

stowa



# DE EFFECTIVITEIT VAN KOKERAFSCHEIDERS IN DE BERGBEZINKTANK IN LIMMEN

RAPPORT

2005  
W02



DE EFFECTIVITEIT VAN KOKERAFSCHEIDERS  
IN DE BERGBEZINKTANK IN LIMMEN

**RAPPORT**

2005  
**W02**

ISBN 90.5773.289.0



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

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

# COLOFON

Utrecht, 2005

UITGAVE STOWA, Utrecht

## AUTEURS

ir. R.G. Veldkamp (TU Delft)  
dr. ir. J. Kluck (Tauw)

## BEGELEIDINGSCOMMISSIE

ing. R.C. Leijen (voorzitter, HHNK)  
S. Brandon (AQA HydraSep B.V.)  
ing. M. van Dijk (HHNK)  
T.A.M. van Langen (HHNK)  
ing. H.J. de Leeuw (Castricum)  
ir. H.J. van Mameren (Witteveen & Bos)  
drs. A.J. Palsma (STOWA)  
M. de Vries (HHNK)

DRUK Kruyt Grafisch Advies Bureau

STOWA rapportnummer 2005-W02  
ISBN nummer 90.5773.289.0

# TEN GELEIDE

Het plaatsen van lamellen in een bergbezinkbassin kan het effect van bezinking aanmerkelijk vergroten. Lamellen kunnen enerzijds worden ingezet bij bestaande tanks met een te grote emissie. Anderzijds zijn lamellen mogelijk interessant bij nieuwe bergbezinkbassins op locaties waar de ruimte beperkt is, zodat met een kleinere tank toch een voldoende emissiereductie wordt bereikt. Om dit te onderbouwen is onderzoek gewenst.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Afvalwaterketenbedrijf (AWKB) van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

Het onderzoek werd financieel ondersteund door de STOWA en Stichting Rioned.

De gemeente Castricum heeft de bergbezinktank in Limmen ter beschikking gesteld voor het onderzoek en de kalibratie van de overstortdrempels gefinancierd.

AQA HydraSep B.V. uit Alkmaar heeft de constructie met de kokerafscheiders ontworpen en vervolgens het geheel ter beschikking gesteld en in de tank gemonteerd.

Het personeel van de regio Beverwijk en het laboratorium van het hoogheemraadschap heeft de installatie, het onderhoud en het beheer van de monstername-apparatuur en de analyses van de monsters verzorgd.

De voortgang van het project is periodiek beoordeeld door een begeleidingscommissie, bestaande uit de volgende leden:

Ing. R.C. Leijen	(voorzitter, HHNK)
S. Brandon	(AQA HydraSep B.V.)
Ing. M. van Dijk	(HHNK)
T.A.M. van Langen	(HHNK)
Ing. H.J. de Leeuw	(Castricum)
Ir. H.J. van Mameren	(Witteveen & Bos)
Drs. A.J. Palsma	(STOWA)
M. de Vries	(HHNK)

De verwerking van de meetresultaten en de rapportage zijn verzorgd door ir. R.G. Veldkamp (TU Delft) en dr. ir. J. Kluck (Tauf).

Naar alle waarschijnlijkheid zal naar aanleiding van onder andere dit onderzoek in 2006 richtlijnen worden geformuleerd voor de toepassing van lamellen in bergbezinkbassins.

Utrecht, februari 2005

De directeur van de STOWA

Ir. J.M.J. Leenen

# DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen, de provincies en het Rijk (i.c. het Rijksinstituut voor Zoetwaterbeheer en de Dienst Weg- en Waterbouw).

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

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

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

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

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

Email: [stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl).

Website: [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)

# DE EFFECTIVITEIT VAN KOKERAFSCHEIDERS IN DE BERGBEZINKTANK IN LIMMEN

## INHOUD

	TEN GELEIDE	
	STOWA IN HET KORT	
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
	1.1 Opdracht	1
	1.2 Aanleiding	1
	1.3 Doel van het onderzoek	1
<b>2</b>	<b>LAMELLEN IN BERGBEZINKBASSINS - THEORIE</b>	<b>3</b>
	2.1 Inleiding	3
	2.2 Stroming en bezinking tussen lamellen	3
	2.3 Variabele belasting	4
	2.4 Rekenmethode	5
	2.5 Voorbeelberekening van een bergbezinkbassin met lamellen	6
<b>3</b>	<b>MEETLOCATIE</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>KOKERAFSCHEIDER</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>MEETOPSTELLING</b>	<b>12</b>
	5.1 Niveaumeting	12
	5.2 Meting troebelheid	12
	5.3 Bemonstering	13
	5.4 Chemische analyses	14
	5.5 Meetapparatuur	14
	5.6 Automatiseringsapparatuur	14
	5.7 Datalogging	15
	5.8 Storingen	17
	5.9 Controle meetapparatuur	17

<b>6</b>	<b>MEETRESULTATEN</b>	<b>19</b>
<b>6.1</b>	Chronologisch overzicht	19
<b>6.2</b>	Neerslag en waterstanden	19
<b>6.3</b>	De waterbalans	29
<b>6.4</b>	De oppervlaktebelasting	30
<b>6.5</b>	Troebelheid en CZV	31
<b>6.6</b>	CZV, zwevende stof, Kjeldahlstikstof en chloride	40
<b>7</b>	<b>RENDEMENTEN</b>	<b>41</b>
<b>7.1</b>	Het rendement op basis van troebelheidsmetingen	41
<b>7.2</b>	Het rendement op basis van CZV- en zwevende stofconcentraties	44
<b>7.3</b>	Berekeningen met het verblijftijdmodel	46
<b>7.4</b>	Evaluatie van de kokerafscheider in Limmen	47
<b>8</b>	<b>TROEBELHEID IN RELATIE TOT VUILPARAMETERS</b>	<b>50</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>52</b>
<b>9.1</b>	Conclusies	52
<b>9.2</b>	Aanbevelingen	53
<b>10</b>	<b>REFERENTIES</b>	<b>55</b>

Bijlage A: CZV en zwevende stof

Bijlage B: Kjeldahlstikstof en chloride

Bijlage C: Vrachten volgens verblijftijdmodel

# 1

## INLEIDING

### 1.1 OPDRACHT

Het hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier heeft de Sectie Gezondheids-techniek van de Technische Universiteit in Delft per brief met kenmerk 0014430, d.d. 7 november 2000, opdracht verleend tot het leveren van wetenschappelijke ondersteuning bij het onderzoek aan de bergbezinktank in Limmen (gemeente Castricum). De wetenschappelijke ondersteuning houdt onder meer in het verwerken van de meetgegevens en het rapporteren van de resultaten van het onderzoek. Het onderhavige rapport bevat de onderzoeksresultaten vanaf de start van het onderzoek tot en met januari 2003.

### 1.2 AANLEIDING

In het kader van de basisinspanning waaraan rioolstelsels moeten voldoen, moet de vuilemissie via overstortingen op het oppervlaktewater worden teruggedrongen. Een van de ter beschikking staande mogelijkheden is het plaatsen van bergbezinktanks achter overstorten. In het beheersgebied van Hollands Noorderkwartier worden optimalisatiestudies uitgevoerd, waarbij de riolering en de zuivering in hun onderlinge samenhang worden bekeken en op elkaar worden afgestemd. Als uitvloeisel van de studies is door de gemeente Castricum een grote bergbezinktank gebouwd die in de tweede helft van 2000 in gebruik is genomen. De bergbezinktank lost op oppervlaktewater met een veedrenkfunctie. Dit is mede een reden om extra maatregelen te treffen in het kader van het waterkwaliteitsspoor.

In Limmen deed zich een uitgelezen mogelijkheid voor om een pilotproject op te starten vanwege het gegeven dat de bergbezinktank uit twee volkomen identieke compartimenten bestaat. Door één van beide compartiment uit te rusten met een opwaarts doorstroomde kokerafscheider (counter-current tube settler) wordt een ideale mogelijkheid gecreëerd om vergelijkende proeven uit te voeren. Lamellen in de vorm van plaatafscheiders of kokerafscheiders worden veelvuldig gebruikt in de drink- en afvalwaterzuivering. De praktijkproef in Limmen moet uitwijzen of het inbouwen van kokerafscheiders in bergbezinktanks een extra reductie van de vuiluitworp teweegbrengt.

Voordat lamellen algemeen gebruikt kunnen worden in bergbezinktanks moet worden onderzocht hoe groot het effect van de lamellen op de vuilemissie is, of er problemen zijn met verstopping en vervuiling en hoe die kunnen worden voorkomen. Uiteindelijk moet dit uitmonden in het opstellen van ontwerpregels voor het toepassen van lamellen in bergbezinktanks.

In de oorspronkelijke opzet van het project was voorzien in het volledig meten en bemonsteren van 9 overstortingen.

### 1.3 DOEL VAN HET ONDERZOEK

Het plaatsen van lamellen in de tank kan het effect van bezinking aanmerkelijk vergroten. De verwachting is dat in de toekomst lamellen op meerdere plaatsen zullen worden toegepast. Lamellen kunnen enerzijds worden ingezet bij bestaande tanks met een te grote emissie.



Anderzijds zijn lamellen mogelijk interessant bij nieuwe tanks op locaties waar de ruimte beperkt is, zodat met een kleinere tank toch een voldoende emissiereductie wordt bereikt. De afweging die daartoe moet worden gemaakt is of het verhogen van het rendement door bezinking opweegt tegen het lagere rendement door berging. Bij optimalisatiestudies blijkt de verblijftijd bij het creëren van extra berging in bergbezinktanks vaak kritisch te zijn. Door het effect van bezinking te vergroten kunnen de verblijftijden worden verkleind.

Lamellen worden met succes toegepast in onder andere bezinktanks van industriële waterzuiveringsinrichtingen. Toepassingen voor overstortend rioolwater zijn tot nu toe beperkt gebleven vanwege de grote variatie in belasting (zowel in debiet als in kwaliteit) en de kans op verstoppingen en vervuiling. Het gevaar bestaat dat de lamellen verstopt raken door grote drijvende of zwevende voorwerpen. Daarnaast kan vuil, als het na een overstorting blijft liggen, bij een volgende overstorting worden opgewoeld en uitgespoeld. Om dit te voorkomen kunnen spoelsystemen worden ingezet. Voordat lamellen algemeen gebruikt kunnen worden in bergbezinktanks dient een aantal vragen te worden beantwoord:

- Wat is het effect van de lamellen op de vuilemissie?
- Kunnen op grond van de resultaten ontwerpregels worden opgesteld?
- Zijn er problemen met verstopping en vervuiling?
- Hoe zouden mogelijke problemen met verstopping en vervuiling kunnen worden voorkomen?

Het doel van het onderzoeksproject is:

- Onderzoek naar het effect van het plaatsen van een lamellenpakket op de emissiereductie van een bergbezinkvoorziening;
- Het vaststellen van een mogelijke relatie tussen troebelheid en andere vuilparameters;
- Het afleiden van ontwerpregels voor bergbezinktanks met lamellen;
- Het vaststellen van onderhoudsaspecten.

# 2

## LAMELLEN IN BERGBEZINKBASSINS

### THEORIE

#### 2.1 INLEIDING

Een lamellenpakket of kokerpakket in een bergbezinkbassin creëert een groter bezinkoppervlak zodat meer bezinkbare deeltjes kunnen bezinken. Dit betekent dat het functioneren van een bassin kan worden verbeterd of dat met een kleiner bassin kan worden volstaan.

In dit hoofdstuk wordt een methode beschreven waarmee het effect van lamellen kan worden berekend. De volgende onderdelen worden behandeld:

- Stroming en bezinking tussen lamellen
- Continue of variabele belasting;
- Berging en/of bezinking;
- Rekenmethode voor beoordelen effect;
- Voorbeeldberekening;
- Verwachting kokerafscidders in Limmen.

#### 2.2 STROMING EN BEZINKING TUSSEN LAMELLEN

Lamellen creëren een groter bezinkoppervlak. Dit komt overeen met een reductie van de valhoogte, namelijk van maximaal de bassindiepte zonder lamellen tot maximaal de verticale afstand tussen twee lamellen. Bij een kleinere valhoogte kan vuil bij gelijke stroomsnelheden eerder bezinken.

Onder ideale stromingscondities (geen turbulentie en uniforme stroming) bezinken alle deeltjes met een valsnelheid ( $v_s$ ) die groter is dan de oppervlaktebelasting ( $s_o$ ).

$$s_o = Q/A$$

waarin:

$s_o$  = oppervlaktebelasting in m/h

$Q$  = het debiet in m<sup>3</sup>/h

$A$  = het horizontaal geprojecteerde tankoppervlak in m<sup>2</sup> = lengte  $L$  x breedte  $B$

De oppervlaktebelasting kan gezien worden als het volume water waarmee het horizontale tankoppervlak (het oppervlak van de bodem) per tijdseenheid wordt belast. De oppervlaktebelasting is ook te schrijven als functie van de valhoogte ( $h$ ) en het Volume ( $V$ ):

$$s_o = Q \cdot h / V$$

waaruit volgt dat indien door lamellen de valhoogte afneemt (of het bezinkoppervlak toeneemt) de oppervlaktebelasting evenredig afneemt. Deeltjes met een kleinere valsnelheid bezinken afhankelijk van de afstand tot de bodem bij binnenkomst in de bezinkzone. Van de deeltjes met een valsnelheid  $v_s$  kleiner dan de oppervlaktebelasting bezinkt het deel  $v_s/s_o$ .

Een verdubbeling van het bezinkoppervlak, leidt tot een halvering van de oppervlaktebelasting en kan daarmee tot een verdubbeling van het bezinkrendement leiden.

Turbulentie en opwoeling kunnen de bezinking hinderen. Tussen de lamellen zal de turbulentie minder zijn dan in de rest van het bassin doordat de hydraulische straal (R) aanzienlijk kleiner is.

$$R = b \cdot h / (b + 2h) \text{ voor bassins}$$

$$R = b \cdot h / (2 \cdot (b + h)) \text{ voor lamellen of kokerafscheiders}$$

De turbulentiegraad wordt weergegeven door het Reynoldsgetal:

$$Re = u \cdot R / \nu$$

met u is de horizontale stroomsnelheid en  $\nu$  is de viscositeit.

Of tussen de lamellen de turbulentie zo laag wordt dat deze geen invloed meer heeft hangt af van de omvang van het lamellenpakket en de belasting. Of de stromings-condities werkelijk ideaal zijn voor bezinking hangt af van de belasting en de configuratie.

In bergbezinkbassins is bezinking te bepalen met de grafiek volgens Camp of de formule van Kluck [lit]

$$R_{\text{bez}} = 1 - e^{\left(-1,22 \frac{v_s}{v_0}\right)^{1,16}}$$

Hierin is het effect van turbulentie op de bezinking in rekening gebracht.

Een voorzichtige aanname is het rendement in de lamellen ook met Kluck of Camp te bepalen. Overigens is bij voldoende grote oppervlakken in het lamellenpakket de oppervlaktebelasting zo laag dat voor beide berekeningsmethoden het rendement circa 100% is. Het berekenen van het rendement voor lamellen op dezelfde wijze als voor een bassin geeft daarmee mogelijk een te lage schatting van het rendement.

Lamellen worden over het algemeen in de buurt van de externe overstort geplaatst, zodat zoveel mogelijk vuil in het gedeelte van het bassin tussen de interne overstort en de lamellen kan bezinken.

Voor de bepaling van het rendement in bassin en lamellen wordt uitgegaan van twee achter elkaar geschakelde processen, waarbij eerst het rendement van het bassin wordt berekend en daarna het rendement van de lamellen. Bij binnenkomst in het lamellenpakket worden de niet bezonken deeltjes verondersteld weer over de gehele hoogte te zijn verspreid.

$$R_{\text{tot}} = 1 - (1 - R_{\text{bassin}}) \cdot (1 - R_{\text{lamellen}})$$

*Zo resulteert een verhouding van  $v/s_0 = 0.7$  in het gedeelte van het bassin zonder lamellen in een rendement van 55%. Indien tussen de lamellen 70% van de resterende bezinkbare deeltjes bezinkt wordt het rendement van het bassin met lamellen  $100 - (100 - 55) \cdot (100 - 70) = 87\%$ . Hier wordt met 'rendement' bedoeld het deel dat bezinkt van de deeltjes met de gegeven bezinksnelheid.*

Bovenstaande rendementen gelden voor deeltjes met een gegeven valsnelheid. In het algemeen wordt een waarde aangenomen voor de valsnelheid en een bezinkbare fractie. De niet bezinkbare fractie wordt vanzelfsprekend niet door bezinking tegengehouden.

### 2.3 VARIABELE BELASTING

Het beoordelen van het functioneren van bergbezinkvoorzieningen gebeurt veelal op basis van een gekozen continue belasting. Dit is een eenvoudige aanpak die niet altijd geschikt is. Met name voor de beoordeling van het daadwerkelijk functioneren van lamellen en ook voor het beoordelen van het effect van het toevoegen van lamellen aan een bassin is een continue

belasting niet geschikt. Veranderingen in het debiet hebben een direct en indirect effect op de bezinking. Ten eerste leidt een ander debiet direct in een andere oppervlaktebelasting. Een lastiger punt is dat niet alleen het momentane debiet het rendement door bezinking bepaalt. Het is juist het verloop van de debieten over de periode dat een vuildeeltje zich in de voorziening bevindt, dat het rendement bepaalt. De gemiddelde oppervlaktebelasting is van belang. Zo zal, indien na het vullen de aanvoer een tijd stopt, vuil kunnen bezinken (of gedeeltelijk omlaag zakken). Indien even later weer water door het bassin stroomt, zal minder vuil via de overstort het bassin verlaten dan wanneer het water niet heeft stilgestaan.

Dit is te verrekenen door het rendement te bepalen met de verblijftijdmethode. De oppervlaktebelasting is dan bepaald met

$$S_o = Q/A = Q \cdot h / (A \cdot h) = Q \cdot h / V = h/T$$

Hierin is  $h$  de afstand tot de bodem is, en  $T$  de verblijftijd van een pakketje water in het bassin of tussen de lamellen. Het gaat hierbij niet om de gemiddelde verblijftijd van al het water in het bassin, maar om een in de tijd variërende verblijftijd. Deze kan voor een reeks berekening of op basis van meetgegevens eenvoudig per tijdstap worden afgeleid uit het verloop van de debieten.

Hiermee kan het rendement (voor deeltjes met een valsnelheid  $v_s$ ) worden bepaald met:

$$S_o = Q/A = Q \cdot h / (A \cdot h) = Q \cdot h / V = h/T$$

Om het goed te doen moet de verblijftijd in het deel van het bassin voor de lamellen en de verblijftijd tussen de lamellen worden bepaald. Op basis daarvan worden de rendementen in beide delen bepaald en daarmee de totale reductie van het bezinkbare materiaal. Dit kan een interessante exercitie zijn om eens door te rekenen, maar mogelijk niet de moeite waard gezien allerlei onzekerheden t.a.v. debieten, concentraties en bezinkbare vrachten.

Door het grote bezinkbare oppervlak kunnen lamellen zeer effectief zijn en praktisch de gehele bezinkbare fractie tegenhouden. Het gevaar van een te eenvoudige rekenmethode (stationaire belasting) schuilt er echter in dat de belasting wordt overschat en zo het rendement zonder lamellen wordt onderschat. Dit maakt dat het toevoegen van lamellen eerder zinvol lijkt. Ook indien vergeten wordt dat bij het begin van de lamellen de nog niet bezonken deeltjes zich in feite weer over de gehele hoogte van de lamellen verspreiden geeft een te hoge verwachting van lamellen. Dit laatste is overigens niet relevant indien zoveel lamellen worden toegevoegd dat een verwijderingsrendement van 100% wordt verwacht.

## 2.4 REKENMETHODE

Voor afweging tussen berging en bezinking is kennis over de samenstelling van het overstortende rioolwater van belang. Doordat de samenstelling van overstortend riool water niet goed bekend is en doordat niet goed bekend is wat de relevante eisen zijn voor het functioneren van een bassin is het niet goed mogelijk zonder meer te zeggen dat een  $x\%$  reductie van de inhoud van een bergbezinkbassin kan worden gecompenseerd door een verhoging van het bezinkrendement met  $y\%$ .

Het probleem hierbij is dat de bezinkbare fractie en valsnelheden niet bekend zijn, zodat niet duidelijk is in welke mate het verhogen van het bezinkoppervlak het rendement verhoogt.

De niet-bezinkbare fractie wordt vanzelfsprekend niet door bezinking tegengehouden en alleen door berging (wat er na afloop in het bassin achterblijft). Een kleiner bassin met lamellen zal van de niet-bezinkbare fractie daarom minder tegenhouden.

Voor de afweging is een reeksberekening nodig, waarbij de totale emissie uit een bassin wordt bepaald. Voor de bepaling van het effect van bezinking is de hierboven beschreven verblijftijdmethode toegepast:

- Voor elk volume water dat per tijdstap het bassin verlaat is de verblijftijd bepaald aan de hand van de ervoor opgetreden debieten.
- De concentratiereductie door bezinking voor bezinkbare deeltjes met een valsnelheid  $v_s$  in dat pakketje water volgt uit
- Uitgaande van die valsnelheid en een bezinkbare fractie ( $f$ ) volgt de uitstroomconcentratie uit:  $c_{uit} = c_{in} (1-f \times R_{verw})$
- De uitgestroomde vracht volgt uit vermenigvuldiging met de tijdstap en het debiet  

$$L_{uit} = c_{uit} \times Q \times dt$$
- Op basis van de totale reeks volgt het totaalrendement en het gewogen gemiddelde verwijderingsrendement.

Punten van kritiek zijn de aannames voor de maatgevende bezinksnelheden en bezinkbare fractie. Een gevoeligheidsanalyse is nodig om hier een goede keuze in te kunnen maken. Daarnaast zou onderzoek (meetprojecten) moeten worden verricht naar voorkomende bezinksnelheden in relatie tot verschillende vuilparameters.

## 2.5 VOORBEELDONTWERP VAN BERGBEZINKBASSIN MET LAMELLEN

Om te kunnen oordelen over het toepassen van lamellen, is inzicht in het effect van de lamellen nodig. Als voorbeeld is hier uitgewerkt de situatie waarin de afweging wordt gemaakt tussen een bassin van 2 mm en een bassin van 1 mm met lamellen.

### MODELLERING

Met een reeksberekening is de vuilemissie vanuit een bassin van 2 mm achter een stelsel van 7 mm en een poc van 0.7 mm/h bepaald. De belasting naar het bassin is niet beperkt door krappe aanvoerleidingen. Ook is in het model geen vertraging door stroming door het rioolstelsel meegenomen. De berekende belastingen zijn daarmee mogelijk groter dan in de praktijk.

Overige uitgangspunten:

- Reeksberekening de Bilt 1955-1975
- Constante instroomconcentratie 50 mg BZV/l
- Bassin 2 of 1 mm
- Bassin 2 m diep → oppervlak 10 m<sup>2</sup>/ha
- Valsnelheid 5 m/h
- Bezinkbare fractie is 0.8

Per tijdstap is het debiet berekend waarmee het bassin wordt belast. Voor verschillende bezinkbare fracties, valsnelheden is de bezinking in de bassins van 2 en 1 mm bepaald bij een aantal vergroting van de bezinkoppervlakken. Daarvoor is de in paragraaf 2.4 beschreven methode toegepast.

**RESULTATEN VUILEMISIEBEREKENINGEN**

Tabel 2.1 toont de vuilemissies voor enerzijds een referentie bergbezinkbassin van 2 mm zonder lamellen en anderzijds de vuilemissies uit half zo groot bassin met verschillende niveaus van oppervlaktevergroting.

TABEL 2.1

VERGELIJKING VUILEMISIE UIT BASSINS VAN 2 RESP. 1 MM MET LAMELLEN.  $S_0 = 5$  M/H, BEZINKBARE FRACTIE 0.8

Variant	B mm	Bezink opp. m <sup>2</sup> /ha	R <sub>bez</sub> %	R <sub>tot</sub> %	Volume geloosd mm/j	Vuilemissie kg BZV/ha/j
Referentie 2 mm	2	10	44	63	37,7	10,5
1 mm, geen lamellen	1	5	30	44	44,1	15,3
1 mm+lamellen, 10 m <sup>2</sup> /ha	1	10	39	50	44,1	13,5
1 mm + lamellen, 15 m <sup>2</sup> /ha	1	15	44	55	44,1	12,3
1 mm+ lamellen, 30 m <sup>2</sup> /ha	1	30	53	62	44,1	10,4
1 mm+ lamellen, 60 m <sup>2</sup> /ha	1	60	57	66	44,1	9,4

De tabel toont in de 3<sup>e</sup> kolom het bezinkoppervlak (bassin zelf en lamellen). De 5<sup>e</sup> kolom toont het totaalrendement. Het bezinkrendement (4<sup>e</sup> kolom) toont de gemiddelde afname van de influentconcentratie door bezinking.

Uit de kleinere bassins stort vanzelfsprekend meer water over (mm/jr). Om daar voor te compenseren (vuilemissie in laatste kolom) is een vergroting van het bezinkoppervlak nodig. Een vergroting tot 15 m<sup>2</sup>/ha is niet voldoende. Pas bij een vergroting tot 300% is de gemiddelde jaaremisse gelijk. Dit geldt voor het doorgerekende voorbeeld met een valsnelheid van 5 m/h en een bezinkbare fractie van 0.8. Voor andere waarden voor de valsnelheid en bezinkbare fractie gelden andere resultaten.

Bovenstaande berekening geldt voor een standaardstelsel zonder vertragingseffecten met een enkele overstort. Voor stelsels met meerdere overstorten en mogelijk bij hevige neerslag beperkte afvoercapaciteiten richting een bassin kunnen de resultaten anders uitpakken.

Met geaccepteerde waarden voor de bezinkbare fracties en valsnelheden kan met een soortgelijke berekening worden bepaald met welke combinatie van berging en bezinking een even goede voorziening wordt verkregen als in een standaard voorziening.

Voor opgeloste stoffen is een kleinere voorziening vanzelfsprekend minder gunstig.

In de voorbeeldberekening zijn positieve effecten t.g.v. een kleinere turbulentiegraad niet meegenomen.

$$Re = u \cdot R / \nu$$

$$R = b \cdot h / (b + 2h)$$

In lamellen is h veel kleiner, dus is er minder turbulentie. Mogelijk geldt bij  $v_s = s_0$  dat  $R = 100\%$  i.p.v. circa 70%. Het effect in een lamellenpakket is daarmee mogelijk nog wat gunstiger dan hier berekend.

# 3

## MEETLOCATIE

De bergbezinktank is gelegen aan de Oosterzijdeweg aan de oostrand van Limmen. De tank loost op de Laandervaart die in verbinding staat met de Die. Deze vaart wordt gevoed met oppervlaktewater uit de duinzijde van Limmen en afgekoppeld dakwater van het nieuw aangelegde bedrijventerrein.

De bergbezinktank is aangesloten op het gemengd rioolstelsel van Limmen met een afvoerend oppervlak van 44,7 hectare en een onderdrempelberging van 6,7 millimeter. De belangrijkste kenmerken van het stelsel van Limmen staan vermeld in tabel 3.1.

TABEL 3.1 KENMERKEN RIOOLSTELSEL LIMMEN

Afvoerend oppervlak	44,7	ha	
Pompoevercapaciteit	0,36	mm/h	(160 m <sup>3</sup> /h)
Onderdrempelberging	6,7	mm	zonder tank (= 3000 m <sup>3</sup> )
Onderdrempelberging	11,4	mm	met tank (=5100 m <sup>3</sup> )
o.f. volgens reeksberekening	16		zonder tank
o.f. volgens reeksberekening	6		met tank

Het geheel bestaat uit een rioolgemaal met direct daaraan gekoppeld de bergbezinktank, Het bezinkgedeelte bestaat

De tank is geïntegreerd met het rioolgemaal met een pompoevercapaciteit van 0,36 millimeter per uur. Beide onderdelen zijn gescheiden door een interne overstortrand. De boden van het rioolgemaal ligt op -5,50 m NAP. Het rioolgemaal heeft een lengte van 2,80 m, een breedte van 9,80 m en een nuttige diepte van 4,40 m. De inhoud van het gemaal is bij volledige vulling 120 m<sup>3</sup>.

Het bezinkgedeelte bestaat uit twee identieke compartimenten met elk een lengte van 67 m en een breedte van 5 m. De tank heeft een hellende bodem die verloopt van -3,90 m NAP aan de instroomzijde naar -3,30 m NAP aan de uitstroomzijde. Aan de instroomzijde komt het water beide compartimenten binnen via een gemeenschappelijke interne drempel waarvan de bovenkant op -1,10 m NAP ligt. Aan de uitstroomzijde verlaat het water beide compartimenten via een externe drempel met een kruin op -0,60 m NAP.

Aan de instroomzijde is de tank 3,30 m diep en bij de externe drempel aan de uitstroomzijde is de diepte 2,70 m. De tank heeft een gemiddelde diepte van 3,00 m. De inhoud van de tank inclusief het gemaal is 2100 m<sup>3</sup>.

Het uitstromende water van beide compartimenten wordt verzameld in een effluentleiding die uitmondt in het oppervlaktewater vlak naast de tank.

De tank ligt geheel onder het maaiveld, behalve aan de uitstroomzijde waar de tank gedeeltelijk in het talud van de sloot ligt waarop wordt geloosd.

Vlak naast de tank is gedurende het onderzoek een meetcontainer geplaatst die dienst doet als opslagruimte voor o.a. meetapparatuur en de bemonsteringskast voor het influent.

De belangrijkste kenmerken van de bergbezinktank zijn vermeld in tabel 3.2.

TABEL 3.2 KENMERKEN BERGBEZINKTANK LIMMEN

Netto lengte	67,0	m	tussen de overstorten
Netto breedte	2 x 5,0	m	twee evenwijdige compartimenten
Gemiddelde diepte	3,00	m	aflopend van 3,30 m naar 2,70 m
Drempelhoogte	-1,10	mNAP	intern
Drempelhoogte	-0,60	mNAP	extern
Netto inhoud	2.000	m <sup>3</sup>	zonder het gemaal

Beide externe overstorten zijn voorzien van een scherpkantige plaat over de hele breedte van de tank die fungeert als meetschot ter bepaling van de hoogte van de overstortende straal. Met behulp van een afvoerformule voor scherpkantige rechthoekige overlaten kan uit de overstorthoogte het effluentdebiet worden berekend. De afvoerformule is bepaald door middel van een kalibratie van de overstort. De kalibratieprocedure is uitvoerig beschreven in een artikel in Rioleringswetenschap (Veldkamp *et al*, 2001). Aan het kunnen berekenen van het juiste debiet wordt veel waarde gehecht omdat de berekening van het rendement wordt opgehangen aan de in- en uitgaande vuilvrachten. Voor een betrouwbare berekening van de vuilvrachten moeten de in- en uitgaande debieten bekend zijn.



## 4

## KOKERAFSCHEIDER

De kokerafscheider is over de hele breedte in het achterste gedeelte van het linkercompartiment aangebracht (figuur 4.1). Er is gekozen voor het type Tubedek FS41.50, uitgevoerd in polypropyleen. Het geheel is samengesteld uit modules van 1,0 x 1,0 x 1,5 m. Dit type afscheider heeft een V-vormig kokerprofiel, 130 mm breed en 44 mm hoog. Een dergelijk profiel heeft gunstige hydraulische eigenschappen, o.a. een kleine hydraulische straal.

FIGUUR 4.1

DE PAS GEMONTEERDE KOKERAFSCHEIDER IN EEN NOG LEGE TANK



Er is circa 30 m<sup>3</sup> toegevoegd, met een geprojecteerd bezinkoppervlak van 325 m<sup>2</sup> bij een hoek van 60°. Dit geeft ongeveer een verdubbeling van het bezinkoppervlak in het linkercompartiment.

Op voorstel van de leverancier zijn de kokerafscheiders scharnierend opgehangen. Bij lediging van de tank draaien de modules in een verticale positie wat extra zekerheid geeft voor het afvoeren van bezonken slib, al is dit bij de gebruikelijke hellingshoek van 60° niet echt nodig gebleken (figuur 4.2). Bij een volledig gevuld bassin zorgen drijflichamen voor het opdrijven van de modules tot een hoek van 60°. Het achterste pakket van de kokerafscheider is uitgerust met een plaatstalen schot over de hele breedte van de tank. Zolang de tank leeg is staat het schot in een horizontale positie. Door het opdrijven van het pakket draait het schot in een verticale stand en sluit de doorgang tussen kokerafscheider en tankbodem volledig af om op die manier het water door de afscheider te forceren (figuur 4.3). Een duikschot voor de externe drempel voorkomt door drijfvuil met het effluent wordt meegevoerd. Het schot klapt bij lediging weg, zodat de vloedgolf van het spoelsysteem vrije doorgang heeft en al het gesedimenteerde slib af kan voeren.

Het is voor de werking van de bergbezinktank van het grootste belang dat bij het vullen van de tank de kokerafscheider ook daadwerkelijk in de juiste positie komt te hangen en dat kortsluitstroming van de invoer naar de externe overstort onderlangs de afscheider wordt voorkomen door het schot. Omdat het visueel waarnemen van de juiste posities niet mogelijk is, wordt dit gecontroleerd met behulp van vlotterchakelaars.

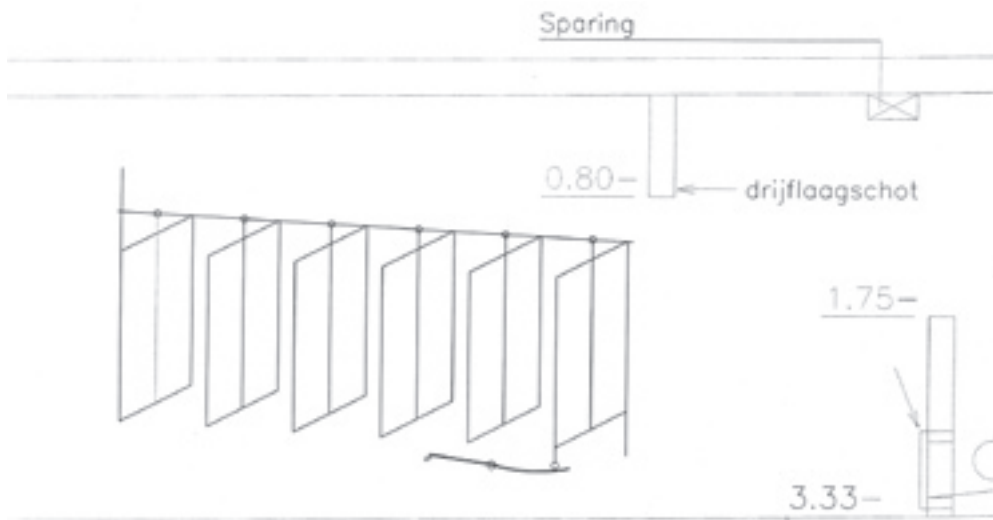
De vlotterschakelaar voor de lamellen is bevestigd aan de hulpdrijver, die de pakketten helpt in de juiste stand te brengen tijdens het vullen van het bassin.

Zolang de drijver mee opdrijft met het stijgende niveau, wordt geen inschakelsignaal afgegeven (waarde 0 in datalogger). Pas als de drijver stagneert of als het waterpeil veel hoger komt dan de beoogde stand van de lamellen, geeft de vlotter een inschakelsignaal (waarde 1 in datalogger).

De vlotterschakelaar voor het stroomgeleidingsschot staat bij een lege tank in de horizontale positie als gemaakt contact (waarde 1 in datalogger). Als de lamellen in gekantelde positie draaien wordt het schot gelijktijdig in de verticale (gesloten) positie gedraaid en wordt het maakcontact van de vlotterschakelaar verbroken (waarde 0 in datalogger).

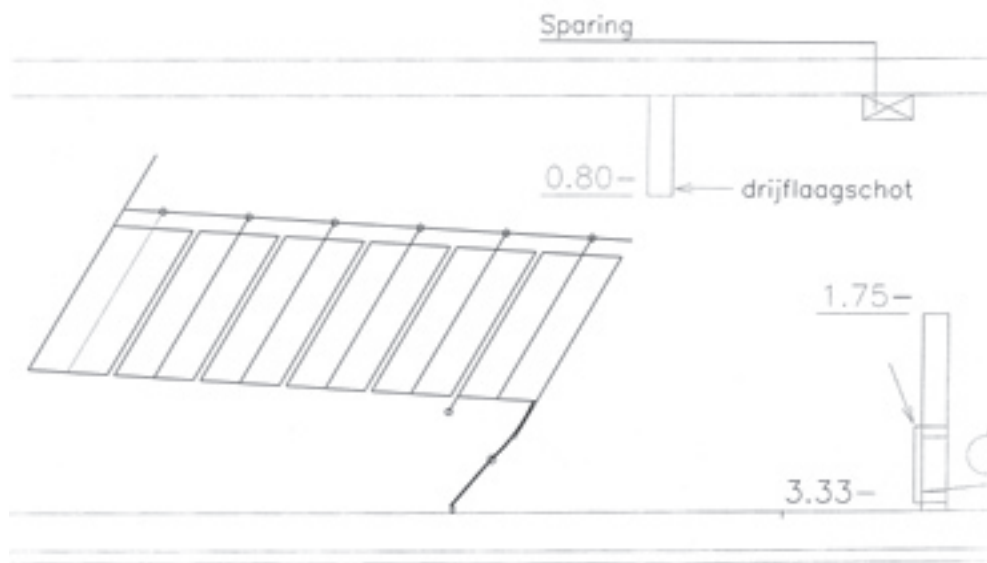
FIGUUR 4.2

DE KOKERAFSCHEIDER IN VERTICALE POSITIE IN EEN LEGE TANK; HET SCHOT ONDER DE AFSCHEIDER IS IN HORIZONTALE POSITIE GEKANTELD



FIGUUR 4.3

DE KOKERAFSCHEIDER IN GEKANTELDE POSITIE BIJ EEN GEVULDE TANK; HET SCHOT ONDER DE AFSCHEIDER IS IN VERTICALE POSITIE GEKANTELD OM KORTSLUITSTROMING TE VERHINDEREN



# 5

## MEETOPSTELLING

Het effect op de waterkwaliteit wil Hollands Noorderkwartier beoordelen op basis van vuilvrachten. Om die te kunnen berekenen moeten debieten en vuilconcentraties worden bepaald. Alleen die gebeurtenissen die hebben geleid tot een externe overstorting zijn volledig uitgewerkt. Hieruit wordt de effectiviteit van de kokerafscheider beoordeeld.

De volgende parameters worden gemeten:

- De neerslag
- Het waterniveau in de tank
- Het waterniveau bij de externe overstortranden
- De troebelheid van de aanvoer en van de afvoer van beide compartimenten
- Chemisch zuurstofverbruik (CZV), zwevende stofgehalte, Kjeldahlstikstof en chloride van de aanvoer en van de afvoer van beide compartimenten m.b.v. steekmonsters

### 5.1 NIVEAUMETING

Ten behoeve van de berekening van het instromende en uitstromende debiet zijn drie niveaumeters in de tank gemonteerd. Aan de instroomzijde is op de tankbodem een niveaumeter geplaatst om tijdens het vullen van de tank de waterhoogte te meten. Het nulpunt van deze niveaumeter is ingesteld op -3.82 NAP. Uit de stijging van de waterspiegel kan het toevoerdebiet worden berekend tot het moment dat de tank begint over te storten via de externe drempel. Vanaf dat moment wordt het toevoerdebiet bepaald door de som van beide externe overstortingsdebieten.

De andere niveaumeters zijn voor de externe overstortdrempels gemonteerd en meten het waterniveau in een bereik vanaf ca. 0,60 m onder de kruin tot ruim boven de kruin. Het nulpunt van de meter in het compartiment met kokerafscheider ligt op 663 mm onder de kruin, het nulpunt van de andere meter ligt op 670 mm onder de kruin. Uit de niveaumeting kan de overstorthoogte worden afgeleid.

De overstortingsdebieten kunnen worden berekend uit de overstorthoogtes middels een afvoerformule die in algemene vorm luidt:

$$Q = a \times H^b$$

waarin

Q = lozingsdebiet in m<sup>3</sup>/s

H = overstorthoogte in m

a, b = coëfficiënten, te bepalen d.m.v. kalibratie van de overstortdrempel

De overstortdrempels zijn niet als een standaard meetschot uitgevoerd. Een theoretische

afvoerformule is dus niet zonder meer te gebruiken. De te gebruiken afvoerformule is door middel van een in situ-kalibratie bepaald (Veldkamp, 2001):

$$Q = 1,68 B h^{1,43}.$$

Het meetsignaal van 4-20mA signaal wordt direct naar de PLC in de meetcontainer gezonden. De PLC zal dit omrekenen naar mm overstorthoogte en d.m.v. de overstortformule omrekenen naar een debiet.

De waterstanden worden elke 5 minuten opgeslagen in een datalogger.

## 5.2 METING TROEBELHEID

Uit andere onderzoeken is gebleken dat de variaties van vuilparameters vooral aan het begin van een bui groot zijn, mede als gevolg van de zogeheten first foul flush (Veldkamp, 2002). Daarom is besloten om naast het trekken van monsters een continue meting uit te voeren op een parameter die nauw verwant is aan vervuiling, nl. de troebelheid. Aanvullend op de bemonstering wordt continu de troebelheid van het binnenkomende en overstortende water gemeten. Het vinden van een mogelijke relatie tussen de troebelheid en de andere vuilparameters vormt een deel van het onderzoek.

De troebelheidsensor aan de instroomzijde (sensor intern) is vlak voor de interne overstort gemonteerd, ongeveer 30 cm onder de rand. De beide andere sensoren zijn vlak voor de externe overstortdrempels gemonteerd (sensor extern).

De sensor intern wordt pas ingeschakeld als het aanvoerdebiet boven een grenswaarde van 10 m<sup>3</sup>/h uitstijgt. Omdat het aanvoerdebiet wordt berekend aan de hand van de stijging van het waterniveau in de tank is de sensor dus altijd ondergedompeld als hij wordt ingeschakeld. Zolang het niveau in de tank stijgt blijft de troebelheidsensor actief. Wanneer de toevoer naar de bergbezinktank stopt meet de sensor nog enige tijd door. Deze naschakeltijd was voor de eerste twee overstortingen 15 minuten en is per 4 september 2001 ingesteld op 60 minuten. Bij een geringe stijging van het waterniveau in de tank wordt de troebelheidsensor bij de interne overstort opnieuw actief met dezelfde naschakeltijd.

De troebelheidsensoren aan de uitstroomzijde worden ingeschakeld vlak voordat de externe overstort aanspringt en zijn actief zolang er water overstort. De naschakeltijd is dezelfde als voor de sensor aan de instroomzijde.

De troebelheidmetingen worden elke 5 minuten opgeslagen in een datalogger.

## 5.3 BEMONSTERING

Met betrekking tot de monsternamen wordt als uitgangspunt aangenomen dat beide compartimenten met hetzelfde water worden gevoed. Dit betekent dat er op drie plaatsen wordt bemonsterd, namelijk in de gemeenschappelijke toevoer en in de beide effluenten. De bemonstering wordt aangestuurd door de PLC en vindt plaats na het passeren van een ingeprogrammeerde reeks volumes die via de overstortdrempels zijn aan- resp. afgevoerd. De monsters worden genomen nadat de volgende cumulatieve reeks volumes in m<sup>3</sup> via de interne resp. de externe overstort is gepasseerd: 100 – 300 – 500 – 1000 – 1500 – 2000 – 2500 – 3000 – 4000 – enz.

De tijdstippen van monsternamen worden in de datalogger vastgelegd.

#### 5.4 CHEMISCHE ANALYSES

In de startfase van het onderzoek is besloten om alleen die buien te analyseren die hebben geleid tot een externe overstorting. De monsters die zijn genomen tijdens het vollopen van de tank zonder dat een externe overstorting heeft plaatsgevonden worden daarom niet geanalyseerd en kunnen na afloop van de bui worden weggegooid.

Om de analysekosten enigszins binnen de perken te houden worden de analyses beperkt tot het CZV, het gehalte aan onopgeloste bestanddelen, Kjeldahlstikstof en chloride.

De analyses worden uitgevoerd conform de NEN voorschriften; CZV volgens NEN 6633 en onopgeloste bestanddelen volgens NEN 6621.

#### 5.5 MEETAPPARATUUR

##### **DRUKOPNEMERS:**

De niveaumeting in de ontvangstkelder van het rioolgemaal:

VEGA typenummer: D 86 keramische opnemer

Meetbereik: 0-5 meter

Meetsignaal: 4-20mA

De niveaumeting op de bodem van de bergbezinktank:

VEGA typenummer: D 86 keramische opnemer

Meetbereik: 0-4 meter

Meetsignaal: 4-20mA

De niveaumeting bij de twee externe overstortdrempels:

VEGA typenummer: D 86 keramische opnemer

Meetbereik: 0-1 meter

Meetsignaal: 4-20mA

De meters komen op 100 cm afstand van de overstortdrempel.

##### **BEMONSTERINGSAPPARATUUR:**

De bemonsteringsapparaten zijn van het type Vegamon 98 SP1

Gekoeld tot 4 °C. Inclusief carrousel van 24 flessen.

Roestvrijstalen geïsoleerde kast.

Aanzuighoogte 10 m.

##### **TROEBELHEIDSMETERS:**

Type: Inven

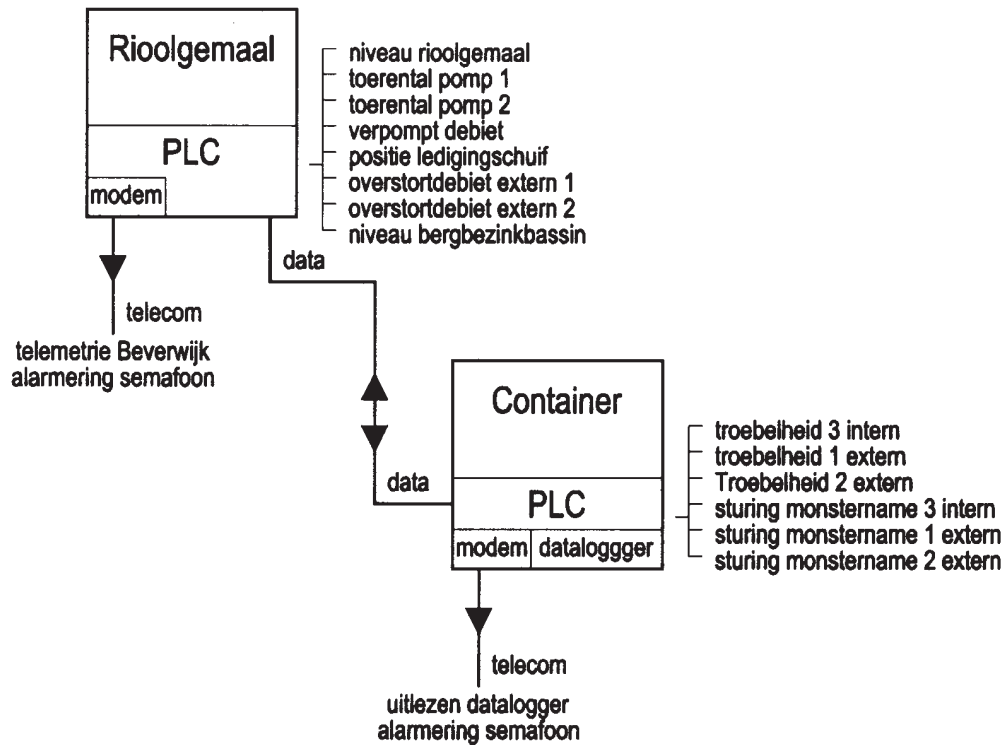
Meetbereik: 0 tot 500 NTU

Meetsignaal: 4 tot 20 mA

#### 5.6 AUTOMATISERINGSAPPARATUUR

De automatiseringsapparatuur bestaat uit de huidige rioolgemaalinstallatie gekoppeld aan een tweede PLC-installatie. Deze PLC-installatie is samen met de monsternamen-apparatuur ondergebracht in een container. De twee installaties communiceren met elkaar via een seriële verbinding. Datalogging vindt plaats in de container d.m.v. een seriële datalogger aangesloten op de PLC. De datalogger kan via een modem worden uitgelezen. Alarmering vindt in beide installaties plaats door gedetailleerde storingsteksten naar een semascript te zenden.

## OVERZICHT AUTOMATISERINGSAPPARATUUR



## 5.7 DATALOGGING

De meetgegevens worden opgeslagen in een seriële datalogger aangesloten op de printerpoort van de PLC in de container. De gegevens zijn in ASCII formaat en kunnen zonder bewerking in Excell worden ingelezen. Het uitlezen van de datalogger kan op afstand via een modem en het softwarepakket Procomm+. Het uitlezen zal door Uitwaterende Sluizen worden verzorgd.

De gelogde gegevens bestaan uit gemiddelde waarden van secundemetingen per tijdstap. Tijdens normaal bedrijf van het rioolgemaal, bergbezinktank leeg, wordt de gegevens per tijdstap van 1 uur opgeslagen. Dit om de werking van de installatie te kunnen blijven controleren. Wanneer het niveau in de pompenput het peil bereikt waarbij de spoelreservoirs vullen zal het opslaan per tijdstap van 5 minuten plaatsvinden, totdat beide spoelingen tijdens het ledigen van het bassin zijn uitgevoerd.

Onderstaande meetgegevens en berekende waarden zullen met de datalogger worden vastgelegd.

Maximaal kunnen 18 variabelen worden gelogd.

- datum  
00-10-27 jj-mm-dd
- tijd  
09-45-00 uu-mm-ss
- meting: troebelheid 3 intern  
plaats: pompenput  
bereik: 0-500 mg/l
- meting: troebelheid 1 extern  
plaats: spoelreservoir 1

- bereik: 0-500 mg/l
5. meting: troebelheid 2 extern  
plaats: spoelreservoir 2  
bereik: 0-500 mg/l
  6. meting: niveau 3 intern  
plaats: bergbezinkbassin, achter interne overstort  
bereik: 0-4000mm
  7. meting: niveau 1 extern  
plaats: bergbezinkbassin, voor externe overstort 1  
bereik: 0-1000mm, overstortdrempel bevindt zich op 500mm
  8. meting: niveau 2 extern  
plaats: bergbezinkbassin, voor externe overstort 2  
bereik: 0-1000mm, overstortdrempel bevindt zich op 500mm
  9. berekend overstortdebiet intern  
wijze: berekend uit de niveaumeting in het bassin daarbij opgeteld de externe overstortdebieten.  
bereik: 0-10000 m<sup>3</sup>/h
  10. berekend overstortdebiet 1 extern  
wijze: berekend met de gekalibreerde afvoerformule
  11. bereik: 0-5000 m<sup>3</sup>/h
  12. berekend overstortdebiet 2 extern  
wijze: berekend met de gekalibreerde afvoerformule  
bereik: 0-5000 m<sup>3</sup>/h
  13. vulling bassin  
wijze: berekend uit overstortdebieten  
bereik: 0-655356 m<sup>3</sup>
  14. berekend aantal gevulde monsternamflessen  
wijze: optelling  
bereik: 0-24
  15. meting: niveau pompenput  
plaats: pompenput  
bereik: 0-100 %
  16. meting: positie ledigingsschuif  
plaats: pompenput  
bereik: 0-100 %
  17. meting: verpompt debiet  
plaats: persleiding  
bereik: 0-600 m<sup>3</sup>/h
  18. meting: frequentie pomp 1  
bereik: 0-50 Hz
  19. meting: frequentie pomp 2  
bereik: 0-50 Hz
  20. stappenprogramma bergbezinktank  
bereik: 0-13

## 5.8 STORINGEN

Onderstaande storingen kunnen optreden. Deze storingen worden met datum en tijd gepresenteerd op het display van de betreffende PLC-installatie. Tevens worden de storingen in tekst gemeld via semascript naar de storingsdienst.

Storingen uit PLC rioolgemeal

- storing niveaumeting pompenput
- storing niveaumeting bergbezinktank
- storing niveaumeting extern 1
- storing niveaumeting extern 2
- storing communicatie
- storing netvoeding

Storingen uit PLC container

- storing troebelheidmeting intern
- storing troebelheidmeting extern 1
- storing troebelheidmeting extern 2
- storing monstername intern
- storing monstername extern 1
- storing monstername extern 2
- storing communicatie
- storing netvoeding
- melding bergbezinktank in bedrijf
- melding flessen vol

## 5.9 CONTROLE MEETAPPARatuur

### VERWISSELING TROEBELHEIDSMETERS

Troebelheidsmeters zijn onderhevig aan vervuiling, ondanks de aanwezigheid van een wisser om de vensters schoon te houden. Daarom is een regelmatige controle van de troebelheidsmeters noodzakelijk.

Tijdens een controle op 27 maart 2002, middenin een lange periode waarin geen overstoringen hebben plaatsgevonden, zijn de troebelheidsmeters aan de uitstroomzijde van beide compartimenten omgewisseld en daarna niet op hun oorspronkelijke positie teruggehangen. Deze omwisseling is niet doorgegeven aan de projectleiding. Omdat er geen logboek is bijgehouden gedurende het meetproject is deze verwisseling lange tijd onopgemerkt gebleven.

Pas tijdens de overstorting op 2 januari 2003 is de omwisseling aan het licht gekomen. Een week later is de omwisseling hersteld door de draden van het uitgaande signaal van beide sensoren om te zetten.

### CORRECTIE VERWISSELING TROEBELHEIDSMETERS

Gedurende de periode van 27 maart 2002 tot en met 2 januari 2003 zijn er 5 externe overstoringen geweest (overstorting nr. 5 t/m 9), waarvan de troebelheidsmetingen aanvankelijk aan het verkeerde compartiment zijn toegeschreven.

Door het ontbreken van een logboek heeft het veel moeite gekost om 9 maanden na de omwisseling door middel van gesprekken met de bij het project betrokken personen te achterhalen wat er precies fout is gegaan.



Nadat de precieze toedracht is achterhaald zijn de oorspronkelijke loggerresultaten voor de effluenttroebelheid van bui 5 t/m bui 9 omgewisseld zodat de juiste troebelheid aan het juiste compartiment wordt toegekend. De in dit rapport vermelde resultaten zijn hierna tweemaal gecontroleerd op juistheid.

Met het corrigeren van de reeds uitgewerkte meetresultaten van de overstortingen 5 t/m 9 is veel tijd verloren gegaan.

#### **EXTRA CONTROLE**

Bij de verwerking van de meetresultaten zijn onverklaarbare verschillen tussen de signalen van beide troebelheidsmeters aan de uitstroomzijde geconstateerd.

Daartoe is een extra controle van de troebelheidsmeters uitgevoerd op 10 juni 2003. Geconstateerd is dat de meters op de juiste plaats zijn gemonteerd en goed functioneren. Voorts kwam bij deze controle naar voren dat het bassin erg vuil was, waarschijnlijk doordat bij het activeren van de spoelklep te veel water terugloopt in plaats van dat het in de kelder van het rioolgemaal terechtkomt. Dit vuil kan mogelijk een extra hoge (niet te kwantificeren) troebelheid geven bij een volgende overstort.

Beide troebelheidsmeters geven na reiniging van de vensters in troebel slootwater dezelfde waarde van 300 NTU, in schoon slootwater zijn de meetwaarden 14 NTU (influent), 17 NTU (effluent kokerafscheiders) en 15 NTU (effluent zonder kokerafscheider). Deze verschillen zijn dermate klein dat ze geen verklaring kunnen geven voor de soms grote verschillen tijdens de overstortingen.

Wel is geconstateerd dat de troebelheidsmeter ter plaatse van de aanvoer voor het reinigen een waarde van 180 NTU noteerde, na reiniging 14 NTU. Hieruit blijkt overduidelijk dat regelmatig schoonmaken van de sensoren strikt noodzakelijk is.

# 6

## MEETRESULTATEN

### 6.1 CHRONOLOGISCH OVERZICHT

In tabel 6.1 wordt een overzicht gegeven van de voor het onderzoek kenmerkende gebeurtenissen in chronologische volgorde.

TABEL 6.1 GEBEURTENISSEN GEDURENDE MEETPERIODE

Verwerkte meting	Datum	Bijzonderheden
Overstorting 1	05-08-2001	Lekkage via onbekende overstort
Overstorting 2	19-08-2001	Lekkage via onbekende overstort
Overstorting 3	17-09-2001	Lekkage via onbekende overstort
	18-09-2001	Melklozing
Overstorting 4	02-10-2001	
	27-03-2002	Troebelheidssensors effluent verwisseld
Overstorting 5	05-08-2002	
Overstorting 6	20-08-2002	
Overstorting 7	18-10-2002	
Overstorting 8	30-12-2002	
Overstorting 9	02-01-2003	Verwisseling troebelheidsmeters geconstateerd
	07-01-2003	Verwisseling hersteld

De debieten zijn over het algemeen veel lager dan verwacht. Dat bleek al snel tijdens het project omdat overstortingen achterwege bleven. Daarop is besloten de pompcapaciteit te beperken bij een redelijke aanvoer van regen. Dit bleek niet voldoende effect te hebben. Uit de meetgegevens bleek vervolgens dat de waterstand in het bassin na een bui snel zakte. Pas na enige buien werd ontdekt dat in het stelsel een onbekende 'extra' overstort voorkwam. Deze is na bui 3 dichtgezet. Dit heeft echter niet tot een hoge overstortingsfrequentie geleid.

De maximale debieten zijn 3000 m<sup>3</sup>/h, wat overeenkomt met 18 l/s/ha indien betrokken op 45 ha afvoerend oppervlak. De pieken tijdens het extern overstorten zijn maximaal 2000 m<sup>3</sup>/h (12 l/s/ha) en de gemiddelde belasting (tijdens vullen die tot overstortingen leiden) is circa 300 m<sup>3</sup>/ha of 2 l/s/ha. Dit is veel minder dan de verwachte piek van circa 60 tot 90 l/s/ha en de verwachte gemiddelde belasting van circa 15 l/s/ha.

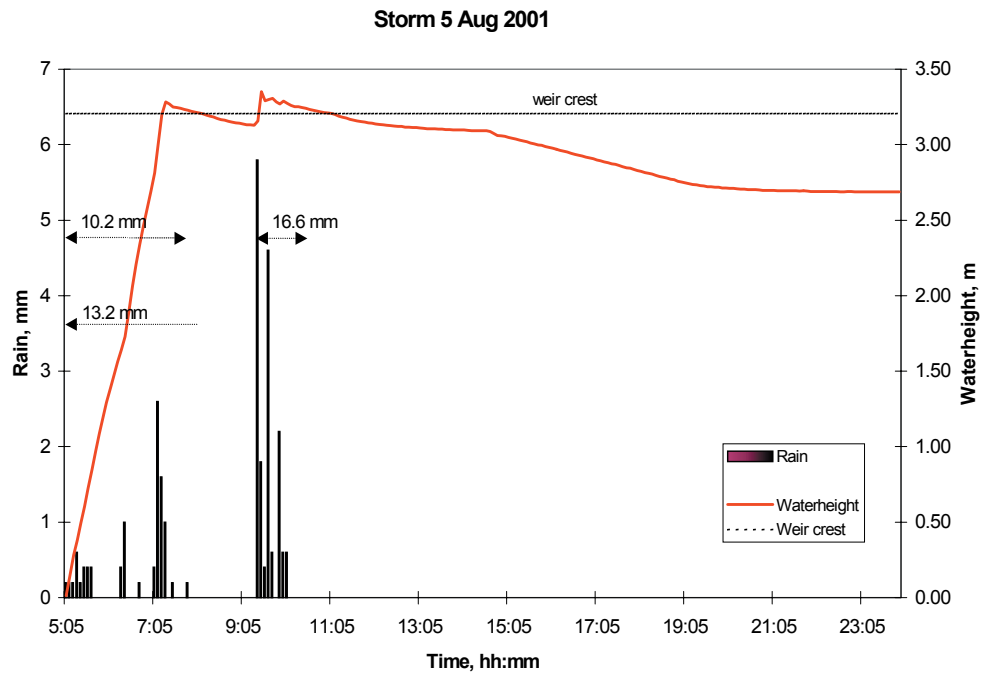
### 6.2 NEERSLAG EN WATERSTAND

In deze paragraaf wordt voor iedere bui een grafisch overzicht gegeven van het verloop van de waterstand in de tank gecombineerd met de neerslagspreiding in de periode waarin de tank is volgelopen en de overstorting heeft plaatsgevonden.

## OVERSTORTING 1 OP 5 AUGUSTUS 2001

FIGUUR 6.1

DE NEERSLAG EN DE WATERSTAND IN DE TANK TIJDENS DE OVERSTORTING VAN 5-8-2001 (OVERSTORTING NR. 1)



Gedurende de hier weergegeven periode is de gemaalpomp uitgezet. Van 1:00 tot 5:00 uur is 13,2 mm neerslag gevallen, te weinig om de tank te doen vollopen. Vanaf 5:00 uur loopt de waterstand in de tank op t.g.v. een nieuwe hoeveelheid neerslag van 10,2 mm. Om 7:20 uur treedt de externe overstort in werking. Na de overstortperiode daalt de waterspiegel tot onder de kruin van de overstort. Omdat de gemaalpomp uitstaat kan dit alleen als er ergens in het stelsel een lek zit.

Na enige tijd begint het opnieuw te regenen en volgt een tweede overstorting. In de daaropvolgende droge periode daalt de waterstand opnieuw tot onder de externe overstortdempel tot een niveau van 2,68 m. Daarna blijft het niveau constant totdat de gemaalpomp wordt ingeschakeld.

Uit het verloop van de waterstand valt op te maken dat ergens in het stelsel een onbekende overstort zit waardoor water dat aanvankelijk de tank is ingestroomd weer terugvloeit naar het rioolstelsel.

De ingestroomde vuilvracht is nauwkeurig te berekenen, maar van deze ingestroomde vuilvracht kan een deel zijn teruggevloeid naar het rioolstelsel in plaats van te zijn geloosd via de externe overstort. Dat betekent dat in de berekening van het rendement een niet te kwantificeren afwijking kan voorkomen.

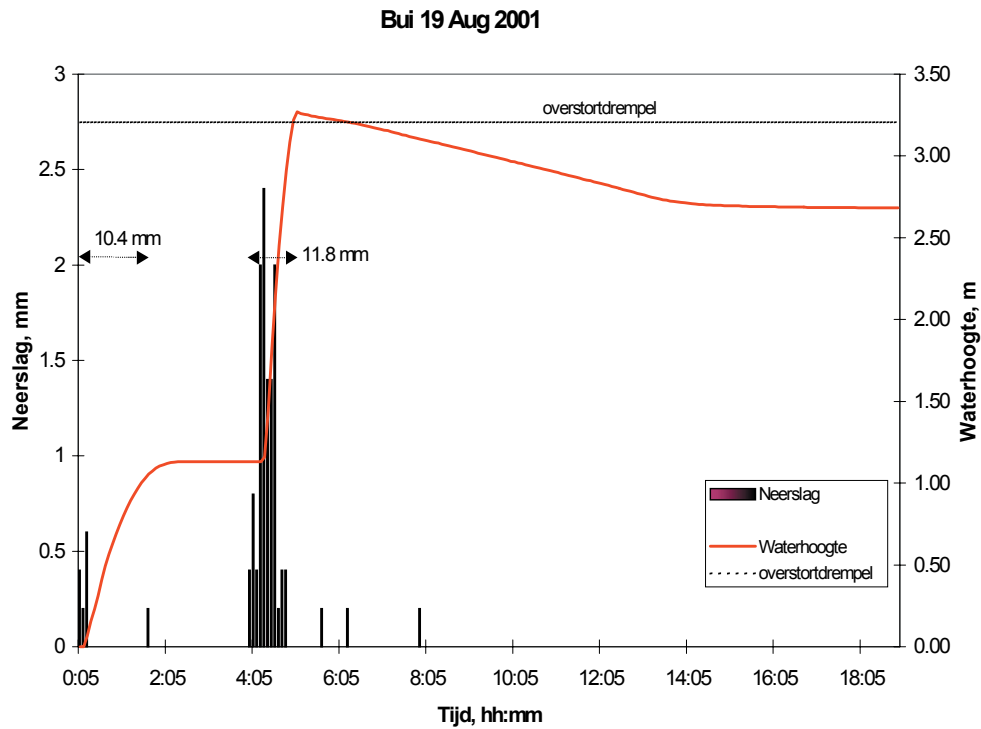
Voor de berekening van het rendement wordt de dubbele overstorting als een geheel beschouwd en is de ingestroomde vuilvracht berekend vanaf het vollopen van de tank tot het moment waarop de tweede overstorting is afgelopen.

Cumulatieve toevoer	3878 m <sup>3</sup>
Overgestort volume tank met kokerafscheider	840 m <sup>3</sup>
Overgestort volume tank zonder kokerafscheider	869 m <sup>3</sup>

## OVERSTORTING 2 OP 19 AUGUSTUS 2001

FIGUUR 6.2

DE NEERSLAG EN DE WATERSTAND IN DE TANK TIJDENS DE OVERSTORTING VAN 19-8-2001 (OVERSTORTING NR. 2)



In het uur voorafgaande aan middernacht is 8,6 mm neerslag gevallen, gevolgd door nog eens 1,8 mm tussen 0 en 1 uur. Door deze bui is het waterniveau in de tank gestegen tot 1,13 m en gedurende enkele uren constant gebleven. Aan dit constante niveau is te zien dat de gemaalpomp was uitgezet. Ten gevolge van een tweede bui van 11,8 mm is de externe overstort in de tank aangesprongen. Daarna is het waterniveau in de tank langzaam gedaald met een constante snelheid totdat weer het niveau van 2,68 m werd bereikt.

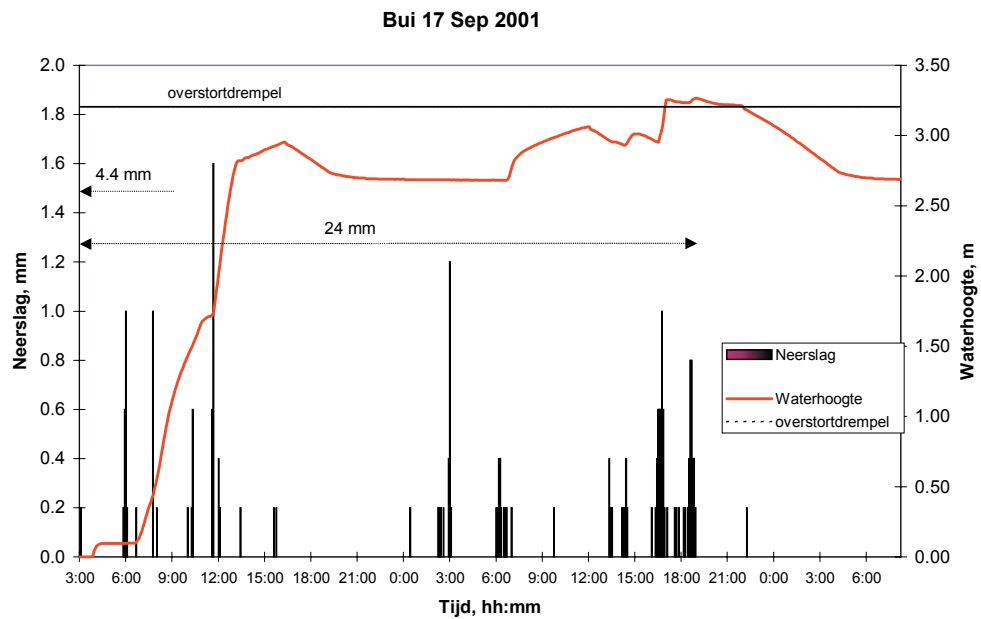
Uit de helling van de dalende lijn kan het debiet worden berekend dat via het gemaal terugvloeit in het rioolstelsel. In 5 uur is het niveau gedaald van 3,19 m tot 2,87 m, een daling van 6,4 cm/h. Dit komt overeen met een debiet van 43 m<sup>3</sup>/h.

Cumulatieve toevoer	2534 m <sup>3</sup>
Overgestort volume tank met kokerafscheider	265 m <sup>3</sup>
Overgestort volume tank zonder kokerafscheider	264 m <sup>3</sup>

## OVERSTORTING 3 OP 17 SEPTEMBER 2001

FIGUUR 6.3

DE NEERSLAG EN DE WATERSTAND IN DE TANK TIJDENS DE OVERSTORTING VAN 17-9-2001 (OVERSTORTING NR. 3)



Op 13-09 is de tank gedeeltelijk gevuld en zijn de pompen uitgezet. Er zijn toen 5 interne monsters genomen. Op 14-09 is de tank leeggepompt omdat het niet meer regende. De 5 interne monsters zijn weggegooid. Op 16-09 is de tank opnieuw gevuld en op 17-09 uiteindelijk overgestort. Op 18-09 tussen 6:00 en 7:00 uur heeft een melkfabriek staan lozen. De troebelheid intern geeft een piek. Tijdens deze lozing is er geen water extern overgestort.

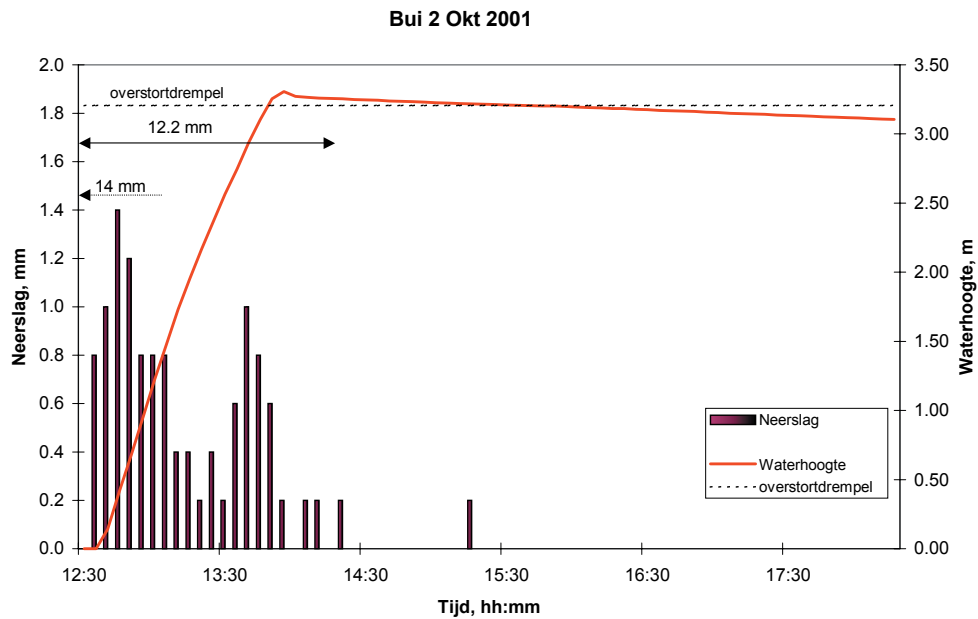
Op de grafiek is te zien dat de pomp is uitgezet omdat na de regen op 16 september de waterspiegel in de tank daalt naar het niveau van 2.68 m boven de bodem en daarna constant blijft. De hoeveelheid neerslag die op 17 september tussen 0 en 3 uur valt laat geen stijging zien van de waterstand in de tank, hoewel de gemaalpomp nog steeds uitstaat. Dit bevestigt eens te meer dat het water via een onbekende overstort moet zijn weggelekt uit het stelsel. Het niveau in de tank komt overeen met de kruin van de interne overstort. Ook na afloop van de overstorting daalt de waterstand heel geleidelijk tot het niveau van de interne overstort. De laagste stand die nu wordt gemeten is 2.69 m.

Cumulatieve toevoer	4721 m <sup>3</sup>
Overgestort volume tank met kokerafscheider	1186 m <sup>3</sup>
Overgestort volume tank zonder kokerafscheider	1215 m <sup>3</sup>

## OVERSTORTING 4 OP 2 OKTOBER 2001

FIGUUR 6.4

DE NEERSLAG EN DE WATERSTAND IN DE TANK TIJDENS DE OVERSTORTING VAN 2-10-2001 (OVERSTORTING NR. 5)



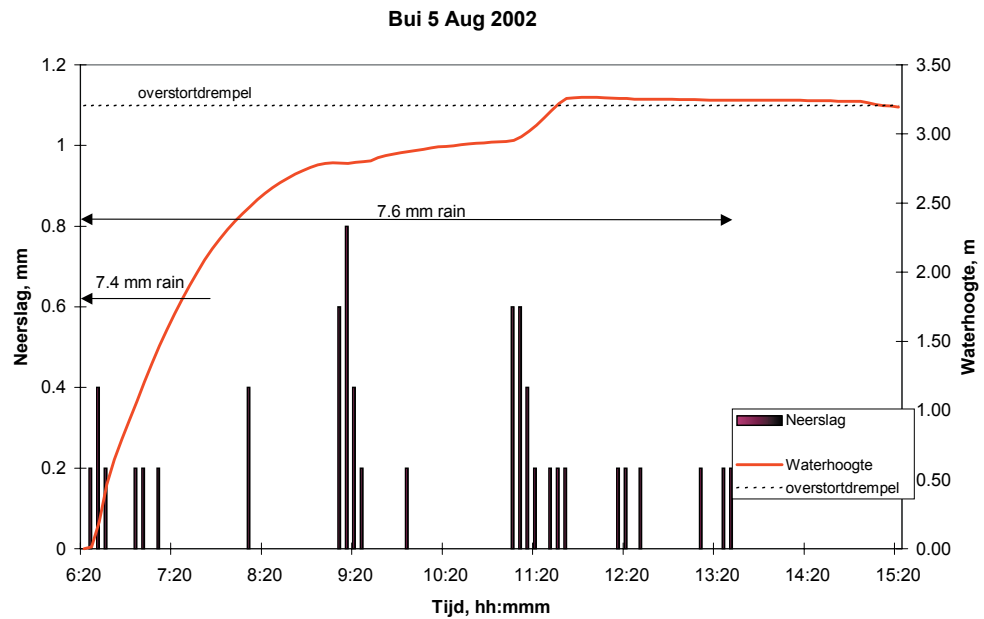
De onbekende overstort in het rioolstelsel van Limmen is inmiddels opgespoord en gesloten. Tussen 8:00 uur en 12:30 uur is 14,0 mm neerslag gevallen zonder dat een interne overstorting heeft plaatsgevonden. Pas na 12:30 uur is de tank volledig gevuld ten gevolge van nog eens 12,2 mm neerslag. Na de overstorting daalt de waterspiegel regelmatig tot onder het niveau van de externe drempel. In 2,5 uur is de waterspiegel 9,8 cm gedaald, overeenkomend met een debiet van 26 m<sup>3</sup>/h.

Cumulatieve toevoer	2955 m <sup>3</sup>
Overgestort volume tank met kokerafscheider	490 m <sup>3</sup>
Overgestort volume tank zonder kokerafscheider	451 m <sup>3</sup>

## OVERSTORTING 5 OP 5 AUGUSTUS 2002

FIGUUR 6.5

DE NEERSLAG EN DE WATERSTAND IN DE TANK TIJDENS DE OVERSTORTING VAN 5-8-2002 (OVERSTORTING NR. 5)



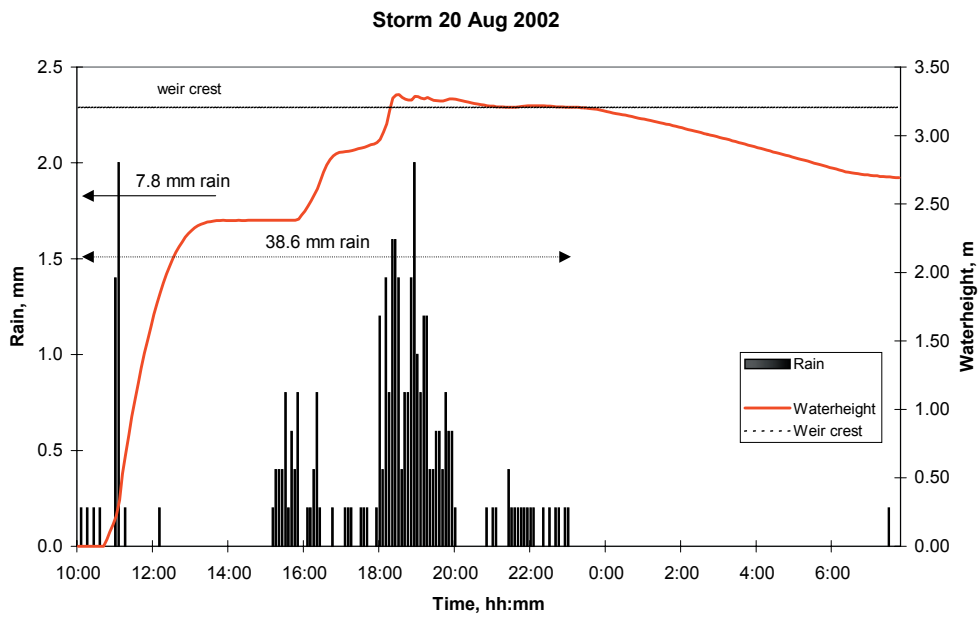
Voordat de tank begon vol te lopen is 7,4 mm neerslag gevallen gedurende de voorafgaande 20 minuten. Dat is een bui geweest met een zeer hoge neerslagintensiteit van 22,2 mm/uur, overeenkomend met ruim 60 l/(s.ha). Het gevolg van deze hoge intensiteit is dan ook dat stelselberging in deze betrekkelijk korte periode volledig is gevuld. Vanaf het moment dat de tank zich vult is de neerslag meer gespreid gevallen: 7,6 mm in ruim 7 uur. De tank heeft zich geleidelijk gevuld totdat hij om 11:40 uur is gaan overstorten. De overstorting heeft lang geduurd en vlak voor 15:00 uur is het waterniveau weer onder de kruin gezakt.

Cumulatieve toevoer	2621 m <sup>3</sup>
Overgestort volume tank met kokerafscheider	302 m <sup>3</sup>
Overgestort volume tank zonder kokerafscheider	350 m <sup>3</sup>

## OVERSTORTING 6 OP 20 AUGUSTUS 2002

FIGUUR 6.6

DE NEERSLAG EN DE WATERSTAND IN DE TANK TIJDENS DE OVERSTORTING VAN 20-8-2002 (OVERSTORTING NR. 6)



In het uur voorafgaande aan het begin van vullen is 7,8 mm neerslag gevallen die de stelselberging volledig heeft gevuld. Daarna is om 10:40 de interne overstort in werking getreden, waarna de tank is gevuld tot een niveau van 2,41 m. Vanwege een droge periode is het niveau gedurende enige tijd constant is gebleven. Door de daaropvolgende neerslag heeft het water om 18:15 uur de externe overstort bereikt. Na de overstorting daalt het waterniveau opnieuw naar een hoogte van 2,69 m.

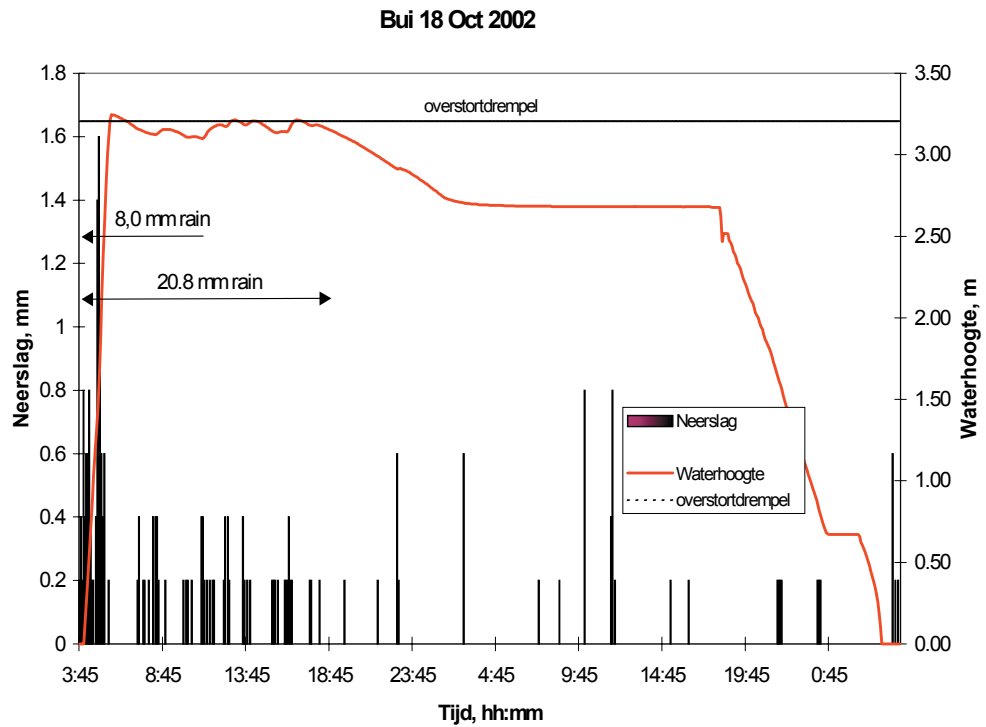
Cumulatieve toevoer	5278 m <sup>3</sup>
Overgestort volume tank met kokerafscheider	1537 m <sup>3</sup>
Overgestort volume tank zonder kokerafscheider	1688 m <sup>3</sup>



## OVERSTORTING 7 OP 18 OKTOBER 2002

FIGUUR 6.7

DE NEERSLAG EN DE WATERSTAND IN DE TANK TIJDENS DE OVERSTORTING VAN 18-10-2002 (OVERSTORTING NR. 7)



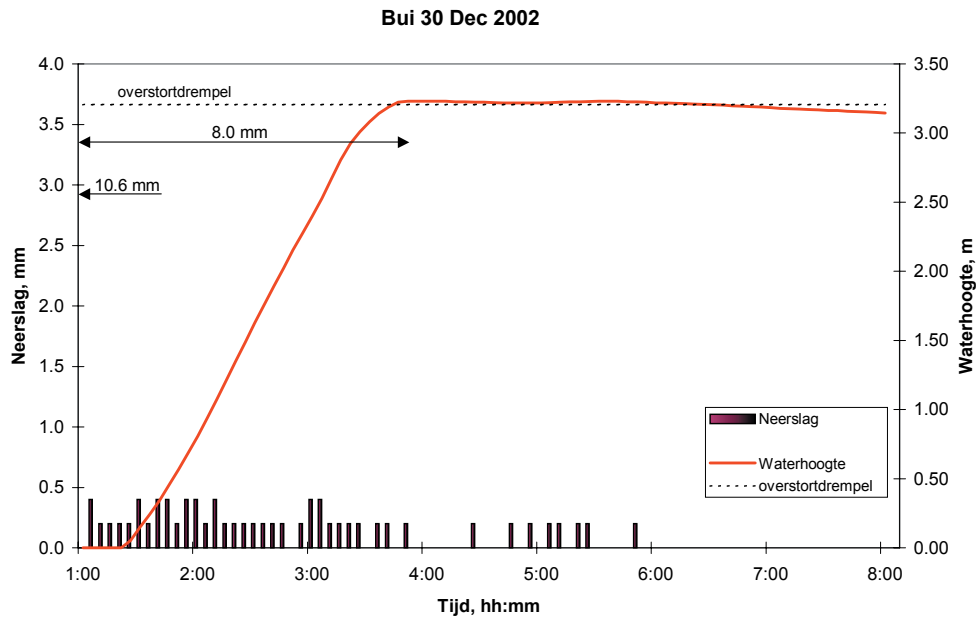
Vanaf middernacht tot 3:40 uur is 8 mm neerslag gevallen. Om 13:45 is de tank vol gaan lopen. Om 5:35 uur is de externe overstort aangesprongen. Daarna hebben geringe hoeveelheden neerslag er voor gezorgd dat het waterniveau steeds in de buurt van de kruin van de externe overstort is blijven hangen, met als gevolg nog 3 kleine overstortingen van 12:50 uur tot 13:20 uur, van 14:05 uur tot 14:20 uur en van 16:35 uur tot 17:05 uur. Daarna is het niveau in de tank gezakt tot dat van de interne overstort en pas na vele uren verder gedaald tot de tank leeggepompt was.

Cumulatieve toevoer	2497 m <sup>3</sup>
Overgestort volume tank met kokerafscheider	138 m <sup>3</sup>
Overgestort volume tank zonder kokerafscheider	205 m <sup>3</sup>

## OVERSTORTING 8 OP 30 DECEMBER 2002

FIGUUR 6.8

DE NEERSLAG EN DE WATERSTAND IN DE TANK TIJDENS DE OVERSTORTING VAN 30-12-2002 (OVERSTORTING NR. 8)



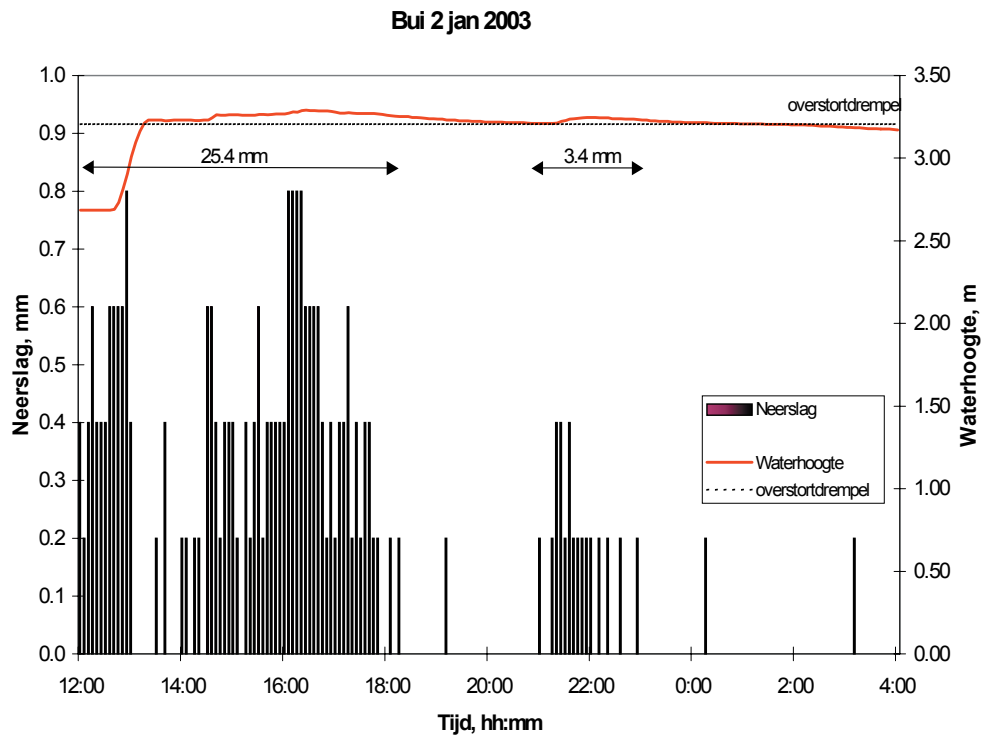
In de periode voorafgaand aan het vollopen van de tank is heel geleidelijk 10,6 mm neerslag gevallen gedurende 10 uren, waarvan 3,4 mm in het laatste uur. Vanaf 1:20 uur is de tank zich gaan vullen en om 3:35 is hij gaan overstorten ten gevolge van nog eens 8,0 mm neerslag die eveneens heel geleidelijk is gevallen.

Cumulatieve toevoer	2565 m <sup>3</sup>
Overgestort volume tank met kokerafscheider	281 m <sup>3</sup>
Overgestort volume tank zonder kokerafscheider	310 m <sup>3</sup>

## OVERSTORTING 9 OP 2 JANUARI 2003

FIGUUR 6.9

DE NEERSLAG EN DE WATERSTAND IN DE TANK TIJDENS DE OVERSTORTING VAN 2-1-2003 (OVERSTORTING NR.9)



Gedurende de periode voorafgaand aan de overstorting heeft het langdurig geregend en is de tank gedeeltelijk volgelopen. De monsters van de aanvoer zijn weggegooid. Op 2 januari was het waterniveau in de tank 2,69 m alvorens een nieuwe bui de overstort om 13:10 uur in werking heeft gebracht. De overstorting heeft bijna 12 uur geduurd ten gevolge van een overvloedige hoeveelheid neerslag van 25,4 mm en daarna nog eens 3,4 mm. Uit de grafiek is goed af te lezen dat het tweede buitje de overstorthoogte weer heeft doen toenemen.

Cumulatieve toevoer	9175 m <sup>3</sup>
Overgestort volume tank met kokerafscheider	3309 m <sup>3</sup>
Overgestort volume tank zonder kokerafscheider	3629 m <sup>3</sup>

### 6.3 DE WATERBALANS

Een overzicht van de aangevoerde en overgestorte volumes is gegeven in tabel 5.1, samen met de hoeveelheid neerslag. In de tabel is ook het verschil tussen het aangevoerde en het overgestorte volume vermeld. Dit verschil zou moeten overeenkomen met de inhoud van de bergbezinktank vanaf het nulniveau van de niveaumeter bij de interne overstort. Als dit nulniveau wordt gesteld op -3,90 NAP dan begint de niveaumeter pas te meten als het verdiepte gedeelte vlak achter de interne overstort is gevuld. Dit volume wordt daarom niet tot de inhoud gerekend.

De kruin van de externe overstort zit op -0,60 NAP. De nuttige waterdiepte bij een volledig gevulde bak is  $3,90 - 0,60 = 3,30$  m aan het begin en 2,70 m aan de achterzijde. De bruto inhoud wordt dan  $L \times B \times H = 67 \times 10 \times \frac{1}{2} (3,30 + 2,70) = 2010$  m<sup>3</sup>. Van de resterende inhoud moet nog worden afgetrokken het volume van de oplopende vloer van het spoelreservoir achterin de tank. Dit bedraagt ongeveer 60 m<sup>3</sup>. De netto inhoud van de tank is 1950 m<sup>3</sup>.

TABEL 6.2

DE NEERSLAGHOEVEELHEID EN HET AANGEVOERDE EN OVERGESTORTE VOLUME TIJDENS DE OVERSTORTING

Overstorting nr.	Neerslag, mm	Aangevoerd, m <sup>3</sup>	Overgestort, m <sup>3</sup>	Verskil, m <sup>3</sup>
1	40,0	3878	1709	2169
2	22,2	2534	544	1990
3	28,4	4721	2401	2320
4	26,2	2955	941	2014
5	15,0	2621	652	1969
6	46,4	5278	3225	2053
7	28,8	2497	343	2154
8	18,6	2565	593	1972
9	28,8	9179	6938	2241

Tabel 6.2 laat zien dat voor alle buien het verschil tussen de aanvoer en hetgeen is overgestort meer bedraagt dan de tankinhoud. Het verschil is het grootst voor overstorting nr. 3 en nr. 9. Voor die overstortingen heeft het vullen van de tank tot het moment van overstorten anderhalve dag resp. een dag in beslag genomen, waarbij de waterspiegel ook enkele keren is gedaald (figuren 5.3 en 5.9). Het kan niet anders dat een deel van het aangevoerde water is teruggestroomd in het rioolstelsel. Dit verklaart voor beide overstortingen het grotere verschil tussen aan- en afvoer. Voor overstortingen 1 t/m 3 speelt nog mee dat elders in het stelsel een onbekende lagere overstort zat.

De verschillen geven een indicatie van de nauwkeurigheid van de getallen.

Het in de figuren 6.1 t/m 6.9 gegeven verloop van de waterstand, in combinatie met de spreiding van de neerslag in de tijd, laat zien dat de tijd waarin de bergbezinktank zich vult behoorlijk kan variëren. De tijdsduur vanaf het begin van vullen tot het einde van de (laatste) overstorting is als 'totale tijd' in tabel 6.3 vermeld. De totale tijd is gesplitst in de vultijd en de overstortperiode. Tabel 6.3 laat zien dat de vultijd uiteenloopt van nog geen 1.5 uur (overstorting 4) tot meer dan een etmaal (overstorting 3). Ook de overstortperioden hebben een groot bereik, uiteenlopend van 1,3 uur tot meer dan een halve dag.

Overstorting 1 van 5 aug. 2001 kent 2 overstortperioden, overstorting 7 van 18 okt. 2002 kent zelfs 4 korte overstortperioden. Daardoor is de som van de vultijd en de overstortperioden voor deze overstortingen kleiner dan de totale tijd; het verschil is de periode(n) tussen de overstortingen.

Uit de cijfers in tabel 6.3 kan als conclusie worden getrokken dat de snelheid waarmee de tank zich vult en het karakter van de overstortingen geheel afhankelijk is van de wijze waarop de neerslag is gevallen.

TABEL 6.3

DE TOTALE TIJD (GEREKEND VANAF HET BEGIN VAN INTERN OVERSTORTEN TOT HET EINDE VAN DE OVERSTORTING),  
DE VULTIJD EN DE OVERSTORTPERIODE

Overstorting nr.	totale tijd hh:mm	vultijd hh:mm	overstortperiode hh:mm
1	6 h 00 m	2 h 20 m	0 h 50 m 1 h 40 m
2	6 h 10 m	4 h 50 m	1 h 20 m
3	30 h 15 m	25 h 10 m	5 h 05 m
4	3 h 20 m	1 h 20 m	2 h 00 m
5	8 h 35 m	5 h 10 m	3 h 25 m
6	12 h 55 m	7 h 35 m	5 h 20 m  1 h 00 m
7	13 h 10 m	1 h 40 m	40 m 30 m 40 m
8	5 h 10 m	2 h 20 m	2 h 50 m
9	35 h 50 m	23 h 00 m	12 h 50 m

#### 6.4 DE OPPERVLAKTEBELASTING

De oppervlaktebelasting is de meest gangbare ontwerpparameter voor bezinkingstanks en is identiek met de zogenaamde kritische bezinksnelheid, dat is die bezinksnelheid van deeltjes die onder ideale stromingscondities nog net middels bezinking uit het water kunnen worden verwijderd. De formules voor de berekening van de oppervlaktebelasting zijn behandeld in paragraaf 2.2.

Voor de oppervlaktebelasting van bergbezinktanks wordt bij het ontwerp in de regel 5 à 10 m/h aangehouden voor normale buien. Tijdens een bui kan de oppervlaktebelasting enorm variëren, afhankelijk van de neerslagintensiteit.

Voor de overstortingen in Limmen is het gemiddelde overstortingsdebiet berekend uit het totaal overgestorte volume volgens tabel 5.1 en de overstortperiode zoals gegeven in tabel 5.2. De gemiddelde oppervlaktebelasting is berekend door het debiet te delen door het horizontale tankoppervlak zonder rekening te houden met het extra oppervlak van de kokerafscheider! De maximum oppervlaktebelasting is berekend uit de 5-minuten gegevens uit de datalogger en is dus de oppervlaktebelasting gedurende een korte periode van 5 minuten op een bepaald moment tijdens de overstorting.

Vanwege de grote afmetingen van de tank zijn de oppervlaktebelastingen laag (zie tabel 6.4), vergelijkbaar met oppervlaktebelastingen zoals die worden gehanteerd bij het ontwerpen van nabezinkingstanks op rwzi's. Zelfs de maximum oppervlaktebelasting ligt nog ruim onder de ontwerpbelasting van bergbezinktanks.

TABEL 6.4

GEMIDDELTE EN MAXIMUM OPPERVLAKTEBELASTING

Overstorting nr.	Afvoer m <sup>3</sup>	Overstort- periode, uur	Gem. opp.-belasting m/h	Max. opp.-belasting m/h
1	1709	2,50	1,0	3,3
2	544	1,33	0,6	1,5
3	2401	5,08	0,7	1,7
4	941	2,00	0,7	2,0
5	652	3,42	0,3	0,8
6	3225	5,33	0,9	2,9
7	343	2,83	0,2	1,0
8	593	2,83	0,3	0,6
9	6938	12,83	0,8	2,7

De bergbezinktank in Limmen is dus nooit zo zwaar belast dat de oppervlaktebelasting een kritische grens is gepasseerd. De verwachting is dat bij de lage hydraulische belastingen tijdens de meetperiode de bijdrage van de kokerafscheider aan de verwijdering van deeltjes niet significant is.

## 6.5 TROEBELHEID EN CZV

In deze paragraaf zijn de troebelheidmetingen in grafieken weergegeven. In dezelfde grafieken zijn ook de CZV-concentraties als afzonderlijke punten opgenomen. Vanwege de overzichtelijkheid zijn de zwevendestof-concentraties achterwege gelaten.

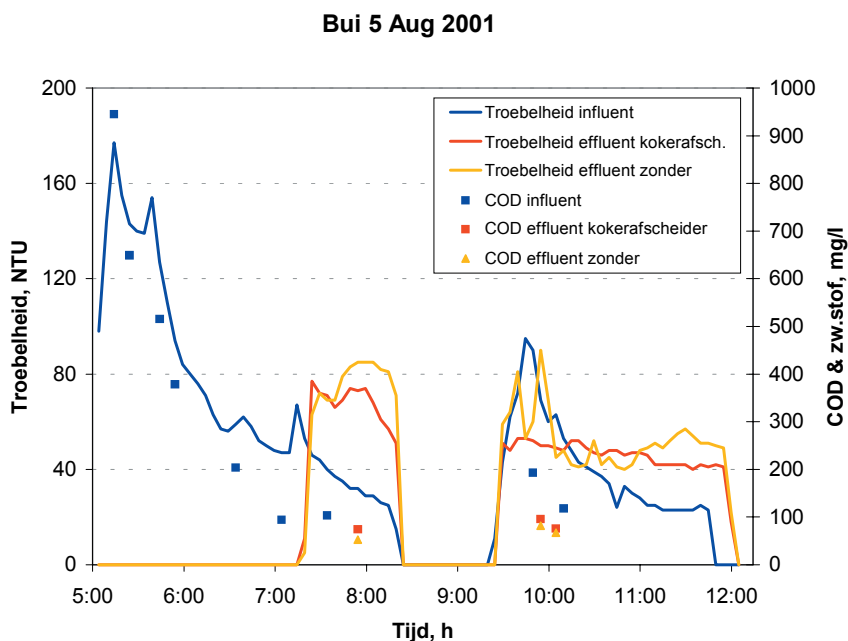
De lijnen voor de troebelheid lopen na afloop van de overstorting nog enige tijd door vanwege de naschakeltijd van 15 min resp. 1 uur.

### OVERSTORTING NR. 1 OP 5 AUGUSTUS 2001

Duidelijk zijn de twee opeenvolgende overstortingen te zien. Het influent laat tijdens het vollopen van de tank een duidelijke first foul flush zien, zowel van de troebelheid als van het CZV. Tijdens de tweede overstorting is ook een first foul flush waarneembaar. Van beide effluënten ligt de troebelheid van het compartiment zonder kokerafscheider iets hoger.

FIGUUR 6.8

TROEBELHEID EN CZV VAN INFLUENT EN BEIDE EFFLUENTEN TIJDENS OVERSTORTING NR. 1



**OVERSTORTING NR. 2 OP 19 AUGUSTUS 2001**

Tijdens het vullen van de tank neemt de troebelheid af van 110 tot 30 NTU.

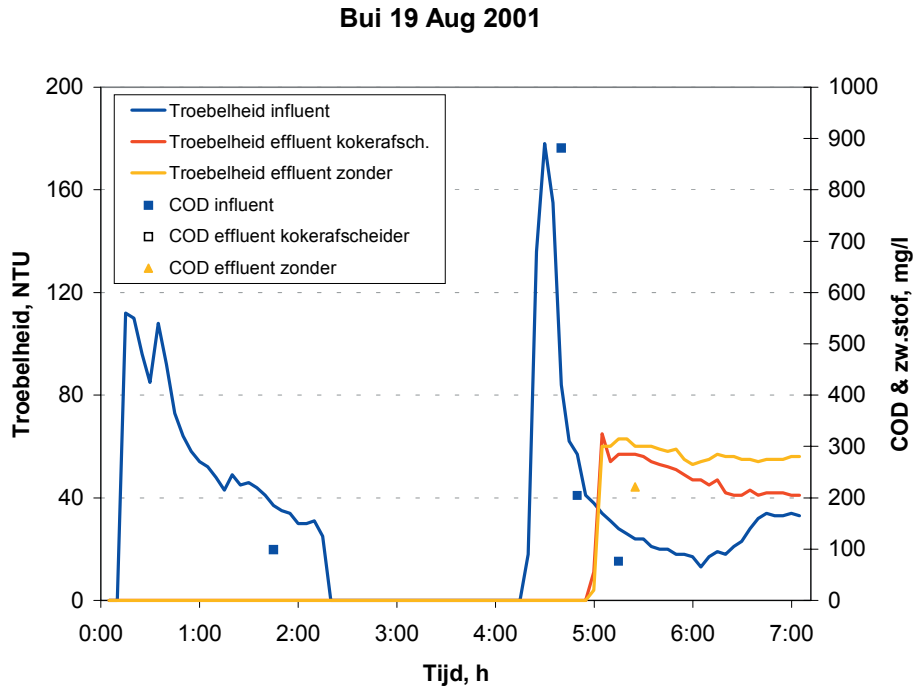
Tijdens de droge periode bij een halfvolle tank is de sensor uitgeschakeld.

Door het in werking komen van de externe overstort neemt de troebelheid sterk toe tot een maximum van 180 NTU en daalt vervolgens weer tot onder de 40 NTU.

Van het influent zijn tijdens de overstorting 3 monsters genomen die de variatie in de troebelheid goed volgen. Er is slecht 1 effluentmonster genomen.

FIGUUR 6.9

TROEBELHEID EN CZV VAN INFLUENT EN BEIDE EFFLUENTEN TIJDENS OVERSTORTING NR. 2



**OVERSTORTING NR. 3 OP 16, 17 SEPTEMBER 2001**

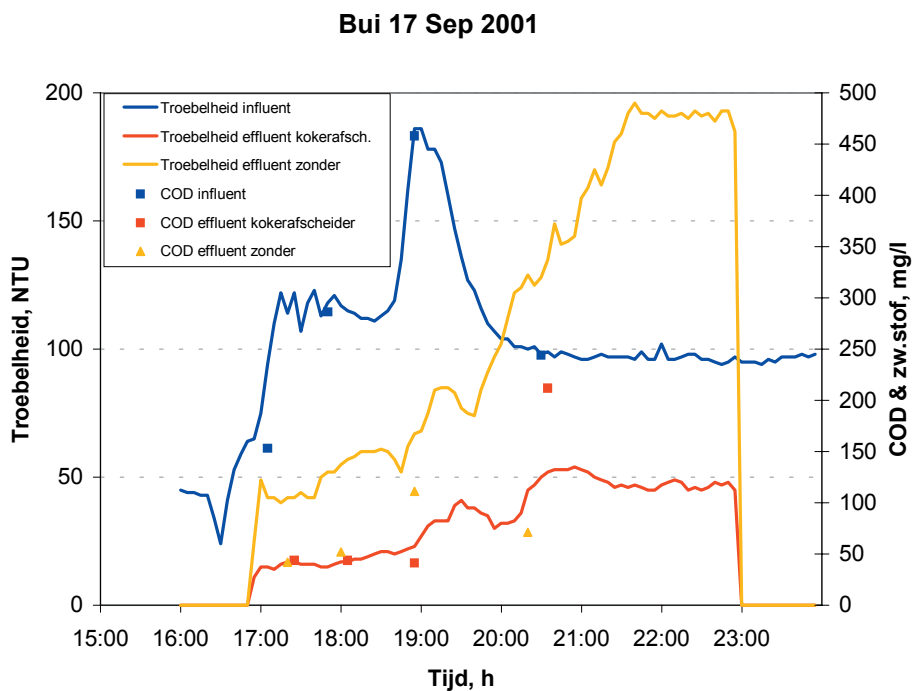
Het vullen van de tank tot het moment van overstorten heeft anderhalve dag geduurd. De waterspiegel is gaan stijgen omstreeks 4:00 uur op 16 september en heeft pas de volgende dag omstreeks 17:00 uur de kruin van de overstort bereikt. De monsters van het influent die gedurende de eerste vulperiode zijn genomen zijn weggegooid. Daarom is alleen de periode van de overstorting op 17 september vanaf 16:00 uur in de figuur weergegeven.

De aanvangstroebelheid van het influent ligt lager dan van de voorgaande buien. De troebelheid van het compartiment zonder afscheider ligt in dit geval beduidend hoger dan van het compartiment met afscheider. Een troebelheid van 400 à 500 NTU voor het effluent lijkt te wijzen op een vervuilde sensor.

De hoge CZV-waarde voor het effluent van de kokerafscheider is opmerkelijk in vergelijking tot de overige waarden en niet goed te verklaren.

FIGUUR 6.10

TROEBELHEID EN CZV VAN INFLUENT EN BEIDE EFFLUENTEN TIJDENS OVERSTORTING NR. 3



Na afloop van de overstorting is in de ochtend van 18 september een onbekende hoeveelheid afvalwater door een melkfabriek geloosd. Het gevolg van deze lozing was een troebele melk-witte kleur van het oppervlaktewater waarop de bergbezinktank loost en grote hoeveelheden vet die in de kokerafscheider zijn achtergebleven. Deze vetklonten zijn later handmatig verwijderd.

De kokerafscheider heeft in dit bijzondere geval dus gefunctioneerd als een vetafscheider.

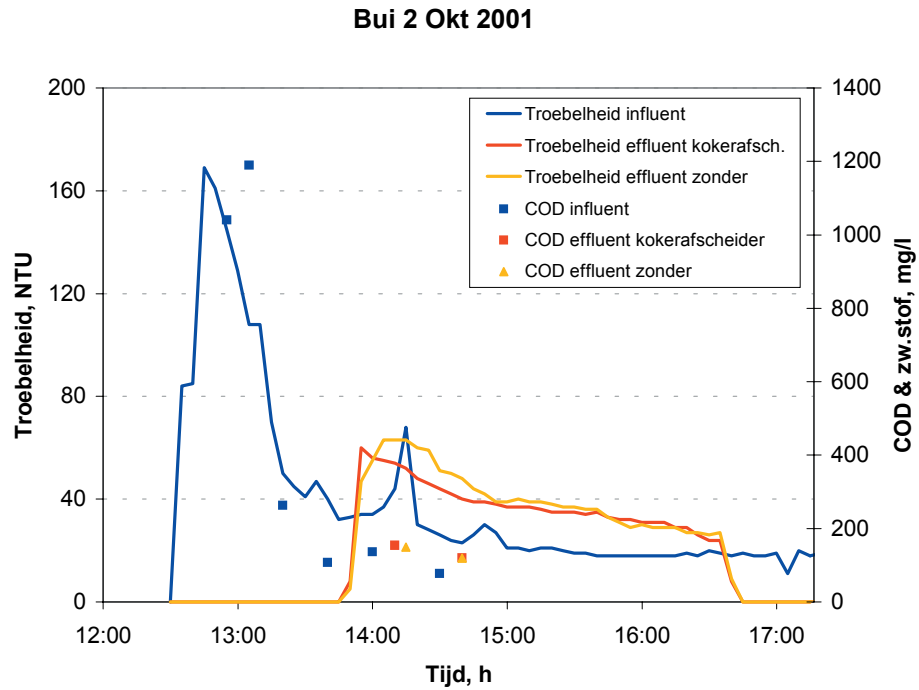
NB: 18 september valt buiten de bovenstaande figuur.



**OVERSTORTING NR. 4 OP 2 OKTOBER 2001**

Opnieuw vertoont het influent een duidelijke first flouf flush met een piekwaarde van 170 NTU en eindwaarden van 20 NTU. Het verschil tussen beide effluënten is gering. Het CZV van het influent is aanvankelijk hoog en wijkt af van de lijn voor de troebelheid.

FIGUUR 6.11 TROEBELHEID EN CZV VAN INFLUENT EN BEIDE EFFLUENTEN TIJDENS OVERSTORTING NR. 4



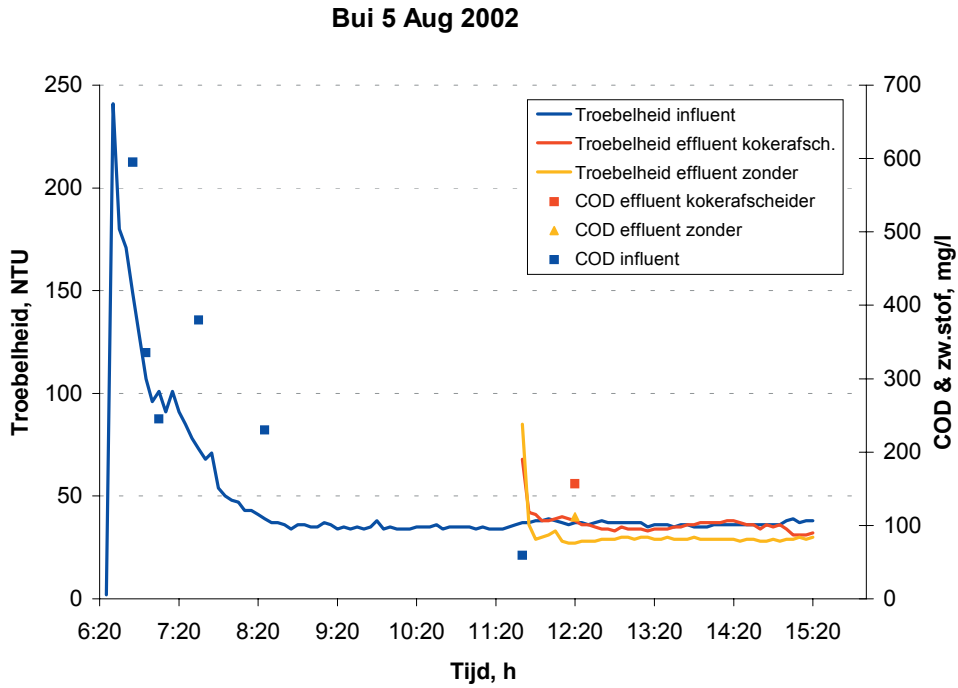
**OVERSTORTING NR. 5 OP 5 AUGUSTUS 2002**

Ook bij deze bui vertoont de troebelheid van het influent een sterke first foul flush met een beginwaarde van 240 NTU. De troebelheid van het influent daalt naar een nagenoeg constant niveau van 36 NTU. De troebelheid van beide effluenten ligt op ongeveer hetzelfde niveau als de troebelheid van het binnenkomende water op dat moment, waarbij de lijn voor het compartiment zonder afscheider iets hoger ligt.

Het CZV wijkt af van het troebelheidsverloop.

FIGUUR 6.12

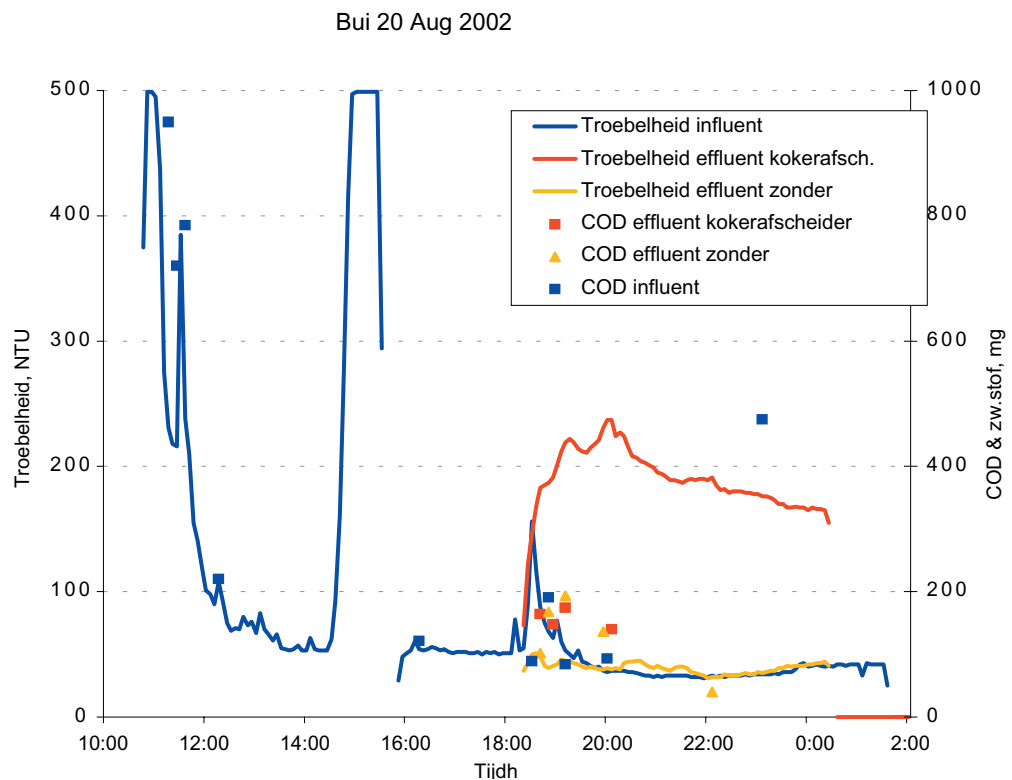
TROEBELHEID EN CZV VAN INFLUENT EN BEIDE EFFLUENTEN TIJDENS OVERSTORTING NR. 5



**OVERSTORTING NR. 6 OP 20 AUGUSTUS 2002**

Het vullen van de tank is in twee etappes gegaan en heeft ongeveer 7 uur geduurd. Tijdens de eerste fase van het vullen wordt een sterke first foul flush waargenomen. De plotselinge stijging van de troebelheid tot de maximum meetwaarde van 499 NTU tussen 14:00 uur en 16:00 uur valt samen met de periode tussen de twee buien waarin er geen aanvoer was. De oorzaak van deze stijging is niet aan te geven. In ieder geval is de stijging niet veroorzaakt door het plotseling afdekken van de sensor door een lap plastic o.i.d., want in dat geval zou de troebelheid in één tijdstap naar de maximum schaalwaarde gaan. De stijging gaat daarentegen heel geleidelijk: 53 – 62 – 93 – 161 – 275 – 416 – 497 over een periode van 30 minuten. Vlak daarna is de sensor enige tijd uitgeschakeld geweest om bij de tweede bui opnieuw te gaan meten. De lage troebelheid na de uitschakelperiode ligt in dezelfde grootte-orde als die voor de stijging naar de maximum waarden, zodat het vermoeden gerechtvaardigd is dat de piekwaarden van 499 NTU waarschijnlijk foute metingen zijn.

FIGUUR 6.13 TROEBELHEID EN CZV VAN INFLUENT EN BEIDE EFFLUENTEN tijdens overstorting nr. 6



Bij deze bui ligt de troebelheid van het effluent met kokerafscheider beduidend hoger dan van het andere compartiment. Waar de effluenttroebelheid normaliter maximumwaarden bereikt in de range 60-80 NTU ligt het maximum voor het compartiment met kokerafscheider voor deze gebeurtenis beduidend hoger, nl. boven 200 NTU. Deze hoge waarden zijn niet direct te verklaren aan de hand van een hoog debiet. Bij andere buien zijn overeenkomstige debieten gemeten zonder zo'n effect. Bovendien is het onlogisch dat dit verschijnsel slechts in een van de compartimenten optreedt. De reden voor het grote verschil tussen de troebelheid van beide effluents zou door vervuiling van de sensor veroorzaakt kunnen zijn. Dit is bij overstorting nr. 9 overduidelijk geconstateerd (zie aldaar).

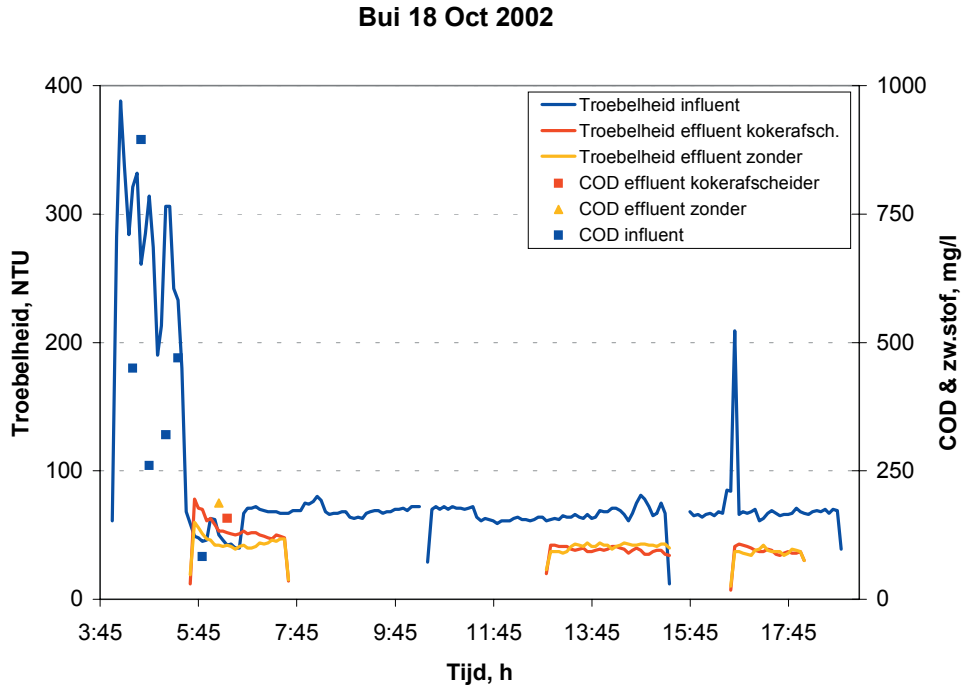
**OVERSTORTING NR. 7 OP 18 OKTOBER 2002**

Tijdens het vullen van de tank worden aanvankelijk zeer hoge troebelheden in het influent gemeten tot bijna 400 NTU. Na de first foul flush zakt de troebelheid van het influent en beweegt binnen een nauwe band tussen 65 en 70 NTU.

Er zijn 4 overstortingsperioden geweest, waarvan de tweede en derde in de figuur samenvallen. De troebelheid van beide effluënten ligt tijdens de eerste overstorting op dezelfde hoogte als van het influent. Bij de latere overstortingen is de troebelheid van beide effluënten ongeveer hetzelfde en ligt onder die van het aangevoerde rioolwater.

FIGUUR 6.14

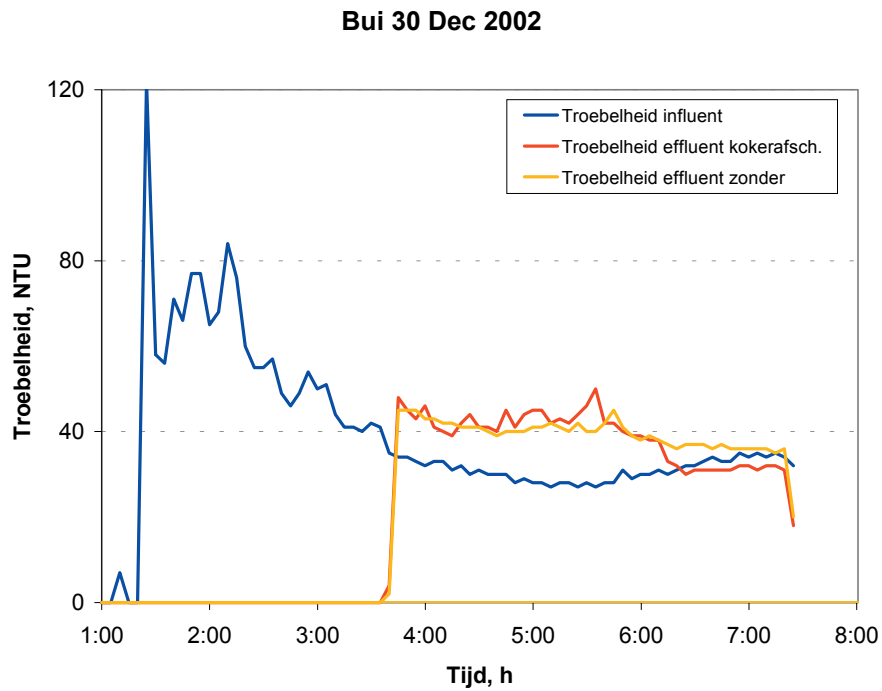
TROEBELHEID EN CZV VAN INFLUENT EN BEIDE EFFLUENTEN TIJDENS OVERSTORTING NR. 7



**OVERSTORTING NR. 8 OP 30 DECEMBER 2002**

Tijdens het vollopen van de tank vertoont de troebelheid van het influent weliswaar een piek maar het maximum ligt bij een waarde van slechts 120 NTU, lager dan bij andere gebeurtenissen. De troebelheid van het influent neemt geleidelijk af naar een waarde rond de 30 NTU. Op het moment dat de tank begint over te storten is de troebelheid van het effluent van beide compartimenten hoger dan van het binnenkomende water. Dat blijft zo gedurende bijna de gehele overstortperiode.

FIGUUR 6.15 TROEBELHEID VAN INFLUENT EN BEIDE EFFLUENTEN TIJDENS OVERSTORTING NR. 8



Er zijn, zo blijkt uit de gegevens van de datalogger, 6 monsters van het influent en 1 monster van beide effluenten genomen. Deze monsters zijn hoogstwaarschijnlijk weggegooid. In ieder zijn er geen analysegegevens.

**OVERSTORTING NR. 9 OP 2 JANUARI 2003**

Door de zware regenval is de tank snel volgelopen. De troebelheid van het instromende water is laag en bereikt een piek van slechts 80 NTU.

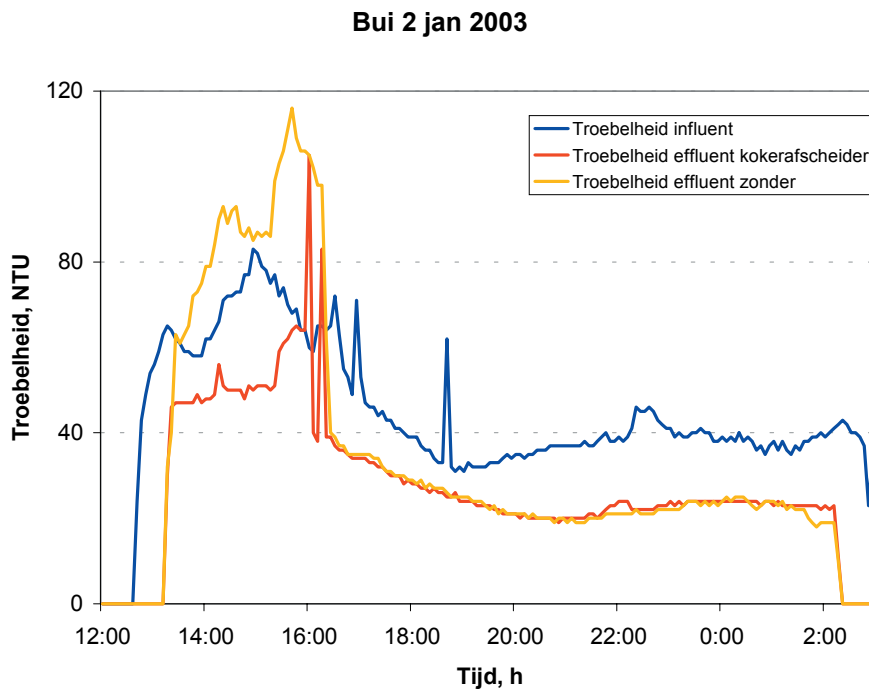
Opvallend is het verloop van de troebelheid van beide effluënten. De troebelheid van het compartiment zonder kokerafscheider ligt boven die van het influent, terwijl die van het andere compartiment eronder ligt.

Bij deze gebeurtenis zijn de troebelheidsensors voor het effluent nog tijdens het overstorten uit de tank gelicht om te worden schoongemaakt. Op dat moment is geconstateerd dat het signaal van het compartiment met kokerafscheider op het loggerkanaal van het andere compartiment werd weggeschreven en vice versa. Dit is later gecorrigeerd. De in dit rapport gepresenteerde gegevens zijn correct.

Het gevolg van het schoonmaken van beide sensoren is duidelijk terug te vinden in de grafiek. Na het schoonmaken loopt het signaal van beide troebelheidsmeters van het effluent synchroon gedurende de resterende overstortperiode. Er kunnen dan ook vraagtekens worden gezet bij het verloop van de troebelheid voor het schoonmaken. Deze lijnen zijn zeer waarschijnlijk niet in overeenstemming met de werkelijkheid. Het berekenen van een rendement op basis van de totaalvrachten zoals bij de voorgaande overstortingen is om die reden voor deze gebeurtenis achterwege gelaten.

Ook voor deze gebeurtenis is na het schoonmaken de troebelheid van het effluent lager dan die van het binnenstromende rioolwater.

FIGUUR 6.16 TROEBELHEID VAN INFLUENT EN BEIDE EFFLUENTEN TIJDENS OVERSTORTING NR.9



Volgens de loggegevens zijn tijdens deze gebeurtenis 13 monsters van het influent en 2x8 monsters van het effluent genomen. Op het laboratorium zijn echter 25 monsters geanalyseerd, zonder dat duidelijk is geworden op welke plaats deze monsters zijn genomen. Tijdens het uitvoeren van de analyses op het laboratorium is de codering van de monsters kennelijk niet overgenomen op de analysestaten.

## 6.6 CZV, ZWEVENDE STOF, KJELDAHLSTIKSTOF EN CHLORIDE

In bijlage A worden de concentraties van de vuilparameters CZV en zwevende stof gegeven en in bijlage B die van Kjeldahlstikstof en chloride, zoals die zijn bepaald uit de steekmonsters. Bovendien is het gemiddelde van de concentraties van het influent en de beide effluënten berekend. Op basis van deze gemiddelden is in hoofdstuk 7 het rendement bepaald en in tabellen weergegeven.

Het verloop van de CZV- en zwevende stofconcentraties is grafisch weergegeven in de figuren van bijlage A.

De vuilparameters Kjeldahlstikstof en chloride zijn volledigheidshalve in bijlage B opgenomen maar hebben voor dit project geen betekenis. Onderzoek naar het effect van bezinking op Kjeldahlstikstof maakte geen deel uit van dit project. Chloride zal als opgeloste stof niet of nauwelijks worden verwijderd door bezinking.

In hoofdstuk 8 is nagegaan of er een verband bestaat tussen de troebelheid en de vuilparameters CZV en zwevende stof.

# 7

## RENDEMENT

Vanwege de grote inhoud van de tank valt te verwachten dat het rendement hoog zal zijn, ongeacht of een compartiment wel of niet is voorzien van een kokerafscheider. Die verwachting is gebaseerd op de veronderstelling dat het merendeel van de bezinkbare stoffen al in de voorste helft van de tank tot bezinking komen en dat de achterste helft nauwelijks bijdraagt aan de verwijdering van de bezinkbare stoffen. Alleen voor zeer zware buien, met als gevolg een hoge oppervlaktebelasting van de bergbezinktank, zal de capaciteit van de gehele tank worden aangesproken en ook de achterste helft een daadwerkelijke bijdrage leveren aan het rendement. Het directe gevolg is dat voor normale buien de bijdrage van de kokerafscheider aan het rendement betrekkelijk gering zal zijn.

Het rendement is op twee manieren berekend:

- Op basis van de continue troebelheidsmetingen door het berekenen van de in- en uitgaande vrachten aan troebelheid.
- Door een vergelijking van de concentraties van het CZV- en het zwevende stofgehalte in het in- en effluent

### 7.1 HET RENDEMENT OP BASIS VAN DE TROEBELHEIDSMETINGEN

Voor de berekening van het rendement op basis van de troebelheid wordt de troebelheid beschouwd als een vervuilingparameter als ware het een concentratie zoals CZV of zwevende stof. Het rendement wordt berekend uit de ingestroomde en overgestorte vuilvrachten aan troebelheid. De vuilvracht aan troebelheid wordt berekend als de troebelheid vermenigvuldigd met het volume water waarop die troebelheid betrekking heeft: T-vracht = NTU x Volume

Omdat de troebelheid per 5 minuten is geregistreerd kan de T-vracht per tijdstap van 5 minuten worden berekend door het ingestroomde dan wel het uitgestroomde volume per tijdstap te berekenen. Het ingestroomde volume wordt berekend uit de toename van het waterniveau in de tank, rekening houdend met de schuin oplopende bodem. De bergings-hoogte-relatie van de tank is:

$$\text{Voor } H < 0,6 \text{ m is } V = (H/0,6) \times L \times B \times \frac{1}{2}H = 670/1,2 \times H^2 \text{ m}^3 = 558,3 H^2 \text{ m}^3$$

$$\text{Voor } H > 0,6 \text{ m is } V = (H - 0,3) \times L \times B = 670 (H - 0,3) \text{ m}^3$$

N.B.: De inhoud beneden een hoogte van 0,6 m bedraagt 201 m<sup>3</sup> en de inhoud van een volledig gevulde tank bedraagt 2010 m<sup>3</sup>.

Na berekening van het ingestroomde volume (per tijdstap van 5 min) kan het toevoerdebiet worden berekend als:

$$Q = \Delta V / (5 \times 60) \text{ m}^3/\text{s}$$

Zodra de tank begint over te storten is het toevoerdebiet hetzelfde als het overstortende debiet. Dit wordt berekend met de gekalibreerde afvoerformule voor de externe overstort:

$$Q = 8,4 \times H^{1,43}$$



De resultaten van de vrachtberekeningen en de daaruit afgeleide rendementen staan in tabel 7.1

TABEL 7.1 RENDEMENT OP BASIS VAN VUILVRACHTEN TROEBELHEID (UITGEDRUKT IN NTU)

Overstorting	Vracht aanvoer NTU	Vracht afvoer, NTU		Rendement, %	
		met koker- afscheider	zonder koker- afscheider	met koker- afscheider	zonder koker- afscheider
1	137266	45329	53142	67	61
2	99328	15119	16354	85	84
3	213290	31970	90193	85	58
4	103587	23558	24159	77	77
5	96107	11394	10754	88	89
6	240312	307324	70251	-28	71
7	263796	8624	9441	97	96
8	64102	12038	12872	81	80
9	237784	onbekend	onbekend	onbekend	onbekend

De aan het begin van dit hoofdstuk uitgesproken verwachting dat de rendementen voor normale buien hoog zullen zijn wordt maar ten dele bevestigd door de resultaten.

Voor het compartiment met kokerafscheider ligt het rendement voor 6 van de 8 overstortingen boven 75%. Van de overige 2 gebeurtenissen heeft zelfs één een negatief rendement, hetgeen betekent dat tijdens de overstorting het effluent een hogere troebelheid had dan het binnenkomende rioolwater. Een dergelijk resultaat beantwoordt absoluut niet aan de verwachtingen. Dit is het geval voor overstorting nr 6. Het lijkt er overigens op dat de troebelheidsmeter voor het effluent van de kokerafscheider vervuild is geraakt. De gemeten troebelheden zijn vreemd hoog, terwijl de gemeten CZV- en zwevendestofconcentraties dat niet zijn.

De troebelheidsmeter van het influent gaf tijdelijk ook veel te hoge waarden aan, maar aanzien op dat moment geen water het bassin instroomde, heeft dat geen invloed op de resultaten.

Ook voor het compartiment zonder kokerafscheider ligt het rendement voor 6 van de 8 overstortingen boven 75%. Voor de overige 2 gebeurtenissen ligt het rendement rondom 60%.

Wanneer de rendementen van beide compartimenten met elkaar worden vergeleken dan valt op dat sommige gebeurtenissen nauwelijks van elkaar verschillen. Voor 5 van de 8 overstortingen bedraagt het verschil ten hoogste 1%. De overige 3 gebeurtenissen vertonen een afwijkend gedrag. Voor overstorting 1 geeft het compartiment met kokerafscheider een 6% hoger rendement. Voor overstorting nr. 3 is het verschil in rendement beduidend hoger, nl. 27%, ten gunste van het compartiment met kokerafscheider. Voor overstorting nr. 6 is het rendement voor het compartiment met kokerafscheider negatief. Overstorting nr. 6 kenmerkt zich door een grote hoeveelheid neerslag in betrekkelijk korte tijd. Tijdens de overstorting was de troebelheid van het effluent van het compartiment met kokerafscheider veel hoger dan van het water dat gedurende die periode de tank binnenstroomde.

Overstorting nr 3 toont een opmerkelijk groot verschil tussen de compartimenten met en zonder koker. Hier lijkt het erop dat de troebelheidsmeter voor het effluent zonder koker vervuild was (NTU-waarden ca 450).

De resultaten van de overstortingen 3 en 6 zijn derhalve ongeschikt om er conclusies aan te verbinden.

In tabel 7.2 zijn de overgestorte T-vrachten (vrachten op basis van troebelheid) van beide compartimenten met elkaar vergeleken. Voor 7 overstortingen is de geloosde T-vracht van het compartiment met kokerafscheider lager dan die van het compartiment zonder. Echter voor 2 overstortingen is het omgekeerde het geval en is de geloosde T-vracht uit de tank met kokerafscheider hoger.

Wat direct opvalt is het grote verschil tussen de overstortingen onderling. Het grootste verschil wordt gevonden voor overstorting nr. 6. Dat is de zwaarste bui geweest met een neerslag van 46,4 mm waarbij het op een na grootste volume is overgestort (zie tabel 6.1). Opmerkelijk is het feit dat het compartiment met kokerafscheider een veel hogere vuiluitworp (op basis van de gemeten troebelheid) kent dan het andere compartiment, hetgeen niet in overeenstemming is met de verwachting dat de kokerafscheider een positieve bijdrage zal leveren aan de reductie van de vuiluitworp.

Een vergelijkingsmaatstaf voor de prestatie m.b.t. de vuilreductie van beide compartimenten vormt de verhouding van beide T-vrachten in de een-na-laatste kolom van tabel 7.2. Een getal >1 betekent dat het compartiment met kokerafscheider een lagere vuilemissie geeft. Hoe dichter de verhouding bij 1 ligt, des te kleiner is het onderlinge verschil. Alleen overstorting nr. 3 en in iets mindere mate nr. 1 springen er in positieve zin uit.

TABEL 7.2

VERGELIJKING RENDEMENT VAN BEIDE COMPARTIMENTEN

Overstorting	Vracht met - vracht zonder NTU	Vershil in rendement met - zonder	Vracht zonder afscheider Vracht met afscheider	Effect kokerafscheider
1	7813	+6%	1,17	positief
2	1235	+1%	1,08	geen
3	58223	+27%	2,82	duidelijk positief
4	601	0	1,03	geen
5	-640	-1%	0,94	geen
6	-237073	-99%	0,23	duidelijk negatief
7	817	+1%	1,09	geen
8	834	+1%	1,07	geen
9	-	-	-	-

Indien de overstortingen 3, 6 en 9 buiten beschouwing worden gelaten, is de conclusie dat er slechts een beperkt effect is van de lammellen op de vuilemissie.

Er is een klein positief effect, maar dit ligt mogelijk in de meeton nauwkeurigheid.

Met het wegstrepen van 1 op de 3 overstortingen, doet de vraag zich voor of de andere overstortingen wel betrouwbaar zijn.

## 7.2 HET RENDEMENT OP BASIS VAN DE CZV- EN ZWEVENDE STOFCONCENTRATIES

Gezien het geringe aantal monsters is het niet mogelijk om vuilvrachten te berekenen voor CZV en zwevende stof. Daarom is van het influent en beide effluenten de gemiddelde concentratie voor CZV en zwevende stof berekend. Het rendement is uit deze gemiddelde bepaald. De overstortingen 8 en 9 zijn niet bemonsterd. Van de wel bemonsterde buien is van het overstortende water soms maar een enkel monster genomen. Daarom moet niet te veel waarde worden gehecht aan de op deze manier berekende rendementen; ze zijn bedoeld als een indicatie.

Tabel 7.3 geeft de rendementen op basis van de CZV-concentraties en tabel 6.4 op basis van de zwevende stofconcentraties.

TABEL 7.3 RENDEMENT OP BASIS VAN DE GEMIDDELDE CZV-CONCENTRATIES

Overstorting	CZV aanvoer mg/l	CZV afvoer, mg/l		Rendement, %	
		met koker- afscheider	zonder koker- afscheider	met koker- afscheider	zonder koker- afscheider
1	355	82	67	77	81
2	315		221		30
3	285	85	121	70	58
4	469	138	134	71	71
5	307	56	40	82	87
6	373	78	64	79	83
7	413	63	75	85	82

TABEL 7.4 RENDEMENT OP BASIS VAN DE GEMIDDELDE ZWEVENDE STOFCONCENTRATIES

Overstorting	Zw. stof aanvoer mg/l	Zwevende stof afvoer, mg/l		Rendement, %	
		met koker- afscheider	zonder koker- afscheider	met koker- afscheider	zonder koker- afscheider
1	307	43	32	86	89
2	224	102	75	54	66
3	113	28	57	75	50
4	323	70	65	78	80
5	253	25	14	90	94
6	228	28	25	88	89
7	337	27	36	92	89

Het beeld is minder consequent dan voor de rendementen die op basis van de troebelheid zijn berekend. Voor het CZV bedragen de verschillen tussen de beide compartimenten ten hoogste 5%, behalve voor overstorting nr. 3, waarvoor het verschil 12% is. Overstorting 3 heeft een vultijd van meer dan een etmaal, zodat de monsters die tijdens de eerste vulperiode zijn genomen zijn weggegooid. De bemonstering is wellicht niet representatief.

Het rendement van het compartiment met kokerafscheider is voor 2 overstortingen hoger, voor 1 overstorting even groot en voor 3 overstortingen lager dan van het compartiment zonder.

Voor de zwevende stof is het beeld identiek. Ook nu vallen de verschillen tussen beide compartimenten binnen een marge van 4%, de overstortingen 2 en 3 uitgezonderd. Het compartiment met kokerafscheider geeft voor 2 overstortingen een beter rendement, voor de overige overstortingen is het rendement lager.

### RENDEMENT EN OPPERVLAKTEBELASTING

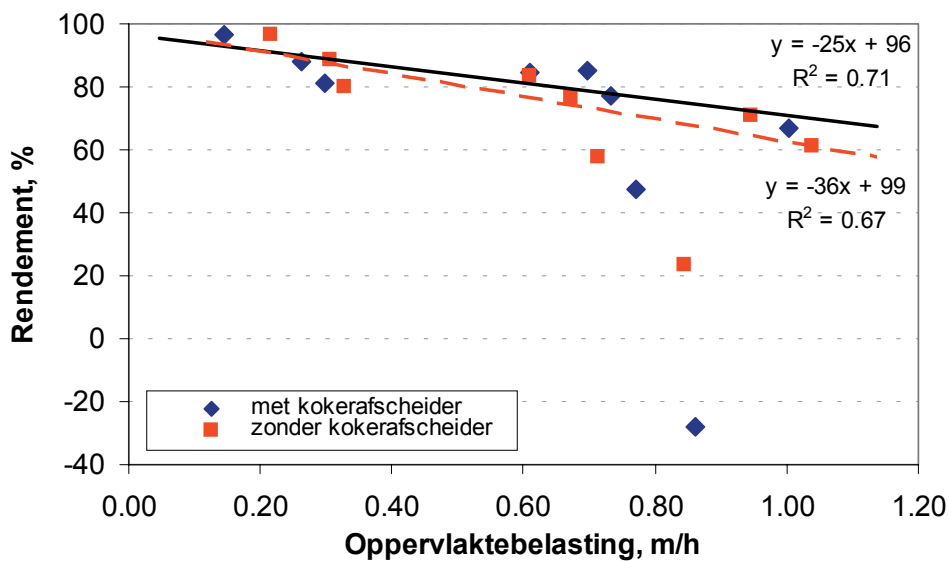
De oppervlaktebelasting is berekend uit het gemiddelde overstortingsdebiet door het totale overstortvolume ( $m^3$ ) te delen door de overstortperiode (h) en dit overstortingsdebiet ( $m^3/h$ ) vervolgens te delen door het horizontale tankoppervlak van een compartiment. Om de oppervlaktebelasting van beide compartimenten vergelijkbaar te maken is deze uitgerekend voor het horizontale tankoppervlak zonder rekening te houden met het extra oppervlak van de kokerafscheider.

Voor bezinkingstanks is het rendement hoger naarmate de oppervlaktebelasting afneemt. Dit wordt bevestigd in figuur 7.1 waarin de rendementen uit tabel 7.1 zijn uitgezet tegen de oppervlaktebelasting voor beide compartimenten.

Voor het compartiment met kokerafscheider is het rendement voor 2 gebeurtenissen aan de lage kant, waarbij voor een gebeurtenis zelfs een negatief rendement is berekend. De overige 7 punten liggen allen in de buurt van een dalende trendlijn. Dit bevestigt het te verwachten beeld van een dalend rendement bij hogere oppervlaktebelastingen.

FIGUUR 7.1

HET RENDEMENT AFGEZET TEGEN DE OPPERVLAKTEBELASTING



Het verband tussen het rendement ( $r$ ) en de oppervlaktebelasting  $s_0$  is voor het compartiment met kokerafscheider:

$$r = 96 - 25 s_0$$

Voor het compartiment zonder kokerafscheider valt voor één gebeurtenis het rendement buiten de range. Voor de overblijvende 8 gebeurtenissen is een trendlijn bepaald die voldoet aan de formule:

$$r = 99 - 36 s_0$$

Deze trendlijn heeft een iets steiler verloop hetgeen betekent dat in een tank zonder kokerafscheider het rendement sneller afneemt bij hogere oppervlaktebelastingen.

Echter, voor oppervlaktebelastingen tot 0,5 m/h vallen beide lijnen praktisch samen, bij een oppervlaktebelasting van 1 m/h is het verschil slechts 8% ten gunste van het compartiment met kokerafscheider.

Figuur 7.1 ondersteunt de hypothese dat voor zeer lage oppervlaktebelastingen de kokerafscheider nauwelijks extra bijdraagt aan een afname van de emissie.

Het vertalen van deze trendlijnen naar andere randvoorzieningen moet worden afgeraden vanwege de specifieke omstandigheden in dit project.

### 7.3 BEREKENINGEN MET HET VERBLIJFTIJDMODEL

Uit de berekende debieten en de gemeten troebelheden kunnen de vrachten per tijdstap worden berekend. Omdat het binnenstromende water niet direct bij de externe overstort aankomt moet een correctie voor de verblijftijd worden meegenomen. Aangenomen is dat het water als een prop door de compartimenten stroomt. Dit zal tijdens het vullen minder snel het geval zijn dan bij een gevuld bassin.

De verblijftijd van een waterpakketje is afgeleid van het tankvolume en het debiet en varieert daarmee in de tijd t.g.v. debietvariaties.

De figuren in bijlage C tonen de troebelheid. De influenttroebelheid is met de verblijftijd naar achteren verschoven.

Bij de externe overstorten (met kokerafscheider: donkerblauwe lijn en zonder kokerafscheider: magenta lijn) zijn voor buien 1, 2, 4, 5, 7 en 8 waarden rond de 40 NTU gemeten. De verschillen tussen de waarden in de compartimenten met en zonder koker zijn over het algemeen klein. De overige 3 buien tonen opmerkelijke verschillen, die in paragraaf 6.5 al zijn besproken.

In de figuren is ook de met de verblijftijd verschoven instroomtroebelheid weergegeven (lichtblauw). Zo wordt, uitgaande van propstroming door het bassin, weergegeven welke instroomtroebelheid overeenkomt met welke effluenttroebelheid. Bij bui 1 zijn duidelijk de pieken van de bruine lijn (gemeten influenttroebelheid) terug te zien in de lichtblauwe lijn.

De piek in de lichtblauwe lijn voor bui 3 moet er eigenlijk uitgefilterd worden, omdat deze waarschijnlijk het gevolg is van vervuiling van de troebelheidsmeter in de periode dat het debiet bijna nul was. Omdat het om een korte periode gaat is het effect op de beoordeling verwaarloosbaar.

Daar waar de instroomtroebelheid lager is dan de effluenttroebelheid, zou een bypass tot een kleinere vuilemissie (van troebelheid) leiden. Met behulp van het verblijftijdmodel is het effect van berging en bezinking bepaald. Ook is beschouwd wat het effect van de bergbezinktank was geweest indien deze als bergingstank was ingericht. Dit betekent dat als de tank eenmaal gevuld is, het influent via een bypass rechtstreeks naar het oppervlaktewater wordt afgevoerd.

Op basis van de meetgegevens volgt dan een hoger rendement dan in de bergbezinkvoorziening. De verschillen zijn zelfs aanzienlijk groter dan die tussen de compartimenten met en zonder koker.

Het gemiddelde rendement over alle overstortingen in de bergbezinktank is 85%. Als bergingstank zou het rendement circa 92% zijn. Dat is een halvering van de (troebelheid)vuilvracht.

NB: In de beschouwing zijn overstorten 3, 6 en 9 niet meegenomen.

In een kleinere bergbezinktank is het effect van bezinking groter en zal een bypass uiteindelijk negatief uitpakken. Ook omdat de tank zich naast het gemaal bevindt is het effect van een first foul flush mogelijk groter en daarmee een tank met een bypass eerder effectief.

In bijlage C zijn de vrachten cumulatief weergegeven. De donkerblauwe lijnen tonen de vrachten uit de compartimenten met koker. Met uitzondering van de buien 3, 6 en 9 liggen deze lijnen dicht bij die voor het compartiment zonder koker (magenta lijn). De rode lijn toont de uitstromende vracht uit beide compartimenten samen.

De afstand tussen de rode lijn en de bruine lijn (instroom) ten opzicht van de bruine lijn geeft het totaalrendement weer.

De waarde voor de ingestroomde vracht op het moment dat water extern begint over te storten is een maat voor het bergingsrendement. De rest is het gevolg van bezinking of juist door opmenging. Bij bui 4 blijkt duidelijk dat er alleen een negatief effect is van bezinking. Door berging wordt een vracht  $180.000 \text{ NTU} \cdot \text{m}^3$  tegengehouden. De totale tegengehouden vracht is  $210.000 - 37.000 = 173.000 \text{ NTU}$ .

Dit geldt ook voor bui 6, maar daar zijn de troebelheidswaarden voor het effluent merkwaardig hoog.

## 7.4 EVALUATIE VAN DE KOKERAFSCHEIDER IN LIMMEN

### VERWACHTING FUNCTIONEREN

Bij een afvoerend oppervlak van circa 45 ha en een tank met een oppervlak van  $L \times B = 67 \times 10 = 670 \text{ m}^2$ , is de oppervlaktebelasting bij een belasting van 20 l/s/ha, circa 5 m/h. Uit berekeningen met het verblijftijdmodel blijkt dat deeltjes met een valsnelheid van 5 m/h dan voor circa 70% worden tegengehouden door bezinking. Bij een belasting van 60 l/s/ha zou circa 30% van deze deeltjes bezinken.

In het bergbezinkbassin van Limmen is in een van de twee compartimenten het bezinkoppervlak met  $325 \text{ m}^2$  vergroot (pakket kokerafscheiders van  $L \times B \times H = 6 \times 5 \times 1 \text{ m}^3$ ). Het vergroten van het bezinkoppervlak geeft een toename met circa 90%, van  $335 \text{ m}^2$  naar  $630 \text{ m}^2$  (waarbij het bodemoppervlak t.p.v. het lamellenpakket van circa  $30 \text{ m}^2$  in mindering is gebracht). Deeltjes met een valsnelheid van 5 m/h worden dan bij 20 en 60 l/s/ha voor respectievelijk 92% en 50% tegengehouden. Dat zijn aanzienlijke verschillen.

TABEL 7.5

VERWACHT RENDEMENT IN LIMMEN BIJ STATIONAIRE BELASTING

Belasting l/s/ha	Valsnelheid 5 m/h		Valsnelheid 4 m/h	
	Zonder lamellen	met lamellen	zonder lamellen	met lamellen
15	83%	97%	66%	78%
20	72%	92%	58%	74%
60	30%	50%	24%	40%

Ook bij een bezinkbare fractie van 80% zouden dit aanzienlijke verschillen zijn.

In bovenstaande berekening is geen rekening gehouden met variaties in de belasting. Indien die in het verblijftijdmodel worden meegenomen ontstaat een ander beeld. Op basis van een reeks berekening is het rendement van de kokerafscheider in Limmen met de verblijftijd-methode bepaald.

TABEL 7.6

VERWACHTE RENDEMENT VAN KOKERAFSCHEIDERS IN LIMMEN OP BASIS VAN EEN REEKSBEREKENING

Variant	B	Bezink opp.	R <sub>bez</sub>	R <sub>tot</sub>	Volume geloosdVuilemissie	
	mm	m <sup>2</sup> /ha	%		mm/j	kg BZV/ha/j
zonder kokerafscheider	5,2	15	61	82	33,3	6,4
met kokerafscheider	5,2	29	69	85	33,3	5,1

Hieruit volgt een toename van het rendement t.g.v. bezinking van 61 naar 69%. De toename van het totaalrendement is veel kleiner omdat het effect t.g.v. berging meer gewicht in de schaal legt.

De reden van dit beperkte verschil zit vooral in de omvang van de voorziening. Door de lange verblijftijden zijn de gemiddelde oppervlaktebelastingen veel lager dan verwacht. Daar is in het ontwerp geen rekening mee gehouden.

Het verschil in rendement is weliswaar beperkt, maar had meetbaar kunnen zijn. Echter, bij een hogere maatgevende valsnelheid is het effect minder snel meetbaar. Bij een valsnelheid van bijvoorbeeld 10 m/h is bij de maximale gemeten belasting geen verschil te verwachten. Ook naarmate de bezinkbare fractie kleiner is, zullen effecten van lamellen minder snel meetbaar zijn.

#### BEOORDELING GEMETEN EFFECT KOKERAFSCHEIDER

Uit de meetgegevens volgt helaas geen aantoonbaar effect van de kokerafscheider. Een nadere beschouwing van de meetgegevens leert dat de belastingen door het bassin veel kleiner zijn geweest dan verwacht.

Het maximale gemeten debiet is circa 3000 m<sup>3</sup>/h. Dat komt overeen met een neerslagintensiteit van 18 l/s/ha, waarbij gerekend is met een afvoerend oppervlak van 45 ha. Dit maximale debiet trad op tijdens het vullen. Het maximale debiet tijdens overstorten is zelfs niet groter dan 2000 m<sup>3</sup>/h (12 l/s/ha) en ligt tussen 1000 m<sup>3</sup>/h en 2000 m<sup>3</sup>/h. Bij deze belasting is door de kokerafscheider een toename van de bezinking van deeltjes met een valsnelheid van 5 m/h verwacht van 90% naar 99%. Deze hoge belasting is gemeten tijdens bui 6, maar bij die bui is de effluenttroebelheid uit het compartiment met de kokerafscheider onverklaarbaar hoog. De verwachte toename van het rendement is daarmee niet gevonden.

De gemiddelde belasting ligt nog lager: 300 m<sup>3</sup>/h = 2 l/s/ha. Er is dan geen toename van het bezinkrendement te verwachten omdat de gehele bezinkbare fractie al voor de kokerafscheider is bezonken.

Achteraf gezien zou alleen bij de hoogste gemeten belastingen een effect zichtbaar kunnen zijn geweest.

Een aanvullende reden dat de meetresultaten geen effect tonen kan zijn dat de maatgevende valsnelheid niet 5 m/h is, maar groter. Uitgaande van een valsnelheid van 10 m/h is zelfs bij een continue belasting van 2000 m<sup>3</sup>/h geen effect van de kokerafscheider te verwachten omdat alles al daarvoor bezinkt. Daarnaast kan de bezinkbare fractie kleiner zijn geweest.

Tabel 7.7 geeft een overzicht van de belastingen. Uitgedrukt in oppervlakte-belasting blijkt dat het bassin nog lager belast werd dan een nabezinktank in de zuivering. Het aanvullende effect van een kokerafscheider kan dan natuurlijk niet groot zijn.

TABEL 7.7

## HYDRAULISCHE BELASTING BIJ VERSCHILLENDE NEERSLAGINTENSITEITEN

	Debiet	Neerslag-intensiteit l/s/ha	Oppervlaktebelasting, m/h	
	m <sup>3</sup> /h		zonder kokerafscheider	met kokerafscheider
Max. instroom	3000	19	4,5	2,4
Max. uitstroom	2000	12	3,0	1,6
Gem. belasting	300	2	0,4	0,2

Een verklaring voor deze lage belastingen moet gezocht worden in een kleiner afvoerend oppervlak dan aangenomen, of dat bij grote regenval meer water via hogere overstorten het stelsel verliet en/of als water op straat werd geborgen.



## 8

## TROEBELHEID IN RELATIE TOT DE VUILPARAMETERS CZV EN ZWEVENDE STOF

Omdat troebelheid geen echte vuilparameter is, maar wel een indicatie geeft van de hoeveelheid zwevende stof in het water is het interessant om te onderzoeken of er een relatie bestaat tussen de troebelheid enerzijds en het CZV of het zwevende stofgehalte anderzijds.

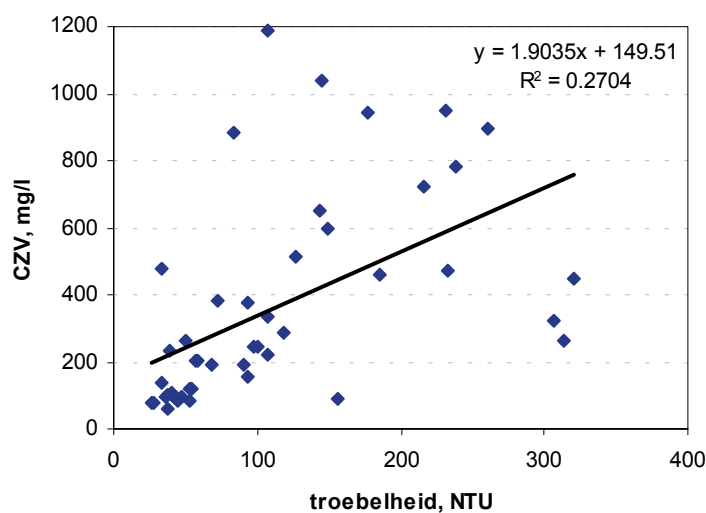
Voor de analyses van het CZV en de zwevende stof in het influent zijn de getallen van alle overstortingen bij elkaar gevoegd. De bijbehorende troebelheid is uit de gegevensbestanden van de datalogger gevonden voor de momenten dat een monster is genomen.

Het resultaat is uitgezet als een puntendiagram in figuur 8.1 voor troebelheid versus CZV en in figuur 8.2 voor troebelheid versus zwevende stof.

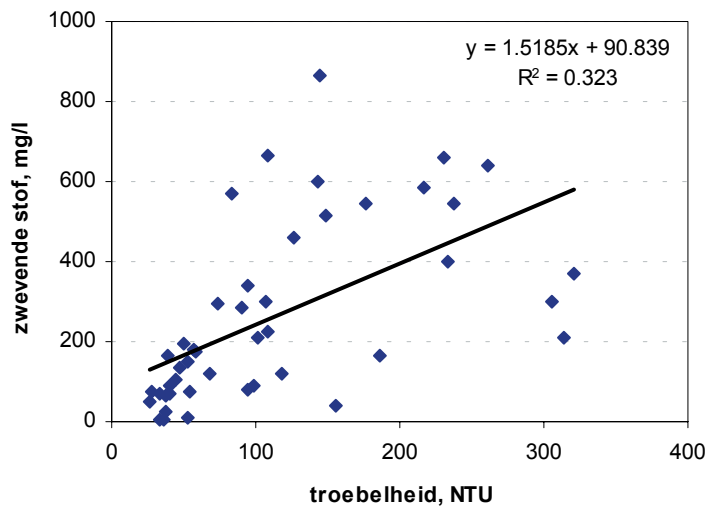
De punten vertonen een grote spreiding: hoge waarden voor de troebelheid gaan gepaard met lage concentraties en andersom. De relatie tussen beide grootheden wordt weergegeven door de correlatiecoëfficiënt. Deze is in beide gevallen zeer laag, zodat geconcludeerd kan worden dat er slechts een zwak verband bestaat tussen de troebelheid en beide vuilparameters. De trendlijn is indicatief en laat zien dat hogere troebelheden gepaard gaan met hogere vuilconcentraties.

In de voorgaande hoofdstukken is aan de orde gekomen dat bij een aantal buien de troebelheidsmeters waarschijnlijk vervuild zijn geweest. Dit veroorzaakt een grote spreiding in de meetresultaten van de troebelheid. Dit is mede de oorzaak van de lage correlatie die tussen de troebelheid en de CZV resp. zwevende stof wordt gevonden.

FIGUUR 8.1 DE RELATIE TUSSEN TROEBELHEID EN CZV VOOR HET INFLUENT



FIGUUR 8.2 DE RELATIE TUSSEN TROEBELHEID EN ZWEVENDE STOF VOOR HET INFLUENT



# 9

## CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 9.1 CONCLUSIES

Tijdens het meetproject is geen vervuiling van de kokerafscheider geconstateerd.

De troebelheidsmeters zijn gevoelig voor vervuiling. Een belangrijk deel van de meetgegevens lijkt door vervuiling niet goed bruikbaar.

Door de grote inhoud van de bergbezinktank in Limmen zal deze niet snel tot overstorting komen. Alleen bij zware regenbuien zal de externe overstort in werking treden. In de periode van augustus 2001 tot en met januari 2003 is dit slechts 9 keer gebeurd.

De bemeten overstortingen zijn heel verschillend van karakter. De vultijden van de tank variëren van nog geen twee uur tot meer dan een etmaal. De overstortperioden variëren van minder dan een uur tot meer dan 12 uur. Sommige gebeurtenissen kennen meer dan één overstortperiode. Het effect van de snelheid waarmee de tank volloopt op het rendement is niet eenduidig vast te stellen.

De gemiddelde oppervlaktebelasting tijdens het overstorten is voor alle gebeurtenissen bijzonder laag en ligt tussen 0,15 en 1,0 m/h. Dit zijn oppervlaktebelastingen die deels nog lager zijn dan die welke bij de afvalwaterzuivering worden gehanteerd bij het ontwerpen van nabezinkingstanks voor de verwijdering van actiefslib. De gebruikelijke oppervlaktebelastingen van bergbezinktanks liggen in de grootte-orde van 5 tot 10 m/h en zijn dus globaal een factor 10 hoger dan die waarmee de tank in Limmen wordt belast.

Voor beide compartimenten ligt het rendement boven 75% voor 6 van de 9 bemeten overstortingen. Het verschil in rendement van beide compartimenten is voor 5 gebeurtenissen verwaarloosbaar klein, hooguit 1%. Voor 2 gebeurtenissen ligt het rendement voor het compartiment met kokerafscheider duidelijk hoger, nl. 6% en 27%. Voor 1 gebeurtenis is het rendement negatief, maar gezien de ervaringen met het schoonmaken bij gebeurtenis 9 zou dit het gevolg kunnen zijn van een vervuilde troebelheidssensor.

Uit de meetgegevens volgt geen aantoonbaar effect van de kokerafscheider in Limmen. Rekening houdend met de verblijftijdmethode was een concentratie-afname van circa 70% naar circa 60% verwacht. Dat deze niet is gevonden is voornamelijk het gevolg van de lage belastingen. Voor het bassin in Limmen geldt dat de gemeten debieten zo veel lager zijn dan verwacht dat het effect van de kokerafscheider amper meetbaar is. Dit wordt mogelijk veroorzaakt doordat het afvoerende oppervlak kleiner is dan geschat, of doordat de afvoercapaciteit naar het bassin kleiner is dan aangenomen, zodat pieken over andere overstorten verdwijnen of tijdelijk op straat worden geborgen.

Dat wil overigens niet zeggen dat toepassing van kokerafscheiders of lamellen geen effect sorteert. Onderzoek in Deventer met lamellen in een bergbezinktank heeft aangetoond dat deze voorziening wel een positieve bijdrage geeft, waarbij wel opgemerkt moet worden dat in

Deventer de tank een hogere oppervlaktebelasting heeft zodat het effect eerder merkbaar is. Ook buitenlands onderzoek (o.a. in Duitsland) laat zien dat lamellen in bezinkingstanks een positieve bijdrage kunnen leveren aan verhoging van het rendement.

Het rendement dat is berekend op basis van de CZV- en zwevende stofconcentraties geeft evenmin een duidelijk beeld van de verschillen tussen de compartimenten onderling; soms is het rendement van het compartiment met kokerafscheider hoger, soms lager. Alle rendementen liggen boven de 70%, behoudens die voor overstorting nr. 2.

Het verband tussen het rendement, berekend uit de vrachten aan troebelheid, en de oppervlaktebelasting vertoont voor het compartiment met kokerafscheider (met weglating van de uitschieters) een dalende lijn. Het verband voor het andere compartiment vertoont eveneens een dalende trend die steiler naar beneden loopt. Dat betekent dat voor een toenemende oppervlaktebelasting het rendement voor het compartiment zonder kokerafscheider sneller daalt dan met kokerafscheider.

Voor nieuwe locaties waarbij gedacht wordt aan toepassing van lamellen of kokerafscheiders moet men kritisch zijn over het nut ervan. Alleen als een belangrijke afname van de concentraties wordt verwacht, zal een dergelijke voorziening gunstig uitpakken.

Het toepassen van lamellen in een bergbezinkvoorziening is voornamelijk zinvol indien het bassin zonder lamellen nog een aanzienlijk deel van de bezinkbare fractie door zou laten. Dat wil zeggen dat de verhouding tussen de valsnelheid en de oppervlaktebelasting kleiner is dan 1. Uitgaande van een maatgevende valsnelheid van 5 m/h, betekent dit dat de oppervlaktebelasting zonder lamellen groter is dan 5 m/h.

Indien men het eens wordt over uitgangspunten t.a.v. bezinkbare fractie en valsnelheden kan worden bepaald welke toename van het bezinkoppervlak nodig is om een bepaalde volume-reductie te compenseren. Uitgaande van een bezinkbare fractie van 0.8 en een valsnelheid van 5 m/h volgt dat een bergbezinktank met een inhoud van 1 mm en een bezinkoppervlak van circa 30 m<sup>2</sup>/ha de vuilemissie even sterk reduceert als een standaard tank van 2 mm (bezinkoppervlak = 10 m<sup>2</sup>/ha).

Bij lamellen/kokerafscheiders met een bezinkoppervlak van 10 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> betekent dit dat in circa 25% van het bassin lamellen/kokerafscheiders geplaatst moeten worden.

## 9.2 AANBEVELINGEN

Voor meetprojecten van deze omvang is het bijhouden van een logboek strikt noodzakelijk. In het logboek moeten alle bijzondere ingrepen, alle geconstateerde afwijkingen, alle acties aan meet- en monsternameapparatuur worden genoteerd.

Door het bijhouden van een logboek wordt het achteraf reconstrueren van bepaalde gebeurtenissen aanzienlijk eenvoudiger.

Gestreefd moet worden naar een eenduidige naamgeving in een project waarbij meerdere mensen zijn betrokken, zoals technici voor het onderhoud van de meetapparatuur, personen die de monsterflessen coderen, analisten die de monsterflessen vervolgens verwerken in het lab en personen die die bezighouden met gegevensopslag, -transport en -verwerking. Dit wordt toegelicht aan de hand van een voor dit project specifiek voorbeeld voor de naamgeving van beide compartimenten.

In omloop waren

- linkerbeen versus rechterbeen, waarbij niet duidelijk is vanuit welke gezichtshoek deze benaming is gegeven.
- tank 1 versus tank 2, waarbij de volgorde van nummering niet eenduidig is.
- compartiment met (kokerafscheider) versus compartiment zonder (kokerafscheider).

Het zal duidelijk zijn dat alleen de laatste benaming geen mogelijkheid tot verwarring geeft en die verdient dan ook de voorkeur.

Waar het vaak misgaat in omvangrijke meetprojecten is een adequate afhandeling van de monsters vanaf het moment van monsternamen bij de meetlocatie tot en met het uitvoeren van de analyses op het laboratorium. De reden hiervoor is evident: er zijn dikwijls veel personen bij dit traject betrokken, zodat niemand zich echt verantwoordelijk voelt voor een juiste gang van zaken. Duidelijke procedure-afspraken zijn heel belangrijk om het zoekraken van gegevens te voorkomen, zoals ook dit onderzoek heeft aangetoond. Daarbij valt te denken aan een eenduidige codering van de monsterflessen die ook wordt overgenomen op de analysestaten in het laboratorium, richtlijnen voor het weggooien van niet ter zake doende monsters, het tijdig ophalen van volle monsterflessen en het vervangen door lege flessen. Het verdient voorkeur om de gehele afhandeling van de monsters zoveel mogelijk in handen van één persoon te leggen, met één goed ingewerkte vaste vervanger.

Het toepassen van troebelheidsmeters in een continu-opstelling vergt een zeer regelmatige controle van de sensoren op vervuiling.

De resultaten van een ontwerpberekening zijn sterk afhankelijk van aannames voor valsnelheid en bezinkbare fractie. Metingen hiernaar zijn zeldzaam. Zonder deze kennis is het effect van bezinking in bergbezinkvoorzieningen (met en zonder lamellen) niet goed in te schatten en bestaat de kans dat bepaalde randvoorzieningen ten onrechte noodzakelijk worden geacht. Het verdient aanbeveling om onderzoek op te starten naar de eigenschappen van bezinkbare stoffen in overstortwater.

Voortgaand onderzoek naar het effect van lamellen of kokerafscheiders in kleinere bergbezinktanks met een hogere oppervlaktebelasting dan die in Limmen is zinvol.

# 10

## REFERENTIES

Cock D. de, Cock J. de (1997). Een conceptueel model voor de vuiluitworp uit bergbezinkbekkens. Stichting RIONED, Studiedag 28-1-1997.

Kluck J. (1997). Het ontwerp van optimaal functionerende bergbezinkbassins. STOWA 1997, ISBN 990.74476.83.X.

Veldkamp, Rob, François Clemens (2001). Het kalibreren van overstorten. Rioleringswetenschappen 1, nr.2, juni 2001, p. 55-74.

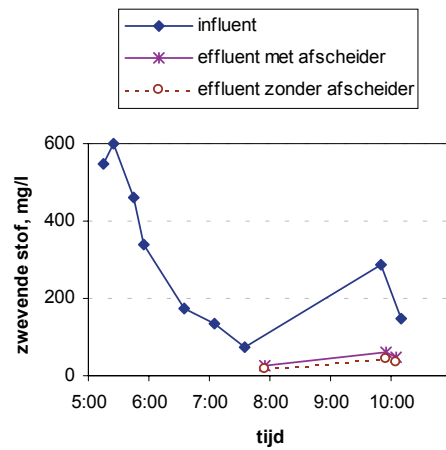
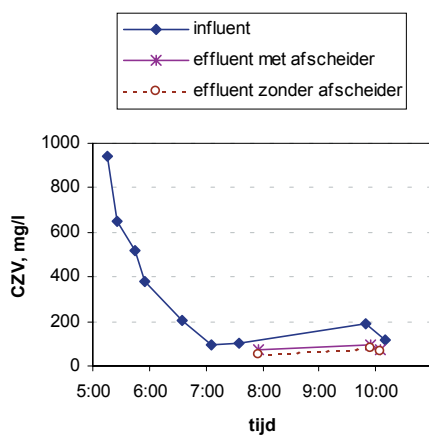
Veldkamp R.G. (2002). First foul flush in Nederlandse gemengde rioolstelsels. Rioleringswetenschappen 2, nr.6, juni 2002, p. 59-78.



BIJLAGE A

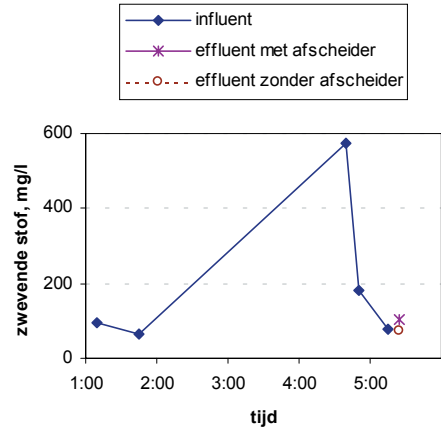
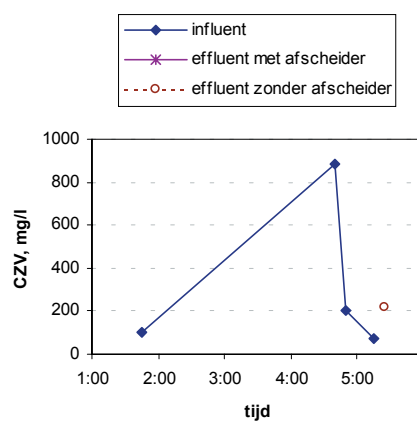
# CZV EN ZEVENDE STOF

Overstorting nr. 1	CZV, mg/l			zwevende stof, mg/l		
	influent	effluent		influent	effluent	
		met	zonder		met	zonder
	945			546		
	649			600		
	515			459		
	378			340		
	204			175		
	94			133		
	103	74	53	72	25	18
	193	96	82	285	59	44
	118	76	67	150	46	35
Gemiddelde	355	82	67	307	43	32

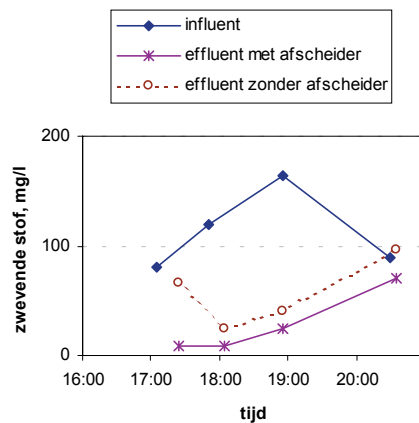
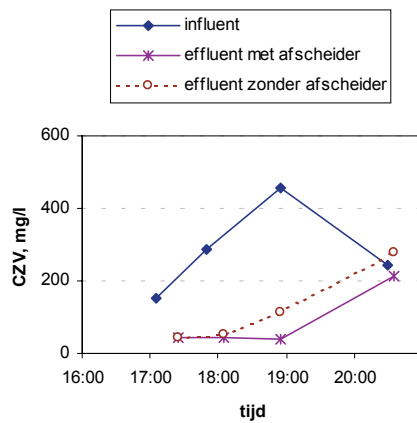




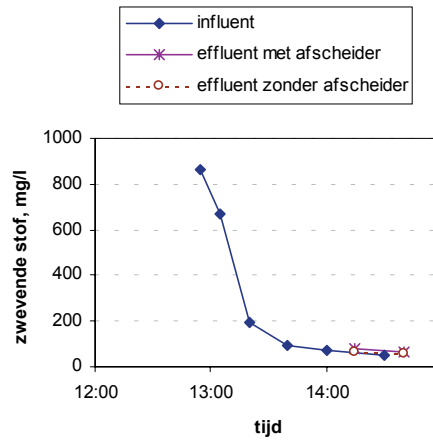
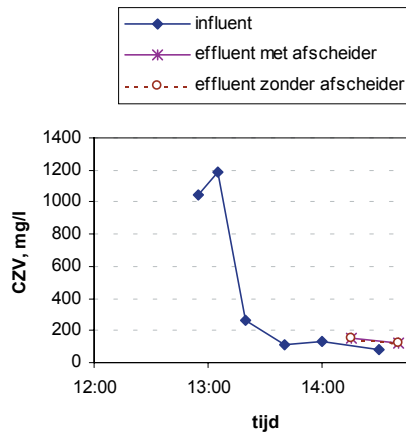
Overstorting nr. 2	CZV, mg/l			zwevende stof, mg/l		
	influent	effluent		influent	effluent	
		met	zonder		met	zonder
				94		
	99			66		
	882			572		
	204			180		
	76		221	76	102	75
Gemiddelde	315		221	224	102	75



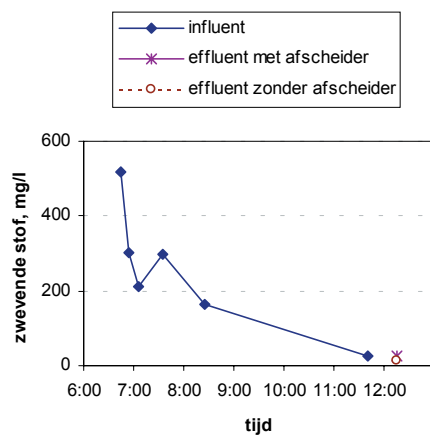
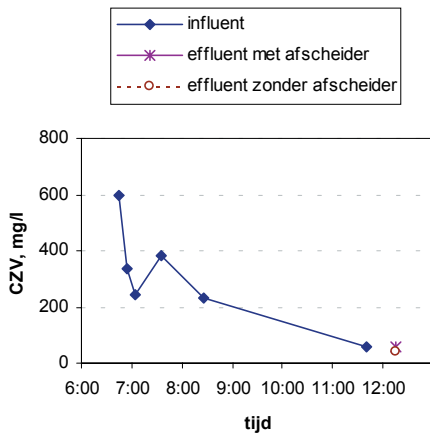
Overstorting nr. 3	CZV, mg/l			zwevende stof, mg/l		
	influent	effluent		influent	effluent	
		met	zonder		met	zonder
	153	44	42	80	9	66
	286	44	52	119	9	24
	458	41	111	164	24	40
	244	212	277	89	71	97
	285	85	121	113	28	57
Gemiddelde	315		221	224	102	75



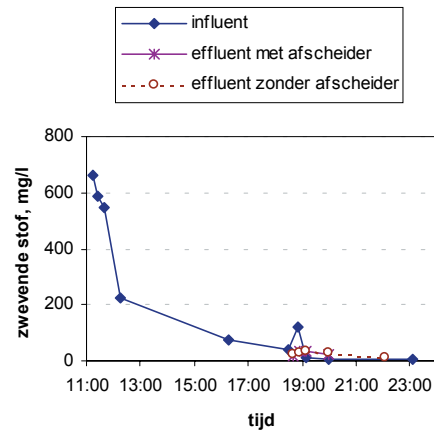
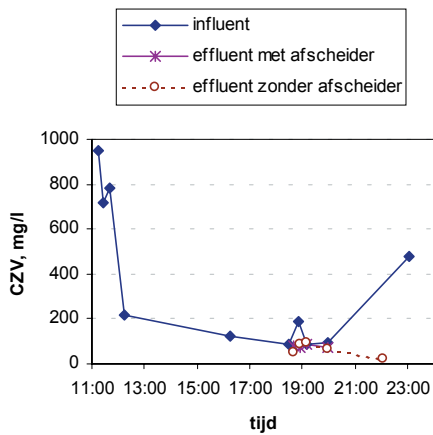
Overstorting nr. 4	CZV, mg/l			zwevende stof, mg/l		
	influent	effluent		influent	effluent	
		met	zonder		met	zonder
	1040			863		
	1190			667		
	263			193		
	107			92		
	136	155	149	70	76	68
	77	120	119	51	63	61
Gemiddelde	469	138	134	323	70	65



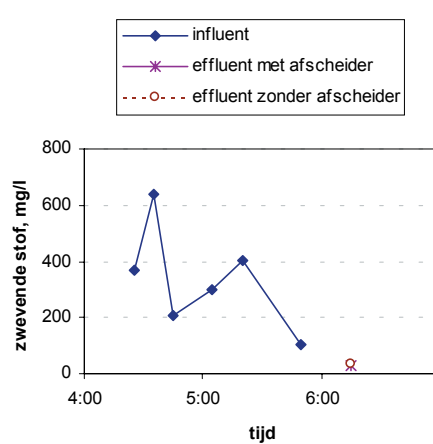
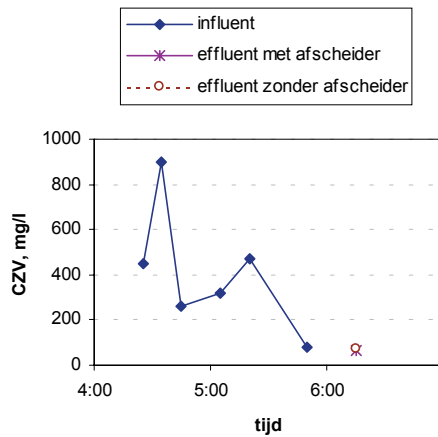
Overstorting nr. 5	CZV, mg/l			zwevende stof, mg/l		
	influent	effluent		influent	effluent	
		met	zonder		met	zonder
	595			516		
	335			301		
	245			210		
	380			296		
	230			165		
	59	56	40	27	25	14
Gemiddelde	307	56	40	253	25	14



Overstorting nr. 6	CZV, mg/l			zwevende stof, mg/l		
	influent	effluent		influent	effluent	
		met	zonder		met	zonder
	950			662		
	720			587		
	785			544		
	220			223		
	121			73		
	89		51	40		23
	191	82	5184	122	20	29
	84	74	8497	12	35	35
	93	87	9768	5	32	26
	475	70	6820	7	24	12
Gemiddelde	373	78	64	228	28	25



Overstorting nr. 7	CZV, mg/l			zwevende stof, mg/l		
	influent	effluent		influent	effluent	
		met	zonder		met	zonder
	450			369		
	895			640		
	260			209		
	320			298		
	470			402		
		63	75	105	27	36
Gemiddelde	413	63	75	337	27	36



## BIJLAGE B

## KJELDAHL-STIKSTOF EN CHLORIDE

Overstorting nr. 1	Kj-stikstof, mg/l			chloride, mg/l		
	influent	effluent		influent	effluent	
		met	zonder		met	zonder
	26.0			41		
	24.0			26		
	18.0			20		
	14.0			15		
	8.5			14		
	5.4			12		
	5.0	6.3	5.3	12	12	10
	6.2	7.4	6.2	12	15	12
	5.5	6.2	6.0	10	13	12
Gemiddelde	12.5	6.6	5.8	18	13	11

Overstorting nr. 2	Kj-stikstof, mg/l			chloride, mg/l		
	influent	effluent		influent	effluent	
		met	zonder		met	zonder
	8.8			12		
	8.7			14		
	21.0			13		
	9.1			12		
	6.3	11.0	8.8	10	14	13
Gemiddelde	11.3	11.0	8.8	12.3	14	13

Overstorting nr. 3	Kj-stikstof, mg/l			chloride, mg/l		
	influent	effluent		influent	effluent	
		met	zonder		met	zonder
	14.0	6.8	6.2	36	22	19
	19.0	7.1	9.6	39	23	25
	18.0	8.3	13.0	42	25	30
	12.0	13.0	13.0	33	32	32
Gemiddelde	15.8	8.8	10.5	38	26	27

Overstorting nr. 4	Kj-stikstof, mg/l			chloride, mg/l		
	influent	effluent		influent	effluent	
		met	zonder		met	zonder
	21.0			19		
	23.0			16		
	11.0			13		
	11.0		10.0	10		
				10	18	16
				10	15	15
Gemiddelde	16.5		10.0	13	17	16

Overstorting nr. 5	Kj-stikstof, mg/l			chloride, mg/l		
	influent	effluent		influent	effluent	
		met	zonder		met	zonder
	19.0			17		
	13.0			12		
	2.7			14		
	13.0			11		
	11.0			11		
	2.3	1.5	1.3	9	7	9
Gemiddelde	10.2	1.5	1.3	12	7	9

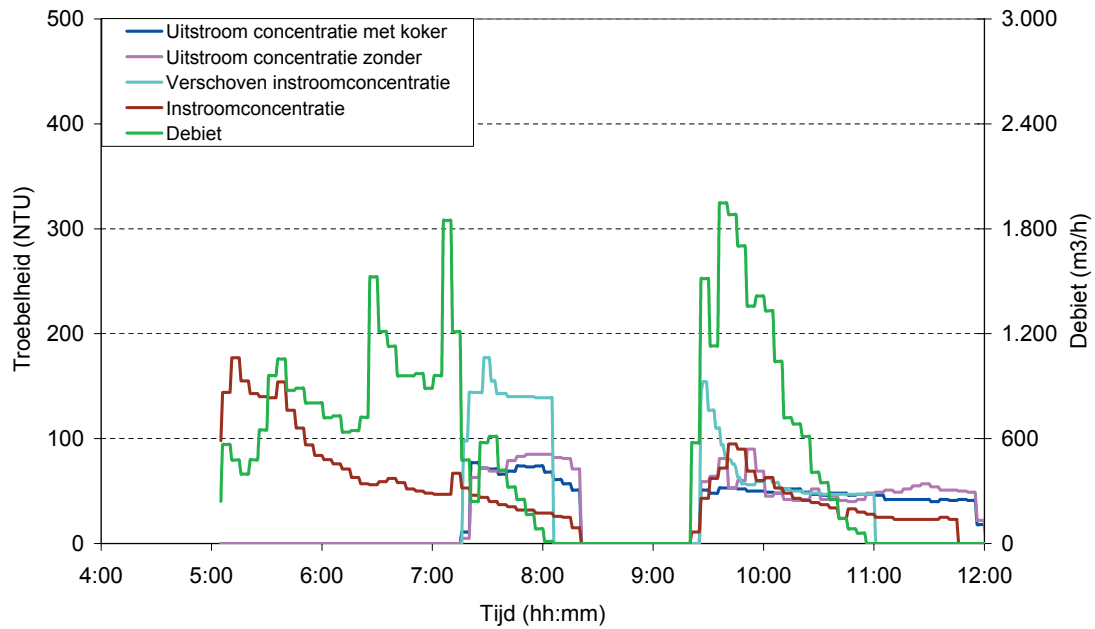
Overstorting nr. 6	Kj-stikstof, mg/l			chloride, mg/l		
	influent	effluent		influent	effluent	
		met	zonder		met	zonder
	26.0			11		
	21.0			12		
	25.0			12		
	13.0			11		
	10.0			12		
	9.4	7.5	7.6	15	12	10
	9.3	10.0	9.6	11	15	15
	4.5	9.6	10.0	10	14	17
	2.5	7.6	6.8	5	12	13
	7.8		3.1	5		8
Gemiddelde	12.9	8.7	7.4	12	13	13

Overstorting nr. 7	Kj-stikstof, mg/l			chloride, mg/l		
	influent	effluent		influent	effluent	
		met	zonder		met	zonder
	14.0			9		
	20.0			8		
	11.0			6		
	11.0			10		
	14.0			10		
	5.9	3.7	5.5	11	6	5
Gemiddelde	12.7	3.7	5.5	9	6	5

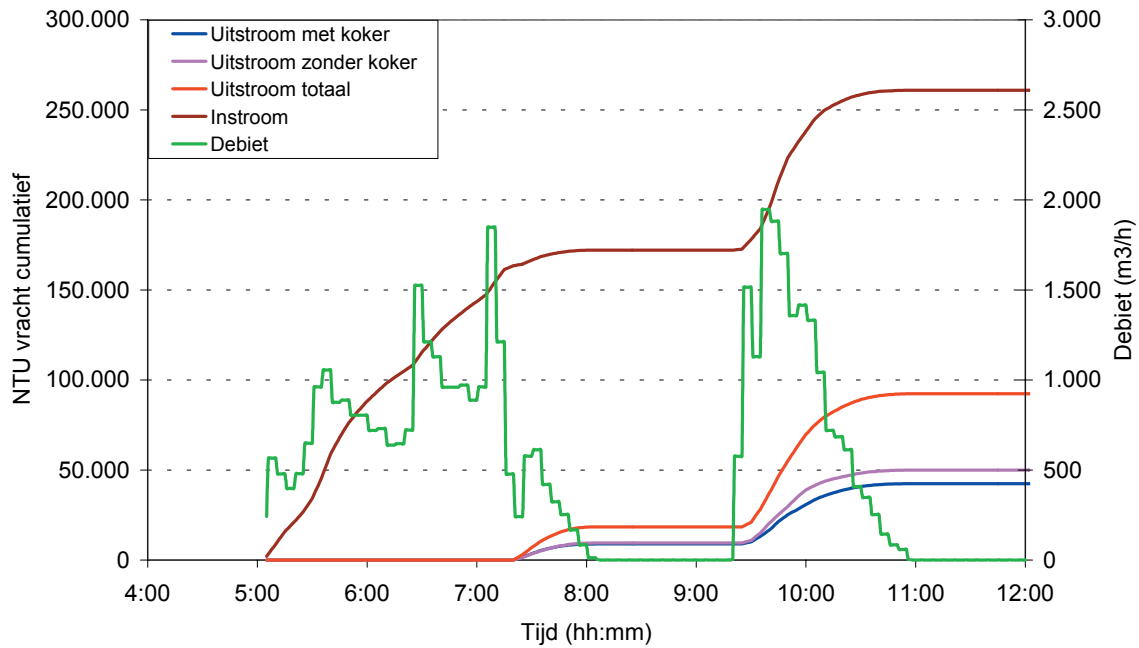
BIJLAGE C

# VRACHTEN VOLGENS VERBLIJFTIJDENMODEL

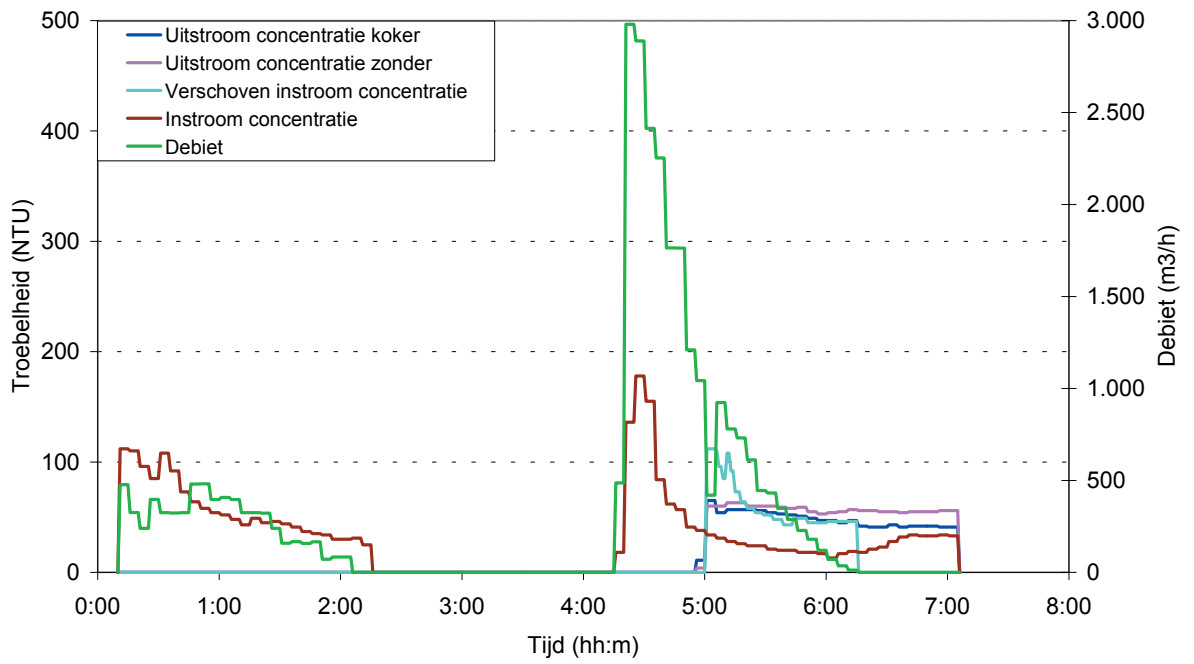
Bui 1, 5 augustus 2001



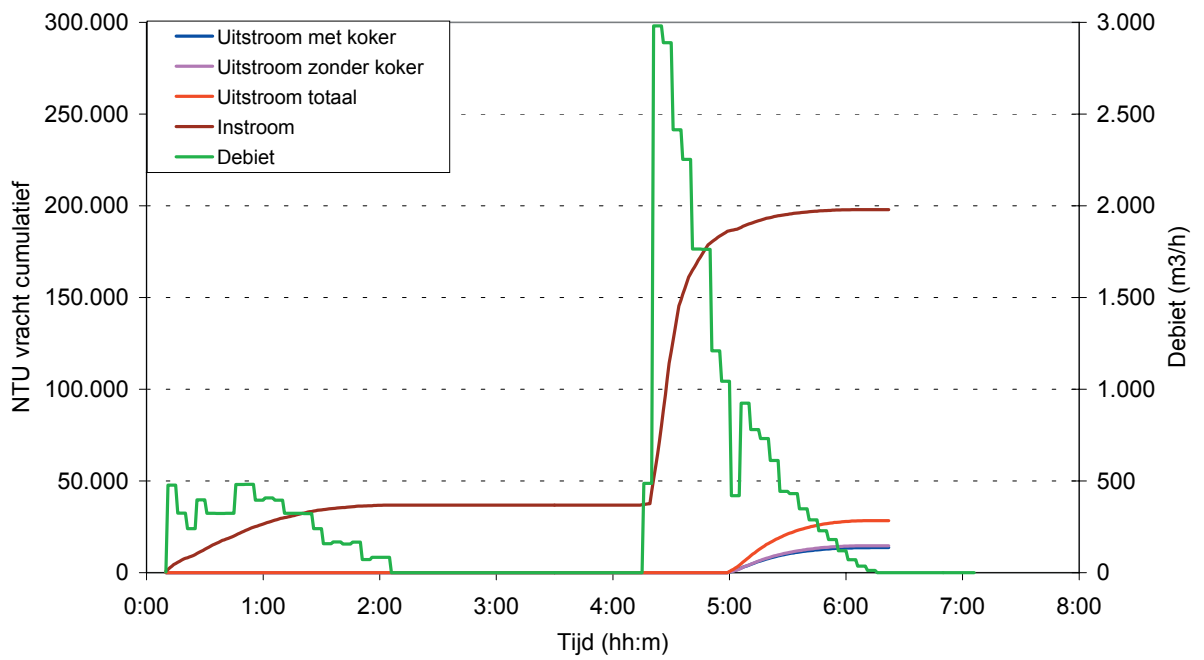
Bui 1, 5 augustus 2001



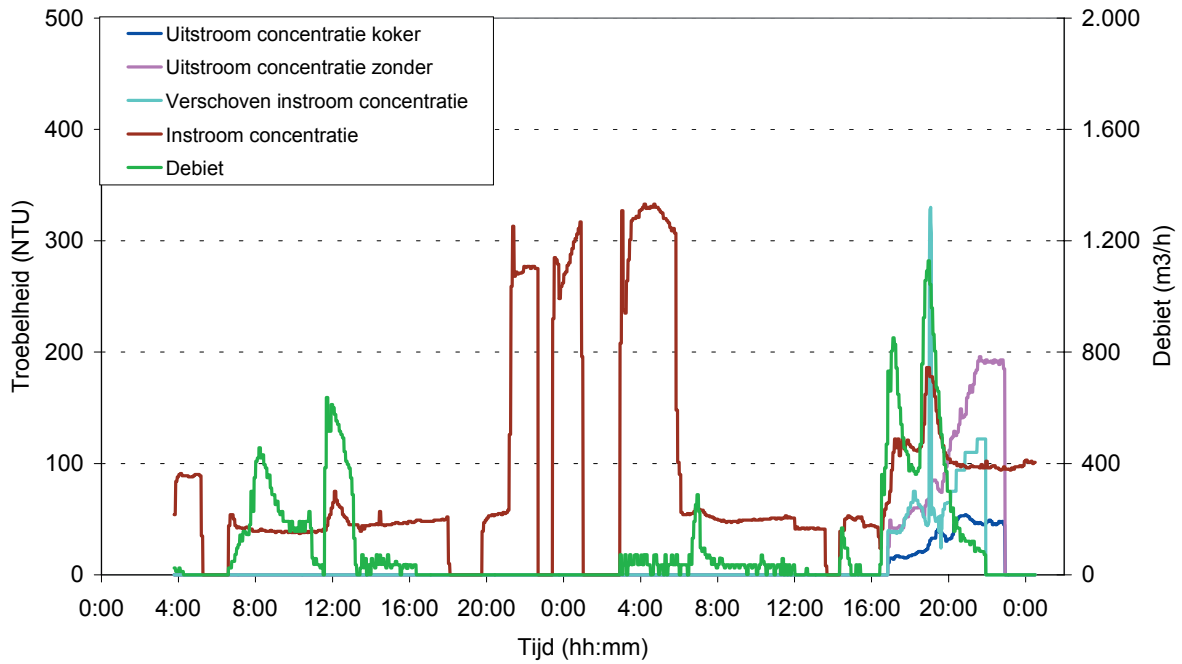
Bui 2, 19 augustus 2001



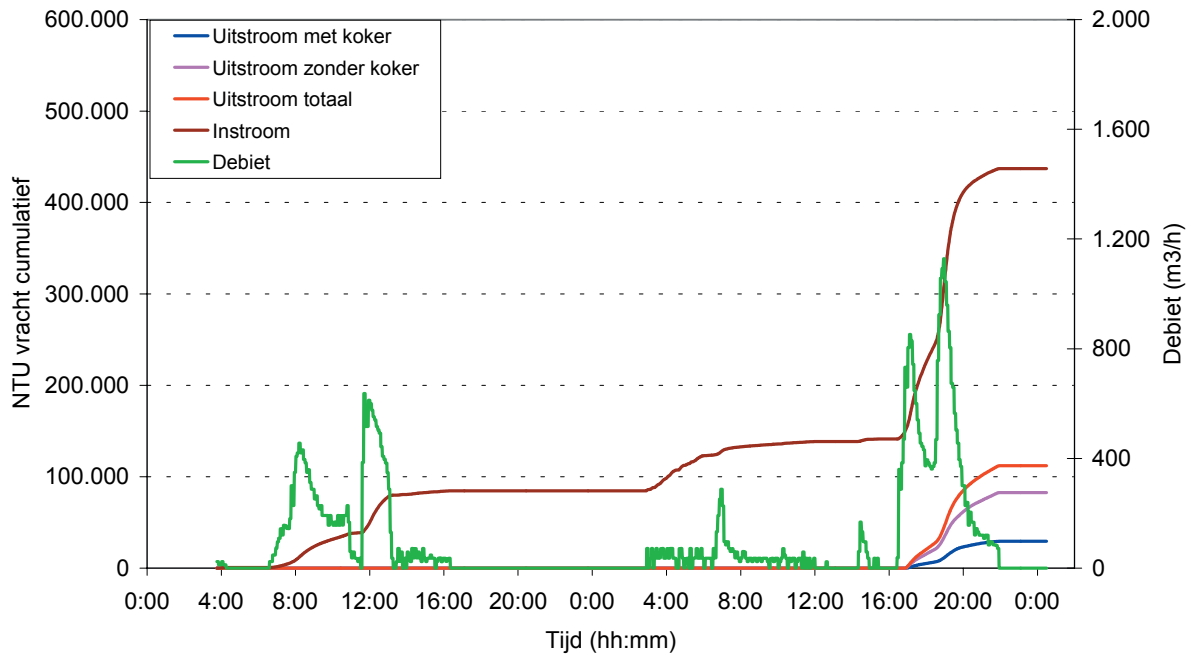
Bui 2, 19 augustus 2001



Bui 3, 16 en 17 September 2001

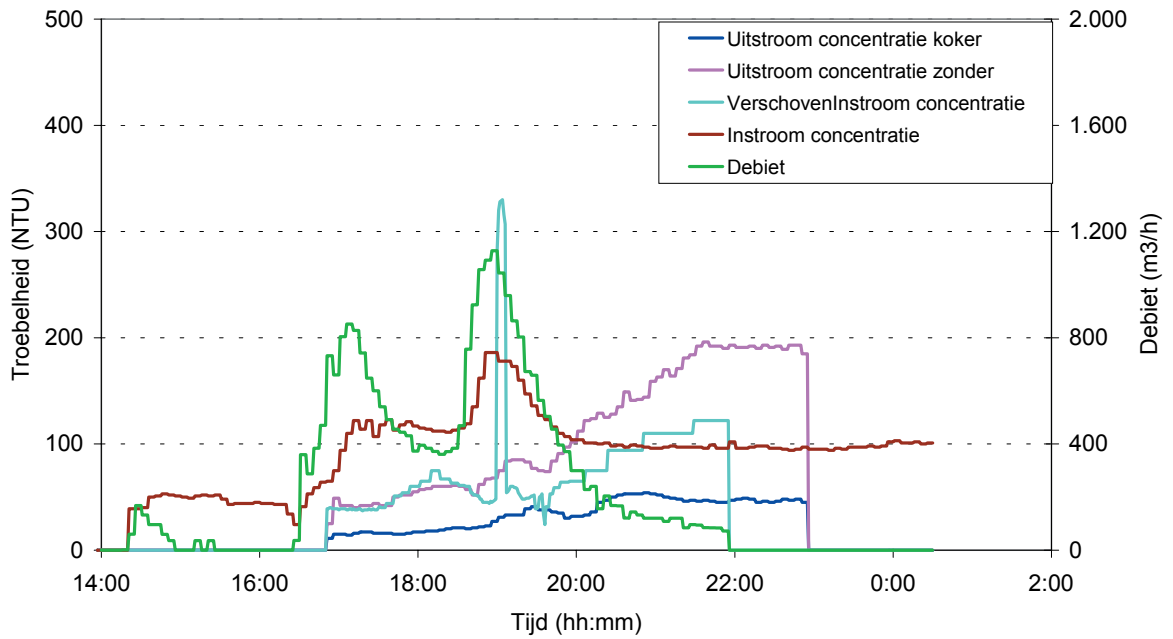


Bui 3, 16 en 17 September 2001

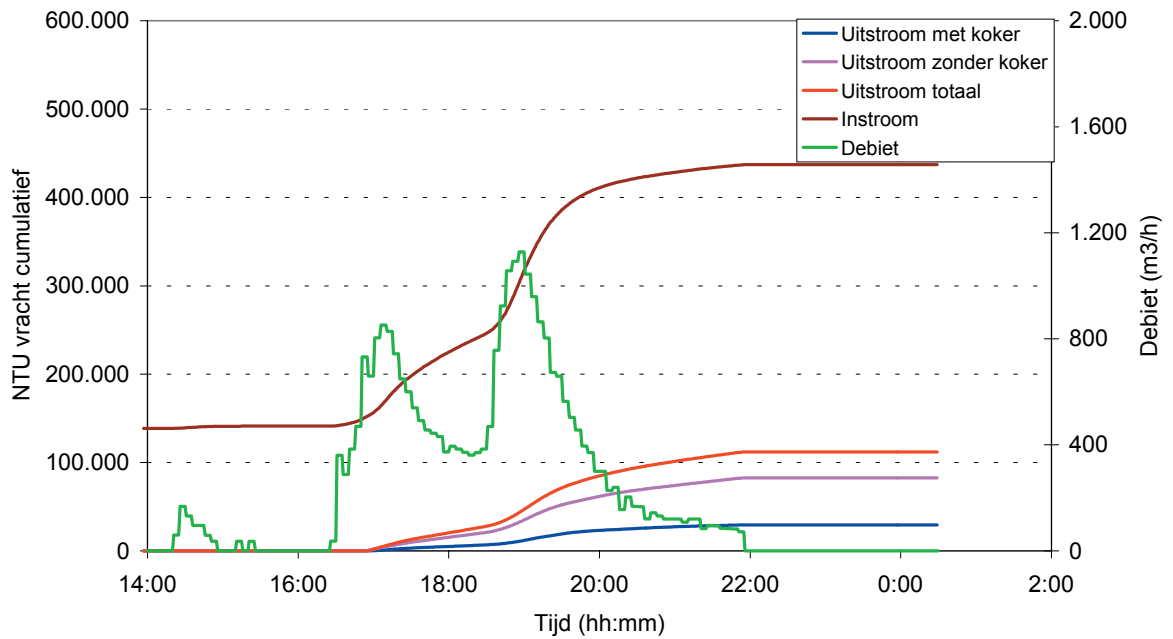




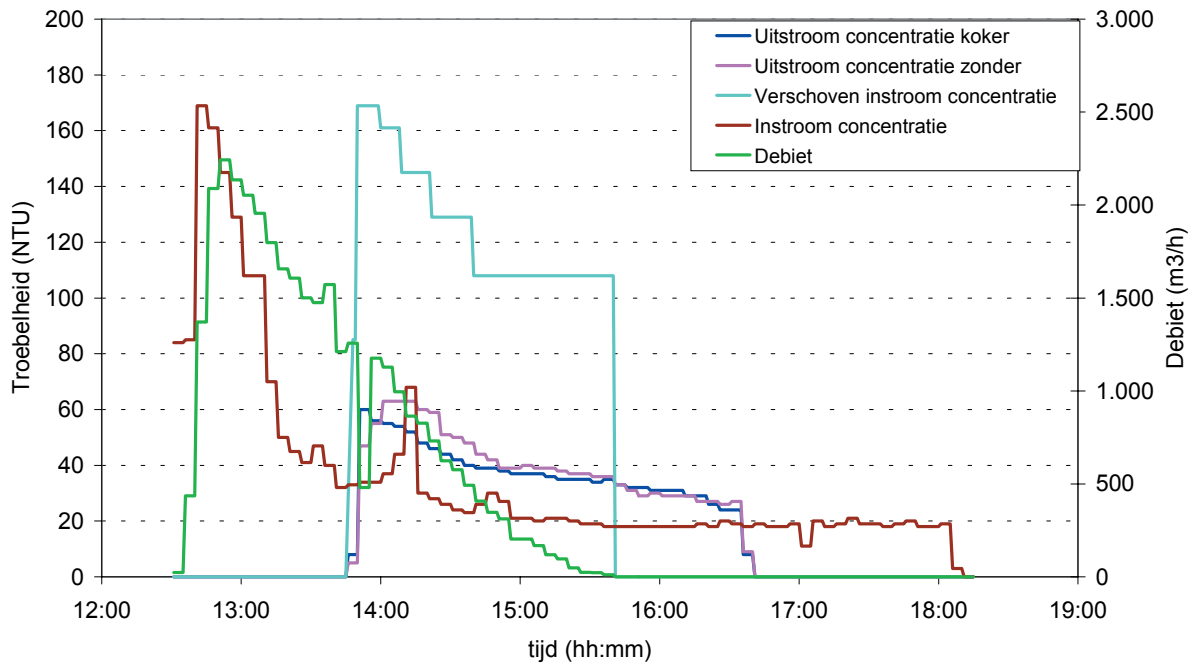
Bui 3, 17 September 2001



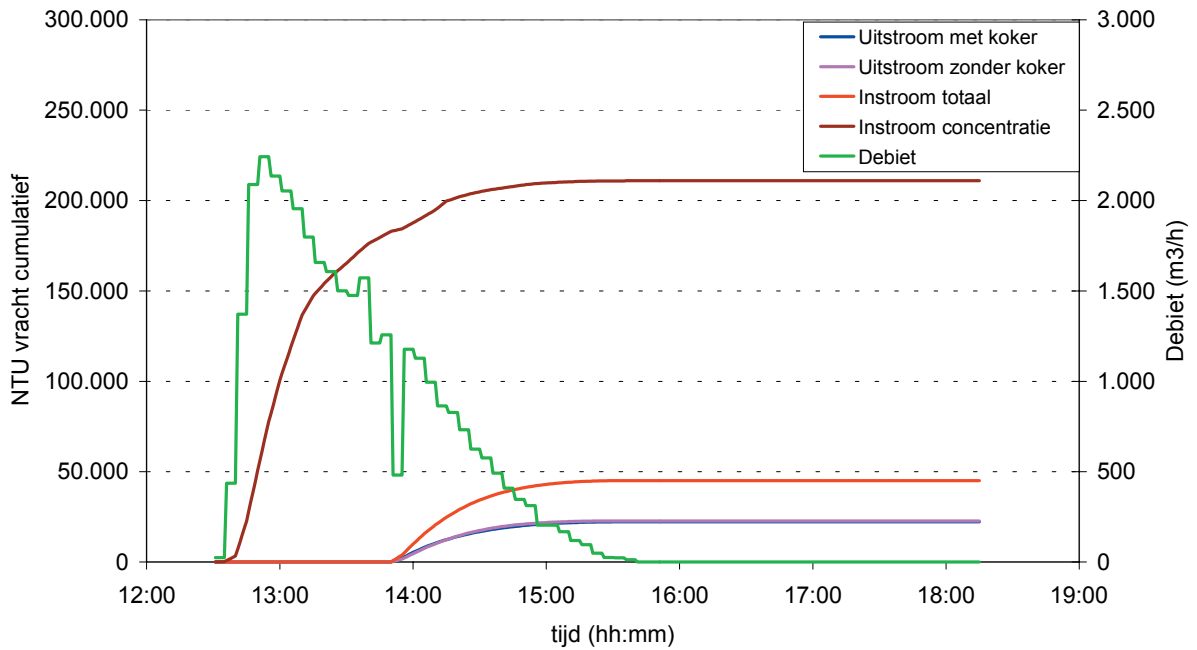
Bui 3, 17 September 2001



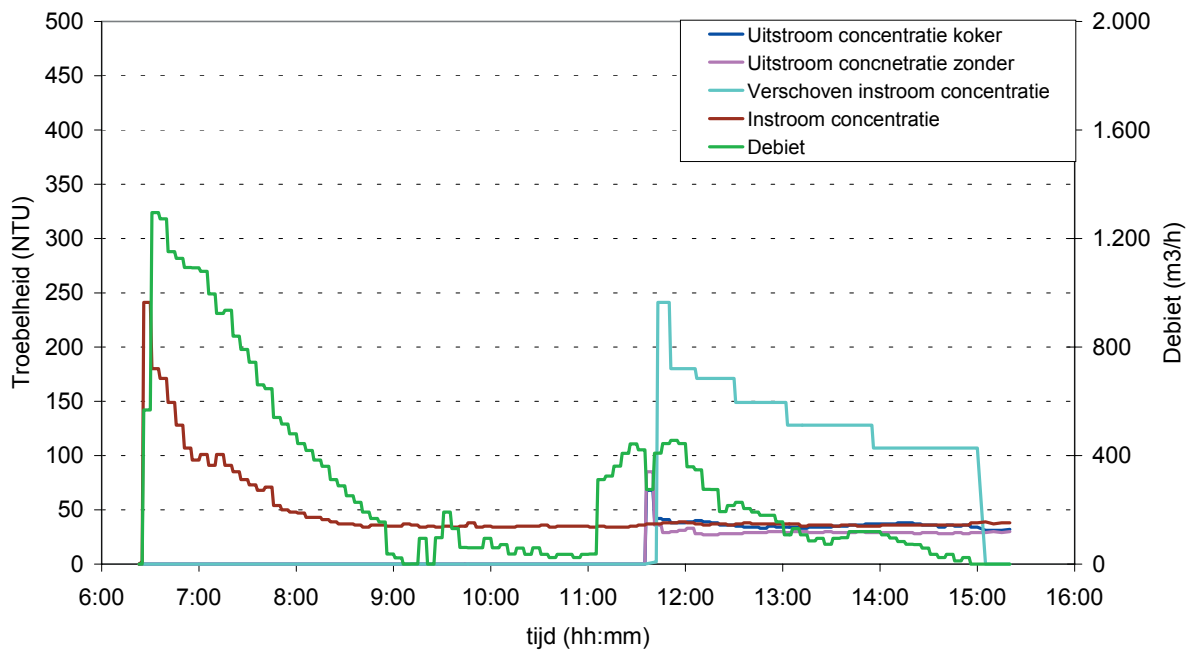
Bui 4, 2 oktober 2001



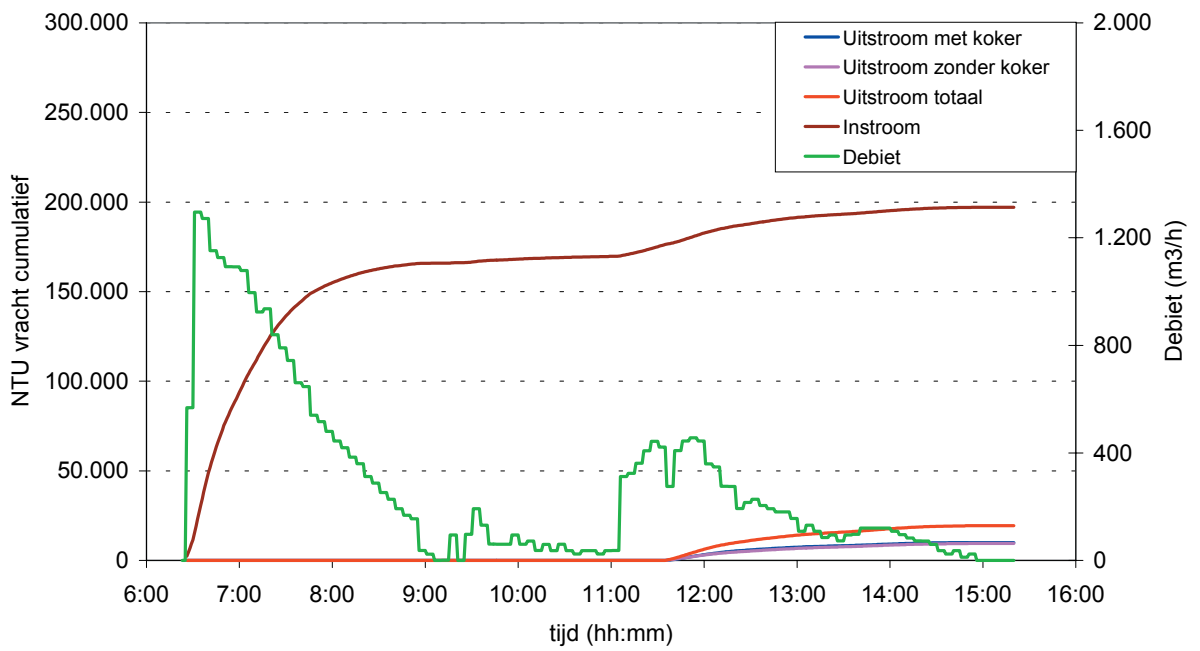
Bui 4, 2 oktober 2001



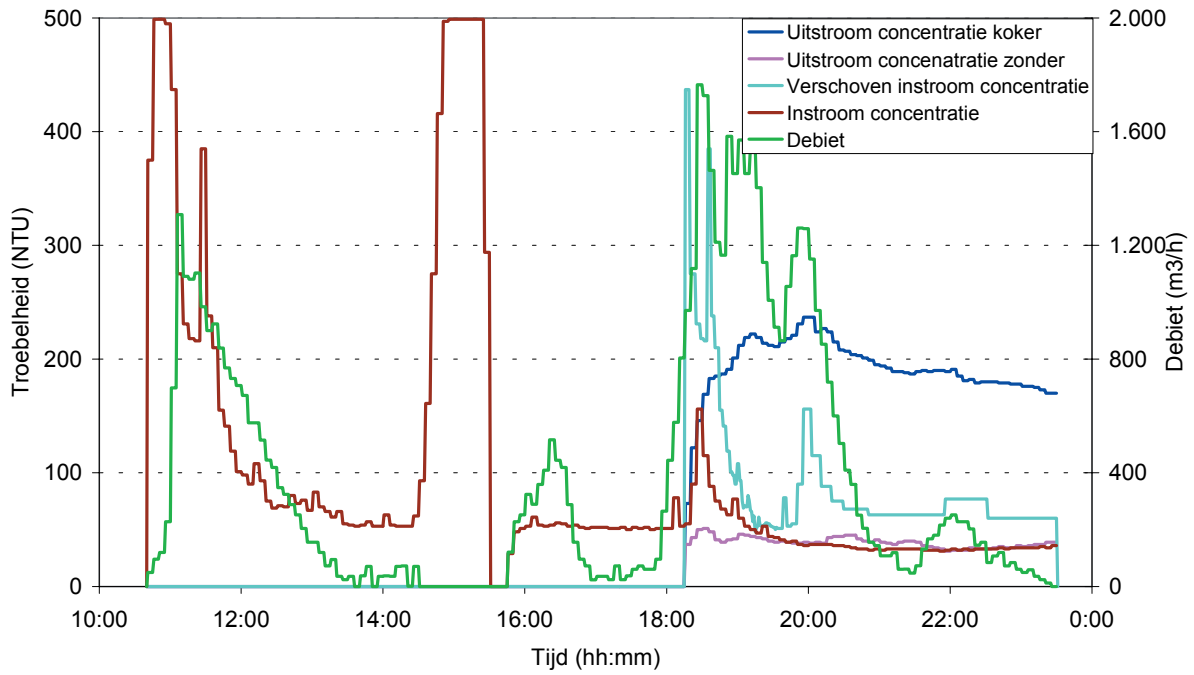
Bui 5, 5 augustus 2002



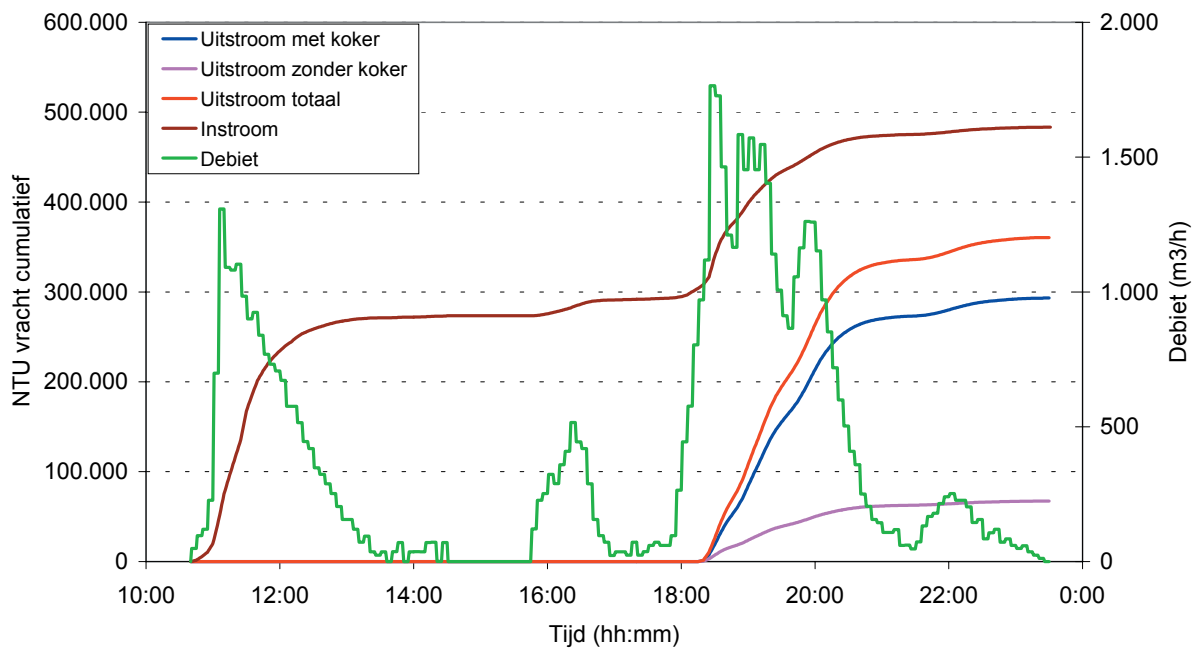
Bui 5, 5 augustus 2002



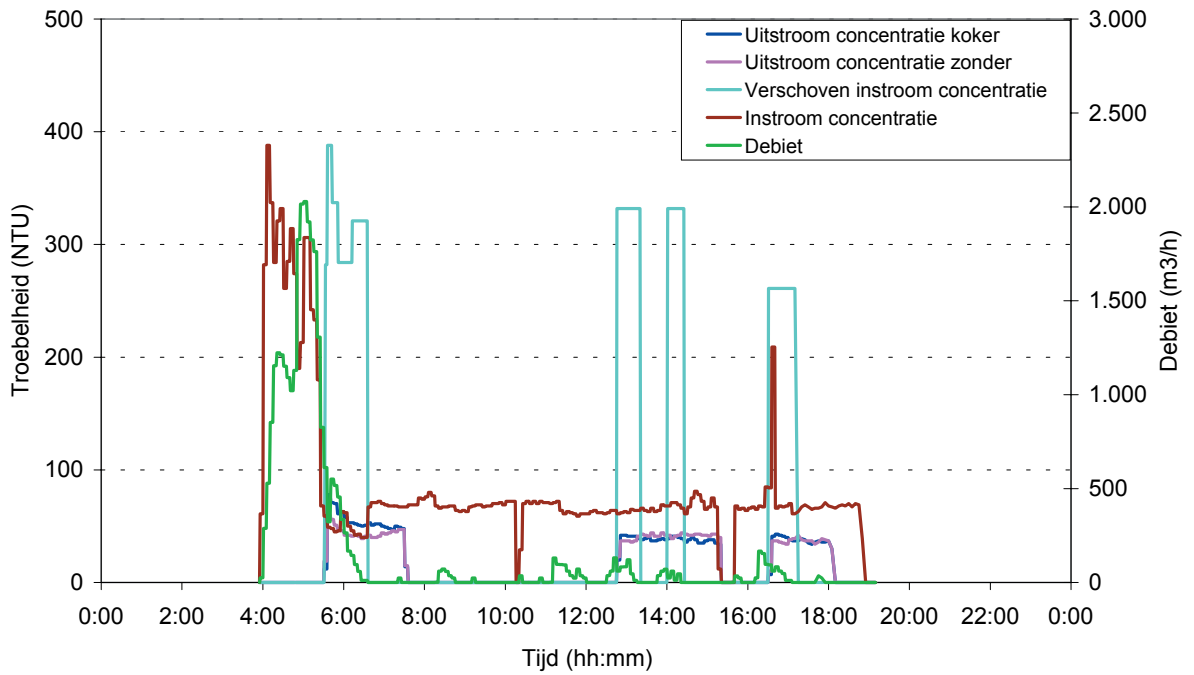
Bui 6, 20 augustus 2002



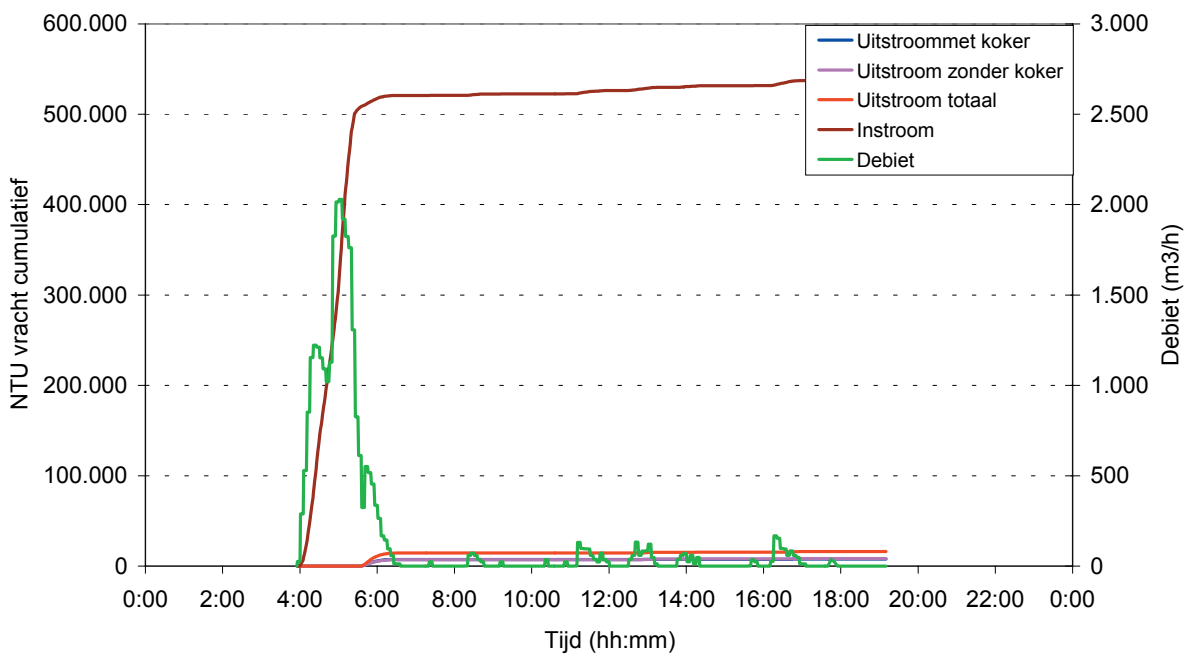
Bui 6, 20 augustus 2002



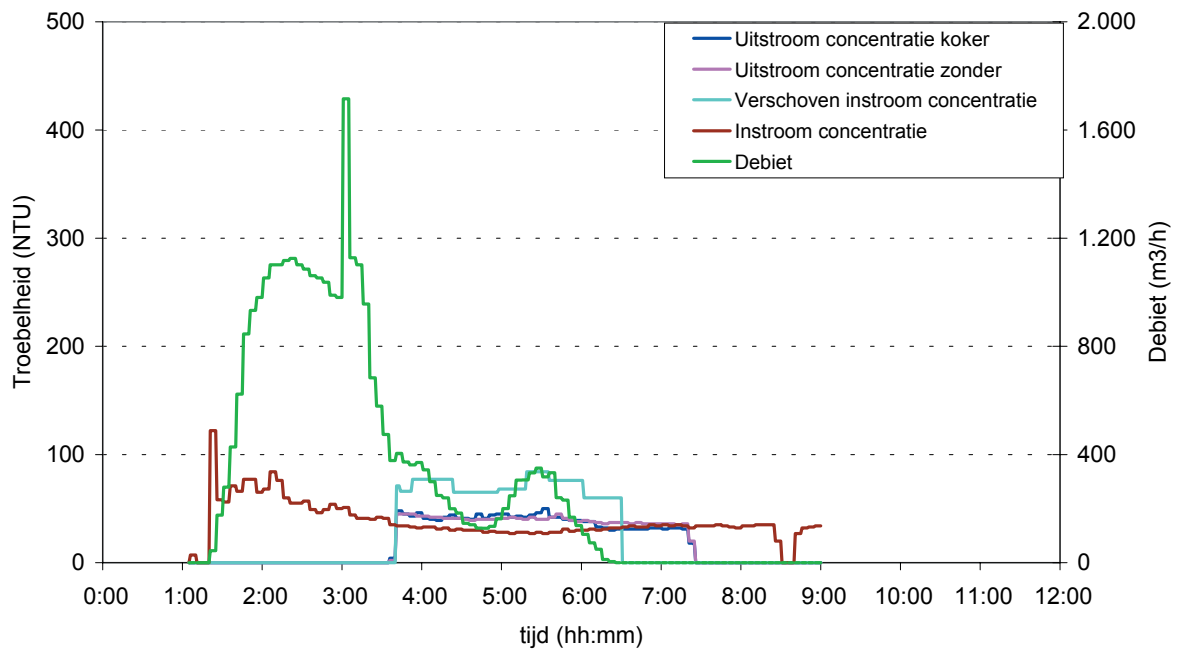
Bui 7, 18 oktober 2002



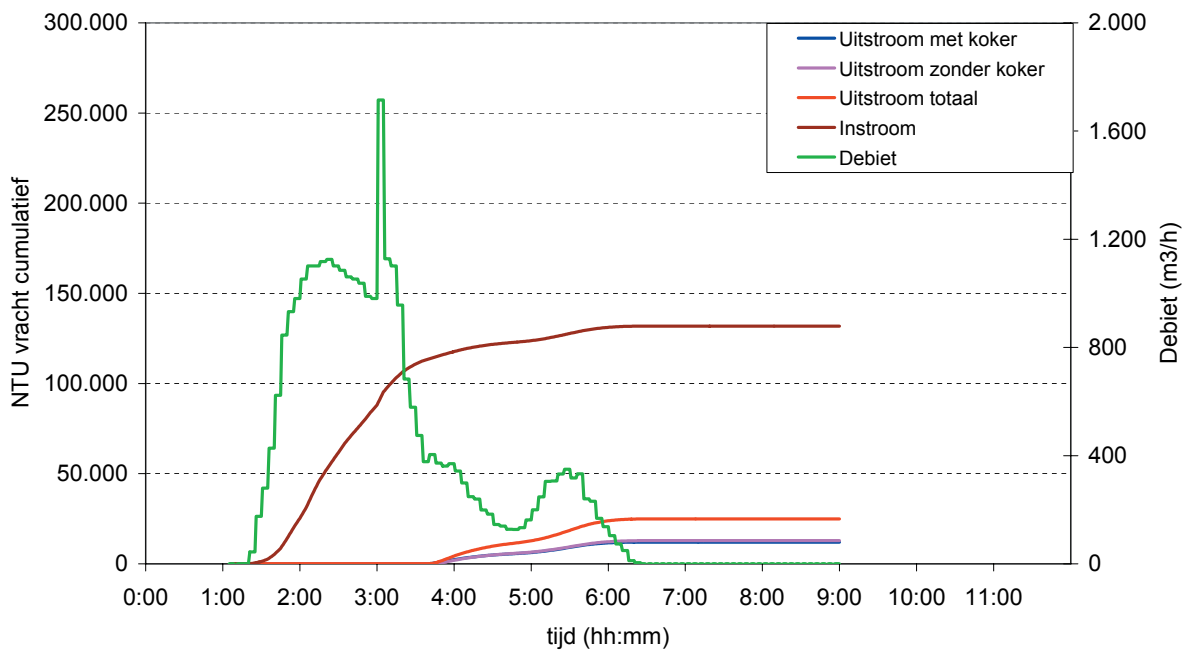
Bui 7, 18 oktober 2002



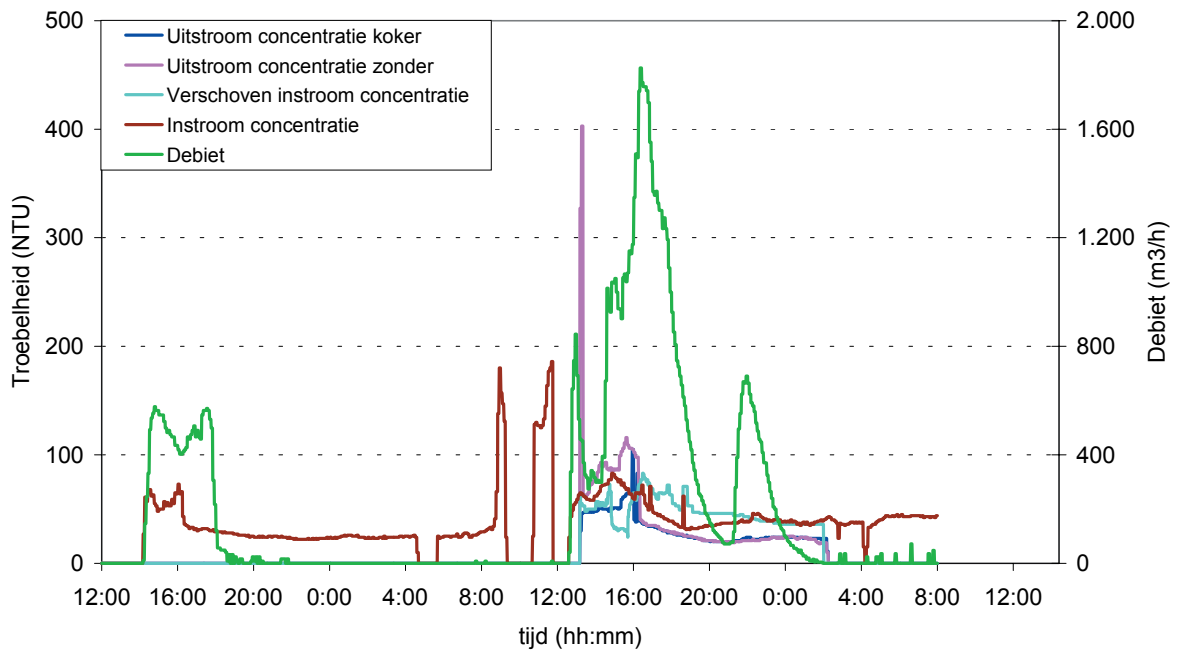
Bui 8, 30 december 2002



Bui 8, 30 december 2002



Bui 9, 2 januari 2003



Bui 9, 2 januari 2003

