

WERKDOCUMENT

KWALITEITS- EN KOSTENASPECTEN BIJ RIOOL-
STELSELS IN NIEUW AAN TE LEGGEN WOONGE-
BIEDEN IN DE IJSELMEERPOLDERS

door

Werkgroep Rioolstelsels
(herziene versie)

1980-109 Abw/Adc

augustus

R

13532

IR
13532

7160

MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT
RIJKSDIENST VOOR DE IJSELMEERPOLDERS
SMEDINGHUIS - LELYSTAD

7160

INHOUDSOPGAVE	<u>Blz.</u>
INLEIDING	5
1. SOORTEN RIOOLSTELSELS	7
1.1. Het normaal gemengde stelsel	7
1.2. Het verbeterd gemengde stelsel	7
1.3. Het gescheiden rioolstelsel	7
1.4. Het verbeterd gescheiden stelsel	8
1.5. Het absolute rioolstelsel	8
2. KWALITEITSASPECTEN VAN RIOOLSTELSELS	9
2.1. Gegevens uit de literatuur	9
2.2. Bepaling vuillast via modellen	10
3. EISEN TE STELLEN AAN HET OPPERVLAKTEWATER	13
3.1. Algemeen	13
3.2. Eisen te stellen aan oppervlaktewater in stedelijke gebieden in Flevoland	13
4. HUIDIGE WATERKWALITEIT BIJ GESCHEIDEN RIOLERINGSSYSTEEM	15
5. KOSTENASPECTEN VAN RIOOLSTELSELS	17
5.1. Kosten van het huidige gescheiden stelsel	17
5.2. Kosten bij het gemengde stelsel	19
5.2.1. Kosten van een gemengd stelsel met veel (3%) open water waarop wordt overgestort	20
5.2.2. Kosten van een gemengd stelsel met weinig (1%) open water waarop wordt overgestort	20
5.2.3. Kosten van een gemengd stelsel waarbij geen open water in de stad aanwezig is waarop wordt overgestort	21
5.3. De invloed van de woningdichtheid op de rioleringskosten	21
5.4. Onderhouds- en exploitatiekosten	23
5.4.1. Riolering	23
5.4.2. Gemalen, persleiding en zuivering	24
6. CONCLUSIES	26
SAMENVATTING	27
BIJLAGEN	
1. De basiskwaliteit (grenswaarden) en de waterkwaliteit in de grachten van Lelystad in 1978	
2. Plaatsaanduiding van de 5 monsterpunten in Lelystad	
3. Verband tussen de woningdichtheid en de rioollengte bij gescheiden rioolstelsel	
4. Toelichting bij de kostenberekening van tabel 5 en 7	
5. Overstortfrequentie naar ir. Veldkamp	

INLEIDING

Rioolstelsels dienen om afvalwater van industrie en huishoudens alsmede overtollige neerslag af te voeren. Voor die afvoer bestaan in feite twee rioleringsystemen, namelijk het gescheiden en het gemengde systeem. Het gemengde systeem voert al het genoemde afvalwater via een buizenstelsel naar de rioolwaterzuivering. Bij overbelasting wordt een deel van het afvalwater rechtstreeks op het oppervlaktewater geloosd. Het gescheiden systeem bestaat uit twee aparte leidingnetten. Het ene net voert het afvalwater naar de rioolwaterzuivering, het andere loost de af te voeren neerslag rechtstreeks op het oppervlaktewater.

Bij de bouw van Lelystad is besloten om een gescheiden rioolstelsel aan te leggen. Aanleiding hiertoe was het rapport van ir. J.E. Smid uit 1964. Zijn conclusie was dat het gescheiden systeem weliswaar per hectare iets duurder dan het gemengde rioolstelsel zou uitkomen, maar dat de te verwachten verbetering van de kwaliteit van het oppervlaktewater daar ruimschoots tegenop zal wegen. Ook in het buitenland heerste in de zestiger jaren het idee om ten behoeve van het milieu alle bestaande en nieuw aan te leggen rioleringen van het gescheiden systeem te voorzien.

De laatste jaren is ten aanzien van de stelselkeuze een brede discussie op gang gekomen. De inzichten omtrent de milieutechnische en economische factoren bij de verschillende stelsels lopen daarbij nogal eens uiteen.

Dit stuk beoogt enerzijds de huidige stand van zaken omtrent de kwaliteitsaspecten van de verschillende rioleringsystemen weer te geven en anderzijds de kosten per stelsel te bepalen. Er wordt daarbij uitgegaan van de omstandigheden in de Flevopolders. Hiertoe wordt in hoofdstuk 1 een overzicht van de verschillende soorten rioolstelsels gegeven. Hoofdstuk 2 geeft de kwaliteitsaspecten van rioleringsystemen weer. De kwaliteitseisen aan het oppervlaktewater te stellen komen in hoofdstuk 3 aan de orde, terwijl hoofdstuk 4 de huidige waterkwaliteit bij het gescheiden systeem in Lelystad weer geeft. Een overzicht van de kosten bij verschillende rioleringsystemen vormt de inhoud van hoofdstuk 5. Als laatste komen conclusies en een samenvatting aan bod.

1. SOORTEN RIOOLSTELSELS

Rioolstelsels hebben tot doel:

- Afvoeren van afvalwater van woningen en industriën.
- Afvoeren van neerslag.

Voor dit doel zijn verschillende soorten rioolstelsels in gebruik. Een beschrijving hiervan is in de volgende paragrafen opgenomen.

1.1. Het normaal gemengde stelsel

Een normaal gemengd rioolstelsel voert het huishoudelijk en industrieel afvalwater te zamen met de tot afvoer komende neerslag af. Afvoer vindt plaats via eenzelfde buizenstelsel naar een rioolwaterzuiveringsinstallatie (r.w.z.i.).

De pompcapaciteit naar de r.w.z.i. bepaalt hoeveel water per tijdseenheid aan het buizenstelsel kan worden onttrokken. De afvoercapaciteit van het rioolstelsel wordt bepaald aan de hand van een gekozen maatgevende afvoer, een maatgevende berging en pomp(over)capaciteit. Bij hevige neerslag kan het aanbod aan af te voeren water groter zijn, dan de capaciteit waarop het rioolstelsel berekend is. Om het surplus aan water kwijt te raken, zijn bij dit stelsel open uitlaten gemaakt, waardoor het nog ongezuiverde afvalwater vermengd met de neerslag direct in het open water terecht komt.

De overstortfrequentie bij dit stelsel varieert van enkele malen tot 15 à 20 maal per jaar.

1.2. Het verbeterd gemengde stelsel

Het grote aantal overstortingen uit het normaal gemengde stelsel werkt zeer vervuילend op het oppervlaktewater. Vermindering van het aantal overstorten is daarom gewenst. Hiertoe is het verbeterd gemengde stelsel ontworpen, waarbij via vergroting van de berging en/of de pompcapaciteit de overstortfrequentie teruggebracht wordt tot 1 à 2 maal per jaar.

De berging wordt vergroot via de aanleg van bergingsbassins of -tanks dan wel door vergroting van de diameter van de rioolbuizen. De bergingsruimten fungeren tevens als bezinkbak voor vaste deeltjes uit het rioolwater. Het overstortende water zal daardoor minder vervuiling van het oppervlaktewater geven. Het in de bergbezinktank verzamelde slib wordt afhankelijk van de situatie teruggevoerd naar de riolering, rechtstreeks naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie getransporteerd of mechanisch verwijderd.

Bij een gemengd stelsel is het aantal lozingspunten beperkt en is de plaats ervan bekend. Eventuele calamiteiten kunnen daardoor worden opgevangen. Tevens kunnen mogelijke nieuwe methoden om de overstort te zuiveren worden aangebracht.

1.3. Het gescheiden rioolstelsel

De achtergrond van het gescheiden rioolstelsel is de relatief geringe vervuilingswaarde van het via het oppervlak tot afstroming komende regenwater; de kwaliteit ervan laat een directe lozing op het oppervlaktewater toe. Deze gedachte heeft geleid tot een rioolstelsel, waarbij afvoer van het huishoudelijk en industrieel afvalwater - de droogweerafvoer (d.w.a.) - gescheiden van het regenwater plaatsvindt. Het stelsel bestaat uit twee volkomen van elkaar gescheiden rioolnetten. Het net voor de d.w.a. voert naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie, het net voor de regenwaterafvoer (r.w.a.) loost rechtstreeks op het oppervlaktewater.

De voorwaarden voor een optimale werking van dit systeem zijn:

- Het afgevoerde regenwater mag niet of slechts voor een deel vervuild zijn;
- Foute aansluitingen tussen de twee rioolnetten mogen niet voorkomen.

Aan beide voorwaarden wordt in de praktijk evenwel niet altijd voldaan. De r.w.a. kan door van het verharde oppervlak meegevoerde stoffen en slib tamelijk vervuild zijn. Daarnaast zijn foute aansluitingen nooit geheel tegen te gaan. Vooral aansluitingen van het d.w.a. stelsel op de regenwaterafvoer heeft grote invloed op de kwaliteit van het oppervlaktewater.

Bij elke bui wordt het r.w.a. op het oppervlaktewater geloosd. Vrijwel altijd gebeurt dit op meer plaatsen dan bij een gemengd systeem het geval zou zijn. De hydraulische belasting van de r.w.z.i. is door het vrij constante karakter van de d.w.a. bij dit stelsel relatief gering.

1.4. Het verbeterd gescheiden stelsel

Een verbeterd gescheiden rioolstelsel is een gescheiden rioolstelsel, waarbij de neerslagafvoer met een beperkte frequentie naar het oppervlaktewater overstort. Een deel van de af te voeren neerslag wordt daartoe in het regenwaterstelsel geborgen. De verlangde berging ontstaat, door het stelsel met behulp van overstortdrempels van het open water te scheiden. Na het verstrijken van de bui, wordt de geborgen neerslag naar het vuilwaterriool of rechtstreeks naar de rioolwaterzuiveringsinrichting afgevoerd. Het verbeterd gescheiden stelsel beperkt aldus de gevolgen van foute aansluitingen en de lozing van meegevoerd straatvuil.

Bij calamiteiten bestaat de kans dat bij het gescheiden systeem op een groot aantal onbekende plaatsen vuil op het open water wordt geloosd.

1.5. Het absolute rioolstelsel

Het absolute rioolstelsel heeft dezelfde opzet als een gemengd rioolstelsel. De berging en de pompcapaciteit zijn hierbij echter zo groot gekozen, dat de aangeboden hoeveelheid rioolwater vrijwel altijd naar de r.w.z.i. kan worden afgevoerd. Overstortdrempels zijn in dit stelsel dan ook niet opgenomen. Toepassing van dit stelsel vindt men in gebieden waar oppervlaktewater van enige omvang ontbreekt.

2. KWALITEITSASPECTEN VAN RIOOLSTELSELS

De laatste jaren is de keuze van het rioleringsysteem zeer actueel. Economische en milieuhygiënische factoren spelen een belangrijke rol bij deze keuze. Dit blijkt niet alleen uit een toenemend aantal publicaties over deze materie in vaktijdschriften, maar tevens uit een toename van de onderzoeksinspanning, met name van de STORA (Stichting Toegepast Onderzoek Reiniging Afvalwater).

2.1. Gegevens uit de literatuur

Over de aard en de invloed van de verschillende vervuilingsbronnen is nog weinig bekend. Met name de opname en het transport van vuil door afstromend regenwater en de opwoeling van rioolslib - een belangrijk onderdeel van de vuillast van een gemengd systeem - zijn lastig in te schatten. Een nog lopende literatuurstudie levert zeer uiteenlopende resultaten, waaruit de afhankelijkheid van de omstandigheden in het studiegebied duidelijk blijkt.

Slechts over de kwaliteit van het geloosde water blijkt een ruime hoeveelheid gegevens verzameld te zijn. Gegevens over hoeveelheden bleken vaak te ontbreken, zodat de totale vuilloading in kg vuil niet bepaald kon worden.

Factoren als de duur van de droogweelperiode voorafgaand aan een bui, de duur van de afvoer, de hoeveelheid neerslag en de gemiddelde intensiteit blijken wel van invloed op de kwaliteit van het afgevoerde hemelwater, hoewel de relaties niet erf vastliggen. De kwaliteit van het overstortende water uit een gemengd stelsel is zo mogelijk nog moeilijker te bepalen aangezien het rioolslib de relaties nog verder vertroebeld.

Nader onderzoek aan deze materie is dringend noodzakelijk. De overdraagbaarheid van de ontwikkelde kennis zal daarbij een belangrijke rol moeten spelen.

Om een indruk te verkrijgen van de orde van grootte van de concentratie van verschillende vervuilingsparameters van het geloosde water, wordt in tabel 1 een overzicht gegeven van de in de literatuur aangetroffen waarden. Enige terughoudendheid bij het overbrengen van de getallen naar de Nederlandse situatie is gewenst.

Tabel 1. Grenzen van de vracht-volumegemiddelde waarden van enige kwaliteitsparameters voor het overstortende water van een gemengd en gescheiden rioolsysteem (Nelissen, 1980)

	<u>gemengde riolen*</u>					
	Stuttgart- Büsnau	Northampton	Detroit	San Francisco	Brighthouse	Bradford
B.Z.V. ₅	66-292	78-351	101-209	20-280	60-130	20- 80
Gesusp. stof	30-507	197-811	89-299	-	380-620	150-280
Totaal P.	2,82-8,95	-	-	-	-	-
Totaal N.	12,12-30,13	-	-	-	-	-
E-coli MPN/ 100 ml	27,6x10 ⁵	-	-	-	-	-
Enterococcen MPN/100 ml	1,7x10 ⁵	-	-	-	-	-

R.W.A.-riolen

	woongebieden	comerciële gebieden	wegen
B.Z.V.5	7 - 13	+ 20	6 - 36
C.Z.V.	37 - 99	70 - 160	40 - 214
Gesusp. stof	59 - 400	45 - 300	300 - 1200
Totaal P.	0,2 - 1,5	0,1 - 0,6	0,1 - 0,8
Totaal N.	2,0 - 6,0	+ 3,0	0,7 - 3,6
Lood	0,1 - 0,3	+ 0,4	0,2 - 2,4
Zink	0,1 - 0,3	0,1 - 0,6	0,9 - 3,6
Faecale streptococ- coccen MPN/100 ml	$0,2 \times 10^5$	$0,2 \times 10^5$	-
Faecale coli MPN/100 ml		$0,2 \times 10^5$	-

* Kwaliteit van het rioolwater; het overstortende water heeft een kwaliteit binnen de gegeven grenzen, afhankelijk van het tijdstip van overstorting (Krauth, 1971).

Een uitgebreid onderzoek in Noorwegen (Lindholm en Balmer) vermeld meer gegevens over de jaarlijkse vuillast. Onderzocht werden vier gescheiden en drie gemengde rioleringsystemen. De onderzoeksgebieden waren 10 tot 380 ha groot.

In tabel 2 zijn deze gegevens vermeld. Ter vergelijking zijn ook de gegevens van tabel 1 en die van Lelystad (5) vermeld.

De gegevens van het onderzoek in Noorwegen en Lelystad met betrekking tot het gescheiden rioleringsstelsel zijn van dezelfde orde van grootte, met uitzondering van het zwevende stofgehalte.

De Noorse onderzoekers concluderen dat de totale vuillast van gemengde systemen op jaarbasis ongeveer twee keer zo hoog is als de vuillast van gescheiden systemen, dit ondanks het feit dat er in Noorwegen sprake is van een geaccidenteerd rioleringsgebied!

Andere onderzoekers, o.a. Public Health Service 1964 en een onderzoek in Oakland in Californië, komen weer tot een tegenovergestelde conclusie, namelijk dat de jaarlijkse totale vuillast van gescheiden systemen groter is.

2.2. Bepaling vuillast via modellen

Veelal zijn kwaliteitsmetingen aan rioolstelsels niet verricht of geven de verzamelde kwaliteitsgegevens geen eenduidig beeld van de vervuiling. Om toch een inzicht te krijgen in de vuiluitworp van een rioolstelsel, kan een wiskundig model opgesteld worden, waarmee de vuiluitworp gesimuleerd wordt. Voor Lelystad is zowel voor het gescheiden als voor een gemengd systeem een vuiluitworpmodel ontwikkeld. (4)

Het model simuleert de vuiluitworp van de verschillende rioolstelsels en de invloed daarvan op het grachtwater. Het Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV) is als kwaliteitsmaatstaf gebruikt. Voor het gescheiden stelsel zijn de invoergegevens voor het model gebaseerd op de situatie en de beschikbare gegevensreeksen van Lelystad. Het gemengde systeem is gemodeleerd voor een situatie als in Lelystad, waarbij daarnaast algemeen in Nederland gehanteerde normen zijn aangehouden.

Aan een aantal in te voeren bepalende factoren kon geen op metingen berustende waarde toegekend worden. Het betreft o.a. de kritische berging in de riolen, waarbij slib opgewoeld wordt, het percentage in de buizen bezonken slib en het aantal mogelijke foute huisaansluitingen bij het gescheiden stelsel.

Tabel 2. Gemiddelde concentraties en vuilbelasting van overstortend water uit gemengde en gescheiden stelsels in mg/l resp. kg/ha.jr.

Vervuilings- parameter	Gemengd systeem						Gescheiden systeem					
	(Lit 8, 10, 12)		Noorwegen(9)		Lelystad(5)		(Lit 8, 10, 12)		Noorwegen(9)		Lelystad(5)	
	mg/l	kg/ha.jr.	mg/l	kg/ha.jr.	mg/l	kg/ha.jr.	mg/l	kg/ha.jr.	mg/l	kg/ha.jr.	mg/l	kg/ha.jr.
BZV	58-224	-	152 ⁽¹⁾	325 ⁽¹⁾	-	-	7-13	-	-	-	7	11.9
CZV	-	-	383	974	-	-	37-99	-	92.5	266	39	165
Zwevende stof	169-503	-	552	1386	-	-	59-1100	-	421	912	12 ⁽²⁾	50 ⁽²⁾
totaal P	2,82-8,95	-	3.1	7.2	-	-	0,2-1,5	-	0.6	1.3	0.44	0.9
totaal N	-	-	11.3	19.7	-	-	2,2-6,0	-	4.1	9.1	2.8	6
Pb	-	-	0.27	0.7	-	-	0,1-0,3	-	0.16	0.54	0.03	0.13
Cr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.005	<0.02
Zn	-	-	0.9	1.8	-	-	0,1-0,3	-	0.3	0.9	0.5	2.1
Cu	-	-	0.14	0.29	-	-	-	-	0.1	0.3	<0.005	<0.02

(1) BZV-7

(2) membraanfilter

Het model simuleert de vuiluitworp van de verschillende rioolstelsel en de invloed daarvan op het grachtwater. Het Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV) is als kwaliteitsmaatstaf gebruikt. Voor het gescheiden stelsel zijn de invoergegevens voor het model gebaseerd op de situatie en de beschikbare gegevensreeksen van Lelystad. Het gemengde systeem is gemodeleerd voor een situatie als in Lelystad, waarbij daarnaast algemeen in Nederland gehanteerde normen zijn aangehouden.

Aan een aantal in te voeren bepalende factoren kon geen op metingen berustende waarde worden toegekend. Het betreft o.a. de kritische berging in de riolen, waarbij slib wordt opgewoeld, het percentage in de buizen bezonken slib en het aantal mogelijke foute huisaansluitingen bij het gescheiden stelsel.

De modeluitkomsten gaven aanleiding tot de volgende conclusies.

In het gemengd stelsel blijkt de hoogte van de slootlozingen maatgevend voor de waterkwaliteit van het grachtenstelsel, terwijl van een relatie tussen de hoeveelheid overstortend water en het aantal kg. mee overstortend vuil niet uit de resultaten naar voren komt. De kwaliteit van het grachtwater en de totale jaarlijkse vuillozing op de gracht worden dan ook voor een groot deel bepaald door de hoogte van de stootlozingen en minder door het aantal overstortingen.

Bij lozing op het grachtwater behoeft een beperking van het aantal overstortingen dan ook geen evenredige verbetering van de kwaliteit van het grachtwater te betekenen.

Bij het gescheiden systeem zorgen de grote hoeveelheden water uit het r.w.a. stelsel, ondanks de soms vrij grote vuillast, voor een tamelijk constante waterkwaliteit in de gracht. Grote stootlozingen, die lange tijd de waterkwaliteit ongunstig beïnvloeden, komen vrijwel niet voor. Vergelijking van het aantal stootlozingen op de gracht en de hoogte daarvan van gescheiden en gemengd stelsel leidt tot de conclusie, dat in vrijwel alle gevallen bij de gedane aannamen het gescheiden systeem gunstiger naar voren komt.

Vergelijking van de totale absolute vuillozingen per jaar van de beide systemen doet een lichte voorkeur uitgaan naar het gemengde stelsel. Daar het echter bij kwaliteitsvragen meer gaat om concentraties, dan om totale hoeveelheden, is de totale lozing per jaar van minder belang dan de instantane waterkwaliteit. Bij de interpretatie van de uitkomsten moeten onzekerheden, als het slibafzettingsproces in het riool en het effect van de verontreinigingen op het oppervlaktewater, niet worden vergeten. Een te absolute interpretatie van de modelresultaten is daarom ongewenst.

3. EISEN TE STELLEN AAN HET OPPERVLAKTEWATER

3.1. Algemeen

In het tweede Indicatief Meerjaren Programma van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (1980 t/m 1984) wordt gesteld dat oppervlaktewateren enerzijds als aquatische ecosystemen en anderzijds als milieu-onderdelen met duidelijke directe functies voor de mens moeten worden gezien. Tot de te beschouwen belangen worden gerekend:

- "algemene" belangen
 - a. algemeen milieuhygiënisch belang (geen stank of visuele verontreiniging);
 - b. ecologische belangen.
- specifieke belangen
 - c. specifieke ecologische belangen (bescherming specifieke aquatische ecosystemen, natuurgebieden);
 - d. visserij (beroeps- en recreatief) inclusief de belangen van de consument van waterdieren;
 - e. recreatie (zwemmen, baden, varen e.d.);
 - f. agrarisch belang (doorspoelen polders, sproeien, irrigatie, vee-drenken);
 - g. industrieel gebruik (o.a. koeling);
 - h. drinkwaterbereiding;
 - i. transport (scheepvaart);
 - j. afvoer naar afvalwater.

Voor de late twee te beschermen belangen (i en j) worden in het algemeen geen eisen aan de waterkwaliteit gesteld. Voor de overige belangen geldt dat ieder oppervlaktewater - ongeacht of dat oppervlaktewater verder specifieke functies heeft - moet voldoen aan een minimaal pakket van eisen ofte wel aan een basiskwaliteit.

Onder basiskwaliteit wordt een zodanige kwaliteit van oppervlaktewater verstaan dat het geen overlast (met name stank) voor de omgeving veroorzaakt, er niet vervuild uitziet (drijvend vuil, verkleuring), goede levenskansen biedt voor een aquatisch ecosysteem waarvan vissoorten zoals baars, snoek, snoekbaars, voorn en brasem deel uitmaken en dat ecologische belangen buiten het water (b.v. vogels die waterdieren consumeren) worden beschermd. Gestalsmatig wordt de basiskwaliteit gekarakteriseerd door de lijst met grenswaarden als vermeld in bijlage 1. De gewenste waterkwaliteit voor ieder oppervlaktewater is in principe minimaal bovengenoemde basiskwaliteit. Specifieke functies en gebruiksdoeleinden kunnen voor een aantal parameters tot aanvullende strengere kwaliteitseisen leiden.

3.2. Eisen te stellen aan oppervlaktewater in stedelijke gebieden in Flevoland

Aan de open waterlopen in met name Lelystad en Almere kunnen een drietal hoofdfuncties worden toegekend. In de eerste plaats komt de functie watertransport en peilbeheersing. Het gaat om het water dat via regenwaterriolering, drainage en als kwel in de open leidingen terecht komt. Indirect wordt hierdoor de grondwaterstand beheerst.

Het toekennen van deze functie aan de open waterlopen betekent dat als eis moet worden gesteld dat het aangevoerde water vlot kan worden afgevoerd. Overschrijding of onderschrijding van het gewenste peil mag slecht in uitzonderingsgevallen voorkomen en ook dan een gesteld maximaal respectievelijk minimaal niveau niet te boven gaan. De kwaliteit van het water is in dit geval slechts van belang wanneer peilsverhogingen aanleiding geven tot inundatie.

In de tweede plaats kan de stedebouwkundige functie van het open water worden genoemd. Hierbij kan worden gedacht aan het opnemen van open water in een stedebouwkundig plan omwille van scheiding en begrenzing van woonbuurten ten opzichte van elkaar en ten opzichte van bij voorbeeld verkeerswegen. Verder omwille van het bevorderen van de herkenbaarheid, de diversiteit en de belevingswaarde van een bepaald gebied. Het natuurlijke karakter van het open water zal in bijna alle gevallen een belangrijke rol moeten spelen.

Voor het opzetten van een aantrekkelijk stedebouwkundig plan dienen ondermeer eisen te worden gesteld aan taludhellingen, waterpeilen, begroeiing en oeverlijnen. De waterlopen kunnen zowel klein als groot-schalig zijn en dienen een diepte te hebben van ten minste enige decimeters. Het water dient visueel aantrekkelijk te zijn.

In de derde plaatse kan de recreatieve functie van het open water worden genoemd. Tot de recreatieve functie kan worden gerekend het varen met kleinere motorboten, roeiboten en zeilboten. Tevens het zwemmen, spartelen en spelevaren. Aan en langs het water kan in dit verband worden gedacht aan vissen, lopen en fietsen.

Voor het recreatieve gebruik is een ruime toegankelijkheid gewenst. Voor varen geldt ondermeer een doorvaarthoogte van ten minste 2 m, een diepte van ca. 1 m, een breedte groter dan 5 m en een redelijke waterkwaliteit. Voor zwemmen, spartelen en spelevaren kunnen onder meer genoemd worden een diepte van 0,2 tot 2 m, een goede toegankelijkheid en overzichtelijkheid, een geschikte bodem en uit oogpunt van veiligheid en volksgezondheid moet het water bacteriologisch betrouwbaar en helder zijn.

Voor een goede bevisbaarheid is het gewenst dat de diepte minimaal ca. 1 m bedraagt. Diepere gedeelten van ongeveer 2 m zijn nodig als vluchtplaatsen, die in de winter 20 à 30% van de totale oppervlakte moeten bedragen. Bij voorkeur waterlopen met een wisselende breedte. Vissen vereist een goede waterkwaliteit.

Gezien de functies van het stedelijk water moet de waterkwaliteit tenminste voldoen aan de normen voor de basiskwaliteit. Vanwege de recreatieve functie moet de kwaliteit eveneens voldoen aan de normen voor viswater en moet zwemwaterkwaliteit worden nagestreefd.

Omdat de normen voor viswater veel overeenkomst vertonen met de normen voor de basiskwaliteit wordt de basiskwaliteit als uitgangspunt gekozen.

4. HUIDIGE WATERKWALITEIT BIJ GESCHEIDEN RIOLERINGSSYSTEEM

Vanaf 1973 wordt de kwaliteit van het grachtwater in Lelystad op een aantal plaatsen regelmatig bepaald (bijlage 2). Voor een toetsing van gemiddelde waterkwaliteit in de grachten aan de basiskwaliteit zijn de kwaliteitsgegevens van 1978 genomen (zie bijlage 1). Uit deze gegevens kan het volgende worden afgeleid:

temperatuur in °C: aan deze grenswaarde wordt ruimschoots voldaan;
doorzicht : de monsterpunten 239 en 252 voldoen niet aan de grenswaarde;
pH : aan de grenswaarden wordt ruimschoots voldaan;
% zuurstofverza- : het gemiddelde zuurstofpercentage van punt 249 vol-
diging : doet niet geheel aan de norm. Het minimum wordt enigszins overschreden.
NH : aan de grenswaarden wordt ruimschoots voldaan;
N⁴tot : monsterpunt 239 voldoet niet;
BZV : aan de grenswaarde wordt voldaan. Monsterpunt 239 heeft een hoogste waarde boven de grenswaarde!
P-tot : monsterpunt 239 voldoet niet;
Cl : geen van de monsterpunten voldoet aan deze grenswaarde;
Chla : monsterpunt 239 voldoet niet;
Pb : aan de grenswaarde wordt ruimschoots voldaan;
MPN : aan de grenswaarde voor de bacteriologische basis-
kwaliteit voldoen alle monsterpunten (95% kleiner dan MPN 2000 per 100 ml). Nemen we de zwemwaternormen van de Commissie Zwemwater van de Gezondheidsraad als toetsingscriterium dan blijkt dat de monsterpunten in het grachtensysteem van Lelystad vallen in klasse 2, d.w.z. een aanvaardbare kwaliteit. Verbetering wordt wenselijk geacht!

Gegevens van andere jaren gaven geen afwijkend beeld te zien.

Op grond van de vrij intensieve bemonstering van het grachtwater in Lelystad op een vijftal plaatsen kan in z'n algemeenheid worden gesteld dat het grachtwater (monsterpunten 232, 249, 252, 253) aan de basis-kwaliteit voldoet. Dit met uitzondering van het chloridegehalte, waaraan een lichte zoute kwel debet aan is. Slechts de monsterpunten 249 en 252 voldoen niet geheel aan de grenswaarden voor het zuurstofverza-digingspercentage en/of het doorzicht.

Monsterpunt 239 behoeft een nadere toelichting. Dit monsterpunt be-vindt zich in de vijverpartij in de tweede woonwijk van Lelystad. Hier zijn een aantal maatregelen getroffen om waterverontreiniging te-
gen te gaan. Regenwaterriolen en drainage voeren niet naar deze vijver-
partij af. Het waterpeil hierin is hoger (4.90 -N.A.P.) dan in de ove-
rige waterlopen in het stedelijk gebied.

De vijverpartij staat in open verbinding met de Zuigerplas. Er is sprake van niet-stromend water. Ondanks deze maatregelen blijkt de water-
kwaliteit voor zover het de parameters doorzicht, N-tot, P-tot en chlo-
rophyll-a betreft niet aan de basiskwaliteit te voldoen. Visueel uit
zich dit in een minder aantrekkelijk water door het geringe doorzicht
en de algengroei. Als belangrijke zaken kunnen worden aangemerkt:

1. het ontbreken van stromend water doordat noch drainage noch RWA-
riolen in deze vijverpartij uitmonden.

In de overige waterlopen wordt het water zo'n 27 keer per jaar ver-
verst door toevoer van naarslag via regenwater en drainage. Hoewel

het water dat door regenwaterriolen wordt afgevoerd enige verontreiniging kan bevatten (tabel 3) en via het drainwater de grachten vooral met fosfor worden belast (tabel 4), voldoet het water op de monsterpunten 232, 249, 252 en 253 wel aan de basiskwaliteit.

Tabel 3. De kwaliteit van water uit de R.W.A.-riolen in Lelystad in mg per liter (onderzoekperiode 1969 t/m 1977)

	Aantal monsters	% zuurstof verzadiging	B.Z.V.	N-NH ₄	N-tot	P-tot
woongebied	94	62	5.0	2.2	2.8	0.41
winkelcentrum/ marktplaats	40	22	6.8	1.8	3.0	0.54
parkeerterrein	17	30	7.6	1.0	2.1	0.24
bedrijventerrein	11	74	9.3	1.6	3.5	0.56

Tabel 4. De kwaliteit van het drainwater in Lelystad in mg per liter (onderzoek 1975)

	Aantal monsters	% zuurstof verzadiging	B.Z.V.	N-NH ₄	N-tot	P-tot
woongebied	15	30	1.7	1.4	2.6	0.46
parkeerterrein	9	29	1.6	1.7	2.1	1.40
bedrijventerrein	7	44	1.9	1.7	2.3	1.20
opspuiting	7	36	1.4	0.3	-	0.50

2. Het opzetten van het peil in 1977 door via het vijzelgemaal en via de Zuigerplas water in te laten. Hierdoor werd water aangevoerd met 2,7 mg/l N-Kj; 6,1 mg/l BZV; 0,31 l P-tot en 171 mg/m³ chlorophyl-a.
3. De aanwezigheid van grote aantallen meeuwen en eenden.
Deze watervogels bemesten het water. Ook wordt het water belast met aanzienlijke hoeveelheden organische stof ten gevolge van het voeren van de eenden.

Welke van de genoemde oorzaken het grootste negatieve effect sorteert is niet bekend. Wel kan geconcludeerd worden dat in dit geval het ontbreken van R.W.A.-lozingen niet heeft geresulteerd in een betere fysisch-chemische waterkwaliteit. Het ontbreken van R.W.A.-lozingen heeft wel geresulteerd in een iets betere bacteriologische waterkwaliteit. Enige verversing door stromend water lijkt zeer gewenst. Het water op de overige punten in het grachtensysteem van Lelystad voldoet in grote lijnen namelijk wel aan de basiskwaliteit ondanks een zekere vuilbelasting via regenwaterriolen en drainage. Dat niet voldaan wordt aan de basiskwaliteit met betrekking tot het chloridegehalte wordt veroorzaakt door enige zoute kwel. Het drainwater bevat gemiddeld 326 mg per liter chlorideion. Het hoge chloridegehalte op monsterpunt 239 moet een gevolg zijn van verdamping in de zomer en aanvoer van chloride houdend water vanuit de Zuigerplas.

5. KOSTENASPECTEN VAN RIOOLSTELSELS

In de loop der jaren zijn in publicaties meermalen de kosten van verschillende rioolstelsels beschreven. De kostenaspecten welke hier belicht worden, hebben de bedoeling bij te dragen aan een zo compleet mogelijke afweging van de eigenschappen van stelsels om tot een keuze te komen voor één van alle. Daarbij kan men zich niet beperken tot een vergelijking van de kosten van het rioolstelsel alleen, maar zullen de kosten van het gehele waterhuishoudkundige systeem in beschouwing moeten worden genomen. Om tot een goede afweging te komen, moet men gebruik maken van vergelijkbare stelsels in de zin van:

- beïnvloeding van oppervlaktekwaliteit;
- totale vuilbelasting;
- exploitatie, veiligheid;
- toekomstmogelijkheden.

In principe gaat het om de keuze tussen gescheiden of gemengd rioleren. Deze twee rioleringsystemen zullen hier, voor de omstandigheden zoals die in Lelystad en Almere voorkomen, worden vergeleken. De aparte behandeling van de stelsels neemt niet weg, dat overwogen moet worden zowel bij een principiële keuze voor óf een gescheiden óf een gemengd stelsel, terreinen met een specifiek karakter van een ander stelsel, te voorzien. Daarbij is te denken aan centrumgebieden en bedrijventerreinen. De hier beschreven kosten hebben uitsluitend betrekking op de woongebieden. De kosten van een stelsel zullen worden uitgedrukt per inwoner of per woning, waarbij gerekend wordt op 3 inwoners per woning en 33 woningen per hectare. Het prijspeil van 1980 zal worden aangehouden. De kosten hebben betrekking op nieuw in te richten woongebieden. De beschreven aanlegkosten zijn inclusief B.T.W. en exclusief directiekosten.

5.1. Kosten van het huidige gescheiden stelsel

In de kostenvergelijking zullen worden opgenomen:

- a. open water in de stad;
- b. rioolwaterzuivering;
- c. persleiding met gemalen;
- d. r.w.a.-riolering en d.w.a.-riolering incl. huisaansluitingen;
- e. huisriolering;
- f. drainage.

a. Kosten van open water

Per 100.000 inwoners wordt in Almere-Stad ca. 40 km stadsgracht gemaakt, hetgeen op ongeveer 3% open water neerkomt. De afmetingen berusten niet enkel op hydraulische eisen ten aanzien van de waterafvoer, maar de tracering en de lengte hangen daar wel nauw mee samen. Uitgangspunt is dat slechts het grondwerk en een zeer eenvoudige afwerking, alsmede kunstwerken van eenvoudige aard (slechts voor waterafvoer) welke om de 400 m in de open leiding zijn aangebracht, in aanmerking komen als hier te beschouwen kostenelementen. Dit alles betekend per inwoner de volgende kosten:

0,4 m' grondwerk	= 0,4 x 75 m ³ à f 4,--	= f 120,--
0,8 m' beschoeiing	= 0,8 x f 80,--	= f 64,--
kunstwerken 2,5 x 40 x f 50.000/100.000		= f 50,--
		<hr/>
totaal per inwoner		f 234,--
		=====

- b. De rioolwaterzuiveringsinrichting zal bij de ontwikkeling van Almere in grote fasen worden gebouwd. De investeringskosten zijn dan ca. f 125,-- per inwoner.
Indien Zeewolde ofwel een eenheid van ca. 30.000 inwoners beschouwd wordt, zullen de kosten stijgen tot ca. f 180,-- per inwoner (15).
- c. Aan de hand van gerealiseerde werken en literatuur worden de kosten voor bemaling en transport geschat op f 70,-- per inwoner.
- d. Bij 33 woningen per ha geldt het volgende per woning:
- | | |
|--|----------|
| d.w.a.-riolering : 5,8 m' à f 145,-- = f | 341,-- |
| r.w.a.-riolering : 7,0 m' à f 125,-- = f | 875,-- |
| huisaansluitingen | f 700,-- |

in de woonbuurt totaal per woning

	f 2416,--
	=====

dit is f 805,-- per inwoner (3 inwoners per woning)

De gegeven prijzen zijn gemiddelden voor de in de woonwijk aan te leggen riolen, welke voornamelijk bestaan uit betonnen buizen met een doorsnede van 300 à 400 mm voor de r.w.a. en uit p.v.c.-buizen van 250 à 300 mm doorsnede voor de d.w.a. De prijs is gebaseerd op aanleg in de fase van bouwrijpmaken en is inclusief betonputten van 0,8 x 0,8 (hart op hart 40 m) voor de r.w.a., polyester putten met doorsnede van 600 mm (hart op hart 40 m) voor de d.w.a., grondwerk met een gemiddelde diepte van 2.00 m en B.T.W. voor prijspeil 1980. Aan de boven omschreven wijkriolering moet het hoofdrioleringssysteem nog toegevoegd worden. Dit systeem geldt specifiek voor Almere en is een gevolg van:

- de grondgesteldheid;
- de noodzakelijke ligging langs vroegtijdig bekende tracès (openbare vervoersbanen).

Kosten per inwoner volgens het huidige systeem, waarbij het riool op paaljukken ligt met buizen van 5 meter op 2 paaljukken en aanleg in afgescheiden sleuf met spanningsbemaling:

5 km à f 750,-- per 25.000 inwoners = f 150,--/inwoner
voor Zeewolde zal globaal gelden f 90,--/inwoner (riool in afgescheiden sleuf met spanningsbepaling).

Daarmee komen de kosten voor het totale buizenstelsel op f 955,-- per inwoner voor Almere en f 895,-- per inwoner voor Zeewolde. Het verschil wordt veroorzaakt doordat in Almere gefundeerd en onderheid moet worden en in Zeewolde niet.

De gekozen dichtheid van 33 woningen per ha, is het voor Almere-Buiten gehanteerde streefgetal. In paragraaf 4 wordt aandacht besteed aan de invloed van dichtheidvariatie op de kosten.

- e. Het gescheiden uitvoeren van huisriolering betekent niet dat daarvoor t.o.v. een gemengd systeem altijd meer kosten ontstaan. Als gemiddelde wordt f 20,-- meer per inwoner geschat.
- f. Bij de bepaling van de drainagekosten wordt uitgegaan van een extensieve kruislingse drainage, aangevuld met een systeem van ringdrains om de woningen. Bij het gescheiden systeem worden de ringdrains op de r.w.a. aangesloten. De kruislingse drainage wordt met een draineermachine aangebracht; de ringdrainage wordt in de eerste bouwfase met een kraan gelegd. De kosten zijn als volgt:

kruisdrainage: 660 m'/ha à f 8,25 = f 5.445,--
 ringdrainage : 18 m'/woning x 30 à f 36,10/m' = f 21.443,--

per hectare f 26.888,--
 per inwoner f 272,--

Sommatie van de posten a t/m f levert per inwoner:

	Almere		Zeewolde	
	met onderheien	zonder onderheien	met onderheien	zonder onderheien
a. open water	f 234,--	f 234,--	f 234,--	f 234,--
b. zuivering	f 125,--	f 125,--	f 180,--	f 180,--
c. transport	f 70,--	f 70,--	f 70,--	f 70,--
d. riolering	f 955,--	f 895,--	f 895,--	f 895,--
e. huisriolering	f 20,--	f 20,--	f 20,--	f 20,--
f. drainage	f 272,--	f 272,--	f 272,--	f 272,--
totaal per inwoner	f 1675,--	f 1615,--	f 1670,--	f 1670,--
	=====	=====	=====	=====

5.2. Kosten bij het gemengde stelsel

De kosten van drie varianten van gemengde stelsels met verschillende hoeveelheden aan open water met telkens twee overstortfrequenties (o.f.) worden vergeleken. De beschouwde overstortfrequenties zijn 5 en 7 maal per jaar.

De te beschouwen varianten zijn:

1. Een stelsel met 3% open water waarop mag worden overgestort. Dit percentage open water is vergelijkbaar met dat beschreven bij het gescheiden stelsel;
2. Een stelsel met 1% open water waarop mag worden overgestort. Aangenomen is dat de kosten van het drainagestelsel gelijk zullen zijn als bij variant 1. Dit is slechts mogelijk als de grachtlengte even groot is als in variant 1. Alle andere oplossingen zijn duurder;
3. Een stelsel waarbij geen overstortingen op het stedelijk open water worden toegelaten. Voor de afvoer van het drainwater wordt gerekend met een zelfde stelsel van drains en open water als bij variant 2. Aangenomen wordt dat direct buiten de woonomgeving water aanwezig is, waarop overgestort mag worden.

Bij het gemengde systeem kan de drainage niet op de riolering aangesloten worden. Uit metingen is namelijk gebleken dat circa 44% van de gevallen neerslag via de drainage tot afstroming komt, hetgeen een verdubbeling van de d.w.a. zou betekenen. De consequentie van deze extra d.w.a. voor de aanleg en de exploitatie van het stelsel en voor de r.w.z.i. zijn onaanvaardbaar, zodat het drainwater via een apart drainagestelsel naar het open water moet worden geleid.

5.2.1. Kosten van een gemengd stelsel met veel (3%) open water waarop wordt overgestort

	o.f. = 5	o.f. = 7
a. open water per inwoner (zie 5.1.a.)	f 234,--	f 234,--
b. zuivering (als 5.1.b. x 1,3)	(7) f 160,--	f 160,--
c. transport (ca. 1,5 x 5.1.c.)	(11) f 105,--	f 105,--
d. riolering		

Het rioolstelsel vergt 7 m wijkriool en 0,6 m onderheid hoofdtransportriool per woning.

Per inwoner zijn de kosten:	o.f. = 5	o.f. = 7
2,4 m Ø 400 à f 140,--	f 336,--	f 336,--
hoofdrriool 0,2 m Ø 1000 à f 1300,--	f 260,--	
hoofdrriool 0,2 m Ø 800 à f 1100,--		f 220,--
huisaansluiting	f 116,--	f 116,--
e. huisriolering geeft geen meerkosten	-	-
f. drainage		
Per ha is nodig:		
kruis- en ringdrainage	f 26.888,--	
400 m Ø 10 cm à f 25,--/m' *	f 10.000,--	
100 m Ø 20 cm à f 40,--/m' *	f 4.000,--	
per hectare	f 40.888,--	
per inwoner	f 413,-- +	f 413,-- +
* prijzen per m' incl. putten, doorsteekpunten enz.		

Sommatie van a t/m f geeft de totale kosten per inwoner bij o.f. = 5 f 1625,--
o.f. = 7 f 1585,--

Uitgangspunt bij de berekening van de berging en de bemaling is:

- 300 m² per woning bruto oppervlak
- 150 m² per woning verhard oppervlak (50% van bruto oppervlak)
- d.w.a. 120 l/etm. met 12 l/uur per inwoner
- o.f. = 5: berging 9,5 mm = 0,48 m³/inw. De pompoevercapaciteit is 0,95 mm/h = 4 x d.w.a. Zie grafiek op bijlage 5. De ledigingstijd van de berging is 10 uur.
- o.f. = 7: berging 8 mm = 0,4 m³/inw. De pompoevercapaciteit is 0,85 mm/h = 3,54 x d.w.a. Zie grafiek op bijlage 4. De ledigingstijd van de berging is 10 uur.
- er is geen rekening gehouden met berging op straat.

5.2.2. Kosten van een gemengd stelsel met weinig (1%) open water waarop wordt overgestort

Weinig open water: ēēnderde van de hoeveelheid in 5.1. en 5.2.1.
Kosten van het rioolstelsel per inwoner:

	o.f. = 5	o.f. = 7
a. open water	f 80,-	f 80,-
b. zuivering	f 160,-	f 160,-
c. transport	f 105,-	f 105,-
d. riolering		
2,4 m' Ø 400 à f 140,-	f 336,-	f 336,-
hoofdrriool 0,3 m' Ø 1100 à f 1400,-	f 420,-	
hoofdrriool 0,3 m' Ø 1000 à f 1300,-		f 390,-
huisaansluiting	f 116,-	f 116,-
e. huisriolering geeft geen meerkosten	-	-

f. drainage

Het open water heeft in dit geval de afvoer van drainwater als hoofd-functie. De lengte van het grachtstelsel is daartoe teruggebracht tot een derde van de lengte bij 3% open water. Het gevolg is dat het drainwater over grotere afstand door buizen of hoofddrains moet worden getransporteerd. De lengte aan vervallen gracht is voor de kostenschatting vervangen door een hoofddrain met een doorsnede van 20 cm.

De kosten voor drainage per inwoner inclusief de drain die de gracht vervangt à

$2/3 \times 0,4 \text{ m}'/\text{inw.} \times f 40,-/\text{m}' + f 413,-$ wordt: $f 424,-$ → $f 424,-$

Sommatie van a t/m f geeft de totaal kosten

voor o.f. = 5 resp. o.f. = 7 : $f 1640,-$ $f 1610,-$
 =====

De berging is in dit geval niet maatgevend voor de dimensionering van de riolen. De hydraulische capaciteit bepaalt de grootte, zodat vanzelf de lage overstortfrequentie ontstaat.

5.2.3. Kosten van een gemengd stelsel waarbij geen open water in de stad aanwezig is waarop wordt overgestort

Als voorbeeld wordt Almere-Buiten genomen, waarbij aangenomen wordt dat overstortingen uitsluitend op de Lage Vaart geloosd kunnen worden. Het open water is dan aan één kant direct buiten het woongebied aanwezig.

	o.f. = 5	o.f. = 7
a. open water voor drainage afvoer	f 80,-	f 80,-
b. zuivering	f 160,-	f 160,-
c. transport	f 105,-	f 105,-
d. riolering		
2,4 m' Ø 400 à f 140,-	f 336,-	f 336,-
hoofdrinol 0,4 m' Ø 1250 à f 1500,-	f 600,-	-
hoofdrinol 0,4 m' Ø 1200 à f 1450,-	-	f 580,-
huisaansluiting	f 116,-	f 116,-
e. huisriolering (geen meerkosten)	-	-
f. drainage (zelfde als in 5.2.2.)	f 424,-	f 424,-
Totaalkosten voor 0.f. = 5 resp. o.f. = 7:	f 1820,-	f 1800,-
	=====	=====

De tendens, verwoord in publikaties waarin "voorbeeld - woongebied" beschouwd zijn, dat er een constant verschil in investeringskosten is tussen (verbeterd) gescheiden en gemengde stelsels van ca. f 400,- per inwoner, moet n.a.v. de berekening voor de IJsselmeerpolders in deze notitie op z'n minst twijfelachtig worden genoemd. Verdergaande uitwerking en ontwerp van het stelsel met kostenberekening moet plaatsvinden om deze twijfel weg te nemen of als zekerheid te bevestigen.

Het lijkt onontkoombaar in een vrij groot stadsgebied van bij voorbeeld 40.000 inwoners open water te maken waarop overstortend rioolwater moet worden toegelaten, indien de keuze valt op gemengde rioolstelsels.

5.3. De invloed van de woningdichtheid op de rioleringskosten

Uit analyses van gerealiseerde woongebieden blijkt een verband tussen de woningdichtheid en de rioollengte te bestaan volgens bijlage 3. Onder dezelfde uitgangspunten als in 5.2.1. kunnen nu de stelselkosten worden berekend als functie van de woningdichtheid (tabel 5). Door toevoeging van de kosten van huisaansluitingen (f 700,-), r.w.z.i. (f 375,-), bemaling en transport (f 210,-), van de meerkosten voor de huisriolering (f 60,-), van de kosten voor open water en voor het kruisnet van de drainage per hectare en van de ringdrains - bij een variërende lengte - onstaat de kolom met de kosten van de waterhuishouding. Bijlage 4

geeft een toelichting op kosten voor het waterhuishoudkundige systeem.

Tabel 5. Kostenrelatie woningdichtheid - waterhuishoudkundige systeem bij gescheiden stelsel

dichtheid woningen per ha	wijkriolen		hoofddriolen		kosten hele rioolstelsel waterhuish.	
	lengte		m'/won.	kosten/ woning	gld/won.	gld/won.
	r.w.a. m'/won. à f 125,-	d.w.a. m'/won. à f 145,-	à 750,-/ m	33 dichth. 0,6xf.750,-		
15	13	12,5	1,32	990	4428,-	8760,-
20	10,8	9,5	0,99	743	3471,-	7180,-
25	9,1	7,5	0,79	593	2819,-	6100,-
30	7,6	6,3	0,66	495	2359,-	5340,-
35	6,5	5,6	0,57	428	2053,-	4860,-
40	5,6	5,3	0,50	375	1844,-	4510,-
45	4,9	5,3	0,45	338	1719,-	4280,-

Voor gemengde stelsels kan een soortgelijke tabel voor de rioleringskosten worden opgesteld (tabel 6). Uitgangspunt kan zijn, zoals ook in voorgaande kostenopgave, dat het aantal m' wijkriool overeenkomt met de 7 m' r.w.a. riool per woning bij een woningdichtheid van 33.

De berging in de in 5.2. beschreven stelsels wordt als uitgangspunt gehouden, de overstortfrequentie is 7, de buisdiameter is afhankelijk van de lengte en de gekozen berging en de afmetingen kunnen zijn: 0,30; 0,35; 0,4; 0,5 enz. m. Aangenomen is dat de diameters niet bepaald worden door hydraulische eisen.

Bij de beschouwing zal weer onderscheid worden gemaakt tussen onderheid en niet onderheid en tussen de variant met veel open water waarop mag worden overgestort en die zonder overstort-geschikt open water (variant 3). In tabel 7 zullen de kosten van het rioolstelsel en van het waterhuishoudkundige stelsel worden vermeld. Laatstgenoemde post wordt weer afgeleid door toevoeging van de kosten van de r.w.z.i., de bemaling, de huisaansluiting, de extensieve kruislingse drainage en de hoofddrains, van het open water en van de ringdrainage. De lengte van de ringdrains wordt gevarieerd zoals in tabel 7; de kosten van de hoofddrainage variëren van f 675,- tot f 360,-/won. Een vergelijking van tabel 5 en tabel 7 leert, dat variant 1, met overstorten op 3% open water in de woonomgeving, goedkoper is dan het gescheiden stelsel. Worden uit kwaliteits oogspunt geen overstorten toegelaten in de woonomgeving en moet het riool onderheid worden, dan blijkt het gescheiden stelsel goedkoper bij een woningdichtheid van meer dan ca. 20 woningen per ha. Wanneer niet hoeft te worden onderheid ontlopen de prijzen van het waterhuishoudkundige stelsel elkaar niet veel bij een dichtheid rond de 35 woningen. Nogmaals dient te worden benadrukt dat de relaties zijn vastgesteld aan de hand van gegevens uit en voor de omstandigheden in Flevoland.

Tabel 6. Kostenrelatie woningdichtheid - riolering van een gemengd stelsel onderheid en niet onderheid bij verschillende percentages open water

dichtheid	kosten in guldens per woning			
	gemengd (met onderheid hoofdriool)		gemengd (zonder onderheien)	
	var. 3	var. 1	var. 3	var. 1
15	4044	2532	3234	2127
20	3744	2259	3069	1921
25	3368	1980	2805	1699
30	2954	1757	2482	1521
35	2703	1575	2291	1369
40	2363	1352	2011	1176
45	2095	1255	1795	1105

Indien de kosten voor open water, zuivering transport, buisriolering en huisaansluitingen en drainage worden toegevoegd dan ontstaat tabel 7.

Tabel 7. Kostenrelatie woningdichtheid - waterhuishoudkundige stelsel voor een gemengd stelsel; kosten in guldens per woning

dichtheid won./ha	onderheid				niet onderheid			
	var. 1*		var. 3		var. 1		var. 3	
	riool	whh**	riool	whh	riool	whh	riool	whh
15	2530	7350	4045	7920	2125	6945	3230	7110
20	2260	6390	3745	7170	1920	6055	3070	6490
25	1980	5600	3370	6420	1799	5320	2800	5860
30	1755	5005	2955	5725	1520	4765	2480	5255
35	1575	4615	2705	5335	1370	4405	2290	4925
40	1350	4230	2365	4880	1175	4050	2010	4530
45	1255	3980	2095	4510	1105	3830	1800	4210

* var. = variant

** whh. = waterhuishoudkundige stelsel

5.4. Onderhouds- en exploitatiekosten

5.4.1. Riolering

Onderhoud van rioolstelsels is nodig. Eervaring in Lelystad leert dat het vuilwatersysteem eens per twee jaar gereinigd moet worden, voor het r.w.a. systeem is dat eens per zes jaar. Het gemengde systeem eist geen frequent onderhoud om de afvoerfunctie te waarborgen. Wel is het nodig het stelsel regelmatig te reinigen om een onnodige belasting van het oppervlaktewater te voorkomen. De frequentie van reinigen wordt op drie jaar gesteld.

De kosten daarvan bedragen globaal per m':

d.w.a. systeem f 1,25 per m' per keer
 r.w.a. systeem f 1,25 per m' per keer incl. putten
 gemengd f 1,50 per m' per keer.

In het r.w.a. systeem moeten de slib- en zandvang-ruimten in de putten met de reinigingsbeurt meegenomen worden.

Het gescheiden stelsel kent meer herstelwerkzaamheden, met name omdat het aantal te beschadigen putten 1,5 à 2 maal zo groot is als bij het gemengde systeem. Het gemengde systeem vraagt zorg voor overstortputten, grofvuilroosters. Tenslotte is het aantal huisaansluitingen bij het gemengd systeem kleiner dan bij het gescheiden.

Samengevat komt e.e.a. op het volgende neer:

Tabel 8. Kosten van onderhoud per jaar per woning bij 33 won./ha (excl. rente)

	gemengd systeem	gescheiden systeem	
		r.w.a.	d.w.a.
reinigen buizen	4,20	1,45	4,-
herstel putten	1,-	1,-	1,-
herstel huisaansluitingen	1,-	1,-	2,-
grofvuilroosters/overstorten	p.m.		
totaal	f 6,20 + p.m.	3,45 +	6,- = f 9,45

De grootte van de p.m. post is niet achterhaald. De kosten van grof-
 vuilbehandeling en verwijdering, die in Lelystad bij het gescheiden
 systeem niet nodig gebleken zijn, kunnen flink hoog oplopen, gezien de
 hoge investeringen en het arbeidsintensieve onderhoud.

Bij de huidige materiaalkeuze gaan de verschillende soorten stelsels
 alle even lang mee. De rentelasten en afschrijvingen van de verschil-
 lende stelsels verhouden zich dan ook net zo als de investeringen. Het
 is waarschijnlijk dat bij vervanging in een te handhaven stedenbouwkun-
 dige situatie de kosten voor het gescheiden stelsel hoger zullen zijn
 dan bij het gemengde stelsel. Dit wordt veroorzaakt door het grotere
 terreinbeslag.

De onderhoudskosten van de drainage en het open water zijn niet in de
 vergelijking opgenomen. Het veel uitgebreidere drainagesysteem bij het
 gemengde systeem zal naar verwachting minimaal f 5,- per woning per jaar
 aan meerkosten vergen. Daar tegenover staat een geringe reductie in
 de kosten voor het onderhoud van het open water.

5.4.2. Gemalen persleiding en zuivering

Onderhoud en exploitatie van gemalen en zuiveringsinrichtingen, beide
 combinaties van bouwkundige en mechanisch-elektrische werken, vergen
 per jaar ca. 16% van de investeringen. In deze 16% zijn alle kosten,
 ook kapitaalslasten, begrepen. Voor persleidingen geldt een jaarlijks
 bedrag van 12% van de geïnvesteerde gelden.

In Almere-Buiten zal in de aanleg van persleidingen ongeveer evenveel
 geïnvesteerd worden als in bemaling, zodat voor het in voorgaande pa-
 ragrafen genoemde transport een gemiddeld percentage van 14 van de
 investering geldt voor onderhoud en exploitatie.

De volgende bedragen ontstaan dan:

Tabel 9. Kosten per jaar voor exploitatie en onderhoud in guldens
per inwoner

	<u>gemengd stelsel</u>	<u>gescheiden stelsel</u>
zuivering	26,-	20,-
transport	14,70	9,80
totaal	<u>14,70</u>	<u>29,80</u>

6. CONCLUSIES

Een duidelijke voorkeur ten aanzien van de kwaliteitsaspecten voor het gescheiden of het gemengde rioolstelsel geeft de literatuur niet aan. Metingen uit de praktijk geven hieromtrent ook niet veel houvast. Zowel het gescheiden als het gemengde systeem worden bij verschillende onderzoeken als minst vervuilend ondervonden. Verschil in aard van de meetgebieden mag hierbij echter niet uit het oog verloren worden.

Een model ter simulatie van de vuiluitworp, gebaseerd op de situatie in Lelystad, geeft vooralsnog geen sluitend antwoord. Het gescheiden stelsel komt gemiddeld iets gunstiger naar voren. Onzekerheden ten aanzien van enkele parameters, zoals b.v. slibopwoeling, staan een duidelijke uitspraak in de weg.

De monsterplekken in Lelystad waarop regenwaterafvoer plaatsvindt voldoen, afgezien van een te hoog chloridegehalte, aan de gestelde basis-kwaliteit.

Ontbreken van doorspoeling via regenwater- en drainafvoer, lijkt de voornaamste oorzaak dat monsterplek 239 niet aan de basiskwaliteit voldoet. In het gehele grachtenstelsel is een verblijftijd korter dan 3 weken aan te bevelen.

De aanlegkosten van het waterhuishoudkundige stelsel belopen bij het gescheiden systeem met ca. 3% open water en een woningdichtheid van 33 woningen per hectare f 1.615,-- tot f 1.675,-- per inwoner, afhankelijk van de noodzaak tot onderheien van het hoofdriool en van de grootte van de r.w.z.i. De kosten van het gescheiden riool op zich varieerden tussen de f 1.110,-- en f 1.170,-- per inwoner.

Bij het gemengde stelsel in dezelfde omstandigheden bedroegen de aanlegkosten f 1.585,-- tot f 1.820,-- voor het waterhuishoudkundige stelsel afhankelijk van de gekozen overstortfrequentie en van het percentage open water waarop als dan niet mag worden overgestort.

Bij woningdichtheden boven de 20 woningen per hectare zijn de aanlegkosten van het waterhuishoudkundige stelsel voor een gescheiden stelsel geringer wanneer onderheien noodzakelijk is. Blijkt geen onderheing nodig, dan ontlopen de kosten van het gemengd en een gescheiden systeem elkaar nauwelijks voor dichtheden boven de 25 à 30 woningen.

Voor het gemengde rioleringsysteem zijn de onderhouds- en exploitatiekosten hoger dan die voor het gescheiden systeem ten gevolge van hogere posten voor zuivering en transport.

Gezien bovenstaande conclusies heeft het gemengde systeem vooralsnog geen duidelijke voordelen boven het bestaande gescheiden riolerings-systeem.

Alle bovenstaande conclusies zijn afgeleid uit ervaringen in Lelystad en Almere. Met het overbrengen naar andere gebieden dient de nodige voorzichtigheid te worden betracht.

SAMENVATTING

Voor de afvoer van stedelijk- en industrieel afvalwater en het regenwater zijn verschillende rioolstelsels in gebruik.

Deze zijn:

- het normaal gemengde stelsel
- het verbeterd gemengde stelsel
- het normaal gescheiden stelsel
- het verbeterd gescheiden stelsel
- het absolute stelsel

Bij de vraag welk van deze rioolssystemen voor een te rioleren gebied gekozen moet worden, spelen milieuhygiënische en economische factoren een belangrijke rol. Met deze factoren als basis spitst het keuzevraagstuk zich voornamelijk toe op de afweging of het een gemengd dan wel een gescheiden stelsel moet worden. Inzicht in de invloed op de kwaliteit van het oppervlaktewater en in de kosten, die per stelsel optreden, is dan ook noodzakelijk.

Uit de literatuur zijn over de vuillast bij de verschillende stelsels weinig of moeilijk vergelijkbare gegevens te halen. Vaak zijn kwaliteitsgegevens wel aanwezig, maar ontbreken gegevens omtrent hoeveelheden. Ook kan de aard van de onderzoeksgebieden een groot verschil vertonen. Een mogelijke oorzaak dat verschillende onderzoekers het gescheiden dan wel het gemengde stelsel als minst vervuilend vinden.

Een benadering van de vuiluitworp via modelberekening geeft vooralsnog niet genoeg houvast om aan een bepaald stelsel de voorkeur te geven. Een voor de situatie in Lelystad ontwikkeld model simuleert de vuiluitworp van de verschillende rioolstelsels en de invloed daarvan op het grachtwater. Het gescheiden stelsel komt hierbij door het niet of nauwelijks voorkomen van grote slootlozingen, die de waterkwaliteit lange tijd ongunstig beïnvloeden, gunstiger naar voren. Vergelijking van de totale absolute vuillozing per jaar van de beide systemen doet een lichte voorkeur uitgaan naar het gemengde stelsel.

Voor een beoordeling van de mate en de hoedanigheid van het door de riooluitworp veroorzaakte oppervlaktewatervervuiling moeten de aan het oppervlaktewater te stellen kwaliteitseisen bekend zijn. In het Tweede Indicatief Meerjarenprogramma van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren is zo'n eisenpakket opgenomen. In dit eisenpakket zijn gradaties aangebracht, die overeenkomen met de verschillende functies van het oppervlaktewater. Daarnaast moet ieder oppervlaktewater ongeacht zijn functie aan de zogenaamde basiskwaliteit voldoen.

De functie van het oppervlaktewater en de daaraan gekoppelde kwaliteits-eisen in stedelijke gebieden is drieledig:

- Watertransport en peilbeheersing. De waterkwaliteit is hierbij van ondergeschikt belang.
- Stedebouwkundige functie. Visueel aantrekkelijk water en geen stank zijn hierbij de voornaamste punten.
- Recreatieve functie. Hieronder vallen:
 - . spelevaren
 - . spartelen
 - . vissen.

Recreatiewateren moeten tenminste voldoen aan de normen voor viswater. Omdat de norm voor viswater veel overeenkomst vertoont met die voor de basiskwaliteit, wordt de basiskwaliteit als uitgangspunt gekozen.

Vanaf 1973 wordt de kwaliteit van het grachtwater in Lelystad op een vijftal plaatsen regelmatig bepaald. Een toetsing van deze cijfers aan die voor de basiskwaliteit geeft als resultaat:

- vier monsterpunten voldoen aan de basisnorm (m.u.v. het chloridegehalte)
- één monsterpunt voldoet niet voor de parameters N-tot, P-tot en chlorophyl-a (resultaat in weinig doorzicht en algengroei).

Dit laatste monsterpunt bevindt zich in een vijver waarop geen regenwaterafvoeren en drains uitmonden. Het ontbreken van doorspoeling door deze afvoeren lijkt hier een belangrijke factor voor de slechtere waterkwaliteit. Een verblijftijd van minder dan 3 weken lijkt gewenst.

Een kostenvergelijking is opgesteld voor het gescheiden stelsel en voor een gemengd stelsel met verschillende percentages aan open water. Bij vergelijking van de kosten van het waterhuishoudkundige stelsel kwamen de volgende cijfers naar voren:

Tabel A. Overzicht van de kosten voor de waterhuishouding bij het gescheiden en het gemengde riool voor verschillende percentages open water waarop wordt overgestort en bij een overstortfrequenties van 7 maal per jaar en voor verschillende woningdichtheden

dichtheid won./ha	gemengd				gescheiden 3%
	onderheid 3%*		niet onderheid 0%**		
15	7350,--	7920,--	6945,--	7110,--	8760,--
20	6390,--	7170,--	6055,--	6490,--	7180,--
25	5600,--	6420,--	5320,--	5860,--	6100,--
30	5005,--	5725,--	4765,--	5255,--	5340,--
35	4615,--	5335,--	4405,--	4925,--	4860,--
40	4230,--	4880,--	4050,--	4530,--	4510,--
45	3980,--	4510,--	3830,--	4210,--	4280,--

* percentage open water waarop wordt overgestort

** met ca. 1% open water in de stad voor de afvoer van drainagewater

Boven de 30 woningen per hectare is het gescheiden stelsel goedkoper wanneer het gemengde stelsel niet mag overstorten op het stedelijk water. Indien wel in de woonomgeving mag worden overgestort is het gemengde stelsel goedkoper. Uit kwaliteitsoogpunt is een dergelijke situatie echter minder aantrekkelijk.

Het onderhoud van het rioolstelsel bij het gemengde systeem kost ca. f 6,20 per woning per jaar, exclusief het onderhoud van grofvuilroosters en overstorten; voor het gescheiden systeem bedragen de kosten ca. f 9,45.

Het grotere drainagesysteem bij een gemengd stelsel vergt minimaal f 5,-- per woning per jaar meer aan onderhoud, dan het drainagesysteem bij het gescheiden systeem. De kosten van exploitatie en onderhoud van de gemalen en de zuivering bedragen bij het gescheiden stelsel ca. f 30,-- en bij het gemengde stelsel ca. f 41,-- per inwoner per jaar. Daardoor is het gescheiden systeem aanzienlijk goedkoper in onderhoud en exploitatie.

LITERATUUR

1. Anonymus : Een onderzoek naar de vuillast door verschillende rioolstelsels. Oakland. Californië.
2. Berg, J.A. van den; J. de Jong en E. Schultz : Some qualitative and quantitative aspects of the surface water in an urban area with separated storm water and waste water sewer systems. R.I.J.P.-rapport 1977.
3. Brunner, P.G. : Die verschmutzung des Regenwasserabflusses im Trennverfahren. München 1975.
4. Essen, J. van : De simulatie van de vuiluitwerp van rioleringsystemen in een stedelijk gebied. Werkdocument 1978.
5. Greiner, R.W. en J. de Jong : Het rioleringsstelsel en de kwaliteit van het oppervlaktewater in Lelystad. H₂O(9) 1976, nr. 25
6. Heijnis, J.D.; J. de Man H. de Roo en E. Schultz : Ontwatering en afwatering van stedelijke gebieden. Normen en kostenaspecten. R.I.J.P.-rapport 1977.
7. Koot, A.J.C. : Behandeling van afvalwater. Delft 1974.
8. Kraüth, K.H. : Der abfluss und die Verschmutzung des Abflusses in Mischwasserkanalisationen bei Regen. Promotieonderzoek aan de universiteit van Stuttgart, oktober 1970.
9. Lindholm, O. en P. Balmer : Pollution in storm runoff and combined sewer overflows. Norwegian institute for water research. Oslo, april 1978.
10. Manning, M.J.; R.H. Sullivan en T.H. Kipp : Nationwide evaluation of combined sewer overflows and urban stormwater discharges. Volume III: characterization of discharges. American Public Works Association Research Foundation. Chicago, Illinois.
11. Meischke, J.C. : Rioolstelsels, vervuiling en kostenconsequenties. Gemeentewerken 1979, blz. 296.
12. Nelissen, K. : Diffuse lozingen van hemelwater in stedelijke gebieden. Hoofdstuk 3 uit nog te verschijnen R.I.J.P.-rapport.
13. Public Health Service : Een onderzoek naar de vuillast door verschillende rioolstelsels, 1964.

14. Smid, J.E. : Vergelijking van de voor- en nadelen van een gescheiden en van een gemengd rioleringsstelsel bij de bouw van Lelystad.
Zwolle 1964, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders.
15. Ven, F.H.M. van de : De maandelijkse waterbalans van meetgebied Pampus-Blokkerhoek en de gevolgen voor de verblijftijd van het water in de grachten.
Werkdocument 1980-104 Abw.
16. Zeper, J. : Kostenaspecten van de behandeling van afvalwater.
Ing. buro D.H.V.

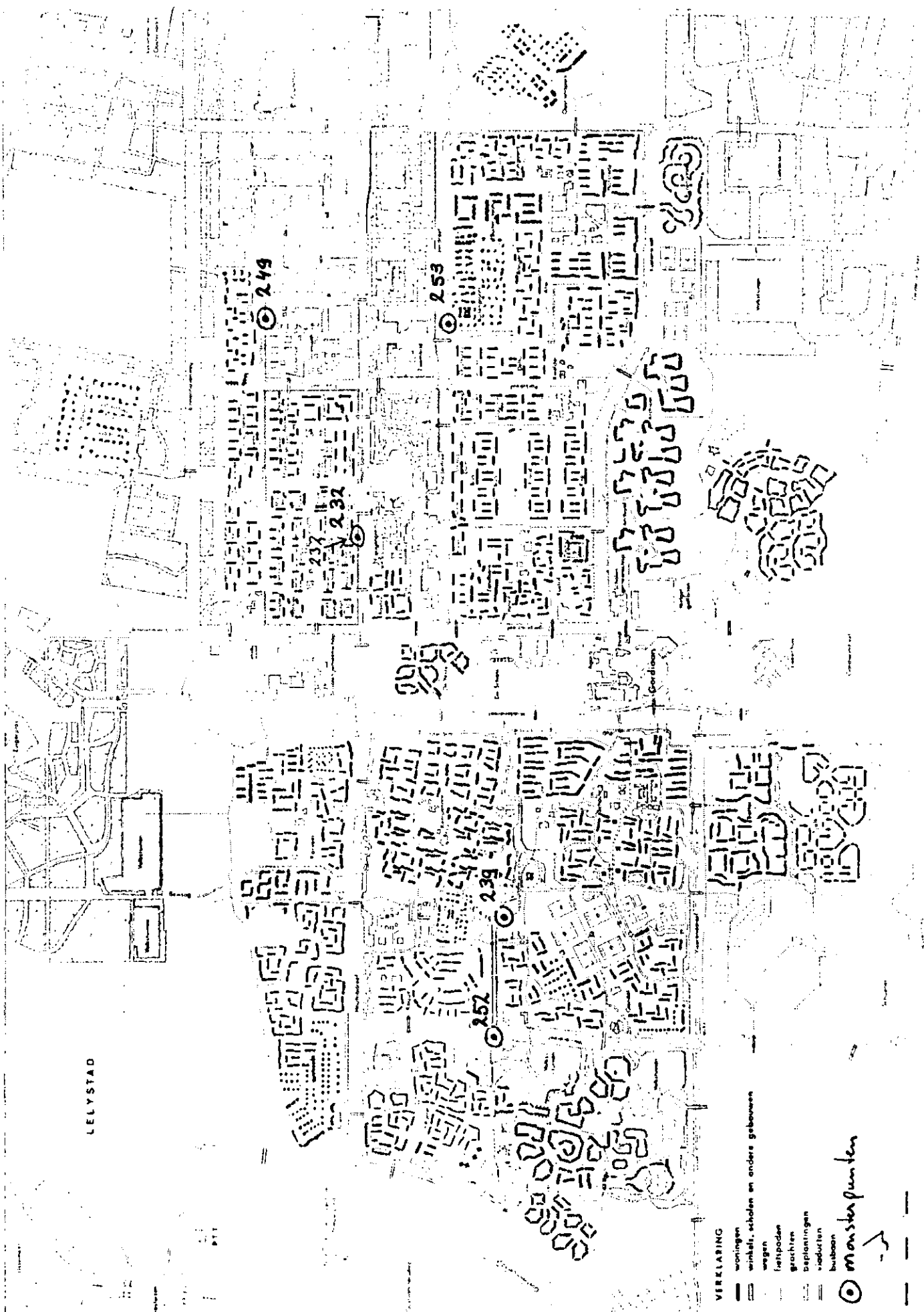
Bijlage 1. De basiskwaliteit (grenswaarden) en de waterkwaliteit in de grachten van Lelystad in 1978
mg per liter

	MPN Eijkman per 100 ml	°C	door- zicht in cm	pH	%O ₂	NH ₄	Ntot	BZV	Ptot	Cl (chloride)	Chla	Pb in µg
Grenswaarden basiskwaliteit	2000 ⁽¹⁾	<25	>50	6,5-9	70-120	<1	<3	<10	<0,3	<200	<100	<50
232 (nabij Lelycentrum) gem	-	11.3	-	7.6	87	0.2	1.7	2.8	0.29	281	8.3	-
H.W.	12000	18	>100	7.8	152	0.5	2.9	4.4	1.09	351	31.0	18
L.W.	< 95	3	50	7.4	34	0.0	0.7	1.4	0.07	247	1.8	< 5
239 (vijver 2e woonwijk) gem	-	11	23	8.3	105	0.04	3.8	9.0	0.42	550	228	< 5
H.W.	1000	20	30	8.8	120	0.09	4.3	13.6	0.52	579	281	< 5
L.W.	< 95	1	19	7.8	96	0.01	2.9	6.7	0.23	495	146	< 5
249 Stuw Sportparkweg gem	-	12	-	7.9	128	0.1	1.6	3.5	0.20	262	21.1	-
H.W.	1520	22.5	>80	8.4	171	0.3	2.1	7.4	0.46	239	66.0	18
L.W.	< 95	2	50	7.2	84	0.0	1.0	1.4	0.05	226	2.7	<15
252 Duiker Westendreef gem	-	6.8	40	7.6	101	0.28	1.9	5.4	0.12	298	64	-
H.W.	2400	19	60	7.8	139	0.65	2.2	7.1	0.17	336	77	< 5
L.W.	< 95	2	22	7.6	81	0.15	1.9	2.8	0.06	261	31	< 5
253 Stuw Buitenplaats gem	-	11.9	-	7.8	119	0.1	1.5	2.8	0.15	269	14.8	-
H.W.	>80000	23	>80	8.4	165	0.38	2.3	5.9	0.32	349	45.0	7
L.W.	< 95	1	50	7.4	92	0.0	0.7	1.2	0.02	224	2.0	< 5

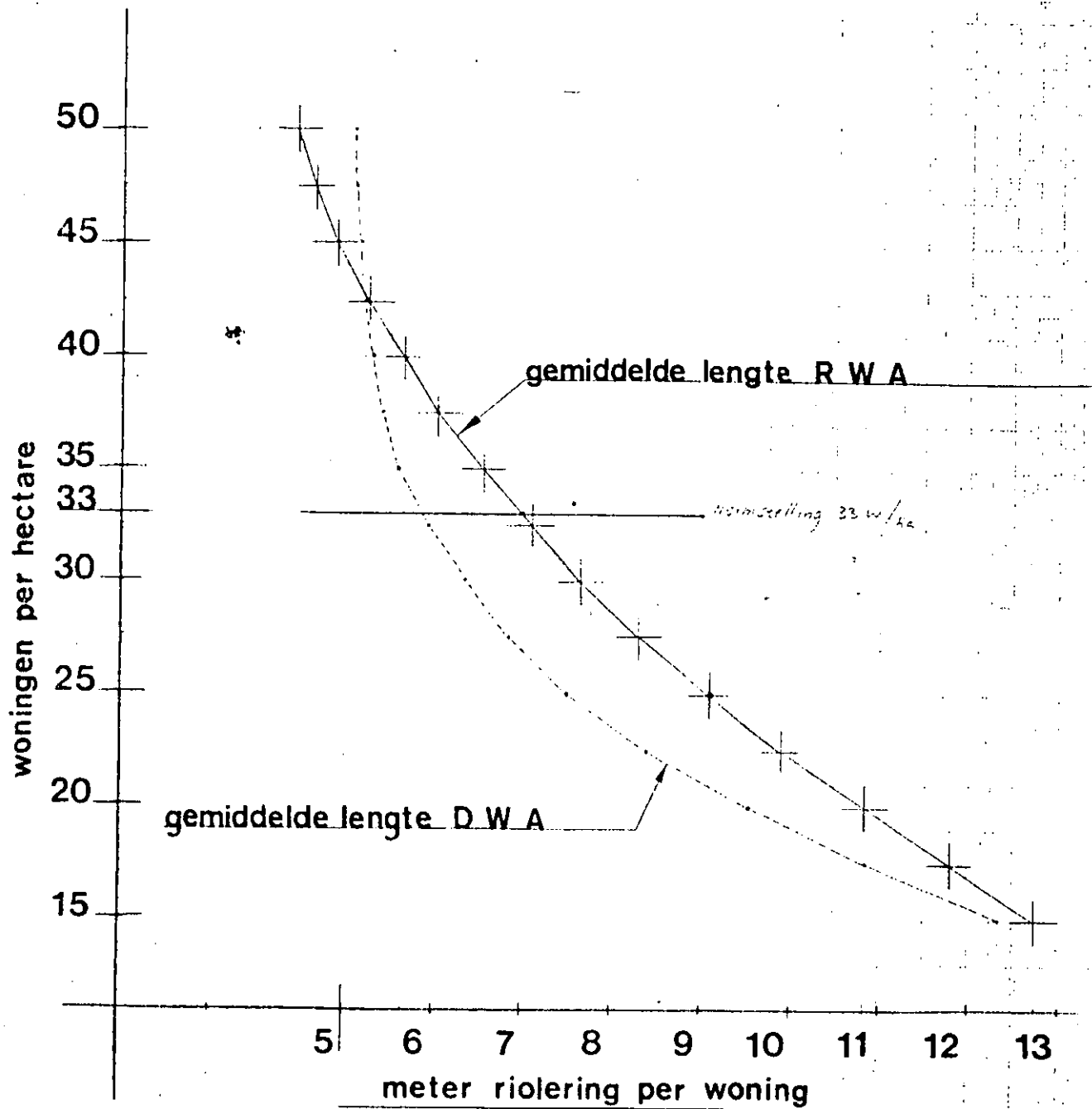
(1) 95% van de monsters maximaal MPN 2000 per 100 ml

gem= gemiddelde
HW = hoogste waarde
LW = laagste waarde

Plaatsaanduiding van de 5 monsterpunten in Lelystad



RELATIE RIOOLLENGTE / WONINGDICHTHEID



Gescheiden stelsel:

dichtheid won./ha	kosten riool/ won.	vaste kosten ¹⁾ per woning	kosten 3% open wa- ter per woning ²⁾	kosten extensieve kruisnetdrainage/ won. ³⁾	m' ringdrain per woning ⁴⁾	kosten ringdrains à f 36,10 per m'	totaal	totaal van de aanvullingen	totaal per hectare
15	4430	1345	1544	362	30	1083	8760	4330	131.400
20	3470	1345	1158	272	26	939	7180	3710	143.600
25	2820	1345	927	218	22	794	6100	3280	152.500
30	2360	1345	772	182	19	686	5345	2985	160.350
35	2050	1345	662	156	18	650	4860	2810	170.100
40	1840	1345	579	136	17	614	4510	2670	180.400
45	1720	1345	515	121	16	578	4280	2560	192.600

1) Deze kosten bestaan uit:

r.w.z.i.	f 375,--
bemaling/transport	f 210,--
huisaansluitingen	f 700,--
huisriolering (meerkosten)	f 60,--

Totaal

f 1345,--/woning

- 2) De kosten per inwoner bij 33 woningen/ha en 3 inwoners/woning bedroegen f 234,-- Per ha komt dat neer op f 23.166,--. De prijs per woning wordt berekend door de hectareprijs te delen door de woningdichtheid.
- 3) De kosten van de extensieve kruislingse drainage bedragen f 5445,-- per hectare.
- 4) Schatting. Alleen bij 35 woningen/ha bekend. Lage dichtheden leveren extra lengte i.v.m. afstand tot r.w.a. of hoofddrain en grotere, vaak vrijstaande woningen.

Gemengd stelsel:

dichtheid won./ha	vaste kosten per woning 1)	kosten 3% open water variant 1	kosten 1% open water variant 3	kruisnet drainage in guldens/won. ⁴⁾	m' ringdrain 5)	kosten ringdrains à f 36,10/m'	kosten hoofddrains per ha	m' Ø 10 à f 25,--	m' Ø 20 à f 40,--	kosten hoofd- drain/won. 6)	extra drains t.b.v. variant 3 7)	totaal van de aan- vullingen variant 1	totaal van de aan- vullingen variant 3	totaal per ha onderheid variant 1 x 1000	totaal per ha onderheid variant 3 x 1000
15	1155	1544	528	362	30	1083	10.125	300	66	675	70	4819	3873	110	119
20	1155	1158	396	272	26	939	12.200	350	86	610	53	4134	3425	128	143
25	1155	927	317	218	22	794	13.200	400	80	530	42	3624	2056	140	161
30	1155	772	264	182	19	686	13.500	400	87	450	35	3245	2772	150	172
35	1155	662	226	156	18	650	14.500	450	81	415	30	3038	2632	162	187
40	1155	579	198	136	17	614	15.500	500	75	390	26	2874	2519	169	195
45	1155	515	176	121	16	578	16.000	500	87	360	23	2729	2413	179	203

1) Deze kosten bestaan uit:

r.w.z.i.	f 480,--
bemaling/transport	f 315,--
huisaansluiting	f 360,--
totaal	f 1155,--/woning

2) Kosten per ha: 33 (won./ha) x 3 (inw./won.) x 234,-- (gld./inw.) = f 23.166,--/ha.

3) Gerekend is met f 80,--/inwoner bij 99 inwoners/ha, ofwel f 7.920,--/ha.

4) Kosten van de extensieve kruislingse drainage f 5445,--/ha.

5) Geschat: Alleen bij 35 woningen/ha bekend.

6) Geschat. Gezien de onbekendheid met de stedebouwkundige opzet is de hardheid van de getallen minimaal; een relatie als geschetst is wel te verwachten.

7) Vervangen van gracht door hoofddrain à f 1055,--/ha.

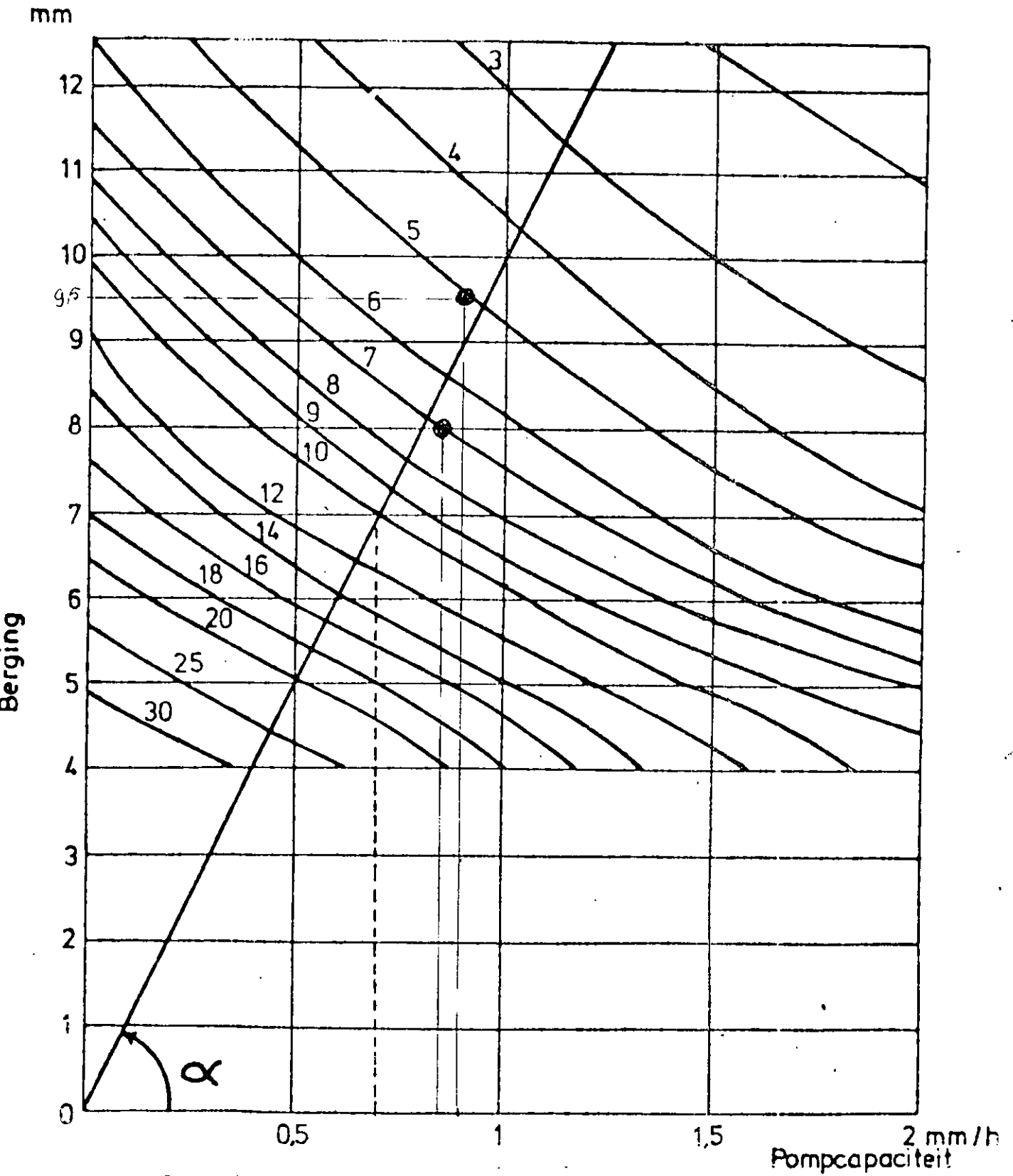


fig.17 Overstort frequentie naar ir.Veldkamp