
KRW innovatie in de praktijk: onkruidbestrijding en zuivering regenwater

'4 onderscheidende praktijkvoorbeelden ter inspiratie'

Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01

Verantwoording

Titel	KRW innovatie in de praktijk: onkruidbestrijding en zuivering regenwater
Opdrachtgever	Plant Research International
Projectleider	F.C. Boogaard
Auteur(s)	F.C. Boogaard, ir. H.M. (Harry) de Brauw, C. van Dijk
Uitvoering meet- en inspectiewerk	F.C. Boogaard, ir. H.M. (Harry) de Brauw, C. van Dijk
Projectnummer	4716641
Aantal pagina's	75 (exclusief bijlagen)
Datum	30 oktober 2012
Handtekening	

Colofon

Tauw bv
BU Water
Australiëlaan 5
Postbus 3015
3502 GA Utrecht
Telefoon +31 30 28 24 82 4
Fax +31 30 28 89 48 4

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van het intellectuele eigendom. De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- NEN-EN-ISO 9001

Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01

Inhoud

Verantwoording en colofon	5
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding	11
1.2 Aanpak KRW-project Duurzaam Terreinbeheer	11
1.3 Leeswijzer	12
2 WP 1 Onkruidwerende en regenwaterzuiverende verhardingen	13
2.1 Inleiding	13
2.2 Doelstelling onderzoeksprogramma	13
2.3 Het onderzoek	14
2.3.1 Fase 1: Literatuuronderzoek	14
2.3.2 Fase 2: Kolomproeven	14
2.3.3 Fase 3: Praktijkexperimenten	15
2.3.4 Onkruidmonitoring	17
3 Literatuur en laboratorium	18
3.1 Oplosbaarheid en binding van verontreiniging	18
3.2 Maximaal toelaatbaar risiconiveau	19
3.3 Lava	20
3.4 Olivijn	24
3.5 Actief Kool	27
3.6 Geoxideerd filterzand	29
3.7 Samenvatting	31
3.8 Conclusie	31
4 Duurzaam terreinbeheer pilot Rotterdam	33
4.1 Aanleiding	33
4.2 Situatie: De Vaanweg	33
4.3 Watersysteem	36
4.4 Monitoringsplan	36
4.5 Resultaten	38
4.5.1 Hydraulisch	38
4.5.2 Zuivering	38
4.6 Conclusies en aanbevelingen	40
4.6.1 Conclusie	40

4.6.2	Aanbevelingen	41
5	Duurzaam terreinbeheer pilot Eindhoven.....	42
5.1	Aanleiding	42
5.2	Situatie	42
5.2.1	Gebiedsomschrijving plangebied	42
5.3	Watersysteem	43
5.4	Monitoringsplan	44
5.5	Resultaten.....	46
5.5.1	Hydraulisch	46
5.5.2	Zuivering	47
5.5.3	Optimalisatie	48
5.5.4	Onkruidgroei	50
5.6	Conclusie en aanbevelingen pilot Eindhoven	51
5.6.1	Conclusie	51
5.6.2	Aanbevelingen	51
6	Duurzaam terreinbeheer Pilot Oss	53
6.1	Aanleiding	53
6.2	Situatie.....	53
6.3	Filter	53
6.4	Monitoringsplan	56
6.5	Resultaten.....	57
6.5.1	Hydraulisch	58
6.5.2	Zuivering	60
6.5.3	Afvangen glyfosaat	61
6.6	Conclusie en aanbevelingen.....	61
6.6.1	Conclusie	61
6.6.2	Aanbevelingen	62
7	Duurzaam terreinbeheer Pilot Sliedrecht	63
7.1	Aanleiding	63
7.2	Situatie.....	64
7.3	Meetmethode	67
7.4	Monitoringsplan	69
7.5	Resultaten.....	69
7.5.1	Onkruidgroei	69
7.5.2	Hydraulisch	71
7.5.3	Zuivering	73

ConceptKenmerk R001-4716641HBA-V01

7.6	Conclusie en aanbevelingen.....	74
7.6.1	Conclusie	74
7.6.2	Aanbevelingen	74
8	Conclusies en aanbevelingen.....	75
9	Referenties	78

Bijlage(n)

- 1 Onkruidmonitoring
- 2 Bouw filter Oss
- 3 Zuiveringsresultaten filter Oss
- 4 Waterpasseerbaarheid bestrating Sliedrecht

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In het kader van de Europese Kaderrichtlijn Water heeft het (voormalige) ministerie van VROM een project opgestart dat zich richt op innovaties waarmee middels enkele gerichte acties de oppervlaktewaterkwaliteit kan verbeteren. Het beheer van de openbare ruimte draagt aanzienlijk bij aan belasting van oppervlakte- en grondwater door o.a. bestrijdingsmiddelen en meststoffen. Dit komt vooral doordat in stedelijk gebied de emissiefactoren veel hoger zijn dan in de landbouw. Hiertoe is door 19 projectpartners gezamenlijk een innovatie KRW-Project Duurzaam Terreinbeheer opgestart. Dit project richt zich op de vermindering van het verbruik, emissie en afhankelijkheid van bestrijdingsmiddelen en meststoffen bij beheer van niet-landbouwterreinen in Nederland.

Door een innovatieve brongericht aanpak zal het verbruik van bestrijdingsmiddelen en meststoffen in de openbare ruimte met minimaal 30 % kunnen dalen. De reductie van 30 % in verbruik leidt tot een grotere reductie in emissie omdat in de communicatie sterk nadruk gelegd zal worden op toepassen van extra emissiebeperkende maatregelen. De drinkwatersector profiteert ook van de projectresultaten daar de emissie van voor hen belangrijke herbiciden verder daalt en normoverschrijdingen met glyfosaat zullen verminderen. Opschaalbaarheid van de toepassing is groot, als de innovaties effectief blijken zullen ze uitstraling hebben naar andere gemeenten in Nederland en zullen dienstverlenende bedrijven volgen.

1.2 Aanpak KRW-project Duurzaam Terreinbeheer

In het project Duurzaam Terreinbeheer worden zes innovaties en een innovatieve manier van communicatie gebundeld. De aanpak in het project is de ontwikkeling van praktijkexperimenten met en communicatie over innovatieve methoden voor beheer van verhardingen en sportvelden. Een zestal perspectiefvolle methoden worden uitontwikkeld en/of beproefd onder praktijkomstandigheden. In een apart deelproject worden de resultaten breed uitgezet bij beheerders en uitvoerders binnen de openbare ruimte, waarbij tevens aandacht komt voor beleidsmatige handreikingen om daadwerkelijk de innovatieve technieken actief te gaan toepassen.

Tabel 3.1 Overzicht werkpakketten

Werkpakkettitel	Nr.
Onkruidwerende en regenwaterzuiverende verhardingen (praktijkexperiment)	WP_1
Innovatieve onkruidbestrijdingsmethode verhardingen (ontwikkeling)	WP_2
Optimalisatie onkruidbeheersing verhardingen (praktijkexperiment)	WP_3
Sensorgestuurde gewasbescherming sportvelden	WP_4
Sensorgestuurde bemesting sportvelden	WP_5
Innovatief processchema voor terreinbeheer	WP_6
Kennisverspreiding (bewustwording, stimulering en projectresultaten)	WP_7
Projectmanagement	WP_8

In het project wordt samengewerkt tussen kennisinstellingen (4), gemeenten (20), diverse toeleverende bedrijven (8), brancheverenigingen (3), waterschappen (6) en een provincie (zie bijlage 1). Plant Research International (PRI) is penvoerder van het project.

1.3 Leeswijzer

Deze rapportage is als volgt opgebouwd:

In hoofdstuk 2 is de doelstelling en de opbouw van het onderzoek vastgesteld. In hoofdstuk 3 staan de resultaten van het literatuur- en het laboratoriumonderzoek. In hoofdstuk 4,5,6 en 7 worden achtereenvolgens de cases Rotterdam, Eindhoven, Sliedrecht en Oss besproken. In hoofdstuk 8 staan conclusies en aanbevelingen.

2 WP 1 Onkruidwerende en regenwaterzuiverende verhardingen

2.1 Inleiding

Werkpakket 1 heeft als doel onkruidwerende maatregelen toe te passen (preventieve maatregel) en regenwaterzuiverende voorzieningen voor onkruidbestrijdingsmiddelen aan te leggen (*end of pipe* maatregel). Deze maatregelen worden gemonitord en de meerwaarde wordt aangetoond op minimaal twee locaties in de stroomgebieden van de Maas en de Rijn.

KRW-voordeel: minder of geen inzet van (chemische) onkruidbestrijding op verhardingen en emissiebeperking stoffen door zuivering afstromend regenwater.

Globaal heeft het onderzoek in drie fasen plaats gevonden:

Fase 1: Literatuurstudie naar de inzetbaarheid van filtermedia voor berging en zuivering van regenwater.

Fase 2: Laboratoriumonderzoek (kolomproeven) om de zuiverende werking van het filtermedium voor afstromend regenwater aan te tonen.

Fase 3: Implementatie en monitoring in de praktijk

2.2 Doelstelling onderzoeksprogramma

De doelstelling van het onderzoeksprogramma is het verkrijgen van inzicht in de (kosten)effectiviteit van regenwaterzuivering via een regenwaterfilter. Hierbij zullen diverse aspecten, zoals het hydraulisch en milieutechnisch functioneren alsmede de kosten en beheersaspecten, worden onderzocht en vergeleken met alternatieven.

Concrete onderzoeksvragen:

1. wat is een kosteneffectief filtermateriaal?
2. wat is het rendement van het filter?
3. wat is de levensduur van het filter?
4. welk beheer is benodigd voor een goed functioneren van het filter?
5. wat is de kosteneffectiviteit van het filter (aanleg- en beheerskosten) tov andere alternatieven?
6. is er sprake van uitspoeling van gebonden stoffen na pekelstrooien?
7. hoe functioneert het filter na periode van droogte (massa van eventuele bacteriën kan uitspoelen)?

hoe functioneert het filter na natte periode (overleven eventuele bacteriën een periode volledig onder water)?

Doel WP1 verschaft inzicht in:

- onkruidwerendheid van verschillende verhardingsmaterialen.
- kwaliteit regenwater en het zuiverend vermogen van diverse oplossingsrichtingen (Ica)
- richtlijnen voor ontwerp, inrichting en onderhoud van kosteneffectieve zuiverende voorzieningen om

Methodiek:

- Literatuuronderzoek
- Laboratoriumonderzoek
- Praktijkexperimenten

2.3 Het onderzoek

2.3.1 Fase 1: Literatuuronderzoek

Vanuit de rioolwaterzuiveringswereld is met substraatfilters (met name lava) al ervaring opgedaan en wordt voornamelijk ingezet op zuivering van nutriënten, CZV en BZV onder aerobe condities. De belasting van regenwater is echter minder constant (hoge en lage debieten en droge perioden) en bevat andere verontreinigingen. Zo zijn de aandachtsstoffen in regenwater met name: zware metalen, minerale olie, PAK en nutriënten. Als er sprake is van foutieve aansluitingen is e-coli ook een aandachtspunt (Boogaard, 2012). Daarnaast spoelt glyfosaat af na het spuiten met onkruidverdelgingsmiddel.

In het kader van het literatuuronderzoek zijn diverse projecten geïnterpreteerd waar substraten zijn toegepast. Het toepassen van substraten voor regenwater is relatief nieuw en de watersystemen worden zelden gemonitord (slechts op basis van steekmonsters of beperkte visuele monitoring).

2.3.2 Fase 2: Kolomproeven

In het laboratorium zijn diverse substraten getest op het zuiverend vermogen. Uiteindelijk zijn een viertal substraten geselecteerd welke nader onderzocht zijn. Deze substraten zijn:

1. lava
2. olivijn
3. actief kool
4. geoxideerd filterzand

Deze substraten zijn getest op:

- Zuiverend vermogen: welk zuiverend rendement wordt bij welk type verontreiniging behaald

- Doorlatendheid: Wat is de doorlatendheid van het substraat. Dit is van belang voor het hydraulisch functioneren van de voorziening
- Sterkte: In hoeverre is het mogelijk om het substraat als fundatiemateriaal onder wegen te gebruiken
- Duurzaamheid: Wat is de belasting van het materiaal voor het milieu

Normaliter wordt voor het bepalen van het zuiverend rendement van substraten in het laboratorium gebruik gemaakt van kolomproeven (zie Figuur 1 links). Proeven met een kleine constante oppervlaktebelasting zijn echter niet representatief voor een zuiverende voorziening van regenwater zoals wenselijk is bij praktijkprojecten. Bij dergelijke voorzieningen kunnen veel grotere discontinue doorstroomsnelheden verwacht worden waardoor de contacttijd en het zuiverend rendement beperkt wordt. Om het zuiverend rendement bij praktijkcondities te onderzoeken is een speciale laboratoriumopstelling gebouwd (zie Figuur 2 rechts). Met deze opstelling is het mogelijk om substraten te testen op debieten die ook in de praktijk optreden.



Figuur 1 Links: traditionele kolomproefopstelling voor bepalen zuiverend rendement. Rechts: Speciaal ontworpen kolomproefopstelling voor hoge debieten

2.3.3 Fase 3: Praktijkexperimenten

Om meer praktijkervaring met de mogelijkheden om een onkruidwerende en waterzuiverende voorziening te verkrijgen zijn bij vier pilotgemeenten praktijkexperimenten gedaan met een combinatie van specifieke bouwmaterialen en aanleg. Tauw Nederland, Plant Research

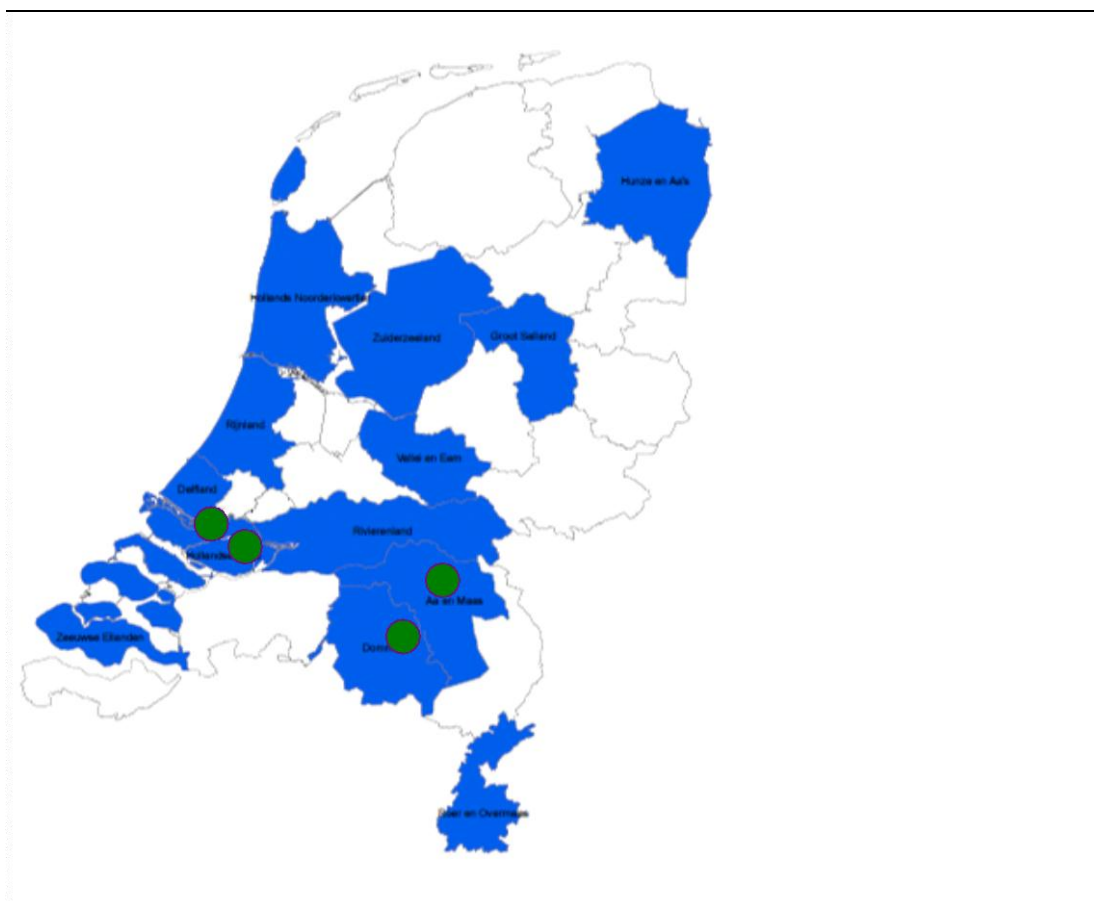
Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01

International, Waterschap Hollandse Delta, en de gemeenten Rotterdam, Sliedrecht, Eindhoven en Oss zijn verantwoordelijk voor de uitvoering van de praktijkexperimenten van dit werkpakket.

Onkruidgroei en veeg- en onkruidbeheer op de verharding zijn gedurende 2 jaar gemonitord en vergeleken met gangbare praktijk. De vier gemeenten waarbij de praktijkexperimenten zijn uitgevoerd zijn:

- Gemeente Oss: Substraat filter
- Gemeente Sliedrecht: Waterpasserende en onkruidwerende verharding
- Gemeente Rotterdam: Lavakoffer (berging zuivering)
- Gemeente Eindhoven: Zuiverende stuw+



Figuur 2 Deelnemende gemeentes bij de praktijkproeven. De waterschappen die participeren in het project zijn in blauw weergegeven.

2.3.4 Onkruidmonitoring

Om de onkruidgroei te monitoren is een analyse gemaakt van digitale onkruidbeelden in combinatie met visuele beoordelingen. Op basis van deze analyse is gebleken dat het relatief eenvoudig is om met behulp van digitale opnames en geschikte software het percentage onkruidbedekking op verhardingen te bepalen. Om redenen van eenvoud is gekozen voor bedekingsgraad (%) als criterium voor een nieuw classificatiesysteem, waarbij geen onderscheid meer wordt gemaakt naar type elementverharding. De techniek is toegepast bij de praktijkexperiment in Sliedrecht en in Eindhoven. De gehanteerde methode wordt toegelicht in bijlage 1.

3 Literatuur en laboratorium

In de voorstudie van dit project zijn diverse substraten onderzocht op hun potentie om afstromend hemelwater te zuiveren. De substraten die in dit hoofdstuk besproken worden zijn de meest veelbelovende substraten die uit de voorstudie naar voren zijn gekomen. Deze substraten zijn ook toegepast in de praktijkexperimenten, het betreft:

- Lava
- Olivijn
- Actief kool
- Geoxideerd filterzand

3.1 Oplosbaarheid en binding van verontreiniging

In afstromend hemelwater is verontreiniging zowel opgelost als gebonden aan vaste deeltjes aanwezig. Per stof is de mate van oplossing en binding verschillend. Dit wordt geïllustreerd in figuur 3-1. Hierin worden de bindingspercentages van stoffen in afstromend regenwater weergegeven. Hieruit blijkt bijvoorbeeld dat lood, pak en olie sterk binden aan vaste deeltjes. Chloride, en in mindere mate stikstof, hebben juist de neiging om in water goed op te lossen. Deze waarneming is van belang voor de interpretatie van de resultaten in dit onderzoek. Gebonden stoffen zijn namelijk relatief gemakkelijk af te vangen doormiddel van filtratie. Opgeloste stoffen dienen geadsorbeerd te worden.

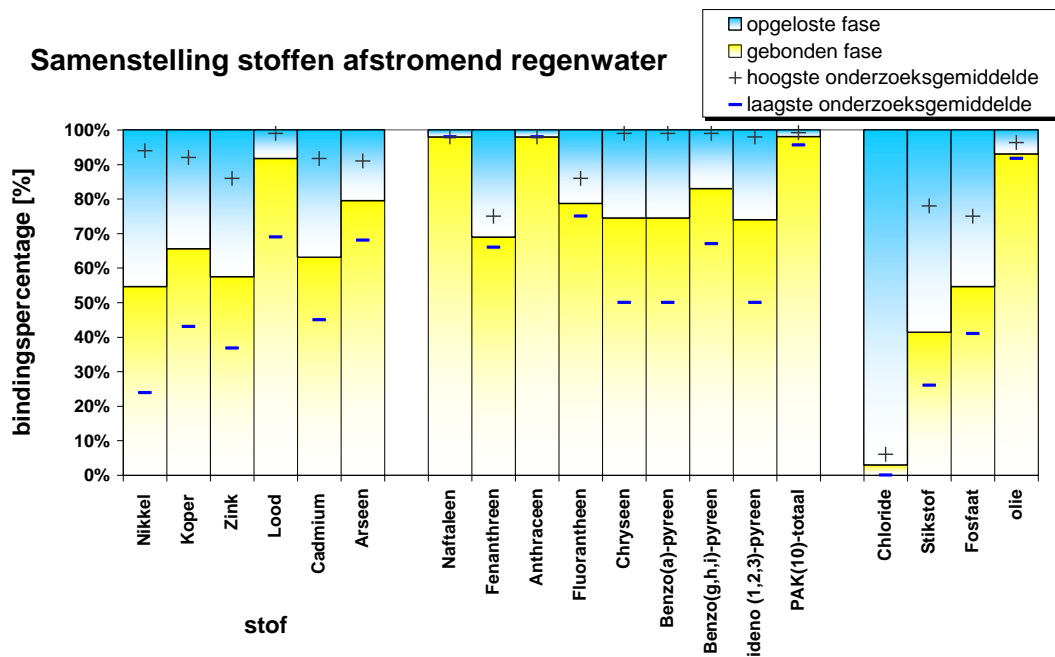


Figure 3-1 Bindingspercentages van stoffen in afstromend regenwater¹

3.2 Maximaal toelaatbaar risiconiveau

Het maximaal toelaatbaar risiconiveau is de berekende waarde voor de concentratie van een bepaalde stof op een bepaalde plaats, waarbij 95% van de daar levende planten en dieren geen waarneembare nadelen ondervinden. De MTR-waarde is meestal de basis voor de grenswaarde, maar bij de grenswaarde worden ook economische en maatschappelijke belangen meegewogen.² In Tabel 3.2 staan de MTR-waarden van diverse stoffen. Tevens is aangegeven wat de gemiddelde concentratie in ongefilterd afstromend regenwater van daken en wegen in Nederland is.

¹ Boogaard, F.C. en Lemmen, G. (2007) De feiten over de kwaliteit van afstromend regenwater, Stowa

² www.ecomare.nl oktober 2012

Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01

Tabel 3.1 Het maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR) en gemiddelde concentratie van ongefilterd afstromend regenwater in woonwijken van daken en wegen in Nederland (Boogaard, 2012).

afstromend regenwater van daken+wegen										
	Cd µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Hg µg/l	Pb µg/l	Ni µg/l	Zn µg/l	PAK10 µg/l	PAK16 µg/l	
gemiddelde	0,27	6,2	19	0,05	18	5,6	102	0,8	60,9	
Mediaan	0,15	1,1	11	0,06	6	3,6	60	0,8	1,5	
90 percentiel	0,50	12,0	35	0,08	43	10,0	250	1,1	1,5	
aantal	152	141	686	118	682	155	684	145	106	
MTR Opgelost	0,4	8,7	1,5	0,20	11,0	5,1	9,4	2,3		
MTR totaal	2,0	64	3,8	1,2	220	6,3	40	4,3		
Percentage tov MTR	13%	7%	513%	4%	8%	89%	254%	19%		
	Min olie mg/l	Cl mg/l	Fe mg/l	BZV mg/l	CZV mg/l	Ptot mg/l	N-kj mg/l	Zw.stof mg/l	E.coli kve/100 ml	
gemiddelde	37	18,3	1,8	5,7	32	0,4	1,9	17	1,9E+04	
Mediaan	1	11,0	1,1	3,1	20,0	0,3	1,1	17	6,7E+03	
90 percentiel	90,8	33	2,9	12,5	60	1,0	3,1	29	3,5E+04	
aantal	149	321	60	219	681	107	590	7	116	
MTR totaal						0,15	2,2		1,0E+03	
							(N-tot)		(zwemwater)	

Stof	Eenheid	MTR-waarden	Gemiddelde concentratie ongefilterd NL
Glyfosaat	µg/l	77	Slechts enkele metingen
Ampa	µg/l l	79,7	Slechts enkele metingen

Van vrijwel elke stof zijn maximale waarden die de MTR overschrijden, dit is locatie en moment specifiek. Uit de tabel valt af te leiden dat enkele microverontreinigen zoals koper en zink veelvuldig de ambities voor waterkwaliteit overschrijden. Van glyfosaat en ampa zijn te weinig metingen beschikbaar om goede uitspraken te doen.

3.3 Lava

Literatuur

Lava is magma dat bij vulkanische uitbarstingen aan het aardoppervlak naar buiten treedt bij een temperatuur van 1000 tot 1300 graden. Het betreft een gloeiend-vloeibare fase van magmatische gesteenten, dat relatief snel afkoelt en stolt als een bepaald gesteente, namelijk uitvloeiingsgesteente. Het soort magma is afhankelijk van de samenstelling van het gesteente. Zo zal het ontbreken van het scheikundige element silica (kwarts) resulteren in zeer vloeibare lava. Bij de aanwezigheid van silica zal de magma juist veel stroperiger zijn. Wanneer uitvloeiingsgesteenten meer lichte mineralen bevatten zoals silicaten, worden deze 'felsisch'

genoemd. Worden er meer zwaardere mineralen aangetroffen zoals magnesium en ijzer, dan zijn de gesteenten 'mafisch'^{3 4}.

De zuiverende werking van lava kan als volgt verklaard worden:

- Lava bevat veel vrije oxiden, hierdoor is de negatieve lading bij gangbare ph-waarden groter dan de positieve lading, waardoor bijvoorbeeld zink kan worden geadsorbeerd
- Door het grote soortelijke oppervlak van de oxiden in de steen is het materiaal in staat veel zink en dergelijke te adsorberen. De ladingsdichtheid van het adsorberende oppervlak is groot, waardoor veel tegengestelde ionen voor de neutralisatie noodzakelijk zijn. Hierdoor wordt de dubbellaag groot en ook de voorkeur voor de adsorptie van meerwaardige ionen. Daarnaast zijn er nog andere, meer specifieke bindingsvormen.
- Humusmoleculen zijn eindproducten van de afbraak van organische stof en zijn daarom slecht afbreekbaar. Door complexatie van metalen en binding van stoffen zoals PAK, kunnen ze een bijdrage leveren aan de verspreiding van verontreinigingen. In tegenstelling tot humusmoleculen zijn andere opgeloste organische stoffen veelal wel afbreekbaar.
- Op het grote contactoppervlak kunnen bacteriën zich vestigen die PAK en minerale olie adsorberen en vervolgens omzetten.

Zuiverend vermogen

Het zuiverend vermogen van lava is onderzocht doormiddel van diverse proeven en literatuuronderzoek. Tabel 3.2 geeft de resultaten zoals deze gemeten zijn in het laboratorium van Tauw te Deventer doormiddel van kolomproeven. Bij deze proeven is gevarieerd in de LS verhouding. Hierbij is gebruik gemaakt van regenwatermonsters afkomstig uit een regenwaterriool bij een drukke weg.

Tabel 3.2 Resultaten kolomproeven synthetisch regenwater door TAUW met lava 4-32 als substraat.

Parameter	Influent	LS 0 - 1,67	LS 1,67 - 3,33	LS 3,33 – 5,0
Koper ug/l	82	19	7,8	4,4
Lood ug/l	65	0	0	0
Zink ug/l	40	5,1	5,2	3

In Tabel 3.3 zijn voor de overige probleemstoffen de resultaten weergegeven welke volgen uit kolomproeven in het laboratorium van Tauw te Deventer. Uit dit onderzoek blijkt dat PAK, minerale olie, glyfosaat en AMPA goed worden afgevangen. Fosfaat en AMPA worden voor ongeveer 50% afgevangen. Stikstof en glyfosaat worden nauwelijks gebonden. Opmerkelijk is dat een grotere LS verhouding niet lijkt te resulteren in een beter zuiveringsrendement.

³ <http://www.natuurinformatie.nl>, augustus 2010

⁴ <http://www.agstein.de>, augustus 2010

Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01

Tabel 3.3 Resultaten proeven met monster uit hemelwaterriool bij drukke weg met lava 4-32 als substraat. Glyfosaat is toegevoegd aan het monster

Parameter	Influent	LS 0 - 1,67	LS 1,67 - 3,33	LS 3,33 – 5,0	
Fosfaat	mg/l	0,3	0,16	0,18	0,14
Stikstof	mg/l	1,7	1,58	1,48	1,5
PAK	ug/l	0,21	0	0	0
Minerale olie	ug/l	0,11	0	0	0
AMPA	ug/l	23	8,2	9,6	9,2
Glyfosaat	ug/l	530	520	660	540

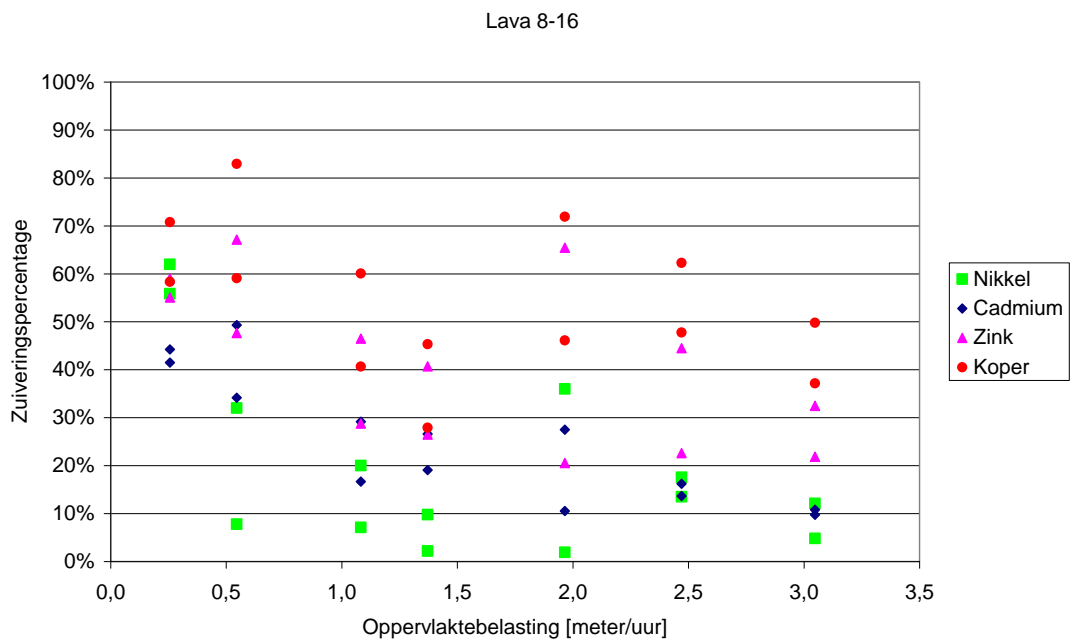
Tabel 3.4 geeft een overzicht van de resultaten die met kolomproeven gemeten zijn door IWACO (lava) en USDA (combi van lava en zand). Deze resultaten komen op hoofdlijnen overeen met de metingen van Tauw.

Tabel 3.4 Zuiveringsrendement IWACO (lava) en USDA (lava en zand) in laboratorium opstelling

	Koper	Lood	Zink	PAK	Minerale olie
IWACO Lava		94%	99%	95%	98%
USDA University of California	62%		86%		

In Figuur 3 zijn de resultaten weergegeven van de speciaal ontworpen kolomproefopstelling waarbij gekeken is naar de zuiverende werking van enkele metalen bij verschillende stroomsnelheden. In deze test is gemeten met een lava 8 – 16 fractie. Uit de resultaten komt naar voren dat het zuiverend rendement sterk afhankelijk is van het type zware metaal. Bovendien is te zien dat het zuiverend afneemt bij toenemende oppervlaktebelasting. De influent concentraties van de opstelling zijn:

- Nikkel: 0,6 mg/l
- Cadmium: 0,9 mg/l
- Zink: 0,8 mg/l
- Koper: 01,0 mg/l



Figuur 3 Zuiverend rendement van lava 8-16 fractie in speciale kolomproeven met zware metalen

Doorlatendheid

Lava 4-32 is op doorlatendheid getest. Uit de test blijkt dat het een zeer goede doorlatendheid heeft (Tabel 3.5), dit komt door de grote porositeit. Qua bodemclassificatie is de initiële doorlatendheid hoger dan 'grind' dat als waterberging in de vorm van grindkoffers bij wegen wordt toegepast. Lava is dan ook doorlatend genoeg om toegepast te worden in een zuiverende berm

Tabel 3.5 Doorlatendheid 4-32 Lava

Materiaal	Doorlatendheid	Doorlatendheid
	(m/s)	(m/d)
Lava	0,30	25700

Sterkte

Lava heeft een hoge druksterkte en haakweerstand waardoor het veelal in de wegenbouw gebruikt wordt als fundatiemateriaal. Het heeft een hoog poriëngehalte wat ook onder druk in stand blijft.

Duurzaamheid

Lava is voornamelijk afkomstig uit het Eifelgebied te Duitsland. Door het geringe soortelijk gewicht zijn de transportkosten beperkt. Het materiaal hoeft verder geen bewerkingen te ondergaan om het te activeren. De kosten voor het materiaal zijn relatief gering.

Conclusie

De combinatie van een goede sterkte, doorlatendheid, redelijke zuiveringscapaciteit en beperkte kosten maakt lava geschikt om grootschalig als zuiveringsmateriaal ingezet te worden.

3.4 Olivijn

Literatuur

De aardmantel bestaat voor een groot gedeelte uit olivijn. Langs breuken in de aardkorst, die tot in de mantel lopen, komt het vloeibare basaltisch mantelgesteente naar boven. Bij het naar boven komen sleurt het stukken vast mantelmateriaal mee. Dit zijn de olivijnknollen. Dit kunnen vele kubieke kilometers zijn, die vrijwel uitsluitend uit olivijn bestaan. Olivijn is een silicaat van magnesium en/of ijzer. In de natuur zijn alle verhoudingen van ijzer en magnesium mogelijk. Olivijn is groen, de intensiteit van de kleur hangt af van de chemische samenstelling. Hoe donkerder de kleur, hoe meer ijzer erin zit.

Olivijn is een redelijk hard mineraal en heeft een vrij hoge dichtheid. Olivijn is een basisch gesteente, de pH waarde ligt ongeveer tussen 8,9 en 9,5. Door de verhoogde pH nemen de oplosbaarheden af van een aantal metalen, bijvoorbeeld koper, lood en zink, die respectievelijk zullen neerslaan als kopercarbonaathydroxide, loodcarbonaat en zinkcarbonaat of gehydrateerd zinksilicaat. Juist deze metalen komen in verhoogde concentraties voor in afstromend regenwater. Fosfaat zal door het vrijkomen van magnesium en ijzer deels neerslaan als magnesiumfosfaat en ijzerfosfaat. Doormiddel dan binding en adsorptie worden voor het milieu schadelijke stoffen zoals PCB (polychloorbifenyyl), PAK (polycyclische aromatische koolwaterstoffen) en organische tinverbindingen uit waterige oplossingen verwijderd.⁵⁶

Zuiverend vermogen

Het onderzoek naar de adsorberende werking van olivijn is uitgevoerd in het laboratorium van Tauw te Deventer doormiddel van kolomproeven. Hierbij is gebruik gemaakt van regenwatermonsters afkomstig uit een regenwaterriool bij een drukke weg. Bij deze proeven is gevarieerd in de LS verhouding. De resultaten van de analyses en metingen zijn samengevat in Tabel 3.8 voor zware metalen en Tabel 3.9 voor de overige probleemstoffen Tabel 3.9. Uit de resultaten blijkt dat koper, lood en zink goed geadsorbeerd worden. Bij Chroom is sprake van uitloging, dit komt doordat chroom van nature in enige vorm aanwezig is in olivijn. De ervaring met olivijn tot dusverre is dat de uitloging van chroom alleen initieel optreedt en al snel afneemt. Fosfaat, PAK, minerale olie, glyfosaat en AMPA worden goed afgevangen. Uit deze test blijkt dat stikstof nauwelijks door olivijn gebonden wordt.

⁵ <http://www.natuurinformatie.nl>, juni 2010

⁶ Van den Hout A.F. (2009) Met olivijn gemineraliseerde daken, Dakenraad nummer 91

Tabel 3.6 Resultaten proeven met monster uit hemelwaterriool bij drukke weg met olivijn als substraat.

Parameter		Influent	LS 0 - 1,67	LS 1,67 - 3,33	LS 3,33 – 5,0
Chroom	ug/l	14	220	86	60
Koper	ug/l	55	8	0	0
Lood	ug/l	5	0	0	0
Zink	ug/l	79	8	18	0

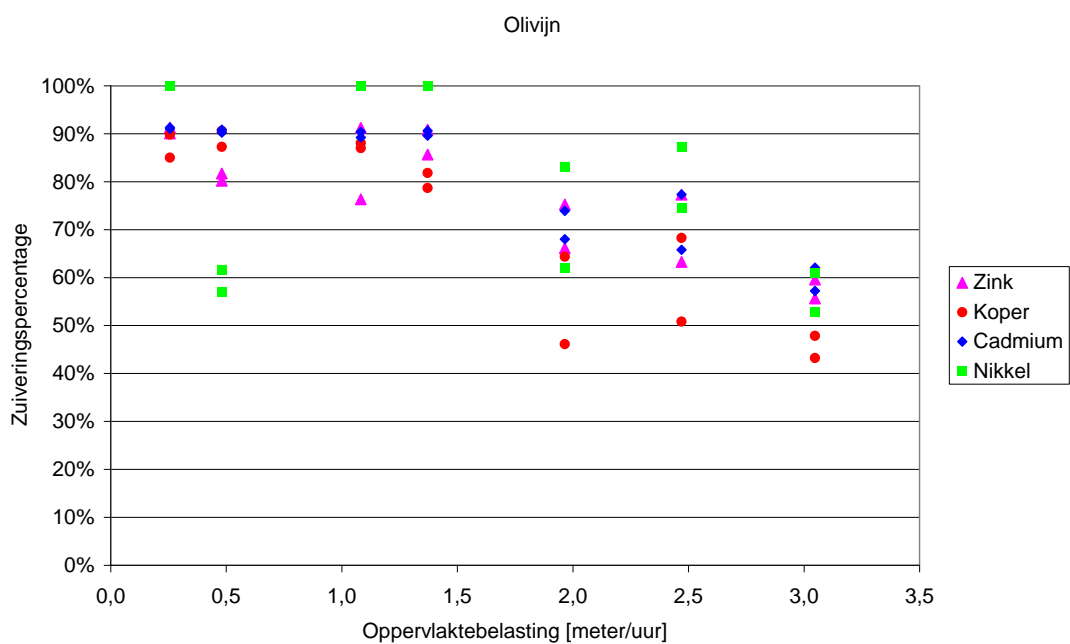
Tabel 3.7 Resultaten proeven met monster uit hemelwaterriool bij drukke weg met olivijn als substraat. Glyfosaat is toegevoegd aan het monster

Parameter		Influent	LS 0 - 1,67	LS 1,67 - 3,33	LS 3,33 – 5,0
Fosfaat	mg/l	0,3	0	0	0
Stikstof	mg/l	1,7	1,64	1,48	1,48
PAK	ug/l	0,21	0	0	0
Minerale olie	ug/l	0,11	0	0	0
AMPA	ug/l	23	1,12	2,4	4,4
Glyfosaat	ug/l	530	4,2	3,8	132

In Figuur 4 staan resultaten voor enkele zware metalen die gemeten zijn in de speciaal ontworpen kolomopstelling. Hieruit blijkt dat zware metalen bij lagere stroomsnelheden goed afgevangen worden, bij een toenemende oppervlaktebelasting neemt het rendement af.

Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01



Figuur 4 Zuiverend rendement van olivijn in speciale kolomproeven met zware metalen

Doorlatendheid

Olivijn is op doorlatendheid getest. Uit de test blijkt dat het een redelijk goede doorlatendheid heeft (tabel 3.3). Qua bodemclassificatie is de initiële doorlatendheid in de orde van 'zanderig grind'. Bij het toepassen van olivijn kunnen problemen ontstaan bij de afvoer van een hoog debiet en op de lange duur bij dichtslibbing.

Tabel 3.8 Doorlatendheid olivijn

Materiaal	Doorlatendheid (m/s)	Doorlatendheid (m/d)
Lava	0,001	870

Sterkte

Olivijn heeft een geringe druksterkte en is ongeschikt als fundatiemateriaal van wegen. Wel kan het toegepast worden in een berm naast de weg.

Duurzaamheid

Olivijn is voornamelijk afkomstig uit Noorwegen. Het heeft een relatief hoog soortelijk gewicht, dit drukt op de transportkosten. Olivijn wordt ook in gepellatiseerd vorm aangeboden. Deze bewerking vergt extra energie en/of grondstoffen (afhankelijk van de methode van pellatiseren). Het materiaal hoeft verder geen bewerkingen te ondergaan om het te activeren. De huidige kosten voor het materiaal zijn relatief hoog. Deze kosten kunnen afnemen wanneer de vraag naar het materiaal toeneemt.

Conclusie

De combinatie van een redelijke doorlatendheid en zeer goede zuiveringscapaciteit maakt het een interessant substraat als effectieve zuiveringsstap. Door de hoge kosten van het materiaal zal het niet snel in grote hoeveelheden worden ingezet.

3.5 Actief Kool

Literatuur

Actief kool is bewerkte steenkool wat doormiddel van een procedure is geactiveerd. Hierbij wordt de kool in een vat blootgesteld aan stoom onder hoge druk en temperatuur. Door dit proces krijgt het koolstof vele kleine poriën en openingen en wordt gesproken van actief kool. Door de vele kleine poriën worden verontreinigingen uit het water gefilterd. Het kool werkt dus als een zeer fijn mechanisch filter. Op het grote contactoppervlak van het materiaal vestigen zich veel bacteriën die de microverontreiniging adsorberen en vervolgens omzetten. Veel stoffen zijn polair, dat wil zeggen dat deze stoffen een positieve en negatieve kant geladen zijn. Door deze polaire eigenschappen trekt actiefkool moleculen aan die op de oppervlakte vast blijven zitten

Zuiverend vermogen

Het onderzoek naar de adsorberende werking van actief kool voor glyfosaat en AMPA is uitgevoerd in het laboratorium van Tauw te Deventer doormiddel van kolomproeven. Hierbij is gebruik gemaakt van synthetische oplossingen met glyfosaat. Bij deze proeven is gevarieerd in de LS verhouding. De resultaten van de analyses en metingen zijn samengevat in Tabel 3.9. Uit de resultaten blijkt dat glyfosaat en AMPA al bij een kleine LS verhouding vergaand verwijderd worden.

Tabel 3.9 Resultaten proeven synthetisch oplossing met glyfosaat met actief kool als substraat

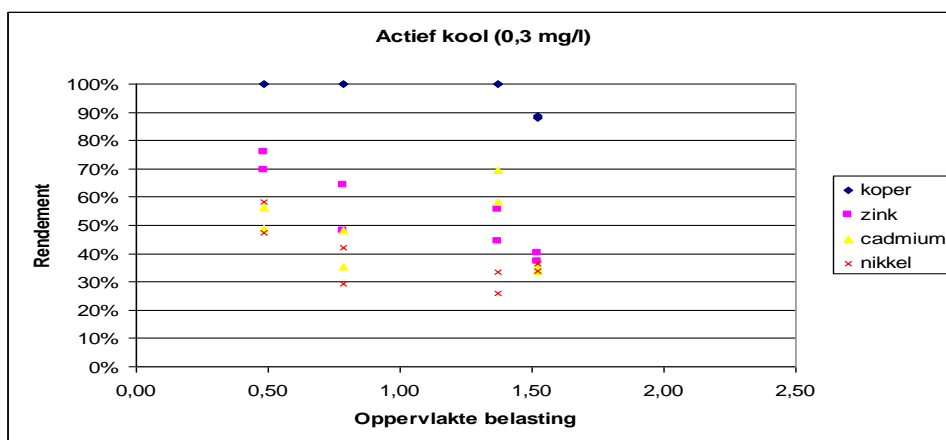
Parameter	Influent	LS 0 – 0,33	LS 3,33 – 6,66
Glyfosaat (ug/l)	810	0,32	<0,05
AMPA (ug/l)	1,5	<0,05	<0,05

Het onderzoek naar de adsorberende werking van actief kool voor zware metalen is met de speciale kolomproefopstelling gedaan.

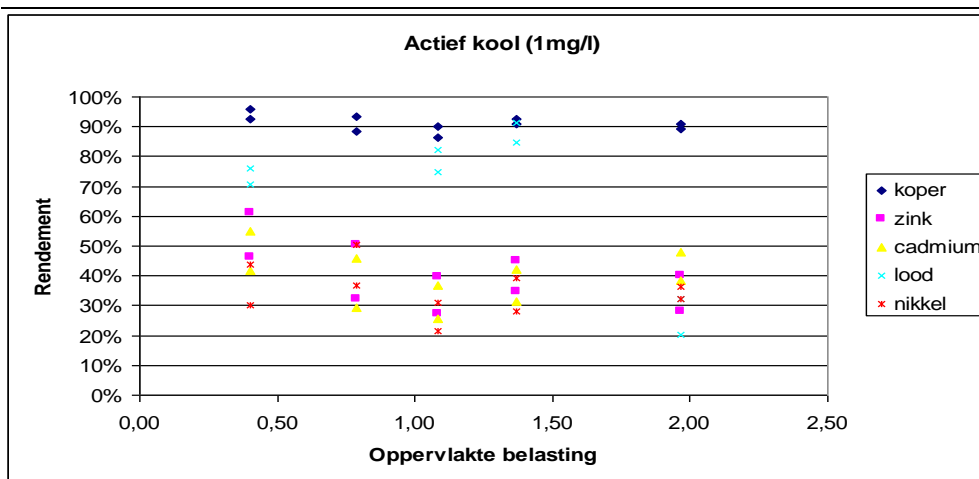
Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01

In onderstaande grafieken zijn de resultaten van de eerste kolomproef weergegeven waarbij gekeken is naar de zuiverende werking van enkele metalen bij verschillende stroomsnelheden. Deze grafieken geven het rendement van actief kool weer tegen de oppervlaktebelasting. De inloopploeistof heeft een concentratie van respectievelijk 0,3 mg/l en 1 mg/l. Uit de grafiek blijkt dat een lage oppervlaktebelasting globaal tot betere resultaten leidt dan een hoge belasting. Voornamelijk koper wordt goed door actief kool afgevangen.



Figuur 5 Zuiverend rendement van actief kool in speciale kolomproeven met zware metalen. Het influent heeft een concentratie van ongeveer 0,3 mg/l



Figuur 6 Zuiverend rendement van actief kool in speciale kolomproeven met zware metalen. Het influent heeft een concentratie van ongeveer 1 mg/l

Doorlatendheid

De resultaten van de doorlatendheidsproef staan in tabel 3.6. Actief kool heeft net als olivijn een redelijke doorlatendheid. Hierdoor zullen er ook bij actief kool problemen kunnen ontstaan bij de afvoer van een hoog debiet en kans op dichtslibbing op termijn.

Tabel 3.6 Doorlatendheid actief kool

Materiaal	Doorlatendheid [m/s]	Doorlatendheid [m/d]
Actief Kool	0,0039	340

Sterkte

Actief kool heeft een geringe druksterkte en is ongeschikt als fundatiemateriaal van wegen. Wel kan het toegepast worden in een berm naast de weg.

Duurzaamheid

Actieve kool wordt gemaakt in een thermisch proces wat veel energie vergt. Hierdoor zijn de kosten van het materiaal relatief hoog.

Conclusie

De combinatie van een redelijke doorlatendheid en zeer goede zuiveringscapaciteit maakt het een interessant substraat als effectieve zuiveringsstap. Door de hoge kosten van het materiaal zal het niet snel in grote hoeveelheden worden ingezet.

3.6 Geoxideerd filterzand

Literatuur

Bij de drinkwaterbereiding komen diverse reststoffen vrij, waaronder geoxideerd filterzand. Het filterzand is geruime tijd in aanraking geweest met belucht ijzerrijk grondwater waardoor de zandkorrels bedekt zijn met een laagje geoxideerd ijzer. Gezien de samenstelling van de reststoffen wordt verwacht dat ze inzetbaar zijn om water te zuiveren. Bekend is dat ijzeroxiden allerlei zware metalen en fosfaat goed adsorberen.

Zuiverend vermogen

Het onderzoek naar de adsorberende werking van het filterzand is uitgevoerd in het laboratorium van Tauw te Deventer door middel van schudproeven. Hierbij is gebruik gemaakt van synthetische oplossingen met zware metalen. De resultaten van de analyses en metingen zijn samengevat in Tabel 3.10 en Tabel 3.11. Uit Tabel 3.10 blijkt dat alle metalen vergaand verwijderd worden bij de proef met regenwater uit wijken / wegen, waarbij ijzerhoudend filtergrind als substraat is gebruikt. Verhoging van de beginconcentraties leidt nauwelijks tot een stijging van de eindconcentraties, het materiaal is blijkbaar nog niet verzadigd. De verwijdering van glyfosaat bedraagt 60 % bij een relatief hoge beginconcentratie. De influentconcentratie van AMPA is bijna nihil. Tijdens het verblijf van glyfosaat in de opstelling wordt het glyfosaat omgezet naar AMPA. Dat verklaart de toegenomen concentratie van Ampa in het effluent

Tabel 3.10 Resultaten proeven synthetisch regenwater wijken / wegen met ijzerhoudend filtergrind als substraat

Parameter	Proef 1		Proef 2	
	<i>Influent</i>	<i>Effluent</i>	<i>Influent</i>	<i>Effluent</i>
pH	-	8,2	-	7,9
Geleidbaarheid (µS/cm)	-	19,4	-	20,8
Koper (µg/l)	9,7	4,2	94	4,2
Nikkel (µg/l)	9,1	<5,0	96	<5,0
Zink (µg/l)	50	<2,0	490	3,9
Glyfosaat (µg/l)	480	190	-	-
AMPA (µg/l)	1,9	2,7	-	-

In Tabel 3.11 staan de resultaten van de proeven met regenwater van een bedrijfsterrein, met ijzerhoudend filtergrind als substraat. Hieruit blijkt dat zowel koper als zink vergaand worden verwijderd. De eindconcentraties stijgen in absolute zin in beperkte mate als de beginconcentraties met een factor 15 worden verhoogd.

Tabel 3.11 Resultaten proeven synthetisch regenwater bedrijfsterrein met ijzerhoudend filtergrind als substraat

Parameter	Proef 1		Proef 2	
	<i>Begin</i>	<i>Eind</i>	<i>Begin</i>	<i>Eind</i>
pH	-	8,3	-	7,8
Geleidbaarheid (µS/cm)	-	15,3	-	24,5
Koper (µg/l)	64 (1)	3,2	930	14
Zink (µg/l)	64 (1)	<2,0	1.000	17

(1) op basis van additie werd een concentratie van 100 µg/l verwacht. Heranalyse bevestigde de waarden

Doorlatendheid

De doorlatendheid van geoxideerd filterzand is niet bemeten. Aangenomen wordt dat de doorlatendheid redelijk is, in dezelfde orde als olivijn,

Sterkte

Geoxideerd filterzand heeft een goede druksterkte en is geschikt als fundatiemateriaal van wegen

Duurzaamheid

Geoxideerd filterzand wordt voornamelijk als afvalproduct gezien en gebruikt bij de fundatie van wegen. Uit het oogpunt van duurzaamheid zal het dus positief zijn wanneer het materiaal hergebruikt wordt voor waterzuivering.

Conclusie

De combinatie van redelijke doorlatendheid en goede zuiveringscapaciteit maakt het een interessant substraat als effectieve zuiveringsstap. Aangezien het nu voornamelijk als afvalstof gezien wordt en het een grote druksterkte heeft maakt het geschikt als zuiverend substraat onder diverse omstandigheden.

3.7 Samenvatting

In Tabel 3.12 zijn de resultaten van het literatuur- en laboratoriumonderzoek samengevat. Hierbij zijn de criteria beoordeeld met plussen en minnen op basis van interviews binnen en buiten projectgroep en expert judgement.

Tabel 3.12 Samenvatting resultaten literatuur- en labonderzoek

	Zuiverend vermogen	Doorlatendheid	Constructief	Duurzaamheid
Lava	+ -	++	++	+
Olivijn	+	+	+ -	-
Actief Kool	+	+ -	+ -	--
Filterzand	+	+	++	++

3.8 Conclusie

De belangrijkste conclusies uit de kolomproeven zijn:

- De oppervlaktebelasting lijkt in laboratorium opstelling van invloed te zijn op het zuiverend rendement. Hoe groter de oppervlaktebelasting hoe kleiner de contacttijd en hoe kleiner het zuiverend rendement.
- Lava heeft een beperkter zuiverend rendement vergeleken met onder andere olivijn, actief kool en geoxideerd ijzerzand. Wel is het relatief goedkoop, heeft het een goede porositeit en grote draagkracht wat het geschikt maakt als basis en bufferlaag onder verhardingen. Om het zuiverend rendement te verbeteren is in sommige situaties een tweestaps benadering opportuun: voorfiltering en buffering van het afstromende hemelwater met lava, nazuivering met een actiever substraat.
- Olivijn, actief kool en geoxideerd filterzand hebben een minder goede doorlatendheid dan lava maar wel een beter zuiverend rendement.
- Actief kool en olivijn hebben een goed zuiverend rendement voor Glyphosaat en AMPA. Lava lijkt glyphosaat niet af te vangen.
- Het zuiverend rendement zal afhangen van de contacttijd (verticale en of horizontale doorstroming) en daarmee is de mogelijke afvoercapaciteit (opstuwing, water op straat) de belangrijkste ontwerpvariabele.
- Bij een praktijkexperiment dient het filter zo te worden gedimensioneerd dat er veel variabelen kunnen worden onderzocht: Op den duur zal het filter verzadigd raken waarop dit vervangen moet worden. De levensduur is vanzelfsprekend sterk afhankelijk van diverse factoren en wordt bij voorkeur in de praktijk bepaald.

Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01

4 Duurzaam terreinbeheer pilot Rotterdam

4.1 Aanleiding

Afstromend regenwater van wegen met een hoge verkeersintensiteit kan in hoge mate microverontreinigingen als PAK (uitlaatgassen oa) en zware metalen bevatten. Hierom wordt het regenwater van de vaanweg geborgen en gezuiverd in een lavafilter om emissie naar het oppervlaktewater te verminderen. Ook is meer ruimte gewenst om het regenwater bij hevige neerslag te bergen zodat er geen wateroverlast ontstaat.



Figure 4-1 foto van aanleg lavafilter te Rotterdam

4.2 Situatie: De Vaanweg

Sinds 1968 wordt afstromend regenwater van de Vaanweg rechtstreeks en ongezuiverd naar het nabij gelegen oppervlaktewater afgevoerd. In 2010/2011 is de Vaanweg gerenoveerd, vanaf de Slinge tot aan het Vaanplein. De wegindeling is gewijzigd en de weg is (waar nodig) opnieuw geasfalteerd. In de westelijke berm van de Vaanweg, ter hoogte van de Victor Hugoweg, is een lavakoffer aangelegd.

De bestaande riolering bestaande uit alleen regenwaterriolen (aanlegdatum 1968) is gehandhaafd. Op grond hiervan behoeft, formeel gezien, er geen zuiverende voorziening te worden aangelegd. Echter, het Waterschap Hollandse Delta (WSHD) heeft verzocht de waterkwaliteit van de singels langs de Vaanweg te verbeteren.

Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01

De locatie en omgeving wordt in onderstaande figuur weergegeven.



Figure 4-2 locatie vaanweg en omgeving

De locatie is grondig onderzocht naar de geschiktheid om de lavakoffer aan te leggen. Hierbij is o.a. gekeken is naar bestaande begroeiing, hoogteligging t.o.v. het singelpeil, bodemgesteldheid, mogelijke obstakels en bereikbaarheid. De lavakoffer is gedimensioneerd op waterberging en waterzuivering.

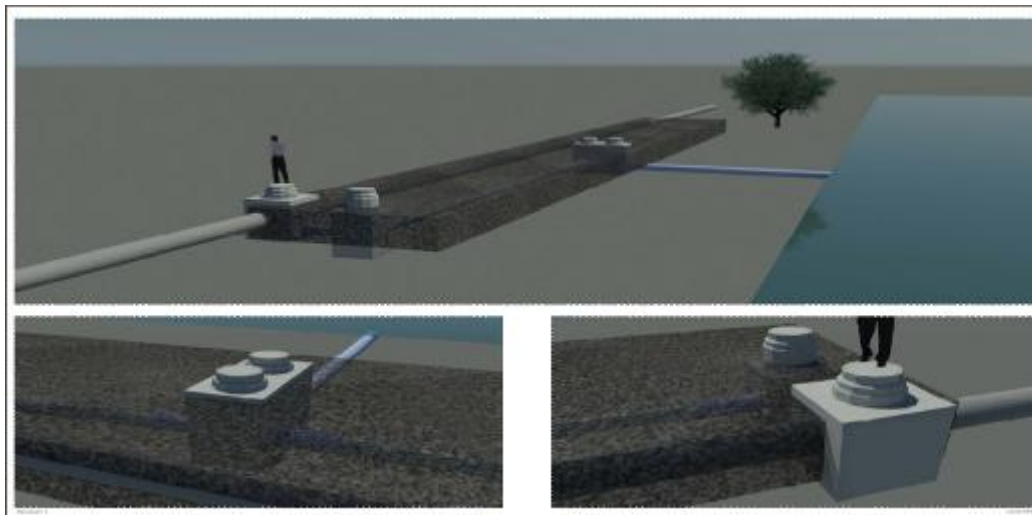
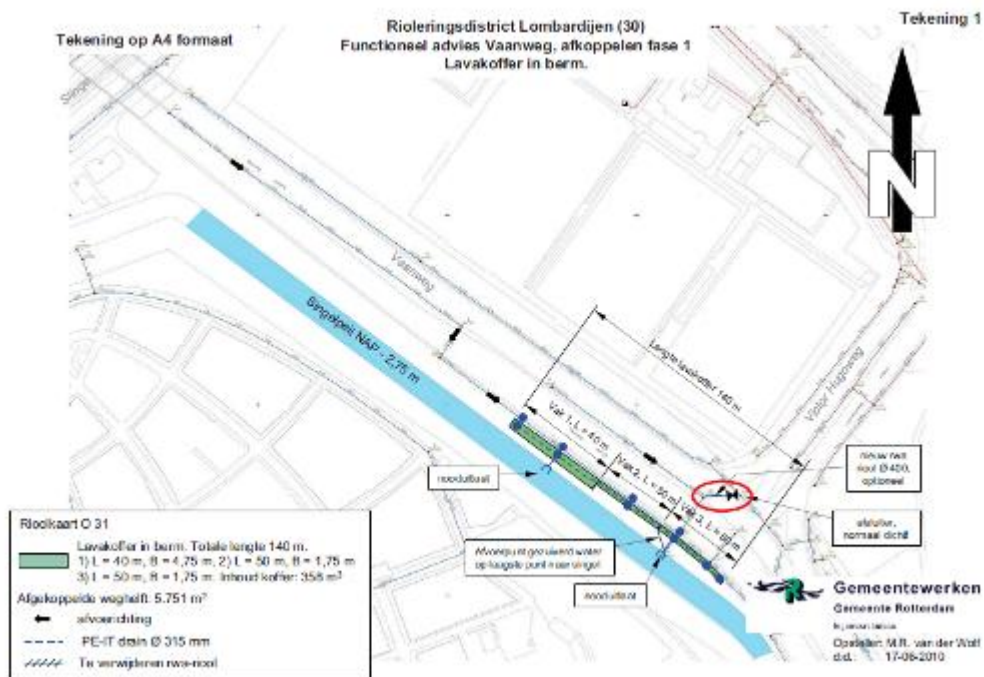


Figure 4-3 artist impression van de lavakoffer bij de Vaanweg

In verband met de te handhaven bomen en de helling van het terrein is de koffer in drie vakken verdeeld.

- Vak 1 heeft een lengte van 40 m, een breedte van (gem.) 4,75 m en diepte van 1,10 m.
- Vak 2 heeft een lengte van 50 m, een breedte van (gem.) 1,75 m en diepte van 0,90 m.
- Vak 3 heeft een lengte van 50 m, een breedte van (gem.) 1,75 m en diepte van 0,80 m.



De koffer heeft een totale lengte van 140 m. De totale (bruto) inhoud van de koffer is 358 m³. Op de twee scheidingsvlakken is een stuwput voorzien. Op het laagste punt ligt de onderkant van de koffer nog net boven het singelpeil.

De interne overstorten (in de lavakoffer) hebben een drempelhoogte die 0,35 m onder het plaatselijke wegdek ligt. Hiermee wordt de kans op wateroverlast zoveel mogelijk voorkomen. Het op de lavakoffer aan te sluiten wegvak heeft een oppervlak van 5.751 m². De ontwerpgegevens van de lavakoffer worden in de volgende tabel en figuur samengevat.

Table 4-1 dimensies lavakoffer bij ontwerp en realisatie

Verhard oppervlak	5751	m ²
Berging water (40%)	156	m ³
Bui	27	mm

Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01

Nr.	Beschikbare ruimte voor lavakoffers	Oppervlakte wegvak in m ²	Aanwezige berging/zuivering wegvak opp. x 31,6 liter	Aanwezige lavasteen 4-32 mm 50 % poriënvolume in m ³	Ontwerp lavakoffer in m ³ /m	Ontwerp opbouw lavakoffer
1.	<p><i>Locatie A</i></p> <p><u>2 koffers</u></p> <p>lengte 100 m breedte 1,9 m.</p> <p>lengte 40 m breedte 5,10 m.</p>	<p><u>wegvak 1</u></p> <p>6251 minus uitvoegstrook 140 x 3,5 m = 500 m² (afgerond).</p> <p>6251 - 500 = 5751 m².</p>	<p>5751 x 31,6 liter = 181732 liter = 182 m³ water</p>	<p>182 x 2 = 364 m³</p>	<p>A. Lengte is 100 m. 1,64 m³/m = 164 m³.</p> <p>B. Lengte is 40 m. 5 m³/m = 40 x 5 = 200 m³.</p> <p>Totaal: 364 m³</p>	<p><i>Lavakoffer A = proefvak</i></p> <p>- ontgraving tot 1,30 m minus maaiveld; - LDPE folie, dik 0,5 mm; - PE-IT-drain SN8 Ø 300 mm - opbouw lavasteen 4-32 mm, dik 1,1 m, - geotextiel Geolon 40; - drainemat Cordrain 16 met tweezijdig filter (Drainproducts A'dam) aan singelzijde; - bomenzand, dik 0,2 m.</p>

Hierbij is bij het ontwerp uitgegaan van een porositeit van 50%. Gezien het ontwerp in de praktijk iets andere dimensies heeft gekregen en een porositeit van 40% realistischer is gebleken op basis van overig onderzoek is een beschikbare berging van 156 m³ aangelegd dat neerkomt op ca 27 mm ten opzichte van het aangesloten verhard oppervlak:

4.3 Watersysteem

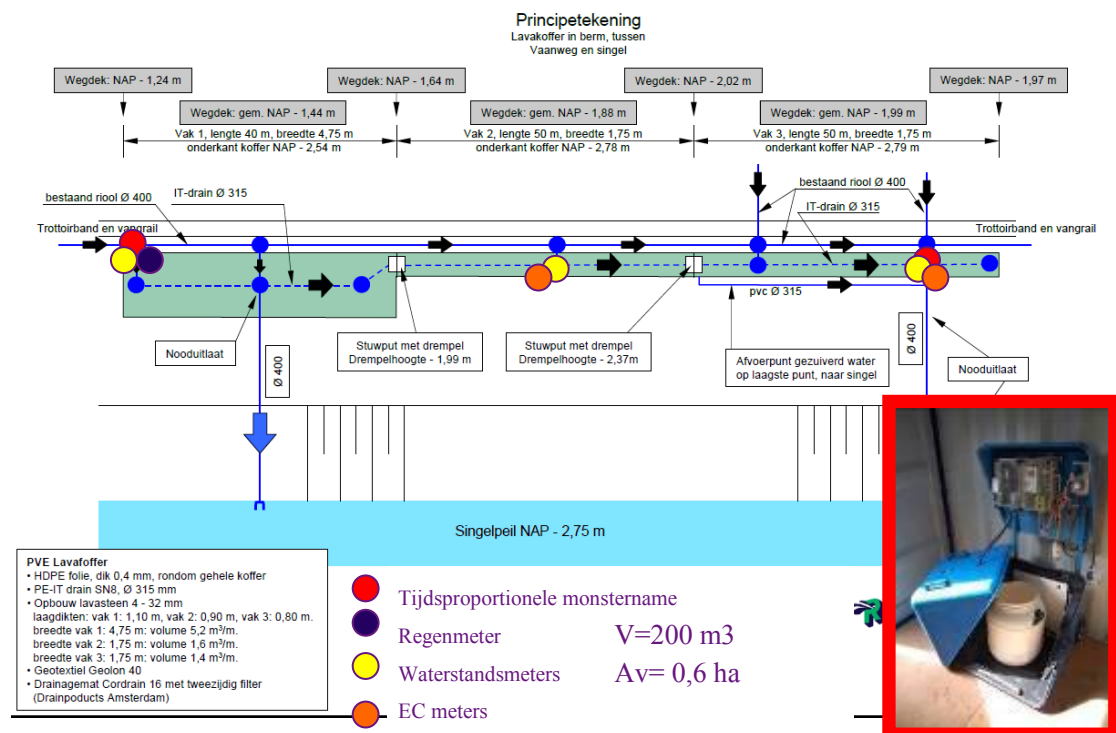
4.4 Monitoringsplan

Het zuiveringsrendement en hydraulisch functioneren is gemonitord. In onderstaande figuur en tabel worden de metingen weergegeven waarmee de lavakoffer is gemonitord.

Table 4-2 monitoringsplan inclusief grafische weergave

Meting	Meet-methodiek	Meet-punten	Meet-frequentie	Te bepalen	Door
Waterkwantiteit					
Niveau	Drukopnemers	3	1 min-1	Niveau in het lavapakket incl aansturing monsternameteksten uit te lezen via internet ten behoeve van hydraulisch functioneren	Webapplicatie Argus, wordt bijgehouden en geanalyseerd door gemeente en Tauw
neerslag	Kantelbak	1	5 min	Intensiteit van buien en hoeveelheid neerslag	Webapplicatie Argus, wordt bijgehouden en geanalyseerd door

Meting	Meet-methodiek	Meet-punten	Meet-frequentie	Te bepalen	Door
					gemeente en Tauw. Referentiemetingen gemeente/waterschap.
Waterkwaliteit					
regenwaterkwaliteit	Volumeproportio	2	> 20	- afhankelijk van stoffen aangetroffen bij 0-meting	monstername door Waterschap verzamelmonsters per monsternamekast
Influent én effluent	-nele				
lavalfilter	monstername				
diversen					
Logboek	Beheer oppervlak			Bijhouden beheer oppervlak gladheid- en onkruidsbestrijding. Kosten voorziening en bijzonderheden	Gemeente
Logboek	Bijzonderheden bijhouden			Bijzonderheden die van invloed kunnen zijn op functioneren en meetresultaten van de voorziening	Allen, projectgroep



4.5 Resultaten

4.5.1 Hydraulisch

In figuur 4.4 is te zien hoe bij neerslag de lavakoffer volstroomt bij put 1. Het water wordt geborgen waarbij vertraging van afstroming plaatsvindt, dit is te zien in het rustigere verloop bij put 7 (uitstroom bij oppervlaktewater). Hierbij wordt het water ook gezuiverd door bezinking en filtratie van deeltjes waar microverontreinigingen aan gebonden zijn.

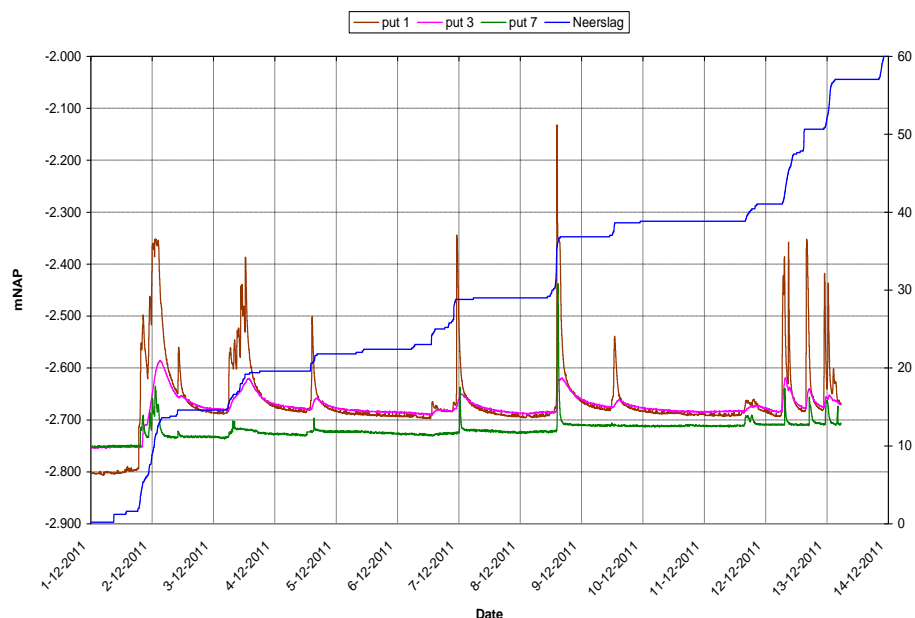


Figure 4-4 Hydraulisch functioneren vaanweg

Met de bergende en vertragende functie van de koffer voor regenwater draagt de lavakoffer bij aan de beleidsdoelstellingen van waterbeheer 21^{ste} eeuw.

4.5.2 Zuivering

Door het bergen van regenwater en vertragen (langere verblijftijd) wordt het water ook gezuiverd door bezinking en filtratie van deeltjes waar microverontreinigingen aan gebonden zijn.

Er zijn in totaal 23 monsters genomen. Hierbij ontbreekt bij ca 8 monsters het influent of effluent wat benodigd is om het rendement te bepalen. Beschikbaar aantal rendementsberekeningen zijn gemiddeld 15 stuks.

Samenvatting Rendementen

Table 4-3 samenvatting rendementen lavakoffer Rotterdam

	Parameter	Eenheid	Gem Ro
nutrient	N	mg/l	32,2%
nutrient	NH4	mg/l	67,3%
nutrient	P	mg/l	16,7%
ZM	Cu	ug/l	73,3%
ZM	Pb	ug/l	81,9%
ZM	Zn	ug/l	73,5%
PAK	Naf	ug/l	84,6%
PAK	Pyr	ug/l	71,6%
PAK	Flu	ug/l	73,4%
PAK	BaP	ug/l	42,1%

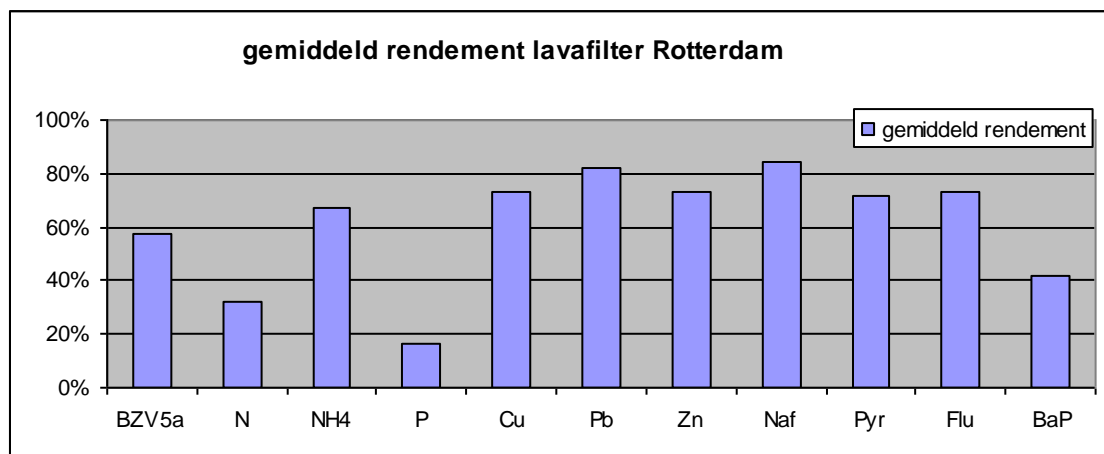


Figure 4-5 gemiddelde rendementen per stof

Resultaten zware metalen: de resultaten voor zware metalen zijn goed te noemen. Als men kijkt naar de rendementen van zink, koper en lood ligt de zuivering boven de 70% wat ligt in de orde van verwachting op basis van kolomproeven. Uit hoofdstuk 3 blijkt dat zuivering van met name zink en koper van belang is en het rendement op bezinking (zie figuur 3, maximale rendement van gebonden fractie) wordt hiermee gehaald met extra rendement door filtratie en adsorptie.

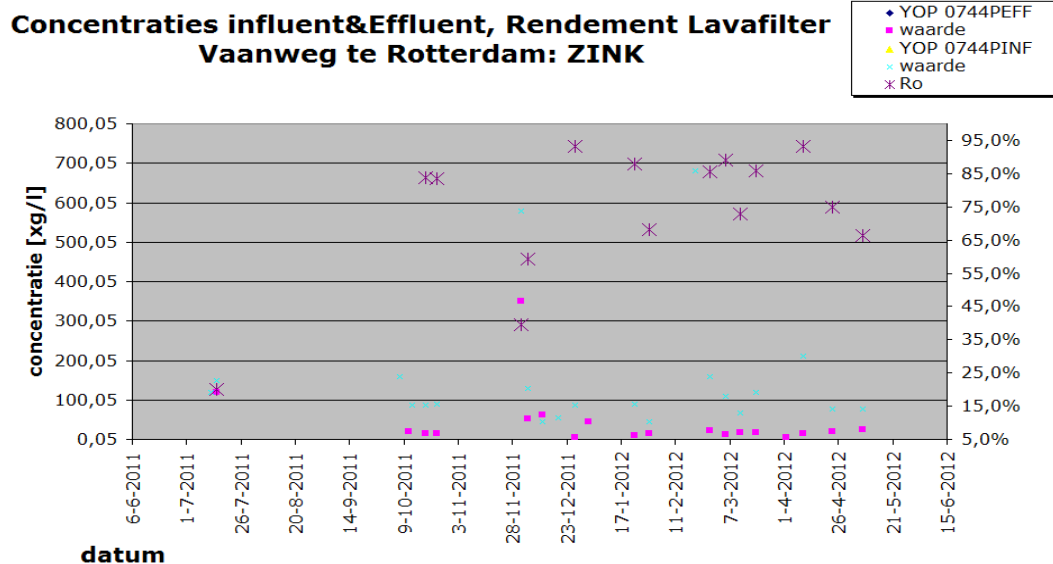


Figure 4-6 spreiding en concentraties van influent en effluent monsters Zink voor en na lavafilter

PAK: PAK laat iets lagere maar redelijke resultaten zien. Enkele percentages zijn sterk afhankelijk van enkele lage rendementen.

Op basis van de data zijn diverse analyses uitgevoerd. Er zijn bijvoorbeeld enkele lage rendementen in relatief koudere perioden gemeten, die veroorzaakt kunnen zijn door strooizouten. Er is echter te weinig data om hier eenduidige uitspraken over te doen.

4.6 Conclusies en aanbevelingen

4.6.1 Conclusie

Met de bergende en vertragende functie van het watersysteem draagt de lavakoffer op deze locatie goed bij aan de beleidsdoelstellingen van waterbeheer 21^{ste} eeuw.

Ten aanzien van het milieutechnisch functioneren kan worden geconcludeerd:

- Rendementen op zware metalen zijn goed te noemen
- Rendement op PAK zijn goed/redelijk. Van enkele individuele PAK zijn de rendementen sterk afhankelijk van enkele sterk afwijkende metingen
- Nutriënten: sterk wisselende resultaten

4.6.2 Aanbevelingen

Het hydraulisch en milieutechnisch functioneren van de lavakoffer is volgens de ambities van de betrokken partijen. De voorziening is ruim gedimensioneerd. Aanbevolen wordt om deze bestaande infrastructuur zoveel mogelijk te kosteneffectief te benutten voor eventuele nieuwe lavakoffers aan te leggen in de Vaanweg. Monitoring op lange termijn zal bepalen wanneer het lava zijn zuiverende functie verliest en mogelijk zijn hydraulische functie door dichtslibbing.

5 Duurzaam terreinbeheer pilot Eindhoven

5.1 Aanleiding

In de wijk Doornakkers is in het jaar 2000 enkele keren ernstige wateroverlast opgetreden als gevolg van meerdere neerslaggebeurtenissen. De gemeente heeft daarom maatregelen getroffen om de wateroverlast in de wijk Doornakkers op een efficiënte manier te reduceren.

5.2 Situatie

5.2.1 Gebiedsomschrijving plangebied⁷

Plangebied Doornakker wordt begrensd door de spoorlijn Eindhoven-Weert en de Tongelresestraat in het Noorden, de ringweg (Jeroen Boschlaan/Insulindelaan) in het westen, de Ruysdaelbaan/Quinten Matsijslaan in het zuiden en de Gerard Davidstraat, de Generaal Cronjestraat en de Hefveld in het oosten. Het plangebied is ca. 68 hectare groot.

In het noordoosten van het plangebied ligt het gebied Tongelresche akkers waar dit project onderdeel van is. In dit gebied is een afzonderlijk functionerend RWA-systeem aangelegd. Het hemelwater dat in het gebied valt wordt in het gebied opgevangen vanwaar het via de retentiesloot Tongelresche akkers naar de kleine Dommel wordt afgevoerd.

In totaal beslaat Doornakkers 81,5 hectare. Doornakkers betreft een relatief rustige woonwijk met een gemiddelde verkeersbelasting. Doornakkers kenmerkt zich door het voorkomen van een variëteit aan groene stroken en groenzones.

Table 5-1 Clusters en oppervlakken

Cluster	Bruto oppervlak (ha)
1	27,40
2	28,80
3	11,80
4 (later stadium)	13,50
Tongelresche akkers	34,70
Totaal	116,2



⁷ Afkoppelmogelijkheden Doornakker. Afvoer hemelwater naar Kleine Dommel, dossier W0646-01-001 registratienummer HMo/EAM/FvB/GC/V-0722, versie 1, DHV, april 2005

Het plangebied en clusterindeling zijn grafisch weergegeven in onderstaande figuur.

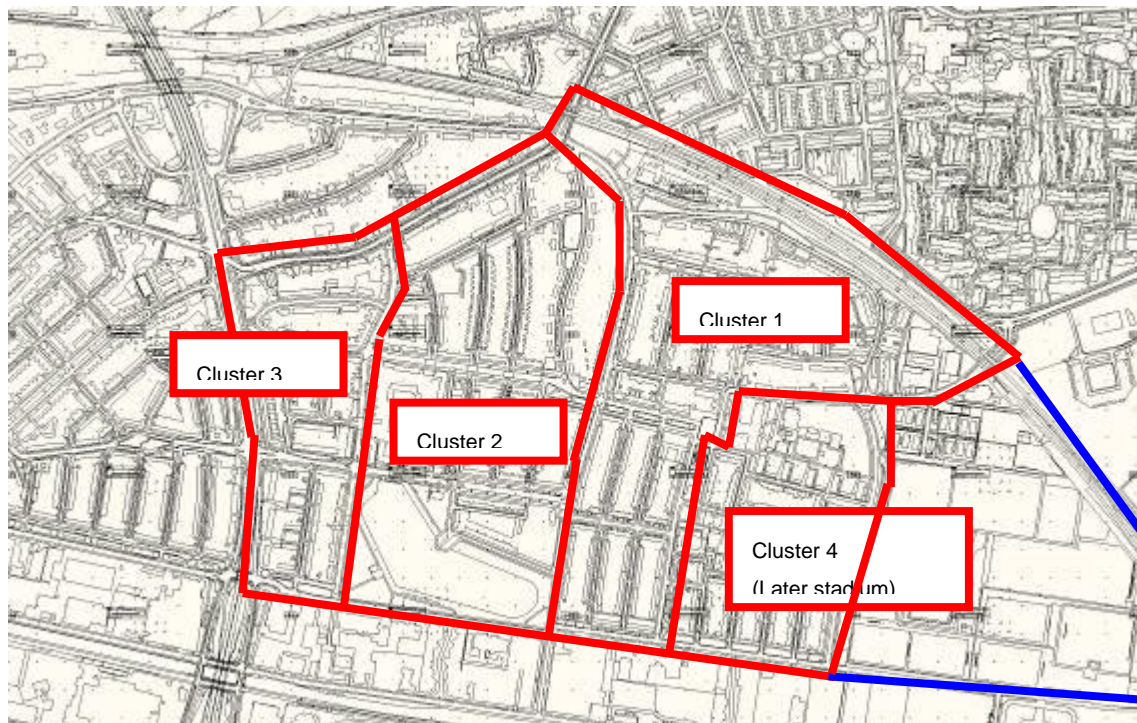


Figure 5-1 Clusterindeling

5.3 Watersysteem

In het plan Doornakkers is een regenwaterberging aangelegd, ten behoeve van het afkoppelen van het regenwater in de wijk. Het regenwater zal microverontreinigingen bevatten als zware metalen en PAK en mogelijk nutriënten (uitwerpselen dieren, bladval, foutieve aansluitingen). Er wordt in de wijk door de gemeente geen onkruidbestrijdingsmiddelen toegepast. Het is echter niet te voorkomen dat de woningbouwvereniging en particulieren bestrijdingsmiddelen gebruiken. Om emissies naar het oppervlaktewater te verminderen zal het afstromende regenwater van de wijk (wegen en daken) gezuiverd worden door een filter in de waterberging voor dat het wordt afgevoerd naar de Dommel.

Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01

Regenwater komt via een regenwaterriool in de buffer. In de buffer kan regenwater infiltreren en via een stuw met lavafilter en drainagebuis wordt water vertraagd afgevoerd naar de Kleine Dommel. In geval van hevige neerslag kan het water over de stuw overstorten naar de Kleine Dommel. Het lavafilter (en later de filterput) dient er voor te zorgen dat het water gezuiverd wordt voordat het naar de beek wordt afgevoerd.



Figure 5-2 Links wadi-principe, midden: zuiverende stuw, rechts wadi net na aanleg in Doornakkers

5.4 Monitoringsplan

Regenwater wordt geborgen en gezuiverd in een wadi (infiltratie) en door een speciaal lavafilter (filtratie/adsorptie) naar het oppervlaktewater afgevoerd. Het hydraulisch functioneren en het rendement op verschillende stoffen is gemeten.

Om het zuiveringsrendement van het lavafilter en de controleput te meten, zijn watermonsters genomen en geanalyseerd op nutriënten, zware metalen en PAK's

De watermonsters zijn genomen voor en na de zuiveringsstappen, dus voor en na de stuw al dan niet met filterput (optimalisatie).

Naast de waterkwaliteit is ook gemeten aan de waterkwantiteit. De waterstanden in de twee inkomende hwa-putten worden gemonitord via dataloggers. Het niveau in de wadi/sloot is gelijk aan niveau in de hwa-putten. Ook is een waterstandsmeter geplaatst in de PE-put.

Table 5-2 monitoringsplan

Meting	Meet- methodiek	Meet- punten	Meet- frequentie	Te bepalen	Door
Waterkwantiteit					
Niveau	Drukopnemers	3	1 min-1	Niveau in regenwaterputten en voor de stuw ten behoeve van hydraulisch functioneren	door Tauw
Onkruidgroei	Visueel	diverse	1 opname voor aanleg voorziening		WUR
neerslag	Kantelbak	1	5 min	Intensiteit van buien en hoeveelheid neerslag	Radar en puntmetingen: bijgehouden en geanalyseerd door gemeente en Tauw..
Waterkwaliteit					
Regenwater- en oppervlaktewaterkwaliteit Influent én effluent stuw en filterput	steekmonsters	2	Na regenbuien	PAK, ZM en nutriënten	Tauw
diversen					
Logboek	Beheer oppervlak			Bijhouden beheer oppervlak gladheid- en onkruids-berstrijding. Kosten voorziening en bijzonderheden	Gemeente
Logboek	Bijzonderheden bijhouden			Bijzonderheden die van invloed kunnen zijn op functioneren en meetresultaten van de voorziening	Allen, projectgroep

Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01



Figure 5-3: links uitstroom rwa put 1 en rechts stuw (influent links, effluent na lavafilter rechts)

5.5 Resultaten

5.5.1 Hydraulisch

Hydraulisch heeft het watersysteem goed gefunctioneerd. In de onderstaande figuur is te zien hoe bij neerslag de waterstand in de bering wordt verhoogd en het water langzaam wordt afgevoerd via de stuw naar de Dommel. Hiermee wordt het water geborgen, vertraagd en afgevoerd volgens de beleidsambities van waterbeheer 21ste eeuw. De regenachtige dag rond 1 juli van ca 35 mm vult de berging en geeft het water vervolgens langzaam in de dagen erna af naar het watersysteem.

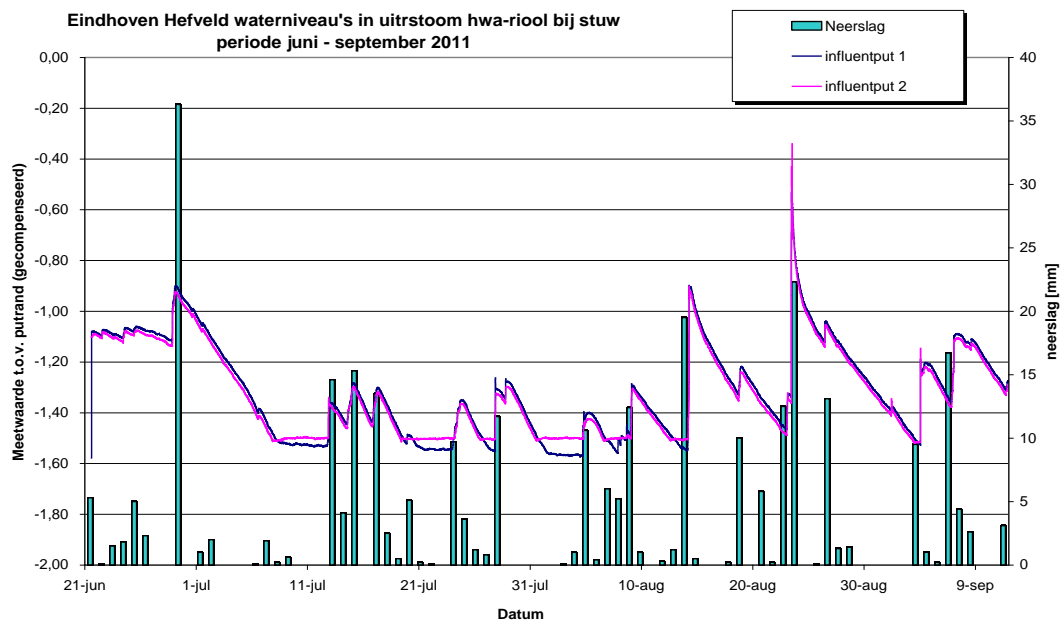
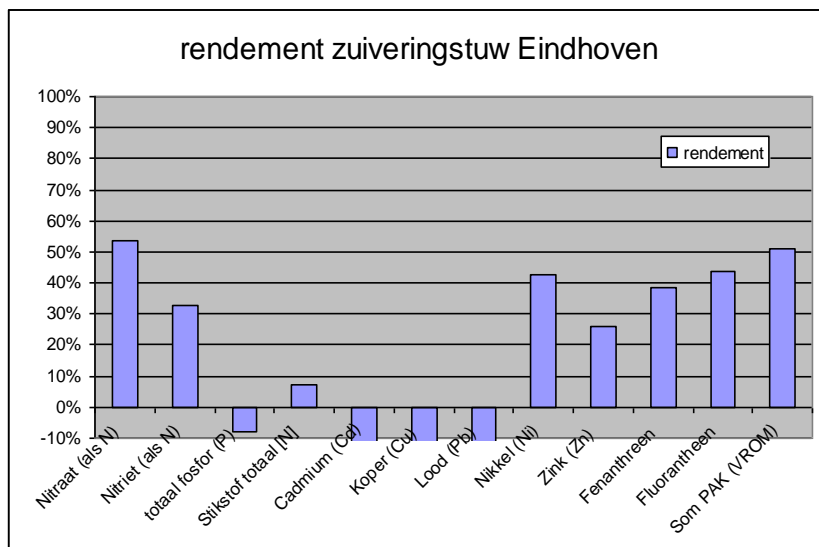


Figure 5-4 waterverhogingen als gevolg van neerslag in het watersysteem.

5.5.2 Zuivering

Allereerst is het rendement van de filterstuw bemeaten op basis van enkele indicatieve steekmonsters. Verwacht wordt met de gemiddelde binding van zware metalen van ca 60% en PAK van ca 75% dat de rendementen in die orde of hoger liggen (filtratie en adsorbtie). De werkelijk gemeten rendementen op microverontreinigingen was echter matig en sterk variabel te noemen:

1. Rendement PAK 'redelijk'
2. Zware metalen 'laag/negatief'
3. Nutriënten sterk wisselend beeld



Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01

Grof vuil (zwerfvuul) werd goed afgevangen (zie foto). Gezien de matige zuiveringsprestaties is



Figure 5-5 fotos stuw en zwerfvuul

5.5.3 Optimalisatie

De filterput⁸ ter optimalisatie van het rendement is geplaatst op 29/6/2012. Als filtermateriaal is hergebruik geoxideerd zand (drinkwaterfilters) gekozen dat hoog scoort op duurzaamheid (restproduct krijgt nieuwe toepassing) en op basis van kolomtesten een hoog rendement op microverontreinigingen liet zien (zie hoofdstuk 3).

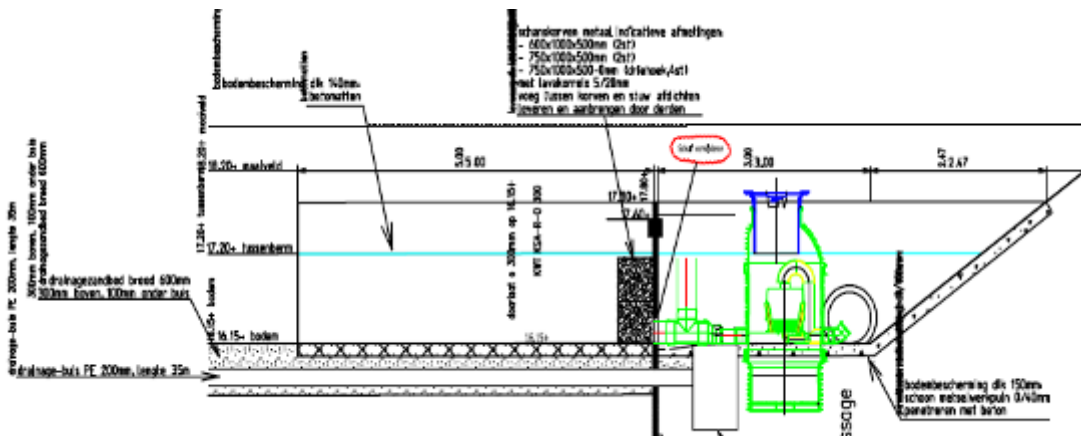


Table 5-3 emissie watersysteem in Eindhoven

	meting 1	meting 2	meting 3	meting 4	meting 5	meting 6	gem	MTR ongefilterd
	stuw	stuw	stuw	stuw	stuw+put	stuw+put	Gemiddelde waarde	MTR waarde Als toets
Nitraat (als N)	0,19	0,12	0,1	0,13	3,3	0,28	0,69	
Nitriet (als N)	0,04	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	
Stikstof volgens Kjeldahl (N)	1,6	1,8	2,4	1,9	1,2	1,9	1,80	
totaal fosfor (P)	0,08	0,14	0,08	0,19	0,1	0,65	0,21	
Stikstof totaal [N]	1,8	2	2,5	2,1	4,5	0,65	2,26	
Metalen								
Arseen (As)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	32
Cadmium (Cd)	0,17	0,19	0,13	0,10	0,10	0,19	0,15	2
Chroom (Cr)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	84
Koper (Cu)	3,90	6,20	4,30	4,80	2,60	2,00	3,97	3,8
Kwik (Hg)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	1,2
Lood (Pb)	5,00	8,10	5,00	5,00	5,00	5,30	5,57	220
Nikkel (Ni)	5,40	5,70	5,00	5,00	5,00	5,00	5,18	6,3
Zink (Zn)	110,00	90,00	61,00	67,00	18,00	17,00	60,50	40
PAK								
Naftaleen	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	1,2
Fenanthreen	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,3
Anthraceen	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08
Fluorantheen	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,5
Benzo(a)anthraceen	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
Chryseen	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,9
Benzo(k)fluorantheen	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,2
Benzo(a)pyreen	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,2
Benzo(ghi)peryleen	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,5
Indeno-(1,2,3-c,d)pyreen	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,4

Te zien is dat de kwaliteit van het effluent vrijwel overal voldoet aan de MTR behalve voor koper en zink. Dit is echter op meerdere locaties het geval (zie hoofdstuk 3). Er zijn te weinig metingen om het rendement van de put te beoordelen. Wel is te zien dat de MTR bij de laatste metingen met de implementatie van de put voor alle stoffen wordt behaald.

Ten aanzien van het functioneren van de put wordt op basis van de beschikbare hydraulische en milieutechnische resultaten en vergelijkbaar (literatuur-)onderzoek uitgegaan van een onderhoudsfrequentie het filtermateriaal in de orde van 1 a 2 maal per jaar in een gemiddelde

situatie waarbij er 1 hectare op de put wordt aangesloten. Er wordt vervolgonderzoek uitgevoerd om deze eerste bevindingen te detailleren.

5.5.4 Onkruidgroei

Afstromend hemelwater uit de woonwijk Doornakkers wordt naar een wadi geleid. In de wadi stroomt het water door een lavastuw om verontreinigingen te verwijderen voordat het via de stuw en een drain op het oppervlaktewater wordt geloosd. Anno 2012 is een extra put aangelegd met speciaal substraat voor een hoger zuiveringsrendement.

Potentiële bronnen van bestrijdingsmiddelen

In de wijk Doornakkers zijn diverse potentiële bronnen van bestrijdingsmiddelen die via afspoeling in de wadi terecht kunnen komen. Kwantificering van de hoeveelheden bleek niet mogelijk.

Bewoners: Onkruidbestrijding in tuinen en op verhardingen; poetsmiddelen bij het wassen van auto's e.d.

Gemeente: Verhardingen in de openbare ruimte van Eindhoven worden geborsteld voor het verwijderen van onkruiden, goten worden geveegd. De verhardingen in de betreffende wijk zijn in de normale werkgang voor onkruidbestrijding meegenomen. Ook in het openbaar groen worden geen bestrijdingsmiddelen gebruikt.

Woonbedrijf: Voor het groenonderhoud rondom complexen die in eigendom zijn van het woonbedrijf worden incidenteel onkruidbestrijdingsmiddelen ingezet, nl. Roundup Evolution op (achter)paden, Fusilade Max tegen kweek en Kerb voor onkruidbestrijding in plantsoenbeplanting NS/Prorail: De beheerder spuit alleen de onderhoudspaden en tussen de sporen. In berm en onder hekwerken alsmede sloten (muv moeilijk te bestrijden gewassen) worden geen middelen toegepast.

Onkruidmonitoring

Medio april 2011 is gestart met de onkruidmonitoring. In de wijk zijn in totaal 12 telvakken geselecteerd, zowel op tegel als klinker verhardingen. Bij de berekening van de gemiddelde onkruidbedekking is onderscheid gemaakt tussen trottoir tegels en klinkers. Tevens is op basis van digitale foto's het percentage groene pixels bepaald als maat voor de onkruidbedekking. Het percentage onkruidbedekking op klinkerverhardingen is consequent hoger vanwege het grotere oppervlak aan voegen ten opzichte van tegelverhardingen. Door het droge en zonnige voorjaar werd de onkruidontwikkeling geremd, pas in juni neemt de onkruidgroei toe. Op de tegelverhardingen blijft het beeld gedurende de rest van het seizoen redelijk constant (CROW beoordeling B), op de klinkers neemt de onkruidgroei nog iets langer toe (CROW beoordeling C).

Table 5-4 Resultaten onkruidmonitoring in de woonwijk Doornakkers (gemiddelde van 12 waarnemingen)

Nr	datum	Tegels				Klinkers			
		bedekking voegen	bedekking totaal opp	hoogte cm	pixels %	bedekking voegen	bedekking totaal opp	hoogte cm	pixels %
1	27-4-2011	12,6	1,8	2,2	1,1	43,0	6,9	1,7	4,1
2	25-5-2011	13,8	1,8	2,6	0,6	45,7	6,0	2,6	4,6
3	28-6-2011	21,0	1,4	4,8	0,6	65,7	2,3	3,7	6,0
4	3-8-2011	18,4	1,2	2,8	0,7	75,7	7,7	2,3	8,4
5	7-9-2011	17,0	1,4	2,8	1,0	77,1	5,9	2,9	8,4
6	11-10-2011	18,2	1,6	3,0	0,8	69,3	7,4	2,0	7,6
7	18-5-2012	10,2	1,6	2,2	-	40,7	4,4	1,7	-
8	9-8-2012	11,0	2,0	2,8	0,7	44,4	5,9	2,4	3,5

5.6 Conclusie en aanbevelingen pilot Eindhoven

5.6.1 Conclusie

Hydraulisch gezien voldeed het watersysteem aan de eisen en wensen die aan het watersysteem werden gesteld. Het regenwater is geborgen, vertraagd en afgevoerd volgens de beleidsambities van waterbeheer 21ste eeuw. Indien het afvoerregiem in de toekomst zou veranderen is het door de regelbare stuw gemakkelijk aan te passen.

Te zien is dat de kwaliteit van het effluent vrijwel overal voldoet aan de MTR behalve voor koper en zink. Dit is echter op meerdere locaties het geval (zie hoofdstuk 3). Er zijn te weinig metingen om het rendement van de put te beoordelen. Wel is te zien dat de MTR bij de laatste metingen met de implementatie van de put voor alle stoffen wordt behaald.

De berekende rendementen zijn indicatief omdat het slechts om enkele monsters gaat. De stuw heeft met name visuele vervuiling (zwerfvuil) afgevangen en in mindere mate microverontreinigingen. Ten aanzien van de zuiveringsput die als optimalisatie van het rendement is geïmplementeerd concluderen wij het volgende: op basis van de beschikbare hydraulische en milieutechnische resultaten en vergelijkbaar (literatuur-)onderzoek wordt uitgegaan van een onderhoudsfrequentie het filtermateriaal in de orde van 1 a 2 maal per jaar in een gemiddelde situatie waarbij er 1 hectare op de put wordt aangesloten. Er wordt vervolgonderzoek uitgevoerd om deze eerste bevindingen te detailleren.

5.6.2 Aanbevelingen

Het systeem voldoet aan de hydraulische en milieutechnische wensen van gemeente en waterschap. Het systeem kan nog wel geoptimaliseerd worden door meer water via de wadis te infiltreren en te zuiveren. Een eerste stap kan bestaan aan het aansluiten van de aangrenzende

Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01

wegen en deze direct op wadi aan te sluiten en zo de berging en zuiverende werking van deze bodempassage te benutten (zie fotos). Het zoveel mogelijk regenwater-rioolloos bouwen bespaard op aanleg en onderhoud van systemen⁹.



Figure 5-7 kolken naast watersysteem

⁹ Boogaard 2012, The death of the gully pot, Coventry UK september 2012
(http://sudsnet.abertay.ac.uk/presentations/National%20Conf%202012/Session2_Developing%20new%20perspectives%20on%20approaches%20to%20the%20management%20of%20inlets%20to%20traditional%20urban%20drainage%20systems_Blanksby.pdf)

6 Duurzaam terreinbeheer Pilot Oss

6.1 Aanleiding

Regenwater van wegen met een hoge verkeersintensiteit worden beschouwd als verharde oppervlakken waar veel microverontreinigingen als PAK en zware metalen bevat. Ook is meer ruimte gewenst om het regenwater bij hevige neerslag te bergen zodat er geen wateroverlast ontstaat. Om de zuiverende en waterbufferende werking van substraten te testen in de Oude Molenstraat te Oss in juni 2011 een filter onder een tweetal parkeervakken aangelegd. Hiermee wordt het afstromende regenwater van een deel van de Oude Molenstraat gebufferd en gezuiverd waarmee emissie naar de gemengde riolering vermindert. Het zuiveringsrendement en hydraulisch functioneren is gemonitord.

6.2 Situatie

De Oude Molenstraat te Oss is een gecombineerde winkel en woonstraat met een hoge verkeerbelasting. In juni 2011 is deze geherstructureerd waarbij klinkers (niet doorlatend) zijn geplaatst. Naar verwachting zal onkruid hier een probleem gaan vormen. De gemeente verwijdert onkruid op verhardingen alleen doormiddel van duurzame onkruidbestrijding volgens het zilveren certificaat van de Stichting Milieukeur. Uitgangspunt hierbij is dat onkruid zoveel mogelijk verwijderd wordt doormiddel van niet-chemische onkruidbestrijding. In principe wordt glyfosaat dus niet toegepast in de Oude Molenstraat. Aangezien de gemeente graag meewerkt aan de ontwikkeling van maatregelen voor het afvangen van probleemstoffen zoals glyfosaat en ten tijde van dit project de Oude Molenstraat werd geherstructureerd, is voor deze locatie gekozen om een proefopstelling te realiseren.

6.3 Filter

Het filter bestaat uit een lava 4-32 pakket dat ingepakt is door een waterdicht hdpe folie. Alleen de bovenkant bestaat uit een non-woven Typar SF37 vlies waardoor het filter kan 'ademen'. Vanuit 3 kolken aan de weg wordt het afstromend regenwater naar de infiltratieput geleid die in het lavafilter staat. Het aangesloten verhard oppervlak bedraagt ongeveer 1200 m². De put bestaat uit een geperforeerde Ø600 buis. Alleen de onderste 15cm is niet geperforeerd waardoor water voor monsternamen in de put blijft staan. In de put is een overstort aanwezig om overvloedig water bij extreme buien direct naar het riool af te voeren. De geperforeerde drainageput staat aan de andere zijde in het lavafilter. Rondom de drainageput met diameter Ø400, is een ronde korf geplaatst met diameter Ø600. In deze korf is ruimte om een 10 cm dik substraat naar keuze te plaatsen wat als nazuivering fungeert. De korf is vanuit de weg bereikbaar waardoor het substraat gemakkelijk aangepast kan worden aangepast. In 2011 is de korf gevuld met actief kool in 2012 is dit verwisseld voor olivijn. Vanaf de drainageput wordt het water afgevoerd naar het riool. Infiltratie- en drainageput zijn beide gekoppeld met een straatpot in het trottoir. Hieruit kunnen steekmonsters genomen worden. Er is gekozen om de bemonstering doormiddel van

Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01

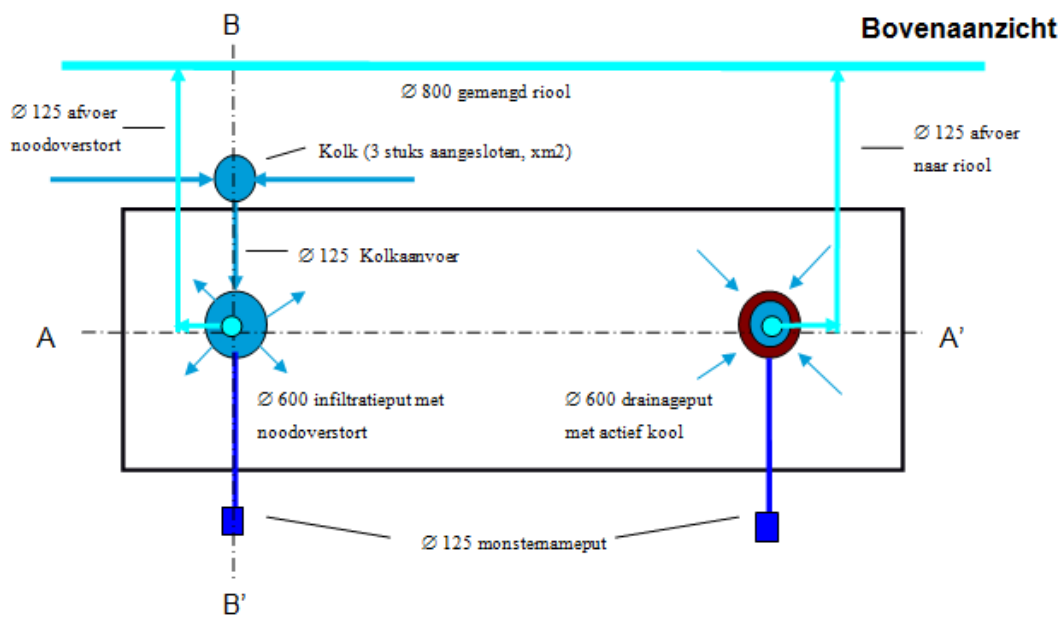
steekmonsters te doen omdat het plaatsen van automatische monsternamekasten disproportioneel duur zou zijn met de schaal van de testen.

De hoeveelheid substraat die in de voorziening is geplaatst en waarmee het afstromende water in contact komt bedraagt ongeveer:

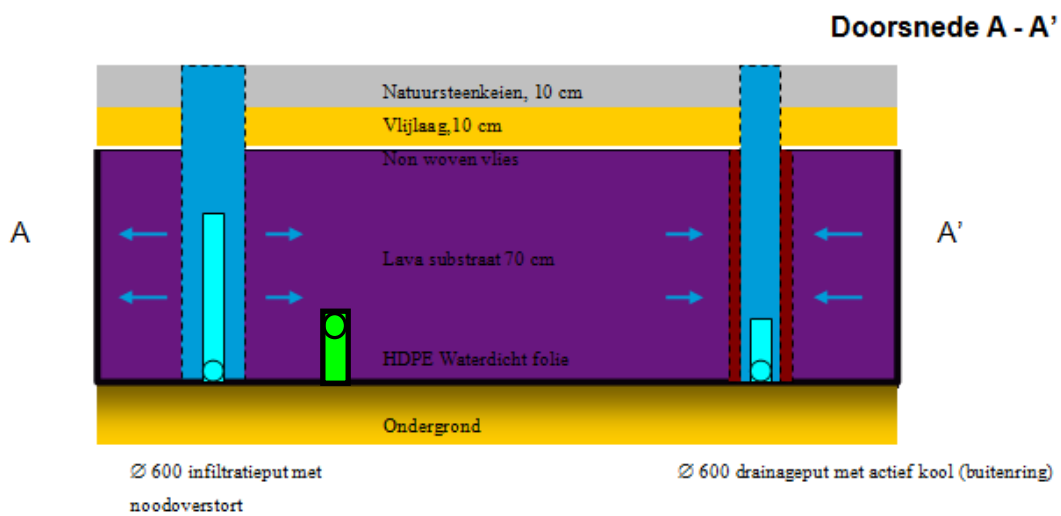
- Lava: 3,1 m³
- Nazuivering (actief kool of olivijn): 0,05 m³

Figuur 7, Figuur 8 en Figuur 9 (niet op schaal) geven inzicht in de werking van het filter. Bij de aanleg van het filter werd duidelijk dat een huisaansluiting van de riolering op ongeveer 10 cm boven de bodem van het filter door het filter loopt. Er is toen gekozen om het waterdichte hdpe folie over deze huisaansluiting te plaatsen om zo de waterdichtheid van het folie behouden. Als gevolg hiervan staat de infuentput altijd in 10 cm water. De huisaansluiting is alleen weergegeven in Figuur 8.

In bijlage 2 zijn de technische tekeningen van het filter opgenomen alsmede foto's die zijn genomen ten tijde van de aanleg van het filter.



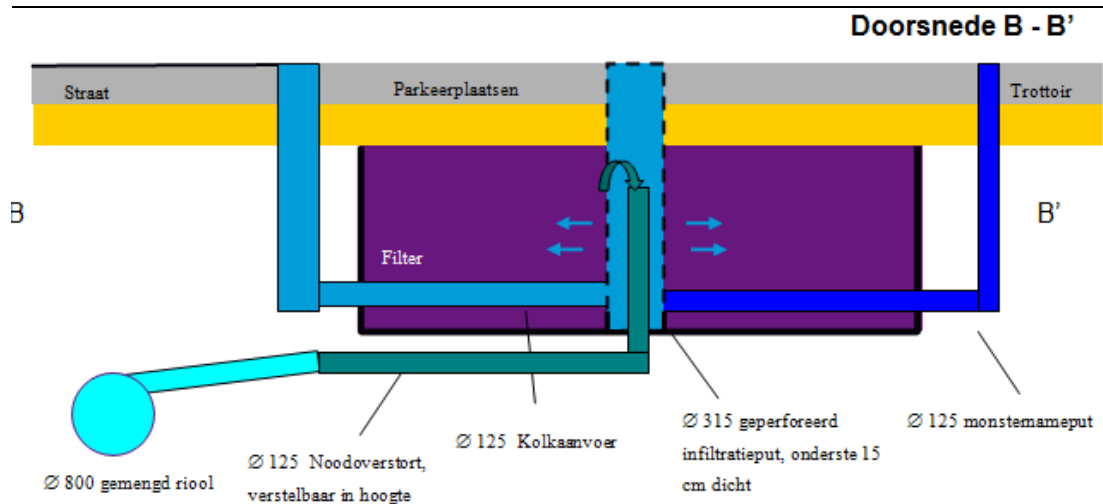
Figuur 7 Bovenaanzicht voorziening



Figuur 8 Langsaanzicht voorziening (doorsnede A - A'). De huisaansluiting die door het filter loopt is aangegeven met het groene blok.

Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01



Figuur 9 Zijaanzicht voorziening (doorsnede B – B')

6.4 Monitoringsplan

In Tabel 6.1 worden de metingen weergegeven waarmee de locatie is gemonitord.

Tabel 6.1 Monitoringsplan

Meting	Meet-methodiek	Meet-punten	Meet-frequentie	Te bepalen	Door
Waterkwantiteit					
Niveau	Drukmeters	2	10 min-1	Niveau in het lavapakket	Tauw
Neerslag		2	1 dag-1/1 min-1	Intensiteit van buien en hoeveelheid neerslag	Een neerslagstation in Oss beheert door een hobbyist en een neerslagstation in Volkel van het KNMI
Waterkwaliteit					
regenwaterkwaliteit	Steek-	2	>7 verzamel-	- zware metalen,	Nipa verzorgt
Influent én effluent	monstername		monsters per jaar	PAK, minerale olie, P en N	monstername en transport naar
lavalfilter					

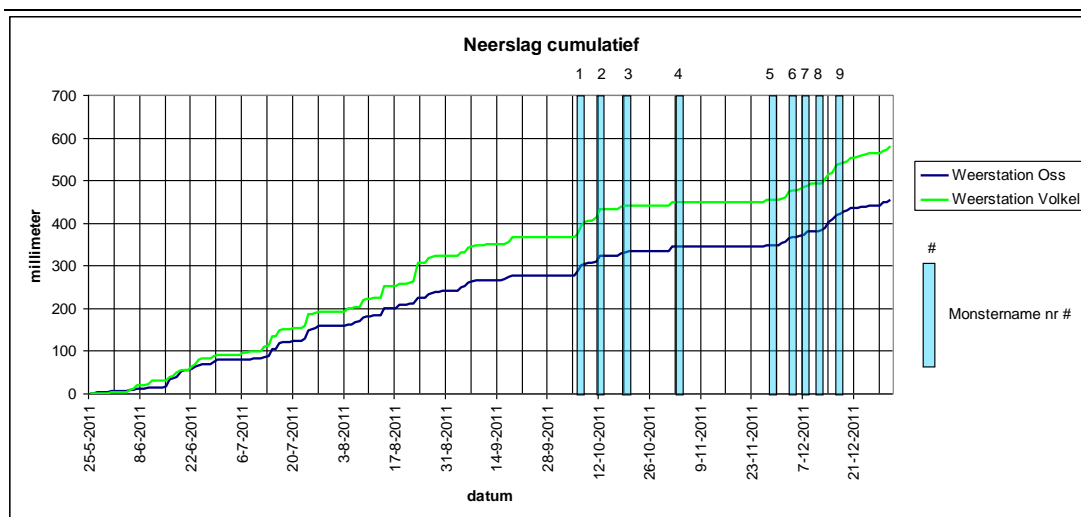
Meting	Meet-methodiek	Meet-punten	Meet-frequentie	Te bepalen	Door
				- glyfosaat + AMPA in laboratorium jaar 2	

6.5 Resultaten

Het onderzoek is opgesplitst in 2 jaren, te weten:

- In 2011: zuivering doormiddel van lava met actief kool als nazuivering.
- In 2012: zuivering doormiddel van lava met olivijn als nazuivering. Tevens testen met glyfosaat

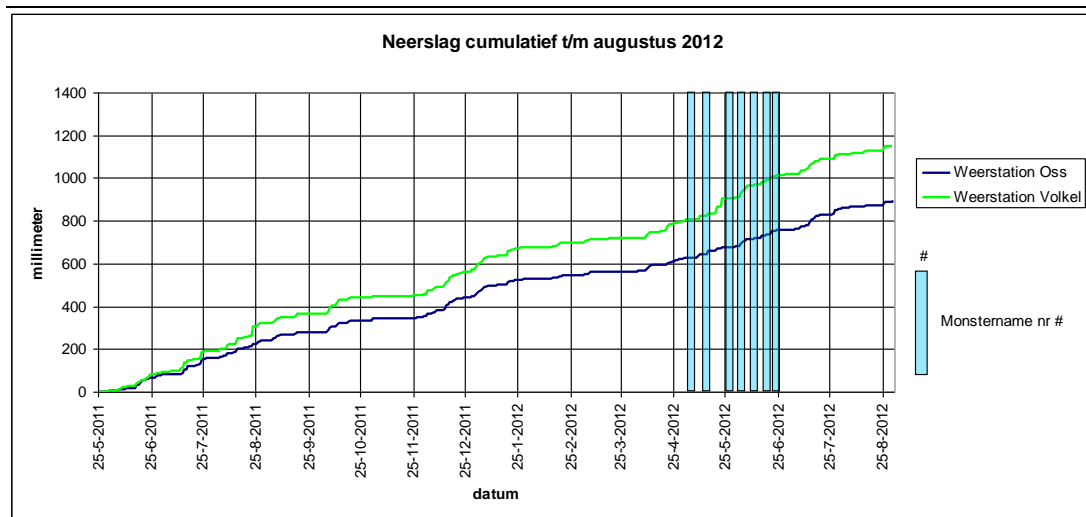
In Figuur 10 is weergegeven wat de cumulatieve neerslag is sinds de aanleg van het filter tot eind 2011. In Figuur 11 is de cummulative neerslag tot eind augustus 2012 weergegeven. De data van twee neerslagstations zijn opgenomen: van weestation Oss (weeramateur) en weestation Volkel (KNMI). Van weestation Oss zijn alleen dagsommaties beschikbaar, deze zijn geschikt voor deze twee figuren. Weerstation Vokel geeft ligt op ongeveer 40 km van het filter, dit station geeft uursommaties van de neerslag. Deze data is gebruikt in Figuur 12 en Figuur 13. Opvallend is overigens het grote verschil in neerslag op slechts 40 km afstand, op jaarbasis wordt meer dan 150 mm verschil gemeten. De data waarop steekmonsters zijn genomen voor analyse is weergegeven met een blauwe balk.



Figuur 10 Cummulative neerslagsom over 2011

Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01

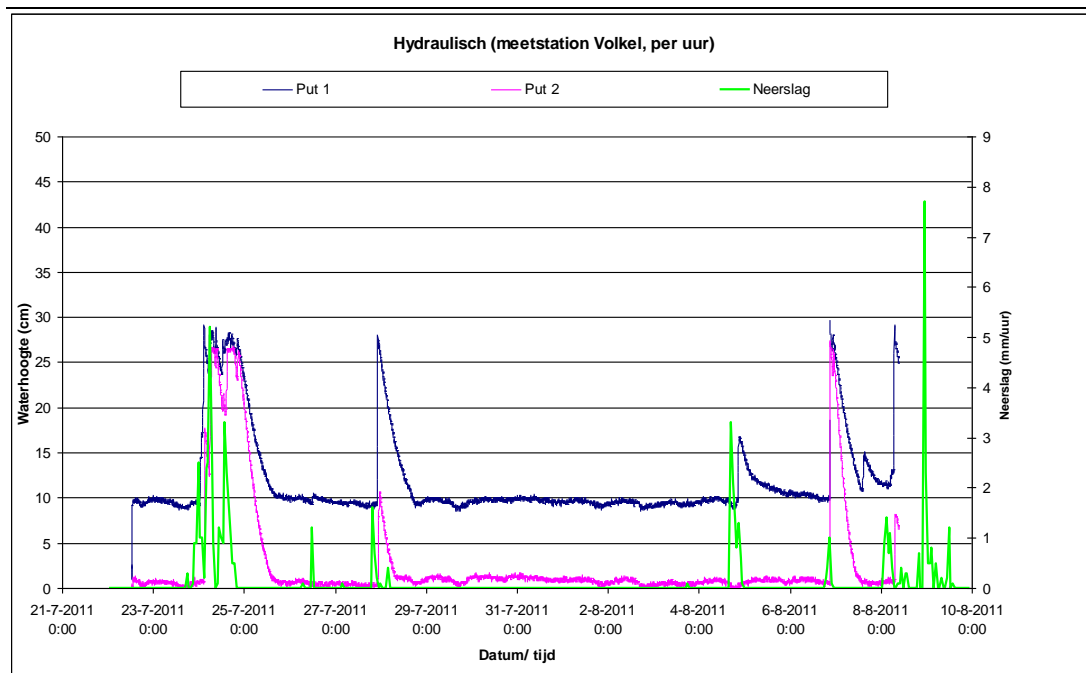


Figuur 11 Cummulative neerslagsom over 2011 en 2012

6.5.1 Hydraulisch

Werking in 2011

In het eerste jaar is geconstateerd dat het systeem hydraulisch goed functioneert. Figuur 9 illustreert dit. Te zien is dat het waterpeil in de influent put snel reageert op neerslag. Met enige vertraging treedt vervolgens ook een snelle stijging van het waterpeil, in de effluent put op. Na de bui is te zien dat de voorziening vertraagd leegstroomt. Er is dus sprake van bufferwerking. Het peil in de influentput bedraagt minimaal 10 cm, dit is het gevolg van de huisaansluiting. Er heeft geen wateroverlast op straat plaats gevonden. De totale hoeveelheid water die door het filter in september 2011 verwerkt is bedraagt ongeveer 330 m³ water.



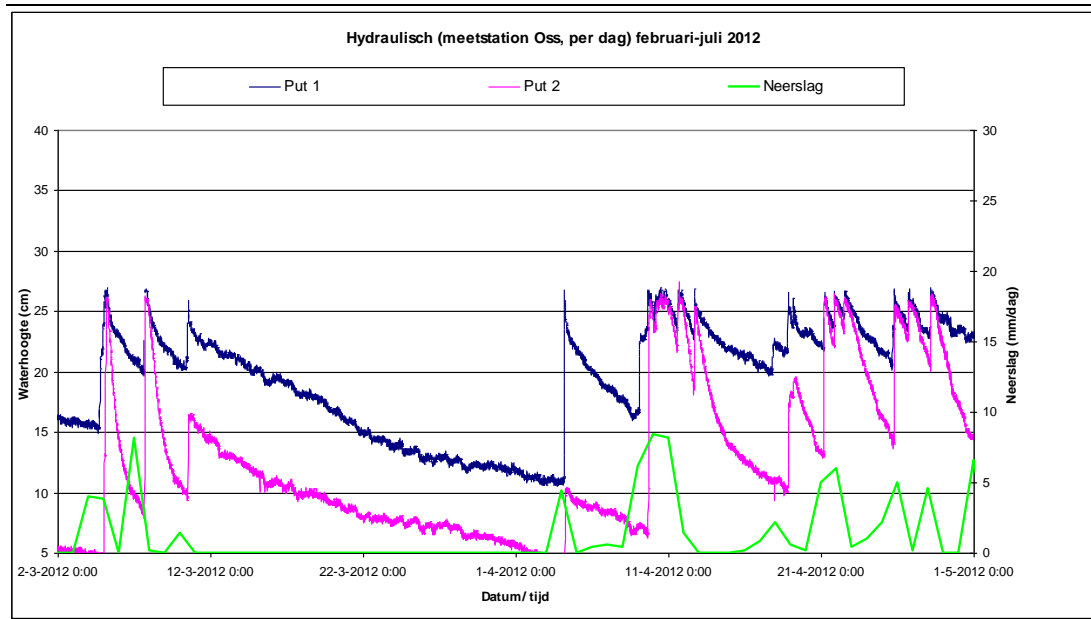
Figuur 12 Hydraulisch verloop in het filter in 2011. Put 1 is de influent put, put 2 is de effluent put. De neerslag data is afkomstig van meetstation Volkel op ongeveer 40 km afstand. Door deze afstand komt de gemeten regendata niet exact overeen met de neerslag op de locatie

Werking in 2012

In 2012 is sprake van dichtslibben van het systeem, Figuur 13 illustreert dit. Beide putten lopen niet meer helemaal leeg en het leeglopen van de putten gaat langzamer dan in het eerste jaar. Desondanks is nooit water op straat geconstateerd, de overlopen functioneren dus goed. De totale hoeveelheid water die door het filter in april 2012 verwerkt is bedraagt ongeveer 540 m³. Het is waarschijnlijk dat het afstomende vuil het filter heeft doen dichtslibben. Uit analyse van de waterstanden blijkt dat dit proces al begonnen is voor plaatsing van het olivijn. Het olivijn zal hier naar verwachting dan ook geen oorzaak in hebben.

Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01



Figuur 13 Hydraulisch verloop in het filter in 2011. Put 1 is de influent put, put 2 is de effluent put. De neerslag data is afkomstig van meetstation Volkel op ongeveer 40 km afstand. Door deze afstand komt de gemeten regendata niet exact overeen met de neerslag op de locatie

6.5.2 Zuivering

De resultaten van de metingen staan in bijlage 3. Uit analyse van de monsternamen blijkt dat het afstromende regenwater relatief weinig vervuiling bevat. Veel waarden liggen onder detectiegrenzen.

Werking 2011: lava met actief kool

Bij de zware metalen is alleen koper bij 5 monsters boven MTR waarden gemeten. Overige stoffen zijn ook nauwelijks meetbaar aangetroffen. De koperconcentratie is in het effluent nauwelijks afgenomen. Dit komt waarschijnlijk doordat het om zeer lage concentraties gaat. Verder valt op dat bij 5 metingen sprake is van uitloging van ijzer. Op ijzer is niet getest in de laboratoriumproeven. In zoverre is niet duidelijk of ijzer al in het lava aanwezig was en nu uitlooft, of dat het filter het ijzer eerst adsorbeert en vervolgens uitlooft. Verder onderzoek moet dit inzichtelijk maken.

Bij de overige stoffen wordt alleen fosfor in concentraties boven MTR aangetroffen. Het filtermateriaal vangt dit soms deels af, ook wordt bij enkele metingen uitloging van fosfor aangetroffen. Dit komt in zoverre overeen met de verwachtingen dat lava niet heel geschikt is voor het binden van fosfaten. De overige probleemstoffen worden grotendeels efficiënt afgevangen door het filter.

Werking 2012: lava met olivijn

Uit het hydraulisch functioneren van het filter blijkt dat er sprake is van dichtslibbing en opstuwning van het filter. Dit heeft ook invloed op de zuiverende werking van het filter in zoverre dat het water er langer over doet om door het filter te stromen.

Bij de zware metalen is alleen koper bij 3 monsters boven MTR waarden gemeten. Het filter wist deze koperconcentratie tot onder meet-detectiegrenzen te reduceren.

Bij de overige stoffen is alleen stikstof eenmalig in een concentratie boven MTR aangetroffen. Gezien de hoge waarde (8,8 mg/l) in vergelijking met de overige aangetroffen stikstof concentraties zou het kunnen zijn dat dit een foutieve meting betreft of incidentele verontreiniging betreft. Uit de effluentmeting blijkt dat de verontreiniging grotendeels is afgevangen. De overige probleemstoffen worden deels efficiënt afgevangen door het filter.

6.5.3 Afvangen glyfosaat

Eind juli 2012 zijn testen met glyfosaat gedaan. Hierbij is een kleine hoeveelheid roundup met water vermengd en direct via de influentput in het filter geloosd. Het influent en het effluent zijn bemonsterd en geanalyseerd op de aanwezigheid van glyfosaat en AMPA. Deze test is vijfmaal toegepast met oplopende hoeveelheid roundup. De resultaten van de test staan in Tabel 6.2. AMPA was bij alle proeven niet meetbaar. Dit komt door de korte periode waarin het glyfosaat in contact was met water. Deze periode is tekort om glyfosaat om te zetten naar AMPA.

Tabel 6.2 Resultaten test op glyfosaat

Meting	Influent (mg/l)	Effluent (mg/l)	Zuiveringsrendement (%)
1	65	25	62
2	74	28	62
3	140	40	71
4	140	60	57
5	190	91	52

Uit de testen blijkt dat het gemiddeld rendement van de voorziening voor glyfosaat ongeveer 60% bedraagt.

6.6 Conclusie en aanbevelingen

6.6.1 Conclusie

Uit deze meetgegevens blijkt dat de combinatie actief kool met lava lijkt beter in staat is om het regenwater te zuiveren dan de combinatie lava met olivijn. Doordat bij de combinatie met olivijn sprake was van opstuwning vertekenen deze cijfers. Olivijn lijkt koper het beste te binden, actief kool lijkt Globaal kan gesteld worden dat er sprake is van een filterende werking, dit ondanks de

Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01

relatief lage concentraties aan microverontreiniging. Glyphosaat lijkt voor ongeveer 60% gefilterd te worden door de combinatie lava en olivijn.

6.6.2 Aanbevelingen

Decombinatie van lava met een nazuivering van olivijn of actief kool lijkt op basis van deze proef een goede combinatie van buffering en zuivering. Aandachtspunten hierbij zijn de dimensies van het systeem en regulier onderhoud opdat de hydraulische functionaliteit behouden blijft.

7 Duurzaam terreinbeheer Pilot Sliedrecht

7.1 Aanleiding

Waterpasseerbare (en/ of waterdoorlatende) verharding staat bekend om het snel kunnen afvoeren van (afstromend) hemelwater. Door de goede waterpasseerbaarheid van de bestrating in combinatie met een waterbergende en afvoerende laag onder de bestrating wordt water snel en effectief afgevoerd. Doordat water slechts korte tijd op het maaiveld aanwezig is heeft onkruid sneller een tekort aan vocht en verdroogt het eerder dan bij traditionele bestrating.

Naast een goede waterpasseerbaarheid kan een donkere steen ook bijdragen het verdrogen van een plantje. Een donker oppervlak heeft immers een kleinere albedo dan een licht oppervlak en houdt daarmee meer zonlicht en dus warmte vast. Door de opwarming van een donkere kleur steen door zonlicht zal het plantje in theorie eerder verdrogen dan bij een lichte kleur steen.

De kwaliteit van het afstromende hemelwater zal in theorie ook verbeteren bij het toepassen van waterdoorlatende bestrating waaronder lava als fundatie wordt gebruikt. Zoals blijkt uit hoofdstuk 3 heeft lava naast een goede waterbergende functie ook een waterzuiverende functie.

Verontreinigingen afkomstig van auto's zoals zware metalen, pak en minerale olie kunnen door dit lava pakket worden afgevangen.



Figuur 14 Werking doorlatende verharding

Samengevat

Bij deze pilot een drietal theses onderzocht:

1. Hoe beter de doorlatendheid van de bestrating, hoe minder onkruidgroei
2. Donkere kleur bestrating resulteert in minder onkruidgroei dan bij toepassing van lichte kleur bestrating

3. Lava onder de bestrating adsorbeert verontreinigende stoffen, buffert en voert het afstromende hemelwater effectief af.

Doelstelling

Om op de bovenstaande stellingen antwoord te geven dienen de volgende doelen behaald te worden:

- Het bepalen van de invloed van de waterpasseerbaarheid op onkruidgroei
- Het bepalen van de invloed van de grijswaarde van de steen op onkruidgroei
- Het bepalen van de waterkwaliteit van het gedraineerde hemelwater

7.2 Situatie

De gekozen onderzoekslocatie is de Dorlandsweer te Sliedrecht. Dit is een rustige woonwijk grotendeels bestaande uit parkeergebied. Voor deze locatie is gekozen omdat de straat in de wijk opnieuw werd aangelegd en de gehele locatie aan dezelfde randvoorwaarden onderhavig is: de locatie ligt op het zuiden op een horizontaal vlak en minimale schaduwval. Door de lage verkeersdruk is de verwachting dat onkruidgroei sneller plaats vindt dan op een drukke weg waardoor resultaten eerder meetbaar zijn. Daarnaast zal er weinig hinder van het onderzoek zijn.

De bestrating is in maart 2011 opgeleverd. Normaal wordt in de gemeente Sliedrecht de goten geveegd en onkruid verwijderd d.m.v. borstelen. Met de beheerder is afgesproken dat op de proeflocatie geen beheerwerkzaamheden worden uitgevoerd tenzij de veiligheid in het geding is (o.a. gladheidsbestrijding). Aanwonenden is gevraagd niet eigenhandig onkruid te bestrijden op de proefvakken. Daarnaast is het verboden om zand op de waterpasseerbare bestrating te storten.





Figuur 15 Luchtfoto Dorlandswaer, Sliedrecht. Het onderzoeksgebied is rood omleind¹⁰

Om de verschillende onderzoeksvragen te beantwoorden is het gehele parkeergebied opgedeeld in vakken met verschillende eigenschappen. De eigenschappen waarin gevarieerd is zijn:

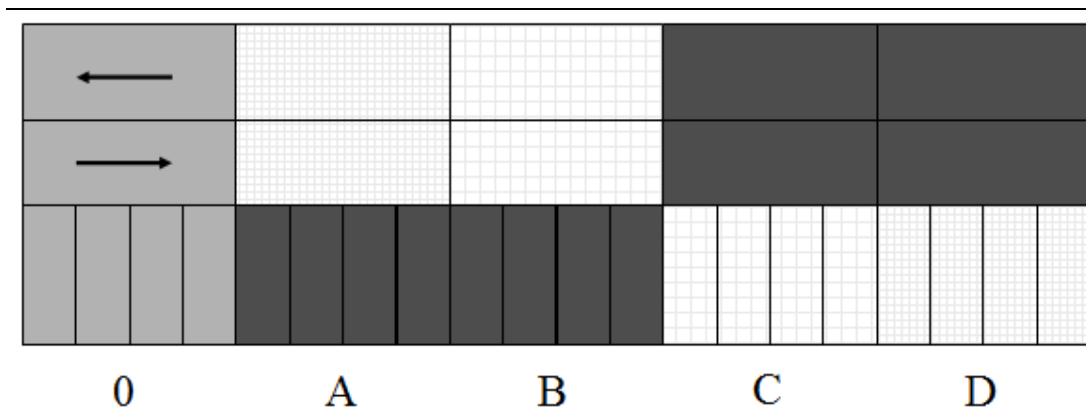
- Waterpasseerbaarheid: grote/ kleine voegafstand
- Grijswaarde steen: donker/ lichte kleur
- Verkeersdruk: rijbaan/ parkeerplaats
- Als 0-variant is ook gekeken naar een traditionele variant: traditionele bestrating met een medium grijze kleur.

In Figuur 15 en Tabel 7.1 is de indeling van de proefvakken weergegeven. In totaal zijn er 10 verschillende proefvakken.

¹⁰ Slagboom en Peeters, 2009

Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01

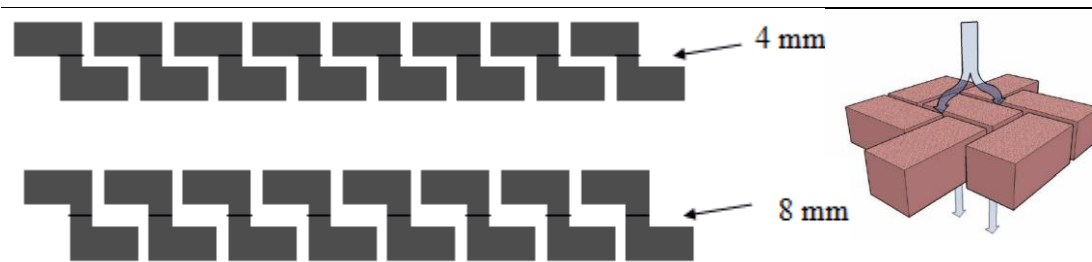


Figuur 16 Schematie van de indeling van de proefvlakken

Tabel 7.1 Kenmerken van de proefvakken

Nummer	Kolom	Type vlak	Doorlatendheid	Kleur
1	0	Rijvlak	Traditioneel	
2	A	Rijvlak	Doorlatend, kleine voeg (4mm)	Licht
3	B	Rijvlak	Doorlatend, normale voeg (8mm)	Licht
4	C	Rijvlak	Doorlatend, normale voeg (8mm)	Donker
5	D	Rijvlak	Doorlatend, kleine voeg (4mm)	Donker
6	0	Parkeervak	Traditioneel	
7	A	Parkeervak	Doorlatend, kleine voeg (4mm)	Donker
8	B	Parkeervak	Doorlatend, normale voeg (8mm)	Donker
9	C	Parkeervak	Doorlatend, normale voeg (8mm)	Licht
10	D	Parkeervak	Doorlatend, kleine voeg (4mm)	Licht

De waterpasserende eigenschappen van de vlakken worden voornamelijk bepaald door de breedte van de voeg. De stenen zelf zijn ondoorlatend. Figuur 17 geeft de opbouw en voegbreedte weer.



Figuur 17 Bovenaanzicht van de stenen.

Kleine voeg (4 mm): normale steen afgewisseld met doorlatende bestrating.

Normale voeg (8 mm): beide stenen doorlatende bestrating

7.3 Meetmethode

Onkruidgroei

De onkruidgroei is doormiddel van de standaard beoordelingsytematiek van Plant Research International (PRI) vastgesteld.

Waterpasseerbaarheid bestrating

Om de waterpasseerbaarheid van de meetlocatie te bepalen is er in 2011 en in 2012 een meetronde geweest. Tijdens deze meetronden is de doorlatendheid bepaald aan de hand van een proef met dubbele ringinfiltrometers (zie onderstaand figuur).



Figuur 18 Meetopstelling: Dubbele ringinfiltrometers

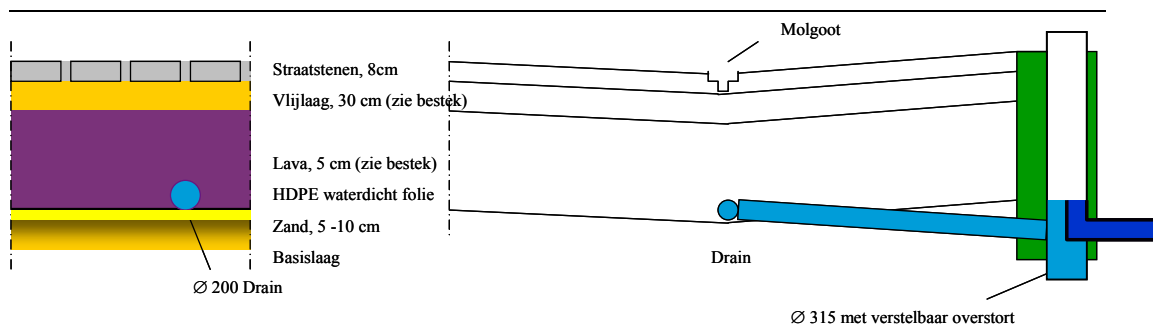
Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01

In de uitvoering van deze proef worden beide ringen gevuld met water. In de binnenste ring wordt de waterstand gemeten, het water in de buitenste ring dient om de horizontale uitstroming door de bodem van de binnenste ring te beperken. Deze buitenste ring wordt tijdens de proef constant gehouden. De binnenste ring wordt gevuld met water en aan de hand van het volume [liter] welke wegstroomt tijdens een bepaald tijdsbestek [seconden] kan de doorlatendheid [liter/seconde] van het verharde oppervlak worden bepaald. Tijdens de test wordt het waterniveau in de ring op niveau gehouden zodat de waterdruk in de ring constant blijft. Doordat een bekend volume water wordt toegevoegd is bekend wat de infiltratiesnelheid is.

Waterkwaliteit drainagewater

Het water dat het wegdek infiltreert wordt gedraineerd door een drainagebuis en afgevoerd via een verzamelput naar het hemelwaterriool. Het drainagewater kan bemonsterd worden in de verzamelput. Figuur 18 illustreert dit. Het drainagewater wordt geanalyseerd op probleemstoffen om een indicatie krijgen van een eventuele zuiverende werking van het lava.



Figuur 19 Dwarsdoorsnede van de waterpasserende voorziening. Het water dat door het wegdek stroomt wordt gedraineerd door een drainagebuis en afgevoerd naar een hemelwaterriool.

7.4 Monitoringsplan

In Tabel 7.2 worden de metingen weergegeven waarmee de locatie is gemonitord.

Tabel 7.2 Monitorinsplan

Meting	Meet-methodiek	Meet-punten	Meet-frequentie	Te bepalen	Door
Waterkwantiteit					
Niveau in hemelwaterriool	Drukopnemers	3	Bij elk veldbezoek	Niveau in het lavapakket	Tauw
Waterkwaliteit					
Kwaliteit afstromend hemelwater na passeren lava	Volumeproportionele monsternames	2	3 keer in 2 jaar	- Zware metalen - PAK - Minerale olie	Tauw
Onkruidgroei	Visueel	diverse	1 opname voor aanleg voorziening		WUR
diversen					
Logboek	Beheer oppervlak			Bijhouden beheer oppervlak gladheden en onkruidsbetrijding.	Gemeente
Logboek	Bijzonderheden bijhouden			Bijzonderheden die van invloed kunnen zijn op functioneren en meetresultaten van de voorziening	Allen, projectgroep

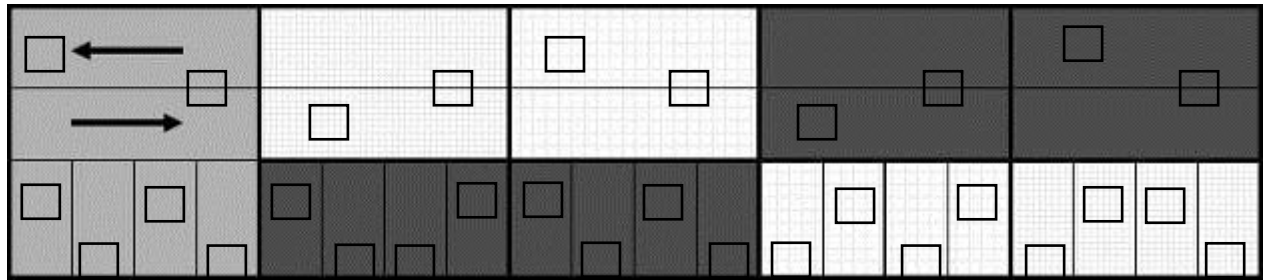
7.5 Resultaten

7.5.1 Onkruidgroei

In maart 2011 is de nieuw aangelegde bestrating opgeleverd. Zowel de bestaande als nieuwe bestrating was op dat moment vrij van onkruid. Vanaf medio april 2011 is gestart met de onkruidmonitoring. Per proefvak (0, A, B, C, en D) zijn de rijbaan en parkeervakken beoordeeld op percentage voegbedekking, onkruidhoogte en CROW klasse indeling.

Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01

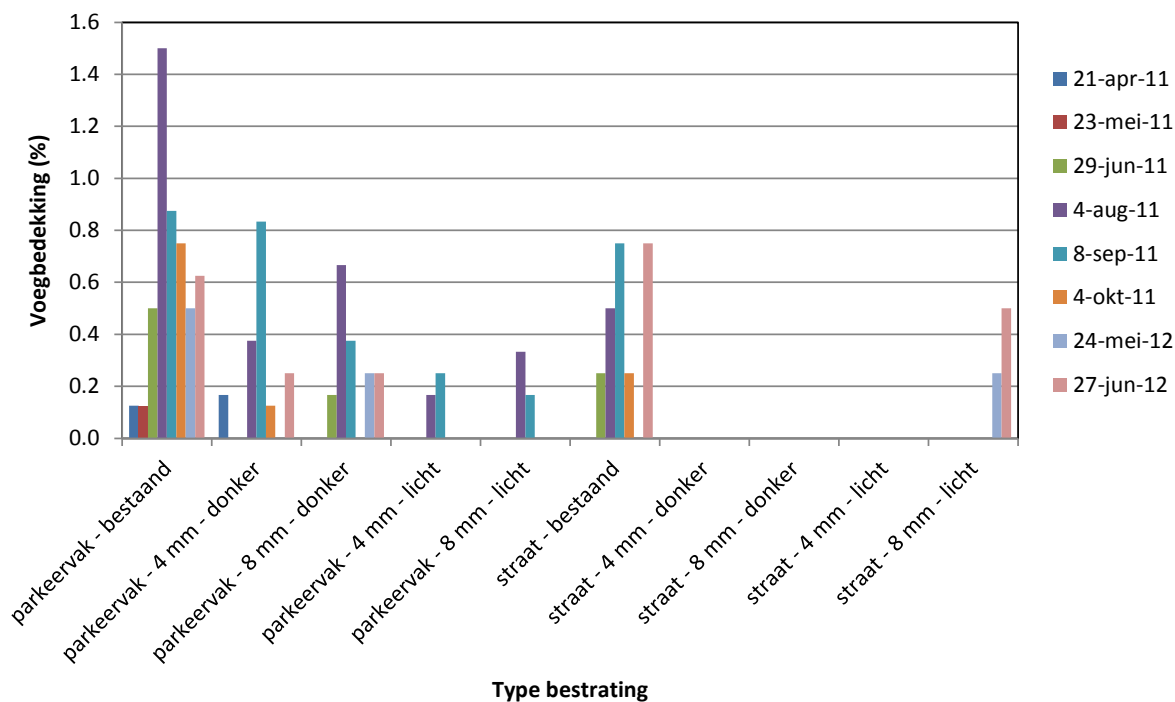


Figuur 20 Schematie van de indeling van de proefvlakken met weergave van de locatie van de proefvlakken

In het algemeen geldt dat op alle typen bestrating van het proefobject sprake was van een zeer geringe onkruidontwikkeling vanaf de oplevering in het voorjaar van 2011 tot en met medio juni 2012. De geschatte voegbedekking per telvak varieerde van 0 tot 2%, overeenkomend met CROW klasse A⁺ (geen onkruid) of A (zeer weinig onkruid). Om een beeld te vormen: het ging hier om een enkel of enkele onkruid(kiem)plantjes per telvak. Dat er zowel op de bestaande als nieuwe bestrating relatief weinig onkruid tot ontwikkeling kwam, kan mede het gevolg zijn van het feit dat het om een praktijkproef betreft. Na oplevering was er sprake van een koud en droog voorjaar waardoor onkruid minder snel tot ontwikkeling kwam. Daarnaast wordt de straat plus parkeervakken intensief gebruikt door het verkeer waardoor opkomende onkruiden weer worden weggereden.

Als gevolg van de geringe onkruidontwikkeling is het nog te vroeg om eenduidige uitspraken te doen over de effecten van doorlatendheid en steenkleur op de onkruidontwikkeling. Op basis van de gemiddelde voegbedekking per waarnemingstijdstip uitgezet, voor de verschillende typen verhardingen (Figuur 21) kunnen wel enkele globale conclusies worden getrokken. Na het droge koude voorjaar lijkt op de bestaande parkeervakken en straat de onkruidontwikkeling eerder op gang te komen, bij vrijwel elke beoordeling zijn enkele onkruiden aanwezig (vnl. gras, melganzevoet en varkensgras). Op de nieuwe parkeervakken duurt het langer voor er onkruiden aanwezig zijn, pas in augustus worden enkele onkruiden waargenomen (vnl. melganzevoet en weegbree). In het algemeen geldt dat het geruime tijd duurt voordat onkruid op nieuw aangelegde bestrating tot ontwikkeling komt, afhankelijk van de snelheid waarmee onkruidzaden, zand en ander straatvuil worden 'ingesleept' door wind, verkeer ed. De omstandigheden waarin zaden terechtkomen bepalen of kieming en groei zal gaan plaatsvinden. De doorlatende lichte kleur bestrating lijkt het wat onkruidwerendheid iets beter te doen t.o.v. de bestaande bestrating, voegbreedte lijkt geen effect te hebben. Op de nieuw aangelegde straat komt vrijwel geen onkruid

voor, ongeacht steenkleur en voegbreedte. Ook hierbij zal de mate van 'inslepen' en de groeiomstandigheden een rol spelen.



Figuur 21 Meetopstelling: gemiddelde voegbedekking per waarnemingstijdstip voor verschillende typen verhardingen

Conclusie:

De onkruidontwikkeling op bestaande als de nieuw aangelegde typen verhardingen was zeer gering. De verschillen zijn klein maar er lijkt een tendens te zijn dat op de waterdoorlatende bestrating minder snel onkruid tot ontwikkeling komt dan op de bestaande bestrating.

7.5.2 Hydraulisch

Het hydraulisch functioneren van de bestrating is bepaald doormiddel van proeven met de dubbele ringinfiltrometer. Er is gemeten in 2011 en in 2012. In 2011 zijn een beperkt aantal metingen uitgevoerd om een indicatie te krijgen van het functioneren van de bestrating. Aangezien de bestrating toen net was aangelegd zijn deze resultaten niet representatief voor het functioneren op de langere termijn. De stenen moesten zich nog zetten en het spilt ingereden worden. In 2012 zijn uitgebreidere metingen gedaan.

Functioneren 2011

De resultaten van de metingen in 2012 zijn samengevat in

Tabel 7.3. Tijdens de uitvoering is geconstateerd dat er een minimale hoeveelheid onkruid op de locatie aanwezig is en dat deze naar verwachting weinig invloed zal hebben op de waterpasseerbaarheid.

Tabel 7.3 Waterpasseerbaarheid parkeervlakken

Nummer	Type vlak	Bestrating	Waterpasseerbaarheid [l/s]
1	Rijbaan	Doorlatend, kleine voeg (4mm)	5.217
2	Rijbaan	Doorlatend, kleine voeg (8mm)	5.333
3	Parkeervak	Doorlatend, normale voeg (4mm)	11.883
4	Parkeervak	Doorlatend, normale voeg (8mm)	8.233

Uit de metingen blijkt dat de doorlatendheid zeer goed is. De doorlatendheid van de parkeervakken is beter dan van rijbaan. Dit komt waarschijnlijk doordat de rijbaan al enigszins ingereden waardoor deze is verdicht. Er lijkt geen verschil te zijn in doorlatendheid tussen een kleine en grote voeg.

Functioneren 2012

De resultaten van de metingen in 2012 zijn samengevat in Tabel 7.4. In bijlage 4 staan de meetresultaten in detail vermeld. Tijdens de uitvoering is geconstateerd dat er een minimale hoeveelheid onkruid op de locatie aanwezig is en dat deze naar verwachting weinig invloed zal hebben op de waterpasseerbaarheid. Wel viel op dat aan de kant van de tuinen zand is uitgespoeld in de bestrating, de waterpasseerbaarheid zal op deze plekken naar verwachting lager zijn. Gezien het slechts een klein percentage van het gehele oppervlak betreft zijn deze plekken niet bemeten.

Tabel 7.4 Waterpasseerbaarheid parkeervlakken

Nummer	Type vlak	Bestrating	Kleur	Waterpasseerbaarheid [l/s/ha]
1	Rijbaan	Traditioneel		319
2	Rijbaan	Doorlatend, kleine voeg (4mm)	Licht	277
3	Rijbaan	Doorlatend, normale voeg (8mm)	Licht	3.451
4	Rijbaan	Doorlatend, normale voeg (8mm)	Donker	4.375
5	Rijbaan	Doorlatend, kleine voeg (4mm)	Donker	2.199
6	Parkeervak	Traditioneel		107
7	Parkeervak	Doorlatend, kleine voeg (4mm)	Donker	419

8	Parkeervak	Doorlatend, normale voeg (8mm)	Donker	1.870
9	Parkeervak	Doorlatend, normale voeg (8mm)	Licht	2.848
10	Parkeervak	Doorlatend, kleine voeg (4mm)	Licht	4.878

Uit deze meetronde blijkt dat waterpasseerbaarheid van doorlatende verharding in relatie tot traditionele verharding zijn werk goed doet. In vergelijking met andere metingen in Nederland liggen deze metingen in de marges van vergelijkbaar onderzoek (Boogaard, 2012¹¹). De waterpasseerbaarheid van Rijvlak 2 en parkeervak 7 zijn lager in vergelijking met de overige waterpasseerbare bestrating. Dit is waarschijnlijke veroorzaakt door een lokale onregelmatigheid.

Wanneer de resultaten nader worden bekeken de volgende conclusies te trekken:

- De gemiddelde doorlatendheid van de parkeervakken (2.575 l/s) is in het algemeen gelijk aan de gemiddelde doorlatendheid van de rijbaan (2.503 l/s)
- De gemiddelde doorlatendheid van de donkere bestrating (2.815 l/s) is in het algemeen gelijk aan de gemiddelde doorlatendheid van de lichte bestrating (2.863 l/s)
- Er is een minimale hoeveelheid onkruid aanwezig op de locatie, onkruidgroei zal zodoende weinig invloed hebben op de gemeten waarden

Interview met bewoners, 2012

De goede doorlatendheid van de bestrating komt overeen met de resultaten van een mondeling interview dat met enkele bewoners is gevoerd. Zij geven aan dat sinds de aanleg van het systeem geen plassen meer op de waterpasserende verharding hebben aangetroffen. Deze verharding is wel gevoeliger voor gladheid bij lichte vorst dan traditionele verharding. Dit komt doordat er relatief veel lucht in het lava onder de bestrating aanwezig is wat als isolator fungeert. Bodemwarmte heeft dus een verminderde invloed op de bestrating waardoor opvriazing sneller plaatsvindt. Andersom zal bij optredende dooi de waterpasserende bestrating eerder ontdooien dan de traditionele bestrating.

7.5.3 Zuivering

Het drainagewater van de doorlatende bestrating is bemonsterd in de drainageput en geanalyseerd. De resultaten hiervan staan in Tabel 3.7. Opvallend is dat zink een zeer hoge concentratie heeft. Verder is alleen koper boven mtr waarde. De hoge waarde van zink is mogelijk een gevolg van cumulatie en binding van zink aan deeltjes in de drainageput waaruit het monster is genomen. Buiten koper en zink is de aangetroffen concentratie microverontreiniging laag. Zoals in hoofdstuk 3 besproken zijn overschrijdingen van de MTR van koper en zink geen uitzondering.

¹¹ Boogaard F.C. (2012). International knowledge exchange on permeable pavement. (http://sudsnet.abertay.ac.uk/presentations/National%20Conf%202012/Keynote_Optimising%20SUDS%20by%20transnational%20knowledge%20exchange%20permeable%20pavement_Boogaard.pdf)

Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01

Tabel 7.5 Resultaten van analyse monster uit verzamelput drainagewater

Parameter		
Chroom	ug/l	6
Koper	ug/l	10
Lood	ug/l	9
Nikkel	ug/l	Onder detectiegrens
Zink	ug/l	190
PAK	ug/l	Onder detectiegrens
Minerale olie	mg/l	Onder detectiegrens

7.6 Conclusie en aanbevelingen

7.6.1 Conclusie

Zoals eerder gesteld zijn enkele these aangedragen om zodoende de onderzoeksvragen te beantwoorden aan de hand van de doelstellingen:

- These 1: Hoe beter de doorlatendheid, hoe minder onkruidgroei
- These 2: Een donkere steen wordt verhit door de zon waardoor onkruid verschroeit

Uit de metingen blijkt dat de doorlatendheid van de bestrating in de tijd afneemt maar na 2 jaar nog zeer goed is. Door de beperkte onkruidgroei is het lastig om de invloed van de doorlatendheid en grijstint op de onkruidgroei vast te stellen. Op deze korte termijn lijkt het dat de onkruidgroei op de doorlatende verharding minder snel optreedt dan bij de traditionele verharding. Monitoring van meerdere groeiseizoenen is echter nodig om hier zekerheid over te geven. De invloed van de grijstint op de onkruidgroei kan op basis van deze metingen niet aangetoond worden.

Het drainagewater van de bestrating bevat gemiddeld een lage concentratie aan microverontreiniging. Op andere locaties blijkt de doorlatende verharding tevens als filter en zuiveringsvoorziening kan optreden. Net als op andere locaties waren koper en zink in hogere concentraties waar te nemen dan MTR.

7.6.2 Aanbevelingen

Om de invloed van de bestrating op de onkruidgroei verder in beeld te brengen dient de locatie gedurende meerdere jaren gemonitord te worden. Van belang is dat dit goed met de beheerder wordt afgestemd opdat geen onderhoud aan de straat plaatsvindt.

8 Conclusies en aanbevelingen

In het kader van de Europese Kaderrichtlijn Water is het project 'duurzaam terreinbeheer' opgestart dat zich richt op innovaties waarmee middels enkele gerichte acties de oppervlaktewaterkwaliteit kan verbeteren. Het beheer van de openbare ruimte draagt namelijk aanzienlijk bij aan belasting van oppervlakte- en grondwater. Dit komt vooral doordat in stedelijk gebied de emissiefactoren veel hoger zijn dan in de landbouw. Hiertoe is door 19 projectpartners gezamenlijk een innovatie KRW-Project Duurzaam Terreinbeheer opgestart. Het onderzoek heeft als doel onkruidwerende maatregelen toe te passen (preventieve maatregel) en regenwaterzuiverende voorzieningen voor onkruidbestrijdingsmiddelen aan te leggen (*end of pipe* maatregel). Het hoofdoel is het verkrijgen van inzicht in de (kosten)effectiviteit van regenwaterzuivering via watersystemen met regenwaterfilters.

Globaal heeft het onderzoek in drie fasen plaats gevonden:

Fase 1: Literatuurstudie naar de inzetbaarheid van filtermedia voor berging en zuivering van regenwater.

Fase 2: Laboratoriumonderzoek (kolomproeven) om de zuiverende werking van het filtermedium voor afstromend regenwater aan te tonen.

Fase 3: Implementatie en monitoring in de praktijk in 4 pilots

Om meer praktijkervaring met de mogelijkheden om een onkruidwerende en waterzuiverende voorziening te verkrijgen zijn bij vier pilotgemeenten praktijkexperimenten gedaan:

Gemeente	maatregel
Oss	Substraat filter
Sliedrecht:	Waterpasserende en onkruidwerende verharding
Rotterdam:	Lavakoffer (berging zuivering)
Eindhoven:	Zuiverende stuw+

Resultaten van de 4 pilots

De 4 pilots geven de diverse mogelijkheden aan voor berging en zuivering van afstromend regenwater ter inspiratie van belanghebbenden. Elke pilot heeft zijn eigen specifieke invulling en onderzoeksresultaten en aanbevelingen die per hoofdstuk in deze rapportage zijn weergegeven.

In het algemeen kan gezegd worden dat:

- Hydraulisch gezien hebben alle voorzieningen het regenwater goed kunnen verwerken en geven invulling aan wb21 (vasthouden, vertragen en afvoeren van regenwater).

Concept

Kenmerk R001-4716641HBA-V01

- Milieutechnisch: de end of pipe maatregelen kunnen microverontreinigen (bv PAK, zware metalen) zuiveren bij een adequaat ontwerp en onderhoud van het watersysteem.
- De emissies van de watersystemen (effluent) voldoen op hoofdlijnen aan de MTR waarden als waterkwaliteitsambities op enkele metingen van zink en koper na. Uit een inventarisatie van regenwaterkwaliteitscijfers blijkt dit echter op meer locaties in Nederland het geval te zijn (hoofdstuk 3).
- De rendementen zijn afhankelijk van de dimensies. Zo heeft het ruim gedimensioneerde systeem in Rotterdam hogere rendementen op PAK en ZM dan bijvoorbeeld Eindhoven. Dit effect is terug te vinden in de verhouding tussen substraat en verhard oppervlak die bij Rotterdam, Oss en Eindhoven ligt in de orde van respectievelijk: 1/30, 1/150 en 1/12.000.
- Conclusies ten aanzien van onkruidmonitoring: Als aanvulling op het bestaande CROW classificatiesysteem voor onkruid op verhardingen is een schaalbalk gedefinieerd op basis van percentage onkruidbedekking. Bij de 'nieuwe' schaalbalk wordt geen onderscheid meer gemaakt naar type verharding (tegels of klinkers). Onkruidmonitoring kan visueel plaatsvinden of met behulp van digitale beeldopnames zie onderstaand voorbeeld:



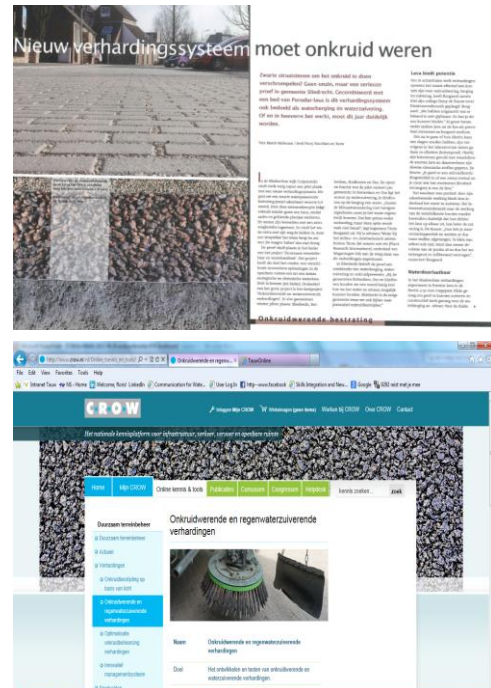
Figuur 22 Twee voorbeelden van beeldanalyse, de berekende onkruidbedekking is 34,9% (boven) en 2,8% (onder)

De positieve resultaten zijn aanleiding om in andere gemeenten deze methodieken, met de opgestelde richtlijnen, te implementeren. Hiervoor is diverse informatie beschikbaar:

- Artikelen via websites van oa CROW/WUR/Tauw:
 - www.crow.nl/dtb
 - www.tauw.nl
- Wetenschappelijke onderzoeksrapporten
- Presentaties op congressen

Van de diverse pilots zijn ook filmpjes beschikbaar:

- [Duurzaam terrein beheer in gemeente Sliedrecht](#)
- <http://www.youtube.com/watch?v=V5o0J84wQyA>
- [FCB01 WUR PROJECTdtb PILOT Rdam](#)
- <http://www.youtube.com/watch?v=lmRb17nF-ek>
- [Duurzaam waterbeheer in Eindhoven wijk Doornakkers DTB](#)
- <http://www.youtube.com/watch?v=UFs06UgQm7Y>



9 Referenties

Boogaard, F.C., Rombout, J., Kluck, J. en Wentink, R. (2007). Storm water treatment facilities. STOWA 2007-20 (In Dutch)

Boogaard F.C., Blanksby, J., De Jong, J. en Van de Ven, F.H.M. (2010). Optimizing and implementation of innovative SUDS by transnational knowledge exchange, guidelines for the design & construction and operation, NOVATECH 2010

Boogaard F.C., Van de Ven, F.H.M. en Palsma, B. (2008). New guidelines regarding the design, operation and maintenance of SUDS in the Netherlands, ICUD 11th

Boogaard, F.C. (2011). Guangcheng Study on the infiltration capacity of permeable pavement.

Boogaard 2012, The death of the gully pot, Coventry UK september 2012
(http://sudsnet.abertay.ac.uk/presentations/National%20Conf%202012/Session2_Developing%20new%20perspectives%20on%20approaches%20to%20the%20management%20of%20inlets%20to%20traditional%20urban%20drainage%20systems_Blanksby.pdf)

Boogaard F.C. (2012). International knowledge exchange on permeable pavement.
(http://sudsnet.abertay.ac.uk/presentations/National%20Conf%202012/Keynote_Optimising%20SUDS%20by%20transnational%20knowledge%20exchange%20permeable%20pavement_Boogaard.pdf)

CROW, 2010. Kwaliteitscatalogus openbare ruimte 2010 – Landelijke standaard voor onderhoudsniveaus. CROW, Ede

Bijlage

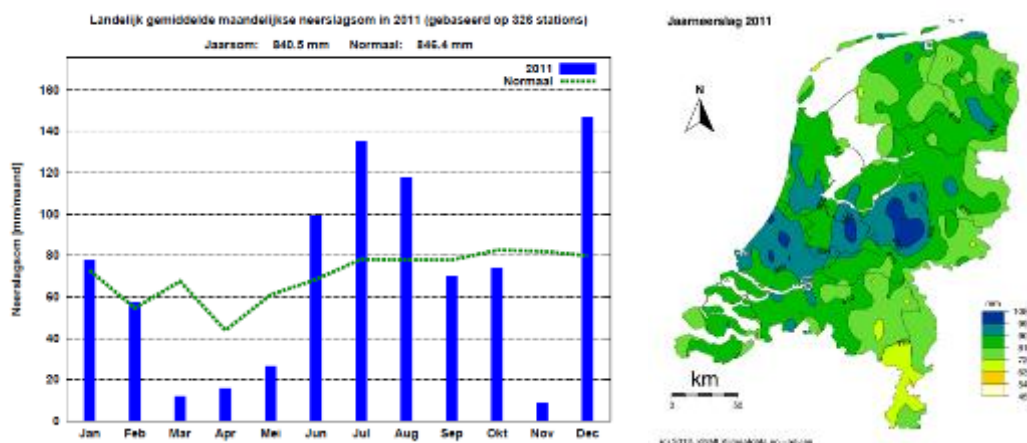
1

Onkruidmonitoring

Onkruidmonitoring

Gedurende het groeiseizoen is het onkruidbeeld op de verschillende proefobjecten regelmatig beoordeeld door een medewerker van Plant Research International (PRI), Wageningen. Vooraf zijn per object een aantal vaste 'telvakken' geselecteerd en gemarkeerd. Het aantal is afhankelijk van de inrichting en de grootte van het betreffende object. Tijdens een beoordelingsronde is aan de hand van een standaard beoordelingssysteem een schatting gemaakt van de onkruidgroei op de verhardingen.

De groei van onkruiden wordt vooral bepaald door de weersomstandigheden. De onkruidontwikkeling kwam in het voorjaar van 2011 relatief laat op gang vanwege het extreem droge, zonnige en zeer zachte weer in die periode. De geringe hoeveelheid neerslag in combinatie met de grote verdamping, veroorzaakt door het veelal zonnige weer, heeft geleid tot een voor de tijd van het jaar record hoog neerslagtekort (neerslag minus verdamping). De gemiddelde temperatuur kwam in maart overeen met het normale gemiddelde maar was in april en mei opvallend hoog.



Figuur 1 landelijk gemiddelde neerslagsom 2011 en landelijke spreiding (knmi, 2012)

De groeiomstandigheden voor onkruiden werden beter na de omslag van een droog voorjaar naar een natte zomer met een uitgesproken wisselvallig karakter. Op veel dagen viel wel enige regen. Meest opvallend was de neerslagsom van juli: 142 mm tegen 78 mm normaal. Maar ook juni en augustus waren natte maanden. De drie afzonderlijke herfstmaanden (september, oktober, november) waren relatief zacht en droog. De laatste dagen van september en het begin van oktober verliepen uitzonderlijk warm met op veel plaatsen nog maxima van 25,0 °C of hoger (zomerse dagen). Op 9 oktober kwam het voor het eerst na het zomerseizoen lokaal tot vorst (Bron: KNMI).

Meetmethodiek

De visuele schattingen en digitale bepalingen van de onkruidbedekking op verhardingen in de wijk Doornakkers zijn ook gebruikt voor een spin-off activiteit, namelijk de ontwikkeling van een nieuwe CROW schaalbalk voor onkruidmonitoring.

Voor het handhaven van de gewenste beeldkwaliteit is het noodzakelijk de onkruid-groei op verhardingen regelmatig te monitoren. Door regelmatig te monitoren wordt duidelijk hoe de beeldkwaliteit in het algemeen is, en of de aannemer aan zijn verplichting heeft voldaan. Voor het bepalen van de gewenste beeldkwaliteit wordt in de meeste gevallen gebruik gemaakt van de CROW kwaliteitscatalogus (CROW, 2010). De catalogus beschrijft verschillende onderhoudsniveaus voor alle objecten in de openbare ruimte waaronder onkruid op verhardingen. Per object worden een of meerdere kwaliteitscriteria gegeven. Voor elk kwaliteitscriterium is een schaalbalk samengesteld met foto's, een beschrijving en prestatie-eisen, variërend van A+ (geen onkruid) tot D (zeer veel onkruid).

De classificering van onkruidgroei op verhardingen volgens de CROW schaalbalken is gebaseerd op voegbedekking, hoogte en polvorming. Voegbedekking is echter minder geschikt omdat het percentage begroeide voeglengte alleen kan worden bepaald op half open verhardingen zoals tegels en klinkers en niet op open (grind, gravel ed.) en gesloten verhardingen (asfalt). Afhankelijk van het formaat van het element varieert de voeglengte per oppervlakte-eenheid. Dat betekent dat bij gelijke procentuele begroeide voeglengte afhankelijk van het type verharding verschillende onkruidbeelden en mogelijk een verschillende klasse-indeling kan optreden.

In het kader van dit project is een analyse gemaakt van digitale onkruidbeelden in combinatie met visuele beoordelingen. Op basis van deze analyse is gebleken dat het relatief eenvoudig is om met behulp van digitale opnames en geschikte software het percentage onkruidbedekking op verhardingen te bepalen (Figuur 2). Om redenen van eenvoud is gekozen voor bedekkingsgraad (%) als criterium voor een nieuw classificatiesysteem, waarbij geen onderscheid meer wordt gemaakt naar type elementverharding (Tabel 3). Voor open verhardingen blijven de bovengrenzen van de huidige CROW schaalbalk ongewijzigd. Het bepalen van de bedekkingsgraad door middel van beeldanalyse kan echter ook op open verhardingen worden toegepast.

De criteria hoogte, aantal en omvang van onkruidpollen kunnen een rol spelen in verband met veiligheid (een hoge begroeiing kan randen aan het oog onttrekken), het loopcomfort (bijv. als hoog onkruid nat is) en de begaanbaarheid (polvorming). Voor het beeld van de verharding zoals vooral burgers dat ervaren is vooral de hoeveelheid onkruid verspreid over het oppervlak meest bepalend. Hoewel de hoogte ook een rol kan spelen bij de beeldvorming wordt verondersteld dat opgaand en polvormend onkruid in de meeste gevallen ook meer oppervlak zal bedekken (een uitzondering hierop is wellicht Canadese fijnstraal) en op die manier wordt

meegewogen bij de classificering. Om bovenstaande redenen is het criterium hoogte en polvorming in de 'nieuwe' schaalbalk buiten beschouwing gelaten.

Tabel 3. Voorstel criteria onkruid classificatiesysteem voor elementverhardingen gebaseerd op bedekkingsgraad.

Verhardingen-elementverharding-onkruid op basis van bedekking verrekennen op beeld via RAW-hoofdcode 70.**.**				
A+	A	B	C	D
Er is geen onkruid.	Er is weinig onkruid.	Er is redelijk veel onkruid.	Er is veel onkruid	Er is zeer veel onkruid
bedekking	bedekking	Bedekking	bedekking	bedekking
0%	≤ 2 %	≤ 4 %	≤ 8 %	> 8%

Conclusies:

- Als aanvulling op het bestaande CROW classificatiesysteem voor onkruid op verhardingen is een schaalbalk gedefinieerd op basis van percentage onkruidbedekking.
- Bij de 'nieuwe' schaalbalk wordt geen onderscheid meer gemaakt naar type verharding (tegels of klinkers)
- De verschillende schaalbalken kunnen naast elkaar worden gebruikt
- Onkruidmonitoring kan visueel plaatsvinden of met behulp van digitale beeldopnames.

Bij gebruik van digitale beeldopnames dienen afhankelijk van het beeldoppervlak meerdere opnames te worden gemaakt om een representatief beeld te krijgen, namelijk:

Oppervlakte opname/foto: Aantal opnamen
1 m²



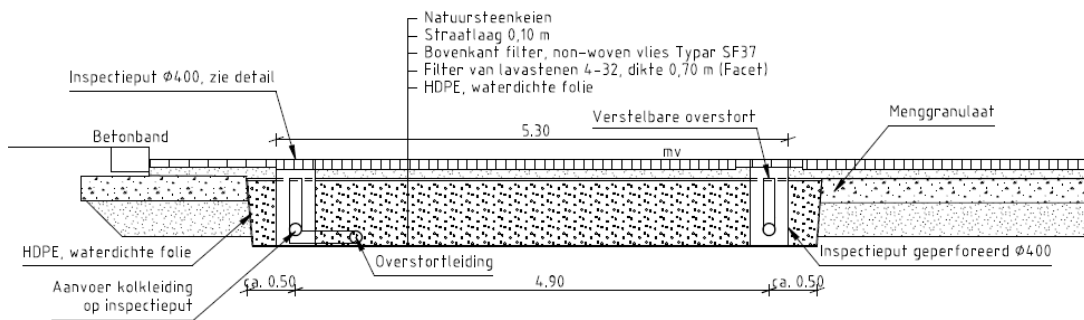
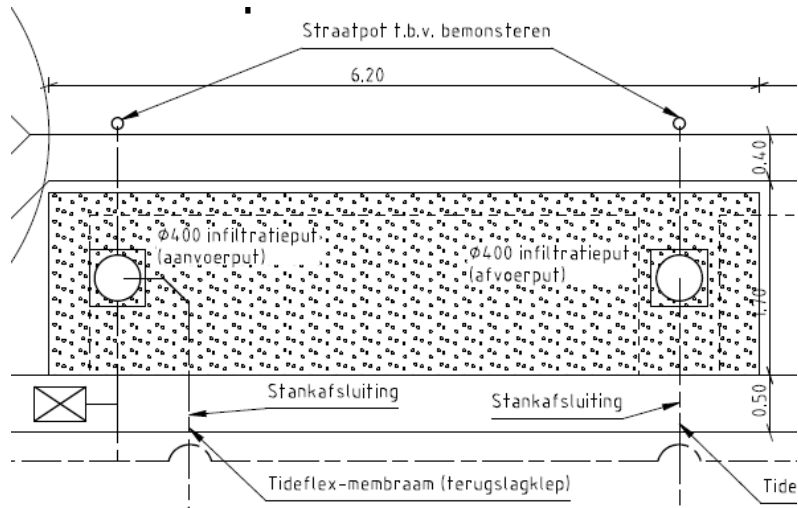
Figuur 23 Twee voorbeelden van beeldanalyse, de berekende onkruidbedekking is 34,9% (boven) en 2,8% (onder)

Bijlage

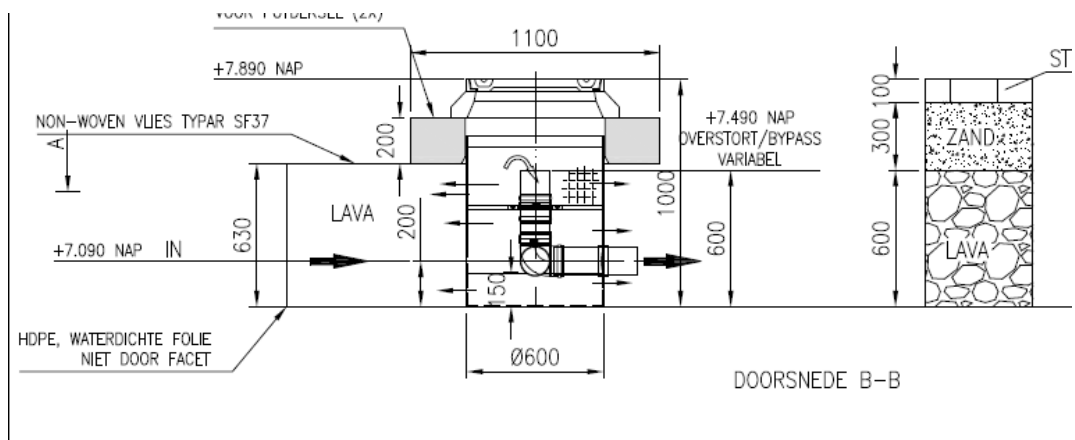
2

Bouw filter Oss

Bouwtekeningen filter



rsprofiel B-B



Foto's aanleg

Onderstaande foto's zijn genomen tijdens de aanleg van de voorziening op 24 juni 2011.



Figuur 24 Overzicht van de voorziening bij aanleg. Infiltratieput aan onderzijde, drainageput aan bovenzijde.



Figuur 25 Infiltratieput met diverse aansluitingen. De verticale buis in de linkerfoto (rechterkant) is voor de monstername en komt uit in het trottoir. De horizontale buis in de rechterfoto (bovenkant) is een huisaansluiting. Het HDPE folie is hier overeen geplaatst waardoor deze als drempel in de voorziening functioneert. Hierdoor staat de infiltratieput nu in een bakje waar altijd een laag water in zal staan.



Figuur 26 Drainage put. Deze heeft een buitendiameter van 600 mm. Daarin is een cilinder geplaatst met een diameter van 400 mm waardoor een korf ontstaat met een breedte van 100 mm. De korf is in de foto afgedicht met een metalen plaat. Het gewenste filtersubstraat, in dit geval actief kool, wordt in de korf geplaatst. Actief kool heeft een lagere doorlatendheid dan lava waardoor het drainerende vermogen van de voorziening lager is dan het infiltrerende vermogen. Hierdoor zal de voorziening behalve als zuivering ook als buffer fungeren.

Bijlage

3

Zuiveringsresultaten filter Oss

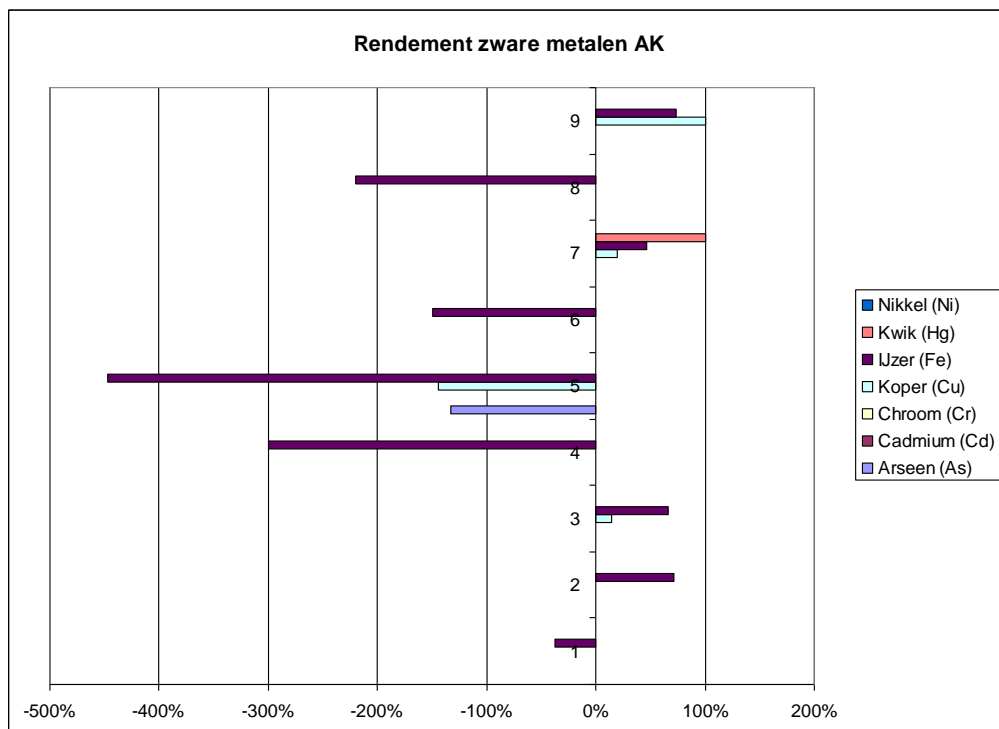
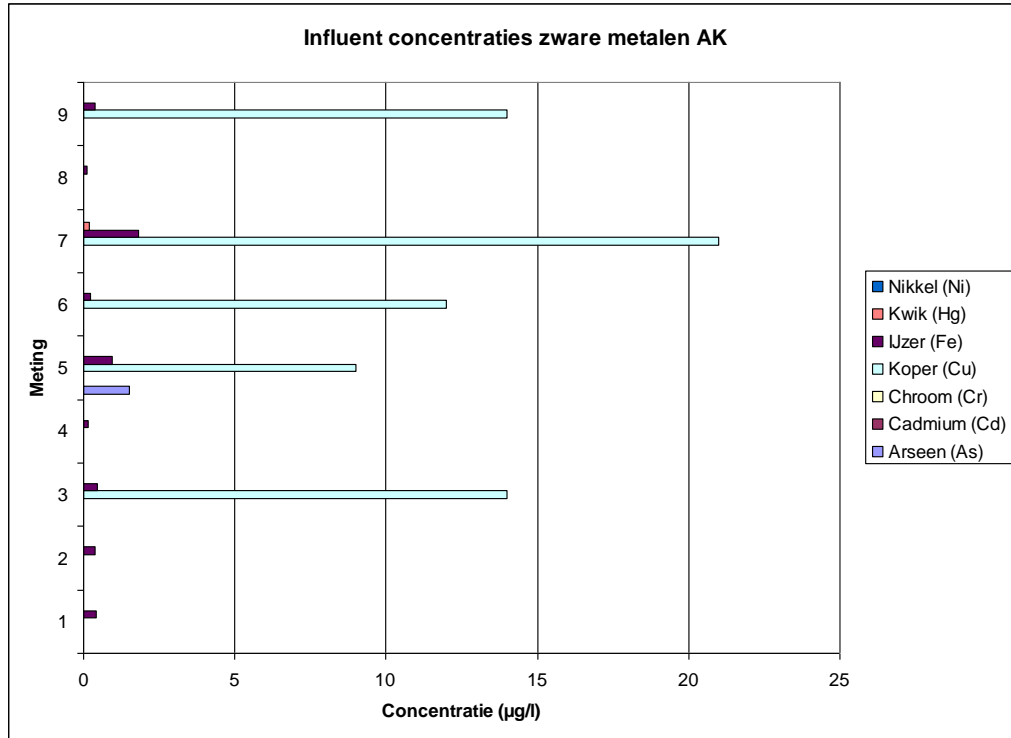
De grafieken in deze bijlage geven de zuiveringsresultaten van het filter. De resultaten zijn onderverdeeld per jaar en in 'zware metalen' en 'overige stoffen'. De influent concentraties en de zuiveringsrendementen worden gegeven. Omdat de influent concentraties bij de 'overige stoffen' per stof sterk verschillen is de eenheid hiervan aangepast om alles leesbaar in één grafiek te presenteren. De eenheden zijn ug/l, mg/l en bij stikstof in $10 * \text{mg/l}$ (bijvoorbeeld 0,25 op de x-as is 2,5 mg/l).

Resultaten 2011: Actief kool als nazuivering

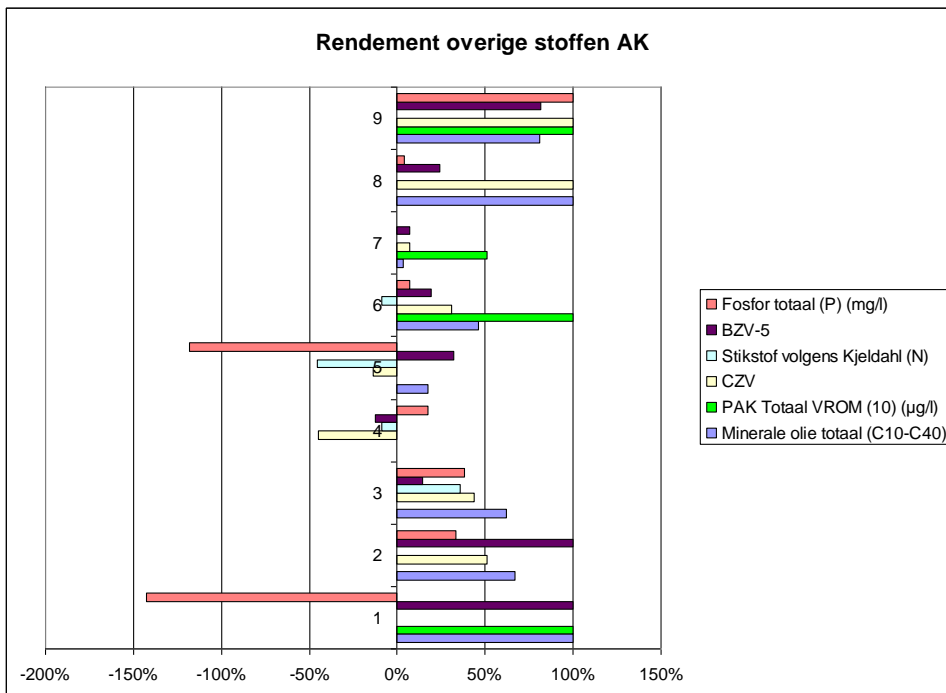
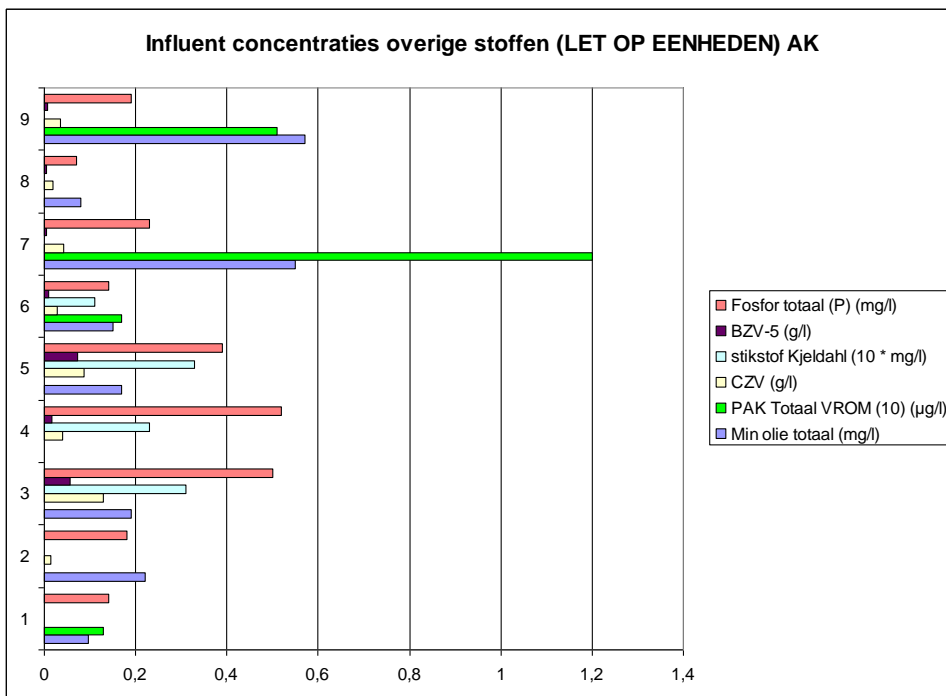
Bij een tweetal metingen wordt een negatief rendement gemeten, dit komt door:

- Meting 4 vond plaats 1 dag na een droge periode van 12 dagen. In de eerste natte dag viel 8 mm neerslag. Bemonstering vond daarna plaats. Hierdoor is influent relatief schoon en effluent relatief vervuild (vertraging afvoer)
- Meting 5 vond plaats 1 dag na een droge periode van 24 dagen. In de eerste natte dag viel 11 mm neerslag. Bemonstering vond daarna plaats. Hierdoor is influent relatief schoon en effluent relatief vervuild (vertraging afvoer)

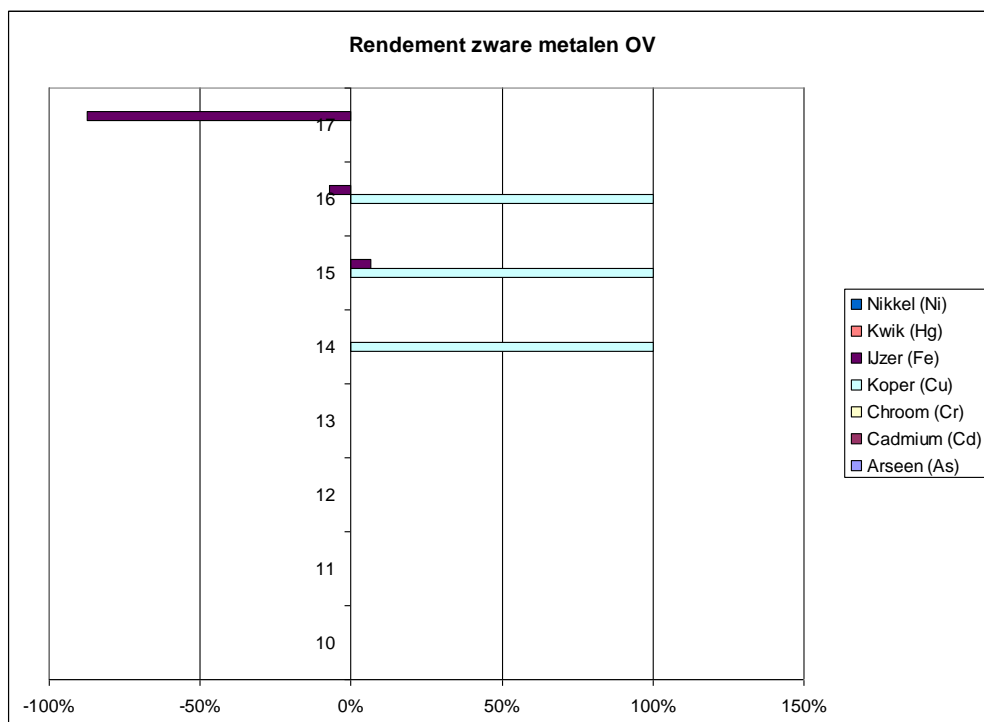
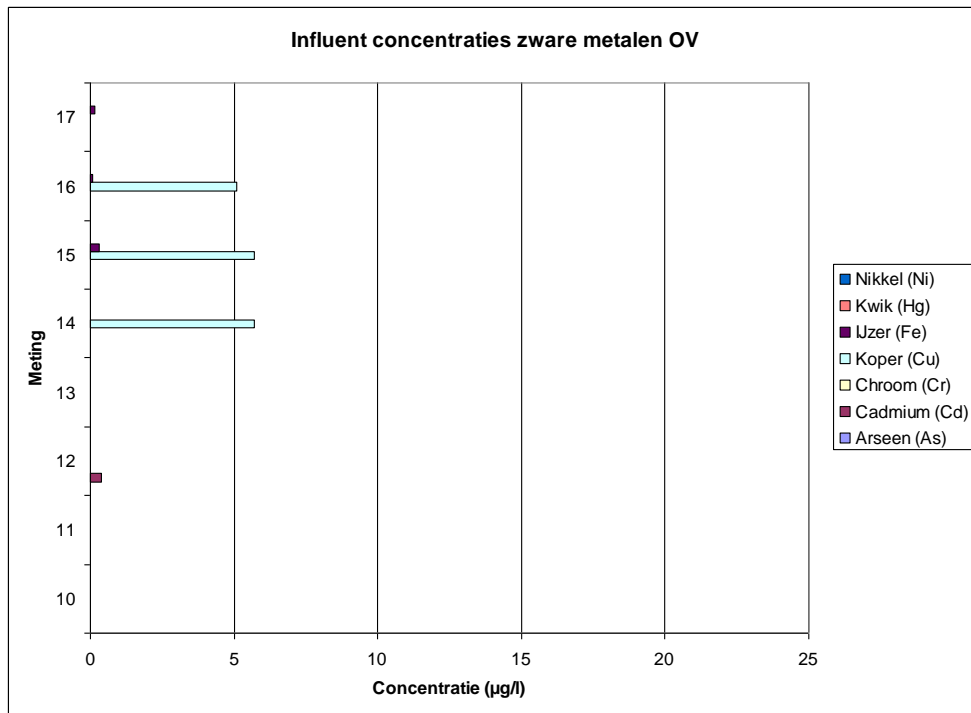
Resultaten zware metalen



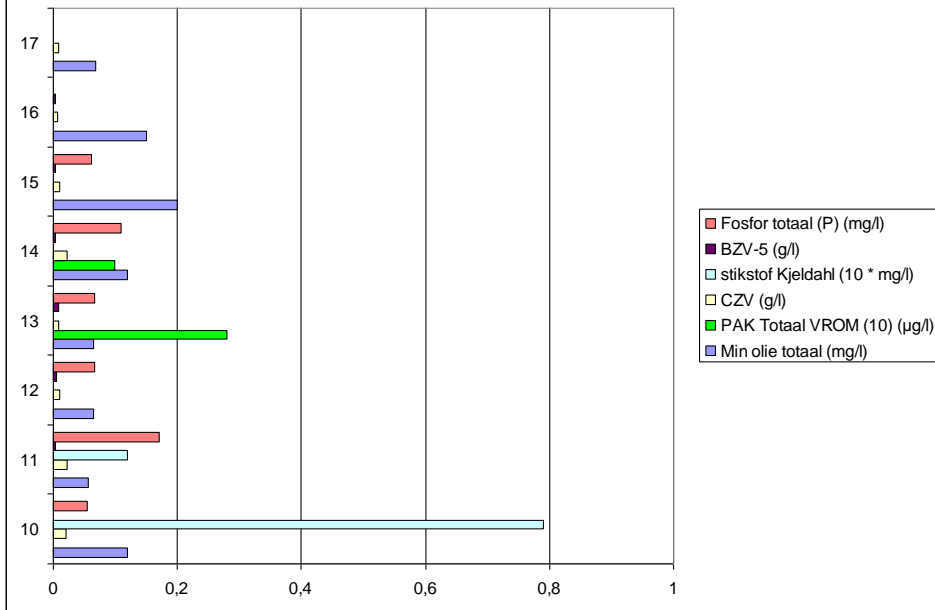
Resultaten overige stoffen



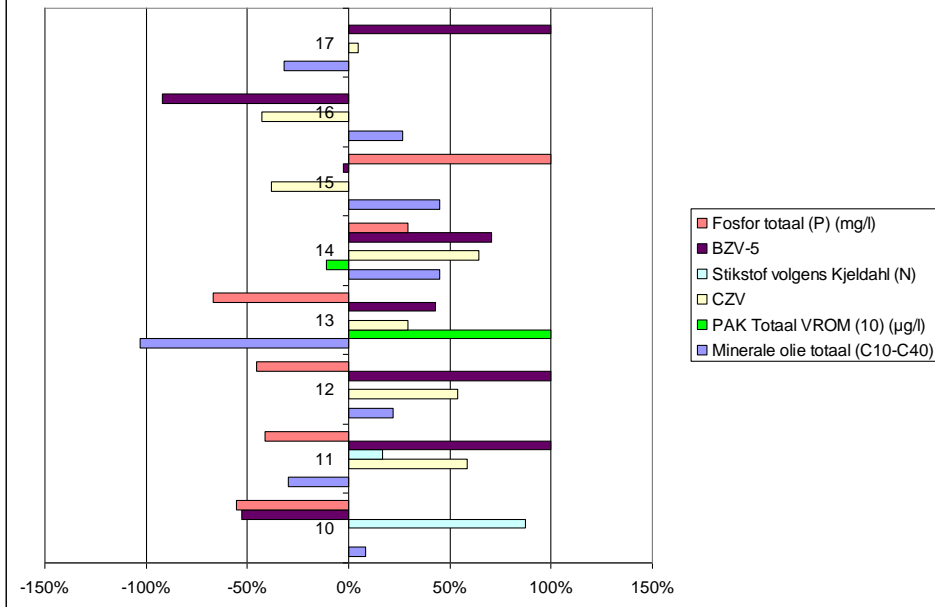
Resultaten 2012: Olivijn als nazuivering



Influent concentraties overige stoffen (LET OP EENHEDEN) OV



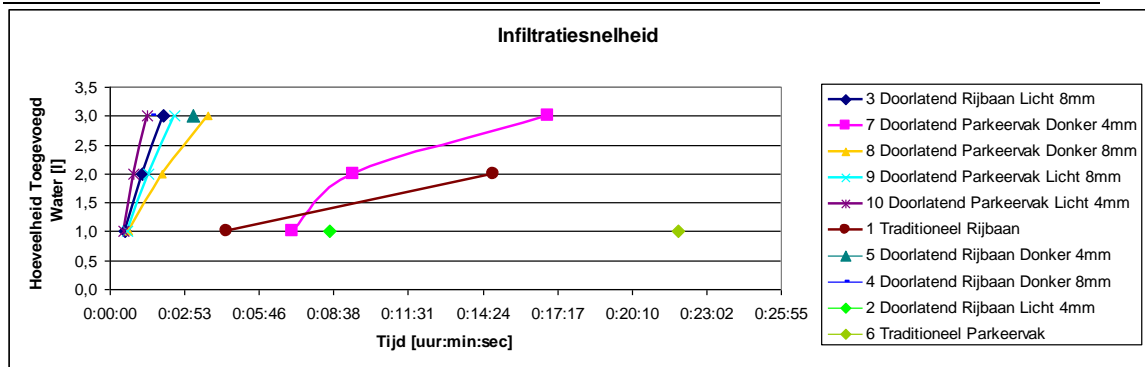
Rendement overige stoffen OV



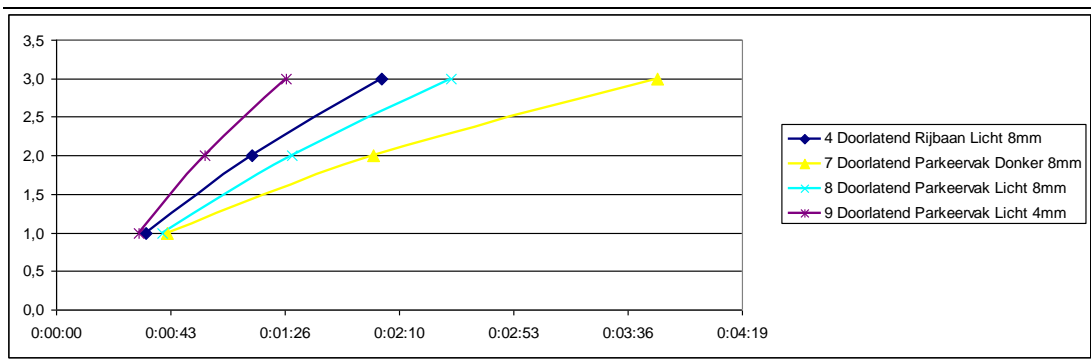
Bijlage

4

Waterpasseerbaarheid bestrating Sliedrecht



Figuur 27 Infiltratiesnelheid van de verschillende meetvlakken



Figuur 28 Infiltratiesnelheid van de verschillende meetvlakken (detail)

