

## Rioolstelsels in relatie tot behandeling van afvalwater

### I. INLEIDING

Bij de technische en economische beoordeling van de behandeling van het afvalwater uit een woongebied moeten alle daarbij betrokken onderdelen worden gezien, zoals het rioolstelsel, het open water waarop de overlaten lozen, de rioolgemalen met de daarbij behorende pompcapaciteiten, de transportleidingen, de rioolwaterzuiveringsinstallatie en het water waarop deze installatie het effluent loost.

Een globale kosten indicatie per *inwoner* is in Tabel I gegeven. De aangegeven waarden zullen per geval anders liggen en zijn onder andere sterk afhankelijk van het aantal inwoners, de funderingsgrondslag voor riolering, rioolgemaal en zuiveringsinstallatie, de transportafstand etc.

TABEL I - Kostenindicatie per inwoner.

Riolering	f 300,—
Open water	„ 160,—
Rioolgemalen	„ 10,—
2 km transportleiding	„ 43,—
Zuiveringsinstallatie	„ 200,—
Samen	f 713,—

Uit de globale kosten indicatie blijkt dat de kosten voor de riolering een aanzienlijk deel uitmaken van de totale kosten.

Teneinde de hoeveelheid cijfermateriaal te beperken wordt in het navolgende uitgegaan van een normale woonwijk in een vlak gebied zoals in hoofdstuk II nader wordt omschreven. In andere omstandigheden en bij andere grootte van enkele maatgevende waarden zullen mogelijk de uitkomsten anders zijn.

In het onderstaande is derhalve niet getracht alle voorkomende gevallen te behandelen en is vooral aandacht geschonken aan het gemengde rioolstelsel en het open water waarop de overlaten lozen zonder de andere onderdelen, vooral met het oog op het kosten aspect, te verwaarlozen.

### II. DE RIOLERING

#### Ila. Uitgangspunten

Bij het onderhavige onderwerp zijn ter beperking enkele gegevens niet variabel gesteld hoewel dit in de praktijk wel het geval zal zijn.

Enkele *niet* variabele gegevens:

- Vlak gebied met *gemengd* rioolstelsel voor een normale woonwijk.
- Verhard oppervlak (Fv) 50 m<sup>2</sup> per inwoner.
- Berging op straat (C) = 3 mm.
- 3 m riool per inwoner.
- d.w.a.: 10 l per inwoner per uur;  
 per 1000 inwoners 10 m<sup>3</sup> per uur of  
 $P_a = 0,2 \text{ mm.h}^{-1}$ ;  
 120 l per inwoner per dag;  
 43.200 m<sup>3</sup> per 1000 inwoners per jaar.

- Lekwater: 1 l per inwoner per uur;  
 8500 m<sup>3</sup> per 1000 inwoners per jaar.
- Overstort, te verpompen hoeveelheden e.d. volgens analyse van „5-minuten regens”.
- BOD 20/5 54 g per inwoner per dag.

Variabel tussen nader aan te geven grenzen zijn:

- Berging (B) in mm, (gehele rioolstelsel beneden overlaat drempel).
- Regenspomp(over)capaciteit  $P_r$  in mm.h<sup>-1</sup>.
- Totale pompcapaciteit  $P_t = (P_a + P_r)$  in mm.h<sup>-1</sup>.
- Overstortfrequentie en hoeveelheden.
- Overstortduur.
- Te verpompen hoeveelheden.

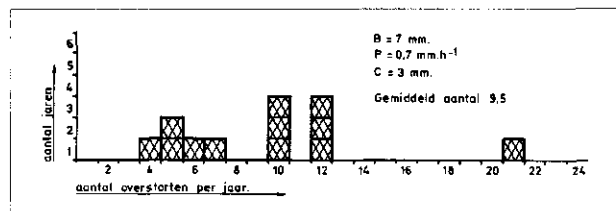
#### Iib. De berging

De grootte van de berging in het rioolstelsel heeft invloed op:

- de overstorthoeveelheden per keer, per periode en per jaar;
- de overstortduur;
- de te verpompen hoeveelheden rioolwater.

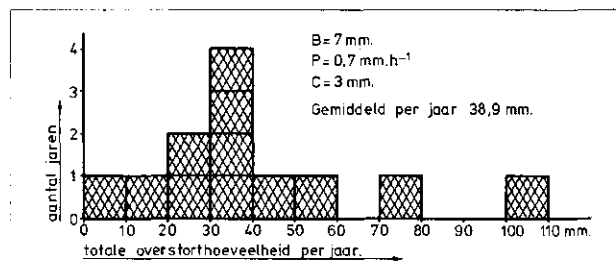
De overstortfrequentie op zich is minder relevant gezien

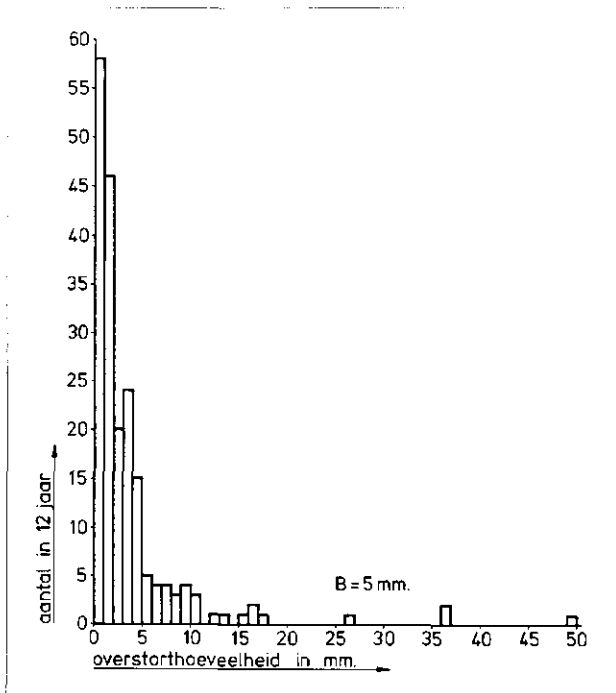
- de grote spreiding ten aanzien van het gemiddelde aantal overstorten per jaar (zie afb. 1), alsmede de spreiding van de gemiddelde totale overstorthoeveelheden per jaar (zie afb. 2) (zie ook [1]).
- het grote aantal van kleine overstortende hoeveelheden, terwijl juist de grote hoeveelheden met de grote vuilbelasting van belang zijn, (zie afb. 3, 4 en 5). Bij het



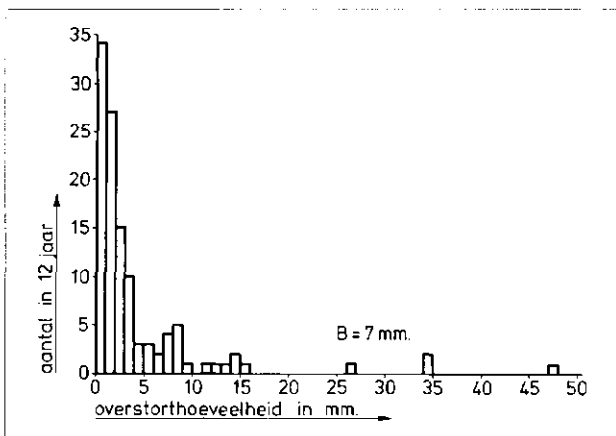
Afb. 1 - Spreiding aantal overstorten per jaar.

Afb. 2 - Spreiding overstorthoeveelheden per jaar.



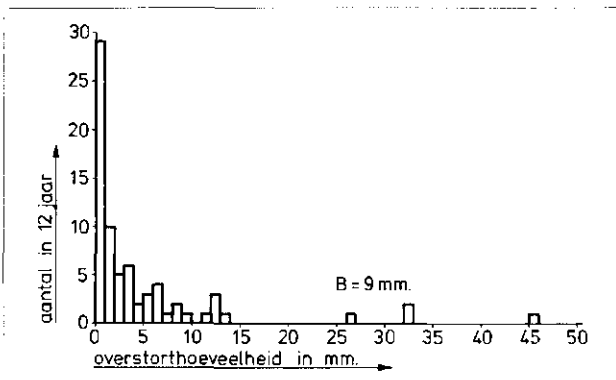


Afb. 3 - Het aantal overstromen in 12 jaar ten opzichte van de overstromhoeveelheid per overstort, bij  $B = 5 \text{ mm}$ ,  $P = 0,7 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$  en  $C = 3 \text{ mm}$ .



Afb. 4 - Het aantal overstromen in 12 jaar ten opzichte van de overstromhoeveelheid per overstort, bij  $B = 7 \text{ mm}$ ,  $P = 0,7 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$  en  $C = 3 \text{ mm}$ .

Afb. 5 - Het aantal overstromen in 12 jaar ten opzichte van de overstromhoeveelheid per overstort, bij  $B = 9 \text{ mm}$ ,  $P = 0,7 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$  en  $C = 3 \text{ mm}$ .



onderling vergelijken van de afbeelding 3 t/m 5 blijkt dat het aantal overstromen met hoeveelheden van enkele mm's bij toenemende berging geringer wordt maar dat de overstromen met grotere hoeveelheden toch blijven, zij het dat de overstromhoeveelheid afneemt;

- de spreiding van de overstromen over het gehele jaar in relatie tot de overstromhoeveelheid (zie afb. 6);
- idem ten aanzien van de overstromduur (zie afb. 7). De schuine lijnen in de afbeelding geven enkel gemiddelde overstrom- of lozingsintensiteiten aan.

In afbeelding 8 zijn de kosten van de riolering per inwoner ten opzichte van de berging weergegeven. Uitgaande van een minimum toe te passen diameter van 300 mm, een totale lengte van 3000 m bij 1000 inwoners en een verhard oppervlak van  $50 \times 1000 = 50.000 \text{ m}^2$  of  $0,5 \text{ km}^2$  bedraagt de minimum berging  $212 \text{ m}^3$  of 4,2 mm. Bij de vergelijkingen is het maximum gesteld op 12 mm. In de hier te beschouwen gevallen worden de afmetingen van de rioolbuizen bepaald door de berging en niet door de benodigde transportcapaciteit. Gezien de relatief hoge kosten per inwoner voor de aanleg van de riolering in het totale pakket voor de behandeling van het afvalwater, lijkt het zinvol na te gaan in hoeverre hierop te bezuinigen valt zonder het milieu zwaarder te belasten dan toelaatbaar is.

## IIc. Het open water

### 1. Algemeen

Het openwater in de vorm van singels en waterpartijen heeft een meervoudige functie, te weten:

- de opvang van de overstromende hoeveelheid of wel de tijdelijke berging;
- als sierwater;
- voor de beheersing van de grondwaterstand;
- het op natuurlijke wijze zuiveren van het rioolwater dat is overgestort.

Het eerste en het laatste punt hebben een nauwe onderlinge relatie en zijn hier van belang.

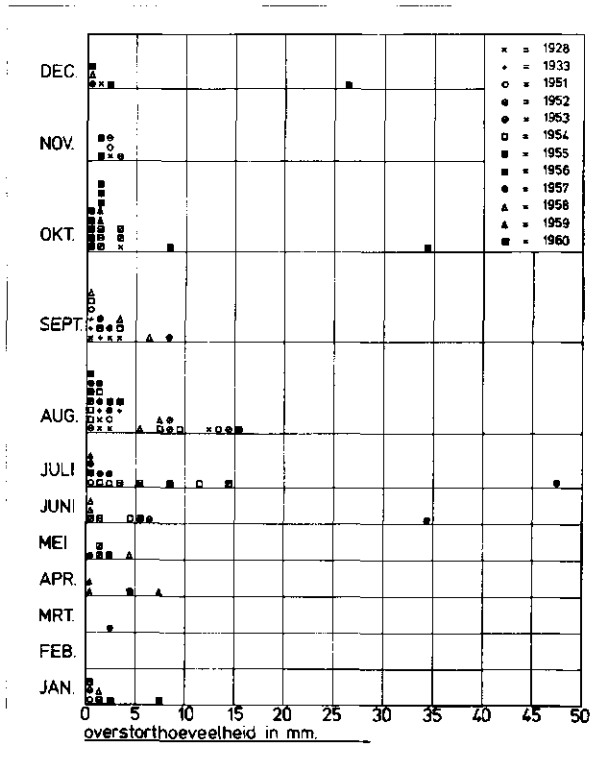
De te verwachten hoeveelheden zijn bekend [2, 3] met een vooraf bepaalde herhalingstijd en frequentie; meestal wordt voor het bepalen van de afmetingen van het openwater (oppervlak en peilstijging) een frequentie van 1 x per 10 jaar acceptabel geacht.

In afb. 9 en 10 zijn de te verwachten overstromende hoeveelheden 1 x per 10 jaar resp. per overstort en per periode van 12 h weergegeven. Zoals in [3] is aangegeven zullen de overstromhoeveelheden tot 1,5 dag nog totaal met enkele mm's toenemen, tot een periode van 14 dagen nog slechts in geringe mate. Beide afbeeldingen tonen hetzelfde beeld.

Inzake de vuilbelasting ten gevolge van overstromen is veel minder bekend, en in het navolgende zal op theoretische gronden met de beschikbare cijfers naar een verhouding tussen berging in het riool, de regenpomp-capaciteit en het oppervlak aan openwater worden gezocht.

De vuilbelasting bestaat uit:

- BOD belasting.
- De bacteriële verontreiniging.
- De bemestende stoffen.



Afb. 6 - Verdeling van de overstorten in 12 jaar over de maanden ten opzichte van de overstorthoeveelheid bij,  $B = 7 \text{ mm}$ ,  $P = 0,7 \text{ mm.h}^{-1}$  en  $C = 3 \text{ mm}$ .

## 2. De BOD belasting

Tijdens het overstorten komt met het rioolwater een BOD belasting mee als gevolg van:

- de lozing van afvalwater uit de woningen tijdens het overstorten;
- het opgewoelde slib dat in de riolering bezonken lag;
- het met het regenwater meekomende vuil van de straten.

De gemiddelde totale overstortduur per jaar bedraagt 626 minuten of wel  $1,2\text{‰}$  van de totale tijd en gemiddeld per overstort 66 minuten, 1 x per 10 jaar mag op een overstortduur van een overstort van 514 minuten worden gerekend dit alles bij  $B = 7 \text{ mm}$ ,  $C = 3 \text{ mm}$  en  $P_r = 0,7 \text{ mm.h}^{-1}$ .

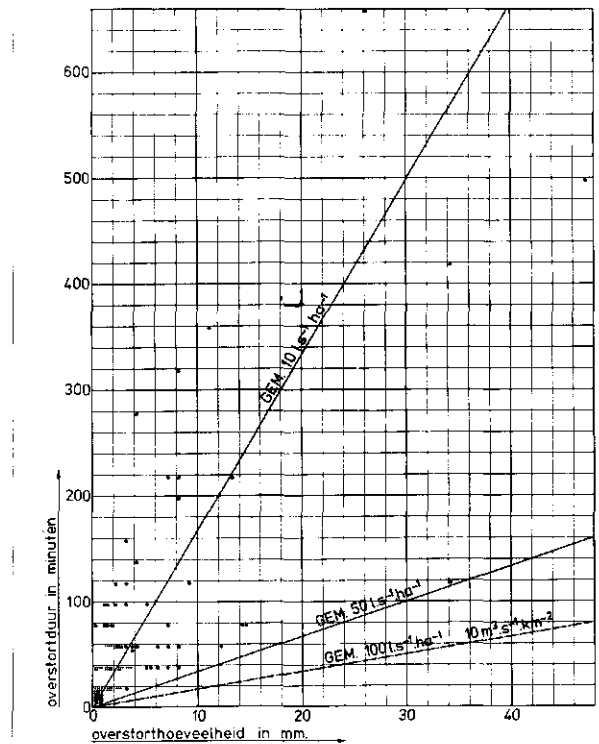
De BOD belasting in het riool bedraagt 54 g per inwoner per dag; bij 8 h (gemakshalve) overstort mag gerekend worden op  $1/3 \times 54 = 18 \text{ g BOD}$ .

Tijdens regen kan worden aangenomen dat de belasting vanwege het straatvuil 20 g per inwoner bedraagt [4]. De hoeveelheid BOD van het bezonken slib kan geschat worden op ca. 0,5 inwoner equivalent of wel 27 g per inwoner [4].

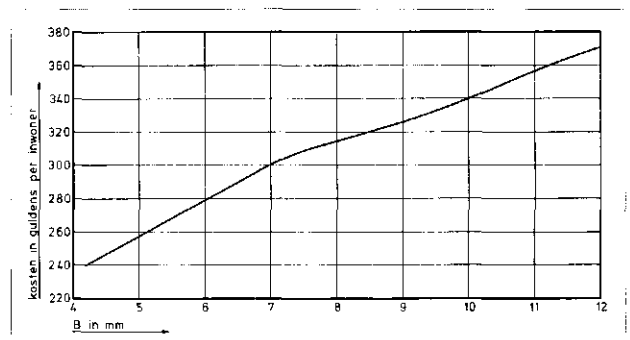
Bij een grote overstorthoeveelheid van 38 mm mag worden aangenomen dat praktisch de volledige inhoud van de riolering op het openwater wordt geloosd. De BOD belasting op openwater, die 1 x per 10 jaar op kan treden, kan op benaderende wijze worden gesteld op:

- vers afvalwater  $1/3 \times 54 = 18 \text{ g}$
- regenwater  $20 \text{ g}$
- bezonken slib  $27 \text{ g}$

samen  $65 \text{ g}$  per inwoner [5, 6]:

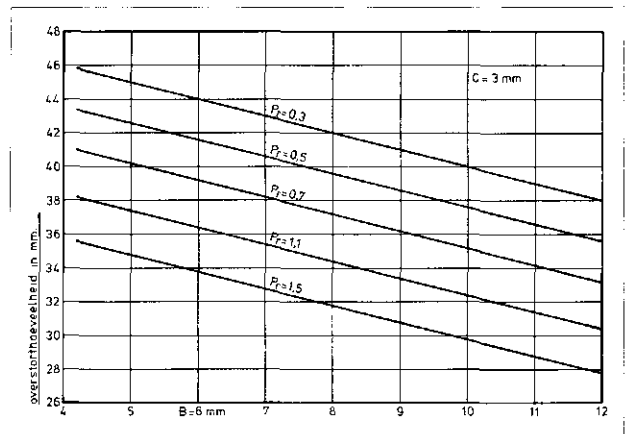


Afb. 7 - De overstortduur ten opzichte van de overstorthoeveelheid van elke overstort in 12 jaar, bij  $B = 7 \text{ mm}$ ,  $P = 0,7 \text{ mm.h}^{-1}$  en  $C = 3 \text{ mm}$ .



Afb. 8 - De kosten van de riolering per inwoner ten opzichte van de berging.

Afb. 9 - Te verwachten maximale overstorthoeveelheid per overstort in mm. 1 x per 10 jaar ten opzichte van  $B$  en  $P_r$  en  $C = 3 \text{ mm}$ .



Stel oppervlak openwater op 4 m<sup>2</sup> per inwoner met een gemiddelde diepte van 1,5 m of wel totaal 6 m<sup>3</sup> per inwoner. De overgestorte hoeveelheid regen bedraagt 50 x 0,38 = 1,9 zeg 2 m<sup>3</sup> per inwoner. De totale hoeveelheid water bedraagt 6 + 2 = 8 m<sup>3</sup> en de totale BOD 65 g of 8 g per m<sup>3</sup>.

Uitgaande van 9,2 g O<sub>2</sub> per m<sup>3</sup> water (20 °C) en minimaal 4 g O<sub>2</sub> in verband met het voorkomen van vissterfte bedraagt de toegelaten BOD belasting 1,6 (9,2 - 4) = 8,32 g dit volgens Imhoff-Fair bij kleine vijvers.

Bij bovenstaande zeer globale zuurstofbalansberekening is geen rekening gehouden met de invloed van de plantengroei in het water op de zuurstofhuishouding en de invloed van de wind op het opnemen van O<sub>2</sub> uit de lucht door het wateroppervlak. Dit laatste kan het tienvoudige zijn van het gemiddelde bedrag dat geldt bij windstil weer.

Bij middelmatige overstorthoeveelheden b.v. 7 à 8 mm zal de overstortduur geringer zijn en zal slechts 0,5 à 0,7 deel van de inhoud van het rioolstelsel (afhankelijk van de verhouding berging-overstorthoeveelheid) tot overstort komen. De gemiddelde stroomsnelheden tijdens het overstorten zullen eveneens relatief laag zijn, (zie afb. 7), zodat in sommige gevallen eerder van een bezinking dan van een opwoelen sprake zal zijn. De totale BOD belasting zal derhalve veel lager zijn dan bij een overstorthoeveelheid van 38 mm e.d.

Bij zeer kleine overstorthoeveelheden van b.v. 1 mm of minder is de BOD belasting op het totaal openwateroppervlak zeer gering en zal het zuurstofgehalte slechts gedurende korte tijd enigszins dalen.

In Duitsland worden zuiveringsvijvers toegepast met een belasting van 1 inwoner op 10 m<sup>2</sup> [7], dat wil zeggen bij een continue belasting. Het lijkt dus alleszins verantwoord te mogen uitgaan van een openwater oppervlak van 4 m<sup>2</sup> per inwoner voor het opvangen en zuiveren (langs natuurlijke weg) van het overstortende water, dit bij de aangenomen waarde van B, P<sub>r</sub> en C.

Als de berging B kleiner wordt genomen dan zal de overstorthoeveelheid toenemen en zal het benodigde openwater oppervlak (W.O.) b.v. naar rato moeten toenemen b.v.:

$$B = 7 \text{ mm}, P_r = 0,7 \text{ mm.h}^{-1} \text{ overst.h. } 38,2 \text{ mm W.O.} = 4 \text{ m}^2$$

$$B = 5 \text{ mm}, P_r = 0,7 \text{ mm.h}^{-1} \text{ overst.h. } 40,2 \text{ mm}$$

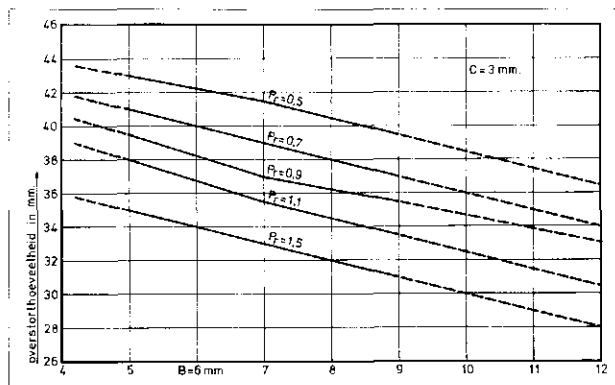
$$\text{W.O.} = \frac{40,2}{38,2} \times 4 = 4,2 \text{ m}^2.$$

Een zelfde verhouding kan worden toegepast bij toe- of afname van de regenpompcapaciteit.

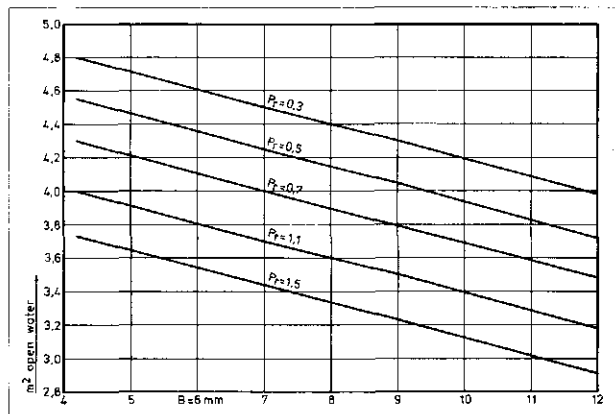
In afb. 11 is grafisch weergegeven het benodigde aantal m<sup>2</sup> openwater oppervlak, waarbij als uitgangspunt is genomen dat bij B = 7 mm, P<sub>r</sub> = 0,7 mm.h<sup>-1</sup>, W.O. = 4 m<sup>2</sup> en de overige niet variabele gegevens, een situatie aanwezig is met het oog op de BOD belasting, die gemiddeld één maal per 10 jaar problemen kan geven met betrekking tot de zuurstofhuishouding of wel vissterfte.

### 3. Bacteriële verontreiniging

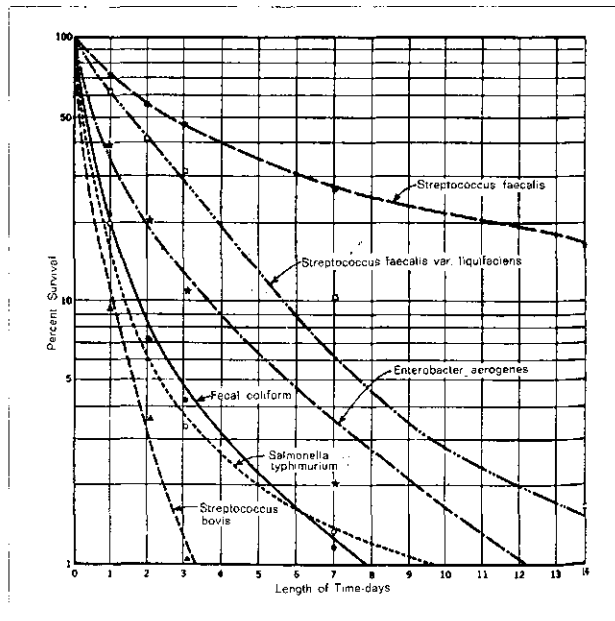
Bij de lozing van het afvalwater via de overlaten komt een grote hoeveelheid bacteriële verontreiniging mee, afkomstig o.a. van mens en dier waarbij de coli-bacteriën zich het gemakkelijkst laten bepalen. De hoeveelheid coli-bacteriën zal geval voor geval sterk uiteen kunnen lopen.



Afb. 10 - Maximaal te verwachten overstorthoeveelheid gedurende 12 uur, 1 x per 10 jaar ten opzichte van B en P<sub>r</sub> en C = 3 mm.



Afb. 11 - Benodigd oppervlak open water bij B, P<sub>r</sub> en C = 3 mm.



Afb. 12 - Overlevingskans van bacteriën volgens Geldreich, E. E. Jour. AWWA 1970.

Een theoretische benadering kan als volgt er uit zien:  
aantal colibacteriën (37 °),  
in ruw rioolwater 3 x 10<sup>8</sup> per l,  
in uitgestit slib 6,5 x 10<sup>7</sup> per l,  
in regenwater van de straten 10 % van het aantal in ruw rioolwater.

Totaal aantal colibacteriën per inwoner tijdens overstortduur van 8 h $8/24 \times 120 \times 3 \times 10^8 =$	12.10 <sup>9</sup>
in uitgegist slib achtergebleven in het riool	
3 à 5 l per inw. in 3 m riool $5 \times 6,5 \times 10^7$	0,3.10 <sup>9</sup>
vanuit het regenwater van de straten	1,2.10 <sup>9</sup>
Totaal aantal colibacteriën per inwoner	13,5.10 <sup>9</sup>

Dit aantal komt theoretisch in 8 m<sup>3</sup> water voor of wel 1,7.10<sup>6</sup> per liter of 1,7.10<sup>3</sup> per ml.

De overlevingskans van de bacteriën is beperkt, zo zal een deel van de coli zich ongeveer 10 dagen kunnen handhaven. Anderen handhaven zich langer of korter (zie afb. 12 en [8]).

De bacteriën die bij kleine hoeveelheden in water terecht komen, dat voldoende zuurstofrijk en helder is, zal een nog veel korter leven zijn beschoren. Wel doet zich het effect voor dat de bacteriën zich vooral verzamelen in het bezonken slib en daar een veel grotere overlevingskans bezitten [9].

Het openwater zoals hier bedoeld is in principe geen zwemwater en zal ook niet direkt dienen als grondstof voor de bereiding van drinkwater. Het situeren van overlaten zal uit dit oogpunt zodanig moeten geschieden dat als per ongeluk iemand in het water valt, die niet kan zwemmen, en vuil water binnen krijgt, dit dan geen puur overstortwater zal zijn. Het gevaar voor besmetting tijdens een zwempartijtje in een zgn. recreatieplas op een drukke zomerse dag is ook niet gering [10, 11].

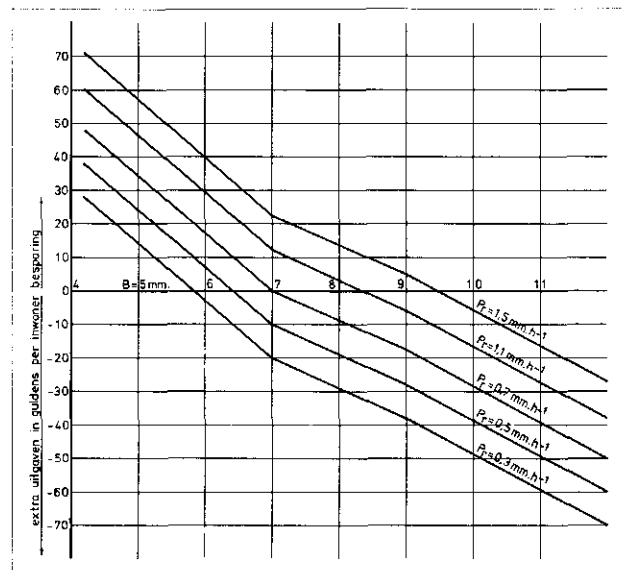
#### 4. De bemestende stof

Gezien de totale hoeveelheid overstortwater per jaar waarbij verdund rioolwater in het openwater terecht komt, is de omvang van de totale bemestende waarde gering n.l.: overstortduur 1,2<sup>o</sup>/<sub>100</sub> van de totale tijd maar wel een deel van het bezonken slib.

Het is gezien de gemiddelde overstortintensiteit (zie afb. 7), beslist niet zo dat bij elke overstort het slib zal opwoelen en meegevoerd, eerder zal een bezinking plaatsvinden als de stroomsnelheden laag zijn.

De bemestende waarde van het toestromende grondwater, het over de oevers toestromende regenwater en de

Afb. 13 - Meer of minder kosten per inwoner voor riolering en open water ten opzichte van  $B = 7$  mm,  $P_r = 0,7$  mm.h<sup>-1</sup>,  $C = 3$  mm en 4 m<sup>2</sup> wateroppervlak per inwoner.



plantengroei in en naast het openwater zal veel groter zijn en sterk afhankelijk zijn van de plaatselijke situatie; om deze redenen is afgezien een cijfermatige benadering op te stellen.

#### 5. De kosten

De kosten voor de aanleg van een waterpartij of singel zijn afhankelijk van de situatie, de grondgesteldheid etc. Indien we mogen stellen dat één m<sup>2</sup> extra water oppervlak ten koste gaat van het verkoopbare grondoppervlak, dan kunnen de kosten op f 40,— per m<sup>2</sup> worden gesteld. Zo zal b.v. bij  $P_r = 0,7$  mm.h<sup>-1</sup> en  $B = 4,2$  mm het wateroppervlak per inwoner 4,3 m<sup>2</sup> moeten bedragen (zie afb. 11), of wel 0,3 m<sup>2</sup> meer of  $0,3 \times f 40,— = f 12,—$  meer gaan kosten per inwoner, terwijl de riolering ca. f 60,— minder gaat kosten (zie afb. 8), of wel een besparing van  $f 60 — f 12,— = f 48,—$  per inwoner voor riolering en openwater ten opzichte van de kosten bij  $B = 7$  mm  $P_r = 0,7$  mm.h<sup>-1</sup> en 4 m<sup>2</sup> aan open water. In afb. 13 is een overzicht gegeven van de meer en mindere kosten bij  $B = 4,2$  tot en met 12 mm en  $P_r = 0,3$  tot en met 1,5 mm.h<sup>-1</sup>. Het bovenstaande geldt met inachtname van de eerder genoemde variabele uitgangspunten.

#### 6. Aanvullende opmerkingen

Het situeren van de overlaten op een waterpartij kan in principe op twee wijze geschieden:

- gesitueerd op één punt;
- zoveel mogelijk verspreid.

Bij de laatste oplossing zal een zo groot mogelijke menging van het overstortwater met water van de waterpartij plaatsvinden en een snelle afbraak van de belastende stoffen plaatsvinden. Bij een overbelasting zal het mogelijk zijn dat al het water kortere of langere tijd zuurstofarm zal zijn en vissterfte op zal treden.

Bij de situering op één punt zal plaatselijk overbelasting van BOD op kunnen treden maar de vissen zullen dit gebied dan tijdelijk mijden en zich terugtrekken naar het andere deel van de waterpartij. Bij deze situatie is het eenvoudig om de oevers zodanig te beplanten dat de bereikbaarheid wordt bemoeilijkt zodat een mogelijk besmettingsgevaar weer kan worden verkleind.

De waterpartijen (singels) zullen regelmatig moeten worden ontdaan van het bodemslib. Aangezien het niet uitgesloten is dat in de uitkomende bagger zich pathogene bacteriën bevinden, zal moeten worden bezien of het mogelijk is de bagger met veel water via het riool af te voeren of zodanig op te slaan dat ze goed kan uitrotten. Het verdient aanbeveling na te gaan of de waterpartijen kunnen worden ververst, het liefst met schoon water. Indien de aanvoer groot en regelmatig is kan met de bepaling van de grootte van het benodigde wateroppervlak hiermede rekening worden gehouden.

Indien een bestaande waterpartij te klein is kan worden overwogen de zuiveringscapaciteit te vergroten door b.v. het plaatsen van een fontein of luchtinblazing via een geperforeerde slang.

### III. DE POMPEN

#### IIIa. Pomsamenstelling

Bij een gemengd rioelstelsel voor een woongebied zoals hier behandeld, onderkennen we de afvoer voor het

afval-, het lek- en het regenwater. Ten behoeve van het afval- en lekwater kan een speciale pomp opgesteld worden evenals voor het regenwater. Of één pomp voert al het water af, of men kan extra pompen aan laten slaan als er regenwater komt. De mogelijkheden zijn (reservepompen buiten beschouwing gelaten) (zie afb. 14):

- één pomp zowel voor regen- als afvalwaterafvoer;
- één pomp voor afvoer van afvalwater en een deel van het regenwater + aanvullende pomp die snel aanslaat;
- als b. maar met het verschil dat zowel peil van aanslag van de aanvullende regenpomp hoog ligt.

### IIIb. Te verpompen hoeveelheden

Zoals hierboven vermeld zal het te verpompen rioolwater bestaan uit:

- de droogweerafvoer;
- het lekwater;
- een hoeveelheid regen.

ad. a. Uitgaande van 1000 inwoners en 120 l per dag per inwoner geeft dit per jaar circa  $360 \times 0,120 \times 1000 = 43.200 \text{ m}^3$ . Bij  $50 \text{ m}^3$  verhard oppervlak per inwoner en 10 l per uur per inwoner als piekdebiet kan de droogweer afvoer (dwa) worden uitgedrukt in  $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$  (t.o.v. het verhard oppervlak) en bedraagt  $P_a = 0,2 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ .

ad. b. De hoeveelheid lekwater is sterk afhankelijk van de kwaliteit van de riolering en het niveau van het grondwater ten opzichte van de riolering. Vroeger

werd gehanteerd  $1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$  en dat is bij 3 m riool per inwoner bij 1000 inwoners en rekening houdend dat gedurende 270 uur het riool gevuld is en derhalve niet of nauwelijks lekwater voorkomt:

totaal per jaar  $0,003 \times 3600 \times (24 \times 365 - 270) = 91.700 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ ; hetgeen bijna 2 x zoveel is als de dwa. Een andere gehanteerde norm is  $3 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$  per inwoner of wel  $(24 \times 365 - 270) \times 3 = 25.470 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$  per 1000 inwoners.

Bij  $1 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$  per inwoner wordt de hoeveelheid lekwater per jaar ca.  $8500 \text{ m}^3$ . Met deze laatste hoeveelheid zal hierna rekening worden gehouden. Hierbij er van uitgaande dat het riool van redelijke kwaliteit is. Overigens kan dit bij elk rioolstelsel geheel anders liggen.

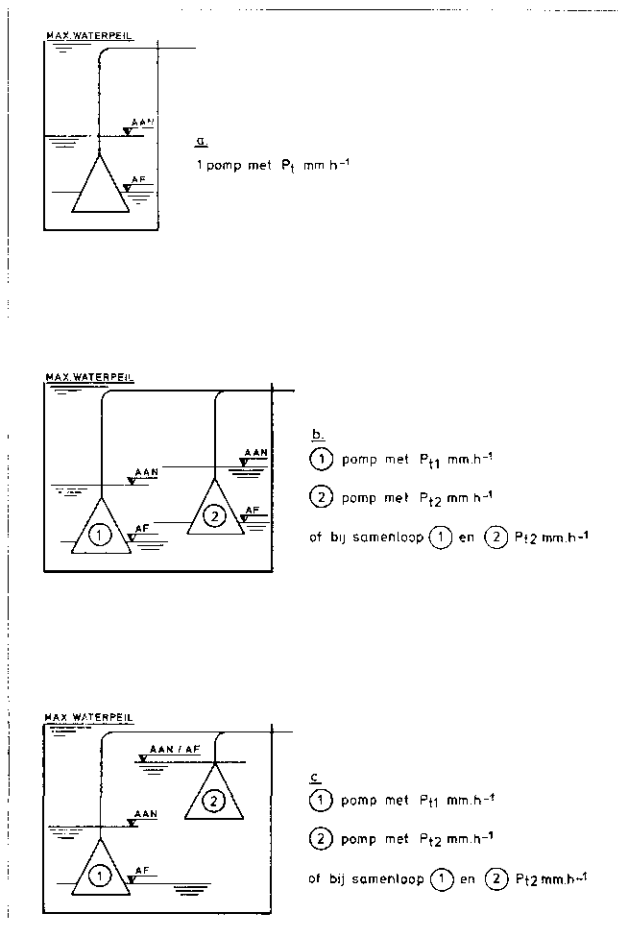
Bij een gemengd rioolstelsel wordt met de capaciteit van de pompen normaliter geen rekening gehouden met de hoeveelheid lekwater. Wel met de totaal te verpompen hoeveelheid.

ad. c. De te verpompen hoeveelheid regenwater is onder meer afhankelijk van:

- het verhard oppervlak per inwoner;
- de berging;
- de regenpompcapaciteit (ook wel regenpompovercapaciteit genoemd);
- het pompregime.

De pompcapaciteit voor de afvoer van regenwater  $P_r$  kan worden uitgedrukt in  $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ . Voor gevallen a. en b. (zie afb. 14), bedraagt de hoeveelheid te verpompen regenwater gemiddeld per jaar in mm zoals in tabel II is aangegeven ( $P_t = P_a + P_r$ ).

Afb. 14 - Mogelijke pompopstellingen.



TABEL II.

B in mm	$P_t$ in $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$				
	0,5	0,7	0,9	1,3	1,7
4,2	296	326	344	366	378
7	343	366	377	389	396
9	361	380	388	396	401

Voor geval c. (zie afb. 14) met een zogenaamde pendelende pomp, ook wel ontlast- of stormwaterpomp genoemd, bedragen de verpompte hoeveelheden voor pomp P1 met een capaciteit van  $0,5 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$   $P_{r1} = 0,3 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$  en  $P_a = 0,2 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$  en voor de pomp P2, een aanvullende capaciteit van resp. 0,2; 0,4; 0,8 en  $1,2 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ , resp.  $P_{t1}$  en  $P_{t2}$  in mm per jaar als in tabel III is aangegeven. De berging  $B_1$  is de waterinhoud beneden het aan- en afslagpeil van pomp P2. De berging  $B_2$  bedraagt hier in dit beschouwde geval 1 mm ( $B = B_1 + B_2$ ). Tevens is in tabel III aangegeven de maximaal te verwachten overstorthoeveelheid één maal per 10 jaar ( $Oh^{10}$  in mm), dit in vergelijking met de eerder genoemde getallen (zie hoofdstuk IIc) die golden voor een pompinstallatie conform de gevallen a. en b. (zie afb. 14).

Gelet op het aantal variabelen  $B$ ,  $B_1$ ,  $P_{r1}$  en  $P_{r2}$  en de uiteenlopende waarden is het praktisch niet te doen om hierover grafieken samen te stellen die min of meer universeel bruikbaar zijn. Wel is het uiteraard mogelijk om in elk specifiek geval met behulp van de computer de gewenste waarden te bepalen.

### IIIc. De pompcapaciteit

De te installeren pompcapaciteiten zijn mede afhankelijk

TABEL III - Verpompte hoeveelheden in mm voor  $P_{t1}$  en  $P_{t2}$  per jaar en overstorthoeveelheden  $O_h^{10}$  in mm.

B in mm	$B_1$	$P_{r2} = 0,2 \text{ mm.h}^{-1}$			$P_{r2} = 0,4 \text{ mm.h}^{-1}$			$P_{r2} = 0,8 \text{ mm.h}^{-1}$			$P_{r2} = 1,2 \text{ mm.h}^{-1}$		
		$P_{t1}$	$P_{t2}$	$O_h^{10}$	$P_{t1}$	$P_{t2}$	$O_h^{10}$	$P_{t1}$	$P_{t2}$	$O_h^{10}$	$P_{t1}$	$P_{t2}$	$O_h^{10}$
4,2	3,2	286			281			277			276		
			30			48			70			85	
				43,5			42,0			39,3			36,7
7	6	335			333			331			330		
			17			27			40			48	
				41,5			40,0			37,3			34,7
9	6	355			354			352			352		
			12			19			27			33	
				40			38,6			35,9			33,3
12	11	374			373			372			372		
			7			11			16			20	
				37,3			36,0			33,5			31,1

van het aantal inwoners, en bedragen per 1000 inwoners; voor geval a. (zie afb. 14) bij:

$$P_{t1} = 0,5 \quad 0,7 \quad 0,9 \quad 1,3 \quad 1,7 \text{ mm.h}^{-1}$$

$$25 \quad 35 \quad 45 \quad 65 \quad 85 \text{ m}^3\text{.h}^{-1}$$

Bij de gevallen b. en c. (zie afb. 14), met aanvullende regenpomp al dan niet met een hoog aan- en afslagpeil per 1000 inwoners  $P_{t1} = 0,5 \text{ mm.h}^{-1} = 25 \text{ m}^3\text{.h}^{-1}$  en  $P_{t2} = P_{t1} + P_{r2} = 0,7 \quad 0,9 \quad 1,3 \quad 1,7 \text{ mm.h}^{-1}$   
 $35 \quad 45 \quad 65 \quad 85 \text{ m}^3\text{.h}^{-1}$

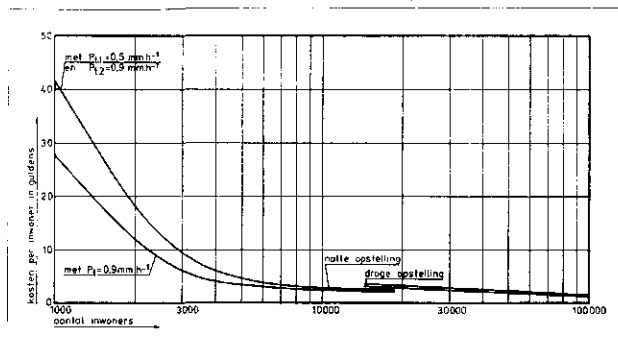
### III d. De kosten

De kosten voor de mechanische en elektrische installatie van een rioolgemaal zijn van diverse factoren afhankelijk zoals:

- de te verpompen hoeveelheden;
- de manometrische opvoerhoogte;
- het type pomp en het fabrikaat;
- droge of natte opstelling;
- aantal pompen (inclusief reservepomp);
- diverse voorzieningen zoals: waterslagbeveiliging, langeafstands alarmeringen etc.

In afbeelding 15 zijn als indicatie de kosten voor de pompinstallatie gegeven ten opzichte van het aantal inwoners. De ene kromme geeft kosten weer bij een pompinstallatie met een zogenaamde pendelende pomp waarbij  $P_{t1} = 0,5 \text{ mm.h}^{-1}$  en  $P_{t2} = 0,9 \text{ mm.h}^{-1}$  of resp. 25 en 45  $\text{m}^3\text{.h}^{-1}$  per 1000 inwoners. De andere kromme met één capaciteit van  $P_t = 0,9 \text{ mm.h}^{-1}$  of 45  $\text{m}^3\text{.h}^{-1}$  per 1000 inwoners.

Afb. 15 - Kosten van de pompinstallatie per inwoner ten opzichte van het totaal aantal inwoners.



In de figuur komt duidelijk tot uiting dat de kosten per inwoner bij een gering aantal inwoners beduidend hoger zijn dan bij een groot aantal inwoners. En ook dat een pompinstallatie met pendelende pomp bij toenemend aantal inwoners slechts weinig duurder is dan bij een installatie met één pomp met totale capaciteit. Uitdrukkelijk wordt nogmaals gesteld dat de in afb. 15 gegeven lijnen slechts indicatief zijn en slechts golden voor b.v. een persleiding lengte van 2 km, een ontwerp-snelheid van 0,6  $\text{m.s}^{-1}$ , met een reserve pomp en het prijspeil van medio 1973.

De kosten voor het bouwwerk van het rioolgemaal zijn onder meer afhankelijk van:

- de diepte van de riolering ten opzichte van het maai-veld ter plaatse van het rioolgemaal;
- de capaciteit van de pompinstallatie;
- het aantal pompen;
- de grondslag al dan niet met paalfundering;
- droge of natte pompopstelling;
- diverse bijzondere voorzieningen zoals druktoeren, traforuimte.

De orde van grootte van de kosten bedragen per inwoner: bij 1000 3000 10.000 30.000 100.000 inwoners  
 $f 10,- \quad f 7,- \quad f 2,50 \quad f 6,- \quad f 3,-$

## IV. TRANSPORTLEIDINGEN EN ENERGIEKOSTEN

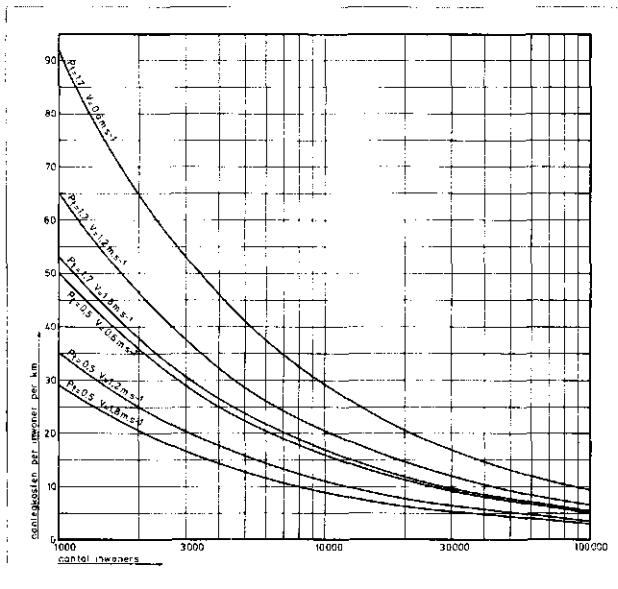
### IV a. Persleiding

In het onderhavige geval zullen alleen persleidingen worden beschouwd. En zal alleen gerekend worden met fictieve diameters die afhankelijk zijn van ontwerp-snelheid  $V$  in  $\text{m.s}^{-1}$  en het debiet. De aanlegkosten van de persleiding is gerelateerd aan de diameter (de fictieve) en is gesteld op 4 x de diameter in cm's, als prijs in guldens per meter lengte. In de praktijk is de diameter keuze beperkt en zijn de aanlegkosten van een groot aantal factoren afhankelijk en kunnen van plaats tot plaats en van tijd tot tijd aanzienlijke verschillen vertonen.

De kosten voor de aanleg van de persleiding per inwoner en per km kunnen in een grafiek worden weergegeven (zie afb. 16) waarbij is uitgegaan van  $P_t$  en een ontwerp-snelheid  $V = 0,6 \text{ m.s}^{-1}$ .

De invloed van de ontwerp-snelheid resp.  $V = 0,6; 1,2$  en  $1,8 \text{ m.s}^{-1}$  is te zien in afb. 17.

Duidelijk is dat bij toenemend aantal inwoners de aanlegkosten per inwoner afnemen en dat bij hogere ont-



Afb. 16 - Kosten per inwoner per km persleiding bij diverse totale pompcapaciteiten.

werpsnelheden de kosten lager worden, maar dat dit effect bij hoge inwoner aantallen evenwel gering is.

#### IVb. De energiekosten

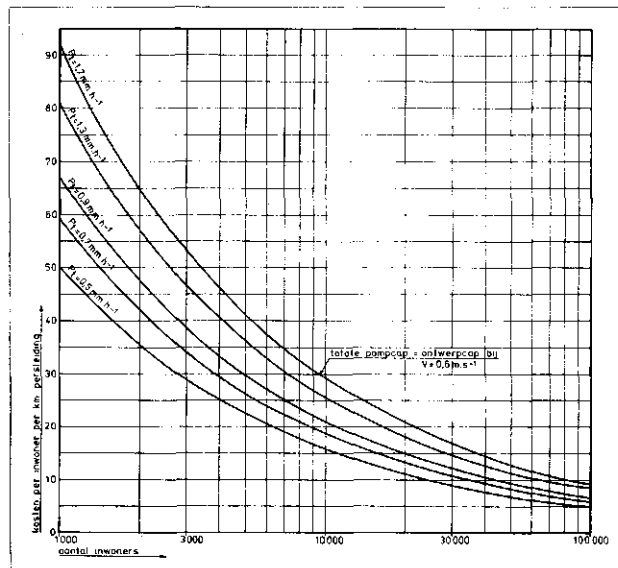
Bij de persleidingkosten zijn uiteraard niet alleen aanlegkosten van belang, maar tevens de energiekosten die bij rioalgemalen meestal bestaan uit de elektriciteitskosten.

De energiekosten zijn te bepalen uit:

- de hoeveelheid te verpompen rioolwater;
- de manometrische opvoerhoogte;
- het pomp- en motorrendement;
- de prijs van 1 kWh.

De hoeveelheid te verpompen rioolwater is reeds eerder behandeld in hoofdstuk IIIb. De manometrische opvoerhoogte per km persleiding kan bepaald worden aan de

Afb. 17 - De invloed van de ontwerpsnelheid op de aanlegkosten van persleiding, bij  $P_t = 0,5$  en  $1,7$  mm.h<sup>-1</sup>.



hand van formules van Darcy — Weisbach en Prandtl — Colebrook.

Het pomp en motorrendement is hier gemakshalve gesteld op 0,5 het is evenwel sterk afhankelijk van pomptype e.d. De prijs van 1 kWh. is hier gesteld op f 0,15. De geactualiseerde energiekosten (40 jaar en 8 %) bij  $B = 7$  mm  $P_t = 0,7$  mm.h<sup>-1</sup> en totaal te verpompen hoeveelheid van 70.550 m<sup>3</sup> rioolwater voor 1000 inwoners bedragen per 1 m opvoerhoogte f 690,— of f 0,69 per inwoner. Hetgeen relatief kleine bedragen zijn ten opzichte van andere factoren.

#### IVc. Kosten per km persleiding

De aanlegkosten van een persleiding en de daarbij behorende energiekosten zijn recht evenredig met de lengte van de persleiding. Voor een inzicht in de kosten is in tabel IV een overzicht gegeven van de kosten per inwoner per km persleiding. Er zijn 4 gevallen te onderscheiden, in alle gevallen zijn gelijk gehouden:  $B = 7$  mm,  $V = 0,6$  m.s<sup>-1</sup> (ontwerpsnelheid); voor de gevallen 3 en 4 is  $B_1 = 6$  mm en  $B_2 = 1$  mm.

voor geval	1	2	3	4
is $P_t$ in mm.h <sup>-1</sup>	0,5	0,9		
is $P_{t1}$ en $P_{t2}$ in mm.h <sup>-1</sup>			0,5/0,9	0,5/0,9*
gekap. stroomkosten per 1000 inw. en 1 m opvoerhoogte in f	673,—	690,—	1195,—	716,—

\* Pendelend (zie afb. 14).

#### V. DE RIOOLWATERZUIVERINGSINSTALLATIE

Hoewel een belangrijk onderdeel in de kosten voor de behandeling van afvalwater zal in dit artikel slechts op enkele aspecten worden ingegaan.

Een deel van de kosten van de installatie wordt beïnvloed door het debiet dat wordt aangevoerd, uiteraard afhankelijk van het type installatie. In de meeste ge-

TABEL IV - Kosten per inwoner voor 1 km persleiding incl. energiekosten

	Aantal inwoners				
	1000	3000	10.000	30.000	100.000
Debiet in m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>					
$P_t = 0,5$ mm.h <sup>-1</sup>	25	75	250	750	2500
$P_t = 0,9$ mm.h <sup>-1</sup>	45	135	450	1350	14500
<b>Geval 1 (<math>P_t = 0,5</math> mm.h<sup>-1</sup>)</b>					
Stroomkosten	f 2,80	f 1,08	f 0,51	f 0,26	f 0,13
Persleiding	f 50,—	f 28,80	f 15,80	f 9,13	f 5,—
Totaal	f 52,08	f 29,88	f 16,31	f 9,39	f 5,13
<b>Geval 2 (<math>P_t = 0,9</math> mm.h<sup>-1</sup>)</b>					
Stroomkosten	f 1,52	f 0,76	f 0,39	f 0,19	f 0,10
Persleiding	f 67,—	f 38,70	f 21,20	f 12,25	f 6,70
Totaal	f 68,52	f 39,46	f 21,59	f 12,44	f 6,80
<b>Geval 3 (<math>P_t = 0,5</math> <math>P_{t2} = 0,9</math> mm.h<sup>-1</sup>)</b>					
Stroomkosten	f 3,70	f 1,91	f 0,90	f 0,45	f 0,24
Persleiding	f 50,—	f 28,80	f 15,80	f 9,13	f 5,—
Totaal	f 53,70	f 30,71	f 16,70	f 9,58	f 5,24
<b>Geval 4 (<math>P_{t1} = 0,5</math> <math>P_{t2} = 0,9</math> mm.h<sup>-1</sup> pendelend)</b>					
Stroomkosten	f 2,20	f 1,15	f 0,54	f 0,27	f 0,14
Persleiding	f 50,—	f 28,80	f 15,80	f 9,13	f 5,—
Totaal	f 52,20	f 29,95	f 16,34	f 9,40	f 5,14



vallen is het ongewenst dat het aanvoerdebiet bij regen relatief groot wordt, nl. wegens het gevaar van uitspoelen. Een zelfde situatie treedt op als de verhouding berging en regenpompcapaciteit te groot wordt nl. wegens te lange ledigingstijd. Voor het geval dat pendelende pompen worden toegepast (zie hoofdstuk III en afb. 14 geval c), is het te overwegen om de aanvoer tijdens de werking van de pendelende pomp voor een deel op te slaan bij de zuiveringsinstallatie of via een bezinking te lozen op openwater. Aan welke oplossing de voorkeur gegeven moet worden is afhankelijk van de situatie b.v. kwaliteit van het ontvangende water en de totale kosten.

In tabel III. zijn de verpompte hoeveelheden per jaar voor de pendelende pomp  $P_{12}$  gegeven bij diverse bergingen en capaciteit van deze pomp.

De maximale hoeveelheid aangevoerd door de pendelende pomp per bui die 1 x per 10 jaar verwacht mag worden bij  $B = 7$  mm ( $B_1 = 6$  mm en  $B_2 = 1$  mm),  $P_{12} = 0,4$  mm.h<sup>-1</sup> bedraagt 5,2 mm of wel per inwoner 0,26 m<sup>3</sup> rioolwater.

Bij een redelijk werkende zuiveringsinstallatie mag een BOD reductie worden verwacht van 95 à 98 % of wel nog altijd wordt 5 à 2 % van de BOD per dag per inwoner continu geloosd. Indien storingsen optreden kan de reductie soms aanzienlijk terug lopen.

In de gevallen van centralisatie zal in het algemeen het effluent van de installatie niet worden geloosd in wateren waarop de overlaten van het rioolstelsel van de woonwijken lozen. Wel moet worden bezien of het effluent niet kan worden aangewend via een lange of korte weg voor de verversing van de singels en de waterpartijen.

De bacteriële verontreiniging, d.w.z. door pathogene bacteriën kan redelijk effectief worden bestreden door middel van chlorering. In hoeverre defosfatering moet worden toegepast zal geval voor geval moeten worden bezien.

## VI. DE TOTALE KOSTEN

De totale kosten voor de behandeling van het afvalwater van meerdere woonkernen die op enige afstand van elkaar zijn gelegen zijn moeilijk, zonder de concrete situatie in ogenschouw te nemen, in grafieken en tabellen te vatten. Om deze redenen is hier afgezien een uitgewerkt voorbeeld te geven, maar in het voorgaande zijn wellicht voldoende bouwstenen aangedragen om voor een concrete situatie diverse oplossingen met elkaar te vergelijken.

Enkele vragen die bij de oplossingen gesteld kunnen worden zijn:

- de berging in het riool; kleine berging met grote waterpartijen;
- de grootte van regenpomp(over)capaciteit, of pendelende pomp, geringe invloed op de grootte van de maximale overstorthoeveelheid 1 x per 10 jaar;
- de persleiding diameter, met hoge ontwerpsnelheid of bij toepassing van de pendelende pomp mogelijk relatief nog kleinere diameter en slechts geringe toename van de energiekosten als gevolg van de hoge snelheden bij de afvoer met de pendelende pomp;
- de rioolwaterzuivering al dan niet met bergingsbassin voor het opvangen van de piekafvoer van de pendelende pomp; 95 of 98 % BOD reductie, slibverwerking etc.

Vooraf bij de woonkernen met relatief kleine aantallen inwoners zijn de kosten per inwoner relatief hoog en zal een juiste afweging van alle factoren alle aandacht verdienen.

## VII. CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

Het hanteren van de „overstortfrequentienorm” lijkt minder relevant en kan beter vervangen worden door het oppervlak en de massa van het openwater te relateren aan het aantal inwoners of de grootte van het verhard oppervlak dat via een overlaat loost bij zware regenval op dit openwater en de maximale te verwachten hoeveelheid één maal per 10 jaar.

De grootte van het oppervlak aan openwater per inwoner was hier aangenomen op gemiddeld 4 m<sup>2</sup>, deze waarde lijkt aan de veilige kant maar nader onderzoek en vooral metingen over langere duur en meerdere plaatsen zijn beslist noodzakelijk.

In dit artikel is met opzet een beperkte situatie bezien. Het is uiteraard noodzakelijk na te gaan wat de consequenties zijn bij verschillende situaties:

- sterk hellende gebieden;
- waterpartijen die met veel en goed water kunnen worden ververst;
- het gescheiden rioolstelsel, etc.

Ter beperking van het pompdebiet bij regen verdient het aanbeveling alléén een extra pendelende regenpomp in te schakelen kort voordat het rioolstelsel geheel gevuld is en deze ook weer uit te schakelen als het voornoemde „peil” weer is bereikt.

De kosten van de riolering, die een relatief groot deel van de totale kosten voor de behandeling van afvalwater uitmaken, zoveel mogelijk te beperken door de berging zo gering mogelijk te maken en compensatie te vinden enerzijds door vergroting van het wateroppervlak waarop de overlaten lozen en anderzijds door vergroting van de regenpomp(over)capaciteit b.v. door toepassing van een pendelende pomp.

### Literatuur

1. Böttger, W. O. J. en Herik, A. G. v. d. „Overstortfrequentie”, Water 50, 1966.
2. Herik, A. G. v. d. en Kooistra, M. T. „5-minutenregens”, H<sub>2</sub>O (3) 1970 no. 21.
3. Herik, A. G. v. d. en Kooistra, M. T. „5-minutenregens. Regenintensiteiten en overstorten bij rioleringen”. Grontmij N.V., juni 1973.
4. Otto, H. „Der Einfluss von Misch- und Trennkanaalisation auf dem Vorfluter”, H<sub>2</sub>O (5) 1972 no. 20.
5. Eggink, H. J. en Hulshof, J. E. „Het verontreinigend vermogen van overstortend rioolwater in relatie tot de overstortingsfrequentie”, H<sub>2</sub>O (1) 1968 no. 8.
6. „Rapport van de commissie riolering en waterverontreiniging van de afdeling voor gezondheidstechniek van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs. Deel II”, H<sub>2</sub>O (5) 1972, no. 12.
7. Schürg, R. „Abwasserteiche in ländlichen Gemeinden”, Wasser und Boden 10/1972.
8. Geldreich, E. E. „Applying bacteriological parameters to recreational water quality”, Jour. AWWA 1970.
9. Ponsen, R. A. „Waterkwaliteit en zuiveringsaspecten van de recreatievijver het Loomeer”, Grontmij rapport, december '71.
10. Scholte Ubink, D. W. en Kats, W. „Vervuiling en kwaliteitsbeheer van het water in ondiepe recreatieplassen”. Water 50 (1966) (6).
11. Spaander, P. „Recreatie en waterverontreiniging”, H<sub>2</sub>O (3) 1970 no. 17.