

KWALITEITSASPECTEN INFILTREREN STEDELIJK WATER BETER BEKEKEN



RAPPORT

2005
23

KWALITEITSASPECTEN INFILTREREN STEDELIJK WATER BETER BEKEKEN

FASE 1: BESCHIKBARE KENNIS EN ERVARING

RAPPORT

2005

23

ISBN 90.5773.312.9



stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 030 232 11 99 FAX 030 232 17 66
Arthur van Schendelstraat 816
POSTBUS 8090 3503 RB UTRECHT

Publicaties van de STOWA kunt u bestellen bij:
Hageman Fulfilment POSTBUS 1110, 3300 CC Zwijndrecht,
TEL **078 623 05 00** FAX 078 623 05 48 EMAIL info@hageman.nl
onder vermelding van ISBN of STOWA rapportnummer en een afleveradres.

COLOFON

UTRECHT, 2005

UITGAVE	STOWA, Utrecht
AUTEURS	drs. T. van Mossevelde (Grontmij) drs. P.N.M. Schipper (Grontmij) ir. F.C. Bogaard (Tauw)
DRUK	Kruyt Grafisch Advies Bureau
STOWA	Rapportnummer 2005-23 ISBN 90.5773.312.9

TEN GELEIDE

De laatste jaren wordt veel aandacht gegeven aan het infiltreren van regenwater in stedelijk gebied. Waar voorheen het regenwater van verharde oppervlakken werd afgevoerd via de riolering, wordt nu gekeken naar de mogelijkheden om dit in de bodem te infiltreren. Hiermee wordt de natuurlijke infiltratie gehandhaafd of hersteld en worden rioolwaterzuiveringsinstallaties effectiever belast.

Bij waterschappen en gemeenten bestaat enige terughoudendheid om hemelwater af te koppelen en te infiltreren in de bodem. Diverse onderzoeken ten aanzien van de verontreinigingen geven namelijk wisselende informatie over de risico's en levensduur van de voorzieningen. Bovendien zijn en worden meerdere type infiltratievoorzieningen ontworpen (ondergronds, doorlatende verhardingen et cetera), die onderling sterk kunnen verschillen met betrekking tot de wijze waarop geochemische processen als adsorptie en afbraak plaats kunnen vinden.

Met dit rapport willen wij de basis van verantwoord omgaan met hemelwater verstevigen. De STOWA neemt de aanbevelingen uit dit rapport ter harte en heeft een verdere onderbouwing van verantwoord omgaan met hemelwater prominent in haar programma opgenomen.

Utrecht, augustus 2005

De directeur van de STOWA

Ir. J.M.J. Leenen

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n zes miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 030 -2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl

KWALITEITSASPECTEN INFILTREREN STEDELIJK WATER BETER BEKEKEN

INHOUD

TEN GELEIDE
DE STOWA IN HET KORT

1	INLEIDING	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Oplossingsrichting	1
1.3	Doelstelling	2
1.4	Aanpak	2
1.5	Leeswijzer	3
2	KWALITEITSASPECTEN BIJ INFILTRATIE	5
2.1	Inleiding	5
2.2	Kwaliteit regenwater	5
2.3	Kwaliteit van afstromend hemelwater	8
2.4	Zuiverende werking infiltratievoorzieningen	12
2.4.1	Bovengrondse infiltratievoorzieningen	12
2.4.2	Ondergrondse voorzieningen	15
2.4.3	Doorlatende verharding	15
2.5	Internationale database infiltratievoorzieningen	16
2.6	Risico's voor bodem-, grond- en oppervlaktekwaliteit	19

3	KENNISLEEMTEN EN –BEHOEFTE	21
3.1	Opzet enquêtes	21
3.2	Huidige kennis en praktijkervaring	21
3.3	Kennis behoefte	23
4	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	25
4.1	Huidige kennis kwaliteitsaspecten bij infiltratie	25
4.2	Aanbevelingen	27
5	LITERATUUR	29

BIJLAGE 1 BMP-database

BIJLAGE 2 Vragenlijst gemeenten

BIJLAGE 3 Vragenlijst deskundigen

1

INLEIDING

1.1 AANLEIDING

De laatste jaren wordt veel aandacht gegeven aan het infiltreren van regenwater in stedelijk gebied. Waar voorheen het regenwater van verharde oppervlakken werd afgevoerd via de riolering, wordt nu gekeken naar de mogelijkheden om dit in de bodem te infiltreren. Hiermee wordt de natuurlijke infiltratie gehandhaafd of hersteld en worden rioolwaterzuiveringsinstallaties effectiever belast.

Bij waterschappen en gemeenten bestaat nog steeds enige terughoudendheid om hemelwater af te koppelen en te infiltreren in de bodem, omdat diverse onderzoeken ten aanzien van de verontreinigingen wisselende informatie geven over de risico's en levensduur van de voorzieningen. Bovendien zijn en worden meerdere type infiltratievoorzieningen ontworpen (ondergronds, doorlatende verhardingen et cetera), die onderling sterk kunnen verschillen met betrekking tot de wijze waarop geochemische processen als adsorptie en afbraak plaats kunnen vinden.

Nu wordt bij het ontwerp en beheer van infiltratievoorzieningen vooral gekeken naar het kwantitatieve functioneren ervan. Het behouden van voldoende infiltratiecapaciteit en voorkomen van grondwateroverlast zijn hierbij belangrijke criteria. Bekend is dat het afstromend hemelwater in meer of mindere mate verontreinigd raakt. Het kwalitatieve functioneren bepaalt in hoeverre verontreinigende stoffen achterblijven in de voorziening of uitspoelen naar grond- en oppervlaktewater. Onderzoek naar het kwalitatieve functioneren is problematisch, omdat de stoftransportprocessen traag zijn en er (nog) weinig langjarige meetreeksen van de in- en uitkomende kwaliteit zijn verzameld.

Op diverse plaatsen is wel gekeken naar de verspreiding in de bodem, maar er is weinig onderzoek uitgevoerd naar de onderliggende processen.

Voortdurend van deze situatie zal er enerzijds toe leiden dat minder aandacht wordt gegeven aan het kwalitatieve functioneren en dat mogelijkheden om deze te verbeteren niet worden benut. Anderzijds zullen veel ad hoc monitoringsacties plaatsvinden. Doordat deze geen duidelijke doelstelling hebben en onvoldoende gebaseerd zijn op proceskennis, wordt niet op efficiënte wijze bijgedragen aan het verkrijgen van meer inzicht. Omdat in toenemende mate infiltratievoorzieningen worden aangelegd, is het nu actueel om hier onderbouwde richtlijnen voor op te stellen.

1.2 OPLOSSINGSRICHTING

Vanuit de geschetste probleemstelling hebben Grontmij en Tauw een projectvoorstel opgesteld. In dit voorstel is aangegeven hoe de huidige kennis en kennisbehoefte kan worden geïnventariseerd en kennisleemten met gericht onderzoek kan worden opgevuld.

De algemene doelstelling is om met deze kennis over het kwalitatieve functioneren praktische richtlijnen te geven voor het ontwerp en beheer van infiltratievoorzieningen die het kwalitatieve functioneren bevorderen. Hierbij wordt gefocust op de ontwerp- en beheersaspecten waarvoor het kwalitatieve functioneren mede bepalend is. Gedacht wordt aan:

- Welke samenstelling van grond / bezinkstelsysteem / filterdoek is bij een ondergrondse infiltratievoorziening gewenst?
- Welke grondsoort en dikte van de toplaag heeft bij een wadi de voorkeur?
- Wel of niet bemesten, bekalken, verticuteren, verschralen?
- Welke bronmaatregelen zijn prioritair?
- Wat zijn de effecten van de toepassing van strooizout?
- Wat is de te verwachten levensduur, gelet op de zuiverende werking en verontreiniging? En welke invloed hebben bronmaatregelen hierop?
- Wat is de doelstelling voor monitoring (inzicht, milieuhygiënisch functioneren, termijn vervanging)?
- Welke signaalwaarden handhaven we voor het vervangen van de toplaag?
- En, hoe monitoren we de signaalwaarden?
- Wanneer is er vanuit kwalitatief oogpunt een sterke voorkeur voor bovengrondse infiltratie?

Op basis van het projectvoorstel heeft STOWA opdracht gegeven om de eerste fase uit te voeren.

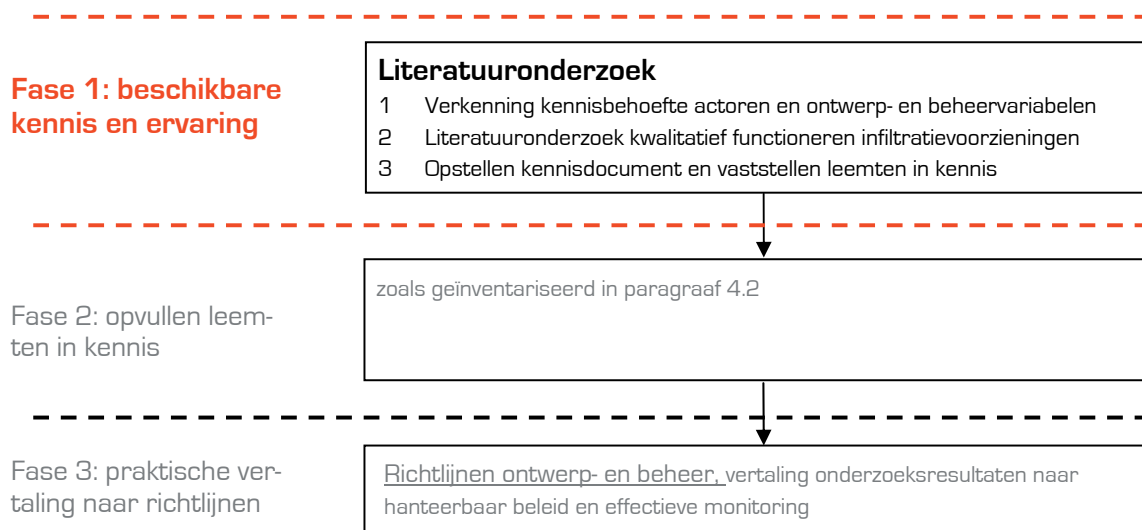
1.3 DOELSTELLING

Het doel van de eerste fase is om de bestaande kennis en ervaring te evalueren en na te gaan waar de actoren behoefte hebben aan meer kennis. Met dit inzicht kan het nut van de tweede fase en de invulling daarvan beter worden onderbouwd.

1.4 AANPAK

De aanpak van het onderzoek is weergegeven in figuur 1.

FIGUUR 1 PLAN VAN AANPAK



In de eerste fase wordt de beschikbare kennis geïnventariseerd en geëvalueerd door middel van een literatuuronderzoek.

De hierbij bestudeerde relevante literatuur en andere gegevensbronnen zijn onder andere aangedragen door de specialisten op dit gebied bij Tauw en Grontmij en enkele externe deskundigen. Met interviews is de huidige ervaring en kennisbehoefte bij Gemeenten en enkele deskundigen geïnventariseerd. De gesignaleerde leemten in kennis zijn aan deze kennisbehoefte getoetst.

1.5 LEESWIJZER

De onderhavige rapportage beschrijft de resultaten van de eerste fase.

In hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van kwaliteitsaspecten gebaseerd op een literatuurstudie. Hierbij wordt ingegaan op de kwaliteit van regen en afstromend hemelwater en de zuiverende werking van infiltratievoorzieningen. In hoofdstuk 3 wordt verslag gedaan van de enquêtes die gehouden zijn bij gemeenten en deskundigen op het gebied van afkoppelen. Op basis van de literatuurstudie en enquêtes worden in hoofdstuk 4 de conclusies en aanbevelingen geformuleerd.

2

KWALITEITSASPECTEN BIJ INFILTRATIE

2.1 INLEIDING

Met een literatuuronderzoek is recente kennis verzameld over de kwaliteit van regenwater en afstromend hemelwater, het gedrag van de contaminanten in infiltratievoorzieningen en de risico's ervan voor de bodemkwaliteit, grond- en oppervlaktewaterkwaliteit. Specifiek is gekeken naar de wijze, waarop de diverse type infiltratievoorzieningen van elkaar verschillen ten aanzien van het kwalitatieve functioneren. Hierbij zijn de volgende infiltratievoorzieningen onderscheiden:

- 1 bovengrondse infiltratievoorzieningen: wadi's;
- 2 ondergrondse infiltratievoorzieningen: infiltratiekratten, -koffers, -riolen;
- 3 doorlatende verharding: poreuze stenen, stenen met infiltrerende voegen, grasmatten.

In § 2.2 en § 2.3 wordt een overzicht gegeven van de kwaliteit van regenwater en afstromend hemelwater. Hierna wordt in § 2.4 ingegaan op de zuiverende werking van de verschillende type infiltratievoorzieningen. Lopende het literatuuronderzoek is een internationale database voor infiltratievoorzieningen bestudeerd. Deze wordt apart behandeld in § 2.5. Afsluitend wordt in § 2.6 ingegaan op de risico's.

2.2 KWALITEIT REGENWATER

Het afstromende hemelwater heeft van oorsprong de kwaliteit van regenwater. De concentraties van opgeloste stoffen (ionen) is hierin laag met natrium en chloride als belangrijkste componenten. Echter, door diffuse luchtverontreiniging komen verontreinigingen in de vorm van natte en droge depositie op het aardoppervlak terecht. In natuurgebieden zorgt deze "achtergronddepositie" voor verzuring en vermesting (NO_x , NH_3 , SO_2). De achtergronddepositie kan ook kwaliteitsproblemen geven in onbelaste oppervlaktewateren zoals meren en vennen door de aanwezigheid van organische microverontreinigingen zoals bestrijdingsmiddelen, dioxines en PAK's.

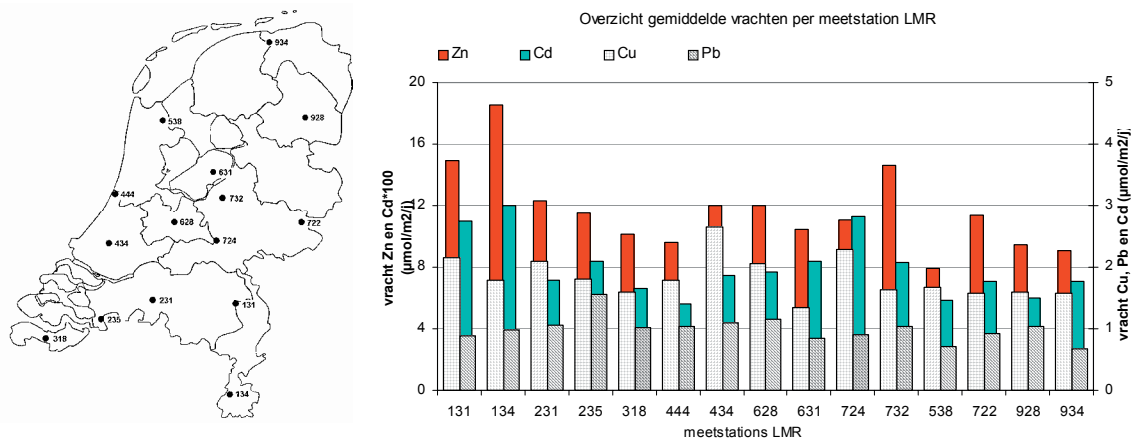
De natte depositie wordt in Nederland met het Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling (LMR) gemonitord. Met het LMR, dat door het RIVM wordt beheerd, worden maandelijks op 15 locaties in Nederland de concentraties in de neerslag gemeten van enkele macrocomponenten en zware metalen. Omdat het wet-only vangers zijn, zijn de gegevens slechts representatief voor de natte depositie. Doordat de apparatuur buiten het stedelijk gebied is geplaatst zijn de gegevens van het LMR representatief voor landelijk gebied en niet voor stedelijk gebied. Invloeden van stedelijk gebied en industrieën zijn echter op enkele meetlocaties meetbaar.

In figuur 2.1 zijn de gemiddelde jaarvrachten van enkele zware metalen weergegeven zoals gemeten in de meetstations van het LMR. Uit figuur 2.1 blijkt dat er belangrijke regionale verschillen zijn.

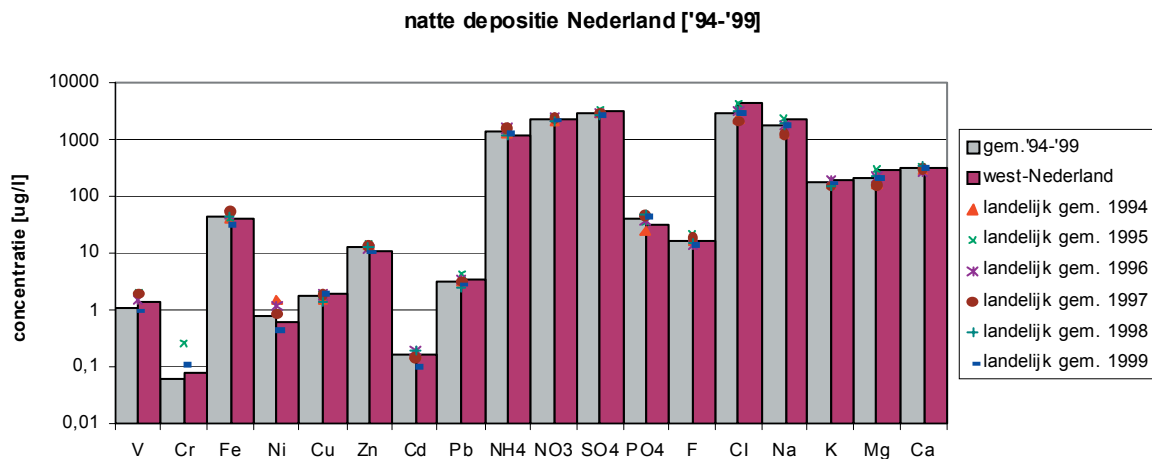
Een relatief hoge depositie met zware metalen vinden we in Limburg (station 131 en 134) en lage depositie in het noorden en noordoosten (stations 934, 928 en 538).

In figuur 2.2. wordt een overzicht gegeven van de landelijk gemiddelde samenstelling zoals die met het LMR wordt gemeten. Uit het verloop van LMR-gegevens lijkt het erop dat de natte depositie vanaf de 90-er jaren minder zware metalen bevat. Dat de kwaliteit van het regenwater voor diverse componenten (stikstof, zwavel, vluchtige organische stoffen) vanaf de negentiger jaren in lichte mate is verbeterd, kan uit de nationale milieubalans worden geconcludeerd (RIVM 2004). De verbetering stagneert echter zodanig, dat de doelen voor emissiereductie waarschijnlijk niet worden gehaald.

FIGUUR 2.1 LANDELIJK OVERZICHT NATTE DEPOSITIE ZWARE METALEN (LMR)



FIGUUR 2.2 GEMIDDELTE SAMENSTELLING NATTE DEPOSITIE IN NEDERLAND EN WEST-NEDERLAND (TAUW 2003)



Het meten van de natte depositie kan relatief eenvoudig geschieden door de concentratie in de neerslag te meten. Het meten van de droge depositie of van de totale (natte + droge) depositie is minder eenvoudig en levert vaak matig betrouwbare resultaten. De verzamelde gegevens over de natte en droge depositie zijn samengevat in tabel 2.1.

Uit spaarzame literatuurgegevens wordt geconcludeerd dat voor zware metalen het aandeel van de droge depositie ten opzichte van de totale depositie varieert van < 1 tot 34 % (J.W. Erismann et al, 2003). Voor PAK lijkt het aandeel van de droge depositie in de totale depositie duidelijk hoger (TNO 2002, Grontmij en ECN 2004).

TABEL 2.1

KWALITEIT ATMOSFERISCHE DEPOSITIE EN AFSTROMEND HEMLWATER VERSCHILLENDE GEGEVENSBRONNEN

stof	atmosferische depositie (achtergrond)				afstromend hemelwater				rioolwater			
bron	LMR ^a	LMR ^b	TNO ^c	TNO ^c	stad ^e	daken ^e	wegen ^e	prov weged ^d	woonwijk ^e	markt ^e	busstation ^e	parkeert ^e
periode	93 t/m '02	2000	2000-01	2000-01	na 1989	na 1989	na 1989	2002	na 1989	1989	1989	1989
opm.	967 mm	967 mm	900 mm*	900 mm*	verhoogd	gemiddeld	gemiddeld	runoff	gemiddeld	mediaan	mediaan	mediaan
vorm	nat	nat	nat	nat + droog	nat ?	totaal ?	totaal ?	opgelost	totaal ?	totaal ?	totaal ?	totaal ?
µg/l	0.15	0.15			0.71	0.93	0.75		8.81			4.35
As (arsen)												
Cd (cadmium)	0.16	0.09			0.22	0.37	0.75		0.25			1.24
Cu (koper)	2.4	2.1			14.51	39.98	42.6	22.7	66.7			32
Ni (nikkel)	0.5	0.4			1.3	3.3	6.2	1.9	5.0			14.0
Pb (lood)	4	3			8	260	32	4	22			67
Zn (zink)	14	9			41	617	165	112	220			492
glyfosaat												
dichlobenil				0.27								
Naphtalene			0.01	0.22								
Phenathene			0.04	0.74	0.06	0.18	0.65	0.10	0.08			
Anthracene			0.08	0.89	0.06	0.04	0.2	0.12	0.16			
Fluoranthene			0.01	0.05	-0.01	0.01	0.06	0.004	0.02			
Benzo(a)anthracene			0.07	0.32	0.12	0.09	1.32	0.07	0.41			
Chrysene			0.01	0.01	0.03	0.02	0.33	0.02	0.09			
Benzo(b)fluoranthene			0.03	0.04	0.04	0.03	0.57	0.03	0.15			
Benzo(a)pyrene			0.03	0.05	0.02	0.02	0.21	0.03	0.06			
Benzo(ghi)perylene			0.01	0.02	0.03	0.03	0.36	0.03	0.09			
Indeno(123-cd)pyrene			0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.13			
Acenaphthene			0.01	0.02	0.03	0.03	0.3	0.02	0.13			
Fluorene			0.00	0.23	0.01	0.01		0.03	0.49			
Pyrene			0.01	0.44	0.01	0.01		0.02	0.01			
Benzo(k)fluoranthene			0.05	0.18	0.03	0.03		0.05	0.02			
Dibenz(ah)anthracene			0.02	0.03	0.02	0.03		0.02	0.16			
Acenaphthylene			0.00	0.00	0.01	0.01		0.01	0.02			
PAK-totaal			0.00	0.02				0.02				
Cl		2.0			0.57	0.03	0.92	0.50	3.47	5	2.4	
P (fosfor)		0.01						488				
NH ₄ (ammonium)		1.0							0.3			
NO ₃ (nitraat)		0.5						1.6	1.6			
N-Kj									0.86			
zwevend stof								102	3.33			
BZV												
CZV									11.8			
olie									103.9			
								2.6				

*Vrachten (mg/m²) omgerekend uitgaande van een neerslaghoeveelheid van 900 mm

a) RIVM 2003, Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling, meetgegevens sporemetalen 1993 t/m 2002 (dataset A. Stolk RIVM).

b) Stolk, A.P. 2001; Landelijk meetnet Regenwatersamenstelling, Meetresultaten 2001. RIVM-rapport 723101 057 / 2001

c) Duyzer, J.H. en A.W. Vonk 2002; "Atmosferische depositie van pesticiden, PAK en PCB's in Nederland. TNO-rapport R2002/606.

d) Grontmij/ECN (2003), "Run-off en verwaaiing bij provinciale wegen, onderzoek naar risico's voor bodem en water en richtlijnen voor weg- en waterbeheer".

e) Taaw 2002. Overzicht samenstelling afstromend regenwater, wRw, verzameld onderzoek op diverse locaties in Nederland.

2.3 KWALITEIT VAN AFSTROMEND HEMELWATER

Door afstroming over verhard oppervlak, komen er diverse verontreinigende stoffen bij, onder andere door uitlogende bouwmaterialen, verkeersemisies, onkruidbestrijding en andere (particuliere) lozingen op straat. Door de afstroming worden niet alleen de concentraties van verontreinigen verhoogd, maar verandert ook de macrosamenstelling, zuurgraad en verhouding tussen opgelost/zwevend organische stof en slib. Het water blijft wel oxisch.

De kwaliteit van afstromend hemelwater is op diverse locaties en voor diverse omstandigheden onderzocht in Nederland. In tabel 2.2 wordt een overzicht gegeven van de projecten die in de literatuur worden genoemd.

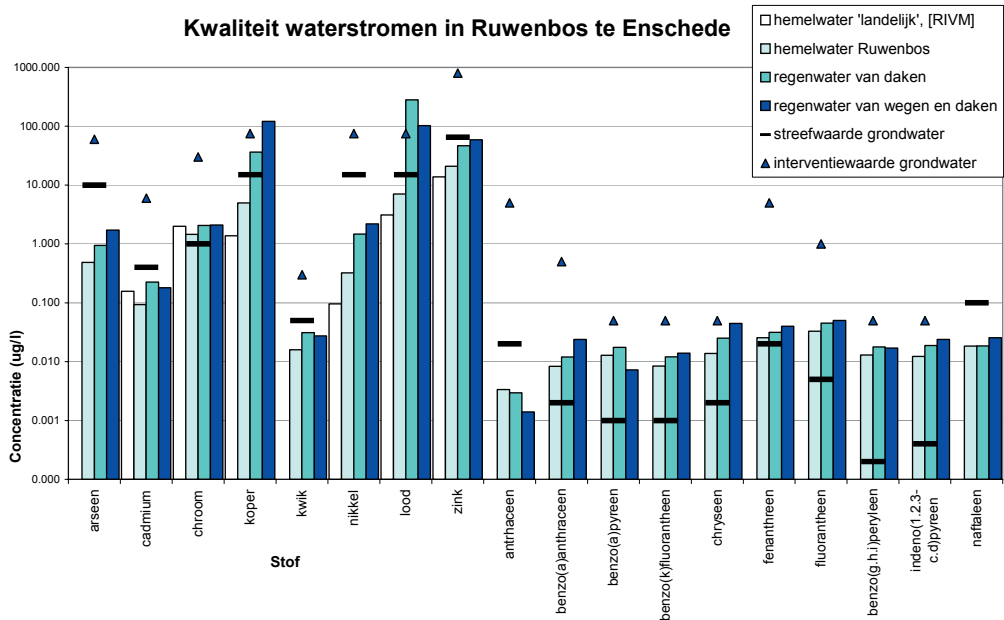
In tabel 2.1 is naast de achtergronddepositie een overzicht gegeven van de concentraties in afstromend hemelwater. Een groot deel van de meetresultaten van de projecten die in tabel 2.2 zijn aangegeven zijn in tabel 2.1 verwerkt. Gegevens van jaarvrachten zijn omwille van de vergelijking omgerekend naar concentraties door te delen door de hoeveelheid jaarlijkse neerslag.

TABEL 2.2 OVERZICHT ONDERZOEKEN AFSTROMEND REGENWATER

locatie	periode	literatuur	bemonstering	type verhard oppervlak	parameters
Enschede, wijk Ruwenbos	1999-2002	Tauw	4 x jaar	dak + wegen	zware metalen, PAK, aromatische en chloorhoudende koolwaterstoffen, sulfaat, chloride en olie
Zwolle, wijken Geren en Schellerhoek	1994-1998	Tauw	6	dak + wegen	zware metalen, PAK, aromatische en chloorhoudende koolwaterstoffen, sulfaat, chloride en olie
Snelweg A7 en A9	1996	Berbee	2 x 4	snelweg (2) DAB en ZOAB	zware metalen
Hoofdweg Lelystad	1984-1985	v.d. Ven	9-11	snelweg	71 waterkwaliteit parameters
Leidsche Rijn	1996-1997	IBU	38-40	wegen (3)	80 waterkwaliteit parameters
Deventer woonomgeving en bedrijventerrein	1986-1987	NWRW	1	daken (3), wegen (4), divers (5), bedrijventerrein (13)	BZV, CZV, N-Kj, zwevende stof, PAK, zware metalen, chloorfenolen, vluchtige aromatische en gechlorerde koolwaterstoffen, pesticiden, PCB
Noord- Zuid-Holland, 6 provinciale wegen	1998-1999			runoff en verwaaiing provinciale wegen DAB	zware metalen, pH, SS, CI, PAK(10), minerale olie
A'dam Erasmusgracht					
CIW-rapport, diverse wegen	2003	CIW		diverse typen wegen	zwevend stof, NOx, Kj, -N, CZV, BZV, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Olie, PAK
Houten	2001	Grontmij en ECN	1	daken + woonstraten	zwevend stof, pH, EGV, DOC, macro-ionen, zware metalen, PAK-16 epa
Utrecht, 2 provinciale wegen	2001-2002	Grontmij en ECN	14 x	runoff en verwaaiing DAB-wegen	zwevend stof, pH, EGV, DOC, macro-ionen, zware metalen, PAK-16 epa
Den Bosch, De Vliert	2003	Haskoning		hemelwater, afstromend regenwater	PAK, zware metalen
Amsterdam Noord	juni 2003	DWR		Zinkemissie uit zinken dakgoten	zware metalen
Amsterdam, Leiden	maart 2001	Stichting Reinwater		directe lozingen, beïnvloeding regenwaterkwaliteit door toepassing bouwmaterialen op daken	zware metalen

Een vergelijking van de atmosferische depositie en kwaliteit van afstromend regenwater is vaak niet mogelijk omdat deze niet op de zelfde locatie of omstandigheden zijn gemeten. Een uitzondering zijn de metingen bij een wadi in Enschede zoals weergegeven in figuur 2.3.

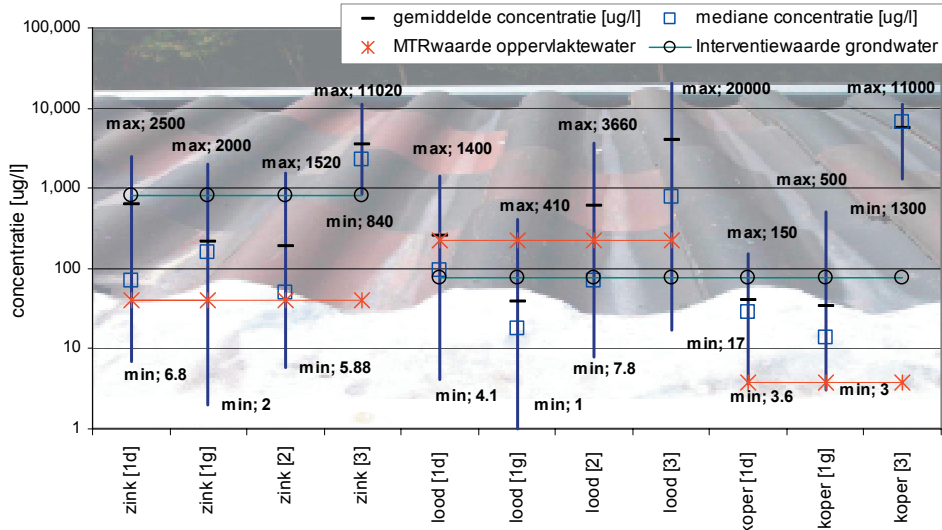
FIGUUR 2.3 KWALITEIT ATMOSFERISCHE DEPOSITIE (HEMELWATER) EN AFSTROMEND HEMELWATER ENSCHEDE



Bij de interpretatie van figuur 2.3 dient te worden bedacht dat de metingen van het landelijke hemelwater alleen de opgeloste contracties betreffen.

In de meeste projecten is de bandbreedte van gemeten concentraties groot. In figuur 2.4 zijn deze bandbreedtes voor afstromend regenwater weergegeven voor zink, koper en lood. Voor deze zware metalen worden vaak bronmaatregelen verlangd. De MTR voor oppervlaktewater alsmede de interventiewaarden voor grondwater worden veelvuldig overschreden.

FIGUUR 2.4 BANDBREEDTES METAALCONCENTRATIE AFSTROMEND HEMELWATER DIVERSE ONDERZOEKEN;
[D:] DAKEN EN [1G] (WRW 2003)
[2] ZINKEN DAKGOOT HEGGERANKWEG A'DAM (DWR 2003)
[3] DIVERSE METINGEN VERHARDE DAK-OPPERVLAKKEN IN A'DAM, LEIDEN, UTRECHT EN MAASTRICHT (STICHTING REINWATER 2000)



De bandbreedtes in figuur 2.4 zijn gebaseerd op de recente meetresultaten (315 metingen) verricht op diverse locaties in Nederland (wRw, 2003, DWR 2003 en Stichting Reinwater 2000). Dat deze concentraties ook op een locatie sterk uiteen kunnen lopen blijkt uit de bandbreedte bij een zinken dakgoot aan de Heggerankweg (Amsterdam). De grootste recente uitschieters zijn gemeten door de Stichting Reinwater. Bij deze meetronde werd bij een woonhuis (titaanzenken dak) een zinkconcentratie van 11.020 ug/l gemeten. De hoogste loodconcentratie van 22.000 ug/l is gemeten in het afstromend regenwater van het met lood beklede dak (loden dakgoten en loodslabben) van de Nicolaaskerk in Amsterdam. De hoogste koperconcentratie is gemeten in het afstromend regenwater (11.000 ug/l) van het platina-koperen gevelbekleding van het techniekmuseum 'New Metropolis' in Amsterdam. De laatst genoemde concentraties zijn echter excessen die vergelijkbaar zijn met emissies van enkele industrieterreinen (Tauw>D 2004).

Afgaande op de verzamelde informatie, die is samengevat in tabel 2.2 en de figuren 2.1 t/m 2.4, worden de volgende algemene conclusies getrokken:

Hoe groot is de bijdrage van atmosferische depositie?

Duidelijk is dat de achtergronddepositie (de natte + droge depositie) al een aanzienlijk aandeel levert in de totale verontreinigingsgraad van afstromend hemelwater. In stedelijke gebieden kan door het intensieve wegverkeer de atmosferische depositie duidelijk verhoogd zijn ten opzichte van de depositie in landelijk gebied.

Grote verschillen:

Het gehalte aan verontreinigingen in afstromend hemelwater is afhankelijk van veel factoren, die veelal sterk van plaats tot plaats verschillen. Hierdoor vertonen de concentraties in afstromend hemelwater een grote bandbreedte. Ook de range van de gemeten concentraties per locatie is erg groot.

Zijn de verontreinigingen opgelost of gebonden aan zwevend stof?

Bij veel monitoringrapportages is niet duidelijk of de metingen van afstromend hemelwater representatief zijn voor alleen de opgeloste fase of de totale gehalten aan verontreinigingen. Meestal is ook niet de verdeling ervan gemeten. Dit is van belang omdat ten eerste de risico's vooral afhangen van de opgeloste concentraties. Op de tweede plaats is de verhouding tussen opgelost en gebonden aan zwevend stof veelal sterk bepalend voor het kwalitatieve functioneren van een infiltratievoorziening.

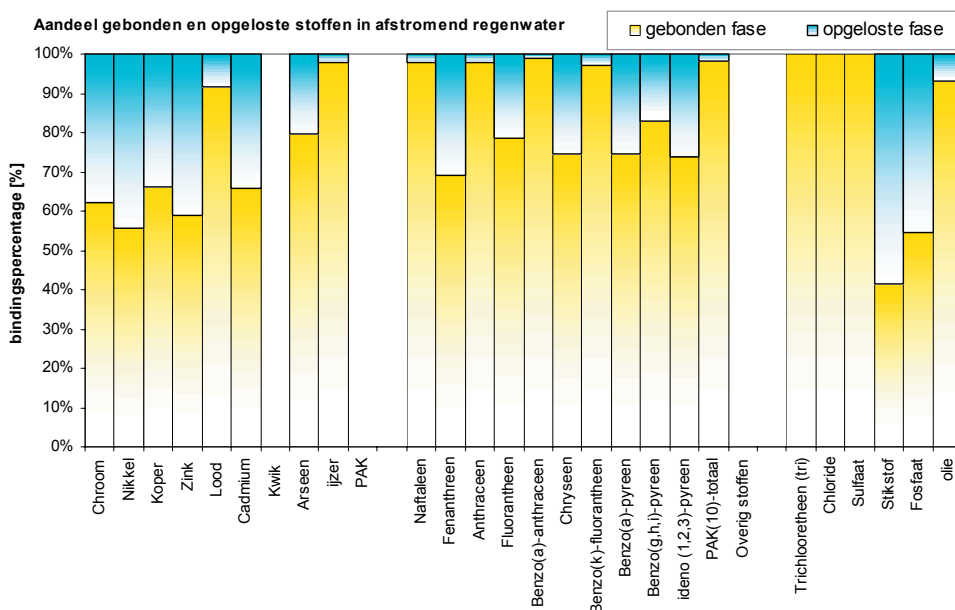
In figuur 2.5 wordt voor afstromend hemelwater een overzicht gegeven van het bindingspercentage (gebonden aan zwevend stof of in oplossing) per stof.

Deze gegevens zijn door Tauw (2003) bepaald aan de hand van resultaten van verschillende nationale onderzoeken. Op basis van de beschouwde gegevens wordt dit aandeel in afstromend hemelwater voor zware metalen gemiddeld geschat op 72 % (range 24 à 99 %) en voor PAK gemiddeld op 86 % (50 à 99 %). Dit beeld wordt globaal bevestigd door de gegevens over de atmosferische depositie en runoff bij provinciale wegen (zie tabel 2.1) en internationale literatuur. Het in figuur 2.5 aangegeven aandeel van de droge depositie is voor stikstof en fosfor grofweg de helft.

Dit aandeel zal waarschijnlijk sterk afhangen van de aanwezigheid van meestromend organisch materiaal. Bedacht moet worden dat de zuiverende werking van voorzieningen, waarbij zwevende bestanddelen worden afgevangen niet alleen afhangt van de verdeling tussen opgelost en gebonden aan zwevend stof van het influent.

FIGUUR 2.5

BINDING VAN VERONTREINIGINGEN AAN DEELTJES (TAUW, 2003)



Hoe verontreinigd is runoff en verwaaiing van verkeerswegen?

Van wegdek met een dicht oppervlak (DAB) blijkt wegwater af te stromen met hogere gehalten aan zware metalen, PAK en minerale olie dan van wegvakken met een open structuur zoals ZOAB. Dit heeft met name te maken met het feit dat van DAB hogere gehalten aan zwevend stof afstromen en de daarbij gebonden verontreinigingen. Bij een open structuur zoals bij ZOAB en doorlatende verhardingen blijven de gebonden verontreinigingen met name achter in de open verhardingsstructuur. Langs rijkswegen levert het wegmeubilair tot een relatief hoge belasting met zink en lood.

Uit de onderzoeken blijkt dat er geen of nauwelijks verband bestaat tussen de verontreinigingsgraad en de verkeersintensiteit. De runoff en verwaaiing is zodanig verontreinigd met zware metalen, PAK en minerale olie, dat het risico's kan geven voor kleine geïsoleerde oppervlaktewateren (overschrijding MTR) en ondiep grondwater (overschrijding streefwaarde). In een open gebied reikt de verwaaiing veel verder dan veelal werd aangenomen. Dit bevestigt de verhoogde atmosferische depositie in gebieden met veel verkeer. In bosgebieden reikt de verwaaiing veel minder ver, maar is daarentegen de belasting door runoff relatief hoog.

Wat weten we over opgelost organische stof (DOC) en zuurstofverbruik?

Metingen van DOC in afstromend hemelwater zijn erg beperkt, slechts de metingen van de NWRW uit 1989 en het onderzoek van Grontmij te Houten (2001) geven hier enig inzicht in. DOC is naast de zuurgraad wel sterk van invloed op de verspreiding van verontreinigingen naar ondiep grondwater. Metingen van het zuurstofverbruik (BZV/CZV) zijn wel dikwijls in de monitoring opgenomen. Echter, dit geeft maar weinig informatie omdat dan nog niet duidelijk is welke componenten hieraan bijdragen (gereduceerde opgeloste verbindingen zoals ijzer en mangaan, vast en opgelost organische stof en andere).

En bestrijdingsmiddelen?

Van bestrijdingsmiddelen zijn erg weinig meetgegevens bekend. In tabel 2.1 zijn wel wat recent gepubliceerde gegevens opgenomen voor atmosferische depositie. Volgens onze informatie zijn er in Nederland de laatste jaren wel metingen van bestrijdingsmiddelen in afstromend hemelwater en rioolwater verricht, maar de resultaten ervan zijn ons niet bekend.

Een moeilijkheid bij de interpretatie ervan is dat er wel gebruiksgegevens van gemeentes of andere overheden kunnen worden achterhaald, maar het mogelijke gebruik door particulieren niet of nauwelijks. Uit metingen in gebieden waar gemeentes geen middelen hadden gebruikt, bestaat de indruk dat het gebruik door particulieren tot significante verontreinigingen in afstromend hemelwater en/of rioolwater heeft geleid.

Geven gemiddeldes voldoende inzicht?

In tabel 2.1 zijn omwille van het overzicht de gemiddelde of mediane waarden gegeven van de diverse onderzoeken. In de meeste onderzoeken naar de kwaliteit van afstromend hemelwater is de range van de gemeten concentraties op een bepaalde plaats of wijk erg groot. Voor stoffen die vaak onder de detectielimiet worden gemeten, zijn mediane waarden in het algemeen representatiever dan het rekenkundig gemiddeld. Voor berekeningen wordt als schatting vaak als invoer de halve detectielimiet als waarde meegenomen. Voor het kwalitatieve functioneren van infiltratievoorzieningen zijn pieken minder bepalend dan de jaarlijkse belasting (vrachten). Het afleiden van vrachten uit metingen is echter complex en is vrij onzeker wanneer niet zeer frequent door de seizoenen heen is gemeten. Ook zijn de kenmerken van het rioolstelsel en verhard oppervlak alsmede de buikarakteristieken, die bemonsterd zijn niet voldoende bekend. Vrachten zijn dan ook meestal niet in de onderzoeken afgeleid.

2.4 ZUIVERENDE WERKING INFILTRATIEVOORZIENINGEN

De zuiverende werking van een infiltratievoorziening wordt in enkele gevallen in de praktijk gemeten. De meetprogramma's en de specifieke situaties wijken vaak per onderzoekslocatie sterk af van elkaar waardoor het moeilijk is algemene conclusies te trekken uit de verschillende meetresultaten.

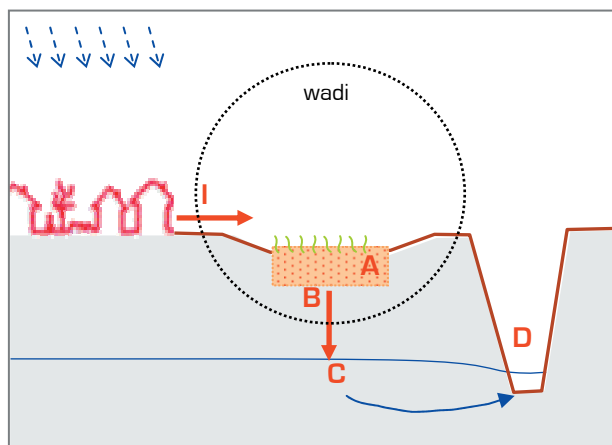
In onderstaande paragrafen wordt in het kort ingegaan op het kwalitatief functioneren van de verschillende infiltratievoorzieningen.

2.4.1 BOVENGRONDSE INFILTRATIEVOORZIENINGEN

Wanneer afstromend hemelwater in een bovengrondse infiltratievoorziening wordt geleid, verandert de samenstelling ervan door de bodempassage en de diverse fysisch-chemische stoftransportprocessen in de bodem (zie kader). Het principe van de werking van een bovengrondse infiltratievoorziening, in Nederland veelal aangeduid als wadi, is weergegeven in figuur 2.6.

FIGUUR 2.6

SCHEMATISCHE WEERGAVE WERKING BOVENGRONDSE INFILTRATIEVOORZIENING



Het infiltrerende water (I) wordt effectief gezuiverd, doordat onopgeloste vuildeeltjes worden gefilterd en de opgeloste verontreinigingen aan de bodem worden gebonden (adsorptie) en organische stoffen deels worden afgebroken in de humeuze toplaag (A). Ook verdwijnt een klein deel van de verontreinigingen door gewasopname wanneer de begroeiing (bv. maaisel) wordt afgevoerd. Na passage van de bovengrond (toplaag) van de voorziening, kan het uitspoelende water (B) zich verder verspreiden naar het omringende grondwater (C) en via de grondwaterstroming naar nabij gelegen oppervlaktewater. Snellere routes naar het oppervlaktewater treden op als de ondergrond weinig doorlatend is (klei/veen) en het uitspoelende water via een drain naar het oppervlaktewater wordt geleid. Ook worden vaak overstortvoorzieningen in wadi's aangebracht, waardoor bij hevige regenval en/of onvoldoende infiltratiecapaciteit het afstromende water direct (zonder bodempassage) naar het oppervlaktewater afstroomt.

Kader fysisch-chemische stoftransportprocessen bij infiltratie.

Advectief transport Dit is de verplaatsing van opgeloste stoffen met het stromende grondwater. In het geval van wadi's is dit dus het infiltrerende hemelwater door de toplaag naar de onderliggende bodem (en grondwater).

Adsorptie en desorptie Hierdoor wordt een deel van de stoffen gebonden aan de vaste fase (vaste bodemdeeltjes). De stoffen bewegen dan belangrijk trager door de bodem als het water. Belangrijke adsorptieprocessen zijn de binding aan (in afnemende volgorde) organische bestanddelen, metaaloxiden en kleideeltjes. Deze binding wordt sterk bepaald door de pH en de adsorptiecapaciteit van de bodem. De adsorptie kan worden verhoogd door toevoeging van ijzeroxides of organische stof. In zure bodems ($\text{pH} < 6$) wordt de adsorptie bevorderd door te bekalken. De aanwezigheid van veel zouten (bijvoorbeeld strooizout) leidt tot complexvorming, waardoor verontreinigingen minder effectief worden geadsorbeerd. Adsorptie is in principe reversibel, hetgeen inhoudt dat bij veranderende omstandigheden (bijvoorbeeld verzuring) stoffen weer in oplossing kunnen komen. Deze desorptie kan voor zware metalen en nutriënten, die van nature en door bemesting aanwezig zijn in bodems, snel leiden tot een negatief zuiveringsrendement.

Transport via DOC Wanneer het infiltratiewater of het bodemvocht veel opgelost organische stof (DOC) bevat, neemt de effectieve adsorptie aan de vaste bodem sterk af. Dit komt doordat veel verontreinigingen ook preferent aan DOC hechten maar DOC zelf in de bodem mobiel kan zijn en met name in ondiepe bodems niet of weinig wordt afgebroken. Het kan daarom gunstig zijn maaisel en bladval af te voeren omdat dit door rotting veel DOC kan geven.

Afbraak Organische verontreinigingen kunnen in de bodem significant worden afgebroken. Deze afbraak verschilt sterk per type verontreiniging en is sterk afhankelijk van de verblijftijd in de bodem en aan/afwezigheid van zuurstof. In het algemeen is de verblijftijd vrij kort (orde van dagen) en is het bodemvocht redelijk verzadigd met zuurstof. In deze condities breken enkele vluchtige PAK-verbindingen en olie deels af. Nitraat zal niet of nauwelijks afbreken, omdat hiervoor anaërobe condities nodig zijn. De afbraak van bestrijdingsmiddelen is waarschijnlijk door de geringe verblijftijden niet groot. Voor een volledige afbraak ervan zijn wisselende redox-omstandigheden in het algemeen het meest gunstig, omdat sommige middelen in een zuurstofrijk milieu goed afbreken maar de afbraakproducten juist in zuurstofloze condities en vice versa.

Uit de onderzoeken naar de zuiverende werking van stedelijke infiltratievoorzieningen (Tauw 1998, Grontmij 2001, TNO 2002, Grotehusmann, 1995) komt naar voren dat zware metalen, PAK-verbindingen en olie effectief worden gebonden in de bovenste decimeter(s) van bovengrondse infiltratievoorzieningen. De effectieve binding aan de bovenste bodemlaag wordt bevestigd door onderzoeken naar wegbermen waar verontreinigde runoff op vergelijkbare wijze infiltreert als in stedelijke infiltratievoorzieningen (CIW 2002, Grontmij en ECN 2003, Tauw 2002). Door de effectieve binding zullen zware metalen in de bodem accumuleren. Voor organische verontreinigingen is dit minder omdat deze ook deels zullen afbreken. Door de accumulatie kunnen in de ondiepe bodem normen voor bodemverontreiniging incidenteel worden overschreden, met name ten aanzien van PAK en zink.

De uitspoeling naar het ondiepe grondwater of een onderliggende drain is gering door de sterke binding aan de ondiepe bodem. Dit is een belangrijk aspect van het kwalitatieve functioneren, omdat via het grondwater of drainage de verontreinigingen zich kunnen verspreiden naar het diepere grondwater of de nabijgelegen oppervlaktewateren. Door de accumulatie en het neerwaartse transport van water kunnen de verontreinigingen zich steeds iets verder naar de diepte verplaatsen, waardoor de uitspoeling op termijn toeneemt. Over de termijn waarop de uitspoeling sterk toeneemt worden sterk wisselende conclusies gemeld. In theorie zou deze doorslag pas na honderden jaren kunnen plaatsvinden, maar uit praktijkonderzoek blijkt dat de uitspoeling weliswaar gering is maar toch enkele tot tientallen procenten ten opzichte van de belasting bedraagt.

Uit diverse onderzoeken blijkt dat de kwaliteit van ondiep grondwater in de omgeving van infiltratievoorzieningen niet significant verontreinigd is ten opzichte van landelijke streefwaarden. Deze streefwaarden geven een indicatie voor achtergrondgehalten, maar veelal ontbreekt kennis over regionale achtergrondgehalten die representatief zijn voor niet vervuild ondiep grondwater. Vooral voor zware metalen kan dit sterk per regio verschillen, omdat deze van nature in het grondwater voorkomen en de gehalten sterk afhangen van locatiespecifieke stroming en bodemchemie.

Over de verspreiding in bovengrondse infiltratievoorzieningen worden in de literatuur de volgende specifieke invloedsfactoren genoemd:

- een hogere organische stoffractie in de bodem geeft een hoger verwijderingsrendement, maar dan alleen als ook de infiltratiecapaciteit voldoende blijft. Toplagen van wadi's bevatten vaak organische stof door toevoeging van humus en natuurlijke aanrijking. Ondanks een vrij schrale aanleg van een wadi-bodem zal het organisch stofgehalte daarvoor vrij snel oplopen tot enkele procenten, hetgeen voldoende bindingscapaciteit biedt om de verontreinigingen lang vast te houden;
- een deel van de verontreinigingen van dakwater kunnen tijdens de afstroming bezinken en komen daardoor niet in de infiltratievoorziening;
- anionen zoals Cl⁻ kunnen complexerend werken en daardoor het adsorptiegedrag beïnvloeden, maar de invloed ervan is gering ten opzichte van andere factoren (adsorptiecapaciteit, DOC, pH);
- organische verontreinigingen zoals PAK's en minerale olie worden sterk aan bodems geadsorbeerd. Ook worden zij (deels) afgebroken, vooral in zuurstofrijke condities en bij een diffuse immissie. De afbraaksnelheid van deze verbindingen neemt af met het aantal aromatische ringen (PAK's) of de ketenlengte en de mate van vertakking;
- doordat verontreinigingen sterk zijn gebonden aan zwevend stof, zullen deze door de filterende werking van de bodem als slib in de bovenste centimeters (bijvoorbeeld de gras-

zode) ophopen. Bedacht moet worden dat slib door de continue infiltratie uit kan logen hetgeen betekent dat de aan het slib gehechte verontreinigingen deels weer in oplossing komen door desorptie.

2.4.2 ONDERGRONDSE VOORZIENINGEN

Er is weinig gemeten aan het zuiveringsrendement van ondergrondse infiltratievoorzieningen. Het zuiveringsrendement is waarschijnlijk minder dan dat van wadi's. In het ongunstigste geval is alleen sprake van filtratie van niet opgeloste stoffen in de ondergrond. Door de aanwezigheid van organische stof in de ondergrond kan het zuiveringsrendement toenemen.

De aanwezigheid van organische stof in het infiltrerende hemelwater zal een positief effect hebben op het vastleggen van zware metalen.

In de praktijk zijn voorbeelden bekend (onder andere gemeente Den Bosch) waarin de ondergrond onder een infiltratieriool wordt verrijkt met actieve koolstof en ijzeroxide om het zuiverend effect van de bodem te vergroten. Over het effect van deze toevoegingen is vooralsnog weinig bekend.

De binding en afbraak in ondergrondse voorzieningen is anders dan in bovengrondse voorzieningen omdat:

- er geen begroeiing is en is dus een andere en geringere biologische activiteit;
- de redoxcondities zullen wisselen (vaker optreden van anaërobe condities), hetgeen sterk van invloed is op de mobiliteit van metalen;
- het contactoppervlak met bodemmateriaal of ander adsorberend materiaal minder groot is.

Naar verwachting zullen door geringere toetreding van zuurstof PAK en olie minder goed afbreken dan in bovengrondse voorzieningen. Aangezien de afstand tot het grondwater bij ondergrondse voorzieningen in de regel kleiner is dan bij bovengrondse voorzieningen kunnen zware metalen sneller uitspoelen naar het grond- of oppervlaktewater. Er zijn ondergrondse infiltratievoorzieningen waar gedurende enkele maanden van het jaar (grond-)water in staat.

2.4.3 DOORLATENDE VERHARDING

Er is weinig gemeten aan het zuiveringsrendement van doorlatende verharding. Het zuiveringsrendement is waarschijnlijk vergelijkbaar met dat van ondergrondse infiltratievoorzieningen. Bij sommige producten is de fundatielaag zo uitgevoerd dat verontreinigingen worden vastgelegd.

Er is één Nederlands rapport gevonden over onderzoek naar de kwaliteitsaspecten van doorlatende verhardingen (IBU, 2000). In dit onderzoek zijn zes proefvakken op twee locaties (parkeerterrein en rustige weg) met een verschillend type doorlatende verharding aangelegd (nokkensteen, structuursteen en Terraway). Op basis van de resultaten van de bodemonderzoeken (cadmium, chroom, koper, lood, nikkel, zink, arseen, kwik, PAK, olie en EOX) volgt dat de toepassing van doorlatende verharding geen nadelige invloed had op de bodemkwaliteit, net als bij bovengrondse voorzieningen. Er is geen onderzoek gedaan naar de grondwaterkwaliteit.

In het artikel 'Use of permeable, reservoir pavement constructions for stormwater treatment and storage re-use' (Pratt, 1999) wordt ingegaan op het gebruik van doorlatende verharding in combinatie met ondergrondse berging. De kwaliteit van het water (geleidingsvermogen, alkaliteit en pH) in de berging blijkt veelal afhankelijk van het type steen in de ondergrondse berging.

Uit een tweejarige meting en laboratoriumonderzoek volgt dat olie en vetten in de berging worden vastgehouden en afgebroken. Of dit ook voor de lange termijn het geval is wordt nader onderzocht bij een jeugdherberg met een dergelijke voorziening onder een parkeerplaats. Ondanks dat in dit onderzoek geen influent is gemeten, geven de lage effluentconcentraties de indruk dat de doorlatende verharding een belangrijke zuiverende werking kan hebben.

In het artikel 'Infiltration opportunities in parking lot designs reduce runoff and pollution' (Rushton, 2002) wordt de kwaliteit van het regenwater en bodem beschreven voor een parkeerplaats met de volgende situaties:

- asfalt parkeerplaats;
- asfalt parkeerplaats met infiltratie/afvoergreppel;
- betonnen parkeerplaats met infiltratie/afvoergreppel;
- doorlatende verharding met infiltratie/afvoergreppel.

Er zijn geen metingen verricht van de grondwaterkwaliteit. De belangrijkste conclusies uit dit onderzoek zijn:

- de runoff van asfalt en betonnen parkeerplaatsen met een infiltratie/afvoergreppel bedraagt 30% van de totale neerslag. Voor doorlatende verharding bedraagt deze 16%;
- verontreinigingen in het afstromend regenwater worden het beste verwijderd bij doorlatende verhardingen met een grote infiltratiegreppel. Gemiddeld is het verwijderingspercentage 80% (verschil concentratie runoff en afvoer naar oppervlaktewater);
- de concentratie van fosfor en stikstof neemt echter toe na het passeren van de begroeide greppels;
- er is geen consistent beeld over de ophoping van metalen in de bovenste bodemlaag door de tijd heen;
- bodemonsters geven aan dat asfalt een bron is van de aangetroffen metalen (ijzer, mangaan, lood, koper en zink). In twee jaar tijd is het gehalte stikstof-kjeldahl en fosfor sterk toegenomen. PAK's werden in zeer hoge concentraties aangetroffen.

2.5 INTERNATIONALE DATABASE INFILTRATIEVOORZIENINGEN

Lopende het literatuuronderzoek is een internationale website gevonden waarop kennis wordt verzameld over de werking van infiltratievoorzieningen. Op deze website (<http://www.bmpdatabase.org>) is een database te vinden met daarin samenvattingen van meer dan 500 onderzoeken naar de werking van verschillende systemen om regenwater op te vangen en te zuiveren. Gezocht kan worden op type voorziening, kwaliteitgegevens, grootte van het gebied, hoeveelheid afstromend regenwater en dergelijke. De database is opgezet om vanuit de EPA (United States Environmental Protection Agency) kennis te bundelen en hiermee bij te dragen aan de "Best Management Practise" voor de behandeling van (afstromend) hemelwater.

In de database worden de volgende infiltratievoorzieningen onderscheiden:

engelse term	vertaling
biofilter - grass swale	infiltratiegreppel (met gras)
detention basin (dry) - surface grass-lined basin that empties out after a storm	infiltratieveld (met gras)
filter - geotextile fabric membrane (vertical)	filter met geotextiel (geen berging)
filter - other media	filter met overige materialen (geen berging)
filter - peat mixed with sand	filter met organisch materiaal (geen berging)
filter - sand	filter met zand (geen berging)
infiltration (percolation) trench	ondergrondse infiltratiesleuf, wadi
porous pavement - asphalt	doorlatende verharding, asphalt
porous pavement - poured concrete	doorlatende verharding, beton

Naast deze categorieën worden ook afscheiders en diverse helofytenfilters onderscheiden. Deze zijn in dit rapport buiten beschouwing gelaten.

In 2000 is getracht een uitspraak te doen over de effectiviteit van de verschillende BMP's in de database. Van de 500 onderzoeken in de database waren 71 geschikt voor statistisch onderzoek naar het effect op de kwaliteit van het water. Gekeken is naar de mate waaraan de voorzieningen voldoen aan de ontwerpeisen, de effectiviteit en de efficiency van een voorziening. Uit deze evaluatie is het volgende geconcludeerd:

- er waren te weinig gegevens per type voorziening om iets te kunnen zeggen over de relatie tussen effectiviteit en andere parameters zoals bijvoorbeeld landgebruik, instroomvolume, ontwerp volume;
- verwijderingspercentages alleen, geven geen goed beeld van de werking van een bepaald type systeem;
- sommige voorzieningen lijken minder effectief omdat de kwaliteit van het instromend water relatief schoon is;
- de kwaliteit van het effluent lijkt een betere maat om de werking van een voorziening te bepalen. Wel moet gekeken worden of de voorziening een statistisch significant positief effect heeft gehad op de waterkwaliteit.

Van alle meetlocaties zijn de gemeten waarden voor circa 30 % statistisch significant verschillend van elkaar (volgens de t-test). In tabel 2.3 is een samenvatting gegeven van het verschil in kwaliteit tussen de waterstroom in de voorziening en de waterstroom uit de voorziening. In bijlage 1 is een overzicht gegeven van het aantal metingen en de concentraties per meetlocatie.

TABEL 2.3 GEMIDDELD GEMETEN IN- EN UITKOMENDE CONCENTRATIES EN ZUIVERINGSRENDEMENT INFILTRATIEGREPPEL EN INFILTRATIEVELD
(- = EFFECTIEVE VERWIJDERING)

parameter	eenheid	infiltratiegreppel			infiltratieveld		
		in	uit	% verschil	in	uit	% verschil
Ammoniak	mg/l N	0,12	0,07	-42,6			
Arcenicum, opgelost	ug/l	1,61	1,64	1,8	0,96	1,25	29,8
Arcenicum, totaal	ug/l	1,33	1,06	-20,0	2,77	2,60	-6,1
BZV	mg/l	5,66	6,07	7,3			
Cadmium, opgelost	ug/l	0,68	0,31	-54,5	0,36	0,40	11,4
Cadmium, totaal	ug/l	0,99	0,39	-60,7	2,21	1,32	-40,4
Calcium, totaal	mg/l	9,58	10,86	13,3			
Koolstof, opgelost	mg/l	20,85	17,65	-15,3	17,08	21,30	24,7
Chloride, totaal	mg/l	9,86	12,18	23,5			
Chroom, opgelost	ug/l	1,01	1,62	61,1	4,65	3,75	-19,4
Chroom, totaal	ug/l	2,60	2,41	-7,5	9,12	6,23	-31,7
CZV	mg/l	7,65	4,11	-46,4	43,66	33,82	-22,5
Koper, opgelost	ug/l	84,07	53,37	-36,5	12,72	14,70	15,6
Koper, totaal	ug/l	14,36	9,03	-37,1	42,21	20,72	-50,9
CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	26,23	12,08	-54,0	38,86	68,10	75,2
Ijzer, totaal	ug/l	27,72	28,90	4,3			
Lood, opgelost	ug/l	653,91	244,11	-62,7	3,60	2,68	-25,5
Lood, totaal	ug/l	16,70	6,22	-62,7	78,56	26,18	-66,7
Magnesium, totaal	mg/l	59,57	14,45	-75,8			
Mangaan, totaal	ug/l	1,08	0,44	-59,0			
Nikkel, opgelost	ug/l	12,59	7,55	-40,1	4,35	4,78	10,0
Nikkel, totaal	mg/l	7,80	2,86	-63,3	9,08	4,96	-45,4
Nitraat + Nitriet	mg/l N	14,84	3,68	-75,2	0,27	0,28	1,7
Nitraat	mg/l N	0,99	0,83	-15,7	1,13	0,89	-21,2
Nitriet	mg/l N	0,56	0,49	-13,1	0,05	0,05	0,0
Stikstof Kjeldahl	mg/l N	0,02	0,02	21,2	2,18	1,96	-9,9
Stikstof-totaal	mg/l N	2,44	1,70	-30,1	1,38	0,89	-35,4
Olie en vet	mg/l	0,97	1,09	12,2	2,69	1,88	-30,3
Ortho-fosfaat	mg/l PO ₄	9,53	2,68	-71,8	0,29	0,25	-11,5
Fosfor, totaal	mg/l	0,08	0,24	208,8	0,85	0,75	-11,8
Kalium, totaal	mg/l	0,23	0,37	61,3			
Natrium, totaal	mg/l	0,25	2,18	758,4			
vaste delen, totaal		0,95	1,13	18,9			
opgeloste vaste delen	mg/l	192,00	109,95	-42,7	94,20	106,30	12,8
Onopgeloste delen	mg/l	77,05	90,84	17,9	115,06	38,26	-66,7
Sulfaat	mg/l	59,15	21,80	-63,1			
Zink, opgelost	ug/l	3,24	3,96	22,2	72,49	64,09	-11,6
Zink, totaal	ug/l	97,57	32,25	-66,9	340,18	122,63	-63,9

Als de kwaliteitgegevens per type voorzieningen worden beschouwd kunnen de volgende zaken worden geconcludeerd:

BOVENGRONDSE VOORZIENING

Voor zware metalen worden zuiveringsrendementen berekend van 30 tot 75%. Voor de stoffen zoals fosfor, ortho-fosfaat, calcium, chloride, kalium en natrium worden hogere concentraties gemeten in het uitstromend water.

ONDERGRONDSE VOORZIENING

Op het gebied van ondergrondse voorzieningen zijn alleen kwalitatieve gegevens beschikbaar voor de verschillende filters.

DOORLATENDE VERHARDING

Op het gebied van doorlatende verharding waren geen kwalitatieve gegevens beschikbaar in de database.

2.6 RISICO'S VOOR BODEM-, GROND- EN OPPERVLAKTEKWALITEIT

Door (licht) verontreinigd afstromend hemelwater te infiltreren kan de bodem, grondwater of oppervlaktewater worden verontreinigd. De risico's die in theorie kunnen optreden zijn:

- humaan of ecologisch risico (overschrijding interventiewaarde bodemsanering toplaag) door inname van gronddeeltjes (hand-mondgedrag kinderen) of verstoring bodemleven;
- humaan risico door consumptie van gewassen wanneer deze ter plaatse van de infiltratievoorziening worden geteeld;
- humaan en/of ecologisch risico in oppervlaktewater (overschrijding zwemwaternormen of MTR) als hier de infiltratievoorziening in uitstroomt;
- ecologisch risico nabijgelegen terrestrische grondwaterafhankelijke natuur;
- diffuse verontreiniging ondiep grondwater (overschrijding streefwaarden)
- diffuse verontreiniging strategische grondwatervoorraden (overschrijding drinkwater-normen diep grondwater);
- beperkte hergebruiksmogelijkheden adsorberend bodemmateriaal door accumulatie verontreinigingen
- verontreiniging bodem en grondwater door calamiteiten of foute aansluitingen.

In tabel 2.4 is indicatief aangegeven welke van deze risico's relevant zijn.

Deze indicatie is gegeven op basis van de beschouwde literatuur en de bij Grontmij en Tauw aanwezige expert kennis.

TABEL 2.4

MOGELIJKE RISICO'S BODEM- EN WATERKWALITEIT INFILTRATIEVOORZIENINGEN

	bovengronds	ondergronds	doorlatende verharding
a) bodemverontreiniging toplaag	! *	nvt	nvt
b) consumptie verontreinigd gewas	g	nvt	nvt
c) overschrijding MTR of zwemwaternorm opp.water	g/K	K/!	K/!
d) bedreiging nabijgelegen terrestrische natuur	g	g	g
e) verontreiniging ondiep grondwater	K*	!	!
f) verontreiniging diep grondwater en drinkwater	g	K /?	K /?
g) beperkt hergebruiksmogelijkheden bodemmateriaal	K*	!	!
h) verontreiniging door calamiteiten / foute aansluiting	K*	!	!

* risico op de lange termijn, afhankelijk van genomen bronmaatregelen

! = reëel risico, K = klein of beheersbaar risico, ? = onbekend, g = geen reëel risico

Het algemene beeld voor de risico's is dat in bovengrondse voorzieningen enkele risico's met zich meebrengen, maar dat deze vooral bij gerichte bronmaatregelen vrij klein zijn en veelal redelijk goed te beheersen. De risico's voor nabij gelegen oppervlaktewater zijn niet uit te sluiten. De risico's bij ondergrondse voorzieningen en doorlatende verhardingen zijn voor grond- en oppervlaktewater groter dan bovengrondse voorzieningen, omdat hier een grotere kans is op calamiteiten en foutieve aansluitingen. Bij ondergrondse voorzieningen geldt ook een groter risico omdat de immissieroute korter is en PAK en olie minder goed afbreken wanneer periodiek minder of geen zuurstof beschikbaar is. Omdat ondergrondse voorzieningen en doorlatende verhardingen geen toplaag hebben, treden geen daaraan gerelateerde risico's op.

3

KENNISLEEMTEN EN –BEHOEFTE

3.1 OPZET ENQUÊTES

Om te achterhalen welke praktijkgegevens bekend zijn op het gebied van kwalitatief functioneren van infiltratievoorzieningen en om te achterhalen waar de actoren het meeste kennisbehoefte hebben, zijn enquêtes gehouden. Onder actoren worden verstaan de gemeenten, (grond)waterkwaliteitsbeheerders, leveranciers van infiltratieproducten en VROM. Tevens zijn deskundigen op het gebied van kwaliteitsaspecten benaderd.

Voor de enquêtes met gemeenten zijn de volgende contactpersonen benaderd:

- de heer Baars gemeente Amsterdam (DWR);
- de heer Koetsier, gemeente Enschede;
- de heer Jansma, gemeente Groningen;
- de heer Teeuwen, gemeente 's-Hertogenbosch;
- de heer Groenland, gemeente Houten.

Bij de interpretatie van de resultaten moet worden bedacht dat in een eerder stadium een meer algemene enquête is gehouden (RIONED 2003). Hierbij hebben een 15-tal gemeentes waar infiltratievoorzieningen zijn aangelegd vragen ingevuld over het ontwerp, beheer en monitoring. Slechts drie hiervan hebben aangegeven kwaliteitsaspecten te monitoren, namelijk 's-Hertogenbosch, Enschede en Houten. Amsterdam en Groningen werden toen niet voor de enquête benaderd.

Om de huidige kennis verder te inventariseren is een apart opgezette enquête ingevuld door de volgende deskundigen:

- de heer Beenen, Stichting RIONED;
- de heer G. Geldof, Tauw;
- de heer G. Bruins, Waterschap Regge en Dinkel;
- de heer E. Jacobs (DWR).

Telefonisch is ook aan diverse andere deskundigen bij RIZA, TNO-MEP en Waterschappen gevraagd naar hun specifieke ervaring en kennis van infiltratievoorzieningen.

In de enquête is specifiek gevraagd naar de praktijkervaringen op het gebied van kwaliteitsaspecten. Onder andere is gevraagd of de kwaliteit wordt gemonitord en wat hiervan de resultaten zijn. Voor de vragenlijsten wordt verwezen naar bijlage 1 en 2 (vragenlijst gemeentes en deskundigen). De belangrijkste resultaten van de enquêtes worden behandeld in paragraaf 3.2 en 3.3.

3.2 HUIDIGE KENNIS EN PRAKTIJKERVARING

Voor de enquêtes zijn die gemeenten geselecteerd waarvan bekend is dat er een monitoringsprogramma is opgesteld. De resultaten van de enquête zijn samengevat in tabel 3.1.

Bedacht moet worden dat er slechts vijf gemeentes zijn benaderd en er door dit geringe aantal geen algemene conclusie uit kan worden afgeleid. Weliswaar zijn er veel meer gemeentes, die infiltratievoorzieningen hebben aangelegd, maar de hier geselecteerden zijn nagenoeg de enigen die specifiek aandacht hebben besteed aan het kwalitatieve functioneren.

TABEL 3.1

SAMENVATTING PRAKTIJKERVARING GEMEENTEN

	Amsterdam	Enschede	Groningen	Den Bosch	Houten	deskundigen*
type voorzieningen toegepast:						
- ondergronds	x	x	x	x	x	
- bovengronds	x	x	x	x	x	
- doorlatende verharding				x		
- eco-blocks		x				
bronmaatregelen:						
- beperken uitlogende materialen	x	x				x
- aanpassing beleid gladheidbestrijding		x			x	x
- geen hondenuitlaat						(x)**
- geen bestrijdingsmiddelen			x		x	
- milieuvriendelijke bestrijdingsmiddelen		x				x
- communicatie en voorlichting				x		x
monitoring kwaliteit:						
- instroom (afstromend hemelwater)	x	x		x	x	
- bodem / adsorptiemateriaal		x			x	
- gemeten parameters:						
minerale olie					x	
vetten					x	
zware metalen		x		x	x	
aromaten					x	
koolwaterstoffen					x	
bestrijdingsmiddelen				x		
OCB/PCB				x		
PAK		x		x		
EOX				x		
pH				x		
CZV	x					
zwevend stof	x					
chloride	x				x	
beoordeling kwalitatief functioneren:						
- bovengrondse voorzieningen	?	goed			goed	
- bovengrondse voorzieningen		?			?	
aandachtsstoffen afstromend hemelwater:						
nutriënten						x
minerale olie	x		x	x	x	x
zware metalen	x	x		x		(x)**
PAK	x	x		x		
bestrijdingsmiddelen	x					x
chloride	x					
ziektekiemen						x

* De deskundigen hebben hier aangegeven welke bronmaatregelen zijn nodig / nuttig achten.

** geen unanieme mening deskundigen

Uit tabel 3.1 blijkt dat zowel ondergrondse als bovengrondse systemen in alle beschouwde gemeentes zijn aangelegd. Toepassing van doorlatende verharding en ecoblocks zijn (mogelijk) minder gangbaar.

De genomen bronmaatregelen lopen sterk uiteen. Honden-uitlaat wordt niet voorkomen. Het lijkt alsof er weinig aan communicatie en voorlichting wordt gedaan, hoewel het belang hiervan in de meeste studies maar afkoppeling en infiltratie wordt benadrukt.

In de infiltratievoorziening te Groningen worden geen fysische of chemische meetgegevens verzameld. In de andere voorzieningen wordt de kwaliteit van het inkomende afstromende hemelwater gemonitord. In twee bovengrondse systemen wordt ook in de voorziening zelf gemeten (de uitstroom en/of de kwaliteit van de toplaag van de wadi). De gemeten parameters lopen sterk uiteen. Zware metalen worden in drie van de vier monitoringsystemen gemeten; bestrijdingsmiddelen, vetten, aromaten, OCB/PCB, pH, CZV en zwevend stof slechts in één van de vijf. Nutriënten worden kennelijk niet gemeten.

Opvallend is dat de genoemde aandachtstoffen ("welke stoffen in het afstromend hemelwater zijn voor u een aandachtspunt?") afwijken van hetgeen wordt gemeten. Door de gemeentes wordt opgemerkt dat het erg lastig kan zijn om te meten, vooral in ondergrondse voorzieningen. Ook ervaart men dat het moeilijk is om uit de metingen te concluderen of de voorziening kwalitatief goed werkt.

Door de gemeente Houten wordt opgemerkt dat het rechtstreeks aansluiten van verharde oppervlakken met een laag risico op oppervlaktewater mogelijk moet blijven zonder aanvullende voorzieningen.

Tevens zijn de beheerkosten een aandachtspunt. Voorgesteld wordt om het structurele voordeel van lagere afvoer naar de zuivering (Waterschap) ten goede komt aan de gemeenten die hier aan hebben bijgedragen.

De gemeente Groningen is vanwege de kleiige ondergrond en de onzekerheden met betrekking tot het functioneren van infiltratievoorzieningen erg terughoudend met de toepassing van infiltratievoorzieningen. De kosten voor het monitoren van voorzieningen is naar verwachting erg hoog terwijl het interpreteren van de gegevens als 'subjectief' wordt gezien.

Over het kwalitatief functioneren van ondergrondse voorzieningen is niets bekend. In Amsterdam wordt het functioneren van een Smartdrain onderzocht. Het continue monitoren van de kwaliteit van het afstromend regenwater wordt als een lastig fenomeen beschouwd.

3.3 KENNIS BEHOEFTE

In de vragenlijst die naar de gemeentes is gestuurd zijn specifieke vragen opgenomen om na te gaan wat de huidige behoefte aan kennis is. De resultaten hiervan zijn aangegeven in tabel 3.2.

TABEL 3.2

SAMENVATTING KENNISBEHOEFTE GEMEENTEN

	Amsterdam	Enschede	Groningen	Den Bosch	Houten	deskundigen
kennisbehoefte aan:						
- verontreinigingsgraad in afgekoppeld regenwater			x		x	
- zuiveringsrendement infiltratievoorziening				x		x
- stoffenbelasting omringend grondwater	x					
- stoffenbelasting bodem of opvulmateriaal	x					x
- hergebruiksmogelijkheden vervuild adsorptiemateriaal	x			x		
- kwalitatieve levensduur voorziening	x			x	x	
- effect ondergrondse infiltratie op bodem en grondwater	x					
- effect verkeersbelasting op voorziening (o.a. min. olie)			x			
- beheerskosten lange termijn					x	
- dichtstlibben voorzieningen						x
- gedrag bewoners m.b.t. bronmaatregelen						x
- risico's volksgezondheid						x
behoefte aan richtlijnen voor:						
- richtlijnen verwerkingscapaciteit verhard oppervlak					x	
- aandachtspunten ontwerp en beheer					x	x
- opzet monitoring						
- evaluatie monitoring						
- noodzaak / termijn vervanging ondergrondse voorziening	x					
- welke type oppervlak kan op welke voorziening worden aangesloten	x					
door te weinig kennis terughoudend toepassen van						
bovengrondse infiltratievoorziening						
ondergrondse infiltratievoorziening	x		x		x	x

Uit de kennisbehoefte komen in grote lijn de volgende punten naar voren:

Ondergrondse systemen: men heeft gebrek aan kennis over ondergrondse infiltratievoorzieningen en is terughoudend in de toepassing ervan omdat:

- monitoren moeilijk is;
- ingrijpen bij calamiteiten erg lastig is;
- de kosten bij aanpassing of vervanging hoog zijn.

Verder blijft men ook voor bovengrondse infiltratievoorzieningen behoefte houden aan kennis en inzicht in de verontreinigingsgraad van het afstromende hemelwater, de kwalitatieve levensduur en het zuiveringsrendement. Ook heeft men behoefte aan inzicht in de hergebruiksmogelijkheden van het adsorberende materiaal. Zoals aangegeven heeft men ook sterk behoefte aan inzicht in de beheerskosten en het kwalitatieve functioneren op de lange termijn.

4

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

4.1 HUIDIGE KENNIS KWALITEITSASPECTEN BIJ INFILTRATIE

Uit het literatuuronderzoek en de enquêtes worden de volgende conclusies getrokken:

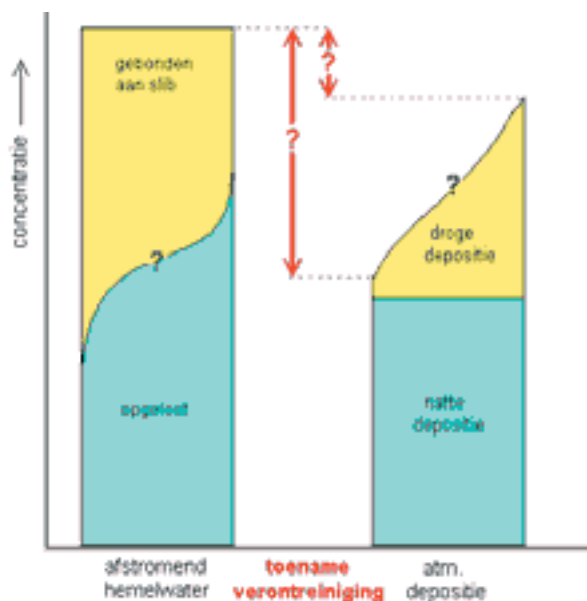
KWALITEIT AFSTROMEND HEMELWATER

Hoewel veel onderzoek naar de kwaliteit van afstromend hemelwater wordt gedaan en met uitgebreide meetcampagnes, is de huidige kennis fragmentarisch en op enkele punten beperkt. Doordat de meetmethodes en locatiespecifieke factoren van elkaar verschillen zijn meetgegevens van verschillende “projecten” moeilijk met elkaar te vergelijken.

De onzekerheden over de verontreinigingsgraad van atmosferische depositie en afstromend hemelwater zijn schematisch weergegeven in figuur 4.1.

FIGUUR 4.1

ONZEKERHEDEN VERSCHIL VERONTREINIGINGSGRAAD AFSTROMEND HEMELWATER EN ATMOSFERISCHE DEPOSITIE



Van afkoppelen wordt nog vaak afgezien omdat men weet dat afstromend hemelwater van bepaalde oppervlakken vervuild is. Minder bekend is dat het hemelwater dat nog niet tot afstroming is gekomen (ofwel de totale atmosferische achtergrond depositie) ook al kwaliteitsnormen overschrijdt. Omdat meestal alleen gegevens van de natte depositie worden gemeten (de concentraties in de regen), is het niveau van de totale atmosferische depositie onzeker. Uit summiere gegevens blijkt dat de droge depositie voor diverse metalen en bestrijdingsmiddelen significant kan zijn en vooral voor PAK erg groot.

Hoeveel het afstromend hemelwater sterker verontreinigd is dan de totale atmosferische depositie is aldus vrij onzeker, met name ten aanzien van organische microverontreiniging.

gen. Op basis van de summier gegevens wordt voorzichtig geschat dat dit aandeel meevalt. Inzicht hierin rechtvaardigt en verandert de perceptie van het afkoppelen.

In de onderzoeken naar de kwaliteit van afstromend hemelwater wordt weinig aandacht gegeven aan het onderscheid tussen opgelost en gebonden aan zwevend stof. Soms is niet duidelijk waar de metingen representatief voor zijn (opgeloste of totale concentraties) en meestal zijn de metingen niet vertaald naar vrachten ($\text{mg/m}^2/\text{jaar}$).

De zuurgraad, het geleidingsvermogen en de macrosamenstelling worden meestal niet of onvolledig opgenomen in de monitoring. Ook worden meestal het zwevend stofgehalte en opgelost organisch stofgehalte niet gemeten. Dit inzicht is belangrijk voor het kwalitatieve functioneren en de humane en ecologische risico's wanneer afstromend hemelwater direct op oppervlaktewater wordt geloosd. Ook zou met het toenemende belang van zuiveringsvoorzieningen voor regenwater meer inzicht gewenst zijn in de karakteristieken van de zwevende stoffen in afstromend regenwater van diverse verharde oppervlakken (korrelgrootteverdeling en valsnelheden).

Van bestrijdingsmiddelen zijn nauwelijks meetgegevens beschikbaar. Ditzelfde geldt voor pathogene bacteriën. Vaak worden regenwateruitlaten als belangrijke vervuilingbron voor oppervlaktewater gezien. Dit inzicht is nu ook gewenst voor de implementatie van de Europese Kaderrichtlijn Water, vooral omdat deze waarschijnlijk strenge eisen zal stellen aan prioritaire stoffen.

ZUIVERENDE WERKING BOVENGRONDSE INFILTRATIEVOORZIENINGEN

De afgelopen jaren zijn diverse onderzoeken verricht waarbij gekeken is of en hoe door bodempassage verontreinigingen achterblijven in de toplaag van bovengrondse infiltratievoorzieningen. Er is voor veel stoffen een goed inzicht hoe deze zich gedragen in zo'n toplaag en welke fysisch/chemische processen hier bepalend voor zijn. Omdat de meeste infiltratievoorzieningen recentelijk zijn aangelegd of pas de laatste jaren worden gemonitord, is nog weinig praktijkkennis van het kwalitatieve functioneren op de lange termijn. Ook hier geldt dat voor sommige componenten weinig gegevens zijn verzameld. Dit geldt vooral voor bestrijdingsmiddelen en ziekteverwekkende bacteriën.

ZUIVERENDE WERKING ONDERGRONDSE INFILTRATIEVOORZIENINGEN

In het algemeen kan worden gesteld dat kennis hiervan zeer beperkt is en er ook nauwelijks onderzoek naar wordt gedaan. Wel is kennis aanwezig van diverse filters die in ondergrondse systemen kunnen worden toegepast.

KENNISBEHOEFTE

Eigenlijk zou uit het beperkte aantal gemeentes dat actief kennis vergaart over het kwalitatieve functioneren, geconcludeerd kunnen worden dat aan monitoring van het systeem weinig behoefte is. De oorzaak is waarschijnlijk meer genuanceerd. Vaak worden bij besluiten over de toepassing van afkoppelen en infiltratie weinig beheerkosten gereserveerd. De beperkte budgetten worden waarschijnlijk prioritair ingezet om het kwantitatieve functioneren te bewaken en indien nodig te herstellen.

Omdat vanuit provinciale of rijksoverheden geen verplichten worden gesteld aan kwaliteitsmonitoring en onderzoek (evaluatie meetgegevens, gerichte laboratoriumproeven en dergelijke) heeft dit mede door de beperkte budgetten voor het beheer bij veel gemeentes geen

prioriteit. Daarbij speelt mogelijk ook mee dat de specialistische (geo-)chemische kennis die nodig is voor het opzetten en interpreteren van kwaliteitsmonitoring bij gemeentes vaak ontbreekt.

Uit de hier gedane enquête komt wel duidelijk naar voren dat men door de geringe kennis terughoudend is om ondergrondse infiltratievoorzieningen toe te passen. Men heeft met betrekking tot het kwalitatieve functioneren vooral behoefte aan inzicht in de oplading van de bodem (of ander toegepast adsorptiemateriaal) op de lange termijn. Verder is niet alleen behoefte aan fysisch-chemische kennis, maar ook aan inzicht in de beheerskosten en de hergebruiksmogelijkheden van het toegepaste adsorptiemateriaal. Dit hergebruik kan bij een hoge verontreinigingsgraad zeer bepalend zijn voor de beheerskosten. Ook blijft men behoefte houden aan kennis van de kwaliteit van het afstromende hemelwater, met name ten aanzien van de relatie tussen de specifieke oppervlakken waarover dit afstroomt en het effect van bronmaatregelen.

4.2 AANBEVELINGEN

Alvorens richtlijnen op te kunnen stellen voor de kwaliteitsaspecten in het ontwerp en beheer van infiltratievoorzieningen, bevelen wij aan om onderzoek te doen naar:

1 Risico's: wat kan fout gaan?

Een gemeente besluit nu vaak om hemelwater voor een deel af te koppelen en dit weer deels te infiltreren in de bodem. Maar, voor het kwalitatieve functioneren van infiltratievoorzieningen zullen ze nu meestal geen kosten reserveren om specifiek beheer of monitoring uit te voeren. Wat zijn nu de risico's (milieu en kosten) van deze praktijk? Met enkele theoretische pilots zou aangetoond moeten worden wat de milieurisico's zijn (ecologisch en volksgezondheid) van een slecht kwalitatief functioneren op de lange termijn en wat hiervan de financiële consequenties zijn.

Op basis van de resultaten hiervan zal beter besloten kunnen worden hoe wenselijk en nuttig het is om verder onderzoek te verrichten.

2 Hoe verontreinigd is het afstromend hemelwater en welke belasting geeft dit met of zonder infiltratievoorziening voor grond- en oppervlaktewater?

- Opzet gebundelde Nederlandse database "Kwaliteit afstromend hemelwater" en vergelijking met de internationale databases.
- Opzetten stoffenbalans-model stedelijk gebied.
- Uitvoeren meetcampagne om grootste hiaten in kennis op te vullen.
- Onderzoek naar stofgedrag in bovengrondse systemen (literatuurstudie) en ondergrondse (nieuwe praktijkmetingen) systemen.
- Berekeningen oplading adsorptiemateriaal en hieraan gerelateerde vervangingstermijn en toetsing aan praktijkgegevens.
- Inschatten van de risico's en bijdrage van bijvoorbeeld afbraak door vegetatie en hoger zuurstofgehalte.
- Bundelen bestaande kennis naar effecten van bronmaatregelen.

Opgemerkt wordt dat Grontmij in opdracht van Stowa op dit moment inventariseert hoe een stoffenbalans-model voor stedelijk gebied kan worden opgezet.

- 3 Hoeveel kost het beheer (exclusief monitoring)?
 - Kosten vervanging.
 - Mogelijkheden hergebruik toplaag bodem of grond / adsorberend materiaal ondergrondse voorzieningen?
- 4 Hoe te monitoren en wat kost dit?
 - Evaluatie huidige monitoringsstrategie (bovengrondse) voorzieningen.
 - Opzetten van handvatten voor het monitoren van nieuwe voorzieningen inclusief begroting (bijvoorbeeld van een minimaal monitoringsplan om oplading van bodem te verifiëren en een uitgebreider monitoringsplan vanuit het gezichtspunt van onderzoek).
 - Handleiding voor monitoring en de verslaglegging van de relevante systeemkenmerken om in de toekomst de resultaten onderling te kunnen vergelijken.
- 5 Hoe kan het kwalitatieve functioneren worden bevorderd?
 - Opstellen top-10 beloftevolle / effectieve bronmaatregelen;
 - Mogelijkheden optimalisatie ontwerp en beheer (bekalken, toevoegen adsorbentia, verschralen, fyto-remediatie en dergelijke);
 - Tijdige vervanging gelet op hergebruiksmogelijkheden;
 - Bepaling van relatie kwalitatief functioneren en kwantitatief functioneren (dichtslibbing door fijne deeltjes en gewenste bodemsamenstelling op basis van mengverhouding en korrelgrootteverdeling).

5

LITERATUUR

Chris Pratt (1999), "Use of permeable, reservoir pavement constructions for stormwater treatment and storage for re-use".

CIW (2002), "CIW-rapport 'Afstromend wegwater'".

Duyzer, J.H. en A.W. Vonk 2002, "Atmosferische depositie van pesticiden, PAK en PCB's in Nederland", TNO-rapport R2002/606. NB. vrachten omgerekend naar concentraties, uitgaande van 900 mm neerslag

Grontmij (2001), "Kwaliteitsaspecten bij infiltratie van hemelwater, richtlijnen bovengrondse infiltratievoorzieningen op basis van geochemisch onderzoek".

Grontmij (2002), "Bescherming van het grondwater met ruimtelijke instrumenten. ontwikkeling van een methodiek" in H2O nummer 5, 2002.

Grontmij i.o.v. VROM (2002), "Anders omgaan met hemelwater in bestaand stedelijk gebied".

Grontmij/ECN (2003), "Run-off en verwaaiing bij provinciale wegen, onderzoek naar risico's voor bodem en water en richtlijnen voor weg- en waterbeheer", deelrapport 1 (literatuurstudie), deelrapport 2 (hoofdrapport) en deelrapport 3 (samenvatting en richtlijnen).

Grotehusmann, D. (1995), "Versickerung van Niederschlagsabflüssen unter Berücksichtigung des Grundwasserschutzes".

IBU 2000.

Ingenieursbureau Utrecht (1998), "Nieuwe stad, schoon water. Deelrapport 2. Kwaliteit afstromend hemelwater en de mogelijkheid tot afkoppelen in de Vinex-locatie Leidsche Rijn".

Ingenieursbureau Utrecht (2000), "Doorlatende verharding, resultaat praktijkonderzoeken Ravellaan 96 en P. Bothstraat te Utrecht".

International Stormwater Best Management Practices (BMP) Database (2004).

Kiwa (2000), "Omgang met schadelijke stoffen in grondwaterbeschermingsgebieden in de provincie Utrecht", Kiwa rapport-nummer KOA 00.042.

Oosterhuis, M. en R.H.J. Korenrom (2002), "Vervuiling van infiltratievoorzieningen", TNO-MEP rapport nummer 131934/01.07.

Pratt, C. (1999), "Use of permeable, reservoir pavement constructions for stormwater treatment and storage for re-use".

RIONED (2003). Database afkoppelproducten.

RIVM 2003, Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling, meetgegevens sporemetalen 1993 t/m 2002 (dataset A. Stolk RIVM).

RIVM (2004), "Milieubalans 2004", fact-sheets en rapport Milieu- en Planbureau RIVM, ISBN 90-6960-109-5.

Rushton (2002), "Infiltration opportunities in parking lot designs reduce runoff and pollution".

Schipper, P., J. Dijkstra, R. Teunissen en R. Comans (2003), "Hoe bevorder je het kwalitatieve functioneren van een wadi", artikel in BODEM, nummer 5 oktober 2003.

Snoo, G.R. de en F.M.W. de Jong (1999), "Bestrijdingsmiddelen en milieu", Uitgeverij Jan van Arkel.

Stolk, A.P. (2001), Landelijk meetnet Regenwatersamenstelling, Meetresultaten 2001. RIVM-rapport 723101 057 / 2001

Tauw (1997), "Effecten van infiltratie in de bodem", een onderzoek naar de kwalitatieve aspecten van infiltratie in de bodem"

Tauw (2000), "Van de weg in de sloot, belasting van de bodem en het oppervlaktewater door run-off en verwaaiing langs provinciale wegen in Noord- en zuid Holland."

Tauw i.o.v. Werkgroep Riolerings West Nederland(2003), "Overzicht samenstelling afstromend regenwater".

Tauw & GTD 2004, "omgang bedrijventerreinen", in opdracht van Stowa.

TNO-MEP i.o.v. Stichting Duurzaam Bouwmetaal (2002), "Vervuiling van infiltratievoorzieningen".

Zinkcommissie uit zinken dakgoten, een praktijkonderzoek in Amsterdam Noord, DWR juni 2003.

Praktijkonderzoek directe lozingen, beïnvloeding regenwaterkwaliteit door toepassing bouwmaterialen op daken, Stichting Reinwater, maart 2001.

Wadi's doorgelicht, RIONED mei 2003.

BIJLAGEN

BIJLAGE 1

BMP-DATABASE

MEETGEGEVENS BIOFILTER-GRASSWALE

meting	parameter	aantal inflow	gem concentratie inflow	aantal outflow	gem concentratie outflow	% verschil in-uit
Swale - F4	Ammonia (mg/L as N)	31	0,119	26	0,050	-57,8
Swale - F6	Ammonia (mg/L as N)	31	0,119	20	0,031	-74,4
Swale - F8	Ammonia (mg/L as N)	31	0,119	22	0,125	4,5
Del Amo	Arsenic, Dissolved (ug/L as AS)	6	2,617	4	2,200	-15,9
Melrose	Arsenic, Dissolved (ug/L as AS)	8	0,595	5	1,070	79,8
Melrose	Arsenic, Total (ug/L as AS)	8	1,325	5	1,060	-20,0
Alta Vista Planned Development Detention w/ swales	BOD-5 (mg/L)	18	5,661	18	6,072	7,3
Bioswale Native East	Cadmium, Dissolved (ug/L as Cd)	6	0,155	6	0,112	-27,9
Bioswale Non-Native West	Cadmium, Dissolved (ug/L as Cd)	6	0,155	6	0,107	-31,2
Dayton Biofilter - Grass Swale	Cadmium, Dissolved (ug/L as Cd)	8	1,600	8	0,806	-49,6
Del Amo	Cadmium, Dissolved (ug/L as Cd)	6	1,167	4	0,325	-72,2
Melrose	Cadmium, Dissolved (ug/L as Cd)	8	0,325	5	0,200	-38,5
Alta Vista Planned Development Detention w/ swales	Cadmium, Total (ug/L as Cd)	19	0,290	19	0,250	-13,6
Bioswale Native East	Cadmium, Total (ug/L as Cd)	6	0,577	6	0,215	-62,7
Bioswale Non-Native West	Cadmium, Total (ug/L as Cd)	6	0,577	6	0,252	-56,4
Dayton Biofilter - Grass Swale	Cadmium, Total (ug/L as Cd)	8	1,288	8	0,838	-35,0
Del Amo	Cadmium, Total (ug/L as Cd)	6	2,400	4	0,450	-81,3
Melrose	Cadmium, Total (ug/L as Cd)	8	0,800	5	0,328	-59,0
Swale - F4	Calcium, Total (mg/L As Ca)	30	9,579	26	11,430	19,3
Swale - F6	Calcium, Total (mg/L As Ca)	30	9,579	20	11,980	25,1
Swale - F8	Calcium, Total (mg/L As Ca)	30	9,579	22	9,155	-4,4
Del Amo	Carbon, Total Dissolved Organic (mg/L as C)	6	19,950	4	15,700	-21,3
Melrose	Carbon, Total Dissolved Organic (mg/L as C)	8	21,750	5	19,600	-9,9
Alta Vista Planned Development Detention w/ swales	Carbon, Total Organic (mg/L as C)	19	9,863	19	12,180	23,5
Swale - F4	Chloride, Total (mg/L)	31	1,006	25	1,658	64,8
Swale - F6	Chloride, Total (mg/L)	31	1,006	20	1,438	42,9
Swale - F8	Chloride, Total (mg/L)	31	1,006	20	1,767	75,6
Del Amo	Chromium, Dissolved (ug/L as Cr)	6	3,800	4	3,550	-6,6
Melrose	Chromium, Dissolved (ug/L as Cr)	8	1,400	5	1,260	-10,0
Del Amo	Chromium, Total (ug/L as Cr)	6	12,930	4	6,050	-53,2

Melrose	Chromium, Total (ug/L as Cr)	8	2,375	5	2,160	-9,1
Alta Vista Planned Development Detention w/ swales	COD (mg/L)	19	41,470	19	47,050	13,5
Bioretention Area	COD (mg/L)	18	67,590	9	33,580	-50,3
Bioswale Native East	COD (mg/L)	6	113,600	6	64,000	-43,7
Bioswale Non-Native West	COD (mg/L)	6	113,600	6	68,830	-39,4
5/605 swale	Copper, Dissolved (ug/L as Cu)	4	11,450	4	8,775	-23,4
Bioswale Native East	Copper, Dissolved (ug/L as Cu)	6	11,510	6	9,755	-15,2
Bioswale Non-Native West	Copper, Dissolved (ug/L as Cu)	6	11,340	6	10,130	-10,7
Dayton Biofilter - Grass Swale	Copper, Dissolved (ug/L as Cu)	8	4,750	8	3,625	-23,7
Del Amo	Copper, Dissolved (ug/L as Cu)	8	27,020	6	16,620	-38,5
Melrose	Copper, Dissolved (ug/L as Cu)	10	20,060	5	5,300	-73,6
5/605 swale	Copper, Total (ug/L as Cu)	4	18,800	4	11,400	-39,4
Bioswale Native East	Copper, Total (ug/L as Cu)	5	39,090	6	19,570	-49,9
Bioswale Non-Native West	Copper, Total (ug/L as Cu)	6	36,590	6	21,100	-42,3
Dayton Biofilter - Grass Swale	Copper, Total (ug/L as Cu)	8	10,190	8	5,500	-46,0
Del Amo	Copper, Total (ug/L as Cu)	8	65,380	6	22,230	-66,0
Melrose	Copper, Total (ug/L as Cu)	10	35,900	5	10,860	-69,7
Swale - F4	Copper, Total (ug/L as Cu)	29	10,050	26	4,047	-59,7
Swale - F6	Copper, Total (ug/L as Cu)	29	10,050	20	3,604	-64,1
Swale - F8	Copper, Total (ug/L as Cu)	29	10,050	23	10,400	3,5
Alta Vista Planned Development Detention w/ swales	Fecal Streptococci (plate count)	19	293947,000	19	168263,000	-42,8
5/605 swale	Hardness, Total (mg/L as CaCO3)	4	23,750	4	23,000	-3,2
Bioswale Native East	Hardness, Total (mg/L as CaCO3)	6	31,180	6	28,800	-7,6
Bioswale Non-Native West	Hardness, Total (mg/L as CaCO3)	6	31,180	6	28,100	-9,9
Dayton Biofilter - Grass Swale	Hardness, Total (mg/L as CaCO3)	8	15,160	8	14,690	-3,1
Del Amo	Hardness, Total (mg/L as CaCO3)	8	46,380	6	48,670	4,9
Melrose	Hardness, Total (mg/L as CaCO3)	10	28,000	5	31,000	10,7
Swale - F4	Hardness, Total (mg/L as CaCO3)	30	24,600	26	30,770	25,1
Swale - F6	Hardness, Total (mg/L as CaCO3)	30	24,600	20	30,460	23,8
Swale - F8	Hardness, Total (mg/L as CaCO3)	30	24,600	21	24,600	0,0
Alta Vista Planned Development Detention w/ swales	Iron, Total (ug/L as Fe)	19	31,260	19	34,530	10,5
Dayton Biofilter - Grass Swale	Iron, Total (ug/L as Fe)	7	1981,000	7	691,400	-65,1
Swale - F4	Iron, Total (ug/L as Fe)	29	419,100	26	98,810	-76,4
Swale - F6	Iron, Total (ug/L as Fe)	29	419,100	20	64,600	-84,6
Swale - F8	Iron, Total (ug/L as Fe)	29	419,100	23	331,200	-21,0
5/605 swale	Lead, Dissolved (ug/L as Pb)	4	13,050	4	8,800	-32,6
Bioswale Native East	Lead, Dissolved (ug/L as Pb)	6	0,682	6	0,568	-16,6
Bioswale Non-Native West	Lead, Dissolved (ug/L as Pb)	6	0,682	6	0,602	-11,7
Dayton Biofilter - Grass Swale	Lead, Dissolved (ug/L as Pb)	8	3,000	8	2,313	-22,9

Del Amo	Lead, Dissolved (ug/L as Pb)	8	81,030	6	23,780	-70,7
Melrose	Lead, Dissolved (ug/L as Pb)	10	1,750	5	1,280	-26,9
5/605 swale	Lead, Total (ug/L as Pb)	4	38,150	4	19,000	-50,2
Alta Vista Planned Development Detention w/ swales	Lead, Total (ug/L as Pb)	19	2,763	19	2,316	-16,2
Bioswale Non-Native West	Lead, Total (ug/L as Pb)	6	27,960	6	11,520	-58,8
Bioswale Native East	Lead, Total (ug/L as Pb)	6	27,960	6	10,490	-62,5
Dayton Biofilter - Grass Swale	Lead, Total (ug/L as Pb)	8	30,440	8	9,563	-68,6
Del Amo	Lead, Total (ug/L as Pb)	8	443,800	6	79,600	-82,1
Melrose	Lead, Total (ug/L as Pb)	10	10,380	5	4,380	-57,8
Swale - F4	Lead, Total (ug/L as Pb)	30	4,763	26	1,965	-58,7
Swale - F6	Lead, Total (ug/L as Pb)	30	4,763	20	2,045	-57,1
Swale - F8	Lead, Total (ug/L as Pb)	30	4,763	22	3,577	-24,9
Swale - F4	Magnesium, Total (mg/L as Mg)	29	1,081	25	0,560	-48,2
Swale - F6	Magnesium, Total (mg/L as Mg)	29	1,081	19	0,362	-66,5
Swale - F8	Magnesium, Total (mg/L as Mg)	29	1,081	20	0,409	-62,2
Swale - F4	Manganese, Total (ug/L as Mn)	30	12,590	26	6,765	-46,3
Swale - F6	Manganese, Total (ug/L as Mn)	30	12,590	20	2,080	-83,5
Swale - F8	Manganese, Total (ug/L as Mn)	30	12,590	21	13,790	9,5
Del Amo	Nickel, Dissolved (ug/L as Ni)	6	8,983	4	3,725	-58,5
Melrose	Nickel, Dissolved (ug/L as Ni)	8	6,613	5	2,000	-69,8
Del Amo	Nickel, Total (ug/L as Ni)	6	21,250	4	5,150	-75,8
Melrose	Nickel, Total (ug/L as Ni)	8	8,425	5	2,200	-73,9
Alta Vista Planned Development Detention w/ swales	Nitrate + Nitrite, Total (mg/L as N)	19	0,732	19	0,811	10,8
Dayton Biofilter - Grass Swale	Nitrate + Nitrite, Total (mg/L as N)	7	1,239	7	0,850	-31,4
5/605 swale	Nitrate Nitrogen, Total (mg/L as N)	4	0,473	4	0,575	21,7
Bioswale Non-Native West	Nitrate Nitrogen, Total (mg/L as N)	6	0,295	6	0,322	9,1
Bioswale Native East	Nitrate Nitrogen, Total (mg/L as N)	6	0,295	6	0,418	41,8
Del Amo	Nitrate Nitrogen, Total (mg/L as N)	8	1,517	6	1,265	-16,6
Melrose	Nitrate Nitrogen, Total (mg/L as N)	10	1,114	5	0,610	-45,2
Swale - F4	Nitrate Nitrogen, Total (mg/L as N)	31	0,272	26	0,290	6,8
Swale - F6	Nitrate Nitrogen, Total (mg/L as N)	31	0,272	20	0,170	-37,6
Swale - F8	Nitrate Nitrogen, Total (mg/L as N)	31	0,272	22	0,269	-1,0
Swale - F4	Nitrite Nitrogen, Total (mg/L as N)	31	0,019	26	0,026	38,3
Swale - F6	Nitrite Nitrogen, Total (mg/L as N)	31	0,019	20	0,022	17,5
Swale - F8	Nitrite Nitrogen, Total (mg/L as N)	31	0,019	22	0,020	8,0
5/605 swale	Nitrogen, Kjeldahl, Total (mg/L as N)	4	1,382	4	1,245	-9,9
Bioswale Non-Native West	Nitrogen, Kjeldahl, Total (mg/L as N)	6	2,043	6	1,487	-27,2
Bioswale Native East	Nitrogen, Kjeldahl, Total (mg/L as N)	6	2,043	6	1,408	-31,1
Del Amo	Nitrogen, Kjeldahl, Total (mg/L as N)	8	3,349	6	2,753	-17,8
Melrose	Nitrogen, Kjeldahl, Total (mg/L as N)	10	3,360	5	1,620	-51,8
Alta Vista Planned Development Detention w/ swales	Nitrogen, Total (mg/L as N)	19	2,279	19	2,516	10,4

Swale - F4	Nitrogen, Total (mg/L as N)	31	0,535	26	0,628	17,3
Swale - F6	Nitrogen, Total (mg/L as N)	31	0,535	20	0,522	-2,5
Swale - F8	Nitrogen, Total (mg/L as N)	31	0,535	23	0,693	29,5
Bioretention Area	Oil and Grease (mg/L)	5	18,800	5	5,000	-73,4
Dayton Biofilter - Grass Swale	Oil and Grease (mg/L)	5	0,250	5	0,365	46,0
Bioswale Non-Native West	Phosphate, Ortho (mg/L As P04)	6	0,089	6	0,122	37,2
Bioswale Native East	Phosphate, Ortho (mg/L As P04)	6	0,089	6	0,154	73,0
Del Amo	Phosphate, Ortho (mg/L As P04)	6	0,115	4	0,450	291,3
Melrose	Phosphate, Ortho (mg/L As P04)	8	0,066	5	0,360	447,5
Swale - F4	Phosphate, Ortho (mg/L As P04)	30	0,064	26	0,215	234,1
Swale - F6	Phosphate, Ortho (mg/L As P04)	30	0,064	20	0,161	150,3
Swale - F8	Phosphate, Ortho (mg/L As P04)	30	0,064	23	0,242	276,5
5/605 swale	Phosphorous, Total (mg/L as P)	4	0,088	4	0,233	165,7
Alta Vista Planned Development Detention w/ swales	Phosphorous, Total (mg/L as P)	19	0,458	19	0,841	83,7
Bioswale Non-Native West	Phosphorous, Total (mg/L as P)	6	0,393	6	0,305	-22,3
Bioretention Area	Phosphorous, Total (mg/L as P)	20	0,290	6	0,339	17,0
Bioswale Native East	Phosphorous, Total (mg/L as P)	6	0,393	6	0,318	-18,9
Dayton Biofilter - Grass Swale	Phosphorous, Total (mg/L as P)	8	0,183	8	0,192	4,8
Del Amo	Phosphorous, Total (mg/L as P)	8	0,251	6	0,720	186,6
Melrose	Phosphorous, Total (mg/L as P)	9	0,178	4	0,408	129,2
Swale - F4	Phosphorous, Total (mg/L as P)	30	0,103	24	0,259	151,1
Swale - F6	Phosphorous, Total (mg/L as P)	30	0,103	20	0,184	78,3
Swale - F8	Phosphorous, Total (mg/L as P)	30	0,103	23	0,301	192,6
Swale - F4	Potassium, Total (mg/L as K)	31	0,254	26	2,634	936,2
Swale - F6	Potassium, Total (mg/L as K)	31	0,254	20	2,787	996,4
Swale - F8	Potassium, Total (mg/L as K)	31	0,254	21	1,125	342,6
Swale - F4	Sodium, Total (mg/L as Na)	29	0,950	26	1,083	14,0
Swale - F6	Sodium, Total (mg/L as Na)	29	0,950	20	1,150	21,0
Swale - F8	Sodium, Total (mg/L as Na)	29	0,950	21	1,156	21,6
Bioswale Non-Native West	Solids, Total	6	192,000	6	107,700	-43,9
Bioswale Native East	Solids, Total	6	192,000	6	112,200	-41,6
Alta Vista Planned Development Detention w/ swales	Solids, Total Dissolved (mg/L)	19	70,630	19	91,050	28,9
Bioswale Non-Native West	Solids, Total Dissolved (mg/L)	6	65,700	6	72,000	9,6
Bioretention Area	Solids, Total Dissolved (mg/L)	19	80,280	8	78,850	-1,8
Bioswale Native East	Solids, Total Dissolved (mg/L)	6	65,700	6	83,830	27,6
Del Amo	Solids, Total Dissolved (mg/L)	6	105,500	4	118,500	12,3
Melrose	Solids, Total Dissolved (mg/L)	8	74,500	5	100,800	35,3
5/605 swale	Solids, Total Suspended (mg/L)	4	49,000	4	15,250	-68,9
Alta Vista Planned Development Detention w/ swales	Solids, Total Suspended (mg/L)	19	27,420	19	22,320	-18,6
Bioswale Non-Native West	Solids, Total Suspended (mg/L)	6	126,100	6	35,480	-71,9

Bioswale Native East	Solids, Total Suspended (mg/L)	6	126,100	6	27,880	-77,9
Dayton Biofilter - Grass Swale	Solids, Total Suspended (mg/L)	8	41,660	8	12,970	-68,9
Del Amo	Solids, Total Suspended (mg/L)	8	130,900	6	34,830	-73,4
Melrose	Solids, Total Suspended (mg/L)	9	51,330	5	49,600	-3,4
Swale - F4	Solids, Total Suspended (mg/L)	27	12,980	19	5,195	-60,0
Swale - F6	Solids, Total Suspended (mg/L)	27	12,980	18	3,833	-70,5
Swale - F8	Solids, Total Suspended (mg/L)	27	12,980	17	10,600	-18,3
Alta Vista Planned Development Detention w/ swales	Solids, Total Volatile (mg/L)	19	20,680	19	27,470	32,8
Swale - F4	Sulfate (mg/L)	29	3,241	24	4,246	31,0
Swale - F6	Sulfate (mg/L)	29	3,241	18	3,770	16,3
Swale - F8	Sulfate (mg/L)	29	3,241	20	3,862	19,2
5/605 swale	Zinc, Dissolved (ug/L as Zn)	4	66,400	4	29,580	-55,5
Bioswale Non-Native West	Zinc, Dissolved (ug/L as Zn)	6	42,440	6	28,800	-32,1
Bioswale Native East	Zinc, Dissolved (ug/L as Zn)	6	42,440	6	25,400	-40,2
Dayton Biofilter - Grass Swale	Zinc, Dissolved (ug/L as Zn)	8	30,630	8	20,500	-33,1
Del Amo	Zinc, Dissolved (ug/L as Zn)	8	134,500	6	64,400	-52,1
Melrose	Zinc, Dissolved (ug/L as Zn)	10	269,000	5	24,800	-90,8
5/605 swale	Zinc, Total (ug/L as Zn)	4	188,700	4	40,930	-78,3
Alta Vista Planned Development Detention w/ swales	Zinc, Total (ug/L as Zn)	19	18,790	19	16,180	-13,9
Bioswale Non-Native West	Zinc, Total (ug/L as Zn)	6	192,800	6	78,630	-59,2
Bioswale Native East	Zinc, Total (ug/L as Zn)	6	192,800	6	68,770	-64,3
Dayton Biofilter - Grass Swale	Zinc, Total (ug/L as Zn)	8	54,750	8	31,000	-43,4
Del Amo	Zinc, Total (ug/L as Zn)	8	368,600	6	90,400	-75,5
Melrose	Zinc, Total (ug/L as Zn)	10	371,000	5	50,400	-86,4
Swale - F4	Zinc, Total (ug/L as Zn)	31	47,710	26	29,580	-38,0
Swale - F6	Zinc, Total (ug/L as Zn)	31	47,710	20	29,500	-38,2
Swale - F8	Zinc, Total (ug/L as Zn)	31	47,710	21	43,860	-8,1

MEETGEGEVENS DETENTION BASIN DRY (SURFACE GRASS)

meting	parameter	aantal inflow	gem con- centratie inflow	aantal outflow	gem con- centratie outflow	% verschil in-uit
Manchester	Arsenic, Dissolved (ug/L as AS)	10	0,963	6	1,250	29,8
Manchester	Arsenic, Total (ug/L as AS)	10	2,770	6	2,600	-6,1
Manchester	Cadmium, Dissolved (ug/L as Cd)	10	0,359	6	0,400	11,4
Twin Towers Dry Pond	Cadmium, Total Recoverable in Water (ug/L)	5	0,279	5	0,180	-35,5
Greenville Pond	Cadmium, Total (ug/L as Cd)	6	2,667	6	1,750	-34,4
Manchester	Cadmium, Total (ug/L as Cd)	10	1,750	6	0,883	-49,5
Manchester	Carbon, Total Dissolved Organic (mg/L as C)	10	17,080	6	21,300	24,7
Greenville Pond	Carbon, Total Organic (mg/L as C)	8	18,630	8	15,930	-14,5
Twin Towers Dry Pond	Carbon, Total Organic (mg/L as C)	5	8,276	5	5,800	-29,9
Manchester	Chromium, Dissolved (ug/L as Cr)	10	4,650	6	3,750	-19,4
Manchester	Chromium, Total (ug/L as Cr)	10	9,120	6	6,233	-31,7
Brooke Detention Pond	COD (mg/L)	4	48,620	12	31,640	-34,9
Twin Towers Dry Pond	COD (mg/L)	5	38,690	5	36,000	-7,0
15/78	Copper, Dissolved (ug/L as Cu)	19	11,640	18	11,040	-5,2
5/56	Copper, Dissolved (ug/L as Cu)	17	9,212	12	14,420	56,5
605/91 edb	Copper, Dissolved (ug/L as Cu)	7	12,500	11	15,060	20,5
Manchester	Copper, Dissolved (ug/L as Cu)	14	17,530	10	18,280	4,3
15/78	Copper, Total (ug/L as Cu)	19	57,050	18	23,610	-58,6
5/56	Copper, Total (ug/L as Cu)	17	34,240	12	17,820	-48,0
605/91 edb	Copper, Total (ug/L as Cu)	7	38,230	11	24,130	-36,9
Greenville Pond	Copper, Total (ug/L as Cu)	8	29,880	8	19,380	-35,1
Manchester	Copper, Total (ug/L as Cu)	14	87,070	10	34,000	-61,0
Twin Towers Dry Pond	Copper, Total (ug/L as Cu)	5	6,814	5	5,400	-20,8
Twin Towers Dry Pond	Di-N-Butyl Phthalate, (ug/L)	4	0,200	3	0,200	0,0
Manchester	Hardness, Total (mg/L as CaCO3)	14	38,860	10	68,100	75,2
15/78	Lead, Dissolved (ug/L as Pb)	19	1,974	18	1,456	-26,2
5/56	Lead, Dissolved (ug/L as Pb)	17	2,218	12	1,750	-21,1
605/91 edb	Lead, Dissolved (ug/L as Pb)	7	6,946	11	4,641	-33,2
Manchester	Lead, Dissolved (ug/L as Pb)	14	3,243	10	2,860	-11,8
15/78	Lead, Total (ug/L as Pb)	19	74,790	18	14,170	-81,1
5/56	Lead, Total (ug/L as Pb)	17	38,060	12	14,250	-62,6
605/91 edb	Lead, Total (ug/L as Pb)	7	145,600	11	50,760	-65,1
Greenville Pond	Lead, Total (ug/L as Pb)	8	67,630	8	34,500	-49,0
Manchester	Lead, Total (ug/L as Pb)	14	132,500	10	32,600	-75,4
Twin Towers Dry Pond	Lead, Total (ug/L as Pb)	5	12,790	5	10,780	-15,7
Manchester	Nickel, Dissolved (ug/L as Ni)	10	4,350	6	4,783	10,0
Greenville Pond	Nickel, Total (ug/L as Ni)	8	6,625	8	3,188	-51,9
Manchester	Nickel, Total (ug/L as Ni)	10	11,530	6	6,733	-41,6
Twin Towers Dry Pond	Nitrate + Nitrite, Dissolved (mg/L as N)	4	0,271	5	0,276	1,7
Twin Towers Dry Pond	Nitrate Nitrogen, Dissolved (mg/L as N)	4	0,271	5	0,276	1,7
15/78	Nitrate Nitrogen, Total (mg/L as N)	19	1,490	19	1,177	-21,0
5/56	Nitrate Nitrogen, Total (mg/L as N)	16	0,582	11	0,578	-0,6
605/91 edb	Nitrate Nitrogen, Total (mg/L as N)	7	2,139	11	1,211	-43,4
Greenville Pond	Nitrate Nitrogen, Total (mg/L as N)	8	0,385	8	0,364	-5,5
Manchester	Nitrate Nitrogen, Total (mg/L as N)	14	1,056	11	1,122	6,3
Twin Towers Dry Pond	Nitrite Nitrogen, Dissolved (mg/L as N)	5	0,050	5	0,050	0,0
Twin Towers Dry Pond	Nitrogen, Ammonia Dissolved (mg/L as N)	4	0,083	4	0,110	33,2
15/78	Nitrogen, Kjeldahl, Total (mg/L as N)	19	2,576	19	2,198	-14,7
5/56	Nitrogen, Kjeldahl, Total (mg/L as N)	17	1,685	12	1,290	-23,4

605/91 edb	Nitrogen, Kjeldahl, Total (mg/L as N)	7	1,976	10	1,862	-5,8
Manchester	Nitrogen, Kjeldahl, Total (mg/L as N)	14	2,471	11	2,500	1,2
Twin Towers Dry Pond	Nitrogen, Organic Kjeldahl, Total (mg/L as N)	5	0,472	5	0,510	8,1
Greenville Pond	Nitrogen, Total (mg/L as N)	8	1,376	8	0,889	-35,4
Greenville Pond	Nitrogen, Total Organic (mg/L as N)	8	0,860	8	0,380	-55,8
Twin Towers Dry Pond	Oil and Grease (mg/L)	5	2,692	4	1,875	-30,3
15/78	Phosphate, Ortho (mg/L As P04)	10	0,109	10	0,124	13,5
5/56	Phosphate, Ortho (mg/L As P04)	7	0,069	7	0,101	44,9
Brooke Detention Pond	Phosphate, Ortho (mg/L As P04)	3	0,900	11	0,778	-13,5
Manchester	Phosphate, Ortho (mg/L As P04)	10	0,229	7	0,167	-27,0
Twin Towers Dry Pond	Phosphate, Ortho (mg/L As P04)	5	0,119	5	0,092	-22,7
Greenville Pond	Phosphorous, Dissolved Ortho-Phosphate (mg/Las P)	8	0,158	8	0,151	-3,9
Greenville Pond	Phosphorous, Suspended (mg/L as P)	8	0,251	8	0,145	-42,3
5/56	Phosphorous, Total (mg/L as P)	16	0,316	12	0,214	-32,3
605/91 edb	Phosphorous, Total (mg/L as P)	7	0,308	11	0,482	56,2
Greenville Pond	Phosphorous, Total (mg/L as P)	8	0,406	8	0,298	-26,8
Manchester	Phosphorous, Total (mg/L as P)	13	0,705	11	0,369	-47,7
Twin Towers Dry Pond	Phosphorous, Total (mg/L as P)	5	0,222	5	0,194	-12,5
Brooke Detention Pond	Phosphorous, Total (mg/L as P04)	4	0,853	6	0,752	-11,8
Manchester	Solids, Total Dissolved (mg/L)	10	94,200	6	106,300	12,8
15/78	Solids, Total Suspended (mg/L)	19	185,100	18	51,000	-72,4
5/56	Solids, Total Suspended (mg/L)	17	88,410	12	44,500	-49,7
605/91 edb	Solids, Total Suspended (mg/L)	7	70,860	11	32,360	-54,3
Greenville Pond	Solids, Total Suspended (mg/L)	8	127,000	8	31,880	-74,9
Manchester	Solids, Total Suspended (mg/L)	14	203,700	10	54,600	-73,2
Twin Towers Dry Pond	Solids, Total Suspended (mg/L)	4	15,290	3	15,240	-0,3
15/78	Zinc, Dissolved (ug/L as Zn)	19	44,260	18	45,890	3,7
5/56	Zinc, Dissolved (ug/L as Zn)	17	29,970	12	19,060	-36,4
605/91 edb	Zinc, Dissolved (ug/L as Zn)	7	119,000	11	96,690	-18,7
Manchester	Zinc, Dissolved (ug/L as Zn)	14	96,710	10	94,700	-2,1
15/78	Zinc, Total (ug/L as Zn)	19	467,400	18	101,800	-78,2
5/56	Zinc, Total (ug/L as Zn)	17	282,500	12	55,000	-80,5
605/91 edb	Zinc, Total (ug/L as Zn)	7	310,000	11	151,000	-51,3
Greenville Pond	Zinc, Total (ug/L as Zn)	8	340,300	8	220,900	-35,1
Manchester	Zinc, Total (ug/L as Zn)	14	612,100	10	188,900	-69,1
Twin Towers Dry Pond	Zinc, Total (ug/L as Zn)	5	28,750	5	18,200	-36,7

BIJLAGE 2

VRAGENLIJST GEMEENTEN

Geachte heer, mevrouw,

De laatste jaren wordt veel aandacht gegeven aan het infiltreren van regenwater in stedelijk gebied. Waar voorheen het regenwater van verharde oppervlakken werd afgevoerd via de riolering, wordt nu gekeken naar de mogelijkheden om dit in de bodem te infiltreren. Hiermee wordt de natuurlijke infiltratie gehandhaafd of hersteld en worden rioolwater-zuiveringsinstallaties effectiever belast.

De kwantitatieve aspecten bij het afkoppelen en infiltreren van het hemelwater zijn redelijk goed bekend en er zijn vrij concrete en duidelijke richtlijnen voor opgesteld.

Echter, ten aanzien van de kwalitatieve aspecten bij infiltratievoorzieningen zitten waterschappen en gemeenten nog met veel vragen omtrent het afkoppelen en infiltreren van hemelwater in de bodem. Dit omdat diverse onderzoeken ten aanzien van de verontreinigingen wisselende informatie geven over de risico's en levensduur van de voorzieningen. Bovendien zijn en worden in toenemende mate uiteenlopende type infiltratievoorzieningen ontworpen (ondergronds, doorlatende verhardingen etc), waarvan het moeilijk is de kwalitatieve werking ervan te beoordelen of voorspellen.

In opdracht van STOWA voeren de adviesbureaus Tauw en Grontmij een onderzoek uit naar de stand van zaken op het gebied van **kwaliteitsaspecten van het infiltreren van regenwater**.

Om antwoord te krijgen op de volgende vragen hebben wij uw hulp nodig:

1. wat zijn de praktijkervaringen in Nederland;
2. wat zijn de vragen en onzekerheden die spelen bij de gemeenten.

Het doel van het onderzoek is om een beeld te krijgen van de onduidelijkheden en onzekerheden over het kwalitatieve functioneren van infiltratievoorzieningen en om de kennisbehoefte na te gaan die waterschappen en gemeentes in de praktijk hebben.

Indien u interesse heeft om mee te werken aan dit project vragen wij u het vragenformulier in te vullen en binnen twee weken terug te sturen naar onderstaand post- of e-mail adres. Indien gewenst kunt u ook telefonisch reageren. Het invullen van de vragenlijst hoeft niet veel tijd te kosten. Indien er vragen bij zijn die u niet direct of snel kunt beantwoorden, kunt u dit aangeven op het formulier.

De resultaten worden vastgelegd in een rapportage, welke via Stowa ter beschikking wordt gesteld (www.stowa.nl).

Met vriendelijke groet,
ir. W.J.P. Worst

Retouradres:

Grontmij Advies & Techniek bv
t.a.v. mevrouw drs. T. van Mossevelde
Afdeling Water
Postbus 119
3990 HOUTEN
telefoon: 030-6344870 e-mail: tyra.vanmossevelde@grontmij.nl

VRAGENLIJST KWALITEITSASPECTEN INFILTRATIEVOORZIENINGEN

	Uw Praktijkervaring	
1	Welke infiltratievoorzieningen zijn toegepast in de gemeente?	☐ ondergrondse voorziening, nl.... ☐ bovengronds (wadi's, ...) ☐ doorlatende verhardingen, nl.... ☐ overig...
2	Welke bronmaatregelen zijn genomen om verontreinigingen in het afstromende regenwater te beperken?	☐ beperken uitlogende materialen ☐ aanpassing strooi beleid ☐ aanpak honden ☐ milieuvriendelijke bestrijdingsmiddelen ☐ overig, nl.
3	Vindt er monitoring van de kwaliteit van water en of bodem plaats? Zo niet, om welke redenen? (ga naar vraag 5)	
4	Wat is het doel van de kwaliteitsmetingen? (korte omschrijving onderzoek, aantal meetlocaties, meetmethode, meetduur)	
	Welke kwaliteitsaspecten worden gemeten?	
	Welke partijen zijn bij de monitoring van de kwaliteitsaspecten betrokken?	
	Zijn de meetresultaten beschikbaar?	
	Hoe beoordeelt u het kwalitatieve functioneren?	
	Heeft u overige opmerkingen?	

5	Welke stoffen in afstromend hemelwater zijn voor u een aandachtspunt?	☐ nutriënten, nl.. ☐ minerale olie ☐ zware metalen, nl.. ☐ PAK, nl.. ☐ bestrijdingsmiddelen, nl.. ☐ overig, nl.
6	Heeft u nog specifieke ideeën voor nader onderzoek?	
7	Met welke vragen zit u omtrent het ontwerp, aanleg en beheer van infiltratievoorzieningen?	
8	Overige opmerkingen	

VRAGENLIJST KWALITEITSASPECTEN INFILTRATIEVOORZIENINGEN

	Uw Kennisbehoefte	
1	Aan welke informatie heeft u ten aanzien van de kwaliteit behoefte bij het ontwerp van infiltratievoorzieningen?	
2	Zijn er infiltratievoorzieningen die u niet zou toepassen (wadi, ondergrondse typen, doorlatende verharding) vanwege de onzekerheden over het kwalitatieve functioneren?	
3	Op welke gebieden zou u meer duidelijkheid of meer informatie willen hebben?	☐ verontreinigingsgraad in afgekoppeld regenwater ☐ zuiveringsrendement infiltratievoorziening ☐ stoffenbelasting omringend grondwater ☐ aandachtspunten ontwerp ☐ opzet monitoring ☐ evaluatie monitoring ☐ stoffenbelasting bodem (of ander opvulmateriaal) ☐ hergebruiksmogelijkheden vervuild adsorptiemateriaal ☐ kwalitatieve levensduur voorziening ☐ overig, nl.
4	Welke stoffen in afstromend hemelwater zijn voor u een aandachtspunt?	☐ nutriënten, nl.. ☐ minerale olie ☐ zware metalen, nl.. ☐ PAK, nl.. ☐ bestrijdingsmiddelen, nl.. ☐ overig, nl.
5	Heeft u nog specifieke ideeën voor nader onderzoek?	
6	Overige opmerkingen	

	Adresgegevens	
1	Heeft u interesse in de resultaten van dit onderzoek.	
2	Adresgegevens Gemeente Naam Postbus Postcode Plaats	

Opmerking: Na afronding van het onderzoek zullen de resultaten via Stowa ter beschikking worden gesteld (www.stowa.nl).

BIJLAGE 3

VRAGENLIJST DESKUNDIGEN

Geachte heer/mevrouw,

De laatste jaren wordt veel aandacht gegeven aan het infiltreren van regenwater in stedelijk gebied. Waar voorheen het regenwater van verharde oppervlakken werd afgevoerd via de rio-
lering, wordt nu gekeken naar de mogelijkheden om dit in de bodem te infiltreren. Hiermee
wordt de natuurlijke infiltratie gehandhaafd of hersteld en worden rioolwater-zuiverings-
installaties effectiever belast.

De kwantitatieve aspecten bij het afkoppelen en infiltreren van het hemelwater zijn redelijk
goed bekend en er zijn vrij concrete en duidelijke richtlijnen voor opgesteld.

Echter, ten aanzien van de kwalitatieve aspecten bij infiltratievoorzieningen zitten waterschap-
pen en gemeenten nog met veel vragen omtrent het afkoppelen en infiltreren van hemel-
water in de bodem. Dit omdat diverse onderzoeken ten aanzien van de verontreinigingen
wisselende informatie geven over de risico's en levensduur van de voorzieningen. Bovendien
zijn en worden in toenemende mate uiteenlopende type infiltratievoorzieningen ontworpen
(ondergronds, doorlatende verhardingen etc), waarvan het moeilijk is de kwalitatieve wer-
king ervan te beoordelen of voorspellen.

In opdracht van STOWA voeren de adviesbureau's Tauw en Grontmij een onderzoek uit naar
de stand van zaken op het gebied van kwaliteitsaspecten van het infiltreren van regenwater. Om
antwoord te krijgen op de volgende vragen hebben wij uw hulp nodig:

1. wat zijn de praktijkervaringen in Nederland;
2. wat zijn de vragen en onzekerheden die spelen bij de gemeenten.

Het doel van het onderzoek is om een beeld te krijgen van de onduidelijkheden en onze-
ker-heden over het kwalitatieve functioneren van infiltratievoorzieningen en om de kennis-
behoefte na te gaan die waterschappen en gemeentes in de praktijk hebben.

Indien u interesse heeft om mee te werken aan dit project vragen wij u het vragenformulier
in te vullen en binnen twee weken terug te sturen naar onderstaand post- of e-mail adres.
Indien gewenst kunt u ook telefonisch reageren. Het invullen van de vragenlijst hoeft niet
veel tijd te kosten. Indien er vragen bij zijn die u niet direct of snel kunt beantwoorden, kunt
u dit aangeven op het formulier.

De resultaten worden vastgelegd in een rapportage, welke via Stowa ter beschikking wordt
gesteld (www.stowa.nl).

VRAGENLIJST KWALITEITSASPECTEN INFILTRATIEVOORZIENINGEN

Uw Kennisbehoefte	
Welke monitoringsprojecten naar de kwaliteit van regenwater en of bodem kent u? (korte omschrijving en contactpersonen)	
Welke bronmaatregelen acht u zinvol om verontreinigingen in het afstromende regenwater te beperken?	☐ beperken uitlogende materialen ☐ aanpassing strooi beleid ☐ aanpak hondenpoep ☐ communicatie ☐ milieuvriendelijke bestrijdingsmiddelen ☐ overig, nl.
Aan welke informatie heeft u ten aanzien van de kwaliteit behoefte bij het ontwerp van infiltratievoorzieningen?	
Zijn er infiltratievoorzieningen die u niet zou toepassen (wadi, ondergrondse typen, doorlatende verharding) vanwege de onzekerheden over het kwalitatieve functioneren?	
Op welke gebieden zou u meer duidelijkheid of meer informatie willen hebben?	☐ verontreinigingsgraad in afgekoppeld regenwater ☐ zuiveringsrendement infiltratievoorziening ☐ stoffenbelasting omringend grondwater ☐ aandachtspunten ontwerp ☐ opzet monitoring ☐ evaluatie monitoring ☐ stoffenbelasting bodem (of ander opvulmateriaal) ☐ hergebruiksmogelijkheden vervuild adsorptiemateriaal ☐ kwalitatieve levensduur voorziening ☐ beheersaspecten ☐ volksgezondheidsrisico's ☐ overig, nl.
Welke stoffen in afstromend hemelwater zijn voor u een aandachtspunt?	☐ nutriënten, nl.. ☐ minerale olie ☐ zware metalen, nl.. ☐ PAK, nl.. ☐ bestrijdingsmiddelen, nl.. ☐ virussen en bacteriën ☐ overig, nl.

Heeft u nog specifieke ideeën voor nader onderzoek?	
Welke literatuur acht u wenselijk voor dit onderzoek?	
Zijn er volgens u relevante vragen niet gesteld, zo ja welke?	
Is een aanvullend gesprek naar aanleiding van het invullen van deze enquête wenselijk?	

	Adresgegevens	
1	Heeft u interesse in de resultaten van dit onderzoek.	
2	Adresgegevens: Naam Postbus Postcode Plaats	

Opmerking: Na afronding van het onderzoek zullen de resultaten via Stowa ter beschikking worden gesteld (www.stowa.nl).

