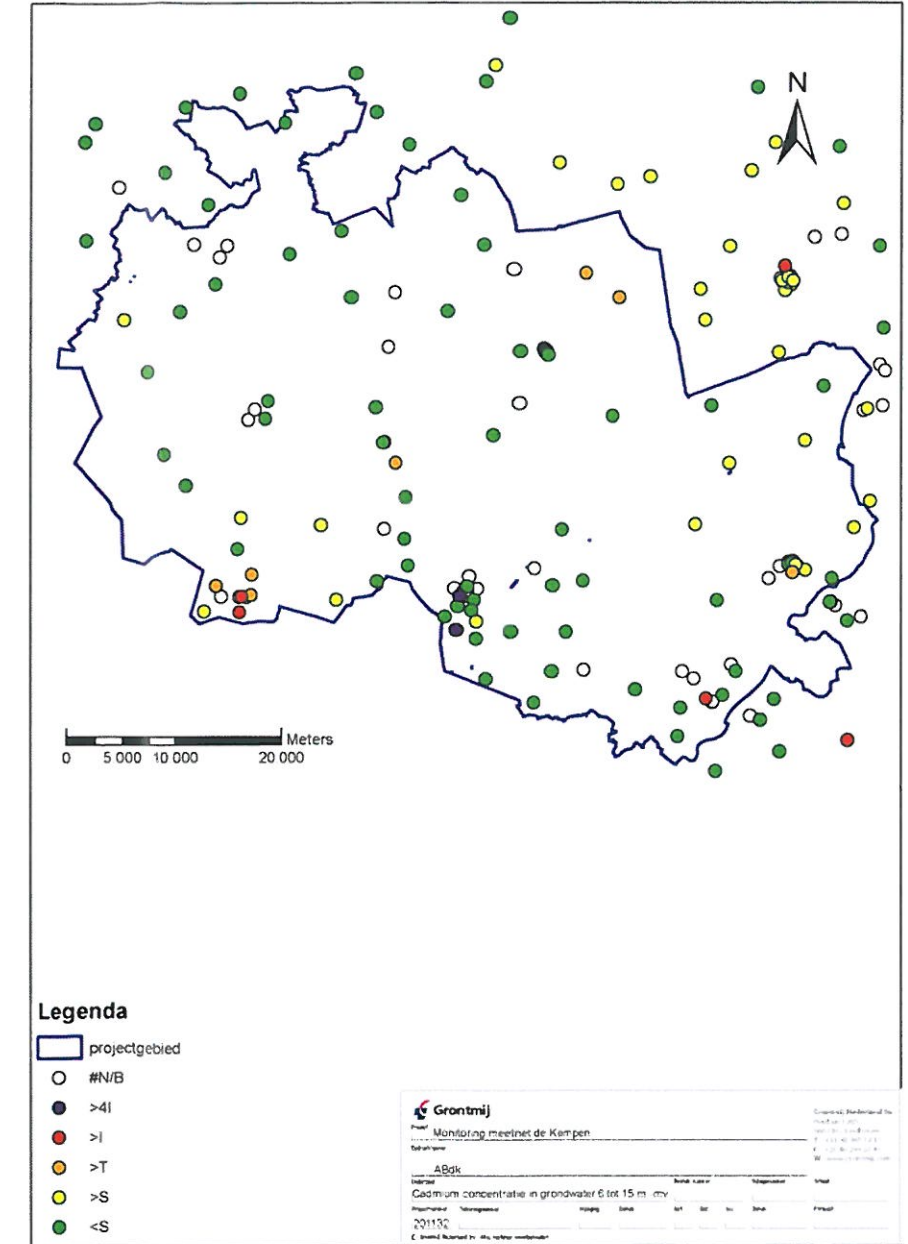
Cadmium(0-2 m-mv)



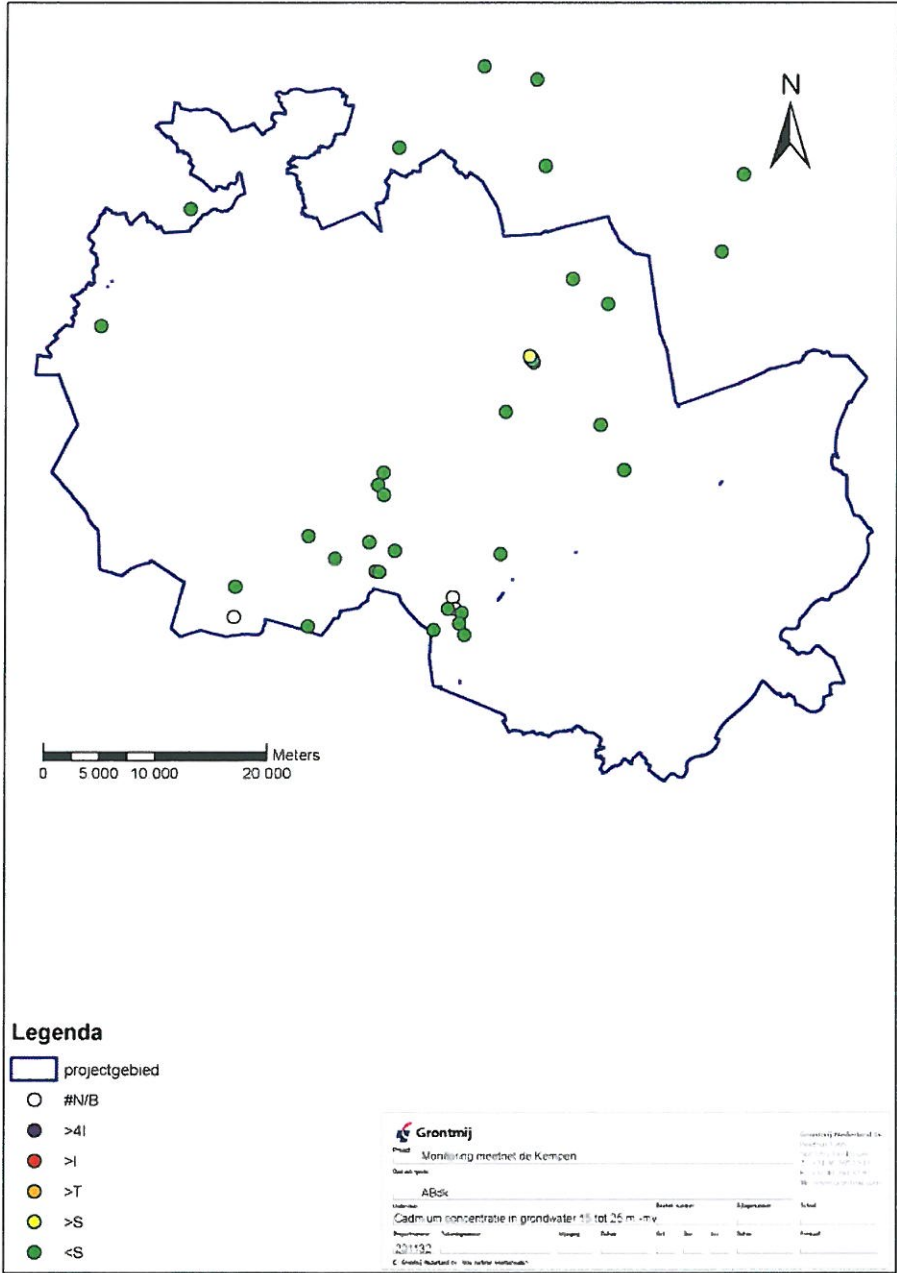
Cadmium (2-6 m-mv)



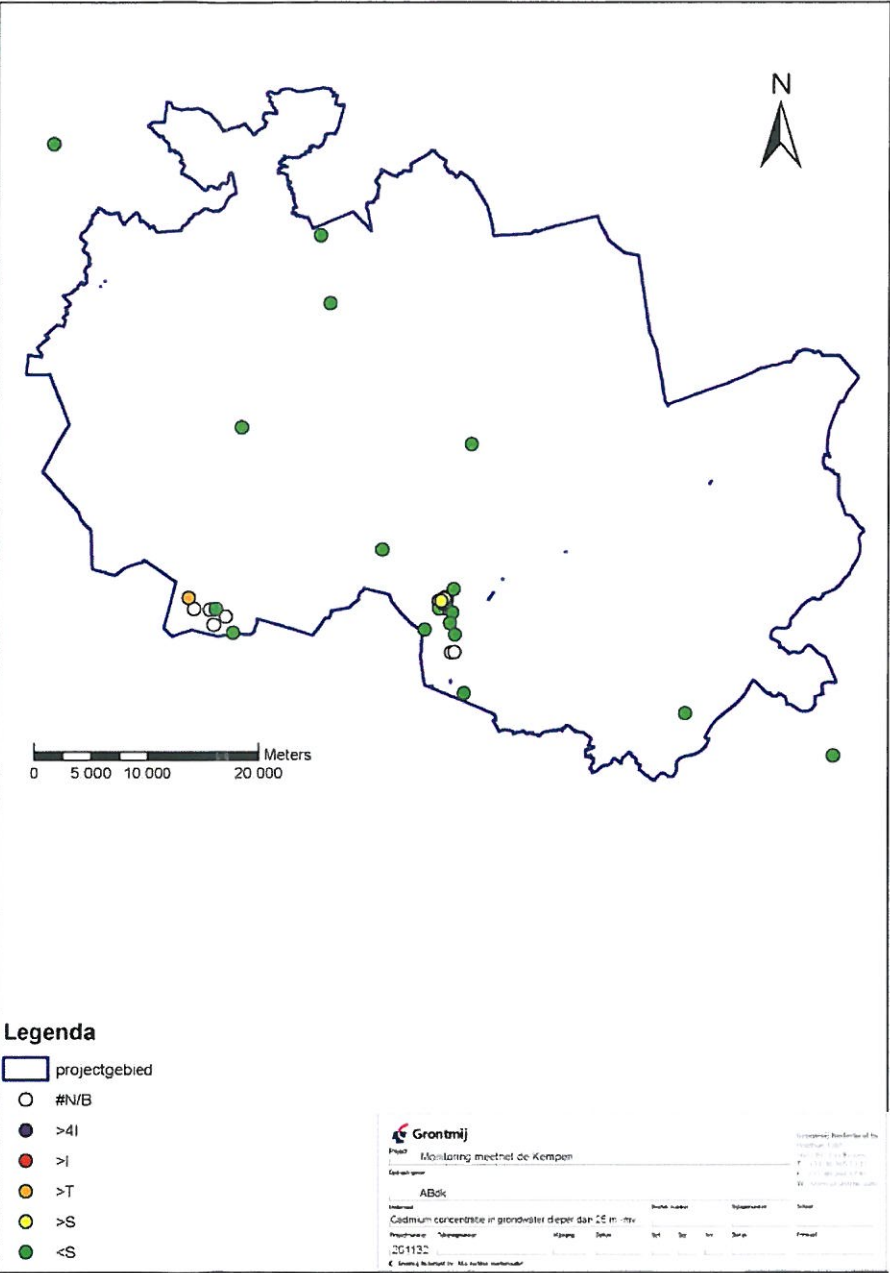
Cadmium 6-15 m-mv)



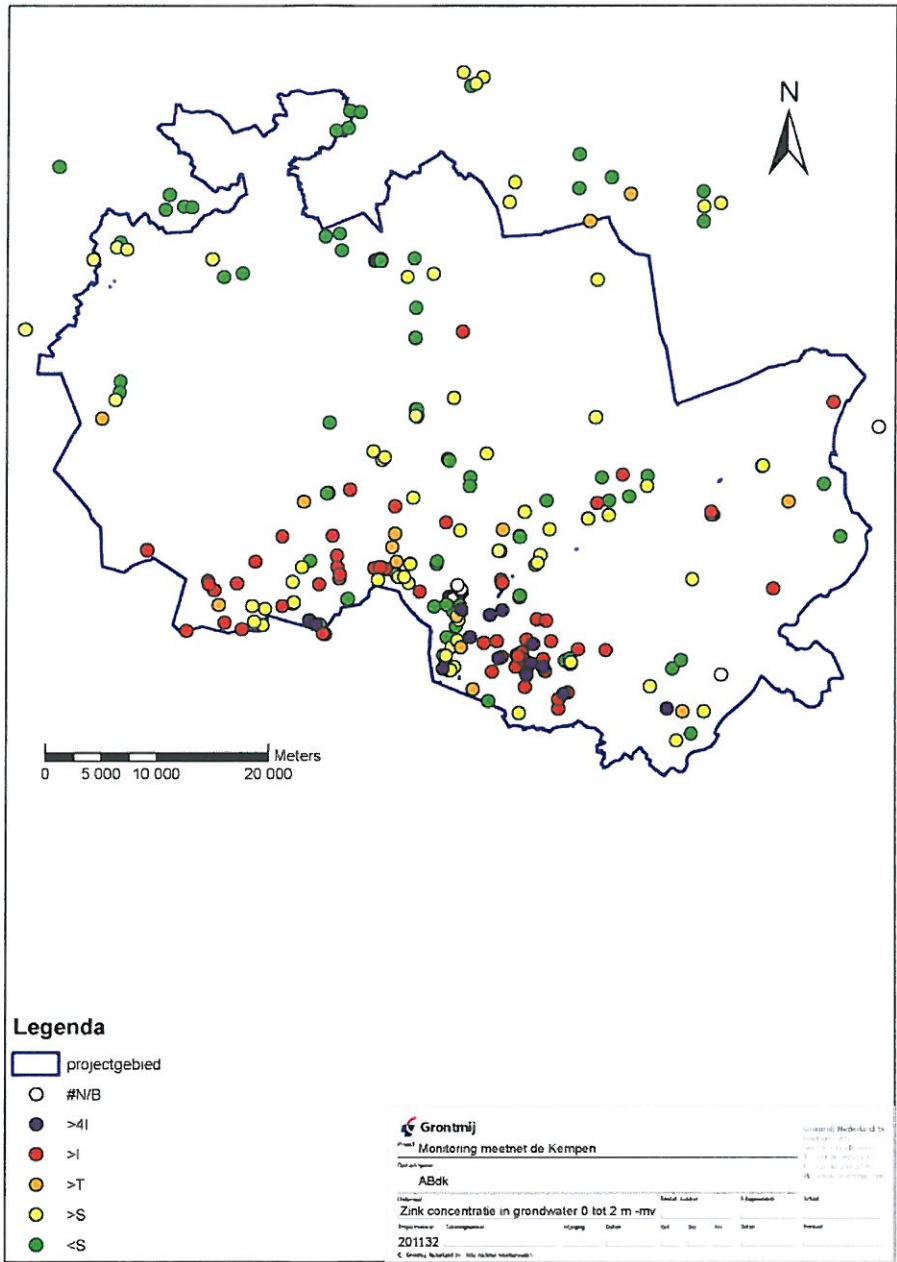
Cadmium (15-25 m-mv)



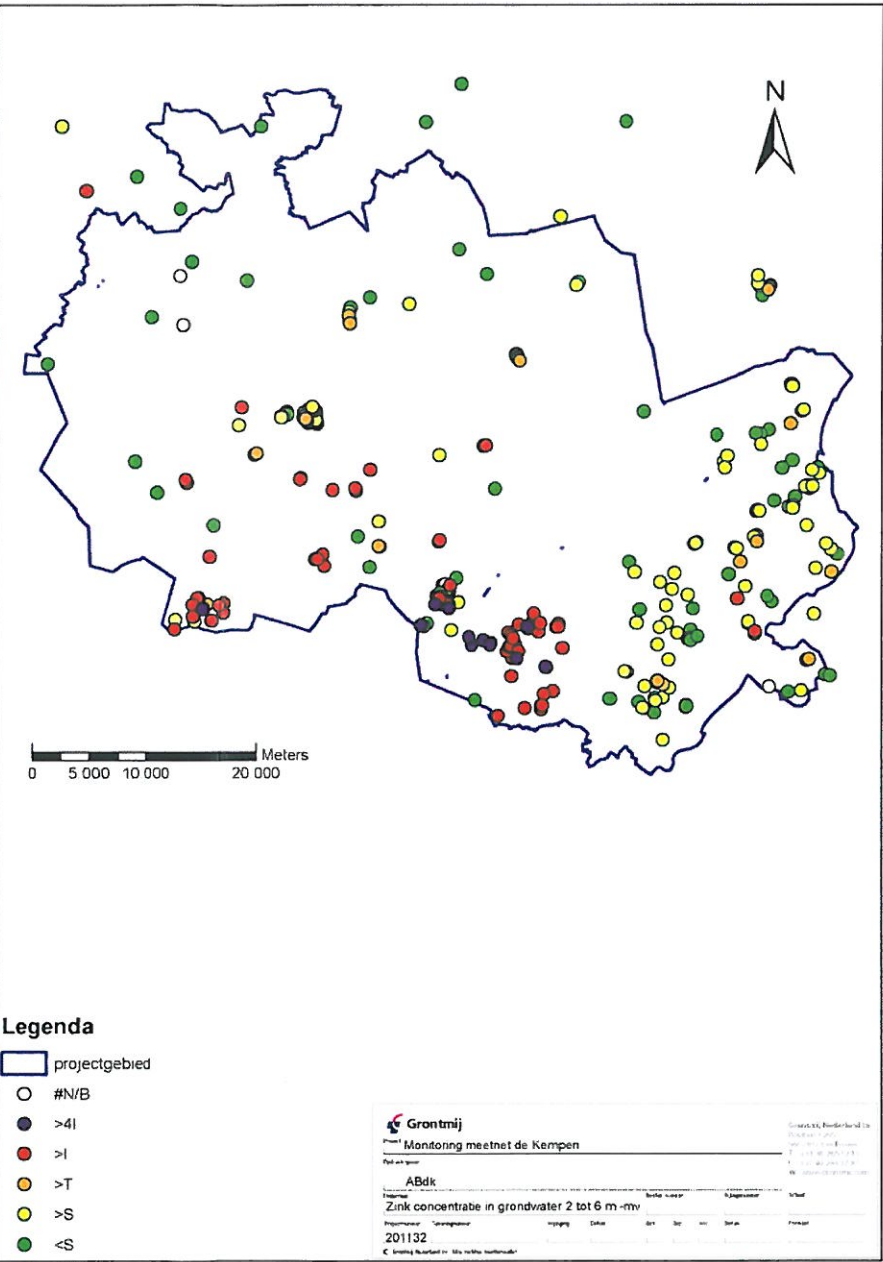
Cadmium (> 25 m-mv)



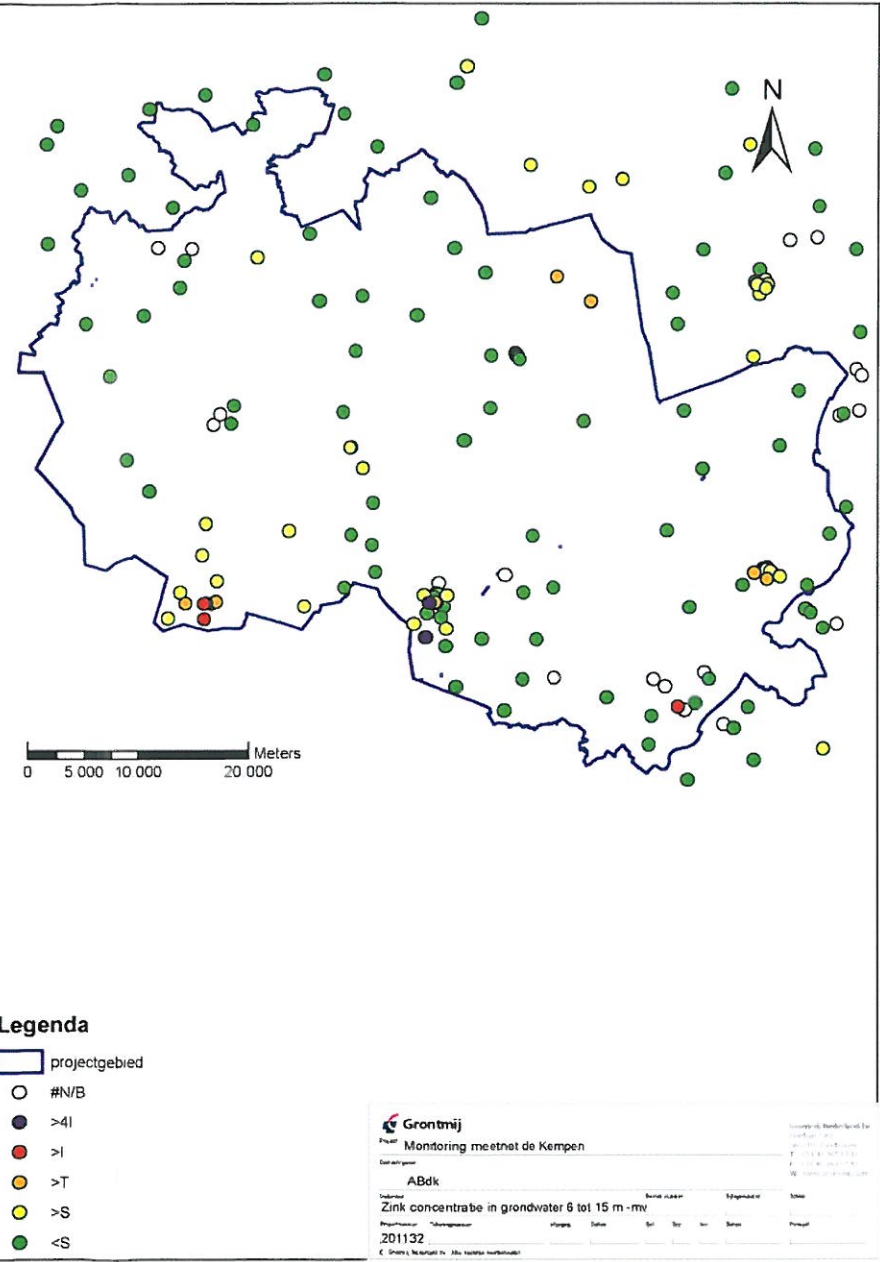
Zink (0-2 m-mv)



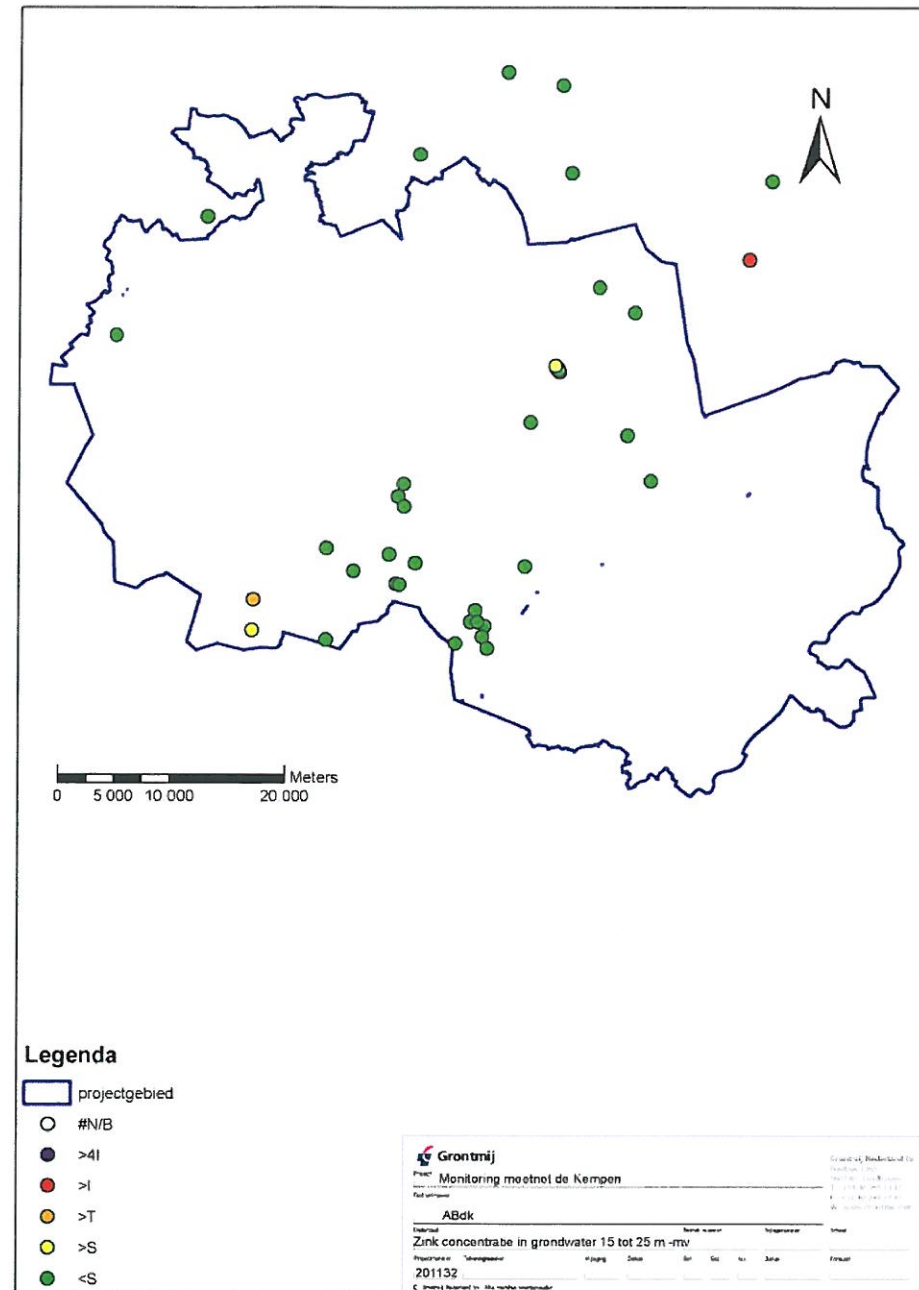
Zink (2-6 m-mv)



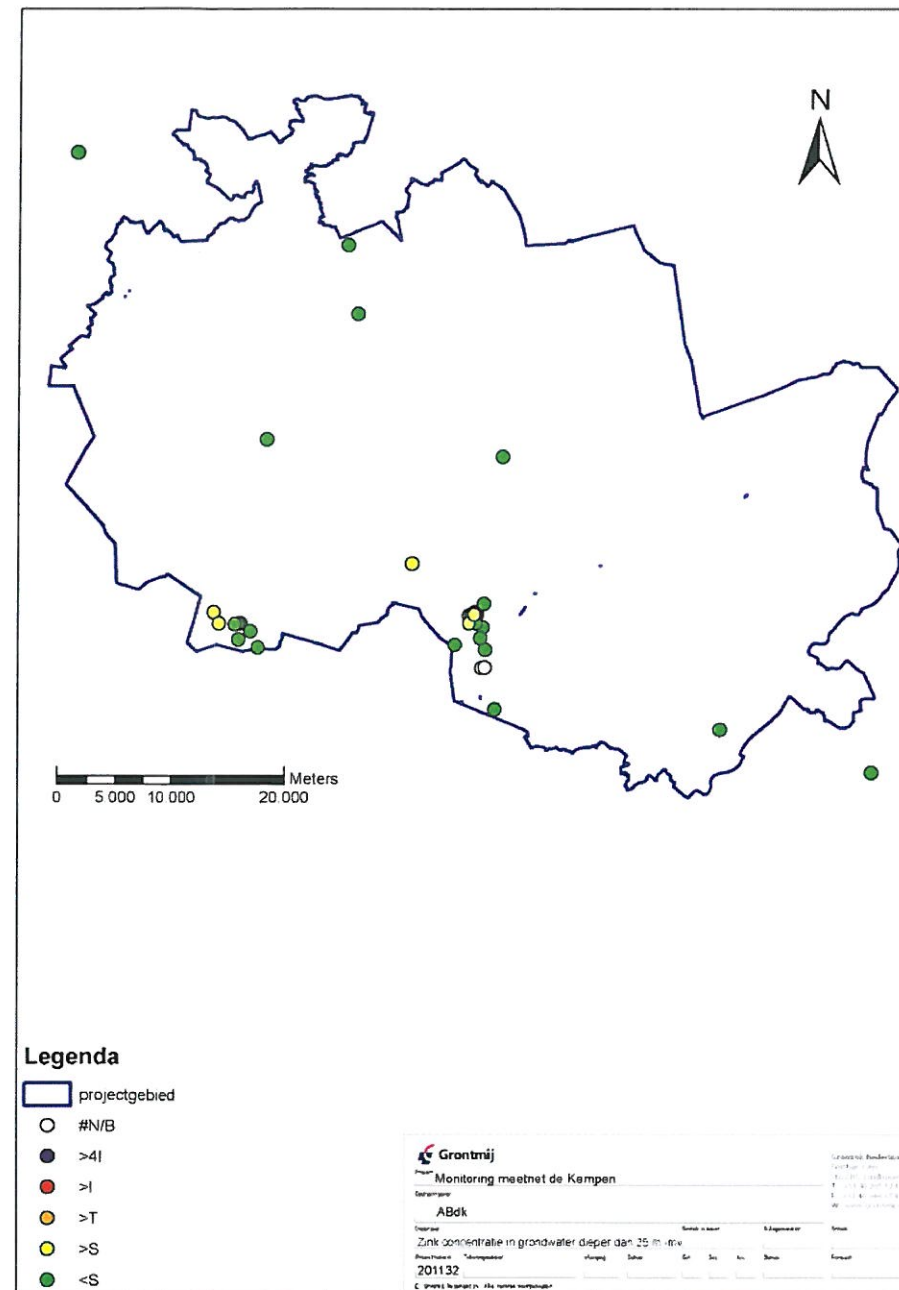
Zink (6-15 m-mv)



Zink (15-25 m-mv)



Zink (> 25 m-mv)



B Bijlage: uitsplitsing intermediaire gebiedstypen

Met behulp van de dataset met grondwatermetingen in de Kempen (zie bijlage A) is beoordeeld of een uitsplitsing naar bodemtypes noodzakelijk is van de intermediaire landbouw en kwel gebieden in de Kempen.

De beschikbare analyses met een filterdiepte van 0-2 m-mv zijn verder uitgesplitst in de volgende deelgebieden:

- landbouw-intermediair-podzol-droog (n= 40)
- landbouw-intermediair-podzol-nat (n= 17)
- landbouw-intermediair-eerdgrond-droog (n= 35)
- landbouw-intermediair-eerdgrond-nat (n= 26)
- kwel (n= 79)

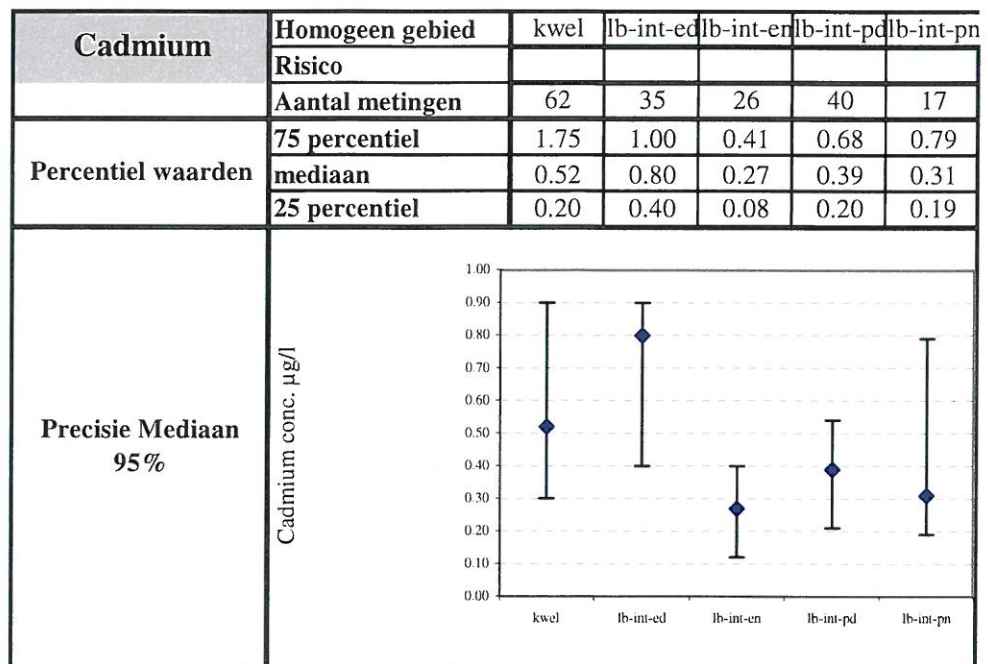
1 Percentiel waarden en precisie mediaan

De gemeten concentraties zijn onderling vergeleken door te kijken naar de percentiel waarden (mediaan concentratie, P25 en P75) en de betrouwbaarheid rondom de mediaan concentratie per gebiedstype. In de onderstaande figuren is dit voor cadmium en zink weergegeven.

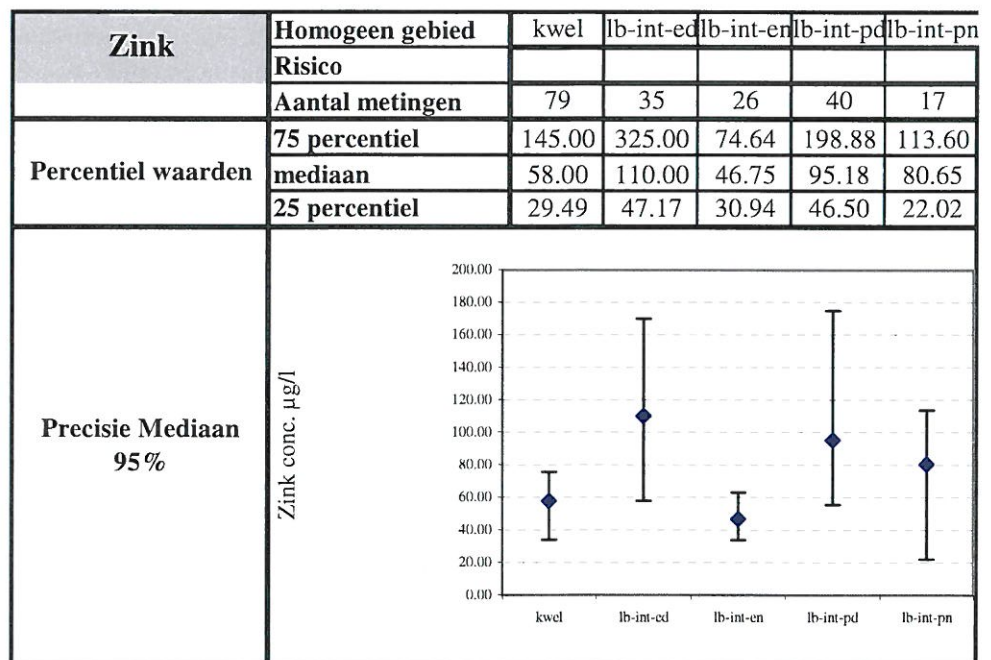
Te zien is dat de mediaan cadmiumconcentratie onder natte eerdgronden bijna een factor 3 lager is dan onder droge eerdgronden en dat er geen overlap is in het betrouwbaarheidsinterval rondom de mediaanconcentratie tussen deze twee gebiedstypen. De cadmiumconcentraties zijn dus significant van elkaar verschillend. Voor zink is het verschil in mediaanconcentraties wat kleiner dan een factor 3 (ongeveer een factor 2,4) en overlappen de betrouwbaarheidsintervallen net. Voor zink is er dus een verschil tussen natte en droge eerdgronden maar dit verschil is niet significant.

Tussen de droge en natte podzolgronden is geen verschil aangetroffen.

Voor zink lijken de kwelgebieden sterk op de natte eerdgronden. Voor cadmium is dit veel minder het geval.



Figuur B.1



Figuur B.2

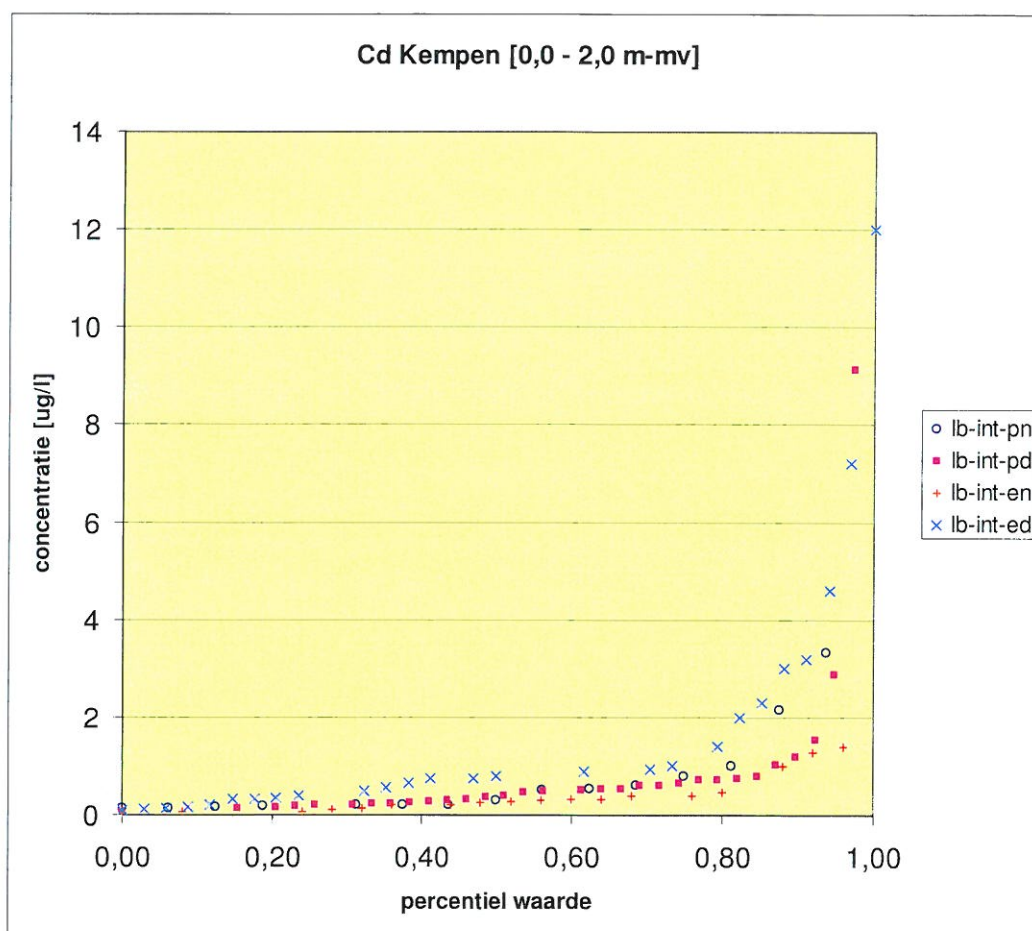
2 Cumulatieve frequentie verdelingen

Voor Cadmium is de percentiel waarde van de gemeten concentraties uitgezet voor de verschillende deelgebieden. Ook nu weer zijn de grafieken tot de 70 á 80 percentiel waarde voor eerdgrond-droog en eerdgrond-nat afwijkend van grafieken voor podzol gronden.

In de deelgebieden met eerdgrond-droog worden in het grondwater van 0-2 m-mv hogere concentraties gemeten en in de deelgebieden met eerdgrond-nat worden lagere concentraties gemeten.

De podzol-nat en podzol-droog zijn niet van elkaar te onderscheiden.

De verschillen boven de 70 á 80 percentiel waarde hebben mogelijk te maken met de geografische ligging nabij het brongebied.



Figuur B.3: Cd percentiel waarden voor deelgebieden (n.b. verticale schaal is aangepast)

3 Voorlopige conclusies

Intermediaire landbouwgebieden kunnen worden onderscheiden worden in 3 verschillende deelgebieden:

1. landbouw-intermediair-podzol
2. landbouw-intermediair-eerdgrond-nat
3. landbouw-intermediair-eerdgrond-droog

C Bijlage: rapportage achtergrondconcentraties van 17 sporenmatalen in het grondwater van Nederland – beschouwing van betekenis voor de Kempen

Het RIVM heeft een studie uitgevoerd om voor 17 sporenmatalen de achtergrondconcentratie in het grondwater van Nederland af te leiden. Hierbij worden drie typen achtergrondconcentraties onderscheiden: natuurlijke, semi-natuurlijke en regionale achtergrondconcentraties. Natuurlijke concentraties zijn concentraties zoals die gemeten zouden worden in gebieden die geen enkele menselijke invloed hebben ondergaan. Regionale achtergrondconcentraties zijn concentraties die gevonden worden in gebieden waar sprake is van een meer dan geringe menselijke invloed, zonder dat er sprake is van één specifieke puntbron. Het zwaartepunt van de RIVM studie ligt op het afleiden van semi-natuurlijke achtergrondconcentraties. Dit zijn de concentraties die gevonden worden in relatief onbelaste gebieden onder onverdachte locaties.

De RIVM studie is gebaseerd op de data van de landelijke meetnetten bodem- en grondwaterkwaliteit (de reguliere RIVM-meetnetten). De semi-natuurlijke achtergrondconcentratie is gedefinieerd als de bovengrens van het betrouwbaarheidsinterval van de 90-percentielwaarde van de meetgegevens uit onverdachte locaties c.q. relatief onbelaste locaties. Hieronder verstaat het RIVM locaties waarbij sporenmatalen wel beïnvloed kunnen zijn door menselijk handelen, maar waarbij er geen sprake is van een duidelijke aanwijsbare puntbron. De studie is zodanig opgezet om regionale verschillen in semi-natuurlijke achtergrondconcentraties aan te tonen indien deze in de data aanwezig zijn. Voor ieder sporenmetaal is bekeken of er een karakteristieke P90 is voor verschillende diepteniveaus in het grondwater (bovenste grondwater, ondiep grondwater en midden-diep grondwater) voor verschillende bodemtypes (klei, veen en zand) voor verschillende landgebruikvormen op zandgrond (landbouw-zand en natuur-zand) en voor verschillende regio's (noord-zand en zuid-zand).

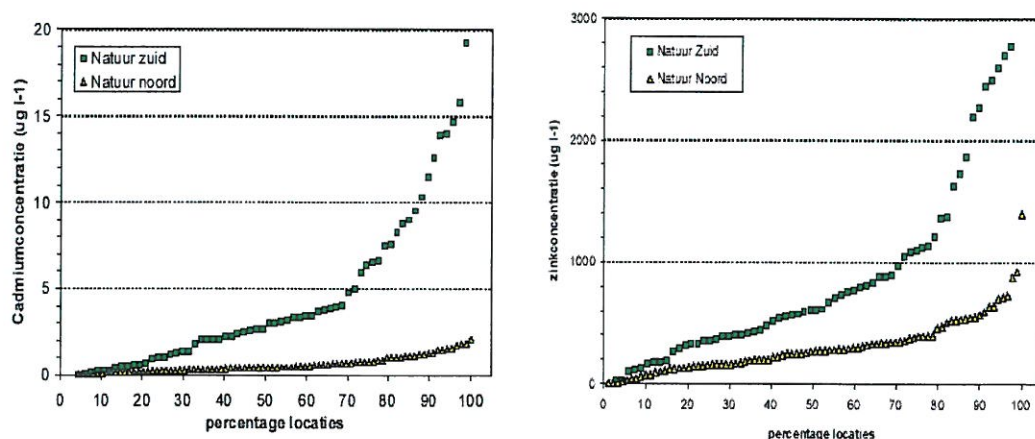
De RIVM studie concludeert dat voor cadmium en zink in grondwater niet voor elk bodemtype en diepte van bemonstering dezelfde achtergrondconcentratie kan worden gehanteerd. De cadmium- en zinkconcentraties in het bovenste grondwater en ondiepe grondwater onder 'natuur op zand' en 'landbouw op zand' in Zuid-Nederland zijn duidelijk hoger dan in Noord-Nederland. Voor het middeldiepe grondwater is er geen verschil in gemeten concentraties aangetroffen. Dit fenomeen wordt door het RIVM vooral toegeschreven aan de invloed van verdroging, vermesting en verzuring en niet zozeer aan de hoge (historische) atmosferische depositieniveaus.

TNO onderschrijft de conclusie dat de cadmium- en zinkconcentraties onder de zandgebieden in Zuid-Nederland hoger zijn dan in Noord-Nederland. De figuren 14 en 38 onderschrijven dit direct. Over het gehele interval van cumulatieve frequentieverdeling van deze stoffen zijn de concentraties in Zuid-Nederland hoger dan in Noord-Nederland. Mogelijk speelt hierin naast invloeden van verzuring en vermesting ook nog de geologie een rol. Het is niet onderzocht in hoeverre de zandgronden in zuid Nederland van nature lagere pH hebben of hogere gehalten aan metalen dan in noord Nederland.

De stelling dat de verhoogde depositie van metalen in Zuid-Nederland een minder belangrijke rol speelt in de hogere concentratie, wordt door TNO niet gedeeld. Bij het nauwkeurig beschouwen van de cumulatieve frequentieverdelingen kan geconcludeerd worden dat er een min of meer constante factor is tussen de helling van de beide lijnen

(Noord en Zuid-Nederland) tot circa het P70. Daarboven nemen de concentraties in Zuid Nederland veel sterker toe. Het verschil tussen bijvoorbeeld de P85 (ca. 9 $\mu\text{g/l}$ voor Cd) en P95 (ca. 15 $\mu\text{g/l}$ voor Cd) is in Zuid-Nederland dan ook erg groot. Met andere woorden de frequentieverdeling van gemeten concentraties is in Zuid-Nederland veel schever naar hoge concentraties dan in Noord-Nederland. In Zuid-Nederland zijn veel meer locaties met sterk verhoogde concentraties (bijvoorbeeld ten opzichte van de mediaanconcentratie). Tot circa het P70 zijn de verschillen tussen Zuid en Noord-Nederland toe te schrijven aan verschillen in verzuring en vermisting (of geologie). Vanaf het P70 is er in Zuid-Nederland dus een sterke toename van de concentraties. Hiervan kan worden aangenomen dat deze veroorzaakt zijn door verhoogde atmosferische depositie. De locaties met concentraties boven de P70 zullen ongetwijfeld voor een belangrijk deel in de Kempen-regio liggen.

Geconcludeerd kan worden dat de P90 in Zuid-Nederland beïnvloedt is door verhoogde atmosferische depositie vanuit de zinksmelterijen. Het is dus niet te rechtvaardigen om de P90 van de Zuid-Nederland dataset als semi-natuurlijke achtergrondconcentratie in dit gebied te nemen. Voor het afleiden van de semi-natuurlijke achtergrondconcentraties voor hele zandgebied in Nederland zullen locaties met verhoogde concentraties in Zuid-Nederland (bijv. boven de P70 in figuur 14) moeten worden verwijderd. Dit is in de RIVM studie niet gedaan.



Figuur C.1: Cadmium- en zinkconcentratie in het bovenste grondwater onder natuur op zand in Noord- en Zuid-Nederland (Figuren 14 en 38 uit RIVM-rapport)

Literatuur:

Fraters, B., L.J.M. Boumans en H.P. Prins (2001) *Achtergrondconcentraties van 17 sporenmatalen in het grondwater van Nederland*. RIVM rapport 7117010117.

D Bijlage: locaties meetnet grondwaterkwaliteit de Kempen

GEBIED	BRON-MON	NR.	POINT_ID	X_COORD	Y_COORD
Kwel	Kwel-Bron	1	61745	158450	366850
Kwel	Kwel-Bron	2	71072	151150	364850
Kwel	Kwel-Bron	3	61395	170450	366950
Kwel	Kwel-Bron	4	53693	152250	368550
Kwel	Kwel-Bron	5	67791	152050	365550
Kwel	Kwel-Bron	6	49007	153650	369550
Kwel	Kwel-Bron	7	45730	154950	370250
Kwel	Kwel-Bron	8	68325	158450	365450
Kwel	Kwel-Mon	1	35461	162050	372450
Kwel	Kwel-Mon	2	16591	155050	376450
Kwel	Kwel-Mon	3	47557	149650	369850
Kwel	Kwel-Mon	4	17670	168950	376250
Kwel	Kwel-Mon	5	10033	157250	377850
Kwel	Kwel-Mon	6	10185	172150	371850
Kwel	Kwel-Mon	7	50598	171750	369250
Kwel	Kwel-Mon	8	22978	182750	375150
Lb-Inf	Lb-Inf-Bron	1	78759	167850	363250
Lb-Inf	Lb-Inf-Bron	2	65161	171050	366150
Lb-Inf	Lb-Inf-Bron	3	76894	169350	363650
Lb-Inf	Lb-Inf-Bron	4	72263	176250	364650
Lb-Inf	Lb-Inf-Bron	5	57021	156050	367850
Lb-Inf	Lb-Inf-Bron	6	64000	148950	366350
Lb-Inf	Lb-Inf-Bron	7	94790	172950	359850
Lb-Inf	Lb-Inf-Bron	8	66392	153150	365850
Lb-Inf	Lb-Inf-Mon	1	23403	178250	375050
Lb-Inf	Lb-Inf-Mon	2	99061	177050	358950
Lb-Inf	Lb-Inf-Mon	3	69479	179850	365250
Lb-Inf	Lb-Inf-Mon	4	11491	162050	377550
Lb-Inf	Lb-Inf-Mon	5	59269	145850	367350
Lb-Inf	Lb-Inf-Mon	6	51673	185250	369050
Lb-Inf	Lb-Inf-Mon	7	69025	159150	365350
Lb-Inf	Lb-Inf-Mon	8	100459	175850	358650
Lb-Int	Lb-Int-Bron	1	91912	167150	360450
Lb-Int	Lb-Int-Bron	2	66411	155050	365850
Lb-Int	Lb-Int-Bron	3	56539	154850	367950
Lb-Int	Lb-Int-Bron	4	47622	156150	369850
Lb-Int	Lb-Int-Bron	5	63603	156150	366850
Lb-Int	Lb-Int-Bron	6	68311	157050	365450
Lb-Int	Lb-Int-Bron	7	56080	169050	365950
Lb-Int	Lb-Int-Bron	8	55674	162350	368150
Lb-Int	Lb-Int-Mon	1	103232	171150	358050
Lb-Int	Lb-Int-Mon	2	39605	153450	371550
Lb-Int	Lb-Int-Mon	3	97668	178750	359250
Lb-Int	Lb-Int-Mon	4	29566	183550	373750
Lb-Int	Lb-Int-Mon	5	41602	165150	371150
Lb-Int	Lb-Int-Mon	6	44606	183550	370550
Lb-Int	Lb-Int-Mon	7	74763	144250	364050
Lb-Int	Lb-Int-Mon	8	38678	154750	371750
Nat-Inf	Nat-Inf-Bro	1	61892	173150	366850
Nat-Inf	Nat-Inf-Bro	2	92893	171250	360250
Nat-Inf	Nat-Inf-Bro	3	83482	170150	362250
Nat-Inf	Nat-Inf-Bro	4	53797	172150	362950
Nat-Inf	Nat-Inf-Bro	5	100413	171250	358650
Nat-Inf	Nat-Inf-Bro	6	72912	147150	364450
Nat-Inf	Nat-Inf-Bro	7	68688	147750	365350
Nat-Inf	Nat-Inf-Bro	8	46240	158650	370150
Nat-Inf	Nat-Inf-Mon	1	26762	163750	368550
Nat-Inf	Nat-Inf-Mon	2	42262	173550	369195
Nat-Inf	Nat-Inf-Mon	3	37475	175450	372050
Nat-Inf	Nat-Inf-Mon	4	85975	184450	361750
Nat-Inf	Nat-Inf-Mon	5	34733	183250	372650
Nat-Inf	Nat-Inf-Mon	6	11027	162650	377650
Nat-Inf	Nat-Inf-Mon	7	13459	170850	377150
Nat-Inf	Nat-Inf-Mon	8	99015	172450	358950
Nat-Int	Nat-Int-Bro	1	63306	173850	367150
Nat-Int	Nat-Int-Bro	2	58916	157550	367450
Nat-Int	Nat-Int-Bro	3	54267	162650	368450
Nat-Int	Nat-Int-Bro	4	58428	155750	367550
Nat-Int	Nat-Int-Bro	5	59063	172250	367450
Nat-Int	Nat-Int-Bro	6	66888	155750	365750
Nat-Int	Nat-Int-Bro	7	65669	174850	366050
Nat-Int	Nat-Int-Bro	8	46241	159450	370150
Nat-Int	Nat-Int-Mon	1	40488	147750	371350

E Bijlage: bemonsteringsprotocol voor het meetnet grondwaterkwaliteit de Kempen

(afgeleid van bemonsteringsprotocol LMG versie 5.0 en het PMG 2004 provincie Noord-Brabant)

Monsternamen vindt in het algemeen plaats in 2-inch buizen, slechts enkele filters hebben een diameter van 1-inch. Bij 2-inch buizen is het gebruik van de (Grundfos) onderwaterpomp voor zowel het afpompen als het bemonsteren vereist. Bij 1-inch buizen is een centrifugaalpomp (bovengronds) voor het afpompen en een slangenpomp voor het bemonsteren het meest geschikt. Voor diepere grondwaterstanden wordt voor het afpompen en bemonstering van 1-inch buizen een kogelkleppomp gebruikt.

Afpompen

- Direct na opening van de peilbuis, vóór het afpompen, moet de grondwaterstand/stijghoogte en de diepte van de onderkant van het filter ten opzichte van de bovenkant van de peilbuis worden gemeten. Tevens wordt ook de kokerrand ten opzichte van de bovenkant van de peilbuizen gemeten. (SOP 411/01, 418/01)
- De peilbuizen worden afgepompt met een onderwaterpomp. Indien dit niet mogelijk is kan een centrifugaal- of kogelkleppomp worden gebruikt. Tijdens het afpompen moet de slang **boven** in de peilbuis worden gehangen, net onder de grondwaterspiegel. Het doorpompsdebiet en de doorpomptijd moeten worden genoteerd.
- Overtollige slang die nog niet in de peilbuis hangt, maar straks wel nodig is als wordt bemonsterd in de buurt van het filter, moet schoon naast de peilbuis worden opgeborgen. Op een stuk schoon plastic of op een katrol.
- Het pompdebiet voor het afpompen mag niet te hoog zijn. Grundfos maximaal ± 150 Hz; centrifugaal- of kogelkleppomp maximaal afpompvolume 10 l/min. gedurende de eerste 10 minuten.
- Veldparameters (EGV, T en pH) worden de eerste 10 minuten om de drie minuten in een doorstroomcel of emmer gemeten.
- In onderstaande tabel is de minimale afpomptijd weergegeven. Deze afpomptijden garanderen onder normale omstandigheden dat het water uit de stijgbuis voldoende is ververs.

Diepte	Diameter 1-inch	Diameter 2-inch
tot 10 m	20 minuten	20 minuten
10-25 m	30 minuten	30 minuten
25-40 m	40 minuten	40 minuten

- Na de eerste 10 minuten afpompen wordt **het debiet verlaagd** (voor de Grundfos geldt 80-100 Hz) en wordt de doorstroomcel aangesloten waarin de veldparameters (pH, EGV, T, O₂) gedurende de resterende minuten (zie tabel), wederom om de drie minuten, worden gemeten.
- Indien zowel een ondiep als een diep filter tegelijkertijd worden afgepompt gaat het debiet van het diepere filter **gelijktijdig** omlaag met het debiet van het ondiepe filter.

- Voorkom dat het opgepompte water ter plaatse weer infiltreert. Voer het opgepompte water (bij voorkeur) af in een sloot of een hemelwater afvoer.
- Tijdens het afpompen worden de veldparameters op een monitorings-formulier genoteerd.

Veldmetingen tijdens afpompen

- Op de veldstaten vermelden welk type pompen zijn ingezet.
- De EGV, pH- en zuurstofelektroden moeten voorafgaand aan de metingen zorgvuldig worden gecalibreerd. Naast calibratie moet er worden gecontroleerd op de betrouwbaarheid van de meetresultaten door middel van het gebruik van controlekaarten volgens SOP 111/01.
- Gedurende het afpompen worden de veldparameters (EGV, pH, T en zuurstof) om de 3 minuten gemeten en genoteerd.
- De monstername wordt pas gestart nadat de minimale afpomptijd is verlopen én de peilbuis minstens 3 maal is verversd én de veldparameters constant zijn geworden.

Veldstaten, calibratieformulieren, controlekaarten worden geleverd door TNO.

Monstername

- Als basis van de monstername wordt uitgegaan van SOP 409 met de opmerking dat de vacuüm methode niet wordt toegepast.
- Na het afpompen, voordat de uiteindelijke bemonstering begint, wordt het debiet verlaagd naar $\pm 0,5$ l/min (voor de Grundfos geldt de minimaal haalbare stand) en wordt de pomp ± 1 meter boven het filter gehangen. Monstername voor 2" buizen geschied met de Grundfos onderwaterpomp en voor de 1" buizen wordt gebruik gemaakt van de slangen- of kogelkleppomp.
- Nadat de minimale afpomptijd is bereikt én de veldparameters constant zijn, wordt gestart met de bemonstering.
- Al het bemonsterde grondwater wordt gefiltreerd over één (wegwerp)filter van $0,45 \mu\text{m}$.
- De aangeleverde monsterpotjes moeten eerst minimaal 2 maal worden gespoeld met monsterwater.
- Tijdens de monstername moeten er minimaal 3 blanco's worden meegenomen. Hiertoe moet een monsterpotje worden gevuld met demiwater wat door de filtreereenheid met een filter van $0,45 \mu\text{m}$ is geleid. De filtreereenheid moet op de slangenpomp worden aangesloten en eerst 30 seconden worden gespoeld met het te bemonsterde demiwater.
- De PE-slang wordt 1 maal daags vervangen, bij zichtbare verontreiniging in de slang wordt de slang eerder vervangen.
- Tijdens het uitnemen van de PE-slang uit de peilbuis wordt de slang droog gemaakt met een doek en wordt de slang schoon opgeborgen.

Flesjes

In totaal worden er 2 flesjes gevuld:

	Aantal
aangezuurd PE-flesje (60 ml)	1
glazen flesje (100 ml)	1
bruin flesje (100 ml)	2

Veldmetingen bij monstername- bicarbonaat met Titrator

Zie aparte beschrijving

In situ meten van pH en EGV

Nadat de bemonstering heeft plaats gevonden worden de pH en het EGV in situ gemeten. Met behulp van een lange kabel worden de fysisch-chemische parameters ter hoogte van het filter bepaald volgens SOP 415/01, 113/01 en 116/02.

Opmerkingen Onderhoud waarnemingsput

Noteer technische gebreken!

Pas indien nodig de situatieschets aan.

Meld eventuele verontreinigingen in of in de nabijheid van de waarnemingsput.

Veldwerkbuis

De veldwerkbuis moet voorzien zijn van een schoon en vies gedeelte. De generator mag niet samen met de onderwaterpomp worden opgeborgen.

Monsterconservering en aflevering

De monsters worden koel en donker bewaard.

Dagelijkse aflevering van monsters bij lab.

