

Berging contra overcapaciteit

Invloed van bergingsreservoirs op riolering, zuiveringsinstallatie en ontvangend water in een hellend gebied.

1. Inleiding

In deze bijdrage wordt een verslag gegeven van een praktijkstudie, in het kader van de sanering van het Wormgebied (Z.L.).

Met deze aanhef is reeds een karakterisering van de uitwerking van het onderwerp gegeven, nl. door de aanduiding „praktijkstudie”.

De uitvoering van een praktijkstudie is onderworpen aan een aantal vaststaande uitgangspunten, en dient uit te monden in conclusies, die rechtstreeks vertaald kunnen worden in concrete zaken, in dit geval: riolen, bergbassins en rioolwaterzuiveringsinrichtingen.

In een gegeven situatie moeten, onder voortdurende toetsing aan technische en economische mogelijkheden, wetenschappelijke en praktische gegevens worden ingebracht. Dit leidt tot een selectie, vertaling en keuze die, door de aard van de onderhavige materie, vaak arbitrair — en vrijwel altijd aanvechtbaar! — gedaan moet worden.

De inbreng van deze gegevens dient zodanig te zijn, dat een variatie van de te beïnvloeden factoren een inzicht geeft in de mogelijkheden, die gerealiseerd kunnen worden. Uit deze mogelijkheden kan dan een keuze worden gedaan.

2. Het kader van de studie

In het midden van de vorige eeuw waren de Worm en haar zijbeken nog het domein van de forel. Ongerept natuurgebied en kristalhelder water waren toen nog een vanzelfsprekendheid.

De opkomst van de mijnindustrie en de daarmee samenhangende bevolkingstoename brachten hier echter verandering in. De beken in dit mijngebied kregen naast het water van de kolenwasserijen steeds groter worden de hoeveelheden stedelijk afvalwater te verwerken, thans ook in toenemende mate vermeerderd met grote hoeveelheden regenwater van de verharde industrieterreinen en het industriële afvalwater.

Bovendien werd de afvoercapaciteit als gevolg van mijnverzakking en afzettingen van mijn- en rioolslib sterk

verminderd, zodat overstromingen veelvuldiger optraden en hier en daar slibmoerassen ontstonden. Dit ging gepaard met stankbezwaren en gevaren voor de volksgezondheid.

Het is begrijpelijk, dat deze problemen om een oplossing vroegen.

Voorts is op 8 april 1960 een grensverdrag gesloten tussen Nederland en West-Duitsland, waarin t.a.v. de grenswateren, wederzijdse verplichtingen werden aangegaan. De partijen zijn hierin overeengekomen om binnen redelijke termijn alle maatregelen te treffen ter voorkoming van overmatige vervuiling van de grenswateren. Dit grensverdrag trad op 1 aug. 1963 in werking.

In het Nederlandse stroomgebied van de Worm zijn een 5-tal gemeenten geleden, nl. Eygelshoven, Kerkrade, Nieuwenhagen, Schaesberg en Ubach over Worm.

In 1968 kwam de gemeenschappelijke regeling Zuiveringschap Worm tot stand, waarna met de sanering van het gebied daadwerkelijk kon worden aangevangen.

3. Waterstaatkundige en geografische gegevens

De Worm ontspringt in Duitsland, ten oosten van Aken in de omgeving van de dorpen Eilendorf en Brand, en stroomt, gevoed door enkele zijbeken, bij Haanrade Nederland binnen. Hier wordt het stroomgebied mede gevormd door de Anselder beek met zijbeken, waaronder de Streythager beek. Als grensrivier stroomt de Worm daarna in noordelijke richting en verlaat bij Rimborg ons land, om uiteindelijk bij Stoch in de Roer uit te monden.

De Anselderbeek ontspringt in Duitsland bij Richterich. De Bleyerheiderbeek, een grensbeekje, mondt er op uit en stroomafwaarts nog de Crombacherbeek, de Vloedgraaf en bij Eygelshoven de deels overkluisde Streythagerbeek. Ten zuiden van de mijn Julia stroomt daarna de eveneens overkluisde Anselderbeek in de Worm.

De Streythagerbeek ontspringt in Ter-

winselen en stroomt in Eygelshoven in de overkluisde Anselderbeek.

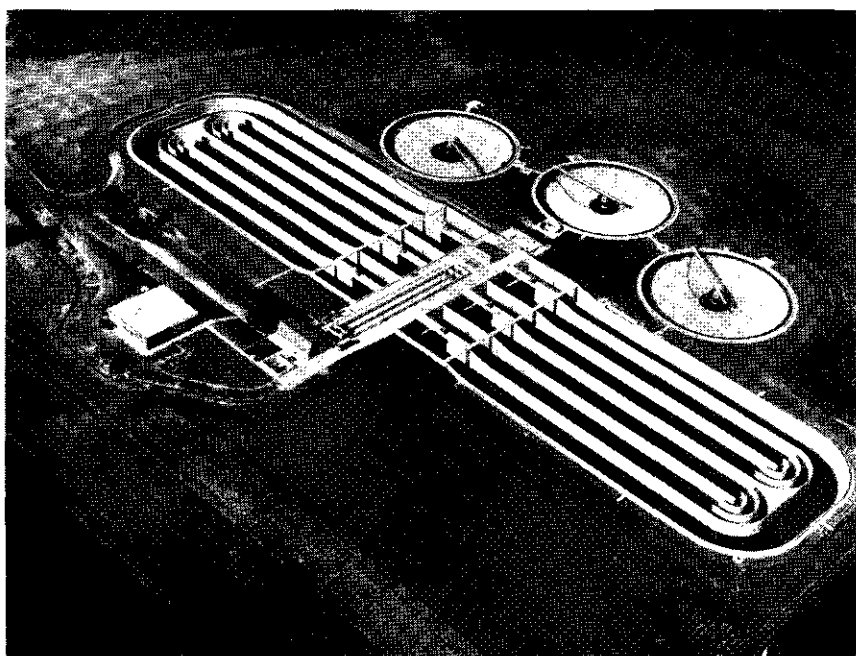
De voorgenomen kanalisering van de Worm heeft een maximaal toelaatbaar debiet als grondslag. Dit betekent, dat voor het Nederlandse stroomgebied de afvoer moet worden gereguleerd, omdat door de toename van verhard oppervlak, voornamelijk als gevolg van de industrieterreinen, de waterhoeveelheden bij regen aanzienlijk zullen toenemen. Deze regulering is mede vereist om de overstromingen in het laaggelegen Eygelshoven, waar de afvoer door overkluisingen wordt beperkt, tot een aanvaardbare frekwentie terug te brengen.

De voor deze regulering benodigde buffers, in de vorm van stuwmuren, zijn daarom bovenstrooms van Eygelshoven geprojecteerd in het dal van de Anselder- en Streythagerbeek.

Om geografische en landschappelijke redenen werden hiervoor de dalen direct bovenstrooms van de spoorlijn Heerlen-Kerkrade gekozen. Gezien de kwetsbare landschappelijke situatie in één van de weinig groene zones in dit gebied, werd aan de vormgeving van het stuwmeer in de Anselderbeek grote aandacht besteed.

Zowel de Anselder- als de Streythagerbeek passeren via duikers de spoorlijn Heerlen-Kerkrade. De spoorlijn, die op verscheidene plaatsen in ophogingen van meer dan 20 m ligt, de dichte bebouwing in de gemeente Eygelshoven en de beekoverkluisingen vormen een geduchte barriere voor de aanleg van stamriolen. Daarom zijn voor het gebied van de Worm twee rioolwaterzuiveringsinstallaties ontworpen, t.w. één te Kaffeberg voor het gebied samenvallend met het stroomgebied van de Anselderbeek en de Streythagerbeek tot aan de spoorlijn en één te Rimborg voor de rest van het gebied.

De huidige rioolstelsels lozen uiteindelijk allen op de Worm en de genoemde zijbeken. Een logisch trace voor de nieuwe stamriolen was het volgen van de Worm en deze zijbeken, zodat de huidige lozingen konden worden aangesloten en het verhang van de beekdalen kon worden benut. Bovendien konden de afmetingen van de stamriolen worden beperkt, omdat bij regen een directe overstort op de beken mogelijk was.



Afb. 1 - De rioolwaterzuiveringsinstallatie te Kaffeberg, gereed voor de ingebruikstelling.

4. Uitgangspunten en begrenzing van de studie

Zoals reeds vermeld, leidden de technische en economische voorstudies in het saneringsplan tot een tweedeling van het Wormgebied.

Inventarisatie van het inwonertal en het onderzoek naar de vervuiling van de industrieën leverden, tesamen met de toekomstprognoses, de ontwerpbelasting van de rioolwaterzuiveringsinstallaties.

De installatie te Kaffeberg (afb. 1) diende een capaciteit van 150.000 i.e. te hebben, en de installatie te Rimborg een capaciteit van 75.000 i.e.

Op grond van economische en zuiveringstechnische gronden werd als zuiveringstelsel de oxydatiesloot type Carrousel gekozen. Voor de slibbehandeling werd een gemeenschappelijke verwerking gekozen, gelegen nabij de zandgroeven te Abdissenbosch, waar het ontwaterde slib, samen met huisvuil, dienstbaar kon worden gemaakt aan de herstructurering van dit, door de zandwinning nogal beschadigde, gebied.

Voor de bepaling van de watercapaciteit van de rioolwaterzuiveringsinstallaties dienden zich de volgende gegevens aan:

- a. De rioleringen zijn uitgevoerd als gemengd stelsel. De afvoercapaciteit is berekend op 90 l/sec. ha verhard oppervlak. De droog-weer-afvoer (dwa) is ca. 1 % hiervan.
- b. Het gebied is, althans voor de

Nederlandse begrippen, nogal geaccidenteerd.

- c. Noch in de rioleringen, noch in de transportriolen kon berging worden verkregen.
- d. Het enige oppervlaktewater, waarop overstortingen kunnen plaats vinden, zijn de kleine beekjes.
- e. De genoemde stuwmeren ter regulering van de afvoeren en voor de opheffing van de gevolgen van de mijnverzakkingen, moesten tevens dienstbaar zijn aan de recreatie.

Als regen-weer-afvoer (rwa) werd, analoog aan het gestelde in het verdrag over de grensoverschrijdende wateren, 5 maal de dwa voorgestaan. Hiervan zou tot 2 maal de dwa biologisch gezuiverd moeten worden en het meerdere tot 5 maal de dwa alleen aan bezinking worden onderworpen.

In deze oplossing herkent men de benadering, die vroeger ook voor het vlakke deel van Nederland werd voorgestaan. Basis hiervan is de verdunningstheorie, welke 15 à 20 jaar geleden voor het vlakke deel van Nederland werd verlaten, maar voor dit hellend gebied nog aanvaardbaar werd geacht.

De twijfel aan de juistheid van dit standpunt leidde tot de onderhavige studie, waarbij de samenhang tussen berging, overcapaciteit, hoeveelheid overstortend water en de hiermee gepaard gaande vervuiling van het oppervlaktewater in oenschouw werd genomen.

Om dit te kunnen doen, moesten allereerst twee belangrijke factoren worden vastgesteld, nl. de kwaliteit en de kwantiteit van het overstortwater.

5. De kwaliteit van het overstortwater

5.1 De verdunningstheorie

Bij de verdunningstheorie wordt er van uitgegaan, dat de vervuiling van het overstortwater omgekeerd evenredig zal zijn met de verdunning die de dwa door het regenwater heeft ondergaan.

In de praktijk blijkt de vervuiling echter veel groter te zijn. Het gehalte aan slibstoffen in het overstortwater kan zelfs het gehalte in de dwa aanzienlijk overtreffen.

Deze afwijking tussen theorie en praktijk wordt veroorzaakt door het achterblijven van slib in de riolering tijdens de dwa. De invloed van straatvuil is ten opzichte hiervan gering. De vervuilinggraad van het overstortwater blijkt o.m. afhankelijk te zijn van:

- De tijd verlopen tussen de optredende regenbui en de vorige. In een lange periode zonder regen blijkt zich slib in het stelsel te verzamelen.
- Het ogenblik van de dag waarop de overstort optreedt, midden overdag een grotere vervuiling dan 's nachts, doordat de hoeveelheid afvalwater in het riool groter is.
- De intensiteit van de regenbui, een zware regenbui woelt meer slib op.
- De tijd verlopen na het begin van de overstort. In het begin is de vervuiling het grootst.

Gesteld werd nu, dat in de naar Nederlandse begrippen sterk hellende riolen in Zuid-Limburg, geen of weinig slib zou achterblijven, waardoor de verdunningstheorie hier nog toegepast zou kunnen worden.

Hiertegen kan een aantal bezwaren worden ingebracht. Hoewel het verhang van de hoofdriolen en de daarin optredende gelijkmatige afvoer slibafzettingen zullen beperken, betekent dit niet dat dit voor het gehele stelsel opgaat. De bovenriolen, de huisaansluitingen en de riolen in straten die de hoogtelijn volgen, verkeren niet in deze gunstige omstandigheid. Voorts zullen, met name in het gebied van de Worm door mijnverzakking veel riolen geen ideale afvoer meer hebben. De hierin optredende stroomverlam-

mingen zullen ter plaatse slibafzettingen veroorzaken.

Er kon echter ook nog een belangrijk praktijkgegeven worden verkregen, waardoor een rechtstreekse toetsing mogelijk bleek.

In het betreffende gebied ligt de gemeente Nieuwenhagen, met ca. 8000 inwoners. Het gemengde rioolstelsel van deze gemeente loost via het stelsel van de aangrenzende gemeente Ubach over Worm, rechtstreeks op de Worm. De afvoercapaciteit, beschikbaar voor het stelsel van Nieuwenhagen is ca. 7 maal de dwa. Een aanvoer groter dan 7 dwa stort, via een overstortput, in een open bassin. Na afloop van de regenbui loopt het bassin weer leeg in de riolering.

De hoeveelheid slib, die zich in twee jaar tijds in het bassin had verzameld, overtrof de somberste verwachtingen. Een laag van ca. 20 cm dik, met een totaal volume van ca. 1500 m³, verspreidde, doordat het zich in een voortdurende toestand van rotting bevond, een hevige stank in de omgeving (afb. 2).

De gemiddelde helling in het rioolstelsel van Nieuwenhagen bedraagt ca. 1 : 70. Het bebouwde deel van de gemeente ligt geheel op de helling van een heuvel. Mijnverzakkingen komen hier vrijwel niet voor.

Bij een totaal verhard oppervlak van ca. 40 ha en een afvoer uit het stelsel van 7 dwa, valt te berekenen dat in twee jaar ongeveer 300 mm regen, overeenkomend met ca. 120.000 m³, moet zijn overgestort. Het gemiddelde slibgehalte van het overstortwater moet dan ca. 12,5 ml/l zijn geweest, terwijl dit voor de normale dwa 6 tot 9 ml/l bedraagt.

Met dit praktijkvoorbeeld voor ogen — en het recreatie-stuwmeer als indirecte ontvanger van overstortwater op de achtergrond — werd de toepassing van de verdunningstheorie, ook in dit hellende gebied, onjuist geacht.

5.2 Het onderzoek te Northampton

Een verdere bevestiging van dit standpunt werd gevonden in een, voor deze materie, bijzonder uitvoerig en gedegen onderzoek in de Engelse plaats Northampton.

Dit onderzoek werd door Gameson en Davidson in 1963 gepubliceerd. Het onderzoek was niet alleen interessant omdat hierbij een groot aantal gegevens over afvoeren en vervuiling in relatie tot elkaar verzameld werden, maar ook omdat het betreffende gebied grote overeenkomst vertoont met het Wormgebied.

Het terrein is vrijwel even sterk geaccidenteerd. De hellingen van de riolen liggen in dezelfde orde van grootte, nl. van 1 : 11 tot 1 : 160, gemiddeld 1 : 77. In de riolen is geen statische berging aanwezig. Dwa, regen en verhard oppervlak per inwoner vertoonden geen al te grote verschillen.

Het onderzoek in Northampton besloeg een tijdvak van 2 jaar, waarin ruim 3200 monsters, gedurende ruim 300 regenbuien werden genomen. Om deze monsters met de dwa te kunnen vergelijken, werden bovendien nog 737 dwa-monsters, verdeeld over 57 dagen, genomen.

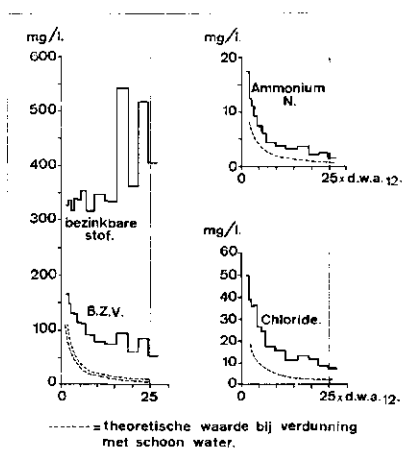
Zoals uit tabel I blijkt, is de vuilproductie per inwoner nagenoeg gelijk aan de Imhoffse getallen, die als standaard in Nederland worden gehanteerd.

TABEL I - Samenstelling DWA in Northampton

	g/i.e.d.	mg/l
Bezinkbare stoffen	56	368
BZV	51	333
Ammonium N	6,5	43
Chloride	1,5	91

De vervuiling van de rwa in relatie tot de afvoer is gegeven in afb. 3. Tevens is de theoretische waarde bij verdunning met schoon water aangegeven. Een verband tussen verdunning en het ammonium- en chloridegehalte is duidelijk aanwijsbaar. In veel mindere mate is dit het geval met het BZV van het water, terwijl van enig verband tussen verdunning

Afb. 2 - Het slibmoeras in het bergbassin te Nieuwenhagen.



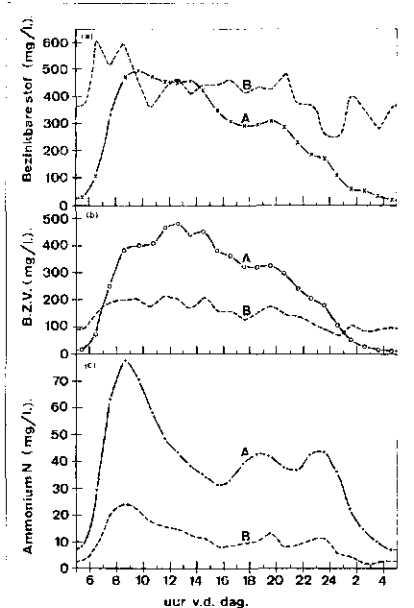
Afb. 3 - Gemiddelde concentratie van bezinkbare stof, BZV, Ammonium N en Chloride in relatie tot de afvoer. Meting te Northampton.

en het gehalte aan bezinkbare stof geen sprake is.

De gemiddelde variatie over de dag in de samenstelling van de dwa — A lijn — en de rwa — B lijn —, zoals deze in Northampton is gevonden, is aangegeven in afb. 4. Als rwa werd beschouwd alle afvoeren die 3,1 maal de 24-uur dwa (overeenkomend met ca. 20 l/h . inw.) overschreden.

Er valt uit op te maken dat de rwa gemiddeld meer bezinkbare stof bevat dan de dwa. Het BZV van de gemiddelde rwa bedroeg ca. 50 % van de gemiddelde dwa.

Het verloop van de vervuiling van de rwa tijdens de duur van de bui, gerelateerd aan de gemiddelde vervuiling van de dwa, is in tabel II opgenomen.



Afb. 4 - Gemiddelde variatie over de dag in de samenstelling van de dwa (A) en de rwa (B) te Northampton.

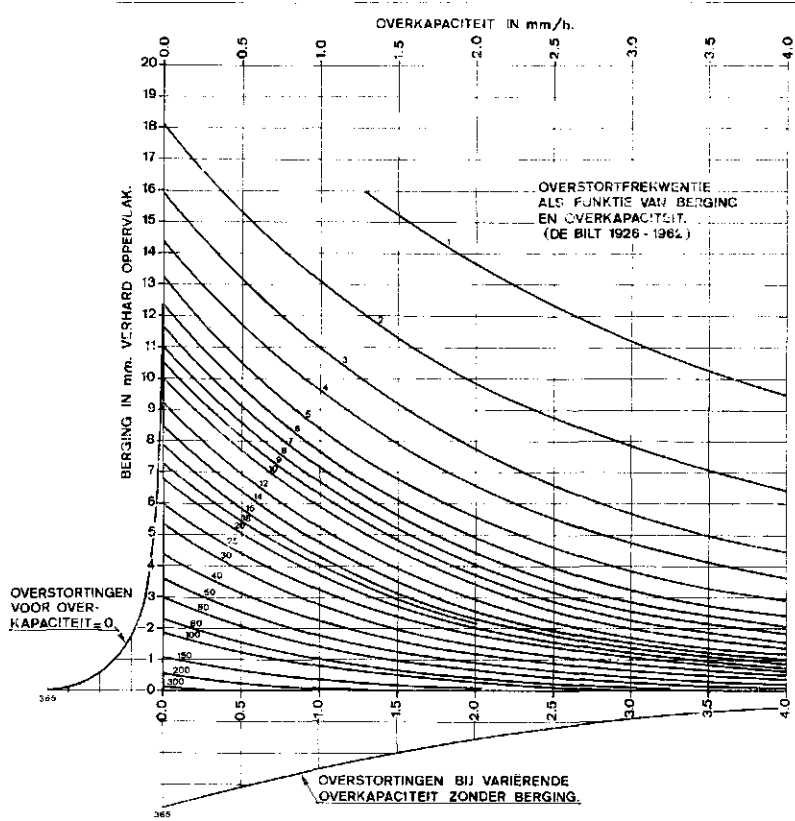
Opvallend is weer het hoge slibgehalte. Eerst na 70 minuten wordt de gemiddelde dwa-concentratie bereikt. Het BZV daalt sneller. Na ca. 50 minuten is de concentratie onder 50% van de dwa-concentratie gekomen.

Het achterblijven van grote hoeveelheden slib in deze hellende riolen, werd nog bevestigd met een spoelproef. Op het hoogste punt van het betreffende gebied staat de watertoren. Op een droge zondagmorgen werd met één stoot een fikse hoeveelheid leidingwater in het rioolstelsel gebracht. Het bleek dat de bezinkbare stoffen 120 tot 80 maal zoveel waren als op grond van de verdunning van de op dat moment in de riolen aanwezige dwa verwacht kon worden. Voor het BZV was dit 40 tot 25 maal zo hoog.

Uit het onderzoek bleek ook een duidelijke relatie tussen de lengte van de droge periode tussen twee buien, de bezinkbare stof en het BZV. Bedroeg de interval tussen de buien resp. 1, 12 uur en 5 dagen, dan werd aan bezinkbare stof resp. 400, 700 en 1800 mg/l gevonden. Het BZV bedroeg resp. 160, 280 en 600 mg/l.

Uit dit onderzoek en uit de ervaring met het bergbassin in Nieuwenhagen, blijkt overduidelijk dat de verdunningstheorie, ook voor dit hellend gebied, niet mag worden toegepast voor de vaststelling van de belasting van het oppervlaktewater door het overstortende regenwater.

Omdat er een grote mate van over-

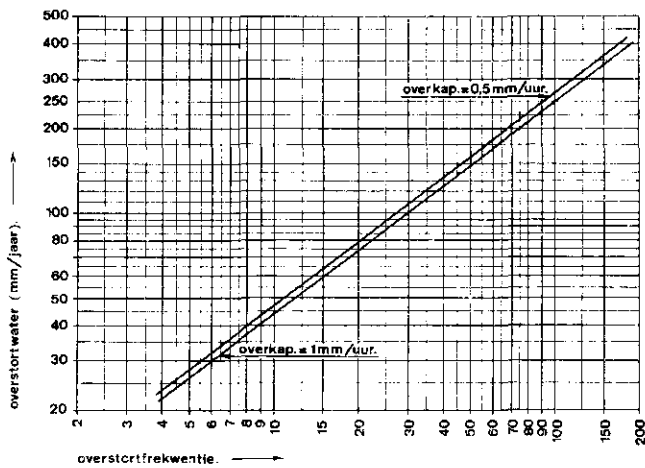


Afb. 5 - De overstortfrequentie als functie van berging en overcapaciteit. (Veldkamp-grafiek)

TABEL II - Samenstelling RWA in Northampton

Min. na aanvang regen	Bezinkbare stof		BZV ₂₀₋₅		Amm. N.		Chloride	
	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l
0	100	368	100	133	100	43	100	91
0-5	252	930	112	375	52	22	64	58
5-15	234	860	92	306	43	18	59	54
15-25	231	850	79	264	36	15	46	42
25-35	194	715	65	216	28	12	41	37
35-50	149	550	46	152	22	9	36	33
50-70	99	365	32	107	18	8	30	27
70-120	79	290	29	97	16	7	36	33
> 120	61	223	25	83	19	8	29	26

Afb. 6 - Verband tussen de overstortfrequentie, de overcapaciteit en de hoeveelheid overstortend water. (Afgeleid uit de stippengrafiek van Kuiper.)



eenstemming tussen het onderzochte gebied in Northampton en het Wormgebied bestaat, werd het aanvaardbaar geacht om voor de kwalitatieve aspecten van het overstortwater uit te gaan van de onderzoekresultaten te Northampton.

5.3 Kwalitatieve uitgangspunten

Bij het onderzoek te Northampton werd gevonden, dat het gemiddelde BZV van de totale rwa 50 % van het gemiddelde BZV van de dwa bedroeg.

Voor het Wormgebied werden de volgende afvoeren aangenomen:

	m ³ /i.e. jaar
totale afvalwaterproductie	40
hiervan tijdens regen	2
afvoer tijdens droogweer (dwa)	38
totale regenafvoer	32
afvalwaterproductie tijdens regen	2
afvoer tijdens regenweer (rwa)	34

Uitgaande van genoemde BZV percentages in rwa en dwa bevindt zich dan 30 % van de totale vuillast in de rwa en 70 % van de totale vuillast in de dwa.

Uit de onderzoeken te Northampton blijkt voorts dat door bezinking van het overstortwater het BZV met ca. 50 % vermindert.

Wanneer tenslotte het rendement van de rioolwaterzuiveringsinstallatie op 95 % wordt gesteld, dan zijn hiermede voldoende gegevens verzameld om tot een vuilbalans te kunnen komen, mits de hoeveelheid overstortend water bekend is.

6. De kwantiteit van het overstortwater

In het vlakke gebied van Nederland worden de overstortfrequentie en de hoeveelheid overstortend water (nog) als regel bepaald met de stippengrafiek van Kuipers. Op deze grafiek zijn alle buien, groter dan 4 mm, die in de periode 1926 - 1962 zijn gevallen uitgezet. Op de verticale as de grootte van de bui en op de horizontale as de tijdsduur. Is nu bekend hoeveel mm regen in de riolering geborgen kan worden en wat de pompcapaciteit ten behoeve van de regen is (de zogenaamde overcapaciteit die gelijk is aan de pompcapaciteit van het gemaal min de dwa toevoer), dan kan worden vastgesteld of een bepaalde bui een overstorting geeft en zo ja hoeveel water over de overstort wordt afgevoerd. Doet men dit voor alle aange-

geven buien, dan kan worden vastgesteld het aantal overstorten en de hoeveelheid overstortend water in de geregistreerde 37 jaar.

Uit de stippengrafiek is afgeleid de Veldkampgrafiek, waarin het verband tussen berging, overcapaciteit en overstortfrequentie rechtstreeks kan worden afgelezen.

Deze grafiek, ten behoeve van de onderhavige studie uitgebreid met de buien die kleiner zijn dan 4 mm, is in afb. 5 gegeven.

Er zijn tegen de methode Kuipers bezwaren in te brengen. Zo wordt o.m. gesteld dat in een hellend gebied, door de in het stelsel optredende vertraging, de methode Kuipers niet betrouwbaar zou zijn. Aangezien deze vertraging echter pas bij een uitgestrekt rioolstelsel van belang wordt, en het gebied van de Worm is verdeeld in een groot aantal, betrekkelijk kleine rioleingsgebieden met ieder een eigen overstort bij de aansluiting op het stamriool, is aangenomen dat de methode Kuipers ook hier toepasbaar is.

Om dit te controleren is een Engelse meting van overstortwater over meerdere jaren, nagerekend volgens de methode Kuipers.

Zoals uit tabel III blijkt, zijn er grote afwijkingen in de overstortfrequentie, de hoeveelheid overstortwater stemt echter goed overeen. De afwijkingen in de overstortfrequentie worden vermoedelijk grotendeels veroorzaakt door de grillige vorm van het pluvio-

gram, waardoor één regenbui meerdere overstortingen kan geven.

Andere Engelse gegevens vermelden weer het aantal dagen in een jaar waarop overstortingen plaats vinden. Deze getallen vallen dan weer lager uit dan de overstortfrequentie volgens de methode Kuipers.

Het bepalen van de overstortende hoeveelheid water met de stippengrafiek is zeer tijdrovend. Het verband tussen de berging, de overstortfrequentie en de hoeveelheid overstortend water kan echter ook grafisch worden vastgelegd (afb. 6).

Voor zowel de bepaling van de overstortfrequentie als voor de bepaling van de hoeveelheid overstortend water dient de berging te worden vastgesteld.

Aangezien vrijwel alle overstortdremfels aanzienlijk lager liggen dan het rioolstelsel zelf, is de statische berging verwaarloosbaar. Niet verwaarloosd mogen echter worden de overeenkomstige invloeden buiten het rioolstelsel, bijvoorbeeld plasvorming op de verhardingen en in dakgoten, en de bevochtiging van het oppervlak. Deze invloeden zijn als een fictieve berging ingevoerd en gesteld op 0,75 mm.

Voorts is, voordat de overstort gaat werken nog een hoeveelheid regenwater in het rioolstelsel aanwezig, die nog niet tot overstorten aanleiding geeft. Deze zogenaamde dynamische berging is hier gesteld op 0,25 m, waardoor de totale „berging” 1 mm bedraagt.

TABEL III - Toetsing methode Kuipers op praktijkmetingen in Engeland

Overcapaciteit	Engelse cijfers		Methode Kuipers	
	in mm/h	aantal overstorten	overstortwater in mm/jaar	overstortfrequentie overstortwater in mm/jaar
5 dwa 24	0,70	161	294	120 300
7 dwa 24	1,00	149	232	100 240
11 dwa 24	1,55	115	150	70 170

TABEL IV - Uitgangspunten voor de berekening van de restvervuiling

1. η van de zuiveringsinstallatie (BZV)	95 %
2. Gemiddelde vervuiling van het overstortwater (BZV)	50 % van de dwa
3. η van de bezinking van het overstortwater (BZV)	50 %
4. Max. uur-dwa per i.e.	13,3 l
5. Totale droogweerafvoer per i.e./jaar	38 m ³
6. Totale regenweerafvoer per i.e./jaar	34 m ³
7. Vuillast tijdens dwa	70 % van totaal
8. Vuillast tijdens rwa	30 % van totaal
9. Verhard oppervlak per i.e.	40 m ²
10. Berging	1 mm
11. 1 x dwa als overcapaciteit per uur per ha	0,33 mm

7. De restvervuiling zonder vergroting van de berging

De uitgangspunten voor de bepaling van de restvervuiling zijn nu bekend. In tabel IV zijn ze samengevat.

Met behulp van de grafieken in afb. 5 en 6 kan de berekening worden uitgevoerd.

Enkele berekeningsresultaten zijn gegeven in tabel 5, het linker gedeelte onder de kop „zonder bergtank”.

De berekeningsmethode is als volgt: capaciteit van de zuiveringsinstallatie 3 x dwa. De overcapaciteit is dan 2 x dwa, of 0,66 mm/h. Op de Veldkampgrafiek wordt de overstortfrequentie gevonden: 110 x per jaar. Op de grafiek voor de bepaling van de hoeveelheid overstortwater is af te lezen, dat bij een overstortfrequentie van 110 en een overcapaciteit van 0,66 mm/h 265 mm regen over de overstorten gaat. Betrokken op de gemiddelde jaarlijkse regenval die voor deze

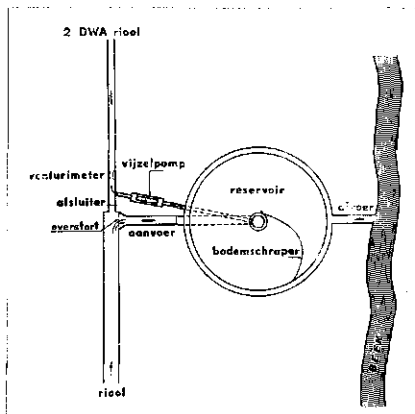
grafieken geldt, betekent dit dat $\frac{265}{750}$

of ruim $\frac{1}{3}$ van de totale regenval. Betrokken op de aanname dat 30 % van de vuillast in de rwa aanwezig is, betekent dit dat 10,6 % van de totale vuillast met het overstortende water ontsnapt.

De rest van de vervuiling wordt in de zuiveringsinstallatie gevangen en daar voor 95 % afgebroken. De restvervuiling in het effluent bedraagt dan 4,5 % van de totale vuilproductie in het gebied. Samen met de eerder gevonden 10,6 %, wil dit zeggen dat, niettegenstaande de uitgebreide en kostbare voorzieningen toch nog 15,1 % van de totale vuillast in het oppervlaktewater terecht komt.

Wordt de capaciteit van de zuiveringsinstallatie tot 5 resp. 7 x dwa opgevoerd, dan daalt dit percentage tot 11,5 resp. 9,7 %.

Afb. 7 - Schema berg/ bezinktank.



TABEL V - Restvervuiling in afhankelijkheid van overcapaciteit en berging ¹⁾

Onderdeel	Zonder bergtank			Met bergtank				Eenheid
	Biologisch zuiveren tot:							
	3 dwa	5 dwa	7 dwa	2 dwa	3 dwa	5 dwa	3 dwa	
Berging	1	1	1	4	4	4	6	mm
Overcapaciteit	0,66	1,32	1,98	0,33	0,66	1,32	0,66	mm/h
Ledigingstijd ²⁾	—	—	—	9	4,5	2,3	7,6	h
Overstortfrequentie	110	65	48	34	25	14	14	x per jaar
Overstortwater	265	170	120	120	95	54	54	mm/jaar
Vervuiling in overstortwater (uit de riofening)	10,6	6,8	4,8	4,8	3,8	2,2	2,2	} in % van de totale vuillast (BZV)
Rest vervuiling via overstortwater	10,6	6,8	4,8	2,4	1,9	1,1	1,1	
Rest vervuiling via effluent rwzi	4,5	4,7	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	
Totale restvervuiling	15,1	11,5	9,7	7,3	6,8	6,0	6,0	} in % van de restverv.
Aandeel overstortwater in de totale restvervuiling	70	59	50	33	28	18	18	
Aandeel rwzi in de totale restvervuiling	30	41	50	67	72	82	82	
Slibhoeveelheid in het overstortwater		25		5				in % van de prim. slibpr.

¹⁾ De aangegeven waarden zijn rekenkundige, niet „gewogen” grootheden.

²⁾ Betrokken op de statische berging.

Er is echter nog een ander, zwaarwegend facet. Uit de onderzoeken te Northampton is gebleken dat de slibgehalten in de rwa die van de dwa aanzienlijk overtreffen. Af te leiden is dat, bij de 7 x dwa installatie met een overcapaciteit van 1,98 mm, $\frac{1}{4}$ van de totale primairslibproductie in het overstortende water aanwezig is.

Een hoeveelheid die zeer goed overeenkomt met de gevonden slibhoeveelheden in het bassin in Nieuwenhagen. Een belasting van de stuwmeren met deze slibmassa zal, zeker met het oog op de toegedachte recreatieve functie, enorm bezwarend zijn.

8. De restvervuiling met vergroting van de berging

De restvervuiling door het overstortwater zou zeker te beperken zijn, wanneer aan de overcapaciteit een zekere berging kon worden toegevoegd, waardoor de hoeveelheid overstortend water zou worden beperkt. Indien dan tevens het overstortende water aan een bezinking zou kunnen worden onderworpen, dan zou niet alleen deze mindere restvervuiling nog eens worden gehalveerd, maar bovendien de slibafvoer met het overstortwater aanmerkelijk worden gereduceerd.

In de gegeven situatie houdt dit in dat bij iedere overstort — tevens aansluiting op het transportriool — een bergtank zou moeten worden gebouwd, volgens het principe van afb. 7. De bergtank komt in bedrijf als de af-

voer uit het betreffende deelstelsel n x dwa overschrijdt. De debietbeperking n x dwa kan tot stand komen door begrenzing door middel van een knijpriool of door middel van een afsluiter die door een debietmeter wordt bestuurd (afb. 8).

De voornaamstedimensioneringsgrondslag van de bergtank is de inhoud: als berging ter beperking van de overstortfrequentie en van de hoeveelheid overstortend water, en als verblijftijd wanneer de bergtank tevens als bezinktank dienst moet doen. Deze dimensioneringsgrondslag zou primair ontleend moeten worden aan het oppervlaktewater. Uit de toelaatbare belasting van het oppervlaktewater dient de toelaatbare restvervuiling (BZV- en slibbelasting) te worden vastgesteld en hieruit de afmetingen van de bergtank. Wat is echter toelaatbaar voor de kleine beken en een stuwmeer in deze omgeving? Consequente doorvoering van deze dimensioneringsmethode leidt via de conclusie dat het lozen van overstortwater in slechts beperkte mate mogelijk is, tot zeer grote bergtanks. Ook hier diende een compromis te worden gezocht tussen het wenselijke en het (financieel) bereikbare.

Met de reeds beschreven berekeningsmethode kan de invloed van de berging en de invloed van de bezinking van het overstortende water op de restvervuiling worden bepaald.

Enkele varianten zijn in tabel V opgenomen. In de kolommen 4 t/m 6 een extra berging van 3 mm en een variabele capaciteit voor de zuive-

ringsinrichting, en in kolom 7 een extra berging van 5 mm.

Het blijkt dat bij gelijkblijvende capaciteit van de zuiveringsinrichting van 3 x dwa, de restvervuiling tengevolge van de overstortingen daalt van 10,6 tot 1,9 % van de totale vuillast, indien een berging van 3 mm (30 m³/ha verh. oppervl.) wordt gemaakt en deze berging tevens als bezinking van het overstortende water dienst doet.

Door een wijziging van een systeem van 5 x dwa zuiveren zonder statische berging in een systeem van 2 x dwa met een statische berging van 3 mm en bezinking van het overstortende water, daalt de restvervuiling tengevolge van de overstortingen van 6,8 naar 2,4 % van de totale vuillast. Voor het gebied van de zuivering Kaffeberg zijn de laatstgenoemde percentages equivalent met een lozing door respectievelijk 10.000 en 3.600 inwoners.

Van niet minder belang voor de beken en het stuwmeer is de slibbelasting, die in het laatste voorbeeld door toepassing van de berg/bezinktanks van ca. 25 % van de primaire slibproductie (ca. 45 ton dr.st./jaar) tot ca. 5 % (ca. 9 ton dr.st./jaar) afneemt. Uit tabel V blijkt verder dat de restvervuiling door het effluent van de zuiveringsinrichting door de voorzieningen in het rioleringsstelsel vrijwel niet beïnvloed wordt en geheel afhankelijk is van het rendement van de installatie. Uiteraard dient hierbij als voorwaarde gesteld te worden dat het systeem van de installatie zodanig is dat het rendement bij rwa niet noemenswaard afneemt.

Uitgaande van de berekende restvervuiling en het aandeel van zuivering en overstortwater hierin, kan economisch geëvalueerd worden of aanvullende maatregelen ter bescherming van het oppervlaktewater in de riolerings- of in de zuiveringssector dienen te worden genomen.

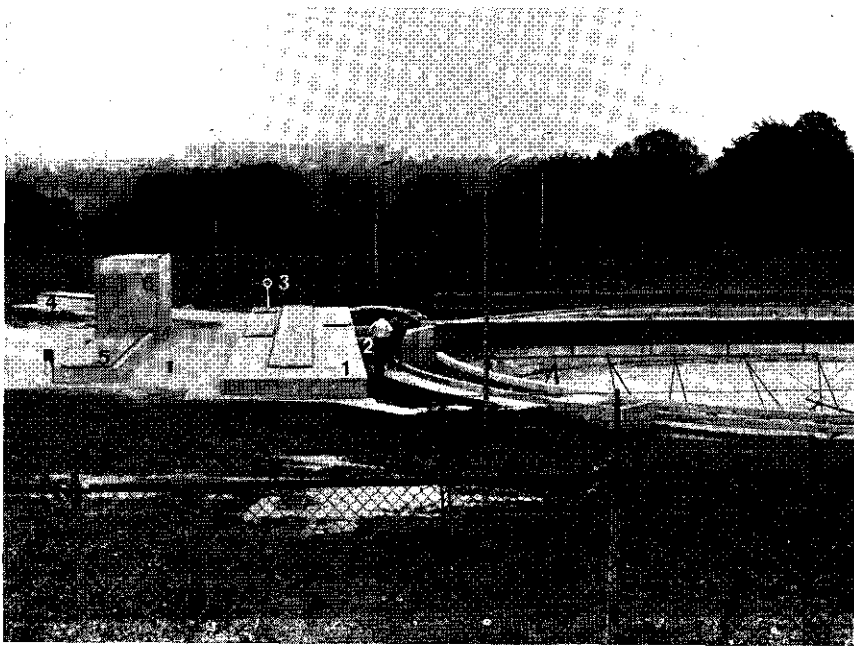
9. De keuze in het Wormgebied

Op grond van de genoemde overwegingen en berekeningen en op grond van economische studies werd de volgende keuze gemaakt.

Gebied van de zuiveringsinrichting Rimborg.

Capaciteit van de installatie 5 x dwa (75.000 i.e., 3.800 m³/h). Géén bergtanks.

Gebied van de zuiveringsinrichting Kaffeberg, waarin de stuwmeren liggen.



Afb. 8 - Een der berg/bezinktanks. 1 Overstort, 2 Nooduitleet, 3 Afsluiter ter regeling van de hoeveelheid naar het transportriool, 4 Venturiemeter (sturing van 3), 5 Vijzel voor slib- en waterafvoer uit de tank, 6 Elektr. installatie en registratie-apparaat.

Capaciteit van de installatie 2 x dwa (150.000 i.e., 3.800 m³/h).

2 berg/bezinktanks, elk met een inhoud van ca. 3.500 m³.

2 berg/bezinktanks, elk met een inhoud van ca. 2.200 m³.

1 berg/bezinktank met een inhoud van ca. 1.100 m³, later te bouwen, wanneer het betreffende rayon tot ontwikkeling komt.

Hoewel door de bergtanks een besparing kon worden verkregen op de transportriolen en de zuiveringsinrichting, betekende de toepassing van de berg/bezinktanks, met de daarbij behorende aanpassingen van de rioleringsstelsels een extra investering van ca. f 3.500.000,—. De totale kosten van de sanering van het Wormgebied bedragen ca. f 45.000.000,—.

10. Werking en vormgeving van de berg/bezinktanks

De vraag kan worden gesteld of de berg-bezinktanks bij de gekozen afmetingen aan hun doel beantwoorden. Met de beschreven berekeningsmethode kan de werking geanalyseerd worden. Hieruit ontstaan de volgende resultaten:

Berg/bezinktank van 3.500 m³.

Verhard oppervlak 115 ha.

Aantal inwoners: 29.000.

Totale dwa uit het gebied: 1.100.000 m³ per jaar.

Totale rwa uit het gebied: 980.000 m³ per jaar.

Aantal malen in gebruik: 130 x per jaar.

Ontvangst: 340 mm; 390.000 m³ per jaar.

Uitsluitend als berging in gebruik: 96 x per jaar.

Ontvangst hierbij: 135.000 m³ per jaar.

in gebruik als bezinktank: 34 x per jaar.

Terughouding hierbij: 120.000 m³ per jaar.

Overstortende hoeveelheid: 120 mm; 135.000 m³ per jaar.

Verblijftijd < 1 uur: 3 à 4 x per jaar. Overschrijdende afvoer hierbij: 23 mm; 26.000 m³ per jaar.

Verblijftijd < ½ uur: 2 x per jaar. Overschrijdende afvoer hierbij: 13 mm; 15.000 m³ per jaar.

Verwacht mag worden dat de tanks bij deze belastingen aan het gestelde doel zullen beantwoorden.

Het ontwerp van bergtanks vereist bijzondere zorg. Uit praktijkervaringen is gebleken dat tanks, waarbij het slib na afloop van de bui met hand- of machinekracht moet worden geruimd onaanvaardbaar zijn. Dit geldt des te meer indien de tanks, zoals hier het geval is, in of nabij de bebouwing

liggen en bovendien zeer frequent worden gebruikt.

De slibruiming, de lediging en het schoonspoelen na de lediging is dan ook geheel geautomatiseerd.

Daar er in korte tijd grote slibhoeveelheden in de tank komen, dient de slibafvoer terstond na het in werking treden van de tank aan te vangen. De slibruimer moet in constructie en uitvoering aan de grote slibtoevoer worden aangepast (afb. 9).

11. Nabeschouwing en samenvatting

Men dient zich af te vragen of het geproduceerde cijfermateriaal voldoende „hard” is om als grondslag voor vergelijking, besluitvorming en beslissing dienst te doen.

Als basis voor de opstelling is gebruik gemaakt van de methode Kuipers en het onderzoek te Northampton.

De methode Kuipers.

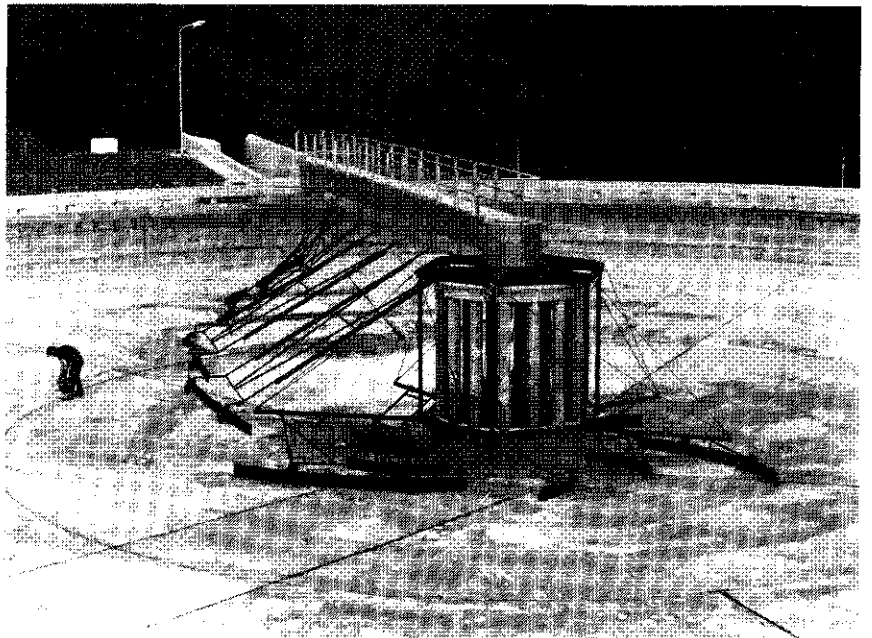
Basis voor deze methode is een statistische verwerking van geschematiseerde buien. De uitkomsten hebben diensgevolge een statistische waarde. Bij de methode Kuipers wordt voorts uitgegaan van een standaard situatie in de riolering, waardoor het gemiddelde karakter van de uitkomsten nog wordt versterkt.

Het onderzoek te Northampton

De resultaten van dit onderzoek zijn ingevoerd, als waren ze geldig voor het Wormgebied. Het onderzoek op zich kan als betrouwbaar en juist worden gekenschetst. Latere onderzoekingen te Bradfort, Brighthouse en Stuttgart-Büsnau bevestigen dit. Min of meer grote afwijkingen door plaatselijke verschillen zijn echter niet onwaarschijnlijk. Wel is echter te verwachten dat de vergelijkende waarde van de cijfers hier niet door aangetast zullen worden.

Voorts kan men zich afvragen of de gevolgde methode voor het bepalen van de restvervuiling, toegepast zowel in het geval dat er geen berging aanwezig is, als in het geval dat er wel berging aanwezig is, gelijkwaardige uitkomsten geeft. Hierover het volgende:

In tabel V wordt in de derde en de vierde kolom de berekening voor respectievelijk 7 x dwa met 1 mm berging en 2 x dwa met 4 mm berging gegeven. De overstortfrequenties zijn respectievelijk 48 en 34 maal per jaar. In beide gevallen bedraagt de hoeveelheid overstortwater 120 mm. Dit laat-



Afb. 9 - De grote slibmassa die in korte tijd in de bergtank kan komen vereist een aanpassing van de ruimer. De spoelleidingen en de spoelkoppelen aan de ruimerbladen zijn hier nog niet gemonteerd.

ste is begrijpelijk. Immers, door overcapaciteit worden vooral de buien met een lange duur en geringe intensiteit gevangen. Korte, intensieve buien ontsnappen. Berging vangt ook de korte, intensieve buien, voorzover ze uiteraard de berging niet overschrijden, terwijl langdurige buien, als gevolg van de kleinere overcapaciteit na verloop van tijd wel een overstorting geven. Daar korte, intensieve buien meer voorkomen is het begrijpelijk dat de overstortfrequentie in het geval van de kleine berging en de grotere overcapaciteit hoger ligt, bij gelijkblijvende overstorthoeveelheid.

Bij de gevolgde rekenmethode is met de hoeveelheid overstortend water ook de vervuiling gelijk. De vervuilinggraad van het water moet echter, waar gebleken is dat de vervuiling met de duur van de overstorting afneemt, groter zijn indien dezelfde hoeveelheid water door een groter aantal overstorten geproduceerd wordt.

Hierdoor zullen de uitkomsten van de berekeningen met berging wat te ongunstig zijn. De aanname dat ook in de situatie met berging de BZV reductie door bezinking 50 % zal bedragen, hetgeen om dezelfde redenen als een wat te gunstige aanname kan worden beschouwd, zal echter weer corrigerend werken.

De studie had ten doel de restvervuiling, waarmede het oppervlaktewater wordt belast te traceren en te waarderen, teneinde zowel technisch als

economisch te kunnen evalueren waar en in welke mate aanvullende maatregelen konden worden getroffen. Dat zowel bij de opdrachtgeefster als bij de betreffende autoriteiten de bereidheid werd gevonden tot het doen van de benodigde investeringen voor deze aanvullende maatregelen ter bescherming van het oppervlaktewater stemde tot grote voldoening.

Ten slotte zij gaarne dank gebracht aan ir. M. A. de Ruyter, leider bij de voorbereiding van de sanering van het Wormgebied, voor zijn gewaardeerde hulp bij deze verslaggeving.

Literatuur

1. Gameson, A. L. H. en Davidson, R. H., *Storm-Water Investigations at Northampton*. Journal and proceedings of the Institute of Sewage Purification 1963 blz. 105 t/m 134.
2. Ramer, H. en Klashman, L. M., *The influence of Combined Sewers on Pollution control*. Public Works oktober 1961 blz. 129 t/m 133.
3. Dunbar, D. D. en Henry, I. G. F., *Pollution Control Measures for stormwaters and combined sewers overflows*. Journal of the Water Pollution Control Federation jan. 1966, blz. 9 t/m 26.
4. Symposium on Storm Sewage Overflows Institution of Civil Engineers 1967. Uitgever: William Clows and Sons, London.
5. Munz, W., *Wirkung von Gewässerschutzmassnahmen auf Vorfluter*. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie 1966 blz. 184 t/m 237.