

Praktijkproef infiltratie Zwolle-zuid

Deelrapport II

Infiltratievoorziening Geren

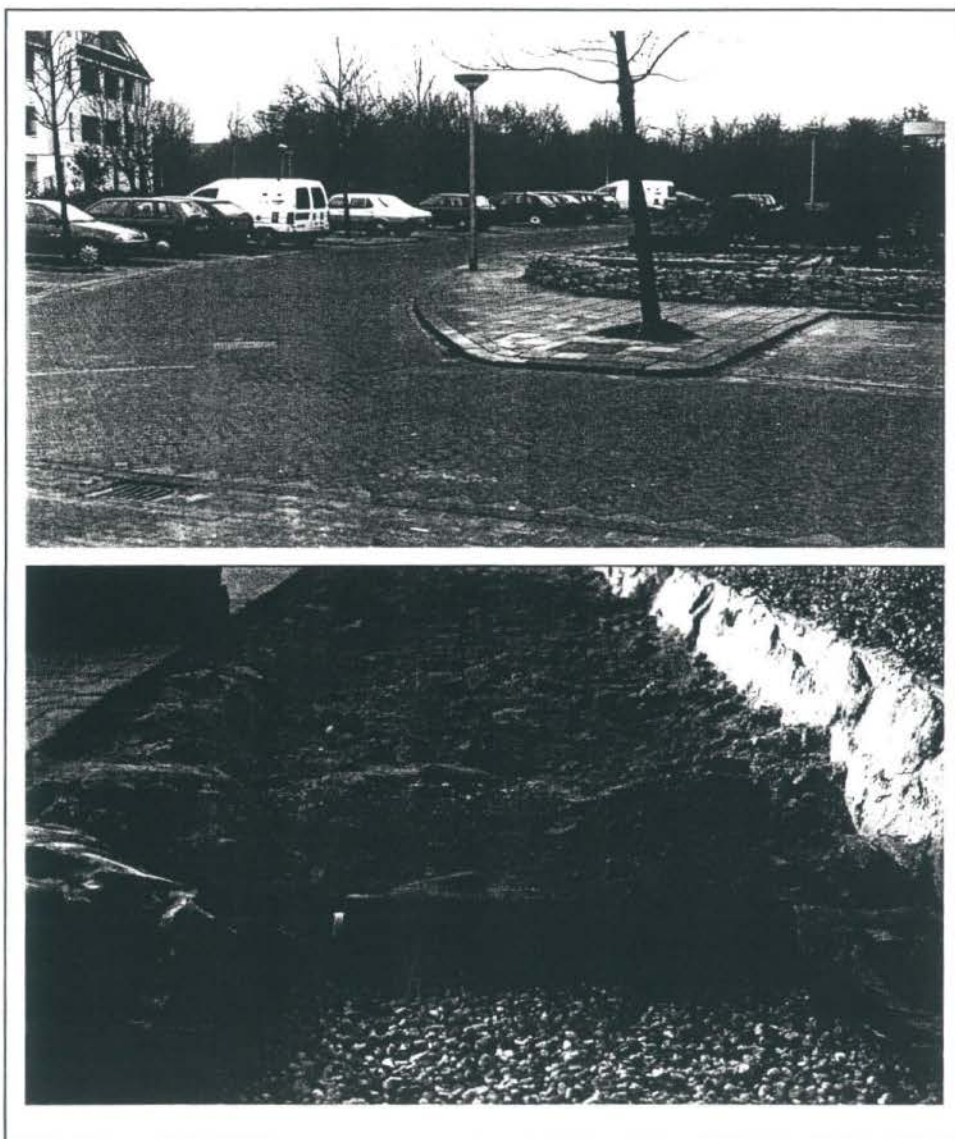


dienst landelijk gebied
voor ontwikkeling en beheer

Praktijkproef infiltratie Zwolle-zuid

Deelrapport II

Infiltratievoorziening Geren



Tauw



gemeente zwolle



Stichting RIONED



dienst landelijk gebied
voor ontwikkeling en beheer



Verantwoording

Titel	Praktijkproef infiltratie Zwolle-zuid Deelrapport II: Infiltratievoorziening Geren
Opdrachtgever	Gemeente Zwolle
Projectleider	ing. R. Wentink
Auteur(s)	ir. F.C. Boogaard, ing. B. Darwinkel, ing. R. Wentink
Projectnummer	0010139
Aantal pagina's	112
Handtekening	

Datum 8 juni 1999

Colofon

Tauw bv
Regio Oost
Handelskade 11
Postbus 133
7400 AC Deventer
Telefoon (0570) 69 99 11
Fax (0570) 69 96 66

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of anderszins zonder voorafgaande, schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Tauw bv beschikt over de volgende certificaten: NEN-EN-ISO 9001, VCA** en KOMO-asbestinventarisatie. De meet- en inspectiediensten van Tauw zijn geaccrediteerd (STERIN I057). Deze accreditaties zijn op de werkzaamheden van toepassing tenzij in dit rapport anders is aangegeven.

ISO-9001 nr. 651023/650421

VCA** nr. 650488

KOMO nr. 651286

STERLAB-register nr. L005:

Milieulaboratorium

STERIN-register nr. I057:

Meet- en bemonsterings-
activiteiten bodem, water,
lucht en afvalstoffen



ISO 9001



STERIN



V

C

A

K

O

M

BRL5052

Inhoud

Voorwoord	7
Samenvatting.....	9
1 Inleiding	11
1.1 Achtergrond.....	11
1.2 Probleemstelling	11
1.3 Doelstelling onderzoek	12
1.4 Locatiekeuze infiltratievoorzieningen	13
1.5 Methode van aanpak	13
1.6 Infiltratieproef Geren	14
1.7 Opbouw van het rapport.....	15
2 Locatiebeschrijving infiltratievoorziening Geren.....	17
2.1 Locatie Geren	18
2.2 Waterhuishouding	19
2.3 Bodem	23
3 Ontwerp en uitvoering.....	25
3.1 Inleiding	25
3.2 Uitgangspunten ontwerp.....	25
3.3 Berekeningsmethoden.....	26
3.3.1 Algemeen.....	26
3.3.2 Nederlandse methode.....	26
3.3.3 Japanse methode	27
3.3.4 Deense methode	27
3.3.5 Engelse methode	28
3.4 Definitief ontwerp	28
3.5 Uitvoeringsmethode	29
3.6 Constructie	29
3.7 Aanleg	31
4 Bemonsteringsprogramma	33
4.1 Inleiding	33
4.2 Startsituatie	33
4.3 Periodieke bemonsteringen	34
4.4 Eindsituatie	35
4.5 Bepaling bindingscapaciteit bodem	35
4.6 Overzicht uit te voeren analyses.....	36
4.7 Afronding onderzoek	37
4.8 Hydrologisch vooronderzoek	37
4.9 Periodieke hydrologische bemonstering	38
4.10 Programma-overzicht.....	38
4.11 Toetsingskader onderzoeksresultaten	39
4.11.1 Grind.....	39
4.11.2 Grond en grondwater	40
4.11.3 Hemel- en infiltratiewater.....	40

5	Uitgangssituatie.....	41
5.1	Bodem	41
5.1.1	Bodemonderzoek	41
5.1.2	Veldwerk	42
5.1.3	Analysepakket	42
5.1.4	Resultaten	42
5.2	Grindkwaliteit	44
5.3	Grondwaterkwaliteit	45
5.3.1	Veldwerk	45
5.3.2	Analysepakket	46
5.3.3	Resultaten	46
5.4	Conclusies	48
6	Periodieke bemonsteringen	49
6.1	Opzet.....	49
6.2	Verhouding concentraties in hemelwater/infiltratiewater	49
6.3	Verschijningsvormen van stoffen in infiltratiewater	52
6.4	Grindkwaliteit	53
6.5	Bindingscapaciteit bodem.....	54
7	Eindsituatie	57
7.1	Grindkwaliteit	57
7.2	Bodemkwaliteit.....	58
7.2.1	Veldwerk	58
7.2.2	Analysepakket	58
7.2.3	Resultaten	58
7.3	Grondwaterkwaliteit	59
7.3.1	Veldwerk	59
7.3.2	Analysepakket	59
7.3.3	Resultaten	59
7.4	Conclusies	62
8	Hydrologische metingen.....	63
8.1	Inleiding	63
8.1.1	Neerslagintensiteit	63
8.1.2	Waterstanden in de infiltratievoorziening	63
8.1.3	Overstortend water vanuit de infiltratievoorziening	64
8.1.4	Grondwaterstanden	64
8.1.5	Meetperiode	64
8.2	Regenval en regenintensiteit	64
8.2.1	Inleiding	64
8.2.2	Resultaten	65
8.2.3	Conclusies.....	67
8.3	Waterstanden in de infiltratievoorziening	67
8.3.1	Inleiding	67
8.3.2	Resultaten	68
8.3.3	Conclusies.....	69
8.4	Grondwaterstanden.....	70
8.4.1	Inleiding	70
8.4.2	Resultaten	70

8.4.3	Conclusies.....	73
9	Conclusies en aanbevelingen	75
9.1	Milieuhygiënische aspecten	75
9.1.1	Uitgangssituatie	75
9.1.2	Periodieke metingen.....	75
9.1.3	Eindsituatie.....	76
9.2	Hydraulische aspecten	78
	Regenval en intensiteit.....	78
9.2.2	Waterstanden in de voorziening	79
9.2.3	Grondwaterstanden	79
	Referentielijst	81

Bijlagen

1. Tekeningen infiltratievoorziening
2. STI-waarden grondwater
3. Bodemopbouw en overzicht concentraties bodem 1993/1994
4. Overzicht concentraties grind 1993
5. Overzicht concentraties grondwater 1993/1994
6. Overzicht concentraties hemelwater 1995-1997
7. Overzicht concentraties infiltratiewater 1994-1997
8. Overzicht gefiltreerde en ongefiltreerde concentraties infiltratiewater 1995-1997
9. Concentraties grind 1993-1997
10. Vergelijking concentraties bodem begin- en eindwaarde
11. Vergelijking concentraties grondwater begin- en eindwaarden
12. Geïntegreerde grafiek
13. Grondwaterstanden
14. Grafiekwijzer

Voorwoord

In samenwerking met de sector Stadsontwikkeling van de gemeente Zwolle is door Tauw het proefproject infiltratie Zwolle-zuid opgezet. De bedoeling van dit project is om de mogelijkheden voor toepassing van infiltratiesystemen in Nederland in het algemeen en in Zwolle in het bijzonder te onderzoeken. In het kader van dit onderzoek zijn in Zwolle-zuid in 1993 en 1994 twee kleinschalige infiltratievoorzieningen aangelegd. Dit rapport bevat het ontwerp, de uitvoering, het bemonsteringsprogramma en het functioneren van de infiltratievoorziening in de wijk Geren tussen november 1993 en juni 1997.

Dit project is tot stand gekomen dankzij financiële bijdragen van:

- Stichting RIONED
- Provincie Overijssel
- Waterschap Groot-Salland
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij
- Gemeente Zwolle
- Tauw

De rapportage van het gehele onderzoek is opgesteld door Tauw. De begeleiding heeft plaatsgevonden door een stuurgroep bestaande uit:

- | | |
|---|---|
| - Gemeente Zwolle: | ing. R. Akse
ing. A.C.W. van Beek
E. Ekkelkamp
L. Sinke
ing. T. Wolters |
| - Provincie Overijssel: | drs. M.P.J.M. Kroot
ir. W.T. Bosman |
| - Waterschap Groot Salland: | ing. H. Drost |
| - Ministerie van Landbouw,
natuurbeheer en visserij: | ing. G.P. Roetert-Steenbrugge |
| - RIONED: | ir. A.S. Beenen |

Samenvatting

In samenwerking met de sector Stadsontwikkeling van de gemeente Zwolle is door Tauw in 1993 een proefproject met betrekking tot infiltratie opgezet. Het doel van dit project is om de haalbaarheid van infiltratievoorzieningen in Nederland te onderzoeken. Hoofdonderdeel is het aanleggen van twee kleinschalige infiltratievoorzieningen die gedurende 4 jaar gemonitord worden.

In vergelijking met het buitenland, waar veelvuldig onderzoek is uitgevoerd naar infiltratievoorzieningen, zijn de Nederlandse omstandigheden vaak wat minder gunstig. Hierbij moet gedacht worden aan storende lagen in de bodem en hogere grondwaterstanden. Het uitvoeren van een praktijkproef biedt de mogelijkheid om deze onzekerheden te reduceren.

Voor het beoordelen van het functioneren van de infiltratievoorziening is het van groot belang om over meetgegevens te beschikken. Er is daarom een meetprogramma opgezet ter bepaling van de navolgende aspecten:

- de invloed van de infiltratievoorziening op het verloop van de grondwaterstanden;
- de milieuhygiënische gevolgen van infiltratie voor grondwater en bodem;
- de werking van de voorziening ten aanzien van afbraak, retentie en verspreiding van verontreinigingen die door het afstromende regenwater aangevoerd worden;
- de verandering van de bergings- en infiltratiecapaciteit van de voorziening en de omringende bodem.

In het kader van het infiltratieonderzoek worden twee infiltratievoorzieningen aangelegd. Dit rapport beschrijft de locatie Geren waar een infiltratievoorziening wordt ingepast in een bestaande wijk. Deze voorziening is in november 1993 aangelegd. Als uitvloeisel van het meetprogramma is na het bepalen van de beginsituatie periodiek gemeten. De meetresultaten in dit rapport lopen tot juni 1997. In deze meetperiode zijn onder andere de volgende parameters bepaald: de bodemopbouw, grondwaterstanden, bodem- en grondwaterkwaliteit en de kwaliteit van het aggregaat (grind) en de regenval (zowel kwantiteit als kwaliteit).

In het grootste deel van het gebied komt vlak onder het maaiveld (1,4m +NAP) een storende kleihoudende laag, met een dikte van 0,20 tot 0,60 m, voor. Daaronder bevindt zich het zandpakket. De gemiddelde grondwaterstand in het gebied blijkt zich in de vijf jaar voor aanleg, bewogen te hebben tussen 0,10 en 0,30 m beneden NAP (1,5 a 1.7 meter beneden maaiveld).

De ontworpen voorziening bevindt zich onder het trottoir, is 85 m lang, 1.70 m breed, 1.10 m hoog en bestaat uit grind omhuld door een filterdoek. De instroom van het regenwater vindt plaats middels koppelingen met het regenwaterriool. Dit riool is, op een overstortmogelijkheid na, afgesloten van het benedenstroomse riool. Het voordeel van deze constructie is dat na het beëindigen van de proef de oude situatie makkelijk en goedkoop herstelt kan worden.

Na de meetperiode blijkt dat de concentraties in het grind globaal overeenkomen met de beginsituatie. In de tussen periode zijn wel verhoogde concentraties aangetroffen. Mogelijk was in deze periode een grotere hoeveelheid slibdeeltjes, met daaraan gebonden verontreinigende stoffen, om de grindstenen aanwezig. In de periode voor de bepaling van de eindsi-

tuatie is veel neerslag gevallen zodat er afspoeling van slibdeeltjes heeft kunnen plaatsvinden.

De eindconcentraties in de grond (onder de voorziening) van chroom, koper, nikkel en zink zijn toegenomen. De gemeten concentraties liggen echter alle beneden de streefwaarde. Uit de metingen blijkt dat reeds (beperkte) verspreiding naar de diepte is opgetreden.

Conclusies met betrekking tot de kwaliteitsveranderingen van het grondwater zijn moeilijk te trekken. Er zijn zowel concentratieverhogingen als concentratieverlagingen in het grondwater onder, stroomopwaarts en stroomafwaarts van de voorziening gemeten. Mogelijk speelt, met betrekking tot de gemeten concentraties in het grondwater, de spreiding in de (natuurlijke) achtergrondwaarden een grotere rol dan de toevoeging van verontreinigende stoffen door infiltratie van afstromend regenwater.

Verder wordt opgemerkt dat de concentraties in het infiltratiewater voor wat betreft de zware metalen, PAK en chloride veelal hoger zijn (soms Interventiewaarde overschrijdend) dan de concentraties in het grondwater.

Gezien de resultaten van de metingen ter plaatse van de voorziening in de wijk Geren worden op korte termijn geen of weinig problemen verwacht voor wat betreft de kwaliteit van bodem en grondwater. Wel wordt opgemerkt dat het niet is uitgesloten dat de concentraties in grond en grondwater in de toekomst nog (iets) zullen toenemen.

In de meetperiode is geen sprake geweest van hydraulische tekortkomingen aan het stelsel. De voorziening is maximaal voor 68% gevuld geweest. De neerslag in de meetperiode toont verschillende extremen, die een zeer goede test vormen voor het (hydraulisch) functioneren van de voorziening.

De lediging van de voorziening geeft gedurende de meetperiode een vrij constant beeld te zien. Hierin is geen teruggang geconstateerd zodat het lijkt dat er in de meetperiode geen sprake is geweest van dichtslibbing.

De invloed van de infiltratievoorziening blijft beperkt tot een zeer geringe stijging van de grondwaterstand, ook in de directe omgeving. Opvallend is dat de grondwaterstand bovenstrooms veel sterker stijgt dan benedenstrooms. De geconstateerde peilverhogingen bedragen 1 tot 4 cm zodat er bij infiltratie op deze schaal geen sprake is van (toenemende) grondwateroverlast. Wel is in deze periode circa 99% van het afstromende regenwater in de bodem geïnfiltreerd.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In de gemeente Zwolle wordt momenteel volop gebouwd in de nieuwbouwwijk Stadshagen, gelegen aan westkant van het Zwarte Water. Deze nieuwe woonwijk krijgt een omvang van circa 8.500 woningen.

Belangrijk uitgangspunt voor Stadshagen is dat de plannen een duurzame ontwikkeling van de wijk mogelijk maken. Dit betekent dat zorgvuldig omgegaan moet worden met het milieu, de aanwezige landschappelijke waarden en grondstoffen, zoals bijvoorbeeld water.

In 1992 is door Tauw een onderzoek uitgevoerd naar de optimale combinatie van maatregelen voor Stadshagen op het gebied van bouwrijp maken, riolering en waterhuishouding. Hierbij is gezocht naar een gezond evenwicht tussen de kosten enerzijds en een duurzame ontwikkeling anderzijds. Met betrekking tot de behandeling van het regenwater afstromend van verharde oppervlakken zijn in het onderzoek drie varianten in beschouwing genomen:

1. toepassing van een gescheiden rioolstelsel;
2. toepassing van een verbeterd gescheiden rioolstelsel; en
3. toepassing van een zogenaamd geïntegreerd stelsel, waarbij het regenwater vanaf de relatief schone verharde oppervlakken wordt geïnfiltreerd in de bodem.

Naar aanleiding van de resultaten van simulatieberekeningen, waarbij riolering, oppervlaktewater, grondwater en onverzadigde zone in samenhang zijn gemodelleerd, ontstond in het onderzoek het inzicht dat toepassing van het geïntegreerde rioolstelsel voor de wijk Stadshagen enige duidelijke voordelen biedt, met name als gekeken wordt naar het criterium van een duurzame ontwikkeling. Voor de gemeente Zwolle is dit aanleiding geweest om in samenwerking met Tauw serieus de mogelijkheden voor toepassing van een dergelijk type rioolstelsel te onderzoeken.

1.2 Probleemstelling

Infiltratie in de bodem van regenwater dat van verhard oppervlak afstroomt, heeft verscheidene voordelen in vergelijking met de in Nederland gangbare methoden van regenwaterafvoer, waarbij het regenwater naar een RWZI (rioolwaterzuiveringsinstallatie) of direct naar oppervlaktewater wordt afgevoerd. Infiltratie van regenwater kan, afhankelijk van het type conventionele afvoersysteem waarmee deze techniek vergeleken wordt, de volgende voordelen hebben:

- op waterkwaliteitsgebied:
 - geen vuiluitworp op oppervlaktewater en daarmee samenhangend een verwijdering van een belangrijke verontreinigingsbron van waterbodems;
 - een gelijkmatiger aanvoer van afvalwater op de RWZI, waardoor het zuiveringsproces minder verstoord wordt en er dus betere omstandigheden gecreëerd worden voor een hoog zuiveringsrendement;
 - voorkoming van indringing van zout water bij aan zee gelegen land;

- op waterkwantiteitsgebied:
 - geen grote piekafvoeren naar en op het oppervlaktewater als gevolg van het lozen van regenwater afstromend van verharde oppervlakken;
 - een kleiner aandeel van de verstedelijking in de verdrogingsproblematiek en minder grote zettingen in zettingsgevoelige gebieden door hogere grondwaterstanden in de zomer;
- op zowel waterkwaliteits- als waterkwantiteitsgebied:
 - meer conservering van water in de zomer, waardoor (in de hogere delen van Nederland) de kans op droogvallen van waterpartijen kleiner wordt en in de poldergebieden de noodzaak om gebiedsvreemd water in te laten afneemt.

Toepassing van infiltratiesystemen past gezien deze voordelen in het kader van het streven naar een duurzame ontwikkeling. Door aanvulling van de grondwatervoorraad met afstromend regenwater in plaats van afvoer van dit regenwater naar het oppervlaktewatersysteem wordt een meer natuurlijke kringloop van water verkregen.

Bij de toepassing van infiltratiesystemen kunnen risico's verbonden zijn, zoals:

- de verontreiniging van bodem en grondwater door verspreiding en uitspoeling van verontreinigingen die met het regenwater naar de infiltratievoorziening worden meegevoerd;
- grondwateroverlast door een verhoging van de grondwaterstanden; en
- dichtslibbing van de voorziening door de in het afstromende regenwater meegevoerde onopgeloste stoffen, wat in het ergste geval kan leiden tot de onmogelijkheid van infiltratie.

Op basis van voordelen en risico's alleen kan niet zondermeer gesteld worden wanneer infiltratie wel en wanneer infiltratie niet een goede oplossing is. In het buitenland zijn, met name de laatste jaren, veel onderzoeken uitgevoerd naar de mogelijkheden en de gevolgen van het infiltreren van stedelijk regenwater. Deze onderzoeken nemen echter niet alle onzekerheden ten aanzien van infiltratie van stedelijk regenwater in Nederland weg. Zeker in vergelijking met de situatie in het buitenland wordt die in Nederland gekenmerkt door veelal hogere grondwaterstanden en het veelvuldiger voorkomen van storende lagen in de bodem, waardoor infiltratievoorzieningen technisch moeilijker te realiseren zijn.

1.3 Doelstelling onderzoek

Het doel van het proefproject infiltratie is het onderzoeken van de mogelijkheden voor infiltratie van stedelijk regenwater in Nederland. Hiervoor is in de gemeente Zwolle zowel in een circa 15 jaar oude woonwijk (Geren) als in een kleine nieuwbouwwijk (Schellerhoek) een kleinschalige proefopstelling gemaakt. De voorziening in de wijk Geren is in november 1993 aangelegd, terwijl de infiltratievoorziening in Schellerhoek in oktober 1994 is gerealiseerd.

Door middel van een uitgebreid onderzoek voor, tijdens en na de aanleg van de twee infiltratievoorzieningen worden de werking en de effecten van deze voorzieningen nauwgezet gevolgd. Op deze wijze is het mogelijk de risico's met betrekking tot de toepassing van infiltratievoorzieningen voor regenwater beter in te schatten.

1.4 Locatiekeuze infiltratievoorzieningen

Voor de locatie van de infiltratievoorzieningen in Zwolle is gekozen voor een al bestaande woonwijk en voor een nog aan te leggen woonwijk. In de reeds bestaande wijk is het mogelijk bij de aanleg van de infiltratievoorziening de aandacht volledig te richten op de voorziening zelf, aangezien bij de uitvoering en inrichting geen rekening gehouden hoeft te worden met zaken als bouwactiviteiten en afstemming van de aanleg op deze activiteiten. In het kader van het onderzoek is het echter eveneens van belang na te gaan hoe de aanleg van infiltratievoorzieningen past binnen het bouwrijp maken van terreinen.

De locaties van de aan te leggen voorzieningen worden zodanig gekozen dat de omstandigheden zoveel mogelijk overeenkomen met die van de te realiseren nieuwbouwwijk Stads- hagen. De (meet)resultaten van deze praktijkproeven moeten goed te gebruiken zijn voor het toekomstig ontwerp van infiltratievoorzieningen in deze wijk.

Er zijn een aantal criteria aangelegd waar deze locaties aan zouden moeten voldoen. Daarbij is gekeken naar grondslag, beschikbaarheid van jarenlange reeksen van grondwaterstan- den, gebiedsinrichting, materiaalgebruik, het zo simpel mogelijk (technisch en financieel) kunnen afkoppelen, etc. Uit de NWRW rapporten is bekend dat zinken dakgoten voor pro- blemen kunnen zorgen. Bekend is ook dat dit probleem zich pas na jaren manifesteert. Zou het gegeven van zinken dakgoten meegenomen worden als zwaarwegend criterium, dan is er binnen Zwolle geen geschikte locatie te vinden.

De proef is opgezet voor de duur van 4 jaar, waarna deze vrij eenvoudig buiten werking kan worden gesteld en worden afgebroken. Omdat de verwachting is dat het zink zich zal concentreren in het grindbed, wordt er van uitgegaan dat er geen sprake is van een zich verspreidende verontreiniging. Met de verwijdering van het grindbed zal ook het zink wor- den verwijderd.

Bovendien is het nu mogelijk om middels praktijkmetingen na te gaan of de veronderstelling omtrent het uitlooggedrag van zink terecht is.

De volgende twee locaties zijn uitgezocht:

- de wijk Geren, een bestaande wijk in Zwolle-zuid; en
- de wijk Schellerhoek, een wijk in Zwolle-zuid waarvan het bouwrijp maken halverwege 1993 is gestart.

In deze rapportage richt de aandacht zich op de locatie in de wijk Geren. Alle informatie omtrent de infiltratievoorziening te Schellerhoek is opgenomen in deelrapport III 'Praktijk- proef infiltratie Zwolle-zuid, infiltratievoorziening Schellerhoek' [3].

1.5 Methode van aanpak

In het onderzoek is een gefaseerde aanpak aangehouden. Deze ziet er in grote lijnen als volgt uit:

1. Inventarisatie van de beschikbare informatie en kennis.

Met name de laatste jaren is in het buitenland veel onderzoek uitgevoerd naar de moge- lijkheden en de gevolgen van het infiltreren van stedelijk regenwater. De van belang zijnde onderzoeksresultaten zijn weergegeven in deelrapport I 'Praktijkproef infiltratie Zwolle-zuid, vooronderzoek' [1].

2. Opstellen van het bemonsteringsprogramma, vastlegging van de uitgangssituatie en ontwerp van de infiltratievoorzieningen en meetresultaten.

Op basis van de inventarisatie is het mogelijk een bemonsteringsprogramma op te stellen. De bemonstering vormt één van de belangrijkste onderdelen van het onderzoek, aangezien de uiteindelijke resultaten voornamelijk hiervan afhangen. Het is dan ook zeer belangrijk voor de aanleg een duidelijk en tevens op het gewenste eindresultaat afgestemd programma voor de bemonstering op te stellen.

De bemonstering voorafgaande aan de aanleg van de voorzieningen dient voor het vastleggen van de huidige situatie op de twee locaties en voor het verkrijgen van informatie benodigd voor het maken van het definitieve ontwerp van de voorzieningen. Dit deelrapport geeft de bevindingen van de infiltratievoorziening in Geren weer, de bevindingen van de voorziening in Schellerhoek zijn opgenomen in deelrapport III 'Praktijkproef infiltratie Zwolle-zuid, infiltratievoorziening Schellerhoek' [3].

3. Eindresultaten en aanbevelingen.

Uit de bemonstering kan een beeld verkregen worden van het functioneren en de effecten van de voorzieningen. Na 4 jaar wordt de proef in principe afgerond. Op basis van de resultaten van de bemonstering van beide voorzieningen worden eindconclusies opgesteld ten aanzien van de mogelijkheden voor infiltratie van stedelijk regenwater in Nederland. De eindconclusies en ontwikkelingen worden opgenomen in 'Praktijkproef infiltratie Zwolle-zuid, deelrapport IV conclusies en ontwikkelingen' [4].

1.6 Infiltratieproef Geren

Dit rapport vormt de presentatie van het onderzoek naar de infiltratievoorzieningen in Zwolle-zuid. Het betreft hier de proef in de wijk Geren. Het geeft een beschrijving van het ontwerp, de uitvoering, het bemonsteringsprogramma en de hydraulische en milieuhygiënische meetresultaten tussen november 1993 en juni 1997.

Om een beeld te verkrijgen van eventuele kwaliteitsveranderingen is de kwaliteit van de bodem, het grondwater en het toegepaste vulmateriaal (grind) in de uitgangssituatie te bepaald. Ten tijde van de aanleg van de voorziening, in 1993, zijn ter plaatse van de infiltratievoorziening en in de directe omgeving in totaal twee bodemonsters en vier grondwatermonsters genomen en geanalyseerd. Voor de bepaling van de kwaliteit van het vulmateriaal is een grindmonster uit de infiltratievoorziening genomen en geanalyseerd. In 1994 is in Zwolle-zuid een tweede infiltratievoorziening aangelegd in de wijk Schellerhoek. Ter plaatse van deze tweede voorziening is een uitgebreider onderzoek uitgevoerd om de nulsituatie vast te leggen. Voorafgaand aan de uitvoering van het nulsituatieonderzoek bij Schellerhoek is besloten het onderzoek naar de nulsituatie ter plaatse van de voorziening in Geren uit te breiden. De uitvoering van deze uitbreiding heeft plaatsgevonden in 1994, een jaar na de aanleg.

Medio 1997 is de voorlopige eindkwaliteit van de grond, het grondwater en het grind vastgesteld.

De hydraulische metingen van project Geren lopen vanaf januari 1994 omdat op dat moment alle meetapparatuur beschikbaar was. De laatste metingen die voor deze rapportage zijn meegenomen dateren van juni 1997. De hydraulische metingen zijn niet stopgezet in juni 1997. De meetapparatuur is niet verwijderd zodat verdere metingen nog mogelijk zijn.

1.7 Opbouw van het rapport

Na deze inleiding wordt in hoofdstuk 2 de locatie van de infiltratievoorziening in het kort beschreven alsmede de waterhuishouding en de bodemopbouw.

Hoofdstuk 3 gaat in op het ontwerp en de uitvoering van de infiltratievoorziening in Geren. Het bemonsteringsprogramma alsmede het milieuhygiënisch toetsingskader van de uitgangssituatie, periodieke metingen en eindsituatie worden beschreven in hoofdstuk 4.

De uitgangssituatie ten aanzien van de grind, grond- en grondwaterkwaliteit wordt beschreven in hoofdstuk 5, waarbij het vaststellen van de nulsituatie centraal staat.

De periodieke bemonsteringen worden weergegeven in hoofdstuk 6. Daarbij wordt tevens ingegaan op de verschijningsvormen van de stoffen in het infiltratiewater en de kwaliteit van het infiltratiewater ten opzichte van het hemelwater.

Hoofdstuk 7 beschrijft de eindsituatie van de grind, grond- en grondwaterkwaliteit.

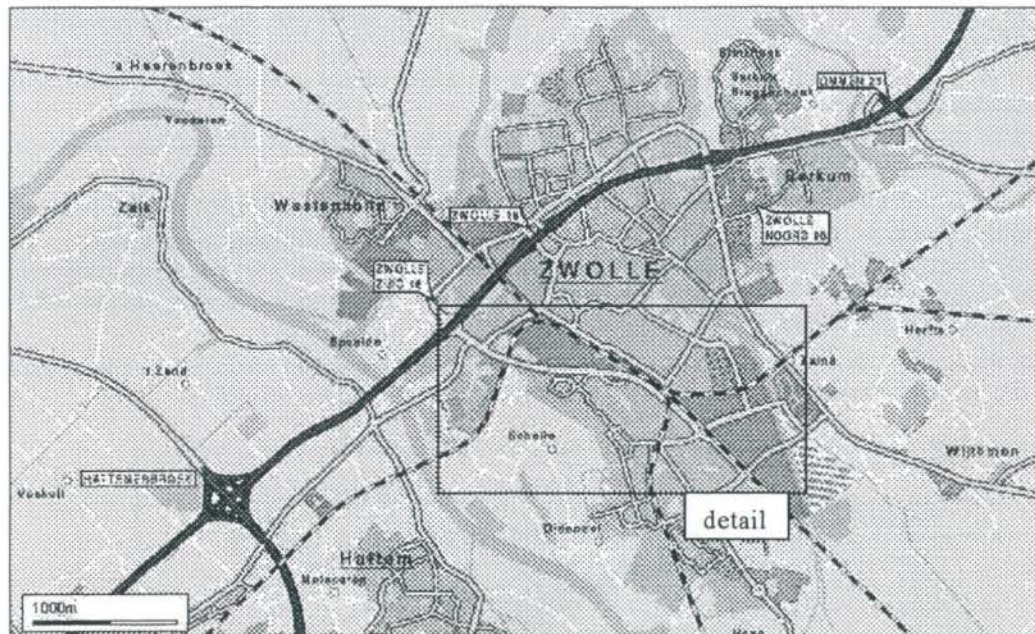
Hoofdstuk 8 gaat in op de verrichte hydrologische metingen ten aanzien van grondwaterstanden, de waterstanden in de voorziening en een analyse van de regenval.

Tenslotte worden de conclusies en aanbevelingen gegeven in hoofdstuk 9.

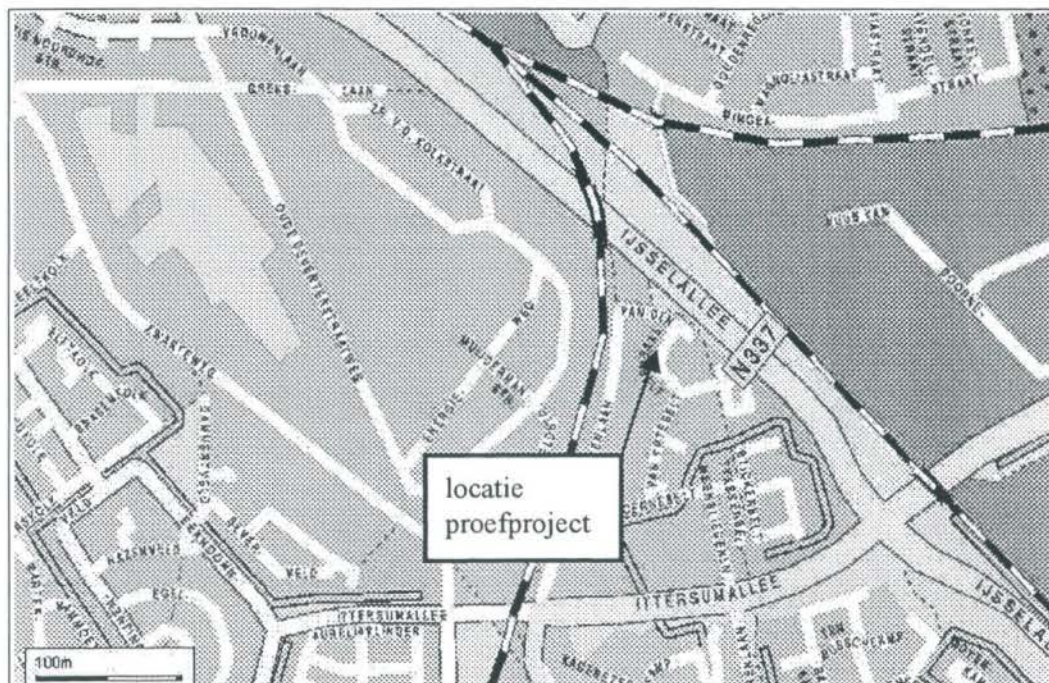
In het rapport worden de concentraties weergegeven in grafieken. De manier waarop de gegevens grafisch zijn weergegeven wordt uiteengezet in bijlage 14.

2 Locatiebeschrijving infiltratievoorziening Geren

De wijk Geren ligt in Zwolle-zuid zoals in figuur 2.1 en 2.2 is aangegeven.



Figuur 2.1 Kaart Zwolle.

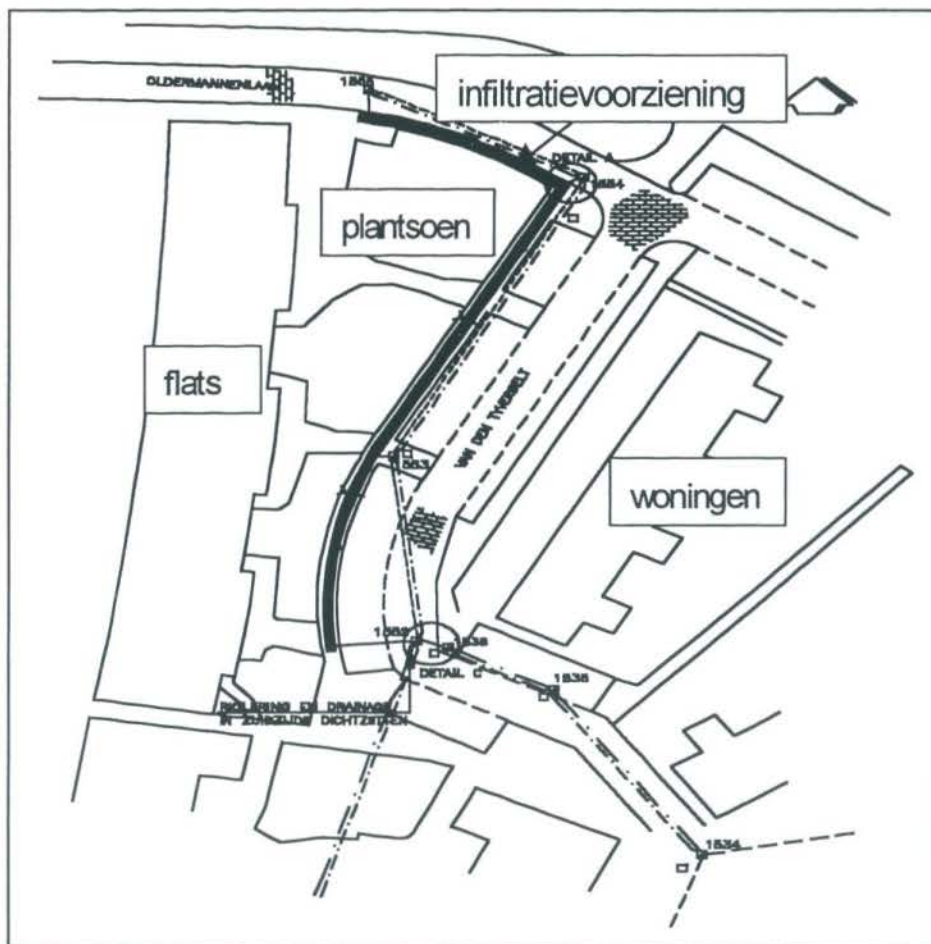


Figuur 2.2 Detail: locatie Geren.

2.1 Locatie Geren

In november 1993 is begonnen met de aanleg van de infiltratievoorziening in de wijk Geren. De infiltratievoorziening is aangelegd onder het trottoir langs de parkeerstrook aan de 'Van den Tyverbelt' (zie figuur 2.3). Om meerdere redenen is voor deze plaats gekozen:

1. in de wijk ligt een gescheiden rioolstelsel, waarin afstromend regenwater in een apart buizenstelsel (het RWA-stelsel) wordt verzameld;
2. de locatie aan de 'Van den Tyverbelt' ligt aan het begin van een RWA-leiding, zodat het relatief eenvoudig is dit deel van de leiding af te koppelen;
3. de locatie is vrij van leidingen en kabels (met uitzondering van kruisingen met huisaansluitingen), zodat er voldoende ruimte is voor aanleg van een infiltratievoorziening;
4. de locatie ligt dicht bij de in het wegcunet gelegen RWA-leiding die als verzamelleiding voor het afstromende regenwater gebruikt kan worden, zodat de aansluiting tussen deze verzamelleiding en de infiltratievoorziening kort is;
5. de woningen die op de infiltratievoorziening worden aangesloten behoren tot één eigenaar, de woningbouwvereniging AZCW, wat het overleg vergemakkelijkt.



Figuur 2.3 Infiltratievoorzieningen Geren.



De straat 'Van den Tyverbelt' in de Zwolse wijk Geren waar de infiltratievoorziening aangelegd is.

De 'Van den Tyverbelt' is een rustige woonstraat zonder doorgaand verkeer. Aan de oostkant van deze straat liggen 8 eengezinswoningen in rijenbouw. Deze woningen zijn voorzien van een pannendak. Aan de westzijde ligt een huizenblok met 4 verdiepingen. Het dak van dit huizenblok is deels plat en deels hellend. Alle dakgoten zijn van zink, de regenpijpen van pvc.

In totaal zijn 52 woningen aangesloten op de voorziening. Alle woningen zijn voorzien van kruipruimten. De onderkant van de kruipruimten ligt circa 80 cm onder het vloerpeil; dit komt overeen met een niveau van NAP+0,80 m. In januari 1994 zijn de kruipruimten geïnspecteerd. Deze bleken alle kurkdroog te zijn. Dit komt overeen met de bevindingen van de woningbouwvereniging, volgens welke er nooit wateroverlast is geconstateerd bij de woningen in de wijk Geren.

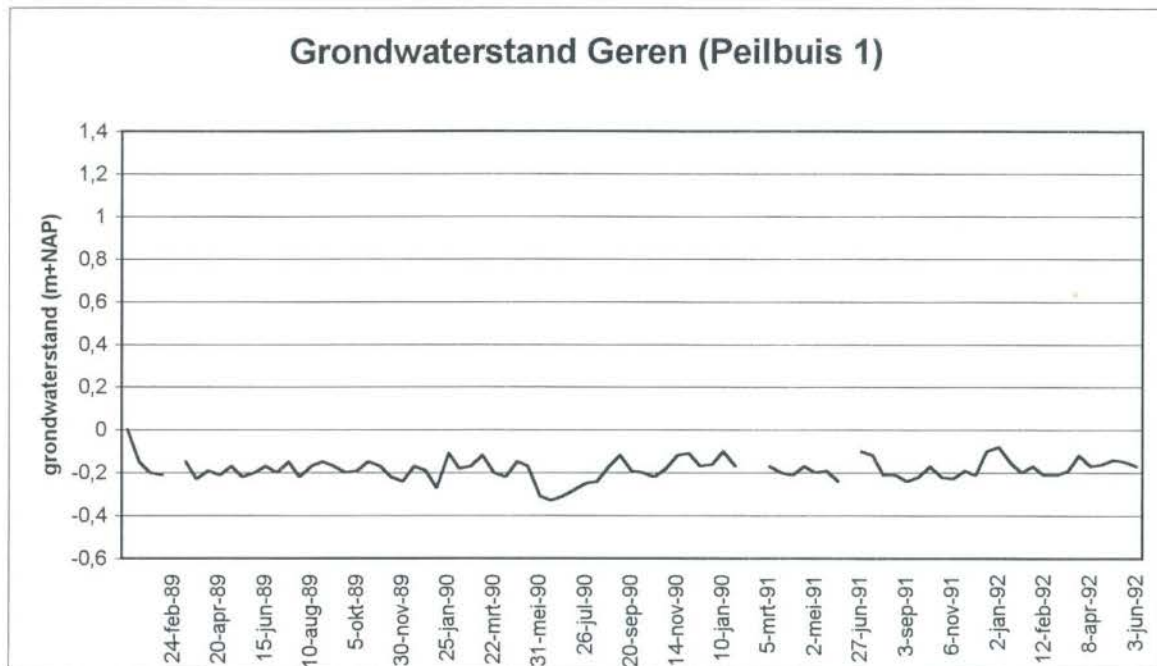
Voor de aanleg van de infiltratievoorziening is gebruik gemaakt van het aanwezige RWA-stelsel met de bestaande huis- en kolkaansluitingen. Vanuit de inspectieputten wordt het ingezamelde regenwater afkomstig van de daken en de weg via leidingen naar de infiltratievoorziening gebracht. Hierdoor is het mogelijk na afronding van het project de oude afvoersituatie, indien gewenst, op eenvoudige wijze te herstellen.

Doordat de dakgoten van zink zijn, zal het afstromende regenwater van de daken naar alle waarschijnlijkheid een hoge concentratie zink bevatten. Bemonstering van de samenstelling van het afstromende regenwater zal dit moeten uitwijzen.

2.2 Waterhuishouding

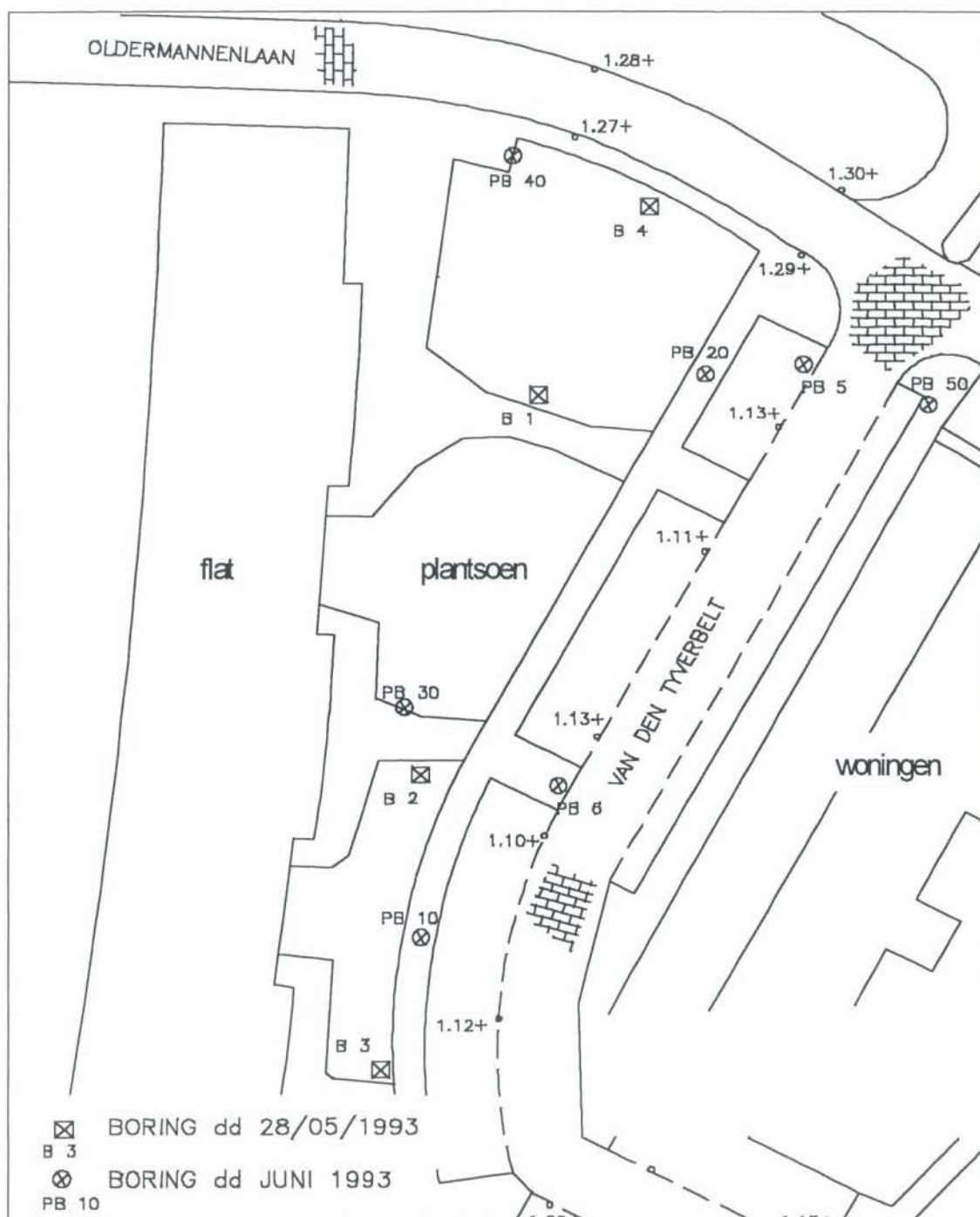
In de wijk Geren ligt een gescheiden rioolstelsel. Ingezameld regenwater wordt geloosd op open water. In de wegcunetten is drainage aangelegd; woningdrainage komt niet voor. Grondwater in de wijken Geren, Gerenlanden, Gerenbroek en Ittersumerlanden stroomt in noord-noordwestelijke richting naar de spoorbaan Zwolle-Almelo.

In figuur 2.4 is het verloop van de grondwaterstand in de wijk Geren gegeven over een periode van vijf jaar voor de aanleg van de infiltratievoorziening. Hieruit blijkt dat de grondwaterstand in de beschouwde periode meer dan een meter onder het maaiveld blijft, tussen NAP -0,10 m en NAP -0,30 m.



Figuur 2.4 Verloop grondwaterstand Geren (peilbuis 1).

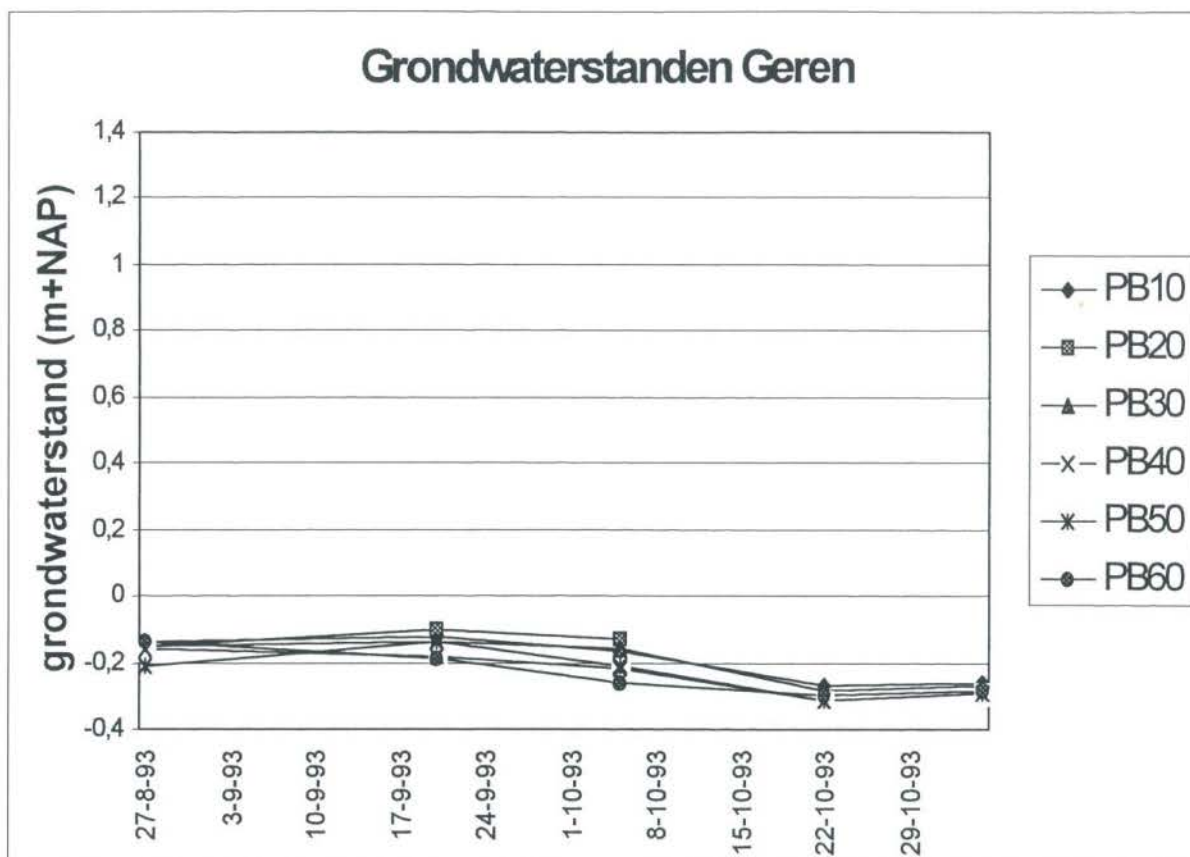
In de wijk Geren zijn ten behoeve van het onderzoek in juni 1993 zeven peilbuizen geplaatst (zie figuur 2.5 en bijlage 3), waarvan 6 met het filter van 2½ tot 3 m onder maaiveld en 1 met het filter boven de afsluitende kleilaag (peilbuis 31). De peilbuizen 10 en 20 zijn geplaatst op de locatie van de infiltratievoorziening. Peilbuis 60 ligt op circa 85 meter zuidoostelijk van de locatie van de infiltratievoorziening. Verwacht wordt dat de grondwaterstand ter plaatse van deze peilbuis niet beïnvloed wordt door de infiltratie. Ditzelfde wordt verwacht ten aanzien van de grondwaterstand bij de gemeentelijke peilbuis in de wijk Geren (peilbuis 1). Deze buis, waarvan meerdere jaren meetreeksen beschikbaar zijn, wordt gebruikt als referentiebasis.



Figuur 2.5 Locatie peilbuizen Geren.

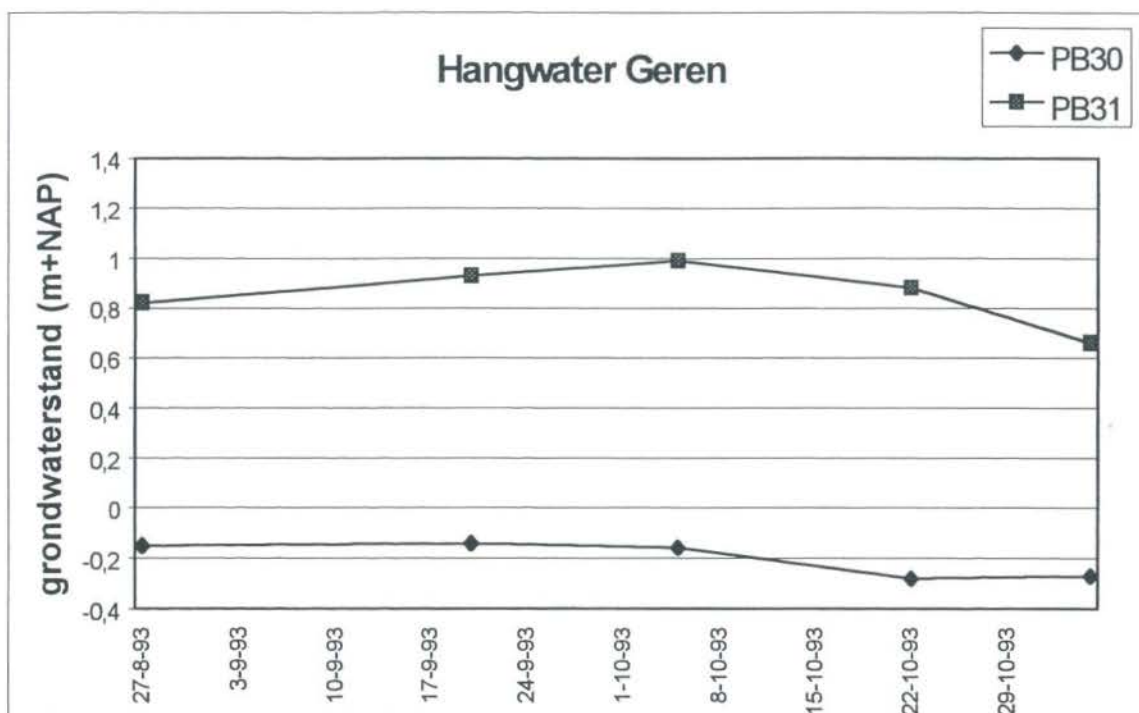
Vanaf 27 augustus 1993 is de grondwaterstand om de 2 à 3 weken vastgelegd. Tot de aanleg van de infiltratievoorziening zijn 5 metingen verricht. In figuur 2.6 is het verloop van de grondwaterstand in deze periode gegeven. Het blijkt dat de grondwaterstand bij alle

peilbuizen (met uitzondering van de ondiepe peilbuis 31) nagenoeg gelijk is. De variatie tussen de peilbuizen bedraagt maximaal 3 tot 13 cm.



Figuur 2.6 Grondwaterstandsverloop voor de aanleg van de infiltratievoorziening.

Uit de metingen blijkt tevens dat er grondwater op de kleilaag blijft hangen (zie figuur 2.7). De kleilaag bevindt zich op deze plaats tussen circa NAP -0,20 en NAP +0,40 m. Het verschil in waterstand over de kleilaag bedraagt 80 tot meer dan 110 cm.



Figuur 2.7 Hangwater Geren.

2.3 Bodem

Van de opbouw van de bodem en de toegepaste methode van bouwrijp maken in de wijk Geren was uit eerdere onderzoeken niets bekend. Er zijn wel meerdere boorgegevens beschikbaar voor het gebied net ten zuiden en zuidoosten van de betreffende wijk uit de periode voor het bouwrijp maken van dit gebied. Hieruit is af te leiden dat in het grootste deel van het gebied een storende kleilaag voorkomt, variërend in dikte van 20 cm tot 60 cm, vlak onder het maaiveld. De bodemopbouw is hiermee min of meer vergelijkbaar met die in Stadshagen: zand met daarop een deklaag bestaande uit klei. In bijlage 3 is de bodemopbouw weergegeven.

Ten behoeve van het onderzoek zijn in twee sessies 11 boringen verricht. Eind mei 1993 zijn 4 boringen gedaan voor een eerste verkennend onderzoek. Hieruit bleek dat in het gebied inderdaad kleilagen met wisselende dikte voorkomen. Boven op de eerste kleilaag komt een later aangebrachte (matig grove) zandlaag voor van circa 60 cm. Vanaf 60 cm tot 160 cm onder maaiveld komen één of meerdere kleilagen voor. Onder de laatste kleilaag komt een veen/humus-laagje voor. Daaronder bevindt zich vast zand.

Bij latere boringen is gebleken dat de kleilaag niet over de hele locatie voorkomt, maar plaatselijk ontbreekt. Wel worden overal kleibrokjes aangetroffen in de bovenste zandlagen. Het maaiveld op deze locatie ligt rond NAP + 1,40 m.

3 Ontwerp en uitvoering

3.1 Inleiding

Voor het ontwerp van de infiltratievoorziening in de wijk Geren is gebruik gemaakt van de berekeningsmethoden die in deelrapport I [1] beschreven zijn. Teneinde een goede vergelijking te kunnen maken tussen de diverse ontwerpmethoden zijn waar mogelijk dezelfde gehanteerd zonder de berekeningsmethode op zich te veranderen. In de volgende paragraaf zijn enkele van deze uitgangspunten beschreven.

3.2 Uitgangspunten ontwerp

Het belangrijkste uitgangspunt met betrekking tot het ontwerp van de infiltratievoorziening in Geren is, dat de overlast die ontstaat door 'water op straat' niet groter mag zijn dan in de situatie waarbij het rioolstelsel op de normale wijze functioneert. De afmetingen van de voorziening dienen daarom zodanig gekozen te worden dat een bui met een herhalingstijd van eens per twee jaar geen overlast veroorzaakt. Dit betekent dat voor sommige berekeningsmethoden moet worden afgeweken van de maatgevende bui die voor de betreffende methode wordt gehanteerd.

Voor alle berekeningsmethoden zijn verder gelijke waarden gehanteerd ten aanzien van de doorlatendheid van de grond, het holleruimtepercentage van het materiaal waaruit het infiltratiebed is opgebouwd en het aangesloten verharde oppervlak.

De afmetingen van de voorziening worden mede bepaald door de hoogte van de grondwaterstand en de situering van de voorziening in het wegprofiel. De onderkant van het bed moet boven de hoogst gemeten grondwaterstand liggen omdat anders een deel van de beschikbare berging in de voorziening wordt ingenomen door grondwater. Ter voorkoming van beschadigingen (verkeerslast) aan het bed is het aan te raden een minimale dekking van 30 centimeter aan te houden.

Voor de vulling van de voorziening is het materiaal grind gekozen. Grind is een stabiel materiaal dat niet snel zal bezwijken, het heeft een relatief hoog holleruimtepercentage (circa 30%), is in voldoende mate in de gewenste gradering (16/32 mm) verkrijgbaar en grind is in milieuhygienisch opzicht een schoon materiaal. Het toegepaste grind is afkomstig uit de Maas bij Bergen in Limburg en uit de Rijn bij Rees in Duitsland.

Een en ander leidt concreet tot de hantering van de volgende uitgangspunten:

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------|
| - herhalingstijd maatgevende bui; | = 1 x per 2 (jaar) |
| - bodemdoorlatendheid; | = $1.7 \cdot 10^{-5}$ (m/s) |
| - holleruimtepercentage materiaal; | = 30 (%) |
| - aangesloten verhard oppervlak; | = 3.500 (m ²) |
| - breedte voorziening; | = 1.7 (m) |
| - hoogte voorziening. | = 1.1 (m) |

3.3 Berekeningsmethoden

3.3.1 Algemeen

Voor het ontwerpen van een infiltratievoorziening zijn verschillende methoden beschikbaar. Een aantal methoden zijn beschreven in deelrapport I [1]. Voor een verklaring van de gehanteerde symbolen in onderstaande rekenmethoden wordt verwezen naar de betreffende rapportage.

3.3.2 Nederlandse methode

- 1 Het op de voorziening aangesloten verharde oppervlak is:
 $A_a = 3500 \text{ m}^2$.
- 2 De hoogte van de voorziening is 1.10 m;
De breedte van de voorziening is 1.70 m;
De lengte wordt gesteld op 100 m.
- 3 Het effectief infiltrerend oppervlak bedraagt:
 $A_e = (1.7 + 100) * 1.1 = 111.9 \text{ m}^2$
- 4 De bodemdoorlatendheid waarmee wordt gerekend wordt bepaald uit de gemeten bodemdoorlatendheid en een veiligheidscoëfficiënt:
 $K_b = c * K_w = 0.5 * 1.7 * 10^{-6} = 8.5 * 10^{-6} \text{ m/s}$.
- 5 De infiltratiecapaciteit van de gehele voorziening uitgedrukt in meters per vierkante meter afgekoppeld oppervlak is als volgt te berekenen:
 $q_s = (8.5 * 10^{-6} * 111.9) / 3500 = 2.7 * 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s} * \text{km}^2$.
- 6 Het benodigd volume ten behoeve van berging is te bepalen uit de maatgevende neerslaghoogte eens per twee jaar:
 $V_b = 0.018 * 3500 = 63.0 \text{ m}^3$.
- 7 Het beschikbare volume ten behoeve van berging is te berekenen uit de afmetingen van de voorziening en het holleruimtepercentage:
 $V_w = 0.3 * 1.7 * 100 * 1.1 = 56.1 \text{ m}^3$.

Uit (6) en (7) blijkt dat het benodigde volume groter is dan het aanwezige volume. Dit betekent dat de afmetingen van de voorziening aangepast moeten worden. Door de grondwaterstand en de breedte van het voetpad is het niet mogelijk met de hoogte en de breedte te variëren. De benodigde lengte kan in dit geval als volgt berekend worden:

$$\begin{aligned} l_{\text{voorz.}} &= V_b / (n * b * h) \\ &= 63.0 / (0.3 * 1.1 * 1.7) \\ &= 112.3 \text{ m.} \end{aligned}$$

3.3.3 Japanse methode

- 1 De infiltratiecapaciteit wordt op de volgende manier berekend:

$$f_c = C * Y * (1 - D) * (1 - E) * I_r$$

$$C = 0.8$$

$$Y = e^{-0.016x}$$

$$x = S_o * (A_f / L) * R_o * T$$

$$(A_f / L) = 3500 / 100 = 35 \text{ m}^2/\text{m}$$

De reductiefactor is [1]: $Y = 0.53$ ($T = 20$)
 $(1 - D) = 1 - 0.1 = 0.9$
 $(1 - E) = 1 - 0.45 = 0.55$
 $I_r = 0.5 * 1.7 * 10^5 = 8.5 * 10^{-6} \text{ m/s}$
 $f_c = 0.8 * 0.53 * 0.9 * 0.55 * 8.5 * 10^{-6} = 1.78 * 10^{-6} \text{ m/s.}$
- 2 Het geïnfiltreerd volume per meter voorziening bedraagt:

$$q_i = 1.78 * 10^{-6} * 0.5 * 1.7 = 1.52 * 10^{-6}$$
- 3 Het bergend vermogen van de voorziening is:

$$q_b = (1.7 * 1.1 - 0.0123) * 0.3 + 0.0123 = 0.57 \text{ m}^3/\text{m.}$$
- 4 Bij de regenintensiteit van een bui die eens per twee jaar voorkomt is de totale aanvoer:

$$I = 60 \text{ (l/s/ha)} = 0.0216 \text{ m/h.}$$

$$Q = C * I * A = 0.9 * 0.0216 * 3500 = 68 \text{ m}^3/\text{h.}$$
- 5 De benodigde lengte van de voorziening kan nu bepaald worden:

$$l_v = 68 / (0.57 + 1.52 * 10^{-6}) = 119.3 \text{ m.}$$

3.3.4 Deense methode

- 1 Het bergend volume bedraagt:

$$V_r = (100 * 1.7 * 1.1 * 0.3) / (3500 * 0.9)$$

$$= 0.0178 \text{ (m)} = 17.8 \text{ mm.}$$
- 2 De infiltratiecapaciteit wordt als volgt berekend:

$$a_r = (1.7 * 10^{-5} * 100 * 1.1) / (3500 * 0.9)$$

$$= 5.93 * 10^{-7} \text{ (m/s)} = 0.59 \text{ } \mu\text{m/s.}$$

Uit de grafiek blijkt dat dit ruim voldoende is om een bui met een herhalingstijd van twee jaar te verwerken. De lengte van de voorziening kan zelfs tot 85 meter worden teruggebracht. In dat geval geldt dat $V_r = 15.1 \text{ mm}$ en $a_r = 0.51 \text{ } \mu\text{m/s.}$

3.3.5 Engelse methode

- 1 De benodigde berging in de voorziening wordt op de volgende wijze berekend:

$$S = I - O$$

$$I = 3500 * 0.018 = 63 \text{ m}^3$$

$$O = (1.1 * I) * 1.7 * 10^{-6} * 60 * 60 = 0.067 * I$$

$$S = 0.3 * 1.1 * 1.7 * I = 0.56 * I$$

$$0.56 * I = 63 - 0.067 * I$$

$$0.63 * I = 63$$

$$I = 100 \text{ m.}$$

3.4 Definitief ontwerp

De resultaten van de verschillende berekeningsmethoden zijn in tabel 3.1 weergegeven.

Tabel 3.1 Berekende lengte infiltratievoorziening.

Model	Lengte [m]
Nederlands	112
Japans	119
Deens	85
Engels	100

Uit de tabel blijkt dat de berekende lengtes van de voorzieningen nogal variëren. De Nederlandse en Japanse methoden geven betrekkelijk hoge waarden te zien tegenover het Engelse model dat in het midden zit en de Deense methode die duidelijk de kortste lengte oplevert. De verschillen komen onder andere voort uit de verschillen ten aanzien van de Afvloeiingscoëfficiënt (0.9) en de bodemdoorlatendheid (1) die in het Deense model gehanteerd worden.

Het verharde oppervlak dat in Geren is aangesloten op de infiltratievoorziening bestaat voor een groot deel uit open verharding. Er mag verwacht worden dat de Afvloeiingscoëfficiënt daarmee lager is dan 1, hetgeen pleit voor de Deense methode.

Door de filterende werking van het grindbed en het filterdoek wordt geen dichtslibbing van de bestaande grondslag gevreesd. Dit betekent dat de Japanse methode in dat opzicht met een te grote veiligheid rekent.

Het Nederlandse model hanteert een grote veiligheidsmarge ten aanzien van de bodemdoorlatendheid. Door de nauwkeurige praktijktoetsen is het niet nodig een dergelijk grote veiligheid in te bouwen.

Voor het ontwerp betekent dit dat het Deense model de voorkeur geniet. Een veiligheid bij deze methode is net als bij de Nederlandse en Engelse methode dat alleen infiltratie via de zijwanden plaatsvindt. De gedachte hierachter is dat de bodem van de voorziening in de loop van de jaren dichtslibt. Een veiligheid die altijd blijft is de overstortmogelijkheid die is aangebracht. Wanneer in de praktijk blijkt dat de voorziening te klein gedimensioneerd is,

blijven de gevolgen bij hevige regenval beperkt tot een overstorting op het bestaande regenwaterriool.

In Geren worden de breedte (1,70 m) en de hoogte (1,10 m) van de voorziening vastgelegd door respectievelijk de breedte van het trottoir en de grondwaterstand. Volgens het Deense model volgt hieruit een lengte van 85 meter.

3.5 Uitvoeringsmethode

De infiltratievoorziening in de wijk Geren is gesitueerd in een woonstraat waar een eindstreng van het regenwaterriool aanwezig is. Bij het ontwerp van de infiltratievoorziening is hiervan gebruik gemaakt door het betreffende deel van de streng door middel van een overstortdrempel af te sluiten van de rest van het stelsel. Er zijn vervolgens koppelingen gemaakt tussen de inspectieputten en de infiltratievoorziening. De overstortdrempel in het regenwaterstelsel is op gelijke hoogte met de bovenkant van de voorziening aangebracht. Tijdens buien die de voorziening niet kan verwerken, zal het waterpeil in de voorziening en de inspectieputten stijgen tot de voorziening vol is en de rand van de overstortdrempel is bereikt. Het overtollige water zal overstorten in het bestaande regenwaterstelsel en afgevoerd worden naar het open water. Er kan zich dus bij uitvoering conform aan de uitgangspunten geen situatie voordoen waarbij water op straat komt.

Het voordeel van het gehanteerde principe is dat het aanwezige inzamelsysteem van kolken en regenpijpen gehandhaafd kan blijven. Dit betekent dat geen extra zandvang aangebracht hoeft te worden, omdat dit plaats blijft vinden via de kolken en inspectieputten in het bestaande stelsel. Tevens kan bij eventueel disfunctioneren van de voorziening de overstort verwijderd worden waardoor afwatering weer plaatsvindt via het bestaande regenwaterstelsel.

3.6 Constructie

De tekening van de infiltratievoorziening is als bijlage 1 aan dit rapport toegevoegd. Op situatieschetsen is de ligging van de voorziening, peilbuizen, inspectieputten en straatkolken weergegeven.

In detail A is een doorsnede van de voorziening getekend. Hierin is te zien dat tussen elke inspectieput en het infiltratiebed koppelingen gemaakt zijn in de vorm van een tweetal PVC-buizen die boven elkaar zijn aangebracht. De onderste buis is aangesloten op een drainbuis die, over de gehele lengte, onderin de voorziening ligt. Deze constructie heeft tot gevolg dat bij peilstijging in de inspectieputten de infiltratievoorziening wordt gevuld door de onderste buizen en eventueel opgesloten lucht kan ontsnappen door de buizen die hoger liggen. Op het moment dat de inspectieputten vrijwel geheel gevuld zijn worden de bovenste buizen eveneens gebruikt voor vulling van de voorziening.

In de tekening is te zien dat het bed 30 cm onder het trottoir gelegen is. De onderkant van het bed bevindt zich circa 5 cm boven de tot dan toe hoogst gemeten grondwaterstand. De boven en onderkant van de voorziening zijn horizontaal, de wanden kunnen gezien de grondslag gegraven onder een helling van 10:1. De voorziening is omgeven door filterdoek, teneinde de inspoeling van gronddeeltjes te voorkomen. De drain in het bed is niet voorzien

van een omhulling. Een omhulling is in deze situatie niet functioneel en zal alleen extra weerstand opleveren.

In detail B is te zien dat de verbindingsbuizen tussen de verschillende inspectieputten en de drain in het infiltratiebed aan de instroomzijde zijn voorzien van een filterdoek. Dit doek is met behulp van een klemband vastgezet op de PVC-buis. De functie van het doek is het afvangen van fijne zanddeeltjes zodat de drain niet verstopt raakt.

In detail C is een principeschets van de overstortconstructie weergegeven. De laatste inspectieput benedenstrooms staat in verbinding met de overstortput door middel van twee bestaande PVC leidingen met een diameter van $\phi 160$ mm. De overstortdrempel wordt gevormd door PVC opzetstukken op beide buizen. Het peil van de overstortdrempel moet lager zijn dan dat van de laagste kolk omdat anders het water op straat komt voordat de overstort in werking treedt.

In de voorziening zijn op enkele plaatsen ontluchtings- en grindbemonsteringsbuizen geplaatst. De functie van de ontluchtingsbuizen is hetzelfde als de bovenste PVC buis van de inspectieputten naar het grindbed. De grindbemonsteringsbuizen zijn geplaatst om tussentijdse onderzoek mogelijk te maken naar de mate van verontreiniging in het grindbed.

3.7 Aanleg



Aanleg voorziening Geren: filterdoek (links) en grind (rechts)

De infiltratievoorziening is aangelegd in de periode van 8 november 1993 tot 22 november 1993. Tijdens de aanleg hebben zich geen noemenswaardige problemen voorgedaan. Op enkele plaatsen is de sleuf iets dieper gegraven omdat een kleilaag hoger lag dan uit de grondboringen was opgemaakt. Het doorbreken van deze laag is van belang voor de infiltratiecapaciteit.



Afwerking infiltratievoorziening Geren



4 Bemonsteringsprogramma

4.1 Inleiding

Het uiteindelijke onderzoeksresultaat hangt in sterke mate van de bemonstering van de infiltratievoorziening af. De bemonstering is dan ook afgestemd op het onderzoeksdoel en spitst zich toe op het bepalen van:

1. de invloed van de infiltratievoorziening op het verloop van de grondwaterstanden;
2. de milieuhygiënische gevolgen van infiltratie voor grondwater en bodem;
3. de werking van de voorziening ten aanzien van afbraak, retentie en verspreiding van verontreinigingen die door het afstromende regenwater aangevoerd worden;
4. de verandering van de bergings- en infiltratiecapaciteit van de voorziening en de omringende bodem gedurende de loop van het onderzoek.

4.2 Startsituatie

Bodem onder infiltratievoorziening

Om een goed beeld van de uitgangskwaliteit van de bodem (en de spreiding daarin) te verkrijgen worden vijf afzonderlijke monsters van de grond onder de infiltratievoorziening genomen en geanalyseerd. Gezien de te verwachten kwaliteitsveranderingen, op basis van de (verwachte) samenstelling van het infiltrerende water, is er voor gekozen de bodemonsters te analyseren op: organische stof, lutum, zware metalen (7), arseen, PAK, olie en EOX. Voor het vaststellen van de nulsituatie wordt de bodemlaag direct naast en onder de infiltratievoorziening alsmede iets benedenstrooms van de voorziening bemonsterd.

Grind

Het grind wordt geanalyseerd op de volgende parameters:

- chloride;
- droge stof;
- zware metalen: Hg, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb;
- N-kjeldahl;
- natrium;
- PAK 16 EPA;
- aromaten en chloorhoudende oplosmiddelen;
- olie GC-MS;
- ftalaten;
- EOX.

Grondwater

Om de uitgangskwaliteit van het grondwater vast te stellen worden een zestal analyses uitgevoerd. Hiertoe zullen monsters worden genomen uit vier peilbuizen ter plaatse van de infiltratievoorziening en twee peilbuizen stroomopwaarts van de voorziening. Van de afzonderlijke grondwatermonsters worden de concentraties aan zware metalen (7), arseen, chloride, sulfaat, olie en aromatische- en chloorhoudende oplosmiddelen bepaald. De oplosmiddelen zijn in het analysepakket opgenomen, omdat de kans op doorslag binnen vier jaar voor deze (oplosbare) verbindingen zeer groot is bij een humusarme zandgrond en de verwachting is dat deze stoffen in het infiltrerende water zullen voorkomen.

De benodigde peilbuizen zijn reeds geplaatst, waarbij opgemerkt moet worden dat één van de twee peilbuizen stroomopwaarts van de voorziening zich op een relatief grote afstand bevindt. Vooralsnog is er van uitgegaan dat deze peilbuis zal worden gebruikt (ligging peilbuizen in figuur 5.2).

4.3 Periodieke bemonsteringen

Voor het verklaren van kwaliteitsveranderingen binnen de proefperiode, is het van belang een goede indruk te krijgen van de belasting van de bodem en het grondwater. Daarom wordt 4 maal per jaar het infiltratiewater in de voorziening bemonsterd en geanalyseerd.

Daarnaast is het van belang de (belangrijkste) bron(nen) van de in het infiltratiewater voorkomende verontreinigingen te achterhalen. De verontreinigingen kunnen reeds aanwezig zijn in het regenwater, maar ook afkomstig zijn van het verharde oppervlak (door afstroming). Om te bepalen waar de grootste vracht verontreinigingen vandaan komt, dient de regenwaterkwaliteit te worden bepaald. Aan de hand van de vergelijking tussen de regenwaterkwaliteit en de kwaliteit van het infiltratiewater kunnen de belangrijkste bronnen van de verontreinigingen worden vastgesteld.

Ook de kwaliteitsverandering van het grind, dat zich in de infiltratievoorziening bevindt, zal worden vastgesteld. Hiertoe zal in het tweede en derde jaar van de proefperiode een grindmonster worden genomen en geanalyseerd.

Bemonstering van het geïnfiltreerde water in de voorziening

Voor het nemen van watermonsters uit de infiltratievoorziening wordt gebruik gemaakt van reeds in de voorziening geplaatste drains. In deze drains is een grindkolom aangebracht die gebruikt wordt om in de eindsituatie kwaliteitsveranderingen van het grind te bepalen. Om de grindkolom heen bevindt zich de drain met het geïnfiltreerde water. Dit water kan conform de VPR-voorschriften bemonsterd worden.

Naast de twee met grind gevulde drains is ook nog een derde drain geplaatst. Deze doet dienst als datalogger. De drains met grindkolom komen beide in aanmerking voor het bemonsteren van geïnfiltreerd water. Mochten beide drains niet voldoende water geven dan kan eventueel uit de derde drain (datalogger) water bemonsterd worden.

Er wordt per keer (totaal 4 x/jaar) één ongefiltreerd monster genomen. Aanvullend hierop zal bij twee van de vier bemonsteringsrondes een gefiltreerd monster worden genomen. Dit om vast te stellen of een verontreiniging in gebonden dan wel opgeloste vorm in het water aanwezig is.

In totaal worden per jaar zes watermonsters uit de infiltratievoorziening genomen en geanalyseerd. De monsters worden geanalyseerd op zware metalen (7), arseen, olie, aromatische- en chloorhoudende oplosmiddelen, sulfaat, chloride, PAK en EOX.

Indien monsternamen volgens bovenstaande beschrijving praktisch niet mogelijk blijkt, zal een monster uit het regenwaterriool worden genomen. Het water hierin benaderd voor wat betreft de samenstelling het water in de infiltratievoorziening.

Bemonstering regenwater

De regenwaterkwaliteit wordt vier maal per jaar bepaald. Het tijdstip van bemonstering is evenals bij bemonstering in de infiltratievoorziening afhankelijk van de weersomstandigheden. De regenwatermonsters worden geanalyseerd op zware metalen (7), arseen, olie, aromatische- en chloorhoudende oplosmiddelen, sulfaat, chloride, PAK en EOX. Voor het uitvoeren van deze analyses is een relatief grote hoeveelheid regenwater nodig (± 5 liter). In reguliere regenmeters kan een dergelijke hoeveelheid water niet worden opgevangen. Er wordt derhalve een opvangconstructie te gefabriceerd waarmee de benodigde hoeveelheid

water wel kan worden opgevangen. Deze voorziening zal wanneer een bemonstering is gepland worden geïnstalleerd (4 x per jaar).

Bemonstering grind

In het tweede en derde jaar van de proefperiode zal het grind worden bemonsterd en geanalyseerd. Hiertoe wordt per keer één grindkolom uit de drain omhoog gehaald en in zijn geheel overgebracht naar het laboratorium. Daar zal een mengmonster van het grind worden genomen, gemalen en geanalyseerd op organische stof, lutum, zware metalen (7), arseen, PAK, olie en EOX.

4.4 Eindsituatie

Voor het vaststellen van de eindsituatie wordt dezelfde aanpak gekozen als bij het vaststellen van de beginsituatie. Hoewel in dit geval bemonstering van de bodem plaatsvindt onder de infiltratievoorziening en niet zoals bij het vaststellen van de beginsituatie direct naast de voorziening. Bovendien is in eerste instantie geen rekening gehouden met een bemonstering van de benedenstroomse locaties.

Zowel bemonstering als analyse van de bodem en het grondwater geschiedt analoog aan de opzet in de startsituatie.

Tevens vindt monsternamen van het grind plaats door verspreid over de gehele voorziening een mengmonster te nemen. Dit mengmonster zal in het laboratorium worden geanalyseerd op de volgende parameters: organische stof, lutum, zware metalen (7), arseen, PAK, olie en EOX. Deze parameters komen overeen met die in de startsituatie genoemde parameters voor grondmonsters.

Bij infiltratievoorzieningen wordt er veelal van uitgegaan dat de onderzijde van de voorziening relatief snel dichtslibt en dat de infiltratie via de zijwanden van de voorziening zal plaatsvinden. Om na te gaan of deze veronderstelling juist is wordt op een aantal plaatsen (± 3) een doorlatendheidsproef uitgevoerd. Hiertoe zullen een tweetal metalen ringen (met een hoogte van enkele tientallen centimeters) in de bodem onder de (verwijderde) voorziening worden aangebracht. Deze ringen worden gevuld met water, waarna de snelheid van intrede van het water wordt bepaald.

Mocht het, aan de hand van de ervaringen met de voorziening (beperkte infiltratie) en de resultaten van de uitgevoerde doorlatendheidsproeven, nodig zijn ook de doorlatendheid van de zijwanden van de voorziening te bepalen dan zullen van deze zijwanden een aantal steekmonsters worden genomen en zal in het laboratorium de doorlatendheden worden bepaald.

Nadat de eindsituatie vastgelegd is kan met behulp van gegevens uit de startsituatie en uit de periodieke bemonsteringen de invloed van infiltratie van afstromend regenwater op de grind-, bodem- en grondwaterkwaliteit worden bepaald.

4.5 Bepaling bindingscapaciteit bodem

Om voorspellingen te kunnen doen over de termijn waarop een verontreiniging het grondwater bereikt (doorslagtermijn) en over de concentratie in de bodem bij een bepaalde samenstelling van het infiltratiewater zal voor zware metalen (7), arseen, aromatische- en chloorhoudende oplosmiddelen, PAK en olie de Kd-waarde van de bodem onder de infiltratievoorziening worden bepaald. De Kd-waarde is een verdelingscoëfficiënt die de verdeling van een verontreiniging over de vaste fase en de vloeibare fase aangeeft.

Met behulp van deze Kd-waarde kan tevens een theoretische onderbouwing worden gegeven van de bij de metingen verkregen resultaten en kunnen voorspellingen worden gedaan over de invloed op de bodem- en grondwaterkwaliteit indien er veranderingen optreden in de kwaliteit van het infiltrerende water.

De Kd-waarde kan worden vastgesteld middels schudproeven. Er zullen daarom een viertal schudproeven worden uitgevoerd. Tijdens de bemonstering in het kader van het vaststellen van de nulsituatie zullen een aantal extra grondmonsters worden genomen die gebruikt zullen worden voor de schudproeven. Vóór aanvang van elke schudproef zal de kwaliteit van de grond worden vastgesteld. Als (schud)vloeistof zal water uit de infiltratievoorziening worden gebruikt. Bij de bemonstering van dit water (4 x per jaar) zal derhalve wat extra infiltratievloeistof worden bemonsterd. De concentraties van de verontreinigende stoffen in het infiltratiewater dienen bij de 4 schudproeven te verschillen (zowel "hoge" als "lage" concentraties). Een schudproef zal derhalve pas worden ingezet nadat de samenstelling van het infiltratiewater is vastgesteld.

Na uitvoering van de schudproeven worden de concentraties van de reeds genoemde stoffen bepaald in zowel het vrijkomende water als in de bodem. Op basis van de analyseresultaten van de vier schudproeven wordt de Kd-waarde berekend en zal gekeken worden of de bij de metingen gevonden waarden aan de hand van de bepaalde Kd-waarde kunnen worden verklaard.

4.6 Overzicht uit te voeren analyses

Tabel 4.1 Analysepakketten regenwater, geïnfiltreerd water, grind, bodem en grondwater.

Parameter	Regenwater	Geïnfiltreerd water	Grind	Bodem	Grondwater	Schudproef (bodem)	Schudproef (water)
ontsluiting			X	X		X	
droogrest			X	X		X	
gloeirest			X	X		X	
cadmium	X	X	X	X	X	X	X
koper	X	X	X	X	X	X	X
nikkel	X	X	X	X	X	X	X
zink	X	X	X	X	X	X	X
lood	X	X	X	X	X	X	X
chroom	X	X	X	X	X	X	X
kwik	X	X	X	X	X	X	X
arseen	X	X	X	X	X	X	X
aromatische- en chloorhoudende oplosmiddelen	X	X			X	X	X
EOX	X	X	X	X			
PAK	X	X	X	X		X	X
olie	X	X	X	X	X	X	X
malen kaakbreker			X				
chloride	X	X			X		
sulfaat	X	X			X		

In tabel 4.1 wordt een overzicht van de genoemde analysepakketten gegeven. De analysepakketten zijn over het algemeen vrij uitgebreid. Voor de analysepakketten die regelmatig worden uitgevoerd (regen- en infiltratiewater) kan in de loop van het project worden besloten een aantal parameters, die steeds beneden de detectielimiet worden aangetroffen, uit het pakket te verwijderen.

4.7 Afronding onderzoek

Na afloop van 4 jaar durende meetperiode worden de infiltratievoorzieningen gedeeltelijk ontgraven. Hierbij wordt het verloop van de concentraties van de onderzoeksparameters over de hoogte van de infiltratievoorzieningen gemeten. Op basis van de analyseresultaten kan een prognose worden opgesteld over de ontwikkeling van de concentraties in de volgende jaren.

Afhankelijk van de resultaten worden de voorzieningen geheel verwijderd of gehandhaafd. In het laatste geval kan overwogen worden met een lage meet- en bemonsteringsfrequentie door te gaan zodat over een langere periode de werking en effecten van de voorzieningen nagegaan kunnen worden.

4.8 Hydrologisch vooronderzoek

Om het effect van de voorzieningen op het grondwaterstandsverloop te bepalen is het wenselijk al in een vroeg stadium over gegevens met betrekking tot de grondwaterstand te beschikken. Hiervoor dienen peilbuizen geplaatst te worden in, nabij en op enige afstand van de locatie van de infiltratievoorzieningen. Door de grondwaterstanden regelmatig (bij voorkeur wekelijks of tweewekelijks) af te lezen is het mogelijk na aanleg van de voorziening een reconstructie te maken van het verloop van de onbeïnvloede grondwaterstanden. Na afloop van de infiltratieproef kan dan bepaald worden op welke afstand de grondwaterstand door infiltratie beïnvloed werd. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de in de ontwerpfase verzamelde gegevens en de beschikbare jaarreeksen van grondwaterstanden in de betreffende wijk en de omgeving. Door de gemeente Zwolle wordt namelijk al jaren de grondwaterstand in Zwolle-zuid bemeten. De grondwaterstand ter plaatse van de gemeentelijke peilbuizen moet, willen deze als referentie gebruikt worden, niet beïnvloed worden door de infiltratievoorziening.

Er worden circa 6 peilbuizen geplaatst in deze fase, waarvan twee op de plaats van de infiltratievoorziening, twee in de buurt van de voorziening en de overige op grotere afstand, in de buurt van bebouwing en/of stroomafwaarts van de gekozen locatie van de infiltratievoorziening.

Aangezien het noodzakelijk is om een goed beeld te verkrijgen van de bodemopbouw en tevens om inzicht te krijgen in de omvang van aanwezige storende lagen (klei en veen), kunnen de hiervoor benodigde boringen gecombineerd worden met het plaatsen van de peilbuizen.

Door het analyseren van de verschillende grondsoorten die vrijkomen bij het plaatsen van de peilbuizen wordt een indicatie van de bodemopbouw verkregen. Indien tussen het maaiveld en de grondwaterstand een storende laag (met een slechte doorlatendheid) voorkomt, is het aan te raden een tweede peilbuis ter plaatse aan te brengen om een eventueel optredende schijngrondwaterstand te kunnen vastleggen.

Van de vrijgekomen grond bij elke boring worden per bodemlaag enkele monsters verzameld. Deze monsters worden geanalyseerd op het totale pakket aan onderzoeksparameters voor vastlegging van de nulsituatie met betrekking tot de bodemkwaliteit. Voor vastlegging van de uitgangssituatie met betrekking tot de grondwaterkwaliteit worden uit een aantal peilbuizen, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen bovenstroomse en benedenstroomse buizen, grondwatermonsters getrokken. Deze monsters worden eveneens geanalyseerd op de gehele set onderzoeksparameters.

4.9 Periodieke hydrologische bemonstering

Voor het volgen van het effect van infiltreren van regenwater vanaf het verharde oppervlak op de grondwaterstanden dient de grondwaterstand ter plaatse van de peilbuizen regelmatig afgelezen te worden. In eerste instantie wordt een twee-wekelijkse aflezing van de grondwaterstanden aangehouden, gelijk met de aflezing van de peilbuizen van de gemeente in diverse wijken. Op basis van een analyse van de meetgegevens kan in een later stadium eventueel besloten worden meer of minder frequent af te lezen.

Het ontwerp van de voorzieningen is onder meer afhankelijk van de in het vooronderzoek met behulp van een falling-head-test vastgestelde doorlatendheid. De doorlatendheid van de bodem verschilt echter van plaats tot plaats en is bovendien moeilijk eenduidig vast te stellen (er zijn verschillende methoden ter bepaling van de doorlatendheid die elk een ander resultaat opleveren). Daarnaast is het moeilijk om het poriënvolume van het aggregaat en dus het bergend vermogen van de voorzieningen nauwkeurig vast te stellen of te schatten. Het intensief volgen van het verloop van de waterstand in de voorziening geeft antwoord op de vraag in hoeverre het ontwerp van de voorzieningen voldoet. Het is dan wel noodzakelijk tevens over een continue registratie van neerslag in het onderzoeksgebied te beschikken. Hiervoor dient een pluviograaf opgesteld te worden in de omgeving van de infiltratievoorzieningen. Een continue registratie van het verloop van de grondwaterstand in de voorziening geeft bovendien een idee over de werking en het al dan niet dichtslibben van de voorziening. Wanneer de infiltratie- en bergingscapaciteit van de voorziening te klein wordt, kan het regenwater slecht afgevoerd worden, hetgeen niet wenselijk is. Het is van belang dat overstortingen vanuit de infiltratievoorziening op het rioolstelsel geregistreerd worden.

4.10 Programma-overzicht

In tabel 4.2 is een overzicht opgenomen van het bemonsteringsprogramma. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen zowel milieuhygiënische metingen en hydrologische metingen, als de diverse bemonsteringsfasen.

Tabel 4.2 Overzicht bemonsteringsprogramma.

Meting	Fase	Object	Periode	Methode
hydrologisch	Vooronderzoek	grondwaterstand	tweewekelijks	peilbuizen
		bodemopbouw	eenmalig	grondboringen
		doorlatendheid	eenmalig	falling-head-test
	beheersfase	inloop (neerslag-verdamping)	continu respectievelijk etmaalcijfers	pluviograaf respectievelijk weerstation-KNMI
		grondwaterstand	tweewekelijks	peilbuizen
		waterstand (i.v.m. infiltratie - en bergingscapaciteit)	continu	datalogger
	afrondding	doorlatendheid onderzijde voorziening	eenmalig	openleggen voorziening
milieuhygiënisch	vooronderzoek	grondwaterkwaliteit	eenmalig	peilbuizen
		bodemkwaliteit	eenmalig	grondboringen
		kwaliteit aggregaat	eenmalig	-
	beheersfase	kwaliteit water in voorziening	4 x per jaar	peilbuizen in infiltratievoorziening
		kwaliteit regenwater	4 x per jaar	opvang regenwater
		concentratieverloop verontreinigingen in voorziening	tweemaalig	m.b.v. ingebouwde korven
	afrondding	concentratieverloop verontreinigingen in voorziening	eenmalig	openleggen voorziening
		grondwaterkwaliteit	eenmalig	peilbuizen
		bodemkwaliteit	eenmalig	boringen
		doorslaan verontreinigingen	eenmalig	schudproef

4.11 Toetsingskader onderzoeksresultaten

4.11.1 Grind

Ten tijde van de aanleg van de voorziening was het bouwstoffenbesluit nog in ontwerpfasen. De onderzoeksresultaten (samenstelling) zijn derhalve getoetst aan de (samenstellings-)normen uit het ontwerp Bouwstoffenbesluit (OBB, 1991).

Het Bouwstoffenbesluit (BSB) is op 1 januari 1999 in werking getreden en wordt op 1 juli 1999 van kracht. Daarbij zijn de samenstellingsnormen voor niet-organische parameters komen te vervallen. Voor de niet-organische parameters zijn normen opgesteld die betrekking hebben op de mate van uitloging. Aangezien bij aanvang van het project (1993) geen uitloogproeven zijn uitgevoerd is een toetsing aan het BSB voor de niet-organische stoffen niet mogelijk. Gezien de aard van het materiaal (grind) worden overschrijdingen van de uitloognormen niet verwacht. De geanalyseerde organische stoffen zijn getoetst aan de samenstellingsnorm uit "Bouwstoffenbesluit Bodem- en Oppervlaktewaterenbescherming", zoals gepubliceerd in de Staatscourant nr. 567, 30 november 1995.

4.11.2 Grond en grondwater

Interpretatie van de analyseresultaten van grond en grondwater heeft plaatsgevonden aan de hand van het op 15 mei 1994 van kracht geworden toetsingskader, zoals gedefinieerd in de "Circulaire Interventiewaarden Bodemsanering", gepubliceerd in de Staatscourant nr. 95, dinsdag 24 mei 1994 [5].

Hierbij is de volgende terminologie gehanteerd:

- bij een overschrijding van de streefwaarde (S) is er "geen sprake van een duurzame bodemkwaliteit (voor de functionele eigenschappen van de bodem voor mens, dier of plant)";
- bij een overschrijding van de toetsingswaarde ($T = 0,5 \cdot (S + I)$) is er sprake van een situatie waarbij het uitvoeren van een nader bodemonderzoek nodig is;
- bij een overschrijding van de interventiewaarde (I) is er mogelijk "sprake van een ernstige bodemverontreiniging".

De interpretatie van de analyseresultaten is als volgt omschreven:

- + : groter dan de streefwaarde (S) en kleiner of gelijk aan de toetsingswaarde (T);
- + + : groter dan de toetsingswaarde (T) en kleiner of gelijk aan de interventiewaarde (I);
- + + + : groter dan de interventiewaarde (I).

De streef- en interventiewaarden voor de grond zijn afhankelijk van het organische stofgehalte (humus) en/of de lutumfractie (klei). Deze fracties zijn in het laboratorium vastgesteld. De hiervoor genoemde STI-waarden hebben de (oude) ABC-waarden vervangen. Voor EOX, waar wel ABC-waarden voor waren vastgesteld, zijn geen STI-waarden beschikbaar. Toetsing van de EOX-concentraties heeft derhalve plaatsgevonden aan de (oude) ABC-waarden. Ook voor de individuele PAK zijn geen STI-waarden vastgesteld, daarom is alleen PAK (som 10) getoetst.

De streef- en interventiewaarden voor de komen tevens uit de 'Circulaire Interventiewaarden Bodemsanering'. Voor chloride en sulfaat zijn geen STI-waarden vastgesteld daarom wordt voor de toetsing van grondwater gebruik gemaakt van de indicatieve/referentiewaarden uit de leidraad bodembescherming (afl. 6 september 1990). Voor grondwater zijn voor de individuele PAK normen beschikbaar voor PAK (som 10) echter niet.

4.11.3 Hemel- en infiltratiewater

De gemeten concentraties in hemel- en infiltratiewater zijn, bij gebrek aan specifieke toetsingswaarden, getoetst aan de genoemde STI-waarden voor grondwater uit de circulaire interventiewaarden bodemsanering [5]. De normen voor sulfaat en chloride zijn indicatieve/referentiewaarden uit de leidraad bodembescherming (afl. 6 september 1990).

5 Uitgangssituatie

5.1 Bodem

In hoofdstuk 2 is de bodemopbouw besproken. Hier gaat het om de bepaling van de kwaliteit in de uitgangssituatie.

5.1.1 Bodemonderzoek

Eind juni 1993 zijn op 2 plaatsen in het plantsoen (boring 30 en 40) bij de locatie van de infiltratievoorziening monsters genomen van de hier voorkomende bodemlagen. Deze monsters zijn geanalyseerd op het gehele pakket onderzoeksparameters. In tabel 5.1 is weergegeven van welke laag de monsters afkomstig zijn.

Tabel 5.1 Bodemonderzoek.

Boring-nummer	30		40	
Monster-nummer	Ligging laag (m-mv)	Textuur	Ligging laag (m-mv)	Textuur
1	0,00 - 0,50	mg zand matig humeus kleibrokjes	0,05 - 0,50	mg zand kleibrokjes
2	0,50 - 1,40	tot 1,00: mg zand zwak humeus sterk kleilig daarna: klei sterk humeus zwak zandig	0,50 - 1,10	zand matig humeus zwak kleilig
3	1,40 - 1,60	klei	1,10 - 1,50	mg zand
4	1,60 - 2,00	mg zand zwak humeus	1,50 - 1,65	mg zand zwak humeus
5	2,00 - 3,00	mg zand	1,65 - 3,00	mg zand

Voor de beoordeling van de concentratieniveaus van de diverse verontreinigingen in de bodem dienen het lutum- en organische stofgehalte (respectievelijk L en H) bekend te zijn voor de onderzochte bodemlagen. Het lutumgehalte L is gelijk aan het gewichtspercentage minerale bestanddelen met een doorsnede kleiner dan 2 μm , betrokken op het totale drooggewicht van de grond. Onder het organische stofgehalte wordt het gewichtspercentage gloeiverlies, betrokken op het totale drooggewicht van de grond, verstaan. In tabel 5.2 zijn het lutum- en organische stofgehalte van alle bodemonsters gegeven.

Tabel 5.2 Lutum- en organisch stofgehalte.

Boringnummer	Monsternummer	L (% van DS)	H (% van DS)
30	1	4,6	2
	2	13	7
	3	28	6
	4	1,5	1
	5	0,9	0
40	1	2,4	2
	2	9,3	3
	3	2,8	1
	4	2,5	2
	5	< 0,1	0

5.1.2 Veldwerk

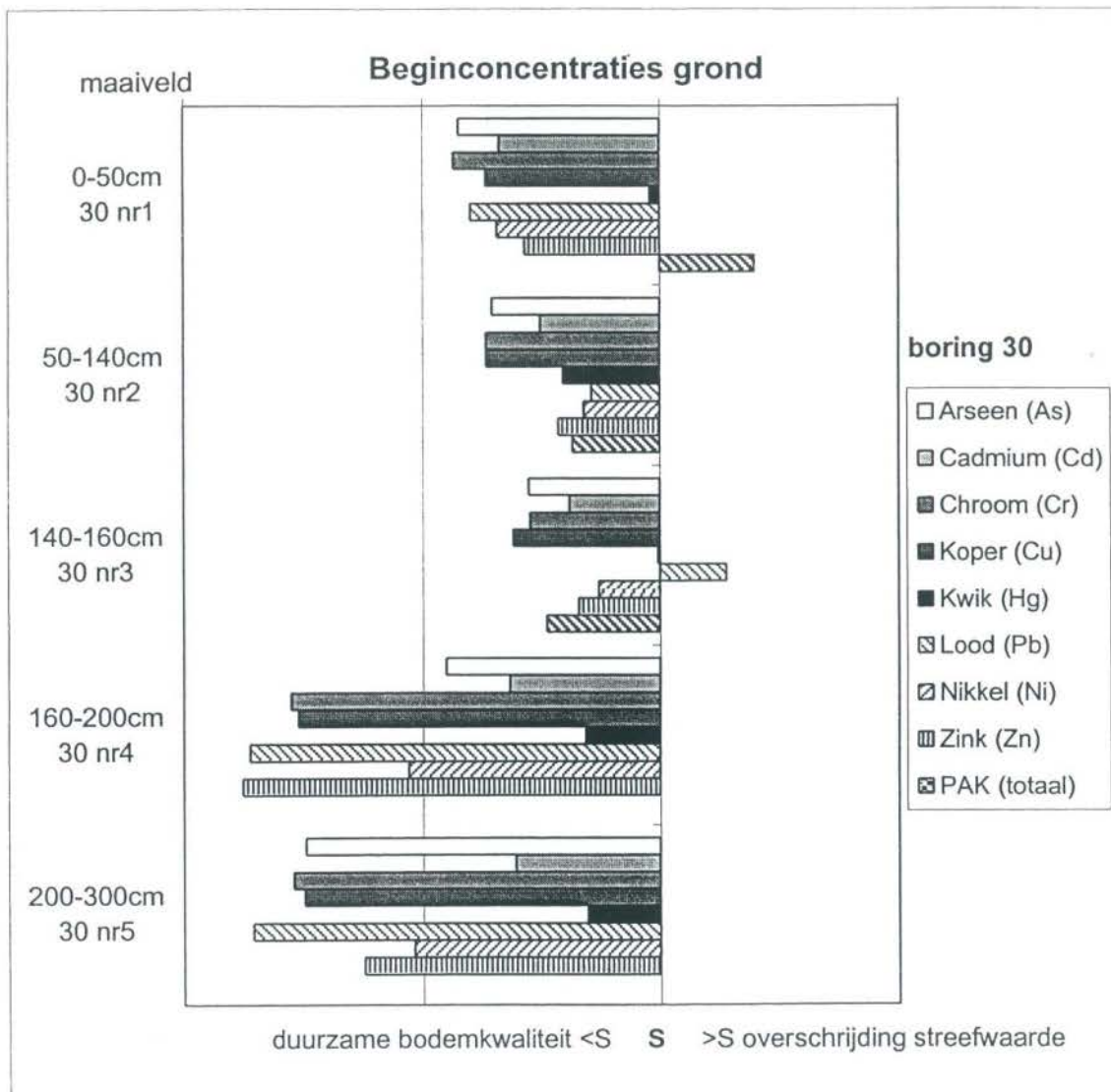
De infiltratievoorziening is onder het trottoir aangelegd. Ter bepaling van de bodemkwaliteit direct onder/naast de voorziening in de nulsituatie zijn bij de aanleg van de voorziening twee boringen geplaatst (boringen 30 en 40). Zoals in de inleiding reeds is aangegeven is in 1994, ongeveer een jaar na de aanleg, een vijftal aanvullende boringen geplaatst (boringen 100 t/m 104). Ter plaatse van de boringen zijn monsters genomen ter hoogte van de onderzijde van de voorziening (0 - 20 cm-onderzijde voorziening). Een overzicht van de ligging van de boringen is opgenomen in hoofdstuk 2.

5.1.3 Analysepakket

De bij de boringen genomen monsters zijn geanalyseerd op zware metalen (7), arseen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK), organohalogeenvverbindingen (EOX) en minerale olie.

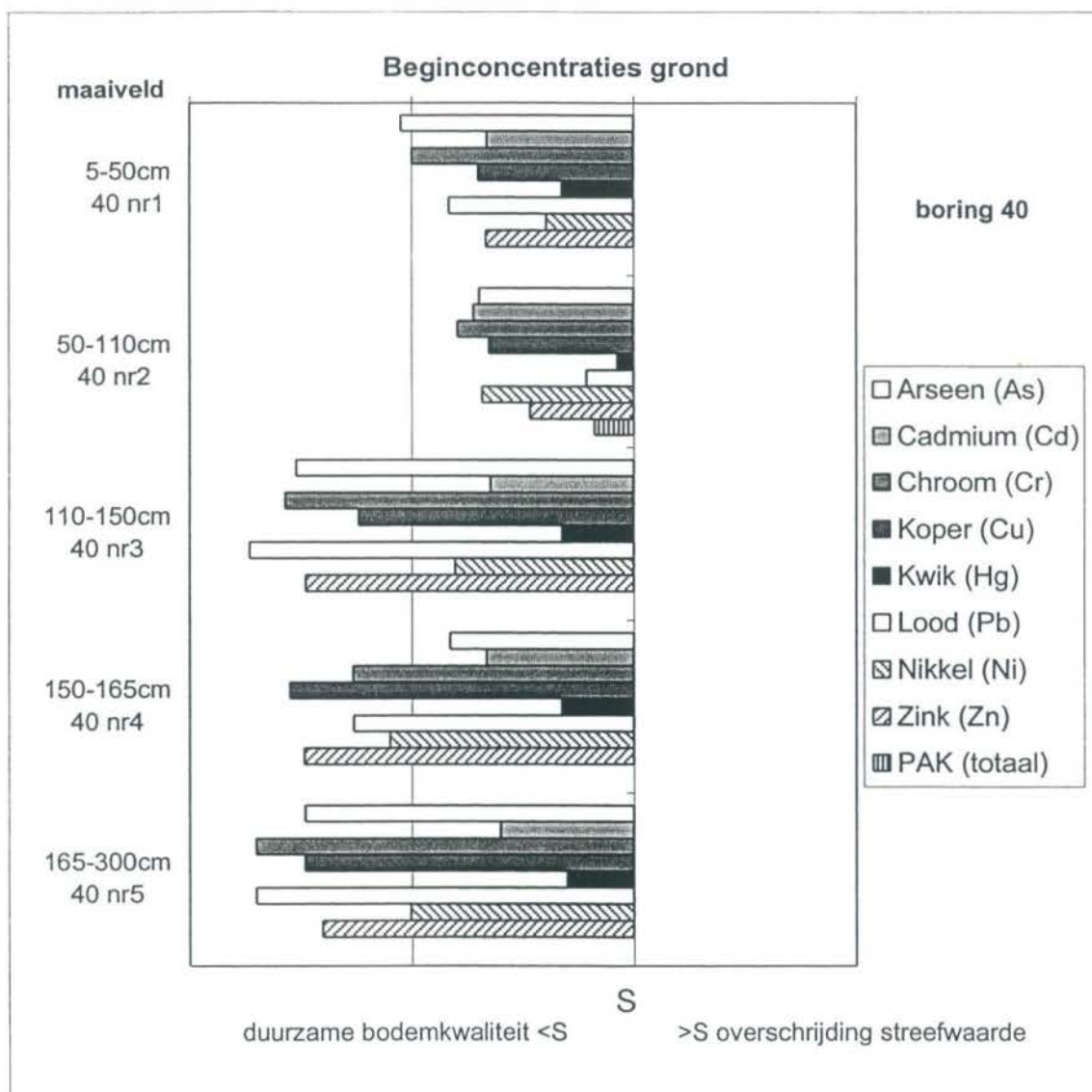
5.1.4 Resultaten

De analyseresultaten zijn, inclusief toetsing, opgenomen in bijlage 3. PAK (totaal) overschrijdt bij boring 30 de streefwaarde (concentratie is 2.5 maal hoger dan streefwaarde). In de tabel valt af te lezen dat het loodgehalte ter plaatse van boring 30 (onderkant voorziening) de streefwaarde overschrijdt (concentratie 2*S). Dit is gevisualiseerd in figuur 5.1. Hierbij wordt opgemerkt dat een monster in het laboratorium in duplo wordt geanalyseerd. Indien de duplowaarden veel van elkaar verschillen worden beide waarden gerapporteerd. Hiervan is bij betreffend monster sprake. De hoogste waarde overschrijdt de streefwaarde wel, de laagste waarde niet. De verhoogde loodconcentratie is bij de overige boringen (ook onderzijde voorziening) niet aangetroffen.



Figuur 5.1 beginconcentraties grond boring 30.

Het blijkt dat voor metalen en PAK de concentraties in de kleiige monsters hoger zijn dan in de zandige monsters. Dit is gezien de eigenschappen van de verschillende grondsoorten ook de verwachting. De resultaten van boring 40 zijn weergegeven in figuur 5.2. Geen van de stoffen overschrijdt de streefwaarde.



Figuur 5.2 concentraties in grond boring 40.

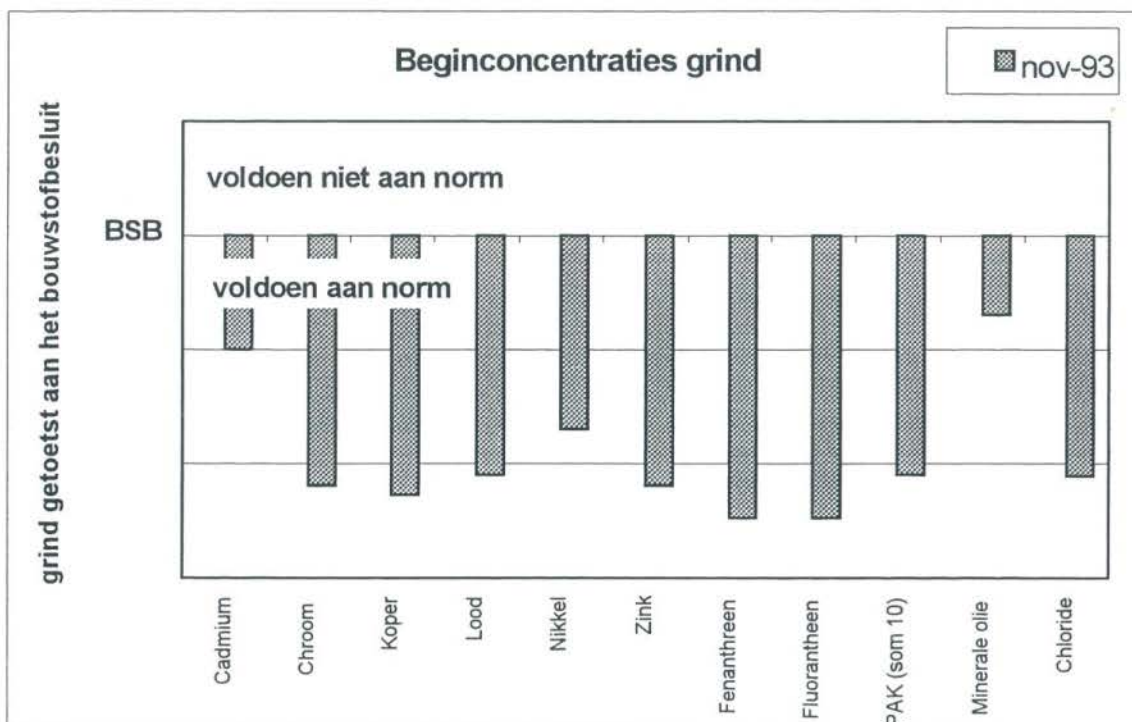
5.2 Grindkwaliteit

Bij de aanleg van de voorziening (1993) is een monster genomen van het grind dat als vulmateriaal in de voorziening is toegepast. Het grindmonster is gemalen met behulp van een kaakbreker en is vervolgens geanalyseerd op zware metalen (7), arseen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen, aromatische en chloorhoudende oplosmiddelen, organohalogenen verbindingen (EOX), minerale olie, natrium en chloride.

De resultaten zijn opgenomen in bijlage 4. In de tabel zijn tevens de samenstellingseisen uit het ontwerp Bouwstoffenbesluit en het Bouwstoffenbesluit opgenomen.

Uit de toetsing blijkt dat geen overschrijding plaats vindt van de streefwaarden (zie figuur 5.3). Voor de stoffen chloride en natrium zijn geen STI-waarden vastgesteld. Een toetsing op deze stoffen is derhalve niet mogelijk.

Het blijkt dat geen van de onderzochte stoffen de samenstellingsnormen uit het ontwerp Bouwstoffenbesluit overschrijdt.



Figuur 5.3 beginconcentraties grind getoetst aan het (ontwerp) Bouwstoffenbesluit.

5.3 Grondwaterkwaliteit

5.3.1 Veldwerk

Tijdens de aanleg van de voorziening is een zestal peilbuizen (Pb 10 t/m 60) geplaatst. Peilbuis 10 en 20 liggen in de infiltratievoorziening. De peilbuizen 30 en 40 liggen op ± 5 m stroomafwaarts en peilbuizen 50 en 60 liggen respectievelijk ± 15 en ± 85 m stroomopwaarts van de voorziening. Het filter van de peilbuizen bevindt zich in de bovenste meter van het grondwater (onderzijde filter ± 3 m-mv).

In 1993 zijn de peilbuizen 30, 40 en 60 bemonsterd. In 1994, ongeveer een jaar na aanleg van de voorziening, zijn alle genoemde peilbuizen bemonsterd.

5.3.2 Analysepakket

De grondwatermonsters genomen in 1993 zijn geanalyseerd op zware metalen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen, organohalogeenvverbindingen (EOX) en minerale olie. De grondwatermonsters genomen in 1994 zijn geanalyseerd op zware metalen (7), arseen, aromaten en chloorhoudende koolwaterstoffen, minerale olie, chloride en sulfaat.

5.3.3 Resultaten

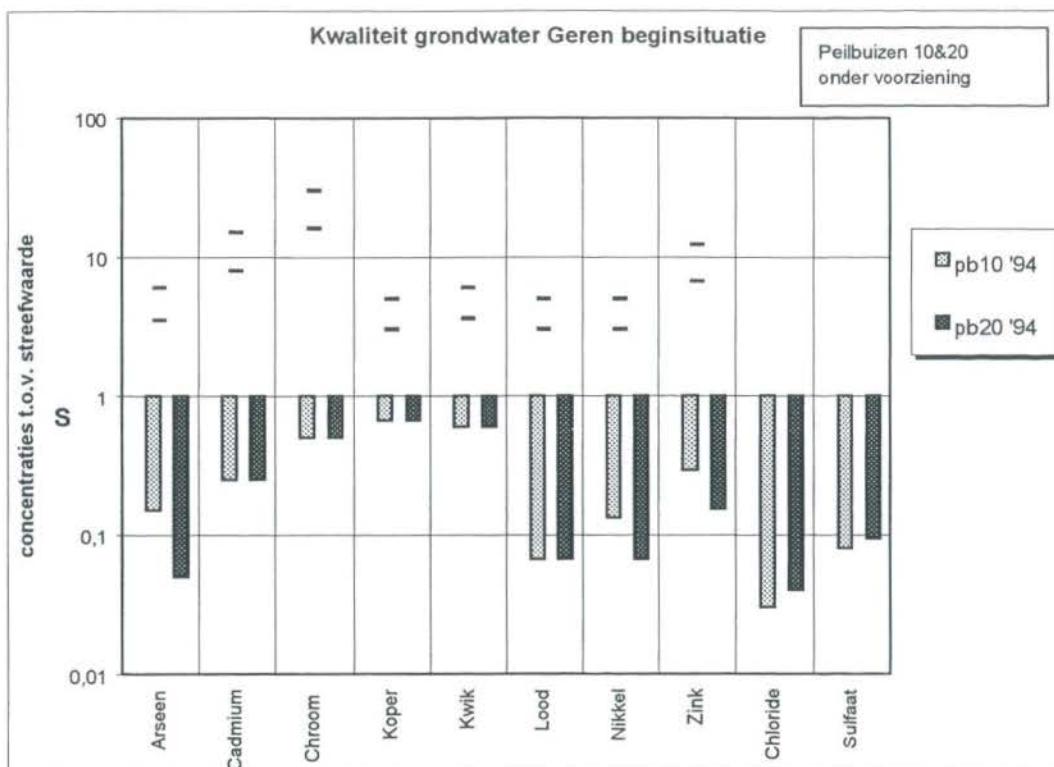
De resultaten zijn opgenomen in bijlage 5. Figuur 5.4 geeft de resultaten grafisch weer. Uit toetsing blijkt dat het grondwater (monster 1993) in peilbuis 40 sterk verhoogde arseenconcentraties bevat. Deze verhoging is bij de bemonstering en analyse in 1994 niet meer aangetroffen (concentratie gelijk aan streefwaarde). Het loodgehalte in dit grondwater (1993) is licht verhoogd. Ook deze verhoging is bij de bemonstering in 1994 niet meer aangetroffen.

Het grondwater uit peilbuis 30 is licht verhoogd met arseen. De concentratie gemeten in 1994 is iets hoger dan de concentratie gemeten in 1993. De verhoogde arseengehalten hebben naar alle waarschijnlijkheid een natuurlijke oorsprong.

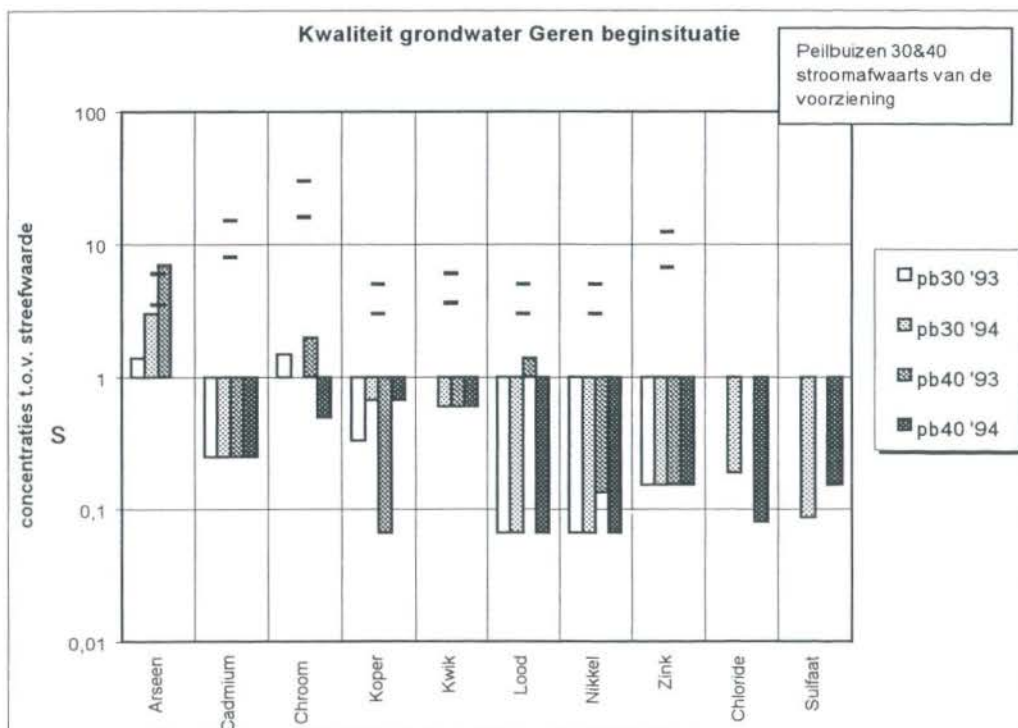
In het grondwater in zowel peilbuis 30 als 40 is in 1993 een licht verhoogde concentratie chroom aangetroffen. In 1994 lagen deze concentraties beneden de streefwaarde.

De concentraties aan PAK in 1993 liggen alle (met uitzondering van fenanthreen) beneden de detectielimiet. Daarom kan alleen een conclusie worden getrokken als de detectielimiet lager ligt dan de streefwaarde. Dat is het geval bij naftaleen, fenanthreen en antraceen. Deze PAK voldoen dus in ieder geval aan de streefwaarden.

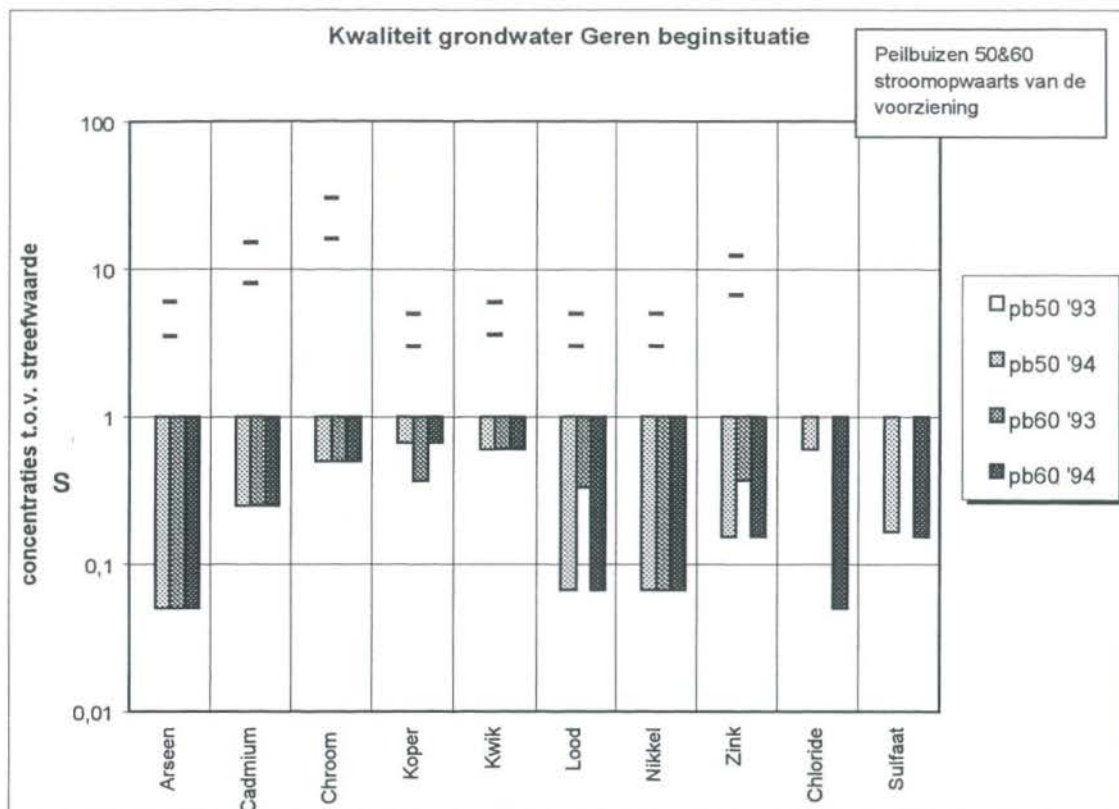
De concentraties EOX blijven beneden de detectielimiet en beneden de (oude) A-waarden.



Figuur 5.4a Beginconcentraties in grondwater onder de voorziening.



Figuur 5.4b Beginconcentraties in grondwater stroomafwaarts van de voorziening



Figuur 5.4c Beginconcentraties in grondwater stroomopwaarts van de voorziening.

5.4 Conclusies

Op basis van de ten behoeve van de nulsituatie verrichte metingen in 1993 en de aanvullende metingen uitgevoerd in december 1994 is een goed beeld van de nulsituatie verkregen. Uit de metingen is naar voren gekomen dat de concentraties van de onderzochte stoffen in de grond, op een enkele uitzondering na, niet verhoogd zijn.

Enkele metaalconcentraties (chroom, lood) in het grondwater waren wel verhoogd. Bij één grondwatermonster (peilbuis 40, 1993) wordt de interventiewaarde voor arseen overschreden. Bij de bemonstering en analyse in 1994 bleek deze concentratie gedaald tot streefwaardeniveau.

6 Periodieke bemonsteringen

6.1 Opzet

Voor het verklaren van kwaliteitsveranderingen binnen de proefperiode, is het van belang een goede indruk te krijgen van de (jaarlijkse) belasting van de bodem en het grondwater. Hiertoe is, gedurende de proefperiode van 4 jaar, in totaal 6 maal het infiltratiewater in de voorziening bemonsterd en geanalyseerd. Het infiltratiewater is, direct na een regenbui, met behulp van een pomp bemonsterd via een aantal in de voorziening aanwezige geperforeerde kolommen.

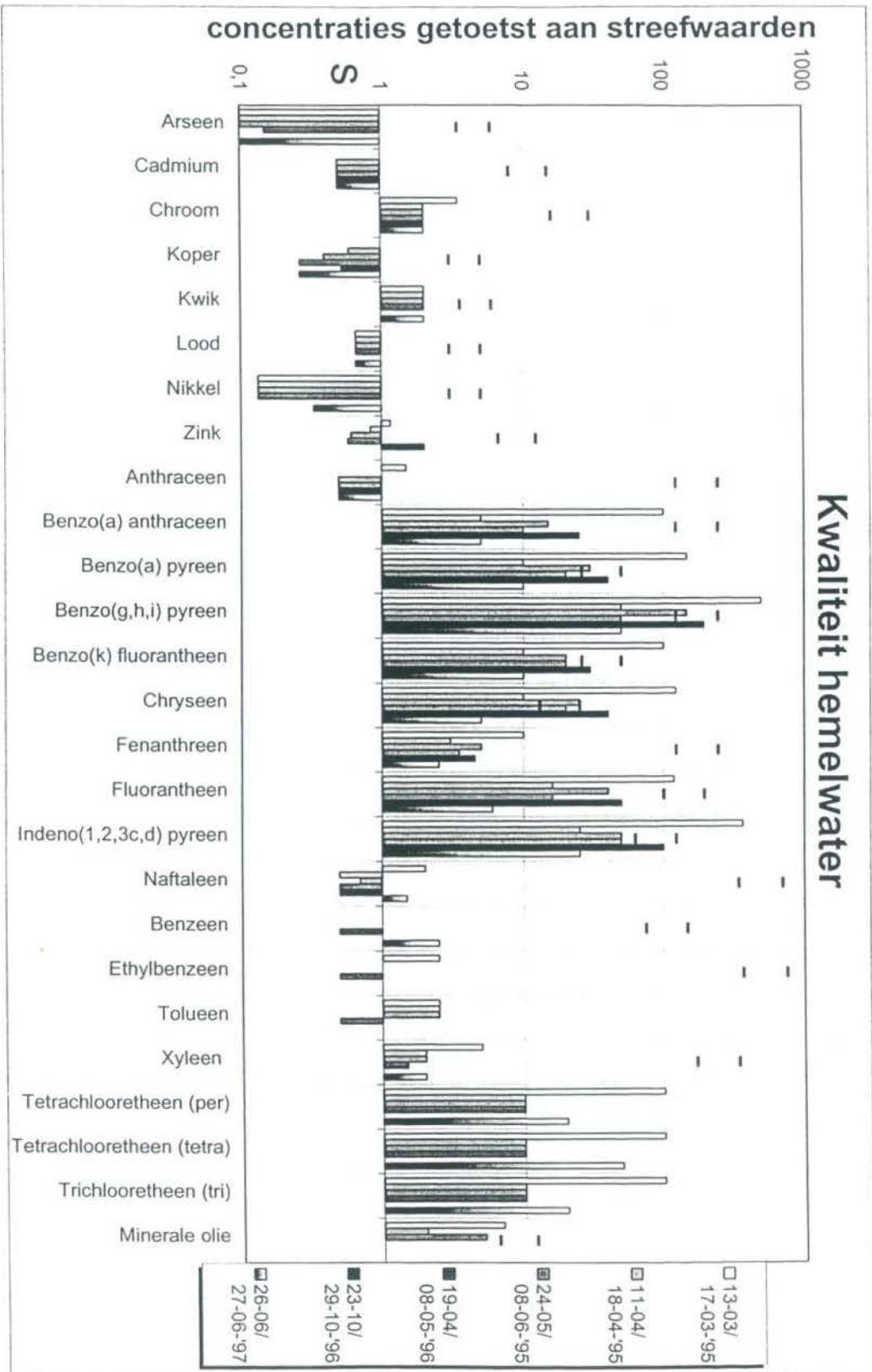
Daarnaast is het van belang de (belangrijkste) bron(nen) van de in het infiltratiewater voorkomende verontreinigingen te achterhalen. De verontreinigingen kunnen reeds aanwezig zijn in het regenwater, maar ook afkomstig zijn van het verharde oppervlak. Om te bepalen waar de grootste vracht verontreinigingen vandaan komt, is er voor gekozen naast de kwaliteit van het infiltratiewater ook de regenwaterkwaliteit te bepalen. Aan de hand van de vergelijking tussen de regenwaterkwaliteit en de kwaliteit van het infiltratiewater kan de (belangrijkste) bron(nen) van de verontreinigingen worden vastgesteld. Het hemelwater is opgevangen met behulp van een koepelvormige opvangconstructie met een oppervlak van 1 m².

6.2 Verhouding concentraties in hemelwater/infiltratiewater

De resultaten van de meetrondes worden in bijlage 6 en 7 weergegeven. Opgemerkt wordt dat het hemelwatermonster een monster betreft dat is genomen over een tijdsperiode van een aantal dagen (mengmonster van verschillende buien). Het monster van het infiltratiewater betreft een monster van de meest recente bui (geen mengmonster). Als gevolg hiervan is een directe vergelijking van de concentraties in beide monsters niet geheel gerechtvaardigd. Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat het eerste hemelwatermonster (13 t/m 17 maart 1995) niet vergelijkbaar is met het eerste monster van het infiltratiewater (21 december 1994).

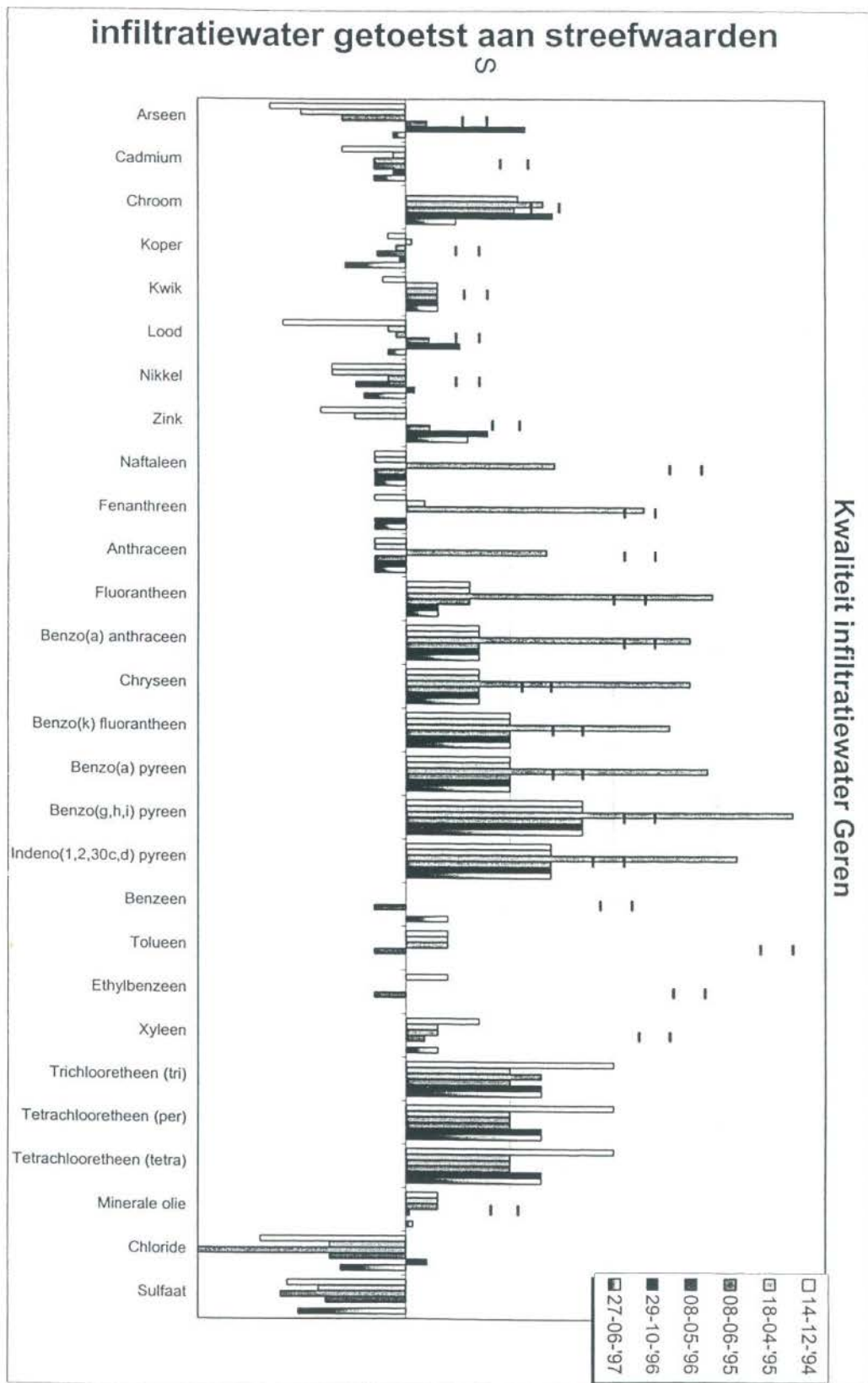
Bij een aantal **hemelwater**monsters overschrijden de concentraties chroom, zink en minerale olie de streefwaarde. Vrijwel alle gemeten concentraties PAK (m.u.v. anthraceen en naftaleen) overschrijden de streefwaarden. Enkele PAK-concentraties overschrijden bovendien de interventiewaarden. Voor kwik en de overige stoffen is een conclusie moeilijk te trekken omdat de detectielimiet de streefwaarde overschrijdt. In de figuur 6.1 worden de concentraties in het hemelwater ten opzichte van de streefwaarde weergegeven.

In het **infiltratiewater** bemonsterd op 8 juni 1995 overschrijdt de concentratie van een (groot) aantal PAK de interventiewaarde. Ditzelfde geldt voor de arseenconcentratie gemeten in het monster van 29 oktober 1996. Verder zijn bij een aantal metingen overschrijdingen van de streef- en toetsingswaarde aangetroffen voor; chroom, nikkel, zink en lood. In de figuur 6.2 worden de concentraties in het infiltratiewater ten opzichte van de streefwaarde weergegeven.



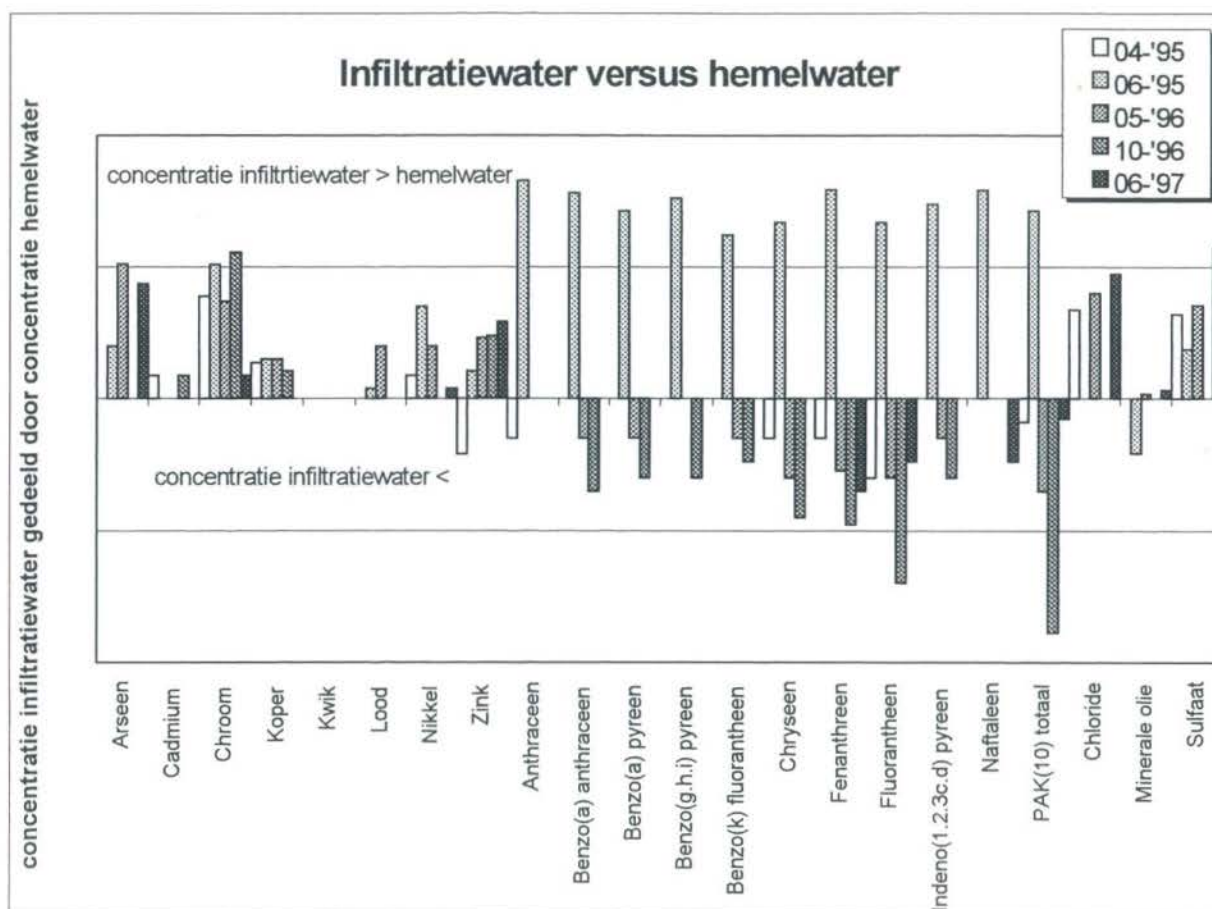
Figuur 6.1 Kwaliteit hemelwater.

Figuur 6.2 Kwaliteit infiltratiewater.



Op basis van de beschikbare onderzoeksresultaten kan worden gesteld dat de concentraties zware metalen, arseen, chloride en sulfaat in het hemelwater veelal lager zijn dan in het infiltratiewater. Blijkbaar worden deze stoffen tijdens de afstroming van het hemelwater aan het water toegevoegd.

Opvallend is dat, met uitzondering van de meting van 8 juni 1995, de PAK-concentraties in het infiltratiewater duidelijk lager zijn dan in het hemelwater (zie ook figuur 6.3). Blijkbaar komen de PAK niet in het infiltratiewater terecht en blijven achter tijdens de afstroming, in bijvoorbeeld de straatkolk. Een analyse van het slib uit deze kolk zou hierover meer inzicht verschaffen.



Figuur 6.3 Infiltratiewater in vergelijking met hemelwater.

6.3 Verschijningsvormen van stoffen in infiltratiewater

Om te bepalen in welke vorm de verontreinigende stoffen in het infiltratiewater aanwezig zijn (opgelost of gebonden aan slibdeeltjes), is bij een aantal bemonsteringsronden zowel een ongefiltreerd als een gefiltreerd monster geanalyseerd. Hierbij is het gefiltreerde monster over een filter van 0,45 µm geleid.

Het ongefiltreerde monster geeft een beeld van de totale samenstelling van het infiltratiewater (zowel gebonden als opgelost), terwijl het gefiltreerde monster een beeld geeft van de verontreinigingen die in opgeloste vorm aanwezig zijn.

In bijlage 8 wordt een overzicht gegeven van de analyseresultaten van de ongefiltreerde en gefiltreerde monsters.

Het blijkt dat de concentraties zware metalen en arseen in het ongefiltreerde monster veelal hoger zijn dan in het gefiltreerde monster. Hiervan is bij het monster genomen op 8 juni 1995 met betrekking tot de PAK-concentraties ook sprake. Gezien de vele concentraties kleiner zijn dan de detectielimiet is het beeld bij de overige monsters, voor wat betreft de PAK-concentraties, minder duidelijk.

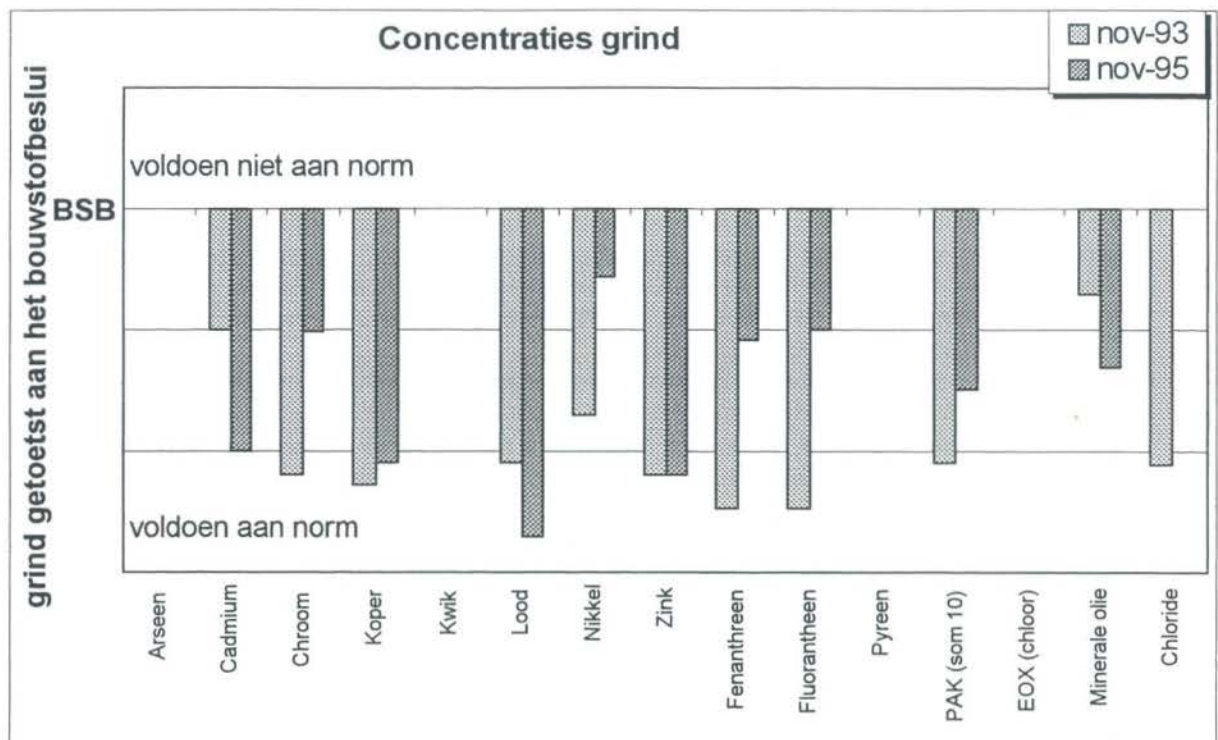
Het in gebonden vorm aanwezig zijn van zware metalen en PAK is conform de verwachting aangezien deze stoffen in zijn algemeenheid sterk binden aan bodemdeeltjes. De binding wordt sterker naar mate de lutum- en organische stofgehaltes hoger zijn. Slibdeeltjes bevatten over het algemeen hoge lutum- en organische stofgehaltes.

De overige stoffen zijn in concentraties kleiner dan de detectiegrens dan wel in de gefiltreerde als in de ongefiltreerde monsters in (ongeveer) even hoge concentraties aanwezig. Dit laatste was voor mobiele stoffen als chloride en sulfaat (goed oplosbaar) ook de verwachting.

6.4 Grindkwaliteit

In het najaar van 1995 is een monster van het grind uit de infiltratievoorziening genomen. Voor het vaststellen van de totaalconcentraties is dit monster gemalen en vervolgens geanalyseerd op zware metalen (7), arseen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen, organohalogenen verbindingen (EOX) en minerale olie.

De resultaten van de meting zijn opgenomen in bijlage 8. In de tabel zijn tevens de uitgangsconcentraties (1993) opgenomen.



Figuur 6.4 Periodieke meting grind.

Het blijkt dat met name de chroom-, nikkel- en PAK-concentraties in het grind zijn toegenomen. Voor wat betreft de PAK zijn de grootste concentratieverhogingen gemeten bij fenanthreen, fluorantheen en pyreen. De overige PAK zijn daarom buiten de tabel gelaten.

De toename van de concentraties van genoemde stoffen in het grind is mogelijk het gevolg van relatief hoge concentraties van deze stoffen in het infiltratiewater. Uit de periodieke bemonsteringen van het infiltratiewater blijkt inderdaad dat chroom en PAK (overigens niet altijd) in toetsings- en interventiewaarde-overschrijdende concentraties aanwezig zijn. Arseen, zink en koper, die ook in verhoogde concentraties aanwezig zijn in het infiltratiewater, worden echter niet of nauwelijks verhoogd in het grind terug gevonden.

Mogelijk zijn de gemeten verschillen ook te wijten aan spreiding van de concentraties in het grind (heterogene samenstelling) of een combinatie van beide mogelijke oorzaken (heterogene samenstelling of verhoogde concentraties in het infiltratiewater).

6.5 Bindingscapaciteit bodem

Om voorspellingen te kunnen doen over de termijn waarop een verontreiniging het grondwater bereikt (doorslagtermijn) en over de concentratie in de bodem bij een bepaalde samenstelling van het infiltratiewater is voor zware metalen, arseen, aromatische- en chloorhoudende oplosmiddelen, PAK en olie de K_d -waarde van de bodem onder de infiltratievoorziening bepaald. De K_d -waarde is een verdelingscoëfficiënt die de verdeling van een verontreiniging over de vaste fase en de vloeibare fase aangeeft. Met behulp van deze K_d -waarde kan tevens een theoretische onderbouwing worden gegeven van de bij de metingen verkregen resultaten en kunnen naar de toekomst toe voorspellingen worden gedaan over de in-

vloed op de bodem- en grondwaterkwaliteit indien er veranderingen optreden in de kwaliteit van het infiltrerende water.

De Kd-waarde is vastgesteld middels schudproeven. In totaal zijn twee schudproeven uitgevoerd, één in 1994 en één in 1996. Voor de schudproeven is een mengmonster samengesteld van de, ten behoeve van het vaststellen van de nulsituatie genomen, grondmonsters. Deze zijn geschud met infiltratiewater genomen op 14 december 1994 en 8 mei 1996.

In tabel 6.1 wordt een overzicht gegeven van de analyseresultaten van een tweetal schudproeven uitgevoerd in 1994 en 1996.

In de tabel zijn de aromatische- en chloorhoudende oplosmiddelen en minerale olie niet opgenomen. Voor deze stoffen geldt dat de gemeten concentraties lager waren dan de detectiegrens.

Tabel 6.1 Resultaten schudproeven ten behoeve van het bepalen van de bindingscapaciteit van de bodem ter plaatse van de infiltratievoorziening Geren (L/S = 10). Uitvoering 1994 en 1996.

Stoffen	Concentratie in vaste fase (na proef, in mg/kg d.s.)		Concentraties in vloeistof (na proef, in µg/l)	
	1994	1996	1994	1996
Zware Metalen				
Arseen (As)	3,5	< 5	1	1
Cadmium (Cd)	< 0,1	< 0,1	0,3	< 0,1
Chroom (Cr)	9	2,5	2	< 1
Koper (Cu)	3,5	1	30	3
Lood (Pb)	6	2	6	< 5
Nikkel (Ni)	7	2	12	< 1
Zink (Zn)	14	4	52	< 2
PAK				
Fenanthreen	< 0,01	0,02	0,2	< 0,01
Fluorantheen	< 0,01	0,02	0,06	0,01
Totaal 10 Leidraad	< 0,2	0,03	0,3	0,01

Aan de hand van deze metingen kan een globale inschatting van de Kd-waarde voor de verschillende stoffen worden gemaakt. De Kd-waarde wordt als volgt berekend:

$$K_d \text{ (dm}^3\text{/kg)} = \frac{\text{hoeveelheid stof per gewichtshoeveelheid vaste fase (mg/kg)}}{\text{hoeveelheid stof per volume vloeistof (mg/dm}^3\text{)}}$$

Voor bijvoorbeeld de stof lood kan deze op de volgende wijze worden berekend:

$$K_d \text{ lood ('94)} = \frac{6}{0,006} = 1000$$

In tabel 6.2 wordt een overzicht gegeven van de in literatuur (rapportage Tauw-werkgroep 'desorptief gedrag', projectnummer 0002575) aangetroffen Kd-waarden (lemige zandgrond) en de op basis van de in tabel 6.1 weergegeven concentraties berekende Kd-waarden.

Tabel 6.2 Overzicht berekende Kd-waarden en de in de literatuur weergegeven Kd-waarden.

Stof	Lemige zandgrond		Berekende Kd-waarden ¹	
	minimum	maximum	1994	1996
Lood	1500	10000	1000	≤ 5000
Zink	200	1000	270	≥ 2000
Chroom	500	2500	4500	≥ 2500
Cadmium	100	1000	≤ 300	-
Nikkel	300	1200	580	≥ 2000
Koper	1000	3000	120	330
Arseen	-	-	3500	≤ 5000
PAK (foc = 1%)	30	14000	670	3000

¹ De gemeten concentratie in de grond of in het grondwater is voor een aantal stoffen lager dan de detectiegrens. Bij de berekening van de Kd-waarde is deze detectiegrens als rekenwaarde gehanteerd. Daarom zijn de 'groter dan'-tekens en 'kleiner dan'-tekens weergegeven. Voor cadmium (1996) zijn de concentraties in zowel de grond als het grondwater lager dan de detectielimiet, derhalve kon geen waarde worden berekend.

Het blijkt dat als gevolg van de gemeten concentraties kleiner dan de detectiegrens in een groot aantal gevallen geen 'harde' waarden kunnen worden berekend en moet worden volstaan met de uitspraak dat de Kd-waarde groter, dan wel kleiner is dan een bepaalde waarde.

Verder komt naar voren dat de berekende Kd-waarde over het algemeen binnen de range van Kd-waarden valt die zijn afgeleid uit de literatuur, of in dezelfde grootteorde liggen. Voor koper zijn de berekende Kd-waarden lager dan de literatuurwaarden, voor chroom worden hogere waarden berekend. Ook voor nikkel en zink zijn in 1996 hogere waarden berekend.

Uit bovenstaande kan worden afgeleid dat de meerwaarde van de uitgevoerde metingen helaas gering is. Daarnaast zijn de berekende Kd-waarden niet gebruikt voor het bepalen van de doorslagtermijn naar het grondwater, omdat de onderzijde van de voorziening zich delen van het jaar onder de grondwaterspiegel bevindt en de verontreinigende stoffen in het infiltratiewater derhalve direct in het grondwater terechtkomen.

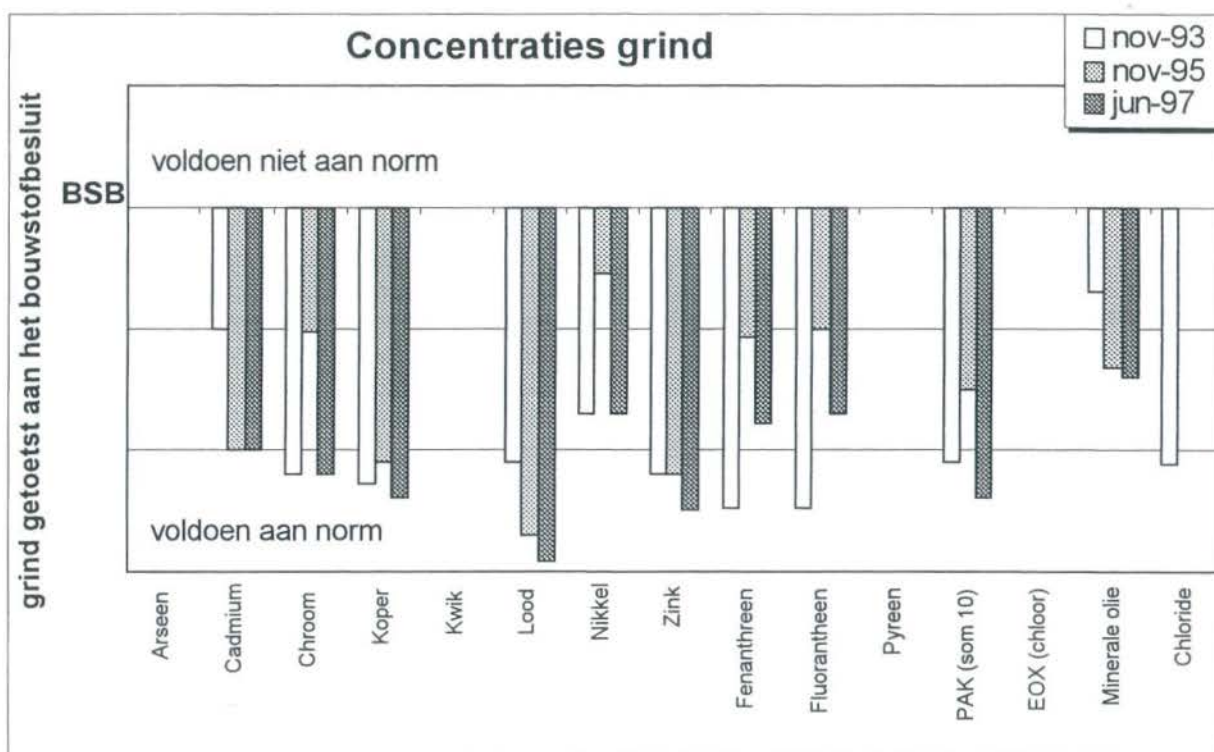
Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat evenwel binding van de stoffen aan de grond optreedt waardoor sprake kan zijn van concentratieverhogingen in de grond.

7 Eindsituatie

7.1 Grindkwaliteit

Medio 1997 is een (klein) deel van de infiltratievoorziening opgegraven. Het opgegraven gedeelte ligt ter hoogte van grondboring 2. Ter plaatse van het opgegraven gedeelte is een grindmonster genomen. Voor het vaststellen van de totaalconcentraties is het grindmonster gemalen en vervolgens geanalyseerd op zware metalen (7), arseen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen, organohalogen verbindingen (EOX) en minerale olie.

De resultaten zijn opgenomen in bijlage 9. In de tabel zijn tevens de resultaten van de uitgangssituatie en de periodieke bemonstering opgenomen.



Figuur 7.1 Concentraties in het grind getoetst aan het bouwstoffenbesluit.

Het blijkt dat de, bij de periodieke meting, verhoogde chroom-, nikkel- en PAK-concentraties bij de eindsituatie niet meer zijn aangetroffen. De bij de eindsituatie gemeten concentraties komen globaal overeen met de gemeten concentraties bij de uitgangssituatie. Mogelijk was ten tijde van de periodieke meting een grotere hoeveelheid slibdeeltjes, met daaraan gebonden verontreinigende stoffen, om de grindstenen aanwezig. In de periode voor de meting in het kader van de eindsituatie (veel neerslag) heeft mogelijk afspoeling van slibdeeltjes plaatsgevonden.

7.2 Bodemkwaliteit

7.2.1 Veldwerk

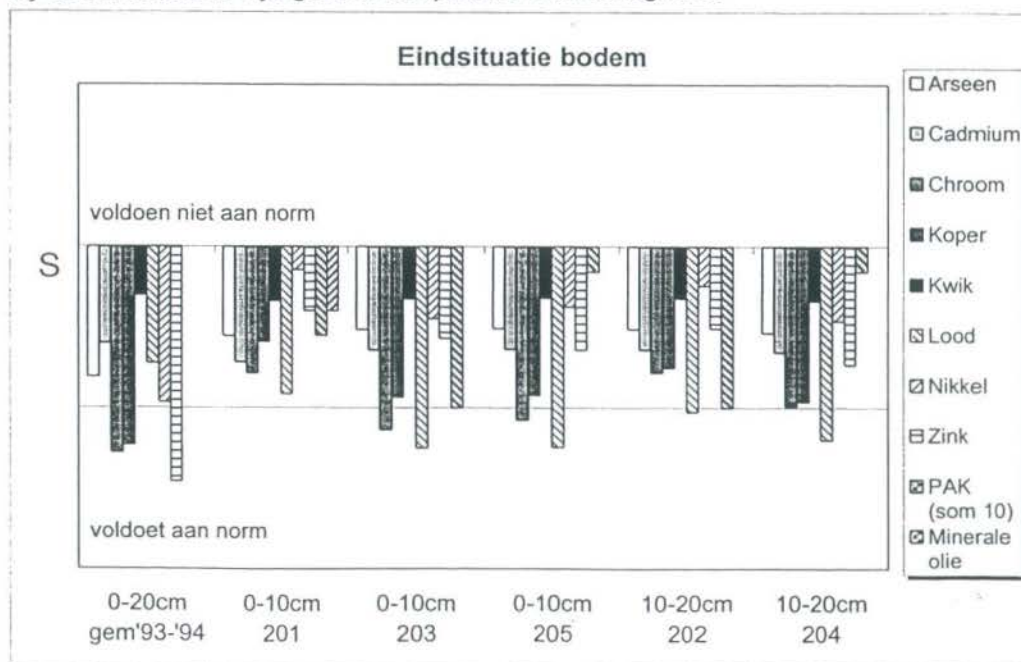
Ter plaatse van het ontgraven gedeelte zijn aan de onderzijde van de voorziening grondmonsters genomen. Daar de grondwaterspiegel zich boven de onderzijde van de voorziening bevond betreft het grondmonsters uit de verzadigde zone. In totaal zijn vijf boringen (201 t/m 205) uitgevoerd tot een diepte van 0,5 meter. Per 10 centimeter zijn grondmonsters genomen. Voor een drietal boringen is het monster van de bovenste 10 cm geanalyseerd, van de overige twee boringen is het monster van 10 - 20 cm geanalyseerd. Hiervoor is gekozen om een indruk te krijgen van mogelijk opgetreden verticaal transport van de verontreinigende stoffen.

7.2.2 Analysepakket

De bij de boringen genomen grondmonsters zijn geanalyseerd op zware metalen (7), arseen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK), organohalogeenvverbindingen (EOX) en minerale olie.

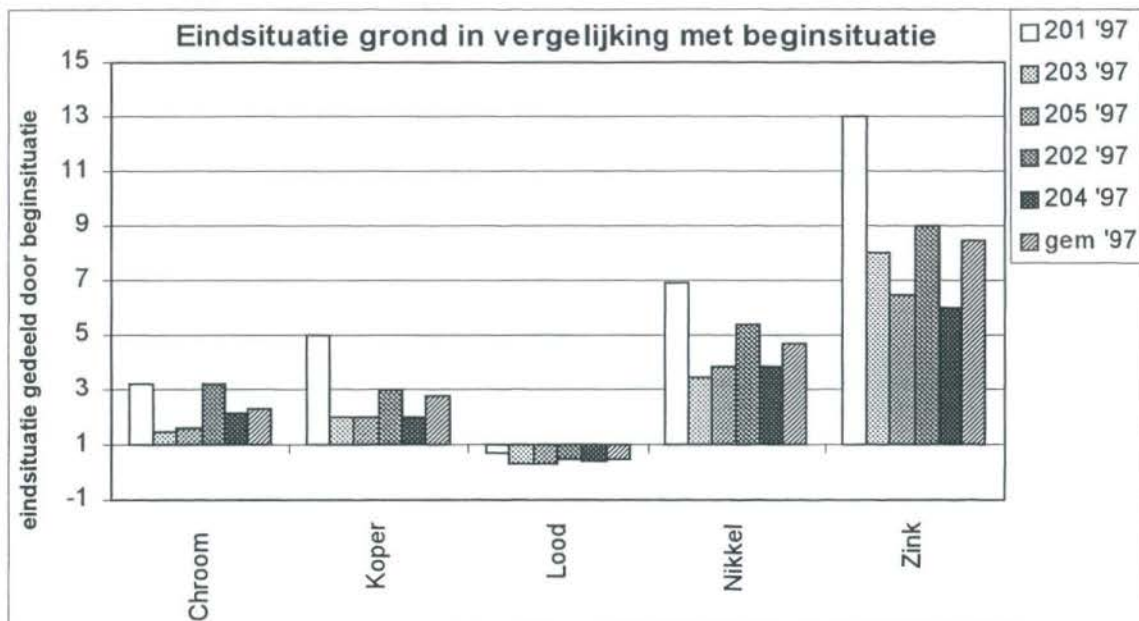
7.2.3 Resultaten

De analyseresultaten zijn, inclusief toetsing, opgenomen in bijlage 10. In de tabel is tevens de gemiddelde waarde van de bij de startsituatie in zandgrond gemeten concentraties opgenomen. Met betrekking tot de vergelijking tussen de concentraties wordt opgemerkt dat de boringen van de eindsituatie niet op dezelfde punten zijn geplaatst als de boringen van de uitgangssituatie. De boringen uitgevoerd ter vaststelling van de eindsituatie zijn alle uitgevoerd in zandgrond. De resultaten zijn dan ook te vergelijken met de waarnemingen die bij de startsituatie zijn gedaan ter plaatse van zandgrond.



Figuur 7.2 Eindsituatie bodem onder infiltratievoorziening.

Het blijkt dat de concentraties chroom, koper, nikkel en zink met een factor 1.5 (chrom) tot 13 (zink) zijn toegenomen (zie figuur 7.3). De gemeten concentraties liggen echter alle beneden de streefwaarde. De concentraties gemeten in het dieptetraject 10 - 20 cm liggen op ongeveer hetzelfde niveau als de concentraties gemeten in de bovenste 10 cm. Hieruit kan worden afgeleid dat reeds enige verspreiding naar de diepte is opgetreden. In figuur 7.3 zijn alleen de stoffen weergegeven waarvan de concentraties boven de detectiegrens liggen. Over de andere stoffen is een conclusie over een toename van de concentraties niet te trekken.



Figuur 7.3 Eindsituatie bodem in vergelijking met beginsituatie.

7.3 Grondwaterkwaliteit

7.3.1 Veldwerk

In juni 1997 is het grondwater uit de, in 1993 en 1994 geplaatste, peilbuizen bemonsterd en geanalyseerd in het kader van de vastlegging van de eindsituatie.

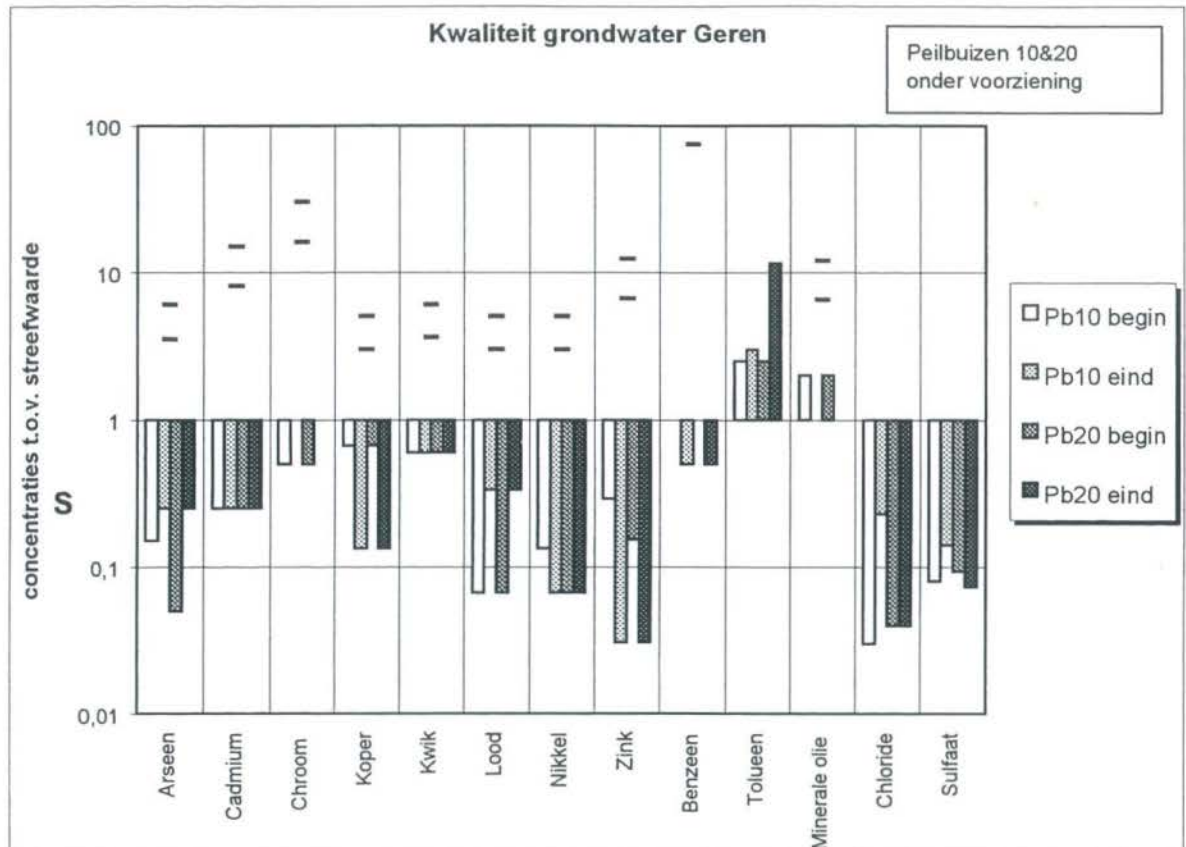
7.3.2 Analysepakket

De grondwatermonsters zijn geanalyseerd op zware metalen (7), arseen, aromaten en chloorhoudende koolwaterstoffen, minerale olie, chloride en sulfaat.

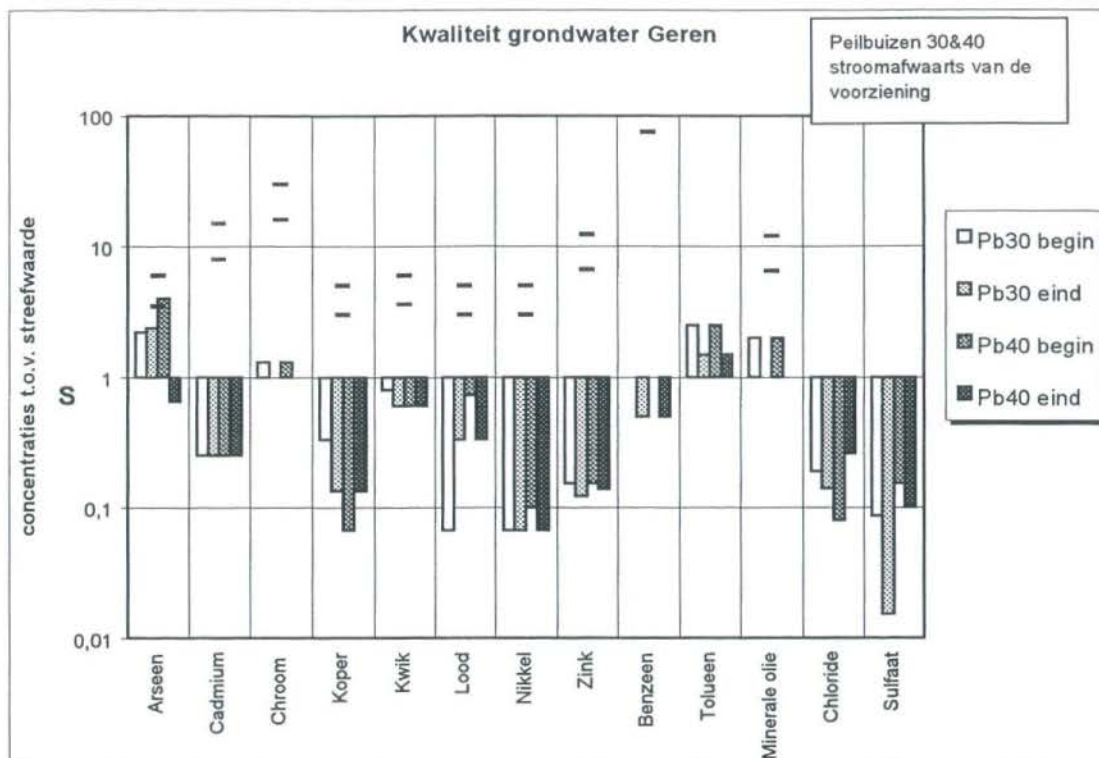
7.3.3 Resultaten

De resultaten zijn opgenomen in bijlage 1. In de tabel is zijn tevens de uitgangssituatie opgenomen. Voor het grondwater uit de buizen die zowel in 1993 als in 1994 zijn bemonsterd is een gemiddelde concentratie weergegeven.

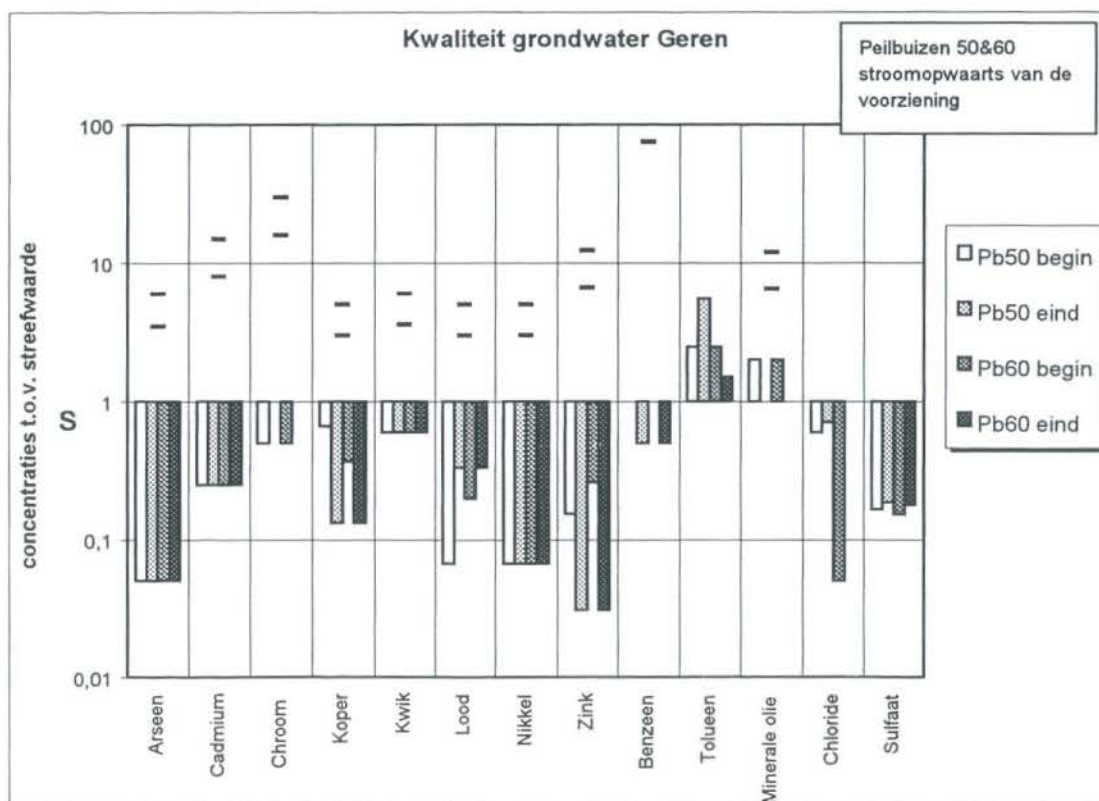
De peilbuizen 10 en 20 liggen in de infiltratievoorziening. De peilbuizen 30 en 40 liggen op ± 5 m stroomafwaarts en de peilbuizen 50 en 60 liggen respectievelijk ± 15 en ± 85 m stroomopwaarts van de voorziening. De concentraties zijn in figuur 7.4 ten opzichte van de streefwaarden weergegeven. Bij de grafiek wordt opgemerkt dat de eindconcentraties (detectielimiet) van chroom en minerale olie alsmede de beginconcentraties van benzeen gelijk zijn aan de streefwaarde. Deze concentraties lijken in de figuur niet te zijn weergegeven maar liggen op de lijn $y=1$.



Figuur 7.4 a Begin en eindconcentraties grondwater onder voorziening.



Figuur 7.4 b Begin en eindconcentraties grondwater stroomafwaarts van de voorziening.



Figuur 7.4 c Begin en eindconcentraties grondwater stroomopwaarts van de voorziening.

7.4 Conclusies

Het blijkt dat de concentraties arseen en toluen in het grondwater onder de voorziening ter plaatse van beide meetpunten zijn toegenomen (zie bijlage 11). De chloride- en sulfaatconcentraties in het grondwater onder de voorziening zijn ter plaatse van één meetpunt (peilbuis 10) verhoogd ten opzichte van de uitgangssituatie. Dit was gezien de concentraties in het infiltratiewater ook te verwachten. Echter de sulfaatconcentratie in het grondwater ter plaatse van peilbuis 20 (ook onder de voorziening) is lager dan de concentratie gemeten tijdens de uitgangssituatie. Met betrekking tot de chloride- en sulfaatconcentraties wordt tevens opgemerkt dat deze in het grondwater stroomopwaarts (van de voorziening) zijn toegenomen.

In het grondwater stroomafwaarts is alleen een toename van de chlorideconcentratie (peilbuis 40) en de arseenconcentratie (peilbuis 30) gemeten. Hierbij wordt opgemerkt dat de concentratie chloride in het grondwater ter plaatse peilbuis 30 juist is afgenomen. Ditzelfde geldt voor de arseenconcentratie in het grondwater ter plaatse van peilbuis 40.

Uit bovenstaande kan worden afgeleid dat eenduidige conclusies met betrekking tot de kwaliteitsveranderingen van het grondwater niet kunnen worden getrokken. Er zijn zowel concentratieverhogingen als concentratieverlagingen in het grondwater onder en stroomafwaarts van de voorziening gemeten.

Mogelijk speelt, met betrekking tot de gemeten concentraties in het grondwater, de spreiding in de (natuurlijke) achtergrondwaarden een grotere rol dan de toevoeging van verontreinigende stoffen door infiltratie van afstromend regenwater.

Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat de concentraties in het infiltratiewater voor wat betreft de zware metalen, PAK en chloride veelal hoger zijn dan de concentraties in het grondwater.

8 Hydrologische metingen

8.1 Inleiding

Naast het milieuhygiënisch functioneren van de infiltratievoorziening, is het ook van belang om inzicht te hebben in het hydraulisch functioneren. Vragen die in dat kader rijzen zijn: kan de voorziening het regenwater goed verwerken, ontstaat er geen grondwateroverlast, slibt de voorziening dicht, etc. Om hierop een antwoord te kunnen geven, is het noodzakelijk om een aantal gegevens te meten.

Bij de proef in Geren zijn de navolgende grootheden gemeten: de neerslag(intensiteit), de waterstanden in de infiltratievoorziening, het overstortende water vanuit de voorziening en de grondwaterstanden.

8.1.1 Neerslagintensiteit

De regenval is een belangrijke parameter voor het beoordelen van het functioneren van de infiltratievoorziening. Infiltratievoorzieningen worden in het algemeen gedimensioneerd op een bui met een bepaalde theoretische herhalingstijd. Om de optredende waterstanden in de voorziening en de grondwaterstanden goed te kunnen interpreteren is het daarom noodzakelijk om inzicht te hebben in de daarbij behorende hoeveelheid gevallen neerslag.

Daarnaast spelen de afstromingsverliezen een belangrijke rol. Niet alle gevallen neerslag zal in de infiltratievoorziening terecht komen. Er vindt na het vallen van de regen verdamping plaats en een stuk berging in het verharde oppervlak tussen de gevallen druppel en het inlooppunt van de infiltratievoorziening. Dit laatste is sterk afhankelijk van de locatie en zal dus voor de situatie in Geren niet direct vertaalbaar zijn naar elke willekeurige plaats in Nederland.

Naast de regenhoeveelheid is ook het buiverloop van belang voor de verwerkingscapaciteit van de infiltratievoorziening. Het maakt een groot verschil of de buihoeveelheid in 15 minuten valt of in 4 uur. De duur van de bui heeft ten eerste invloed op de totale verdampingshoeveelheid en op andere afstromingsverliezen. Bovendien kan tijdens een buiduur van 4 uur een gedeelte van het regenwater vanuit de infiltratievoorziening in de bodem wegzijgen. Tot slot is het buiverloop van belang op het vullingsverloop van de infiltratievoorziening. Mogelijk dat bij een te hevige bui de voorziening niet eens helemaal gevuld raakt maar al voortijdig overstort.

8.1.2 Waterstanden in de infiltratievoorziening

Het meten van de waterstanden in de infiltratievoorziening geeft een indruk van de benutting van de capaciteit van de voorziening. Mogelijk kan een grotere bui worden verwerkt dan uit de berekeningen volgt.

Uit de metingen kan ook het verloop van het vullen van de voorziening afgeleid worden. Daaruit kan ondermeer blijken of het vullen parallel verloopt aan het regenverloop of dat daar een verschil tussen zit.

Tevens kan door het meten van de waterstanden een indruk worden verkregen omtrent de inloop/afstromingsverliezen die optreden. Bij de gemeten hoeveelheid regenval kan berekend worden hoeveel water uiteindelijk in de voorziening terecht komt. Dit geeft een indicatie van de afstromingsverliezen, waarbij mogelijk nog relaties bestaan met het seizoen en/of de voorgaande regengeschiedenis.

Door het langdurig volgen van het waterstandsverloop is mogelijk af te leiden of er sprake is van een vermindering van de inloop- en/of uitstromingscapaciteit van de voorziening. Met andere woorden: mogelijke ontstaat er inzicht in het dichtslibbingsproces van de infiltratievoorziening of de omliggende bodem.

8.1.3 Overstortend water vanuit de infiltratievoorziening

De infiltratievoorziening in Geren is gedimensioneerd op een bui met een herhalingstijd van eenmaal per twee jaar. Dat betekent dat buien met een lagere herhalingstijd (theoretisch) niet kunnen worden verwerkt en tot overlast kunnen leiden. Daarom is de voorziening voorzien van een overstort, in dit geval op het bestaande RWA stelsel. Door het meten van de waterstanden in deze overstort wordt inzicht verkregen in het aantal overstorten, de overstortduur en de overstortdebieten. In relatie met de gevallen neerslag kunnen uitspraken worden gedaan omtrent de juistheid van de dimensioneringsgrondslagen, het inloopproces in de voorziening en het dichtslibbingsproces.

8.1.4 Grondwaterstanden

Een van de redenen voor het infiltreren van regenwater is het aanvullen van de grondwatervoorraad voor drogere perioden. Door het meten van de grondwaterstanden op verschillende afstanden uit de voorziening, wordt een beeld verkregen van de invloed van de infiltratievoorziening. De grondwaterstandsmetingen vinden zowel boven- als benedenstrooms van de grondwaterstroomrichting plaats.

Naast de invloed op de aanvulling van de grondwatervoorraad wordt door deze metingen ook inzicht verkregen in de (kans op) grondwateroverlast als gevolg van infiltratie. Dit kan met name nadelige gevolgen hebben voor de woningen door het optreden van water in de kruipruimten.

8.1.5 Meetperiode

De infiltratievoorziening in Geren is in november 1993 aangelegd. Omdat op dat moment nog niet alle apparatuur beschikbaar was, is besloten om de metingen met ingang van januari 1994 op te starten. De laatste metingen die voor deze rapportage zijn meegenomen zijn van april 1997.

8.2 Regenval en regenintensiteit

8.2.1 Inleiding

Bij aanvang van de proef in januari 1994 is een regenmeter geplaatst op de hoek van de Oldermannenallee en de Ittersumallee die werkte door middel van een kantelbakje en die de gegevens afdruckte op rollen papier. De op deze wijze verkregen gegevens waren onnauwkeurig doordat de mechanische tijd klok telkens langzamer ging lopen. Bovendien was de verwerking van de gegevens een tijdrovend karwei door het aflezen van de rollen papier.

Aan het einde van 1994 is een regenmeter geplaatst, welke overigens ook gebruik maakt van een kantelbakje, die de gegevens elektronisch registreert en vervolgens in een cartridge opslaat. De gegevens kunnen in een computer worden ingelezen. Het bewerken van de gegevens gaat hierdoor sneller en met een grotere nauwkeurigheid.

De regenmeter is in eerste instantie de nabijheid van de proefopstelling in Geren geplaatst. De gegevens kunnen ook gebruikt worden voor de proefopstelling in Schellerhoek.

Door de onbetrouwbare regengegevens over het eerste jaar, is besloten gebruik te maken van de regengegevens van het KNMI. In eerste instantie ging de voorkeur uit naar de neerslaggegevens die per uur geregistreerd worden. Het dichtstbijzijnde weerstation dat deze urengegevens registreert staat in Heino. De afstand tot de infiltratievoorziening in Zwolle-zuid is te groot om een betrouwbaar beeld van de hoeveelheid neerslag per tijdseenheid te krijgen. Een alternatief is om gebruik te maken van de dagreekstotalen die afkomstig zijn van een meetstation in Zwolle. Een nadeel van deze gegevens is dat alleen de totale hoeveelheid neerslag per dag wordt gemeten. Dit geeft weinig informatie over de intensiteit van bepaalde buien, terwijl deze juist voor de voorziening van belang zijn. In enkele gevallen is aan het verloop van de waterstand in de infiltratievoorziening te zien of de totale hoeveelheid neerslag per dag in enkele buien, of gedurende het hele etmaal in de vorm van motregen is gevallen.

In 1996 bleek dat de opstelling van de regenmeter in sommige perioden tot een vertekend beeld leidde. In deze perioden werd vrijwel geen regen gemeten terwijl de waterstanden in de infiltratievoorziening naar verhouding veel stegen. Daarop is besloten om de regenmeter medio juni 1996 te verplaatsen naar een locatie aan de IJsselallee in de nabijheid van de spoorlijn Zwolle-Deventer. Enige weken na de verplaatsing van de regenmeter bleek deze defect te zijn. Na reparatiepogingen die faalden en de aanschaf van een nieuwe regenmeter kon er pas in juli 1997 weer over een functionerende regenmeter worden beschikt.

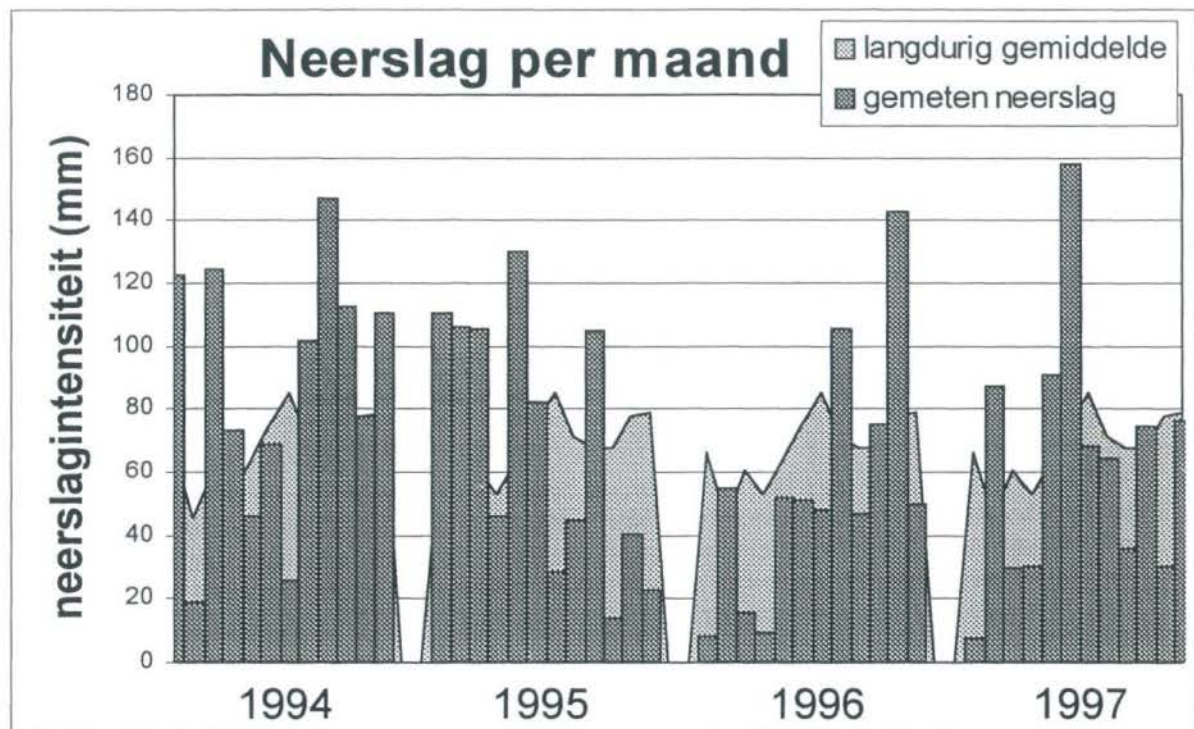
8.2.2 Resultaten

De dagtotalen die door het KNMI maandelijks worden uitgegeven zijn beschouwd om na te gaan in hoeverre er sprake is geweest van droge of natte jaren gedurende de meetperiode. In tabel 8.1 is een overzicht gegeven van de neerslag per maand gedurende de meetjaren en daarnaast de gemiddelde maandcijfers.

Tabel 8.1 Maandtotalen neerslag (mm) gedurende de meetperiode.

Maand	Gemiddelde neerslag	1994	1995	1996	1997
Januari	66,4	122,8	110,3	<u>8,1</u>	7,7
Februari	45,7	<u>19,1</u>	106,3	54,9	87,3
Maart	60,4	124,2	105,2	<u>15,9</u>	29,9
April	53,3	73,4	46,0	<u>9,4</u>	30,1
Mei	63,7	46,1	130,0	51,7	90,7
Juni	74,9	68,7	82,3	51,4	-
Juli	85,4	<u>25,7</u>	28,7	47,7	-
Augustus	71,2	101,5	44,9	105,3	-
September	67,6	147,0	105,1	46,9	-
Oktober	67,3	112,3	13,8	75,2	-
November	77,8	77,8	40,2	<u>142,7</u>	-
December	78,8	110,5	22,7	50,0	-
Totaal	813,9	1029,1	835,5	659,2	-

In de tabel zijn de extreem hoge neerslagtotalen vetgedrukt en de extreem lage neerslagtotalen onderstreept. Het grote neerslagtotaal in mei 1995 is vooral veroorzaakt door de extreme bui op 29 mei waarbij circa 40 mm in anderhalf uur is gevallen. Het blijkt dat voor wat betreft de neerslaghoeveelheden kan worden gesproken over drie interessante meetjaren met een aantal zeer droge en zeer natte perioden.



Grafiek 8.1 Neerslagintensiteit.

8.2.3 Conclusies

Het blijkt dat in 1994 over het hele jaar gezien uitzonderlijk veel neerslag is gevallen, bijna 30% meer dan de gemiddelde jaarlijkse hoeveelheid. De maandelijkse neerslagtotalen fluctueren sterk, waarbij echter geen sprake was van erg natte of droge seizoenen.

In de grafiek 8.1 is te zien dat 1995 een relatief nat jaar is geweest waarbij met name in de eerste helft van het jaar extreem veel neerslag is gevallen. De neerslag op jaarbasis is redelijk normaal, circa 4% meer dan normaal.

In 1996 is precies het tegenovergestelde beeld te zien. In dit jaar zijn de eerste vier maanden erg droog geweest. Over het hele jaar gezien is er circa 20% minder neerslag gevallen dan normaal.

De eerste maanden van 1997 vertonen enige fluctuaties voor wat betreft de neerslaghoeveelheid maar gemiddeld voldoet het redelijk aan de norm.

8.3 Waterstanden in de infiltratievoorziening

8.3.1 Inleiding

In de infiltratievoorziening is een verticale geplaatste geperforeerde buis aangebracht waarin een datalogger is gehangen. Deze datalogger registreert door middel van een sensor aan de onderzijde de drukveranderingen als gevolg van waterstandfluctuaties. Tevens is in de overstortconstructie een datalogger aangebracht voor het meten van de overstorten. Omdat de overstortbuis in open verbinding staat met de infiltratievoorziening, zijn de door deze datalogger gemeten hoogten in principe gelijk aan die van de datalogger in de infiltra-

tievoorziening. Er kan een verschil in hoogte optreden doordat de datalogger in de overstortbuis rechtstreeks aan de invoerleiding van het regenwater is gekoppeld, terwijl de datalogger in het bed de waterstand tussen het grind meet. Het is daarom mogelijk dat het water met enige vertraging in het bed komt en de datalogger in de overstort een hogere waterstand te zien geeft.

8.3.2 Resultaten

Vulling infiltratievoorziening

In bijlage 6 is een grafieken opgenomen die onder andere de neerslag, de waterstanden in de voorziening en de grondwaterstanden weergegeven voor de periode van januari tot februari 1995. In de grafieken is te zien dat de voorziening zich regelmatig vult en weer leegdt. Dit betekent dat het gehanteerde principe voor de vulling van de infiltratievoorziening werkt.

In 1994 is geconstateerd dat er minimaal circa 17 centimeter water in voorziening blijft staan. In eerste instantie bestond het vermoeden dat dit veroorzaakt werd door een hoge grondwaterstand of doordat de onderkant van de voorziening voor een deel in een kleilaag ligt. In de loop van het jaar blijkt echter dat de ondergrens wordt bepaald door het bereik van de datalogger. De waterstanden die lager zijn dan circa 17 centimeter kunnen niet door de datalogger worden geregistreerd.

In tabel 8.2 zijn de maximale waterstanden in de infiltratievoorziening per meetjaar weergegeven.

Tabel 8.2 Maximale waterstanden in de infiltratievoorziening.

Aspect	1994	1995	1996	1997
Maximale waterstand	0,75 m	0,61 m	0,50 m	0,38 m
Vullingsgraad	68%	55%	45%	35%

De maximaal geregistreeerde waterstanden worden per meetjaar lager. Dit kan worden veroorzaakt doordat de intensiteit van de maatgevende buien per jaar afneemt. Meer waarschijnlijk is de relatie met de jaarlijkse dalende neerslagtotalen, waardoor de grondwaterstand tot onder de infiltratievoorziening zakt. Hierdoor is meer berging beschikbaar waardoor de waterstand in de voorziening minder hoog stijgt tijdens regenval.

De maximale waterstand die in het bed is opgetreden bedraagt circa 75 centimeter in 1994. De voorziening is 1.10 m hoog, dit betekent dus een maximale vulling van 68% over de meetperiode.

Overstort infiltratievoorziening

De overstortvoorziening bestaat uit twee PVC buizen Ø160 mm met opzetstukken om de vereiste drempelhoogte te verkrijgen. Om te controleren of de invoer van het water in het bed snel genoeg gaat is het van belang de waterstand in de overstortconstructie te registreren.

De datalogger is begin maart in een van de opzetstukken in de overstortput geplaatst. De plaatsing in deze buis heeft tot gevolg dat een minimale waterstand van 45 centimeter bo-

ven NAP gemeten kan worden. Half juli is de datalogger verplaatst naar de laatste inspectieput voor de overstortput. Dit leverde enige verbetering, de minimaal te registreren waterstand bedraagt vanaf dat moment 38 centimeter boven NAP. Dit wordt veroorzaakt doordat in de put altijd een laag water staat die niet af kan stromen.

Uit de metingen blijkt dat de waterstanden in het rioolsysteem tijdelijk hoger zijn dan in de voorziening. Dit wordt veroorzaakt doordat de instroming in het bed bij hevige neerslag niet snel genoeg gaat waardoor er een kortstondige drukopbouw plaatsvindt tussen het riool en de voorziening. In de eerste maand dat de datalogger in de overstortput functioneerde is de waterstand in de put tot drie keer toe gestegen tot boven de bovenkant van de overstortvoorziening. Dit betekent dat er drie maal een overstorting heeft plaatsgevonden.

Door de tijdelijke hogere waterstanden in de overstortput is het al een aantal malen voorgekomen dat de datalogger is 'verdrongen' waardoor alle gegevens van de betreffende meetperiode verloren zijn gegaan.

Lediging infiltratievoorziening

De ledigingstijd van de infiltratievoorziening geeft inzicht in de verandering van de afvoercapaciteit in de loop der jaren. Een eventuele toename van de ledigingstijd kan duiden op dichtslibbing van het doek rondom de infiltratievoorziening of de omliggende grond. Bij het bepalen van de ledigingstijd moet wel in het oog worden gehouden of er tijdens de lediging geen neerslag is gevallen, waardoor de ledigingstijd weer zal toenemen.

Bij de berekening is uitgegaan van de tijd waarin het waterniveau in de voorziening daalt van $0,40 + \text{NAP}$ naar $0,20 + \text{NAP}$. Deze niveaus zijn gekozen omdat hiervan de meeste gegevens beschikbaar zijn.

In 1994 heeft de voorziening gemiddeld 3 dagen nodig voor de aangegeven daling van de waterspiegel (0,20 m). Uit een aantal metingen blijkt dat tijdens de lediging er aanvulling van regenwater is geweest waardoor in die situaties de ledigingstijd is verlengd tot circa 5 dagen.

In 1995 is een gemiddelde ledigingstijd van 3,5 dag geregistreerd. Dit is vergelijkbaar met de metingen in 1994. De metingen van 1996 geven wederom een ledigingstijd van 3 dagen.

Rendement infiltratievoorziening

Omdat vrijwel geen overstorten hebben plaatsgevonden is vrijwel al het afstromend regenwater aan het grondwater ten goede gekomen (99 tot 100%).

8.3.3 Conclusies

Uit de metingen blijkt dat de voorziening in 1994 vaker en tot een hoger niveau gevuld is geweest dan in de daaropvolgende jaren. Dit wordt enerzijds veroorzaakt doordat de grondwaterstand een groot deel van het jaar in de voorziening heeft gestaan. In het onderste deel van de voorziening is hierdoor geen berging aanwezig. Het gevolg is dat in perioden van neerslag het waterpeil in de voorziening hoger stijgt dan wanneer er geen grondwater in de voorziening staat. Anderzijds is in het jaar 1994 erg veel neerslag gevallen waardoor de waterstanden in de voorziening ook hoger stijgen dan in de andere jaren.

Uit de metingen blijkt dat op het moment dat de grondwaterstand onder de infiltratievoorziening ligt de waterstand in de voorziening bijna nooit boven de 0,17 m stijgt. Met andere woorden de waterstand blijft grotendeels onder het minimaal door de datalogger te registreren niveau. Hierdoor zijn in veel grafieken alleen horizontale rechte lijnen zichtbaar.

Het ledigen van de voorziening verloopt constant in de loop van het jaar. Er zijn tot dusver nog geen verschijnselen waargenomen die duiden op het mogelijk dichtslippen van de voorziening of de drainbuis. De ledigingscurve is onder de 17 centimeter niet meer geregistreerd. Uit het verloop van de waterstandscurve is af te leiden dat deze asymptotisch nadert naar de nullijn. Het water infiltreert overwegend via de zijwanden en in mindere mate via de bodem de grond in. De oorzaak is waarschijnlijk dat de onderkant van de voorziening voor een deel in een kleilaag ligt, waardoor de infiltratie capaciteit afneemt.

8.4 Grondwaterstanden

8.4.1 Inleiding

Het grondwater in de wijken Geren, Gerenlanden, Gerenbroek en Ittersumerlanden stroomt in noord-noordwestelijke richting naar de spoorbaan Zwolle-Almelo.

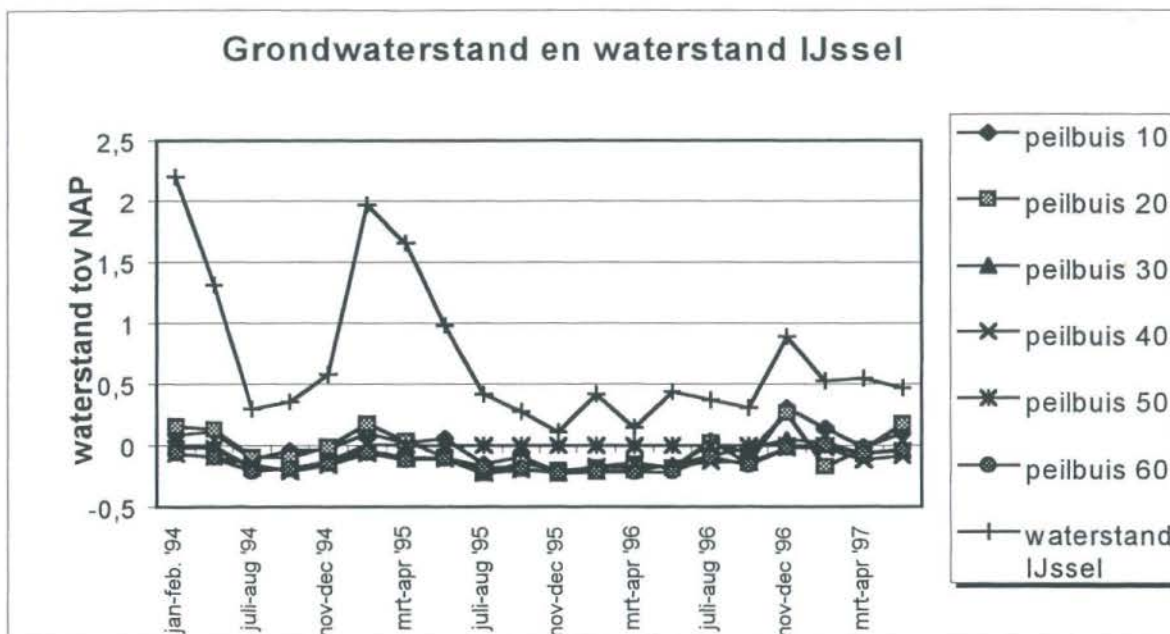
In hoofdstuk 5 werd naar de uitgangssituatie gekeken van de waterhuishouding. Hierbij werd de grondwaterstand in Geren beschouwd. Hieruit bleek dat de grondwaterstand in de periode van 1988 tot 1993 meer dan een meter onder het maaiveld bleef, tussen NAP -0,10 m en NAP -0,30 m. De grondwaterstand bij alle peilbuizen was nagenoeg gelijk (met uitzondering van de ondiepe peilbuis 31 vanwege schijngrondwaterstand op een kleilaag). De variatie tussen de grondwaterpeilen bedraagt maximaal 3 tot 13 cm.

8.4.2 Resultaten

De peilbuizen 10 en 20, die beiden in de infiltratievoorziening staan, laten kleine onderlinge verschillen te zien. Dit beperkt zich tot gemiddeld 4 tot 15 cm. Ook voor de aanleg van de infiltratievoorziening was een verschil in grondwaterstand tussen beide punten aanwezig. Als referentie worden de peilbuizen 1 en 60 gebruikt. Peilbuis 60 staat op circa 80 m zuidoostelijk van de infiltratievoorziening en peilbuis 1 is al jaren geleden door de gemeente in Geren geplaatst. De beide peilbuizen geven continu vrijwel dezelfde meetwaarden te zien waarbij er vaak een peilverschil van maximaal 1 tot 2 cm optreedt. Als referentie voor de ongestoorde grondwaterstand wordt daarom verder uitgegaan van de gemeten waarden bij peilbuis 60.

De door peilbuizen 10 en 20 gemeten waarden zijn niet altijd de werkelijke grondwaterstanden. In het geval er water in de voorziening staat geven de peilbuizen het waterniveau in de voorziening weer. Is het waterpeil in de peilbuizen gedaald tot onder de infiltratievoorziening, dan geeft dit de werkelijke grondwaterstand weer. De waarden van deze peilbuizen zijn daarom momentopnamen van de waterstand in het infiltratiebed die sterk beïnvloed worden door bijvoorbeeld een vlak voor de aflezing gevallen bui. De meetwaarden van deze beide peilbuizen fluctueren dan ook sterk. Ze zijn goed te gebruiken als ijking van de dataloggers die de waterstanden in de infiltratievoorziening meten.

De peilbuizen 30, 40 en 50 geven relevante informatie over de 'echte' grondwaterstand zoals die in het gebied optreedt. Omdat deze peilbuizen op geringe afstand van de voorziening staan, geven zij de invloed van infiltratie van regenwater op de grondwaterstand goed weer. In bijlage 13 staan de gemeten grondwaterstanden in tweemaandelijks perioden weergegeven.

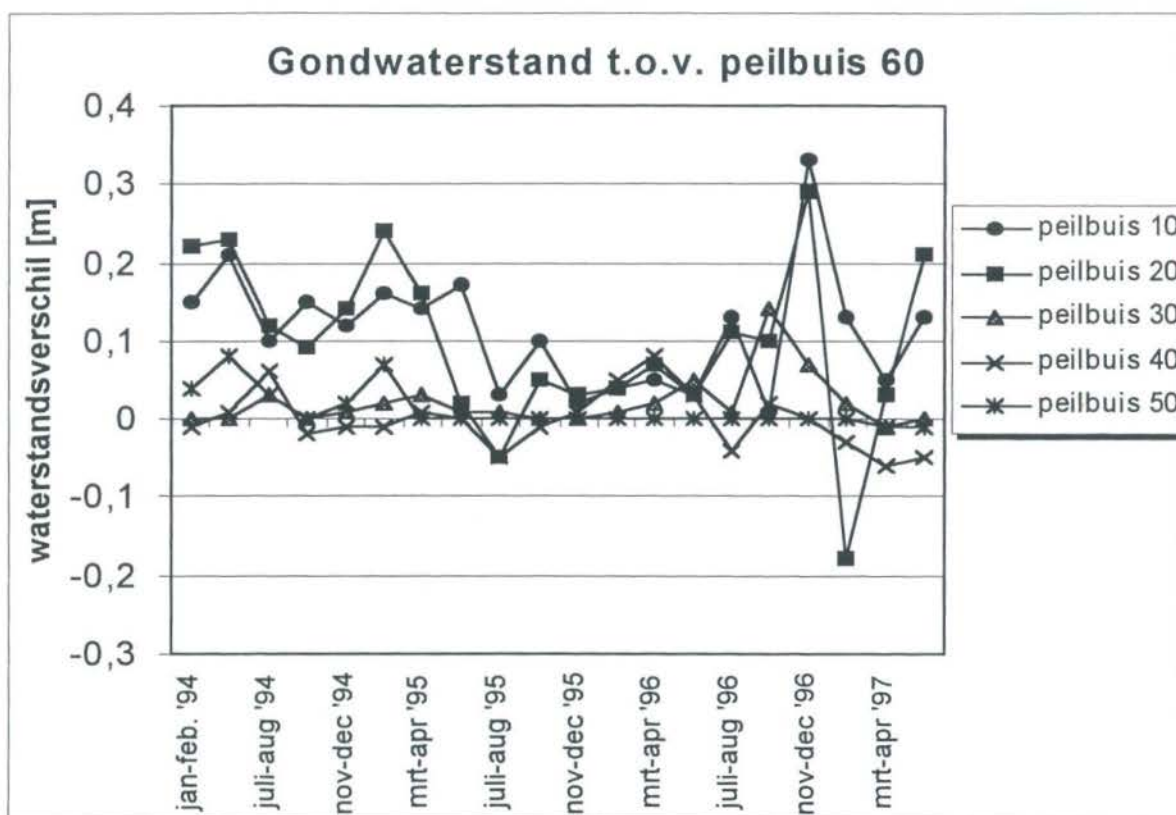


Figuur 8.2 Grondwaterstanden en waterstand IJssel.

De grondwaterstanden in Geren staan onder invloed van het IJsselpaas. Fluctuaties hierin vertalen zich in gedempte fluctuaties in het grondwaterpaas, zoals goed te zien is in de door de infiltratievoorziening niet beïnvloedde peilbuis 60.

De hoogste grondwaterstanden komen voor ter plaatse van de peilbuizen 10 en 20, in de infiltratievoorziening, en nemen als snel af in de peilbuizen 30, 40 en 50.

In figuur 8.3 zijn de waterstandsverhogingen ter plaatse van de peilbuizen afgezet tegen de ongestoorde grondwaterstanden van peilbuis 60, de getallen zijn opgenomen in bijlage 13.



Figuur 8.3 Grondwaterstanden ten opzichte van peilbuis 60.

Uit de figuur blijkt dat de verschillen tussen peilbuis 30 en 60 zeer gering zijn. Dat betekent dat de grondwaterstand ter plaatse vrijwel niet beïnvloed wordt door de infiltratie van het regenwater. Voor de peilbuizen 40 en 50 is het beeld in eerste instantie minder duidelijk. Daarom zijn in tabel 11.3 de afstanden van de peilbuizen tot de infiltratievoorziening weer-gegeven alsmede de gemiddelde grondwaterstandsverhoging ten opzichte van peilbuis 60.

Tabel 8.3 Gemiddelde grondwaterpeilverhogingen.

	afstand peilbuis tot infiltratievoorziening	gemiddelde grondwaterpeilverhoging t.o.v. peilbuis 60
peilbuis 10	0 m	0,11 m
peilbuis 20	0 m	0,10 m
peilbuis 30	6 m	0,01 m
peilbuis 40	2 m	0,01 m
peilbuis 50	15 m	0,04 m

Uit tabel 8.3 blijkt dat de waterstanden op 2 en 6 meter uit de voorziening al vrijwel geen invloed meer ondervinden van het geïnfiltreerde regenwater. Deze peilbuizen liggen binnen de zone van de grondwaterstromingsrichting vanuit de voorziening.

Peilbuis 50, op 15 meter uit de voorziening, ligt ten oosten van de voorziening en dus niet binnen de grondwaterstromingsrichting vanuit de infiltratievoorziening. Hier blijkt sprake van een gemiddeld groter verschil ten opzichte van de ongestoorde grondwaterstand dan bij de dichterbij gelegen peilbuizen.

Gezien de plaats van de peilbuis en de grondwaterstromingsrichting lijken de hier geconstateerde waterstandsverhogingen niet toegerekend te kunnen worden aan het infiltreren van het regenwater.

Worden de meetwaarden tijdens de infiltratieproef vergeleken met het grondwaterstandsverloop over de jaren 1988 tot 1993, dan blijkt dat de gemiddelde grondwaterstand (van peilbuis 60) zich niet gewijzigd heeft. In alle gevallen schommelt deze grondwaterstand tussen de 0,10 m – NAP tot 0,20 m – NAP.

De ondiepe peilbuis 31, die direct naast peilbuis 30 is gelegen, geeft hogere grondwaterstanden dan de overige peilbuizen. Dit wordt veroorzaakt door het optreden van schijn-grondwaterstanden op de aanwezige kleilaag. De meetgegevens van peilbuis 31 zijn weergegeven in bijlage 13. Het maaiveld bevindt zich ter plaatse van peilbuis 31 op circa 1,40 m + NAP zodat valt af te leiden dat het hangwater ter plaatse zich gemiddeld tussen de 0,40 en 1,10 m onder het maaiveld heeft bevonden. De hoogste gemeten waarde bedraagt 1,22 m op 29 mei 1995, dat wil zeggen zo'n 18 cm onder het maaiveld. Deze grondwaterstand is te wijten aan een regenbui van 40 mm die in circa 1,5 uur is gevallen.

8.4.3 Conclusies

Uit de gemeten grondwaterstanden in en nabij de infiltratievoorziening blijkt dat de fluctuaties in de voorziening het sterkst zijn. Deze hangen direct samen met het vullen en ledigen van de voorziening ten gevolge van de afgestroomde neerslag. Op 2 meter uit de voorziening is een structureel effect van infiltratie al vrijwel niet meer meetbaar. De invloed op deze afstand uit de voorziening bestaat uit een tijdelijke grondwaterspiegelverhoging vlak na het vullen van de voorziening. Tijdens het legen van de voorziening zal de grondwaterspiegel tijdelijk iets hoger zijn om daarna snel uit te zakken naar de 'oorspronkelijke' grondwaterstand.

Infiltratie op deze schaal zal dus niet leiden tot wateroverlast in of nabij woningen danwel tot schade aan verhardingen.

9 Conclusies en aanbevelingen

9.1 Milieuhygiënische aspecten

9.1.1 Uitgangssituatie

Uit de nulmetingen is naar voren gekomen dat de concentraties van de onderzochte stoffen in de grond, op een enkele uitzondering na, niet verhoogd zijn. Enkele metaalconcentraties (chrom, lood) in het grondwater bleken wel verhoogd. Bij één grondwatermonster (peilbuis 30, 1993) werd de interventiewaarde overschreden. Bij de bemonstering en analyse in 1994 bleek deze concentratie gedaald tot streefwaardeniveau.

9.1.2 Periodieke metingen

Op basis van de beschikbare onderzoeksresultaten kan worden gesteld dat de concentraties zware metalen, arseen, chloride en sulfaat in het hemelwater veelal lager zijn dan in het infiltratiewater. Blijkbaar worden deze stoffen tijdens de afstroming van het hemelwater (daken en wegen) aan het water toegevoegd.

Opvallend is dat de PAK-concentraties in het infiltratiewater veelal lager zijn dan in het hemelwater. Blijkbaar komen de PAK niet in het infiltratiewater terecht en blijven tijdens de afstroming, in bijvoorbeeld de kolk, achter.

Het is gebleken dat zware metalen, arseen en PAK (slechts 1 meting) overwegend in gebonden vorm in het infiltratiewater aanwezig zijn. Dit is conform de verwachting aangezien deze stoffen in zijn algemeenheid sterk binden aan bodem- en slibdeeltjes.

De overige stoffen zijn veelal in concentraties kleiner dan de detectiegrens (ook PAK) dan wel in beide monsters (gefiltreerd/ongefiltreerd) in (ongeveer) even hoge concentraties aanwezig. Dit laatste was voor mobiele stoffen als chloride en sulfaat (goed oplosbaar) ook de verwachting.

9.1.3 Eindsituatie



De wijk Geren ruim vijf jaar na aanleg

Grind

De bij de eindsituatie gemeten concentraties komen globaal overeen met de gemeten concentraties bij de uitgangssituatie. De gemeten verhoogde concentraties bij de periodieke meting zijn bij de eindsituatie niet meer aangetroffen.

Mogelijk was ten tijde van de periodieke meting een grotere hoeveelheid slibdeeltjes, met daaraan gebonden verontreinigende stoffen, om de grindstenen aanwezig. In de periode voor de meting in het kader van de eindsituatie (veel neerslag) heeft mogelijk afspoeling van slibdeeltjes plaatsgevonden.

Grond

Het blijkt dat de concentraties chroom, koper, nikkel en zink in de grond onder de voorziening zijn toegenomen. De gemeten concentraties liggen echter alle beneden de streefwaarde. Uit de metingen blijkt dat reeds (beperkte) verspreiding naar de diepte is opgetreden.

Om na te gaan of de genoemde concentratieverhogingen te verwachten waren en om voorspellingen te kunnen doen over (mogelijke) toekomstige concentraties, is voor een aantal stoffen de evenwichtsconcentratie in de grond bepaald. Hiervoor is gebruik gemaakt van de gemiddelde concentraties van een aantal verontreinigende stoffen in het infiltratiewater en de in tabel 9.1 opgenomen Kd-waarden voor de zware metalen, arseen en PAK de evenwichtsconcentratie in de grond bepaald. De concentraties geven een indicatie van de (in de toekomst) mogelijke concentraties in de grond.

Tabel 9.1 Berekenende evenwichtsconcentraties in de grond.

Stof	Kd-waarden (gebaseerd op literatuur en metingen)		Gemiddelde concentratie in infiltratie-water ($\mu\text{g/l}$)	Evenwichtsconcentraties in de grond (mg/kg ds)		Gemeten concentratie (gemiddeld) (mg/kg ds)
	minimum	maximum				
Lood	1000	10000	17.8	18 - 178	-/+	4.3
Zink	200	(>) 2000	140	28 - 280	-/+ +	17
Chroom	500	4500	12.3	6.2 - 55	-/+	6.5
Cadmium	100	1000	0.2	0.02 - 0.2	-/-	< 0.1
Nikkel	300	(>) 2000	7.5	2.3 - 15	-/+	6.1
Koper	120	3000	10.6	1.3 - 32	-/+	2.8
Arseen	3500	5000	27.9	98 - 140	+ + + / + + +	< 5
PAK (foc = 1%)	30	14000	2.8	0.08 - 39	-/+ +	0.09

Het blijkt dat de, na een proefperiode van 4 jaar, gemeten concentraties alle beneden, dan wel in de nabijheid van de berekende minimale concentratie liggen. Hieruit kan worden afgeleid dat de Kd-waarde van de grond ter plaatse van de infiltratievoorziening overeenkomt met de gehanteerde minimale Kd-waarde of dat nog geen verzadiging van de grond (instelling evenwicht) heeft plaatsgevonden en dat de concentraties in de toekomst nog zullen toenemen. Indien sprake is van dit laatste kan de toename van de concentraties leiden tot overschrijding van de:

- streefwaarde voor lood, chroom, nikkel en koper;
- tussenwaarde voor zink en PAK;
- interventiewaarde voor arseen.

Grondwater

Het is gebleken dat eenduidige conclusies met betrekking tot de kwaliteitsveranderingen van het grondwater niet kunnen worden getrokken. Er zijn zowel concentratieverhogingen als concentratieverlagingen in het grondwater onder en stroomafwaarts van de voorziening gemeten. Mogelijk speelt, met betrekking tot de gemeten concentraties in het grondwater, de spreiding in de (natuurlijke) achtergrondwaarden een grotere rol dan de toevoeging van verontreinigende stoffen door infiltratie van afstromend regenwater.

Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat de concentraties in het infiltratiewater voor wat betreft de zware metalen, PAK en chloride veelal hoger (soms Interventiewaarde-overschrijdende concentraties) zijn dan de concentraties in het grondwater.

Algemeen

Gezien de resultaten van de uitgevoerde metingen worden met betrekking tot infiltratie van afstromend regenwater ter plaatse van de voorziening in de wijk Geren geen/weinig problemen verwacht voor wat betreft de kwaliteit van bodem en grondwater.

Wel wordt opgemerkt dat het niet is uitgesloten dat de concentraties in grond en grondwater in de toekomst nog (iets) zullen toenemen.

9.2 Hydraulische aspecten

9.2.1 Regenval en intensiteit



De verharding boven de infiltratievoorziening ruim vijf jaar na aanleg

Het blijkt dat in 1994 over het gehele jaar gezien veel neerslag is gevallen, totaal circa 30% meer dan de gemiddelde jaarlijkse hoeveelheid. Het volgende jaar, 1995, was de neerslag vrijwel gelijk aan het jaarlijks gemiddelde terwijl 1996 een droger jaar was (circa 20% neerslag minder dan normaal). Het begin van 1997 lijkt redelijk op het 'gemiddelde jaar'.

Binnen deze jaren zijn er aanzienlijke verschillen voor wat betreft de maandelijkse neerslag, van extreem droog tot zeer nat. Ook zijn er incidentele buien geweest die de ontwerpbui voor de voorziening te boven gingen.

De neerslag in de meetperiode heeft verschillende extremen laten zien, die een zeer goede test vormen voor het (hydraulisch) functioneren van de voorziening.

9.2.2 Waterstanden in de voorziening

In de meetperiode is nog geen sprake geweest van hydraulische tekortkomingen aan het stelsel. De voorziening is maximaal voor 68% gevuld geweest. Dit maximum is bereikt na een flinke bui die in een natte periode viel waarbij het grondwater al tot in de voorziening stond. Het lijkt erop dat dit een uitzonderingssituatie was en dat de dimensionering van de voorziening aan de ruime kant is geweest.

Toch hebben er een aantal overstorten vanuit de voorziening plaatsgevonden die waarschijnlijk veroorzaakt zijn door een drukopbouw in de voorziening. Mogelijk heeft de drukopbouw te maken met een vertraging van het intreden van het water in de voorziening als gevolg van de aanwezige korrelstructuur van het grind.

De lediging van de voorziening geeft gedurende de meetperiode een vrij constant beeld te zien. Hierin is geen teruggang geconstateerd zodat het lijkt dat er (nog) geen sprake is van dichtslibbing.

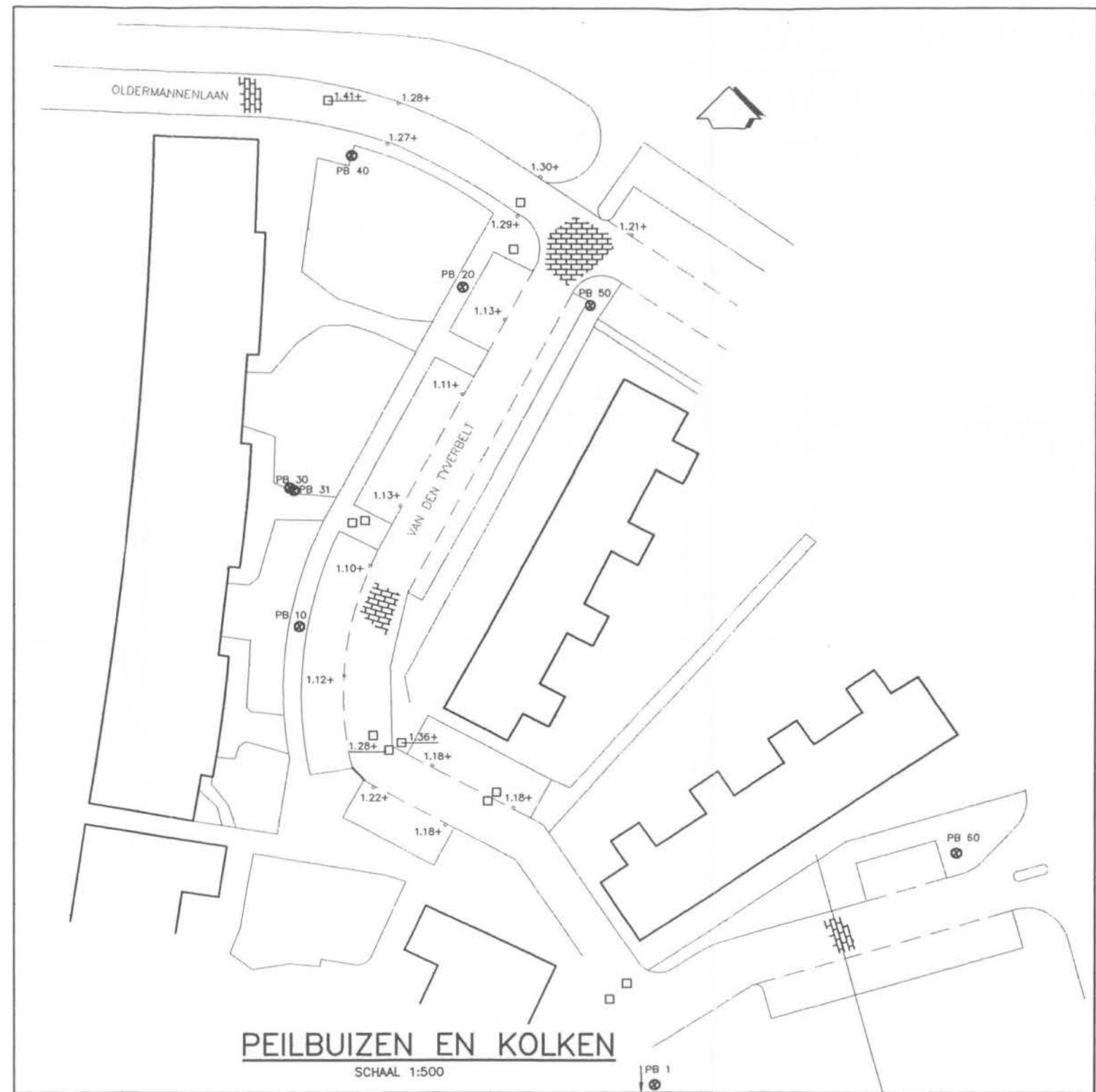
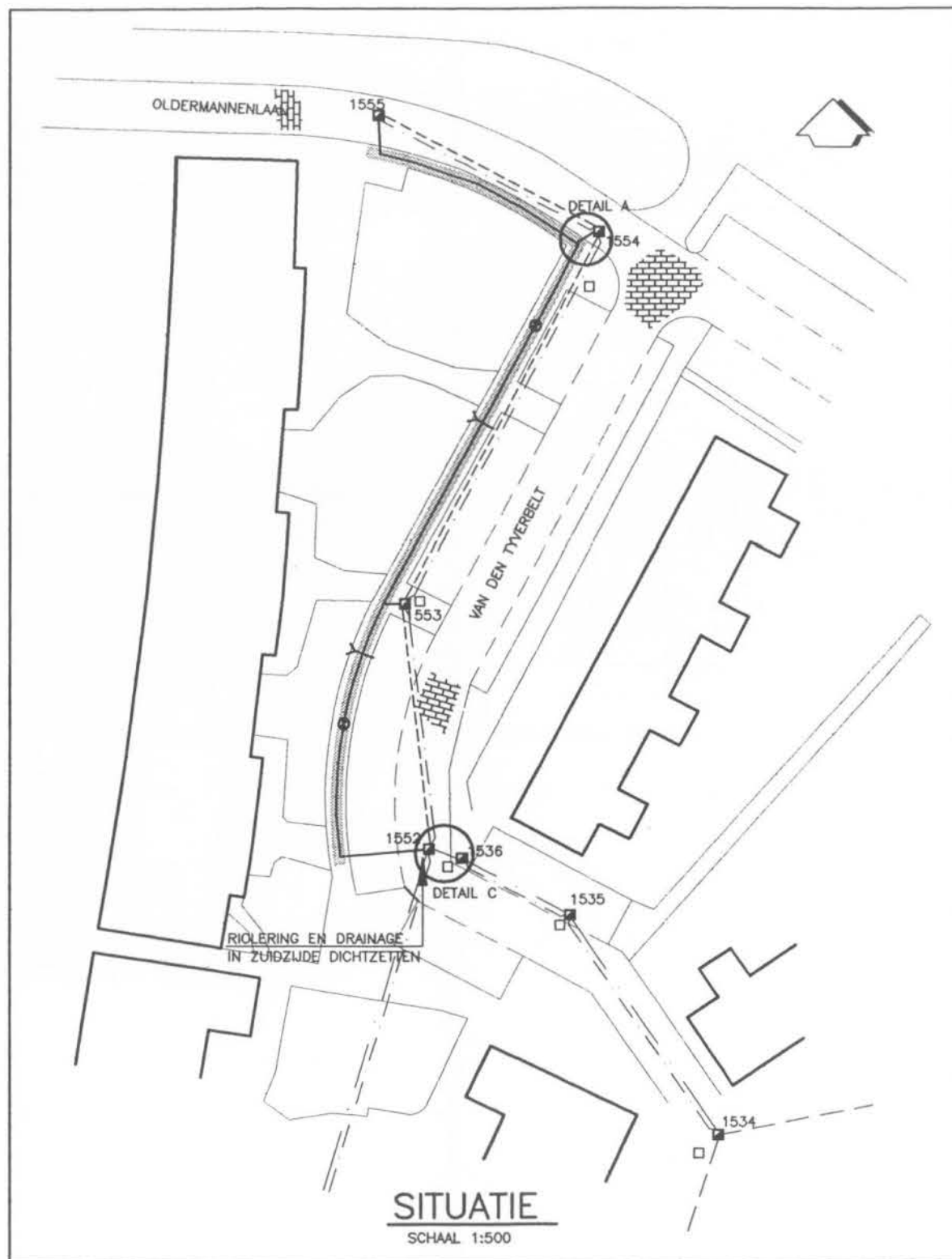
9.2.3 Grondwaterstanden

De invloed van de infiltratievoorziening blijft beperkt tot een zeer geringe stijging van de grondwaterstand, ook in de directe omgeving. Opvallend is dat de grondwaterstand bovenstrooms veel sterker stijgt dan benedenstrooms.

De geconstateerde peilverhogingen liggen bedragen 1 tot 4 cm zodat er bij infiltratie op deze schaal geen sprake is van (een toename van) grondwateroverlast.

Bijlage 1

Tekeningen infiltratievoorziening

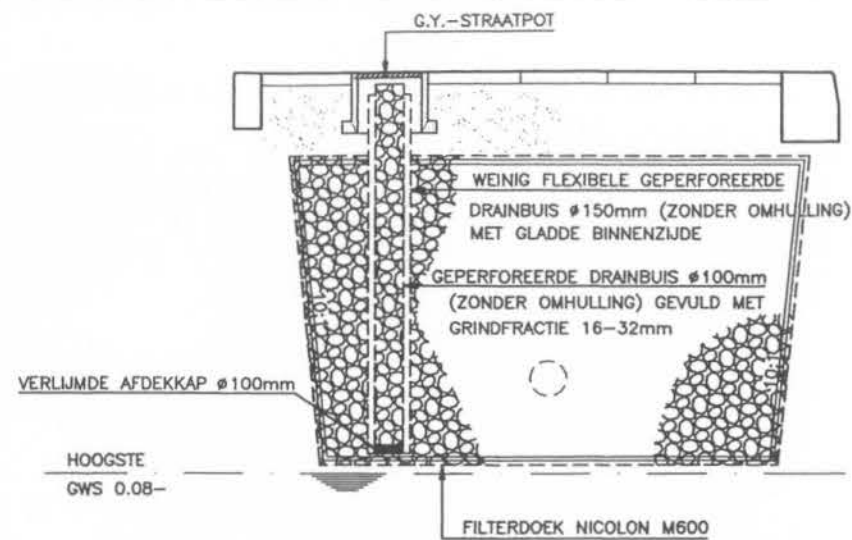


VERKLARING

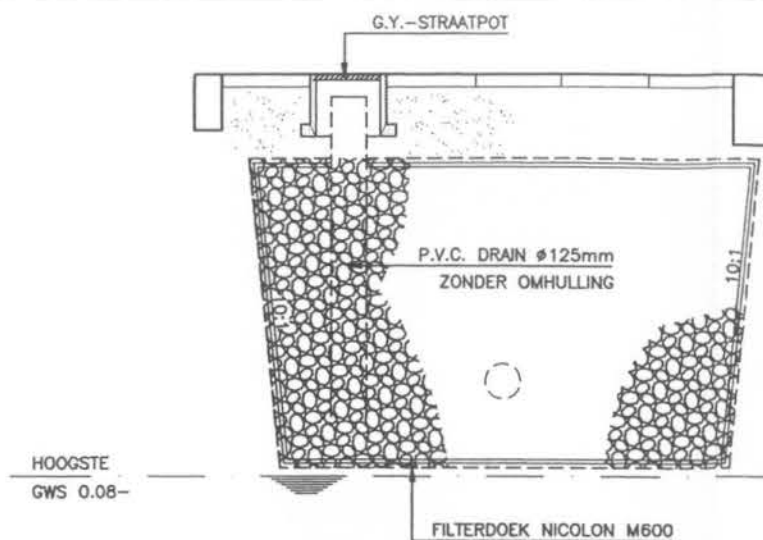
- BESTAANDE R.W.A. INSPECTIEPUT
- BESTAANDE D.W.A. INSPECTIEPUT
- - - - - BESTAANDE DRAINAGE

- - - - - BESTAANDE AF TE KOPPELEN R.W.A.-LEIDING VOOR INFILTRATIE
- - - - - BESTAANDE R.W.A.-LEIDING
- ===== GRINDBED MET P.V.C. DRAIN Ø125mm

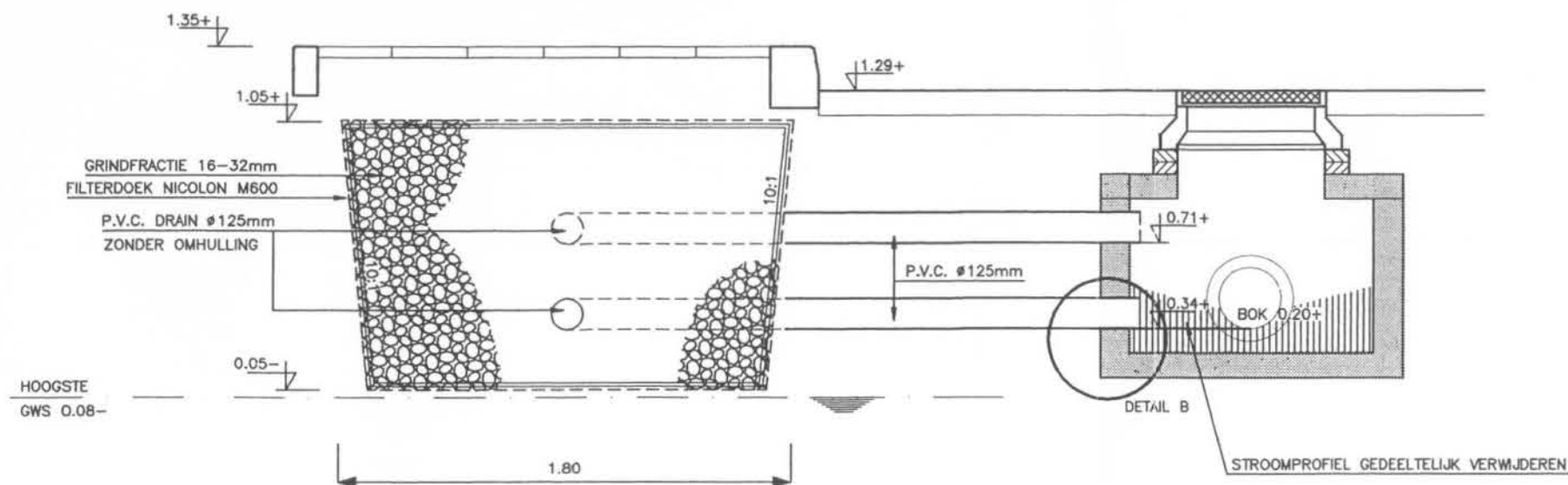
- ⊗ PEILBUIJS
- Y GRINDBEMONSTERINGSBUIJS
- MAATVOERING IN METERS, TENZIJ ANDERS VERMELD
- HOOGTEMATEN IN METERS T.O.V. N.A.P.



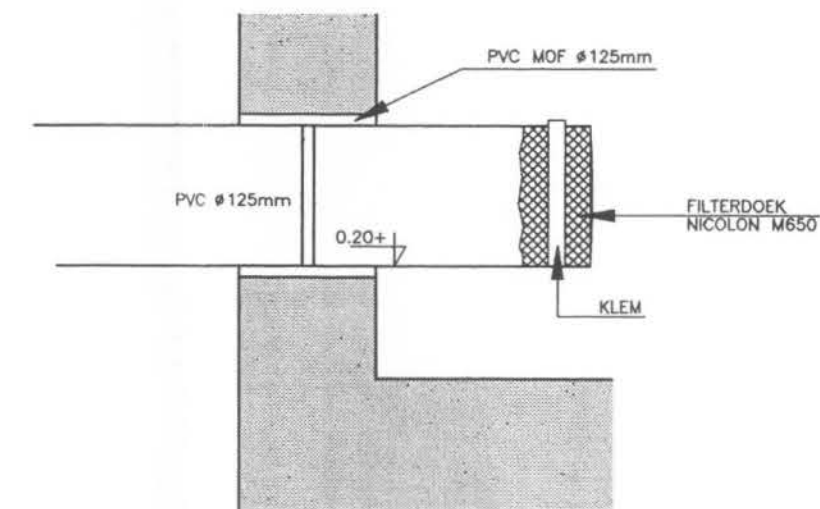
DETAIL GRINDBEMONSTERINGSBUIS



DETAIL STRAATPOT MET PEILBUIS



DETAIL A



DETAIL B



DETAIL C

Bijlage 2

STI-waarden grondwater

normen volgens WBb ¹ mei, 1994 [ug/l]			
	streefwaarde	toetsingswaarde	interventiewaarde
Arseen	10	35	60
Cadmium	0,4	3,2	6
Chroom	1	16	30
Koper	15	45	75
Kwik	0,05	0,18	0,3
Lood	15	45	75
Nikkel	15	45	75
Zink	65	433	800
Anthraceen	0,02	2,5	5
Benzo(a)anthraceen	0,002	0,25	0,5
Benzo(a)pyreen	0,001	0,026	0,05
Benzo(g,h,i)pyreen	0,0002	0,025	0,05
Benzo(k)fluorantheen	0,001	0,026	0,05
Chryseen	0,002	0,026	0,05
Fenanthreen	0,02	2,5	5
Fluorantheen	0,005	0,5	1
Indeno(1,2,30c,d)pyreen	0,0004	0,025	0,05
Naftaleen	0,1	35	70
Benzeen	0,2	15	30
Ethylbenzeen	0,2	75	150
Tolueen	0,2	500	1000
Xyleen	0,2	35	70
Tetrachlooretheen (per)	0,01	250	500
Tetrachlooretheen (tetra)	0,01	20	40
Trichlooretheen (tri)	0,01	250	500
Minerale olie	50	325	600
sulfaat ²	150.000		
chloride	100.000		

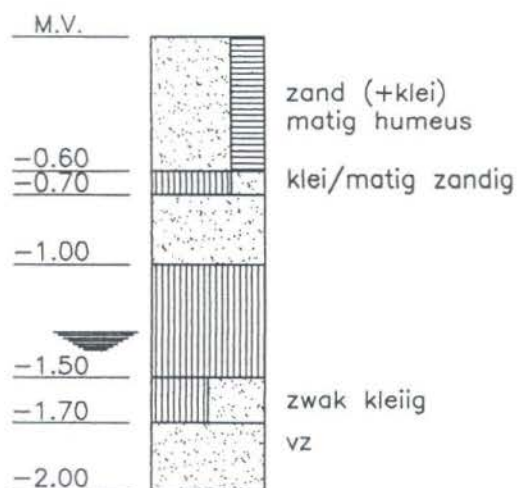
¹ Circulaire Interventiewaarden Bodemsanering. Staatscourant nr. 95, 24 mei 1994.

² De normen voor sulfaat en chloride zijn indicatieve/referentiewaarden uit de leidraad bodembescherming (afl. 6 september 1990.)

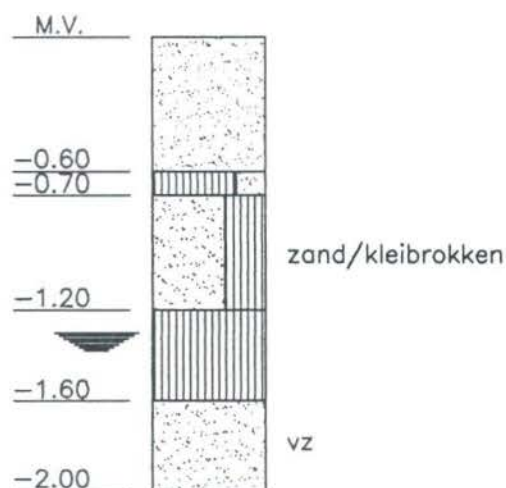
Bijlage 3

Bodemopbouw en overzicht concentraties bodem 1993/1994

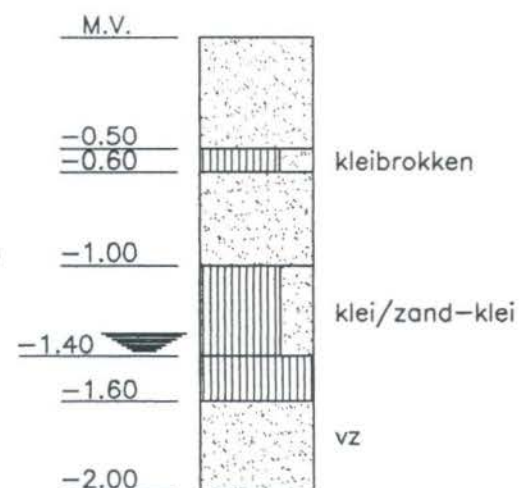
BP 1



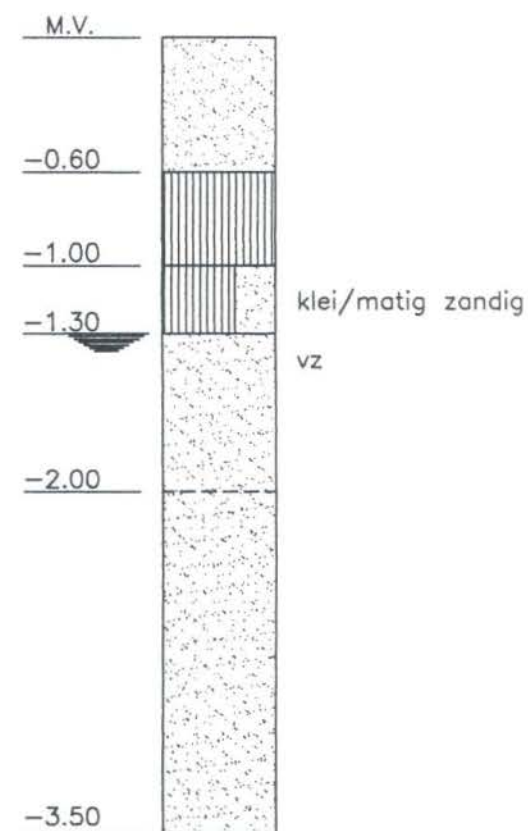
BP 2



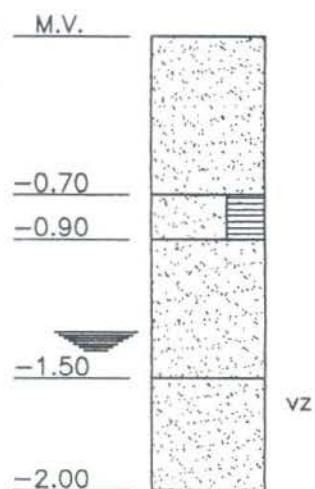
BP 3



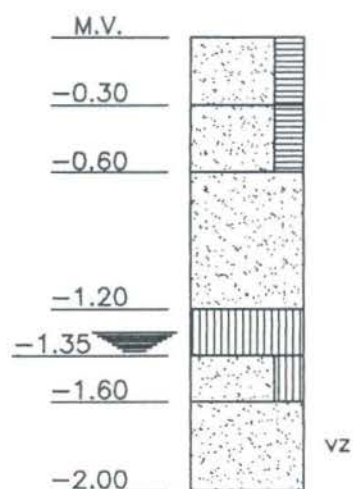
BP 4



BP 5



BP 6



HUMUS



KLEI



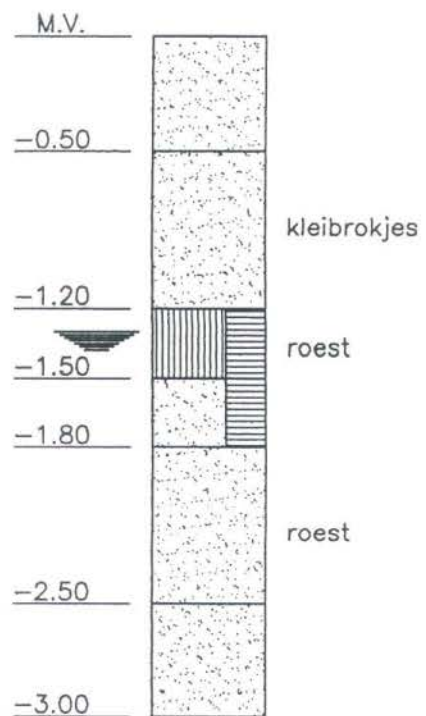
ZAND

VZ

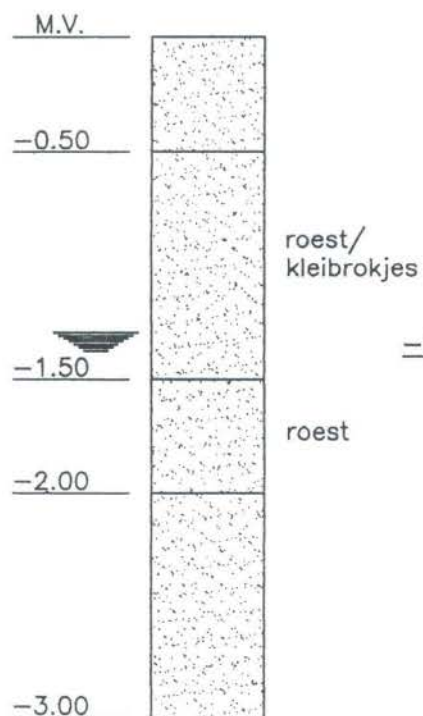
VASTE ZANDLAAG

BIJLAGE 1

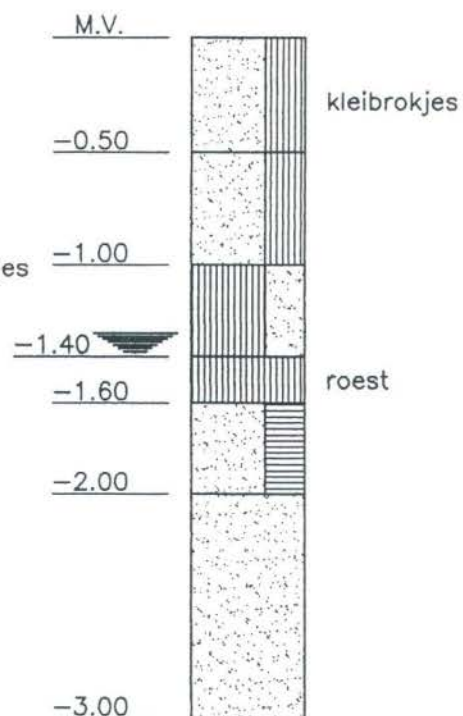
BP 10



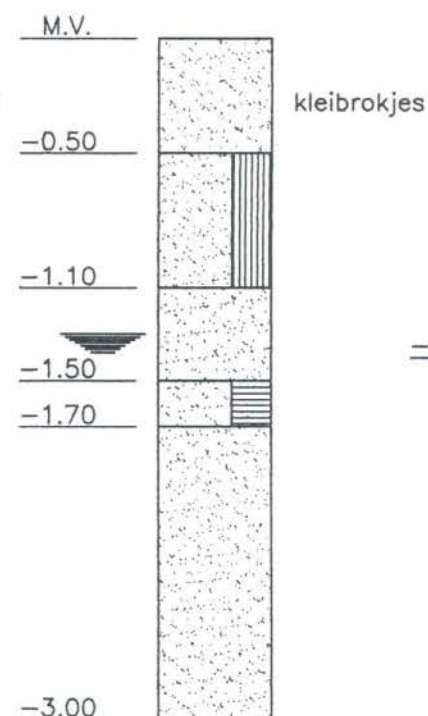
BP 20



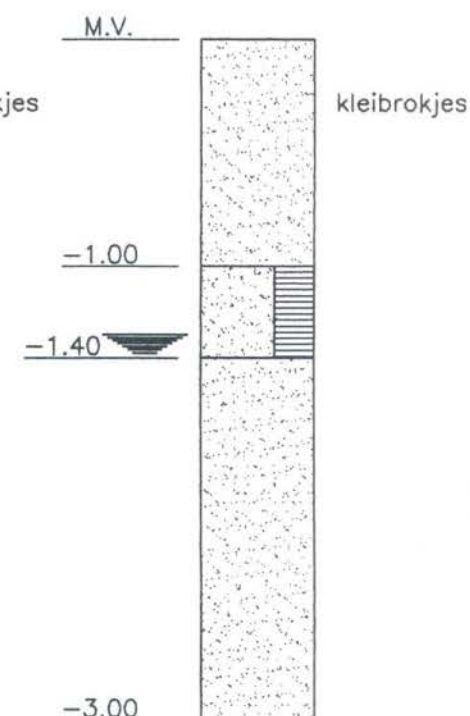
BP 30



BP 40



BP 50



Overzicht gemeten concentraties in de bodem ten behoeve van het vaststellen van de nul-situatie ter plaatse van de infiltratievoorziening in de wijk Geren.

	Concentraties (mg/kg d.s.)													
	boring 30 (03) Onder- kant voor- ziening		boring 40 (04) On- derkant voorziening		Boring 100		Boring 101		Boring 102		Boring 103		Boring 104	
Jaar	1993		1993		1994		1994		1994		1994		1994	
Diepte (cm)	140-160		150-165		130-150		130-150		130-150		140-160		140-160	
Textuur	klei		matig grof zand		klei		klei		matig grof zand		matig grof zand		matig grof zand	
Humusfractie	6		2		5		5		1		1		1	
Lutumfractie	28		2,5		28		36		1,2		1,2		1,9	
Metalen														
Arseen	8		2,5		14		8		2,5		3		2	
Cadmium	0.3		<0.1		0.3		0.1		<0.1		<0.1		<0.1	
Chroom	30		3.0		23		27		2		3		3	
Koper	8.5		0.5		13		14		<1		<1		<1	
Kwik	0.3		<0.1		<0.1		<0.1		<0.1		<0.1		<0.1	
Lood	260/60	+ /-	3		20		20		<10		<10		<10	
Nikkel	21		<1		23		26		<1		1		2	
Zink	65		2		62		60		2		2		2	
Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen														
Fenantheen	<0.01		<0.01		0.02		<0.01		<0.01		<0.01		0.01	
Fluorantheen	0.02		<0.01		0.04		<0.01		0.01		<0.01		0.05	
PAK (som 10)	<0.2		<0.2		<0.2		<0.2		<0.2		<0.2		<0.2	
Gechloreerde koolwaterstoffen														
EOX (chloor)	<0.1		<0.1		<0.1		<0.1		<0.1		<0.1		<0.1	
Overige stoffen														
Minerale olie	<10		<10		<10		<10		<10		<10		<10	

Bijlage 4

Overzicht concentraties grind 1993

Overzicht van de gemeten concentraties (mg/kg d.s.) in het grind uit de infiltratievoorziening te Geren in 1993

Stof	Gemeten concentratie	Samenstellingsnorm uit het ontwerp Bouwstoffenbesluit	Samenstellingsnorm uit het Bouwstoffenbesluit (andere bouwstoffen dan grond) 1995 [mg/kg]
Metalen			
Cadmium	< 1	10	-
Chroom	8	1250	-
Koper	2	375	-
Lood	< 10	1250	-
Nikkel	5	250	-
Zink	8	1250	-
Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen			
Fenanthreen	< 0,01	3	20
Fluorantheen	< 0,01	3	35
Pyreen	< 0,01	-	-
PAK (som 10)	< 0,2	25	75
Gechloroerde koolwaterstoffen			
EOX (chloor)	< 0,1	-	3
Overige stoffen			
Minerale olie	< 50	250	500
Chloride	39	5000	-
Natrium	70	-	-

Bijlage 5

Overzicht concentraties grondwater 1993/1994

Overzicht gemeten concentraties in het grondwater in 1993 en 1994, ter plaatse van de infiltratievoorziening in Geren.

Stoffen	Pb10 (µg/l)	Pb20 (µg/l)	Pb30 (µg/l)		Pb40 (µg/l)		Pb50 (µg/l)	Pb60 (µg/l)	
	1994	1994	1993	1994	1993	1994	1994	1993	1994
Metalen									
Arseen	1.5	0.5	14	+	30	+	70	+	10
Cadmium	<0.1	<0.1	<0.1		<0.1		<0.1		<0.1
Chroom	0.5	<0.5	1.5	+	1.0		2.0	+	<0.5
Koper	<10	<10	5.0		<10		1.0		<10
Kwik	<0.03	<0.03	0.05		<0.03		<0.03		<0.03
Lood	<1	<1	1		<1		21	+	<1
Nikkel	2	<1	<1		<1		2		<1
Zink	19	<10	<10		<10		<10		<10
Aromatische verbindingen									
Benzeen	<0.2	<0.2			<0.2		<0.2		<0.2
Tolueen	<0.5	<0.5			<0.5		<0.5		<0.5
Ethylbenzeen	<0.5	<0.5			<0.5		<0.5		<0.5
Meta- en Paraxyleen	<0.5	<0.5			<0.5		<0.5		<0.5
Orthoxyleen	<0.5	<0.5			<0.5		<0.5		<0.5
Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen									
Fenanthreen			0.01				0.02		<0.01
Fluoranthreen			<0.01				<0.01		<0.01
PAK (10)			<0.2				<0.2		<0.2
Gechloroerde koolwaterstoffen									
Trichlooretheen(tri)	<1	<1			<1		<1		<1
Tetrachlooretheen(per)	<1	<1			<1		<1		<1
EOX (chloor)			<1		<1				<1
Overige stoffen									
Min. olie	<100	<100	<100		<100		<100		<100
Chloride	3000	4000			19000		8000		60000
Sulfaat	12000	14000			13000		23000		25000

Bijlage 6

Overzicht concentraties hemelwater 1995-1997

Bemonsteringsdatum Onderzochte stoffen	Concentraties in hemelwater (µg/l tenzij anders vermeld)											
	13/17-03-'95		11/18-04-'95		24-5/08-06-'95		19-4/08-05-'96		23/29-10-'96		26/27-06-'97	
Metalen												
Chroom (Cr)	3,5	+	< 2		2	+	< 2		< 2		< 2	
Nikkel (Ni)	< 2		< 2		< 2		< 2		-		5	
Koper (Cu)	15		9		6		< 4		8		< 4	
Zink (Zn)	75	+	55		40		38		130	+	65	
Lood (Pb)	< 10		< 10		< 10		< 10		-		< 10	
Cadmium (Cd)	0,4		< 0,2		< 0,2		< 0,2		< 0,2		< 0,2	
Kwik (Hg)	< 0,1		< 0,1		< 0,1		< 0,1		-		< 0,1	
Arseen (As)	1		1		< 1,0		1,5		-		< 1	
PAK												
Naftaleen	0,2	+	< 0,05		0,07	+	< 0,05		< 0,05		0,15	+
Fenanthreen	0,2	+	0,06	+	0,10	+	0,07	+	0,09	+	0,05	+
Anthraceen	0,03	+	0,02		< 0,01		< 0,01		< 0,01		< 0,01	
Fluorantheen	0,6	++	0,08		0,20	+	0,08		0,25	+	0,03	+
Benzo(a)anthraceen	0,2	+	0,01		0,03		0,02		0,05		< 0,01	
Chryseen	0,25	+++	0,02		0,05		0,04		0,08		< 0,01	
Benzo(k)fluorantheen	0,1	+++	< 0,01		0,02		0,02		0,03		< 0,01	
Benzo(a)pyreen	0,15	+++	< 0,01		0,03		0,02		0,04		< 0,01	
Benzo(g,h,i)pyreen	0,1	+++	< 0,01		0,03		< 0,01		0,04		< 0,01	
Indeno(1,2,3Oc,d)pyreen	0,15	+++	0,01		0,02		0,02		0,04		< 0,01	
PAK(10)-totaal	2		0,3		0,6		0,25		0,6		0,2	
Aromaten												
Benzeen	< 0,2		< 0,2		< 0,2		< 0,1		-		< 0,5	
Tolueen	< 0,5		< 0,5		< 0,5		< 0,1		-		< 0,2	
Ethylbenzeen	< 0,5		< 0,2		< 0,2		< 0,1		-		< 0,2	
Xyleen ¹	< 1		< 0,4		< 0,4		< 0,3		-		< 0,4	
Chloorhoudende koolwaterstoffen												
Trichlooretheen (tri)	< 1		< 0,1		< 0,1		< 0,1		-		< 0,2	
Tetrachlooretheen (per)	< 1		< 0,1		< 0,1		< 0,1		-		< 0,2	
Tetrachlooretheen (tetra)	< 1		< 0,1		< 0,1		< 0,1		-		< 0,5	
EOX	< 1		< 1		< 1		< 1		-		< 1	
Overig stoffen												
Minerale olie	350	+	< 100		260	+	< 50		< 50		< 50	
Chloride	8.000		4.000		1.000		3.000		-		2.700	
Sulfaat	5.000		5.000		4.000		5.100		-		< 1.000	

1 Som van para-, meta-, en orthoxyleen.

Toetsing kwaliteit hemelwater			
<i>stof</i>	$c_s > S$	$c_s = S$	$d.l. = S$
Arseen	0	0	0
Cadmium	0	1	0
Chroom	2	0	4
Koper	0	1	0
Kwik	0	0	5
Lood	0	0	0
Nikkel	0	0	0
Zink	2	1	0
Anthraceen	1	1	0
Benzo(a)anthraceen	5	0	1
Benzo(a)pyreen	4	0	2
Benzo(g,h,i)pyreen	3	0	3
Benzo(k)fluorantheen	4	0	2
Chryseen	6	0	0
Fenanthreen	6	0	0
Fluorantheen	6	0	0
Indeno(1,2,30c,d)pyreen	5	0	1
Naftaleen	2	0	0
Benzeen	0	0	1
Ethylbenzeen	0	0	1
Tolueen	0	0	3
Xyleen	0	0	5
Tetrachlooretheen (per)	0	0	5
Tetrachlooretheen (tetra)	0	0	5
Trichlooretheen (tri)	0	0	5
Minerale olie	2	0	1

$c_s > S$: concentratie overschrijdt streefwaarde

$c_s = S$: concentratie gelijk aan streefwaarde

$d.l. = S$: detectielimiet overschrijdt streefwaarde

Bijlage 7

Overzicht concentraties infiltratiewater 1994-1997

Bemonsteringsdatum	Concentraties in ongefilterd infiltratiewater (µg/l tenzij anders vermeld)									
Onderzochte stoffen	Overzicht van de gemeten concentraties in het infiltratiewater bij de infiltratievoorziening te Geren 1994-1997									
	14-12-'94	18-04-'95	08-06-'95	08-05-'96	29-10-'96	27-06-'97				
Metalen										
Chroom (Cr)	1	12	+	21	++	11	+	26	++	3
Nikkel (Ni)	3	3		10		5		18	+	6
Koper (Cu)	< 10	17	+	12		8		13		< 4
Zink (Zn)	< 10	21		65		110	+	390	+	250
Lood (Pb)	< 1	< 10		12		25	+	49	++	< 10
Cadmium (Cd)	< 0,1	0,3		< 0,2		< 0,2		0,3		< 0,2
Kwik (Hg)	< 0,03	< 0,1		< 0,1		< 0,1		< 0,1		< 0,1
Arseen (As)	0,5	< 1		2,5		16	+	140	+++	7,5
PAK										
Naftaleen	< 0,05	< 0,05		2,7	+	< 0,05		< 0,05		< 0,05
Fenanthreen	0,01	0,03		3,9	++	0,02		0,01		< 0,01
Anthraceen	< 0,01	< 0,01		0,45	+	< 0,01		< 0,01		< 0,01
Fluorantheen	0,02	0,02		4,4	+++	0,02		< 0,01		< 0,01
Benzo(a)anthraceen	< 0,01	< 0,01		1,1	+++	< 0,01		< 0,01		< 0,01
Chryseen	< 0,01	< 0,01		1,1	+++	0,01		< 0,01		< 0,01
Benzo(k)fluorantheen	< 0,01	< 0,01		0,35	+++	< 0,01		< 0,01		< 0,01
Benzo(a)pyreen	< 0,01	0,01		0,8	+++	< 0,01		< 0,01		< 0,01
Benzo(g,h,i)pyreen	< 0,01	< 0,01		1,0	+++	< 0,01		< 0,01		< 0,01
Indeno(1,2,3Oc,d)pyreen	< 0,01	< 0,01		0,6	+++	< 0,01		< 0,01		< 0,01
PAK(10)-totaal	< 0,2	< 0,2		16		0,05		0,01		< 0,14
Aromaten										
Benzeen	< 0,2	< 0,2		< 0,2		< 0,1		-		< 0,5
Tolueen	< 0,5	< 0,5		< 0,5		< 0,1		-		< 0,2
Ethylbenzeen	< 0,5	< 0,2		< 0,2		< 0,1		-		< 0,2
Xyleen ¹	< 1	< 0,4		< 0,4		< 0,3		-		< 0,4
Chloorhoudende koolwaterstoffen										
Trichlooretheen (tri)	< 1	< 0,1		0,2		< 0,1		< 0,2		< 0,2
Tetrachlooretheen (per)	< 1	< 0,1		< 0,1		< 0,1		< 0,2		< 0,2
Tetrachlooretheen (tetra)	< 1	< 0,1		< 0,1		< 0,1		< 0,2		< 0,2
EOX	< 1	< 1		< 1		< 1		-		< 1
Overig stoffen										
Minerale olie	< 100	< 100		< 100		54	+	< 50		58
Chloride	4.000	19.000		1.000		19.000		160.000	+	24.000
								0		
Sulfaat	11.000	22.000		9.500		26.000		-		14.000

1 som van para-, meta-, en orthoxyleen.

Bijlage 8

Overzicht gefiltreerde en ongefiltreerde concentraties infiltratiewater 1995-1997

Bemonsterings datum Onderzochte stoffen	Concentraties (µg/l tenzij anders vermeld)							
	18-04-1995		08-06-'95		29-10-'96		27-06-'97	
	ongefil.	gefilt.	ongefil.	gefilt.	ongefil.	gefilt.	ongefil-tr.	gefilt.
Metalen								
Chroom (Cr)	12	< 1	21	< 1	26	< 2	3	7
Nikkel (Ni)	3	< 1	10	< 1	18	< 2	6	6
Koper (Cu)	17	6	12	5	13	7	< 4	< 4
Zink (Zn)	21	7	65	60	390	13	250	55
Lood (Pb)	< 10	< 5	12	< 5	49	< 10	< 10	< 10
Cadmium (Cd)	0,3	< 0,1	< 0,2	< 0,1	0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Kwik (Hg)	< 0,1	< 0,03	< 0,1	< 0,03	< 0,1	< 0,1	-	-
Arseen (As)	< 1	1	2,5	< 0,5	140	3,5	7,5	5,5
PAK								
Naftaleen	< 0,05	0,08	2,7	0,06	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fenanthreen	0,03	0,02	3,9	0,03	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01
Anthraceen	< 0,01	< 0,01	0,45	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fluorantheen	0,02	< 0,01	4,4	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(a)anthraceen	< 0,01	< 0,01	1,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Chryseen	< 0,01	< 0,01	1,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(k)fluorantheen	< 0,01	< 0,01	0,35	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(a)pyreen	0,01	< 0,01	0,8	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(g,h,i)pyreen	< 0,01	< 0,01	1,0	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno(1,2,3Oc,d)pyreen	< 0,01	< 0,01	0,6	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PAK(10)-totaal	< 0,2	< 0,2	16	< 0,2	0,01	0,01	< 0,14	< 0,14
Aromaten								
Benzeen	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-	-	< 0,5	< 0,5
Tolueen	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-	-	< 0,2	< 0,2
Ethylbenzeen	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-	-	< 0,2	< 0,2
Xyleen ¹	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	-	-	< 0,4	< 0,4
Chloorhoudende koolwaterstoffen								
Trichlooretheen (tri)	< 0,1	< 0,1	0,2	< 0,1	-	-	-	-
Tetrachlooretheen (per)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-	-	-	-
Tetrachlooretheen (tetra)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-	-	-	-
EOX	< 1	< 1	< 1	< 1	-	-	-	-
Overig stoffen								
Minerale olie	< 100	< 100	< 100	< 100	-	-	-	-
Chloride	19.000	19.000	1.000	2.000	-	-	-	-
Sulfaat	22.000	20.000	9.500	9.300	-	-	-	-

¹ som van para-, meta-, en orthoxyleen.

Bijlage 9

Concentraties grind 1993-1997

Vergelijking concentraties in het grind bij uitgangs- en eindsituatie en de periodieke meting

Stof	Gemeten concentratie (mg/kg ds.)		
	Uitgangssituatie (november 1993)	Periodieke meting (november 1995)	Eindsituatie (juni 1997)
Metalen			
Arseen	-	< 5	< 5
Cadmium	< 1	< 0,1	< 0,1
Chroom	8	120	8
Koper	2	3	1,5
Kwik	-	< 0,1	< 0,1
Lood	< 10	2,5	1,5
Nikkel	5	70	5
Zink	8	8	4
Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen			
Fenanthreen	< 0,01	0,25	0,05
Fluorantheen	< 0,01	0,30	0,06
Pyreen	< 0,01	0,15	-
PAK (som 10)	< 0,2	0,8	0,1
Gechloreerde koolwaterstoffen			
EOX (chloor)	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Overige stoffen			
Minerale olie	< 50	12	< 10
Chloride	39	-	-
Natrium	70	-	-

Bijlage 10

Vergelijking concentraties bodem begin- en eindwaarde

Vergelijking concentraties in de grond bij uitgangs- en eindsituatie

	Uitgangs- situatie		Concentraties (mg/kg ds.)					
	Gemiddeld		201	203	205	202	204	Gemiddeld
Jaar	1993-1994		1997	1997	1997	1997	1997	1997
Diepte (cm) t.o.v. onderzijde voorziening	0 - 20		0 - 10	0 - 10	0 - 10	10 - 20	10 - 20	0 - 20
Textuur	matig grof zand		matig grof zand	matig grof zand	matig grof zand	matig grof zand	matig grof zand	matig grof zand
Humusfractie	1.3		5	1	< 1	1	< 1	1.8
Lutumfractie	1.7		2.5	2.6	1.8	2.2	4.5	2.7
Arseen	2.5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	
Cadmium	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	
Chroom	2.8	9	4	4.5	9	6	6.5	
Koper	< 1	5	2	2	3	2	2.8	
Kwik	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	
Lood	< 10	7	3	3	5	3.5	4.3	
Nikkel	1.3	9	4.5	5	7	5	6.1	
Zink	2	26	16	13	18	12	17	
Fenanthreen	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Fluorantheen	0.02	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
PAK (som 10)	< 0.2	< 0.14	0.02	< 0.14	0.02	< 0.14	0.09	
EOX (chloor)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	
Minerale olie	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	

Bijlage 11

Vergelijking concentraties grondwater begin- en eindwaarden

Vergelijking concentraties in het grondwater bij uitgangs- en eindsituatie

Stoffen	Onder voorziening				Stroomafwaarts				Stroomopwaarts			
	Pb10 (µg/l)		Pb20 (µg/l)		Pb30 (µg/l)		Pb40 (µg/l)		Pb50 (µg/l)		Pb60 (µg/l)	
	Uitgangs-situatie	Eindsituatie	Uitgangs-situatie	Eindsituatie	Uitgangs-situatie	Eindsituatie	Uitgangs-situatie	Eindsituatie	Uitgangs-situatie	Eindsituatie	Uitgangs-situatie	Eindsituatie
Arseen	1.5	2.5	0.5	2.5	22	24	40	+	6.5	<0.5	<0.5	<0.5
Cadmium	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	+	<0.1	0.1	0.1	<0.1
Chroom	0.5	<1	<0.5	<1	1.3	<1	1.3	+	<1	<0.5	<1	0.5
Koper	<10	<2	<10	<2	5	<2	1		<2	<10	<2	5.5
Kwik	<0.0	<0.0	<0.0	<0.0	0.04	<0.0	<0.0		<0.0	<0.0	<0.0	<0.03
Lood	3	3	3	3	3	3	3		3	3	3	3
Nikkel	<1	<5	<1	<5	1	<5	11		<5	<1	<5	3
Zink	2	<1	<1	<1	<1	<1	1.5		<1	<1	<1	<1
	19	<2	<10	<2	<10	8	<10		9	<10	<2	17
Benzeen	<0.2	<0.1	<0.2	<0.1	<0.2	<0.1	<0.2		<0.1	<0.2	0.1	<0.2
Tolueen	<0.5	0.6	<0.5	2.3	+	<0.5	0.3		<0.3	<0.5	1.1	<0.5
Ethylbenzeen	<0.5	<0.1	<0.5	<0.1	<0.5	<0.1	<0.5		<0.1	<0.5	0.1	<0.5
Meta- en Paraxyleen	<0.5	0.1	<0.5	<0.1	<0.5	0.1	<0.5		<0.1	<0.5	0.3	<0.5
Orthoxyleen	<0.5	<0.1	<0.5	<0.1	<0.5	<0.1	<0.5		<0.1	<0.5	0.1	<0.5
Trichlooretheen (tri)	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1		<0.1	<1	<0.1	<0.1
Tetrachlooretheen (per)	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1		<0.1	<1	<0.1	<0.1
EOX (chloor)	-	-	-	-	<1	<0.1	<1		<0.1	-	<0.1	<1
Minerale olie	<100	<50	<10	<50	<10	<50	<10		<50	<10	<50	<100
Chloride	3000	2300	4000	4000	1900	1400	8000		2600	6000	7100	5000
Sulfaat	12000	2100	1400	1100	1300	2300	2300		1500	2500	2800	23000

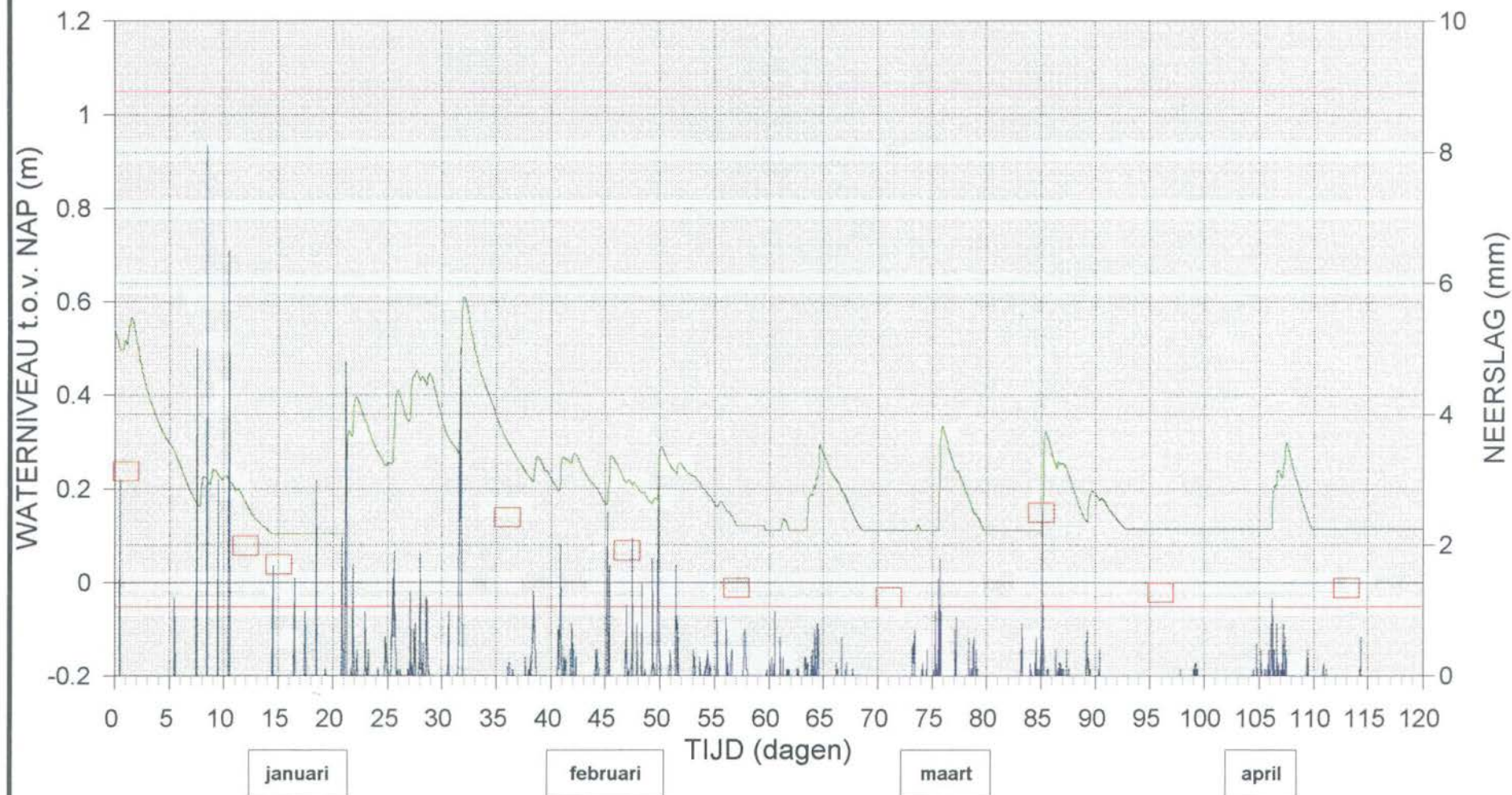
Bijlage 12

Geïntegreerde grafiek

INFILTRATIEVOORZIENING

GEREN-NOORD (ZWOLLE)

1995 - 1



— Onderkant voorz. — Waterniveau voorz. □ G.W.S. (Pb 10)
 — Bovenkant voorz. — Waterniveau overst. — Neerslag

Bijlage 13

Grondwaterstanden

Gemeten grondwaterstanden in m t.o.v. NAP

	peilbuis 10	peilbuis 20	peilbuis 30	peilbuis 40	peilbuis 50	peilbuis 60	waterstand IJssel
jan-feb. '94	0,09	0,16	-	-0,07	-0,02	-0,06	2,2
mrt-apr '94	0,11	0,13	-	-0,09	-0,02	-0,1	1,31
juli-aug '94	-0,11	-0,09	-0,18	-0,15	-0,18	-0,21	0,3
sep-okt '94	-0,04	-0,1	-0,19	-0,21	-0,19	-0,19	0,36
nov-dec '94	-0,03	-0,01	-0,14	-0,16	-0,13	-0,15	0,58
jan-feb '95	0,1	0,18	-0,04	-0,07	0,01	-0,06	1,97
mrt-apr '95	0,02	0,04	-0,09	-0,11	-	-0,12	1,66
mei-juni '95	0,06	-0,09	-0,1	-0,11	-	-0,11	0,98
juli-aug '95	-0,15	-0,23	-0,17	-0,23	-	-0,18	0,42
sep-okt '95	-0,09	-0,14	-0,19	-0,2	-	-0,19	0,28
nov-dec '95	-0,21	-0,2	-0,23	-0,22	-	-0,23	0,11
jan-feb '96	-0,18	-0,18	-0,21	-0,17	-	-0,22	0,42
mrt-apr '96	-0,17	-0,15	-0,2	-0,14	-	-0,22	0,15
mei-juni '96	-0,18	-0,18	-0,16	-0,18	-	-0,21	0,44
juli-aug '96	0,04	0,02	-0,08	-0,13	-	-0,09	0,37
sep-okt '96	-0,15	-0,06	-0,02	-0,14	-	-0,16	0,31
nov-dec '96	0,31	0,27	0,05	-0,02	-	-0,02	0,89
jan-feb '97	0,14	-0,17	0,03	-0,02	-	0,01	0,53
mrt-apr '97	-0,01	-0,03	-0,07	-0,12	-0,07	-0,06	0,55
mei-juni '97	0,1	0,18	-0,03	-0,08	-0,04	-0,03	0,47

Grondwaterstandsverhoging in peilbuis t.o.v. peilbuis 60

Periode	Peilbuis 30	Peilbuis 31
jan – feb. '94	-	0,95
maart - april '94	-	1,00
juli – aug '94	0,03	0,30
sep – okt '94	0,00	0,76
nov – dec '94	0,01	0,88
jan – feb '95	0,02	0,97
maart - april '95	0,03	0,94
mei – juni '95	0,01	0,90
juli – aug '95	0,01	0,51
sep - okt '95	0,00	0,81
nov - dec '95	0,00	0,98
jan - feb '96	0,01	0,77
maart - april '96	0,02	0,56

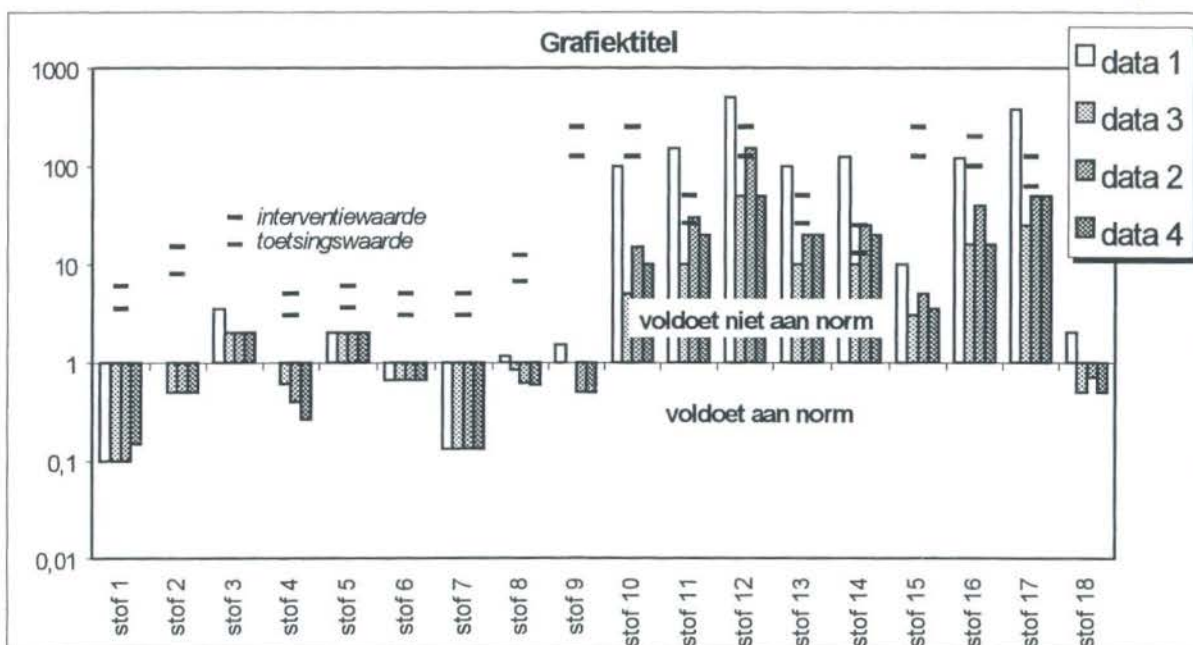
Grondwaterstandsverhoging (in meters) in peilbuis t.o.v. peilbuis 60

	Peilbuis 10	Peilbuis 20	Peilbuis 30	Peilbuis 40	Peilbuis 50
jan-feb. '94	0,15	0,22	-	-0,01	0,04
mrt-apr '94	0,21	0,23	-	0,01	0,08
juli-aug '94	0,1	0,12	0,03	0,06	0,03
sep-okt '94	0,15	0,09	0	-0,02	0
nov-dec '94	0,12	0,14	0,01	-0,01	0,02
jan-feb '95	0,16	0,24	0,02	-0,01	0,07
mrt-apr '95	0,14	0,16	0,03	0,01	-
mei-juni '95	0,17	0,02	0,01	0	-
juli-aug '95	0,03	-0,05	0,01	-0,05	-
sep-okt '95	0,1	0,05	0	-0,01	-
nov-dec '95	0,02	0,03	0	0,01	-
jan-feb '96	0,04	0,04	0,01	0,05	-
mrt-apr '96	0,05	0,07	0,02	0,08	-
mei-juni '96	0,03	0,03	0,05	0,03	-
juli-aug '96	0,13	0,11	0,01	-0,04	-
sep-okt '96	0,01	0,1	0,14	0,02	-
nov-dec '96	0,33	0,29	0,07	0	-
jan-feb '97	0,13	-0,18	0,02	-0,03	-
mrt-apr '97	0,05	0,03	-0,01	-0,06	-0,01
mei-juni '97	0,13	0,21	0	-0,05	-0,01

Bijlage 14

Grafiekwijzer

De in dit rapport gepresenteerde grafieken laten in een oogopslag zien of de concentraties van de bemonsterde stoffen aan de gestelde normen voldoen. Om dit te realiseren is gekozen voor een presentatie van de gemeten concentraties gedeeld door de streefwaarden. Is de uitkomst kleiner dan 1 dan voldoet de stof, is deze groter dan 1 dan overschrijdt de stof de streefwaarde. De streefwaarde is gepresenteerd als een horizontale lijn ($y=1$), waarnaast de letter 'S' is afgedrukt (zie figuur). Alle waarden onder deze as voldoen (liggen onder de streefwaarde) en alle waarden boven de as overschrijden de gestelde norm.



De toetswaarde en interventiewaarden zijn tevens in de grafiek aangegeven. Dit door middel van strepen: de onderste streep is de toetsingswaarde en de bovenste streep is de interventiewaarde. Zo is te zien dat de vier metingen van stof 3 niet aan de streefwaarden voldoen. Verder overschrijdt bijvoorbeeld de eerste meting van stof 12 de interventiewaarde en de derde meting ligt tussen de toetsingswaarde en interventiewaarde in.

Door de wijde range van de getallen is gekozen voor een logaritmische schaal. De getallen op de y-as zijn bij de grafieken in het deelrapport weggelaten.

Verder kan het voorkomen dat de concentratie gelijk is aan de streefwaarde zodat de toetsing resulteert in een onzichtbaar punt op de 'streefwaarde-as' ($y=1$).

Voor elke stof geldt een detectiegrens. Dit is de minimale concentratie die met de gehanteerde methode in het lab kan worden gemeten. Aangezien enkele concentraties van stoffen zich onder de detectiegrens bevinden is voor die stoffen een exacte toetsing niet mogelijk. Soms bevindt zich de detectiegrens onder de streefwaarde waardoor met zekerheid gezegd kan worden dat die stof aan de norm voldoet. Als de detectiegrens zich boven de streefwaarde bevindt is een eenduidige uitspraak omtrent toetsing niet mogelijk. Gekozen is

om deze concentraties volgens het 'worst case scenario' te presenteren, oftewel de niet meetbare concentraties gelijk te stellen aan de detectiegrens. Dit geeft een ongunstiger beeld, met name voor de stoffen waarbij de detectiegrens groter is dan de streefwaarde (bijvoorbeeld de vier metingen van stof 5). Voor de stoffen getoetst aan de STI-waarden voor grondwater zijn dit bijvoorbeeld: alle PAK (met uitzondering van naftaleen en fenantr-een), chroom, kwik en minerale olie.

De gemeten concentraties van de aromaten (benzeen, Ethylbenzeen, Tolueen, xyleen) en chloorhoudende koolwaterstoffen (Tetrachlooretheen (per), Tetrachlooretheen (t-etra), Trichlooretheen (tri)) bevinden zich vrijwel allemaal onder de detectiegrenzen, deze grenzen zijn voor al deze stoffen hoger dan de streefwaarden. Omdat van deze stoffen met betrek-king tot de toetsing verder niets gezegd kan worden zijn deze stoffen niet in de grafieken opgenomen, tenzij de concentraties de detectiegrens (en dus de streefwaarde) overschrij-den.