



Erik Liefing, Royal Haskoning

Jeroen Langeveld, Royal Haskoning

Henk Velthorst, gemeente Arnhem

Lisette Hoekstra-Berkhout, Waterschap Rivierenland

# Behandeling van regenwater uit gescheiden rioolstelsels: eerste resultaten EU-pilotonderzoek in Arnhem

**De gemeente Arnhem meet in het zuiden van de stad samen met Waterschap Rivierenland en Royal Haskoning op drie locaties de kwaliteit van het effluent uit een regenwaterriool: de drie proefinstallaties zuiveren middels een lamellenfilter, een zandfilter en een bodempassage. De eerste tussenresultaten van de metingen in 2006<sup>1)</sup> tonen dat de kwaliteit van het afstromende regenwater in Arnhem voor sommige parameters de MTR-waarden overschrijdt. Daarnaast is gebleken dat de concentratie van onopgeloste bestanddelen sterk varieert gedurende een regenbui. Op basis van een analyse op onopgeloste bestanddelen van 233 monsters is voor deze locatie een verwijderingsrendement van ongeveer 28 procent berekend voor het lamellenfilter.**

*Behuizing automatische monsternamen bij het lamellenfilter (rechts onder putdeksels).*



Ontvlechten en gescheiden afvoeren is populair. Regenwater wordt zoveel mogelijk apart van huishoudelijk afvalwater opgevangen en geloosd in stedelijk oppervlaktewater. Zo hoeft het schone regenwater niet afgevoerd te worden naar een rioolwaterzuiveringsinstallatie. De kwaliteit van het vanuit gescheiden rioolstelsels geloosde regenwater is echter niet per se hoog. Dit komt mede doordat het gescheiden houden van huishoudelijk afvalwater en regenwater in de praktijk erg lastig is. Door foutaansluitingen wordt het regenwater vermengd met huishoudelijk afvalwater. Daarnaast wordt regenwater door afstromen over vervuilde oppervlakten verontreinigd. De jaarlijkse vuilvrachten vanuit regenwaterrioleringen kunnen hierdoor groter zijn dan de emissies door overstorten van gemengde stelsels. Randvoorzieningen bij uitlaten van de regenwaterstelsels kunnen mogelijk een deel van de vervuiling afvangen, maar de effectiviteit van de meeste randvoorzieningen is nog onbekend.

In het zuiden van de stad voert de gemeente Arnhem in samenwerking met Waterschap Rivierenland en Royal Haskoning een

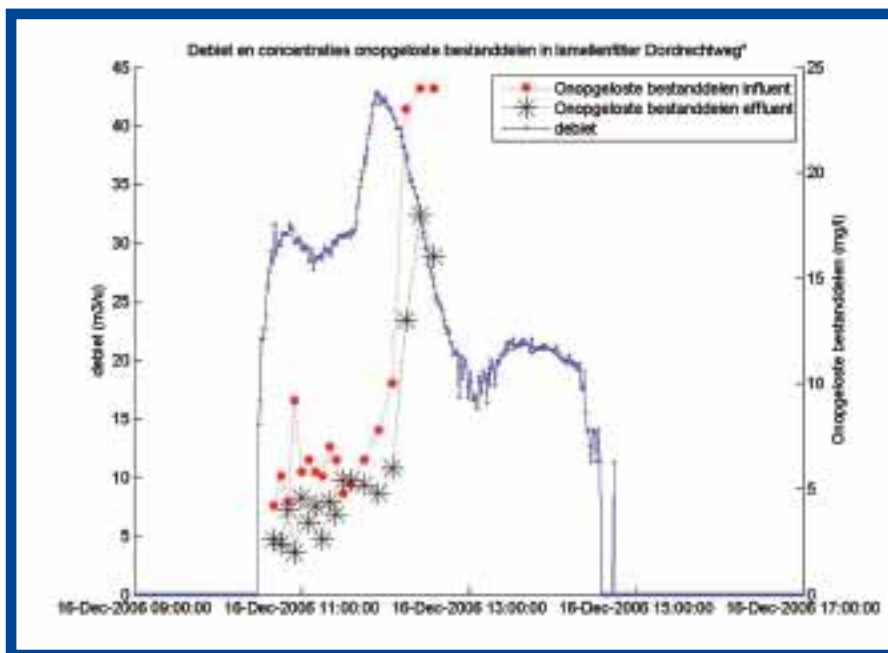
meetprogramma uit. De Europese Unie ondersteunt het project met een Interreg-subsidie vanuit het project Urban Water. Op drie locaties staan proefinstallaties opgesteld om regenwater uit een uitlaat te zuiveren: een lamellenfilter (ook wel lamellenafscheider genoemd), een zandfilter en een bodempassage. Het onderzoek loopt tot en met 2008.

### Meetopstelling

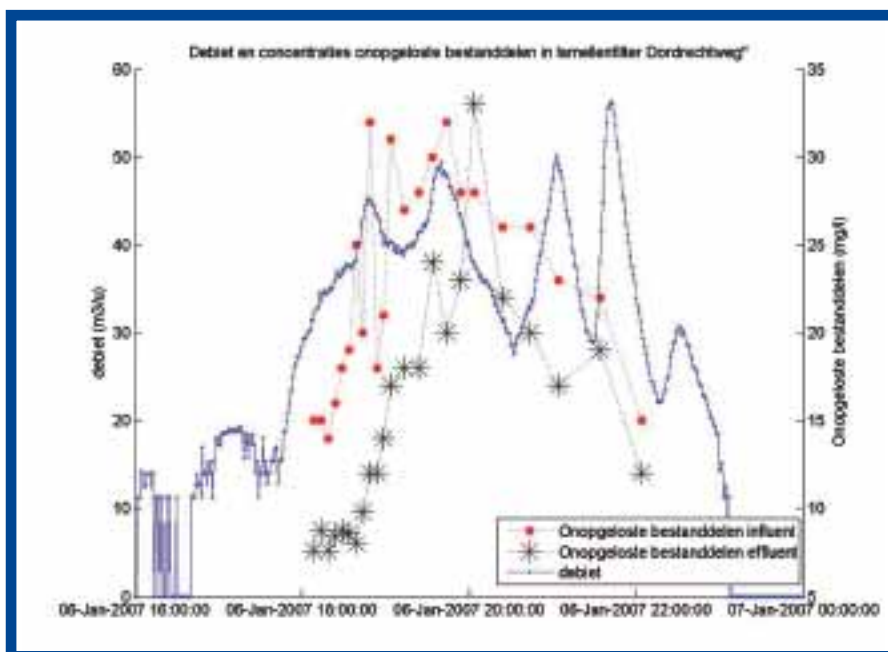
In de aanvoerleidingen van de randvoorzieningen zijn elektromagnetische debietmeters geïnstalleerd. De minuutgemiddelde waarden worden gelogd en via GPRS naar een hoofdpst verstuurd. De randvoorzieningen zelf zijn uitgerust met een automatisch monsternamesysteem, dat influent en effluent van de voorzieningen bemonstert. De automatische monstername start als het debiet 50 kubieke meter per uur overschrijdt. Iedere vijf minuten wordt een monster van 250 of 500 ml genomen. De automatische monstername is uitgerust met een koelkast, waarin de monsters geconditioneerd worden bewaard. Waterschap Rivierenland analyseert de monsters in haar laboratorium, gemengd of afzonderlijk op een keuze uit de parameters CZV, BZV, zwevende stof, Kjeldahl-N, ammonium, totaal fosfor, chloride, kalium, zware metalen, bacteriën en PAK's. In het najaar van 2006 zijn in totaal 28 regenbuien bemonsterd. Bij 21 buien zijn monsters genomen bij het lamellenfilter, bij zeven bij het zandfilter en bij 20 buien bij de bodempassage. Het aantal bemonsterde buien voor het zandfilter is laag vanwege operationele problemen. In dit artikel worden deze buien beschouwd worden gelaten.

### Kwaliteit afstromend regenwater

Enkele resultaten van analyses op de influentmonsters van het lamellenfilter en de bodempassage staan in tabel 1. Het rapport van de Werkgroep Riolering West-Nederland (WRW) 'Overzicht samenstelling afstromend regenwater'<sup>4)</sup> geeft gemiddelde waarden van verschillende parameters in afstromend regenwater. In tabel 1 staan deze waarden uitgezet tegen de waarden die gevonden zijn in Arnhem-Zuid. Het valt daarbij op dat de meetwaarden in Arnhem in het algemeen



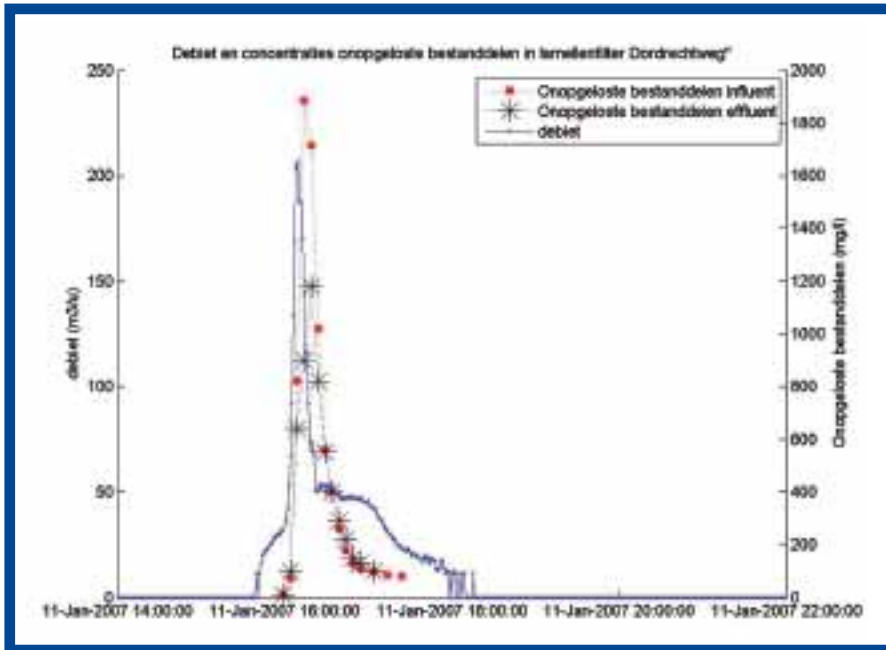
Afb. 1: Verloop debiet en concentratie zwevende stof op 16 december 2006.



Afb. 2: Verloop debiet en concentratie zwevende stof op 6 januari 2007.

Tabel 1: Gemiddelde analyseresultaten influent randvoorzieningen 2006.

	locatie lamellenfilter			locatie bodempassage			MTR (bij een zwevendstofconcentratie van 30 mg/l)
	aantal monsters	gemiddelde concentratie	mediaan	aantal monster	gemiddelde concentratie	mediaan	
CZV (mg/l)	11	35,9	30	15	38,5	25	103,91
BZV (mg/l)	6	6,7	3,2	7	8,9	5,2	11,84
Kjeldahl-N (mg/l)	9	1,8	1,5	17	2,4	1,8	3,33
ammonium (mg/l)	9	0,5	0,52	13	0,9	0,44	1,20
fosfor (mg/l)	9	0,3	0,2	15	0,3	0,25	0,30
droge stof (mg/l)	151	40,0	16	19	35,7	14	
koper (µg/l)	8	30,9	14,1	16	28,9	29,25	33,90
lood (µg/l)	8	27,6	7,5	16	29,5	11,25	38,63
zink (µg/l)	8	160,4	105	16	117,7	97,5	215,86
coli totaal per 100 ml	5	68.460	37.500	7	141.429	80.000	



Afb. 3: Verloop debiet en concentratie zwevende stof op 11 januari 2007.

Tabel 2: Concentraties metalen influent lamellenfilter rond de jaarwisseling.

	23-11-06	30-12-06	1-01-07	4-01-07	6-01-07
kaliom (mg/l)	3,3	1,6	2,4	4,4	3,3
koper (µg/l)	11,5	23	18,5	15,5	5
lood (µg/l)	8	7	15,5	7	7
zink (µg/l)	105	115	115	130	120

lager liggen dan de gemiddelden in het WRW-overzicht. Zo bedraagt de gemiddelde concentratie CZV bij het lamellenfilter 35,9 mg/l en bij de bodempassage 38,5 mg/l. De gemiddelde concentratie uit het WRW-overzicht is 103,9 mg/l. De gemiddelde concentratie koper bij de locatie van de bodempassage bedraagt 28,9 µg/l. Door de nabijheid van bovenleidingen van trolleybussen was verwacht dat deze waarde boven het landelijk gemiddelde zou liggen. De gemiddelde concentratie koper uit het WRW-overzicht is echter 33,9 µg/l. In tabel 1 zijn tevens de MTR-waarden voor oppervlaktewaterkwaliteit opgenomen. Het stedelijke oppervlaktewater in Arnhem-Zuid wordt volledig gevoed uit regenwaterriolen. Uit tabel 1 blijkt dat het water uit de regenwateruitlaten de MTR-waarden regelmatig overschrijdt. Voor PAK's geldt dat de concentraties in het overgrote deel van de op PAK's geanalyseerde monsters onder de detectiegrenzen lagen.

In het bijzonder is gekeken naar de verontreiniging door zware metalen ten gevolge van het afschieten van vuurwerk rond de jaarwisseling. Volgens berekeningen bereikt in Nederland jaarlijks twee ton koper uit vuurwerk in het oppervlaktewater. Dit is drie procent van de totale koperbelasting<sup>2)</sup>. Deze cijfers doen vermoeden dat de eerste regenbui na de jaarwisseling een significant grotere belasting van zware metalen meevoert. Fortuinlijk voor het onderzoek was dat rond de jaarwisseling enkele buien zijn

gevallen die bemonsterd konden worden. In tabel 2 staan de concentraties die zijn gemeten op influentmonsters afkomstig van het lamellenfilter. De resultaten van de uitgevoerde analyses ondersteunen de hypothese niet. De gehalten aan metalen begin januari zijn niet significant hoger dan in december en in de daarvoor liggende periode.

### Rendementen lamellenfilter

In dit artikel wordt alleen gekeken naar de prestaties van het lamellenfilter, aangezien hier reeds een voldoende groot aantal monsters voor geanalyseerd is.

Lamellenfilters worden momenteel frequent toegepast in de industrie en in de drinkwaterbereiding. Het principe van een lamellenfilter berust op een verschil in dichtheid tussen het water en de daarin aanwezige vervuiling. Door het dichtheidsverschil kan vervuiling in een lamellenfilter bezinken of juist opdrijven. Het is bekend dat onder andere zware metalen zich binden aan de fijne fractie van zwevende deeltjes in het water. Over de effectiviteit van een lamellenfilter voor de behandeling van regenwater is nog weinig bekend. Beweringen over hoge verwijderingsrendementen van lamellenfilters zijn zelden in de praktijk getoetst. In het onderzoek in Arnhem is gebruik gemaakt van een lamellenfilter met een ontwerpcapaciteit van 50 kubieke meter per uur (15 l/s). De oppervlaktebelasting is bij deze capaciteit één meter per uur.

Van november tot en met afgelopen februari zijn de monsters van twaalf verschillende buien apart geanalyseerd op onopgeloste bestanddelen. De gemeten influent- en effluentconcentraties gedurende enkele buien zijn uitgezet tegen het debiet in de afbeeldingen 1 t/m 3. De grafieken zijn vergelijkbaar met de resultaten van de overige buien.

Een aantal zaken is uit deze grafieken af te leiden:

- Het verwijderingsrendement van zwevende stof is laag. De grafieken tonen dat het filter wel degelijk zorgt voor een verlaging van de concentratie zwevende stof. Het filter werkt beter bij hogere concentraties. In totaal zijn 233 monsters geanalyseerd op onopgeloste bestanddelen (zowel influent als effluent). De concentraties zijn gewogen gemiddelden met het gemeten debiet als weegfactor. De concentratie bij een hoger debiet telt immers evenredig zwaarder mee in de jaarlijkse vuillast. Het berekende gewogen gemiddelde rendement van verwijderen van zwevende stof voor alle 233 monsters bedraagt ongeveer 28 procent, berekend op basis van vuillast;
- Gedurende praktisch elke bui varieert de concentratie onopgeloste bestanddelen aanzienlijk. Hierbij lijkt een relatie te bestaan tussen debiet en concentratie onopgeloste bestanddelen. In het algemeen wordt een hoger debiet met enige vertraging gevolgd door van een grotere concentratie zwevende stof. Wellicht dat de specifieke situatie in Arnhem, met regenwaterriolen die voor een deel onder het oppervlaktewaterpeil liggen, hierbij een rol speelt;
- De variatie over de bui in vuilconcentraties heeft grote implicaties voor het beoordelen van meetgegevens van de kwaliteit van afstromende neerslag en lozingen uit gescheiden stelsels zoals deze in de afgelopen jaren verzameld zijn en thans worden opgenomen in de STOWA-regenwaterdatabank. Veel van deze meetgegevens zijn gebaseerd op steekmonsters, waarvan de representativiteit duidelijk te wensen overlaait. Dit leidt er toe dat het gebruik van deze algemene getallen met enige omzichtigheid moet plaatsvinden. Tevens stelt de constatering van de variatie over de bui hogere eisen aan toekomstige meetcampagnes in termen van monsternamedichtheid.

### Verder onderzoek

Tijdens het onderzoek in de gemeente Arnhem hebben enkele studenten van de Hogeschool Arnhem-Nijmegen onder begeleiding van Royal Haskoning onderzoek verricht naar de valsnelheden van de onopgeloste bestanddelen in het bemonsterde regenwater. Door middel van een kolomproef zijn de valsnelheden bepaald in het laboratorium van de TU Delft. Uit deze proeven blijkt dat ongeveer de helft van de zwevende stof gedurende de proef in het geheel niet bezinkt. Het is daarom te verwachten dat het maximaal te behalen bezinkingsrendement van een lamellenfilter niet hoger zal liggen dan ongeveer 50



*Lamellenfilter bezien van influentzijde.*

procent. Eén en ander zal in een volgende publicatie in H<sub>2</sub>O worden uitgelicht.

Het gemeten rendement en de uitkomsten van het onderzoek naar valsnelheden worden ondersteund door een recent afstudeeronderzoek van Berendsen<sup>3)</sup>. Hierin is aangetoond dat ongeveer 98 procent van

de onopgeloste bestanddelen in geloosd regenwater (afkomstig uit een verbeterd gescheiden stelsel) een deeltjesgrootte heeft die ligt tussen 0,45 en 20 µm. Coagulatie van deze deeltjes is niet te verwachten, omdat de concentraties zo laag zijn dat de deeltjes niet tegen elkaar zullen 'botsen'. Berendsen trekt op basis hiervan de conclusie dat het verwijderingsrendement van een lamellenfilter voor onopgeloste bestanddelen laag zal zijn.

Heel dit jaar zullen nog monsters genomen worden bij de drie proefinstallaties. Hiermee zal het inzicht in de kwaliteit van het afstromend regenwater vergroot worden. Naar verwachting zullen op basis van de resultaten van een jaar meten ook uitspraken gedaan kunnen worden over het verwijderingsrendement van het zandfilter en de bodempassage. Mede op basis van deze resultaten zal medio 2008 de kosteneffectiviteit van de onderzochte randvoorzieningen in beeld worden gebracht.

### Conclusies

- De concentraties in het hemelwaterstelsel in Arnhem-Zuid zijn lager dan de gemiddelden zoals beschreven in het 'Overzicht samenstelling afstromend regenwater' van de WRW. Wel worden de MTR-waarden voor oppervlaktewaterkwaliteit uit de Vierde Nota Waterhuishouding overschreden;

- De concentratie van met name onopgeloste bestanddelen varieert sterk gedurende een bui. Om een goed inzicht te krijgen in de kwaliteit van het afstromende regenwater, is het dus niet voldoende om eens per bui een steekmonster te nemen, maar moet gedurende de volledige bui bemonsterd worden;
- Op basis van de gemeten influent- en effluentconcentraties van onopgeloste bestanddelen bedraagt het rendement van het onderzochte lamellenfilter ongeveer 28 procent;
- Op basis van de resultaten van de valsnelheidsbepaling kan worden gesteld dat het grootste deel van de onopgeloste bestanddelen in regenwaterafvoer zó langzaam bezinkt dat verwijdering door bezinking niet mogelijk is. Voor deze fijne fractie is een lamellenfilter dus ongeschikt.

### LITERATUUR

- 1) Langeveld J. en H. Liefing (2007). Jaarrapport randvoorzieningen Arnhem 2006. Gemeente Arnhem.
- 2) Van den Broek J. en D. Gibney (2003). Vuurwerk doorgelicht. Natuurwetenschap & Techniek nr. 12.
- 3) Berendsen F. (2007). Lamellenafscheider; alternatief voor een verbeterd gescheiden stelsel? Afstudeerverslag HAS's Hertogenbosch.
- 4) Boogaard F. en S. de Jong (2002). Overzicht samenstelling afstromend regenwater. Werkgroep Riolering West-Nederland.