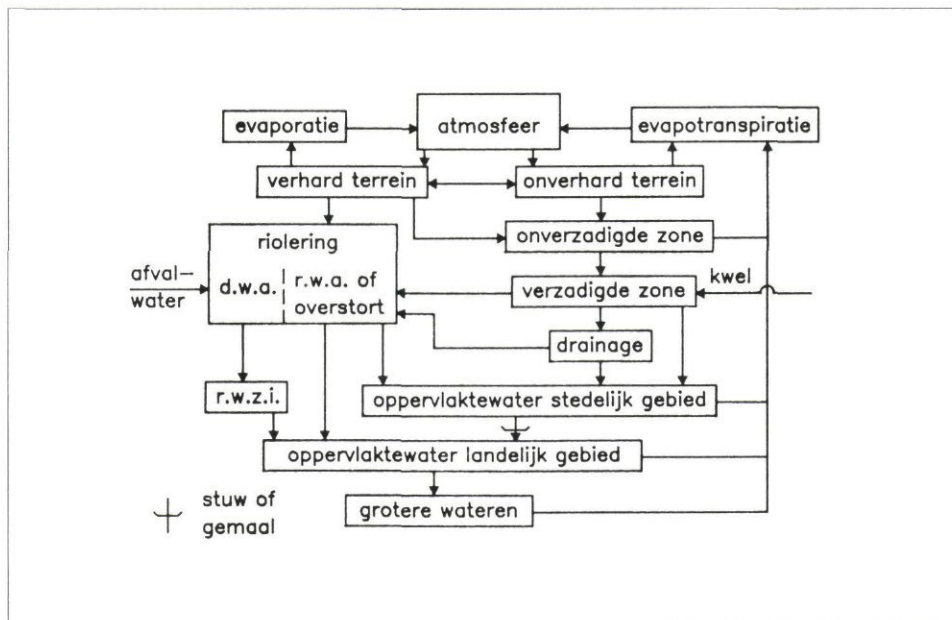


De waterbalans van een stedelijk gebied; ervaringen in twee meetgebieden in Lelystad

Inleiding

Het opstellen van een waterbalans is een bekende techniek om eigenschappen van een hydrologisch systeem te onderzoeken. Toch is er nauwelijks iets bekend over de waterbalans van stedelijke gebieden [Delleur, 1982]. Alleen voor Lelystad en voor Lund (Zweden) zijn wel eens pogingen gedaan een balans op te stellen [Van den Berg, 1978; Hogland en Niemczynowicz, 1980].

Nu er voor twee meetgebieden in Lelystad lange reeksen gegevens beschikbaar zijn, kunnen deze aan een gedetailleerde balansstudie worden onderworpen.



Afb. 1 - De kringloop van het water in het stedelijk gebied.

afb. 1. Globaal zijn in het afvoerproces twee hoofdstromen te onderscheiden: die over verhard en die over onverhard terrein. Zowel door bovengrondse als door ondergrondse afstroming kan water echter van hoofdstroom wisselen.

De weergegeven situatie is geënt op een situatie met een gescheiden rioolstelsel, met drainage en met grachten, singels of soortgelijke open waterlopen in het stedelijk gebied. In die situatie komen de hoofdstromen bij elkaar in de grachten. Van daar wordt het water via een stuw of een gemaal geloosd op (hoofd)waterlopen van het omliggende landelijke gebied.

Uitgaande van deze schematisatie zal de waterbalans worden opgesteld. De toevoer vanuit de openbare drinkwatervoorziening en de stroom huishoudelijk en industrieel afvalwater blijven dus buiten beschouwing. Aan de aanvoerszijde van de balans staan de neerslag en de kwel; de afvoerszijde bestaat uit de regenwaterrioolafvoer, de drainafvoer,

de verdamping van het onverharde en het verharde terrein inclusief solitaire bomen, alsmede de bergingsverandering in de verzadigde en onverzadigde zone.

De meetgebieden

In twee meetgebieden, een woonwijk en een parkeerplaats, zijn vanaf het eind van de jaren zestig continu metingen verricht aan het waterafvoerproces. Omdat de meetresultaten sterk samenhangen met de eigenschappen van de gebieden wordt hierop in het volgende vrij uitvoerig ingegaan.

1. De woonwijk

Een van de oudste woonwijken van Lelystad is in 1967-1968 ingericht als hydrologisch meetgebied. Het gebied heeft een oppervlakte van 2 ha en bestaat uit twee woonerven, gescheiden door een wijkstraat. Afb. 2 geeft een impressie van het gebied. De bebouwing is ca. 8 m hoog en heeft platte daken. De oppervlakten van de verschillende soorten verhard en onverhard gebied zijn aangegeven in tabel I.

Het gebied is gescheiden gerioleerd. Op het terrein staan 50 solitaire bomen.

Het regenwaterriool bestaat uit een stelsel van betonnen buizen met een diameter van 0,30 m. Al het water dat van het gebied afstroomt wordt op één punt in de gracht geloosd. De bovengrondse waterscheiding is aan de oostzijde van het gebied gefixeerd tussen twee trottoirkolken en ligt aan de westzijde, door het treffen van specifieke maatregelen (drempels, extra kolken), midden op het daar aanwezige kruispunt (zie afb. 3).

Ten behoeve van de ondergrondse afvoer van overtollige neerslag is een drainagenet aangelegd. Dit net bestaat uit 10 drains die



F. H. M. VAN DE VEN
Rijksdienst voor de
IJsselmeerpolders;
wetenschappelijke afdeling



B. R. VOORTMAN
Rijksdienst voor de
IJsselmeerpolders;
wetenschappelijke afdeling

Daardoor ontstaat een beter inzicht in de omvang van de diverse deelstromen van het water in het stedelijk gebied en in de variaties daarin door het jaar heen. De verdamping van het verharde oppervlak, de voeding van het grondwater onder een stad, de afvoer door het riool en andere toe- en afvoeren zullen met behulp van de waterbalans worden gekwantificeerd.

Na een beschrijving van de kringloop van het water zal achtereenvolgens worden ingegaan op de meetgebieden, de metingen en berekeningen, de jaarlijkse en de maandelijks waterbalansen.

De kringloop

De kringloop van het water in het stedelijk gebied is geschematiseerd weergegeven in

Afb. 2 - Impressie van de woonwijk Pampus-Blokkerhoek (foto).



boven- en benedenstrooms met elkaar verbonden zijn en op één punt in de gracht uitmonden. De onderlinge drainafstand bedraagt 12 m. De diepteligging bedraagt ca. 2,3 m - m.v. De drains bestaan uit gebakken kraagbuis met een diameter van 0,05 m en ze zijn bedekt met 0,2 m lavaliet (3-7 mm). De drainsleuf is opgevuld met zand. Om rechtstreeks afvoer van grondwater naar de gracht – de zuidelijke grens van het gebied – te voorkomen is langs de gracht een sleuf opgevuld en aangeplempt met ondoorlatende grond. Later is hierop een aarden wal aangebracht.

Het bodemprofiel bestaat uit een laag teelaarde (lichte zavel), in dikte variërend van 0,2 tot 1,0 m met daaronder een opgespoten zandlaag (U-cijfer 50) van 0,5 tot 1,4 m dik met een doorlatendheid van

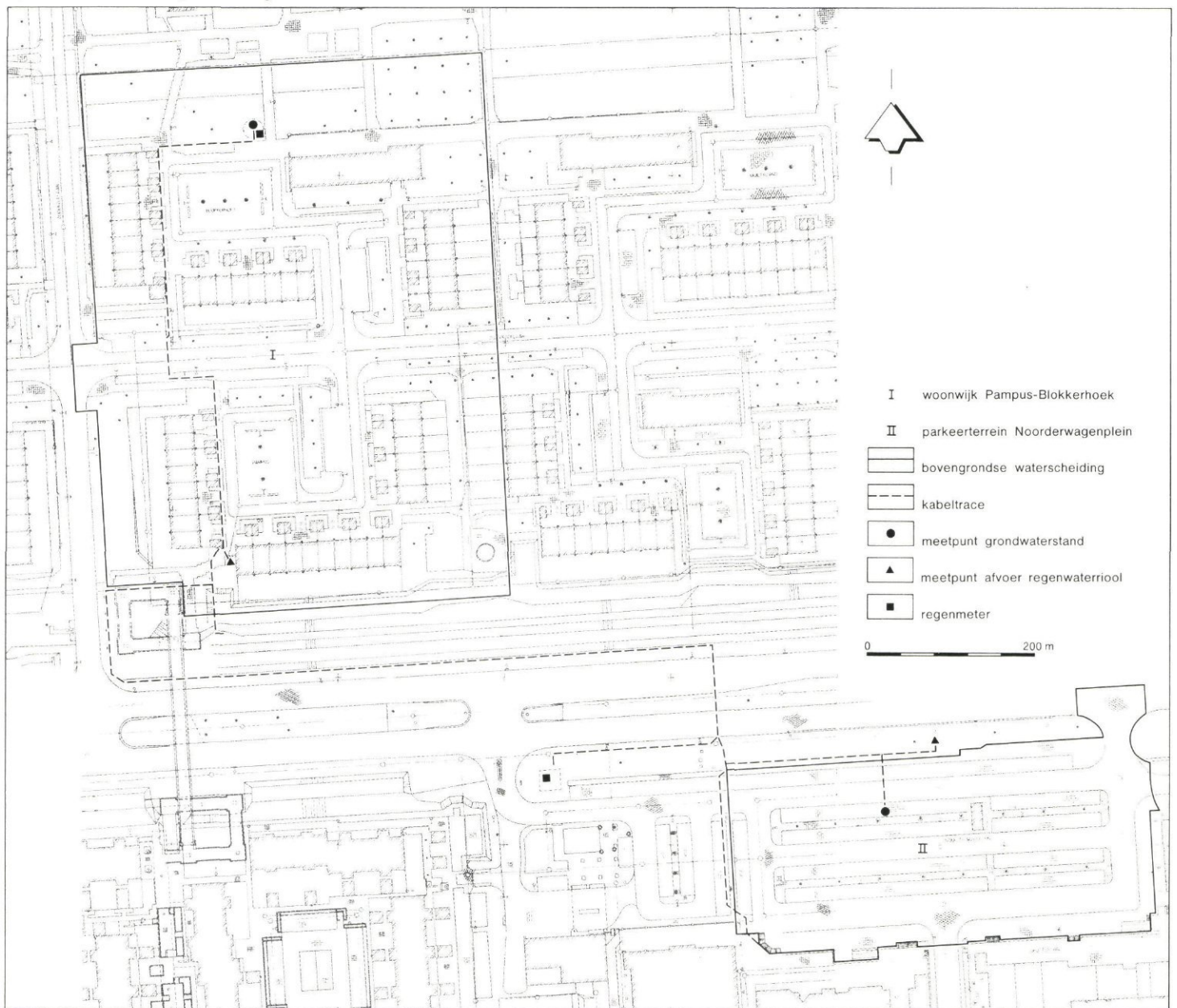
TABEL I – Bodembedekking in de woonwijk.

Verhard oppervlak	in m ² in %		Niet verhard oppervlak	
	in m ²	in %	in m ²	in %
Daken	2.660	13,3	Gras	4.800 24
Asfalt	3.340	16,7	Bomen en struiken	3.600 18
Tegels, klinkers	2.200	11	Tuin-diversen	1.000 5
			Tegels en klinkers in het plantsoen	2.400 12
Totaal	8.200	41		11.800 59

gemiddeld ca. 5,7 m/etm. De onderste 0,1-0,2 m van het zand is met slijk verontreinigd (lutumgehalte ca. 30%). De totale dikte van de twee lagen bedraagt ca. 1,5 m. Daaronder bevindt zich de oorspronkelijke IJsselmeerbodern: 2-2,5 m lichte zavel en fijn gelaagd zand op 3-4 m humeuze zavel klei en/of veen met daaronder het pleistocene zand op ca. 10,5 m –NAP.

De stijghoogte van het grondwater in dit pakket schommelt rond de 5,0 m –NAP [Voortman, 1983]. De drains bevinden zich ca. 0,8 m in de oorspronkelijke zavelbodem, op een diepte van ca. 5,4 m –NAP. Verdere gegevens over het meetgebied, de meetinstrumenten en het doel en de opzet van het onderzoek zijn onder andere te vinden in Krayenhoff v. d. Leur en Zuidema [1969].

Afb. 3 - Overzichtstekening van de meetgebieden en de instrumenten.





Afb. 4 - Impressie van het parkeerterrein Noorderwagenplein (foto).

2. De parkeerplaats

Een vrijwel rechthoekige parkeerplaats is in 1968-1969 ingericht als hydrologisch meetgebied. Het terrein is in maart 1972 gewijzigd waardoor het bemeten gebied is verkleind. Tot dan bedroeg het verharde oppervlak 7.800 m² en was ca. 700 m² onverhard. Na maart 1972 zijn de oppervlakten respectievelijk 7.060 m² verhard en ca. 540 m² onverhard. In tabel II zijn enkele karakteristieken van de verharding van het parkeerterrein vermeld, terwijl afb. 4 een impressie van het terrein geeft.

TABEL II - Bodembedekking op het parkeerterrein.

	Voor maart 1972		Vanaf maart 1972	
	in m ²	in %	in m ²	in %
Asfalt	3.050	36	3.160	42
Klinkers Keien	3.080	36	2.175	29
Tegels	1.700	20	1.700	22
Gras en plantgaten	670	8	565	7
Totaal	8.500	100	7.600	100

Op het terrein staan in totaal 17 solitaire bomen. Het onverharde gedeelte bestaat uit een met gras begroeid perk aan de noordzijde van het gebied. Dit is alleen van invloed op de ondergrondse afvoer. De bovengrondse waterscheiding ligt daar op de grens van de verharding. Elders zijn de bovengrondse waterscheidingen gerealiseerd door het aanbrengen van roosters, drempels en extra kolken.

De oppervlakkige afvoer vindt plaats via straat- en trottoirkolken die uitmonden in een rioolstreng met een totale lengte van 400 m. Het RWA-riool loost op één punt via een meetput. Het riool ligt horizontaal, evenals in de woonwijk. De parkeerstroken

zijn opgesloten tussen trottoirs en klinkergootjes (molgoten) op de scheiding met de asfaltrijbanen. De stroken en rijbanen hellen af naar deze gootjes, waarin zich de straatkolken bevinden. Het bodemprofiel onder de bestrating bestaat uit ca. 0,85 m opgespoten zand op het oorspronkelijke bodemprofiel. De drains liggen hier op ca. 1,25 m - m.v. ofwel ca. 5,30 m -NAP. De drains, die deel uitmaakten van een groot drainagenet, zijn ten behoeve van het meetgebied losgekoppeld. Aan de zuidzijde, op de grens met een verhoogd winkelcentrum is de ondergrondse waterscheiding gerealiseerd door het verbreken van de drains ter plaatse; de uitmondingen aan weerszijden zijn van houten stoppen voorzien en er is op deze scheiding verticaal tot 0,20 m onder drainniveau een foliewand aangebracht. Deze foliewand vormt de ondergrondse waterscheiding, ook aan de westzijde. Aan de noordzijde monden de 11 drainreeksen uit in een pvc-transportbuis van 0,07 m doorsnede. Het drainwater wordt via een meetput geloosd op een afvoerbuis naar de gracht.

De metingen

In de gebieden worden continu metingen verricht aan de neerslag, de rioolwaterafvoer, de drainafvoer en de grondwaterstand. De metingen worden uitgevoerd door een computergestuurde datalogger. Die tast continu alle veldinstrumenten af en registreert de nieuwe meetwaarde wanneer deze voldoende afwijkt van de laatst geregistreerde waarde. In tijden dat variabelen snel veranderen kunnen de waarnemingen met intervallen van minder dan 20 seconden worden verricht. In droge, rustige tijden zullen daarentegen zeer weinig

waarnemingen worden geregistreerd. De neerslagmetingen worden verricht met grondregenmeters. De grondregenmeters zijn van het type Colenbrander en Verstraate. De vangtrechter heeft een oppervlakte van 0,4 m² en is geplaatst ter hoogte van het maaiveld. De opgevangen neerslag wordt verzameld in een reservoir. Het niveau in het reservoir wordt door middel van een vlotterpotentiometersysteem [Ardon, 1983] omgezet in een elektrisch signaal. Er is naar gestreefd om steeds 2 en zo mogelijk 3 regenmeters operationeel te hebben. In afb. 3 is de locatie van de meetinstrumenten aangegeven. De afvoer van het regenwaterriool wordt gemeten met Thomsonmeetschotten. Over deze V-vormige overlaat met een openingshoek van 90° stort het water vrij over in een put met een afvoerbuis naar de gracht. De hoogte van de overstortende straal boven het laagste punt van de stuwkruin wordt gemeten met een vlotterpotentiometersysteem. Vanwege de V-vormige overlaat zijn ook geringere debieten met een voldoende nauwkeurigheid te bepalen.

Het meetschot is zodanig geplaatst, dat de leidingen gevuld blijven. Daardoor kan de rioolloop uit de afvoer worden afgeleid. Een bijkomend voordeel is, dat lekkage in het rioolstelsel onmiddellijk opvalt doordat de vlotter beneden het nul-niveau daalt; een dergelijke lekkage is, met uitzondering van de aanlegperiode, in de meetgebieden niet geconstateerd. De plaats van de stuwen is aangegeven in afb. 3.

De afvoer van de drainage van de woonwijk wordt gemeten met een elektro-magnetische debietmeter met een diameter van 0,05 m en een meetbereik van 0 tot 10 l/s. De debietmeter ligt onder het grachtpeil. Daardoor blijft de buis te allen tijde gevuld met drainwater; een voorwaarde om te kunnen meten. Door middel van een zwanehals is het lozingspunt zelf echter boven het grachtpeil gebracht. Hierdoor kan op elk gewenst moment met maatglas en chronometer een controlemeting voor de debietmeter plaatsvinden.

De debietmeter van de parkeerplaats heeft een meetbereik van 0-3 l/s. Voor het geval dat er een grotere afvoer te verwachten zou zijn is parallel aan de meter een afvoerbuis gemonteerd die naar behoefte open en dicht gedraaid kan worden. Daardoor kan de afvoercapaciteit worden verdubbeld. In de woonwijk werden twee grondwaterstandsbuizen bemeten; één bovenstrooms midden tussen twee drains en één benedenstrooms in de drainsleuf vlak bij het afvoerpunt. In 1977 is laatstgenoemde buis opgeheven. De verandering in grondwaterstand worden door middel van een vlotterpotentiometer omgezet in een elektrisch signaal. Op de parkeerplaats wordt de grondwaterstand in één buis waargenomen.

Alle bovenstaande metingen zijn, afgezien van kortstondige storingen aan de apparatuur, continu verricht. Bij het opstellen van de waterbalans van de woonwijk zijn de gegevens over de periode september 1968 tot en met november 1968 en maart 1969 tot en met december 1980 gebruikt. Van maart 1969 tot en met juni 1969 ontbraken evenwel drainafvoermetingen. De metingen op de parkeerplaats stammen uit de periode maart 1969 tot en met december 1980, zij het dat de drainafvoermeting in de periode augustus 1975 tot november 1976 onderbroken is geweest. Bij de kortstondige onderbrekingen zijn de metingen zo goed mogelijk geïnterpoleerd c.q. gecorrigeerd.

Om de bergingsveranderingen in de onverzadigde zone te onderzoeken, zijn op een viertal plaatsen in het onverharde terrein buizen geplaatst waarin periodiek met nucleaire apparatuur bodemvochtmetingen zijn verricht. De belangrijkste meetperiode lag tussen mei en oktober 1972. Deze metingen zijn benut voor controleberekeningen.

De berekeningen

De overige posten op de waterbalans moesten worden berekend. Dat geldt voor de verdamping van het verharde en onverharde oppervlak inclusief die van de solitaire bomen en voor de kwel.

Voor de bepaling van de evapotranspiratie van het met vegetatie bedekte oppervlak is de methode van Thornthwaite en Mather gekozen. Daartoe is gebruik gemaakt van de meteorologische gegevens van het

KNMI-station Lelystad-Haven, waaruit de open-watervedamping volgens Penman (E_o) is berekend. Voor de berekening van de potentiële verdamping (E_p) uit E_o zijn de volgende reductiefactoren aangenomen:

oktober tot en met februari : $f = 0,6$
 maart en september : $f = 0,7$
 april tot en met augustus : $f = 0,8$

Deze reductiefactoren kunnen niet worden getoetst, omdat in de literatuur geen waarden voor plantsoen werden aangetroffen.

Aangenomen is, dat de beschikbare hoeveelheid vocht bij veldcapaciteit 120 mm bedraagt. Met behulp van de methode van Thornthwaite en Mather is nu een schatting te maken van de actuele verdamping aan de hand van de potentiële verdamping.

De methode gaat uit van een exponentiële uitputting van de beschikbare hoeveelheid bodemvocht wanneer de de neerslag niet voldoende is om de potentiële verdamping te dekken.

Voor de verdamping van de solitaire bomen is aangenomen dat deze in de periode april t/m september 1,5 maal de Penman open-watervedamping bedraagt. Per boom is daarbij een oppervlakte van ca. 30 m² in rekening gebracht.

Van de verdamping van verharde ondergronden is weinig bekend. Neerslag op een warme verharding zal zeker leiden tot een grote verdamping. In hoeverre de energiehuishouding van de ondergrond bijdraagt aan de optredende verdampingsstroom is moeilijk te kwantificeren. Om toch een schatting te kunnen maken van de verdamping vanaf de verharding is een hypothese ontwikkeld: Tijdens de regen is het oppervlak nat en is

verondersteld dat de verdamping gelijk is aan de open-watervedamping. Voor het aantal uren in een decade dat water via het regenwaterriool is afgevoerd is de open-watervedamping gemeten op het KNMI-station Lelystad-Haven aangehouden. Van de neerslag die is gevallen zonder te leiden tot afvoer wordt aangenomen, dat hiervan alle neerslag tot een maximum van 0,4 mm verdampt. Eveneens mag van buien in de zomer worden verwacht dat na het einde van de bui en zonder nieuwe neerslag binnen een uur na afloop van die bui 0,2 mm verdampt. Uit de controleberekeningen met het vochtgehalte van de onverzadigde zone en door de berekende waarde te vergelijken met de waarde als sluitpost bestaat de indruk dat deze schattingen geen grootte-orde fout zijn. In afb. 5 is een beeld gegeven van het verloop van de drainafvoer en de grondwaterstand in de woonwijk in de periode 1968-1980.

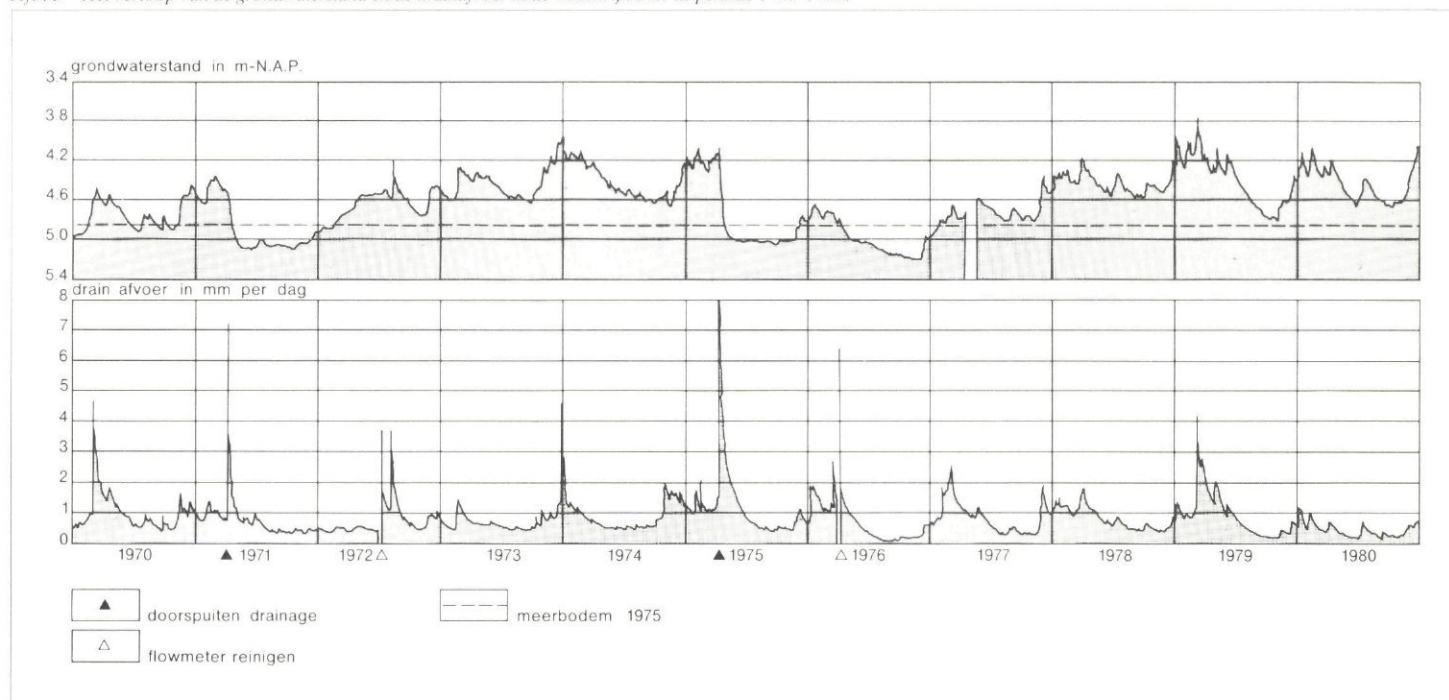
Een van de opvallende zaken in de afbeelding is, dat de drainafvoer nimmer ophoudt.

Op grond van onder andere deze basisafvoer – die ook op de parkeerplaats wordt aangetroffen – en van het chloridegehalte van de drainafvoer is geconcludeerd dat er een toevoer van ca. 0,3 mm water per dag optreedt vanuit de diepere ondergrond.

Hoewel een duidelijke verklaring voor een kwelstroom ontbreekt wordt er dus wel een basisafvoer aangetroffen en in de balansberekeningen meegenomen.

Omdat in eerder opgestelde balansen de kwel en de verdamping vanaf verharding en daken werden verwaarloosd en omdat die balansen toch redelijk sluitend waren, moeten de beide posten van dezelfde orde van grootte zijn.

Afb. 5 - Het verloop van de grondwaterstand en de drainafvoer in de woonwijk over de periode 1968-1980.



De jaarbalansen

In tabel III zijn de overzichten gegeven van de jaarlijkse waterbalansen van de woonwijk en de parkeerplaats. Voor de parkeerplaats hebben de gepresenteerde cijfers enkel betrekking op het verharde oppervlak. Ondanks de grote variatie tussen de cijfers in de verschillende jaren sluit de balans op jaarbasis goed. De verschillen tussen de berekende verdamping vanaf verharde oppervlakken en die verdamping als sluitpost zijn in de meeste jaren acceptabel. Daar waar grotere verschillen optreden zijn vaak duidelijke redenen aan te geven, zoals verstoppingen en toevoer van water van elders. Van de totale toevoer naar de woonwijk wordt volgens de cijfers gemiddeld ca. 20% via het regenwaterriool en ca. 40% via de drainage afgevoerd, terwijl ca. 26% verdampt van het onverharde oppervlak en ca. 9% van het verharde oppervlak. Het is niet irreëel om te veronderstellen dat de kwel geheel via de drains tot afvoer komt, onder andere vanwege de diepe ligging van de drains. Wordt de kwel op die manier uit de balans gehaald, dan blijkt dat ca. 23% van de neerslag tot afvoer komt via het regenwater-

riool en 30% via de drainage. De verdamping van het onverharde oppervlak bedraagt ca. 31%; die van het verharde terrein ca. 10%. Ca. 4% wordt verdampt door solitaire bomen. In totaal wordt dus via de drainage meer neerslag afgevoerd dan via de riolering.

De omvang van de drainafvoer (zonder kwel) ligt in de woonwijk in dezelfde orde van grootte als de verdamping van het onverharde terrein.

Omdat de cijfers van de woonwijk zijn gerelateerd aan het totale oppervlak ontstaat mogelijk een vertekend beeld met betrekking tot de verhardingsgebonden afvoeren. De gemiddelde rioolafvoer van 159 mm (totale opp.) betekent 388 mm waterschijf op het verharde afvoerende deel, dat is 56% van de neerslag. De gemiddelde afvloeiingscoëfficiënt is dus 0,56. De verdamping van het verharde oppervlak (sluitpost) bedraagt omgerekend ca. 138 mm ofwel ca. 20% van de neerslag. Deze hoeveelheid is zeker niet verwaarloosbaar.

De bergingsverandering in het grondwater is gemiddeld niet verwaarloosbaar, mede

omdat de grondwaterstand in de tweede helft van de meetperiode sterk oploopt (zie afb. 5) ten gevolge van het ontbreken van drain-onderhoud.

De jaarlijkse waterbalans van de parkeerplaats is gerelateerd aan het verharde oppervlak. Vanwege de iets geringere basisafvoer is de kwel geschat op 101 mm/jaar. De afvoer via het regenwaterriool bedraagt gemiddeld 51% van de neerslag. De gemiddelde afvloeiingscoëfficiënt is dus iets lager dan in de woonwijk. De drainafvoer van de parkeerplaats is vrijwel gelijk aan die van de woonwijk, namelijk ca. 40%. Gemiddeld infiltreert dus jaarlijks ca. 235 mm neerslag door de verharding. Gezien de goede doorlatendheid van die verharding [Van Dam, 1983] is dit niet verwonderlijk. De verdamping vanaf het verharde oppervlak bedraagt ca. 112 mm. Dit is aanmerkelijk minder dan de 138 mm die werd waargenomen in de woonwijk. Het verschil vloeit waarschijnlijk voort uit de aanwezigheid van platte daken in de woonwijk. Het water blijft daarop langer staan, zodat meer kan verdampen. De afvoer

TABEL III – De jaarlijkse waterbalansen van de meetgebieden in Lelystad.

Jaar	mm										%							
	P	K	P+K	q _s	q _d	E _a	E _b	S _s	E _c ber.	E _c sluitp.	P+K	q _s	q _d	E _a	E _b	S _s	E _c ber.	E _c sluitp.
<i>Woonwijk</i>																		
1970	767	108	875	171	369	215	29	52	68	39	100	19,5	42,2	24,6	3,3	5,9	7,8	4,5
1971	532	108	640	110	263	204	27	-43	48	79	100	17,2	41,1	31,9	4,2	-6,7	7,5	12,4
1972	722	108	830	155	251	250	26	52	74	96	100	18,7	30,2	30,1	3,1	6,3	8,9	11,6
1973	730	108	838	191	264	223	28	51	77	81	100	22,8	31,5	26,6	3,3	6,1	9,3	9,7
1974	732	108	840	185	323	223	27	0	82	82	100	22,0	38,4	26,6	3,2	0	9,8	9,8
1975	602	108	710	130	426	194	28	-86	64	18	100	18,3	60,0	27,3	3,9	-12,1	9,1	2,6
1976	446	108	554	95	262	151	30	-9	44	25	100	17,1	47,3	27,3	5,4	-1,6	8,0	4,5
1977	734	108	842	163	307	222	26	67	55	57	100	19,4	36,5	26,4	3,1	8,0	6,5	6,8
1978	716	108	824	170	293	217	25	61	66	58	100	20,6	35,6	26,3	3,0	7,4	8,0	7,1
1979	915	108	1023	201	412*	236	25	-52	90	201	100	19,6	40,3	23,1	2,4	-5,1	8,8	19,7
1980	786	108	895	173	354*	239	28	31	80	70	100	19,3	39,6	26,7	3,1	3,5	9,0	7,9
gem.	698	108	806	159	320	216	27	11	68	73	100	19,7	39,7	26,8	3,3	1,4	8,4	9,1
<i>Parkeerplaats</i>																		
1970	767	100	867	320	400	-	26	-6	117	127	100	36,9	46,1	-	3,0	-0,7	13,5	14,7
1971	532	100	632	222	334	-	25	10	77	41	100	35,1	52,8	-	3,9	1,6	12,2	6,6
1972	722	101	823	321	339	-	26	-7	113	144	100	39,0	41,2	-	3,2	-0,8	13,7	17,5
1973	730	101	831	375	303	-	28	20	118	105	100	45,1	36,5	-	3,3	2,4	14,2	12,6
1974	732	101	833	384	311	-	28	24	117	86	100	46,1	37,3	-	3,4	2,9	14,1	10,4
1975	602	101	703	323	-	-	-	-	-	-	-	46,0	-	-	-	-	-	-
1976	446	101	547	193	-	-	-	-	-	-	-	35,3	-	-	-	-	-	-
1977	734	101	835	415	364	-	27	-3	108	32	100	49,7	43,6	-	3,2	-0,4	12,9	3,8
1978	716	101	817	433	361	-	26	1	101	-4	100	53,0	44,2	-	3,2	0,1	12,4	-1,5
1979	915	101	1016	497	303	-	26	5	137	185	100	48,9	29,8	-	2,6	0,5	13,5	18,2
1980	786	101	807	414	321	-	29	-7	121	50	100	46,7	36,2	-	3,3	-0,8	13,6	14,6
gem. excl. 75 en 76	737	101	829	375	337	-	27	5	112	85	100	44,5	40,3	-	3,2	0,6	13,4	10,8

* Drainafvoeren gecorrigeerd op het gemiddelde van 1970 tot en met 1978.

P = neerslag

q_s = afvoer door regenwaterriool

E_a = verdamping onverhard opp.

S_s = bergingsverandering

K = kwel

q_d = drainafvoer

E_b = verdamping solitaire bomen

E_c = verdamping verhard opp.

ber. = berekende waarde

sluitp. = sluitpost

van het regenwaterriool van de woonwijk duurt jaarlijks gemiddeld 465 uur langer dan van de parkeerplaats – resp. 1445 en 980 uur.

De maandelijkse balansen

In afb. 6 zijn de gemiddelde maandelijkse waterbalansen van de woonwijk en de parkeerplaats weergegeven. De bergingsveranderingen zijn niet expliciet in de afbeeldingen opgenomen. De verdamping van het verharde oppervlak is berekend en dus niet als sluitpost bepaald.

De verdamping van het onverharde terreindeel is berekend met behulp van de methode van Thornthwaite en Mather.

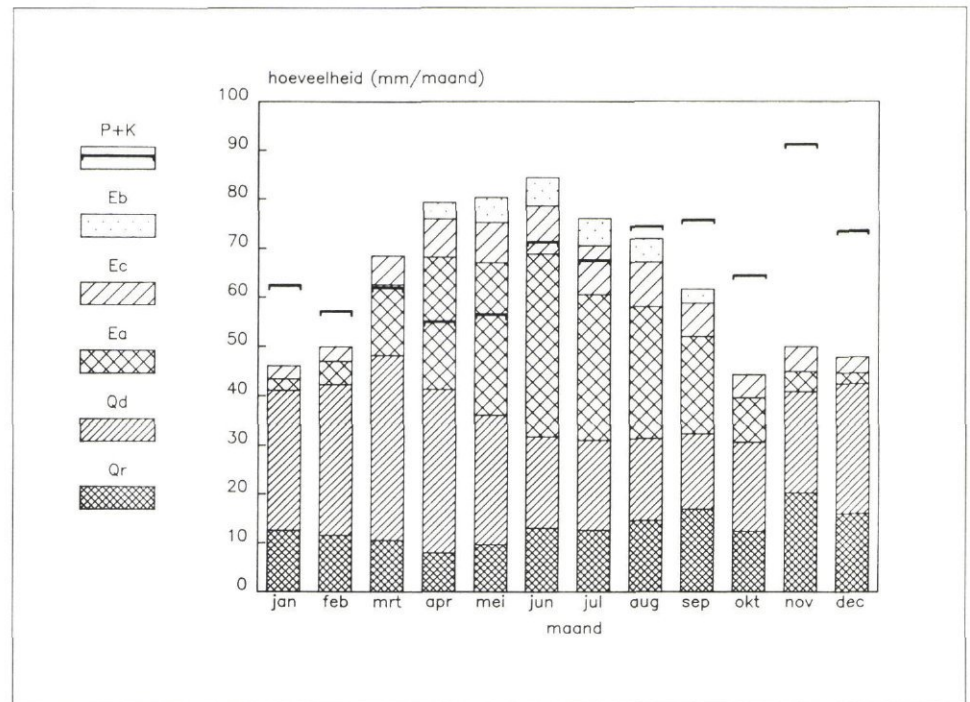
Hoewel de spreiding in de maandijsers groot is, is het gemiddelde maandbeeld duidelijk. De neerslag is vrij gelijkmatig over het jaar verdeeld, met een licht accent op de tweede helft van het jaar. Voor de kwel is een evenredige verdeling over het jaar aangenomen, die neerkomt op ca. 8,5 mm/maand.

De maandelijkse balans van de woonwijk sluit op ca. 6% minder afvoer dan aanvoer, vooral omdat de drainafvoeren van 1979 en 1980 niet zijn gecorrigeerd. De afvoer middels het regenwaterriool is vrij constant en ligt tussen de 17 en 26% van de neerslag met een gemiddelde van ca. 22%.

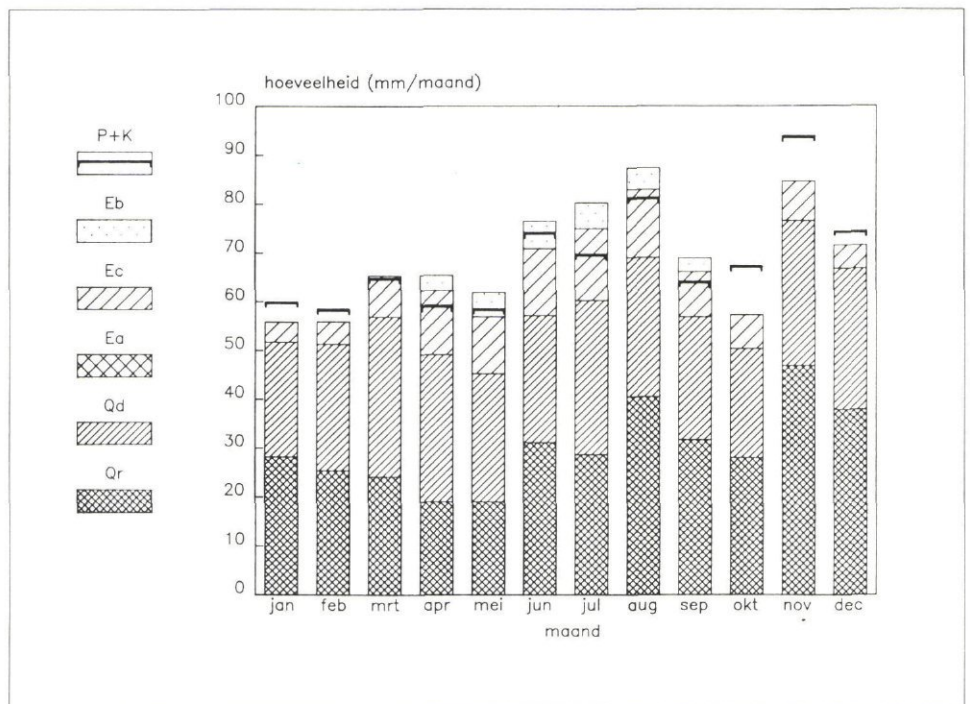
De drainafvoer vertoont een belangrijke seizoensinvloed.

In de periode van juni tot en met november verzorgt het regenwaterriool een groter deel van de afvoer dan de drainage. Van december tot en met mei is de totale afvoer bijna verdubbeld en komt globaal gesteld tweederde van de afvoer voor rekening van de drainage. De ondergrondse processen zijn duidelijk vertraagd ten opzichte van de bovengrondse. De verzadigde zone heeft daarbij een belangrijke bufferende functie; het grondwaterstandsverloop geeft dit ook aan (afb. 5). De totale afvoer van het regenwaterriool plus de drainage kent een minimum van ca. 31 mm/maand in de periode juni tot en met oktober. De verdamping is uiteraard het grootst in de zomermaanden; de verdamping van het verharde oppervlak van de woonwijk bedraagt ca. 1/3 van de verdamping van het onverharde deel. In de periode mei tot en met augustus overtreft de afvoer middels verdamping die van het regenwaterriool plus de drainage.

Bij de cijfers van de parkeerplaats is de seizoensinvloed niet zo duidelijk herkenbaar in het verschil tussen de maandelijkse aanvoer en afvoer. In de periode oktober t/m februari bestaat slechts een gering toevoersoverschot. De afvoer door het regenwaterriool loopt uiteen van 37% tot 58% van de gemiddelde maandelijkse neerslag. De lage percentages treden vooral op in het voorjaar, de hoge in de winter. De maandelijkse hoeveelheid drainafvoer is relatief constant.



Afb. 6 - De maandelijkse waterbalansen van de meetgebieden. Boven: woonwijk; gegevens van sept. 1968 t/m dec. 1980. Onder: parkeerplaats; gegevens juli 1969 t/m juli 1975 en jan. 1977 t/m dec. 1980.



Procentueel gezien is de drainafvoer minimaal in de zomer en de herfst. In tegenstelling tot de woonwijk reageren de grondwaterstanden en drainafvoeren vrij direct op neerslag, dit ten gevolge van de andere bodemopbouw. De totale afvoer van het regenwaterriool plus de drainage heeft 2 minima. Een in het voorjaar met ca. 45 mm/maand en een in oktober met 50 mm/maand. De geschatte verdamping van het verharde oppervlak ligt lager dan in de woonwijk.

De verschillen lopen uiteen van 1 mm per maand in de winter tot ruim 4 mm/maand in de periode juni-juli. De verdamping van het verharde oppervlak is zeker niet verwaarloosbaar, zo blijkt uit de cijfers. De totale maandelijkse balans vertoont 1% meer afvoer dan er wordt toegevoerd.

Slot

Samenvattend kan aan de hand van de meetreeksen van de twee meetgebieden met

een lengte van ca. 12 jaar worden geconcludeerd dat ca. 50-55% van de neerslag op het verharde, gerioleerde deel van de meetgebieden tot afvoer komt door middel van het regenwaterriool. De gemiddelde jaarlijkse verdamping vanaf de verharde terreingedeelten in de meetgebieden bedroeg 12-20% van de neerslag. De methode voor de berekening van de verdamping van verharde oppervlakken is evenwel onnauwkeurig. Nader onderzoek daarnaar is wenselijk.

30-40% van de neerslag op de verharding infiltreert door de open verharding in de ondergrond. Van de neerslag op het onverharde, begroeiende terrein verdampst ca. 65% en percoleert ca. 35%. De natuurlijke grondwateraanvulling onder onverharde en verharde, deels doorlatende oppervlakken is derhalve van dezelfde orde van grootte! Volgens de nucleaire vochtmetingen geeft de verdampingsberekening volgens

Thornthwaite en Mather een betrouwbare schatting voor de verdamping van onverharde delen van het stedelijke gebied. De maximale vochtinhoud van het profiel is bij de berekening geschat op 120 mm.

Ca. 35% van de neerslag percoleert naar het grondwater en wordt door de drainage afgevoerd, samen met de eventueel aanwezige kwel. Door de bodemopbouw kan in die afvoer en in de grondwaterstand een seizoensinvloed merkbaar zijn. De maandelijkse drainafvoer varieerde in de woonwijk tussen de 10 en de 55% en voor de parkeerplaats tussen 24 en 43% van de neerslag. Daarnaast is de mate van vervuiling van de drainage van belang voor de grondwaterstand en de drainafvoer. Vervuilde drains leiden tot geringere drainafvoeren en (te) hoge grondwaterstanden; de reactiesnelheid loopt met een factor 5 à 6 terug. Tijdig reinigen van het drainagesysteem is dus noodzakelijk. Het effect van het reinigen is duidelijk waar te nemen in afb. 5.

De hier gepresenteerde cijfers hebben betrekking op de twee meetgebieden in Lelystad. Meer gegevens over de waterbalans van stedelijke gebieden ontbreken, zodat een verdere vergelijking niet mogelijk is. Het verdient aanbeveling om een dergelijk onderzoek in de toekomst op meerdere plaatsen te verrichten.

Literatuur

- Delleur, J. W. (1982). *Introduction to urban hydrology and stormwater management*. In: Kibler, D. F., ed. *Urban Stormwater Hydrology*. Water Resources Monograph 7, AGU, Washington D.C.
- Van den Berg, J. A. (1978). *Quick and slow response to rainfall by an urban area*. RIJP-rapport 1978-1, Abw, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders Lelystad.
- Hogland, W. en Niemezynowicz (1980). *Kwantitatief och kwalitatief vatten omsättningsbudget för Lunds centralort kompletterande mätningar och metodik*. Rapport 3038, Dept. of Water, Res. Eng., Lund Inst. of Technology, Univ. of Lund.
- Voortman, B. R. (1983). *Het grondwater onder Lelystad*.

RIJP-rapport 1983: Abw Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.

Ardon, J. (1983). *Vlotter-potentiometer-opnemer systeem voor waterpeilen*. Cultuurtechnisch tijdschrift (23) no. 1 juni/juli.

Krayenhoff-van de Leur, D. A. en Zuidema, F. (1969). *Een onderzoek naar de relatie tussen neerslag en afvoer in het stedelijk gebied van Lelystad*.

Van Dam, C. H. (1983). *Infiltratie in bestrating*, H₂O (16) no. 6.



Vereniging voor Waterleidingbelangen in Nederland

Gevarieerd programma tweedaagse voorjaarsvergadering in Valkenburg

Tijdens de tweedaagse voorjaarsvergadering van de VWN in Valkenburg op 2 en 3 mei a.s. komt een verscheidenheid aan onderwerpen aan de orde. De openingstoespraak wordt gehouden door prof. dr. J. G. G. M. Jansen, directeur van het Sociaal Historisch Centrum Limburg, over 'Het specifieke van de Limburgse economie'.

's Middags geeft de Antwerpse chemicus dr. J. W. van Craenenbroeck dan 'Achtergronden en oorzaken van de samenstelling van het Maaswater te Maastricht'.

Ir. W. H. Dierx, adj.-directeur van de Waterleiding Mij Limburg, spreekt over 'Waterdistributie onder hoge druk', waarna tenslotte drs. A. C. Hoekstra van de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage een actualiteit behandelt; 'Aeromonas hydrophila en de bacteriologische kwaliteitscontrole van drinkwater'.

De tweede dag is gewijd aan excursies naar KNP en DSM.



Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen KIWA NV

Commissie voor Kwaliteitseisen van Waterleidingartikelen (CKW)

Publikatie ter kritiek

Ontwerp-criteria nr. 49

'Inwendige cementmortelbekleding'

Door de Commissie voor Kwaliteitseisen van Waterleidingartikelen (CKW) zijn voor een termijn van een maand, gerekend vanaf de datum van deze publikatie, ter kritiek gepubliceerd:

Ontwerp-criteria nr. 49

'Inwendige cementmortelbekleding'

Belangstellenden worden uitgenodigd hun

kritiek op deze ontwerp-criteria, binnen de aangegeven termijn te zenden aan de Secretaris van de CKW, Postbus 70, 2280 AB Rijswijk, alwaar ook een exemplaar van deze ontwerp-criteria kan worden aangevraagd (telefoon 070 - 90 27 20).



Nederlandse Vereniging voor Afvalwaterzuivering en Waterkwaliteitsbeheer

Datumwijziging

De themadag 'Zware metalen en organische microverontreinigingen in het aquatisch milieu' van NVA-programmagroep 4 zal in plaats van op 21 mei (zoals eerder aangekondigd) worden gehouden op 18 september 1985, Jaarbeurs Utrecht.

Contactadres: ir. M. IJssink, West-Overijssel.



Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland

Vergaderingen

Speurwerkcommissie, KIWA, Nieuwegein; 16 april 1985, 14.00 uur.

Regionaal Inspectiecontact 'Midden-West', Gemeente Bedrijven Maassluis; 17 april 1985, 10.00 uur.

Ledenvergadering VEWIN, Hoog-Brabant, Utrecht; 18 april 1985, 14.00 uur.

Regionaal Inspectiecontact 'Zuid-Oost', Nutsbedrijven Eindhoven; 18 april 1985, 9.40 uur.

Regionaal Inspectiecontact 'Oost', Waterleiding Maatschappij Gelderland, Velp; 19 april 1985, 10.00 uur.

ARBO-commissie, VEWIN, Rijswijk; 23 april 1985, 10.00 uur.

Regionaal Inspectiecontact 'Noord-West', Gas- en Waterbedrijf der gemeente Amstelveen; 24 april 1985, 9.00 uur.

College van Bedrijfsdirecteuren (CBD), VEWIN, Rijswijk; 25 april 1985, 9.45 uur.

College van Bedrijfsjuristen (CBJ), Nutsbedrijven Eindhoven; 29 april 1985, 10.30 uur.