Hoog water in een riolering

Samenvatting

Voor het beschrijven van het afvoergebeuren van neerslag en afvalwater in het dorp Neede (verhard opp. ca. 56 ha, ca. 9000 inw.) werden vier verschillende modellen ontwikkeld en vergeleken met de werkelijkheid. In het compleetste model zijn twee transformatie-mechanismen voor de afvoer in rekening gebracht, nl. op het verharde oppervlak en in het rioleringssysteem.
De parameters van de modellen zijn geschat voor enkele grote regens in het najaar. Hiertoe werden registraties gebruikt van de neerslag-intensiteit, de afvoer van het rioolgemaal en de waterhoogte op verschillende plaatsen in de riolering, als functie van de tijd.
Met deze modellen werd het peil gereconstrueerd nabij het rioolgemaal en in de overstortput met de geringste drempelhoogte. De beste overeenstemming tussen het berekende en het gemeten peil wordt verkregen met het compleetste model. Dit model biedt mogelijkheden om tot een model voor de vuiluitworp van rioleringssystemen te komen.

IR. F. SLIJKOORD
Heidemij - Adviesbureau
Arnhem bv
Afdeling Speurwerk,
Schaarsbergen

DRS. G. H. v. d. VOSSEN
Heidemij - Adviesbureau
Arnhem bv
Afdeling Speurwerk,
Schaarsbergen

Inleiding

Het is voor degenen die zich bezighouden met de afwateringsproblemen in en van stedelijke gebieden van praktisch belang te weten welke afvoeren, waterhoogten en geborgen volumina in een gerioleerd gebied kunnen voorkomen. De statistische eigenschappen van de grootheden (frequenties) zijn moeilijk rechtstreeks uit metingen te bepalen, omdat hiervoor gedurende tientallen jaren gemeten zou moeten worden.
Een andere aanpak van dit probleem is de volgende:
De gevraagde grootheden zijn bepaald door regen en afvalwater, door de constructie van het rioleringssysteem en door de debieten van gemalen en in overstortputten. Wij stellen dat de afvoer van regen geschiedt op een wijze die karakteristiek is voor het beschouwde gerioleerde gebied.

Dit afvoergebeuren is met wiskundige vergelijkingen te beschrijven. Met zo'n model is het mogelijk om tijdreeksen van neerslag om te rekenen in die van afvoeren, geborgen volumina en peilen.
Een dergelijke gedachtengang is eerder door De Jager [1] uitgewerkt en toegepast in landelijke gebieden.
Nu is het niet mogelijk om met een model de werkelijkheid 'precies' te beschrijven, omdat het daardoor erg ingewikkeld zou worden. Het is voor de praktijk voldoende om met een benadering genoegen te nemen. Het is echter van essentieel belang te weten in welke mate het reken-resultaat van de werkelijkheid afwijkt.

Daarom hebben wij in een proefgebied, het dorp Neede, gedurende drie jaar metingen verricht van de neerslag-intensiteit en de afvoer en het peil op verschillende plaatsen in het gemengde rioleringssysteem. Over dit meetprogramma en over de eerste, voorlopige resultaten bij droog weer, werd reeds eerder gepubliceerd [2].

Thans hebben wij vier modellen voor het afvoergebeuren te Neede geformuleerd. Wij willen laten zien op welke wijze hiermee het peil in het rioleringssysteem te reconstrueren is.

Met een dergelijk model is het ook mogelijk inzicht te krijgen in afvoeren en geborgen volumina in verschillende delen van het beschouwde gebied. Hierop willen wij in een volgende publicatie nader ingaan.

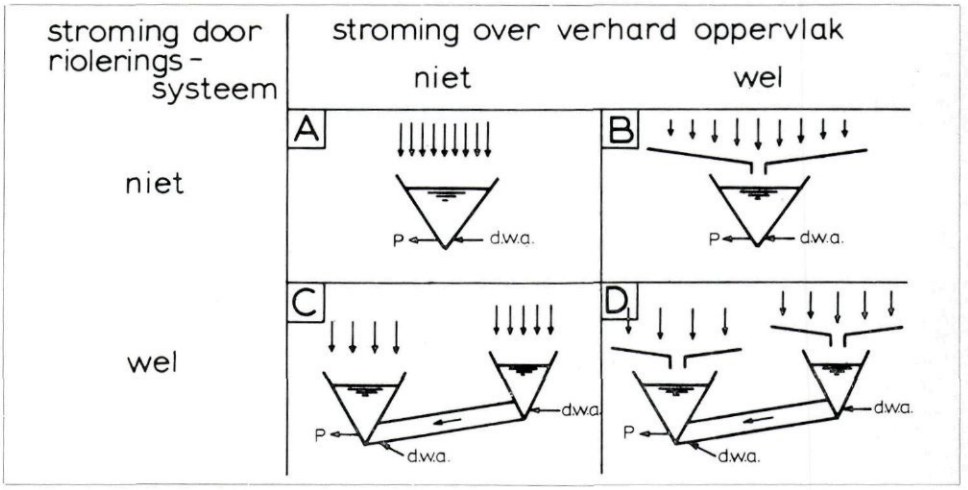
Formuleren van het model

Uit het onderzoek van Van den Berg en Ven [3], Kidd en Helliwell [4] en Zondervan [5] blijkt dat bij het afstromen van neerslag over het verharde oppervlak, vervorming optreedt ten opzichte van het neerslag-patroon.
Als de regen ophoudt, gaat de afvoer nog enige tijd door. Wij hebben aangenomen dat dit reservoir-effect ook optreedt bij de afvoer door het rioleringssysteem. In een van de modellen van het afvoergebeuren van Neede is de stroming over het verharde oppervlak èn die in het rioleringssysteem in rekening gebracht. Ter vergelijking hebben wij drie andere modellen beschouwd, waarin slechts een van beide stromingen in rekening is gebracht of geen van beiden, zie afb. 1.
In deze modellen is het verharde oppervlak voorgesteld door een of door twee trechters. De grootte van het verharde oppervlak is in alle 4 modellen als onafhankelijke parameter gebruikt, om de intensiteit van de neerslag te kunnen omrekenen naar een debiet. In de modellen B en D wordt de afvoer van het verharde oppervlak berekend m.b.v. de kinematische golfvergelijking: in de modellen A en C niet.

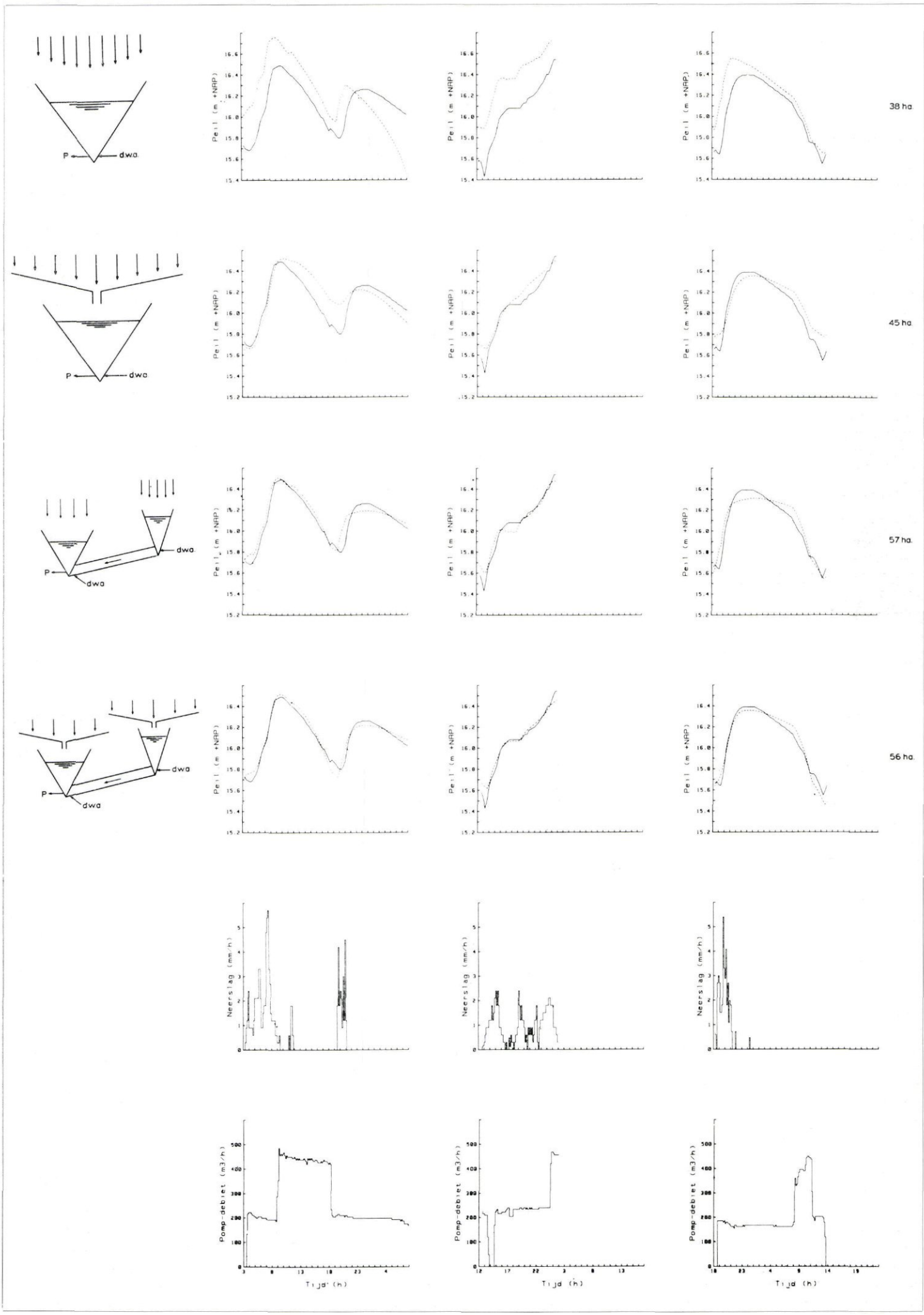
Het rioleringssysteem is voorgesteld door één bak, of door twee bakken met een koppelleiding. De vorm van de bak(ken) is in ieder model zo gekozen, dat de relatie tussen inhoud en horizontale vulhoogte dezelfde is als die in het rioleringssysteem van Neede. Deze relatie is berekend door een standaard bergings-berekening uit te voeren met ons computerprogramma HYDRA.
Het debiet in de koppelleiding is berekend uit het niveau-verschil van de twee bakken m.b.v. de vergelijking van De Chezy.

De onttrekking van het rioolgemaal is met de pijl P voorgesteld. Aangezien in Neede

Afb. 1 - Verschillende onderzochte modellen voor het afvoergebeuren van neerslag in het gemengde rioleringssysteem van Neede, schematisch.



Afb. 2 - Gemeten neerslag-intensiteit, pomp-regiem en peil nabij het rioolgemaal tijdens najaarsregens in Neede, vergeleken met het peil in de (onderste) bak van de modellen. ——— gemeten; ------ berekend.



het totale debiet van dit gemaal is geregistreerd, moet in de modellen het debiet van het afvalwater (dwa) in rekening worden gebracht. De dwa is vereenvoudigd tot een sinus-functie met 24 uur als periode en het minimum in de vroege morgen-uren.

Dimensioneren van de modellen

In het voorgaande werden de uitgangspunten voor de gekozen modellen besproken.
De volgende stap is het bepalen van de grootte van het verharde oppervlak en van de diverse coëfficienten in de vergelijkingen van de verschillende modellen: de parameters. Hiervoor is het waarnemingsmateriaal van essentieel belang.

Voor een gegeven regengebeurtenis wordt het peil nabij het rioolgemaal berekend uit het verloop van de geregistreerde neerslagintensiteit en het pomp-regiem en de berekende dwa. Wij hebben hiertoe van iedere onafhankelijke grootheid een tijdreeks samengesteld in tijdstappen van 10 minuten. Het verloop van het peil wordt berekend in stappen van 20 minuten. Het berekende peil is i.h.a. niet gelijk aan de gemeten waarde. De parameters worden zodanig veranderd, dat het berekende peilverloop de gemeten waarde zo dicht mogelijk benadert. Dit geschiedt volgens een systematische rekenprocedure waarbij de methode van de kleinste kwadraten wordt gebruikt. Deze procedure wordt een aantal malen herhaald, totdat het verschil tussen berekening en meting niet meer kleiner gemaakt kan worden.

Keuze van de regengebeurtenissen

Wij hebben in deze fase van het onderzoek voor regens in het najaar gekozen om van zo eenvoudig mogelijke modellen te kunnen uitgaan.

Uit vooronderzoek blijkt dat de afvoer op droge dagen beïnvloed wordt door de stand van het grondwater. In het najaar zijn de grondwaterstanden het laagst. Voor zover wij kunnen overzien is dan de invloed van het grondwater op de afvoer door de riolering het geringste in het jaar. In de modellen is daarom geen rekening gehouden met de grondwaterstand.

Voor zondagen is de dwa afgerond op 936 m^3/etmaal en voor weekdagen op 1440 m^3/etmaal.

Het is voorts aannemelijk dat in het koude jaargetijde veel minder rekening gehouden behoeft te worden met neerslag-verliezen t.g.v. verdamping en interceptie in bomen, dan in de zomer. Bij de afvoer over het verharde oppervlak is daarom voorlopig alleen de stroming in rekening gebracht.

In de overstortputten werd wel het peil, maar nog niet het overstortdebiet gemeten. Een van de drie gekozen regens is daarom slechts ten dele gebruikt, nl. totdat het gemeten peil de drempelhoogte bereikt.

Resultaten

Een overzicht van het verloop van het peil in de riolering zoals dat in de verschillende situaties gemeten en berekend werd, is gegeven in afb. 2. Uit een onderlinge vergelijking van het resultaat van de modellen blijkt dat met het model D de werkelijkheid voor deze regens het beste benaderd wordt.
De hoogste berekende peilen wijken minder dan 5 cm af van de gemeten waarden, bij een verhard oppervlak van het model van 56 ha. Tijdens de metingen bedroeg het totale oppervlak van straten en daken in het gerioleerde gebied ca. 56 ha.
Het model C is het op één na beste model. Van de beide vertragingsmechanismen van het model D, is die van het rioleringssysteem blijkbaar de belangrijkste! De grotere regen-intensiteiten zoals die in de eerste en derde onderzochte gebeurtenis voorkomen, worden door het model C minder goed berekend dan met het model D. De vervorming van neerslag tot afvoer op het verharde oppervlak is relatief dan wel gering, maar deze is blijkbaar toch niet te verwaarlozen!

Met de modellen B en A is het werkelijke verloop van het peil tijdens de regen slechts te benaderen als het verharde oppervlak 11, respectievelijk 18 ha kleiner is dan het totale oppervlak van straten en daken.

De consequenties van dergelijke modelopzetten moeten mede op het peilverloop in overstortputten worden beoordeeld. Hiertoe worden het berekende en het gemeten peil in de overstortput met de laagste drempelhoogte met elkaar vergeleken.

Uit vooronderzoek blijkt een vaste relatie tussen het geregistreerde peil in deze overstort en dat nabij het rioolgemaal. Als er niet gepompt wordt, staat het water op beide plaatsen even hoog. Als er één pomp in werking is, staat het water bij het rioolgemaal 6,5 cm lager dan dat in de overstortput. Zijn beide pompen ingeschakeld, dan is het peilverschil 10,5 cm. Deze betrekkingen gelden als de riolering bijna geheel gevuld is. Aldus is het peil in de genoemde overstortput afgeleid uit het berekende peil nabij het rioolgemaal, zie afb. 3. De kruin van de drempel van deze put ligt op 16,6 m t.o.v. N.A.P.
Globaal wordt in deze afbeelding voor de verschillende modellen hetzelfde beeld aangetroffen als in afb. 2.
Het model A geeft een duidelijke overstorting voor alle beschouwde regengebeurtenissen.
Volgens de andere modellen zou de eerste regen van de eerste gebeurtenis tot een overstorting hebben geleid. Voor het model B is deze peil-overschrijding duidelijker dan voor de modellen C en D.

Conclusies

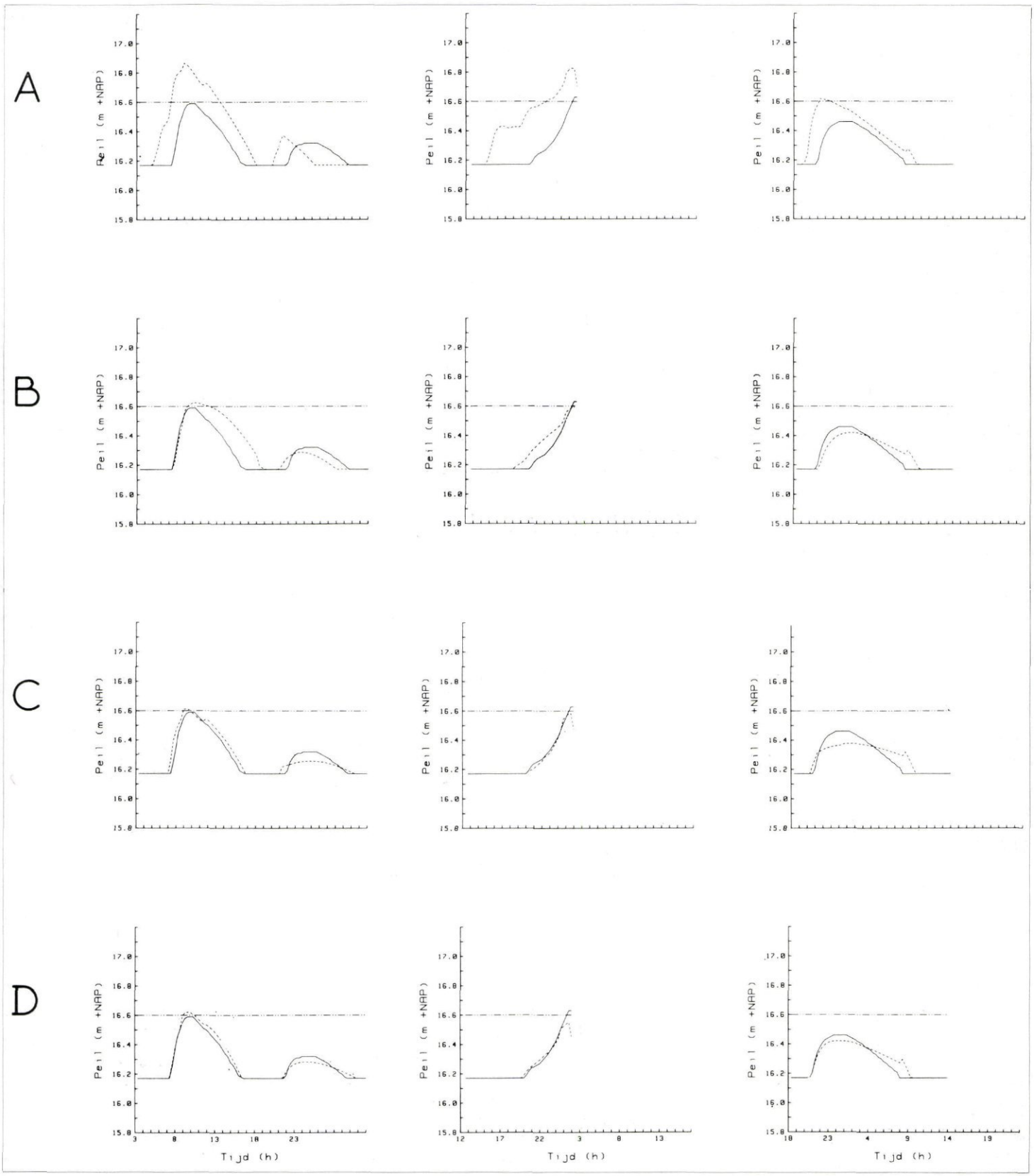
Het is mogelijk een model te formuleren voor het afvoergebeuren van najaarsregens en afvalwater in het gemengde rioleringssysteem van het dorp Neede.

De beste overeenstemming tussen het berekende en het gemeten peil is te bereiken met een model waarin de afvoer boven- en ondergronds beide in rekening zijn gebracht (model D). Dit geldt ook voor de parameter van het verharde oppervlak en de gemeten waarde daarvan.

Om de parameters van dit model voor dit gerioleerde gebied te kunnen schatten is het voldoende te beschikken over registraties van de intensiteit van de neerslag en van de afvoer en de waterhoogte in alle lozingspunten van het stelsel.
De afvoer op droge dagen is van belang om een indruk te verkrijgen van het debiet van de dwa.

Besluit

Wij beschouwen de huidige stand van ons onderzoek als een eerste fase in de ontwikkeling van een 'compleet' model voor het dorp Neede.
Van deze eerste fase is een verantwoording in voorbereiding. Het rapport wordt op aanvraag verstrekt.
Het onderzoek wordt voortgezet naar het bepalen van de modelparameters voor regens in andere jaargetijden dan de herfst.
Het is vervolgens de bedoeling een tijdreeks van waterhoogten in de overstortputten te berekenen uit een tijdreeks van neerslag. Daarmee kan de overstortfrequentie worden geanalyseerd.
Een dergelijke aanpak van het onderzoek stadshydrologie is geschikt voor het ontwikkelen van een model om de vuil-uitworp van rioleringssystemen te berekenen. In het model en het meetprogramma voor



Afb. 3 - Vergelijking van het gemeten peil in de overstortput met de drempelhoogte van 16.60 m N.A.P. voor drie najaarsregens te Neede, met het peil berekend met de 4 modellen: ——— gemeten; ------ berekend.

een concreet gebied moeten dan ook grootheden zijn opgenomen die representatief zijn voor de 'kwaliteit' van het rioolwater.

Het formuleren van een model voor een uitgestrekt gerioleerd gebied, dat uit verschillende deelgebieden bestaat, is wellicht mogelijk door een aantal modellen van het type D te koppelen.

In het bovenstaande is de nadruk gelegd op een zo goed mogelijke weergave van

de werkelijkheid. Wij beschouwen dit niet als doel op zich: een model is een technisch hulpmiddel voor het oplossen van praktische problemen. De nauwkeurigheid waarmee een model een uitkomst moet kunnen leveren is afhankelijk van de aard van het op te lossen probleem.

Tenslotte betuigen wij onze dank aan de gemeente Neede, het Waterschap 'De Schipbeek' en het Zuiveringsschap Oostelijk Gelderland voor hun medewerking aan dit project.
Een uiting van respect voor onze collega Henk Wessels, die het onderzoek met verve en inzicht heeft gestart, maar die door zijn dood deze publicatie niet meer mag meemaken.

Verder werkten mee: een werktuigbouwkundige, een electrotechnicus, een lid van onze meetdienst en enkele stagiaires van de Hogere Bosbouw en Cultuurtechnische School te Velp.

Literatuur

1. Jager, A. W. de. *Hoge afvoeren van enige Nederlandse stroomgebieden.* Proefschrift - 1965. Landbouw Hogeschool - Wageningen.
2. Slijkoord, F. *Gevolgen van de verstedelijking m.b.t. kwantitatieve aspecten van de afwatering.* H_2O (10) 1977, nr. 17, pp. 381-386.
3. Berg, J. A. van den en Ven, G. A. *Kwantitatieve aspecten van de afvoer van regenwater in stedelijke gebieden.* H_2O (10) 1977, nr. 9, pp. 200-204.
4. Kidd, C. H. R. and Helliwell, P. R. *Simulation of the inlet hydrograph for urban catchments.* Journal of Hydrology (35) 1977, pp. 159-172.
5. Zondervan, J. G. *Modelling urban runoff; a quasi-linear approach.* Thesis; 1978. Agricultural University-Wageningen, Netherlands.

● ● ●

(End of page 521)

water: corpuscular or dissolved. The corpuscular bound PAH can be removed by filtration (eventually after coagulation and flocculation).
The dissolved PAH can be removed by adsorption to the sludge in an activated sludge process followed by coal adsorption as a polishing.
Neither chlorination nor ozonisation seem acceptable especially in drinking water treatment due to the formation of noxious PAH-derivates.

● ● ●

Nederland koploper in studie verzilting grondwater

Nederland blijft een belangrijke koploper bij het ontwikkelen van de theoretische grondslagen voor berekeningsmethodieken op het gebied van zoet en zout water. Dat bleek o.m. tijdens een van 14-17 september jl. te Uppsala (Zweden) gehouden vergadering over de verzilting van grondwater. Vijf Nederlandse inleiders gaven daar de theoretische vorderingen weer bij deze berekeningsmethodieken. Drie daarvan waren van een aard die als vernieuwend kan worden gekenschetst, de andere twee gaven uitbreiding c.q. verfijning aan bekende analytische methoden. Zowel van de TH Delft, het Laboratorium voor Grondmechanica als van KIWA en RID komen deze impulsen. In de nabespreking kwam duidelijk naar voren, dat van de waterleidingbedrijven o.a. mag worden verwacht, dat deze de praktische follow-up zullen geven.

Overigens, zo stelde prof. dr. ir. J. C. van Dam tenslotte vast, is het de vraag of men eindeloos moet doorgaan met het ontwikkelen van mathematische modellen. Een critische toon in de discussies moet er voor zorgen dat het toepasbare modellen blijven. Het heeft weinig zin verfijnd te rekenen indien de basisgegevens, in casu bodemconstanten, slechts zeer globaal bekend zijn. Een gevoeligheidsanalyse is dan ook op zijn plaats. Anderzijds zijn elementaire verschijnselen als diffusie en dispersie nog moeilijk theoretisch te benaderen. Op dit gebied zou de aandacht zich in het bijzonder moeten richten.

Evenals twee jaar geleden kwam ook nu weer naar voren dat sommige landen intensief onderzoek doen naar de invloed die ondergrondse opslag van kernafval op grondwater kan hebben. Zowel Duitsland als Zweden bleken hiermee bezig te zijn. Deze activiteit heeft een duidelijk stimulerende invloed op geologische en hydrologische onderzoekingen in deze landen.

Traditioneel was het aantal Nederlandse bijdragen groot, namelijk 9 van de totaal 22. De Zweden leverden 8 lezingen, uit 5 andere landen kwam één voordracht. Er waren vier rubrieken. In de beschrijvende bijdragen kwam er één van de 9 voor Nederlandse rekening, bij veldwerk-rubriek was er één Nederlandse bijdrage op de totaal 4. In de rubriek (mathematische) modellen bracht de Nederlandse delegatie 6 van de 8 voordrachten in, de andere kwamen van België en Duitsland. In de rubriek toepassingen van modellen was de enige bijdrage van Nederland.
Het betrof hier het met behulp van een persput verdrijven van zout water op een diepte van 120 m onder de duinwaterwinplaats van Gemeentewaterleidingen nabij Vogelenzang. In de slotzitting werd door verschillende sprekers de aandacht gevestigd op de noodzaak om de theoretische kennis beter toepasbaar te maken voor de praktijk. Daarvoor zijn proeven op praktijkschaal maar ook in laboratoria nodig om de noodzakelijke toetsing te verkrijgen.

Het congres werd georganiseerd door de Zweedse geologische dienst (SGU) in een uiterst modern gebouw in de oude universiteitsstad Uppsala. Uit excursies en discussies met de Zweden bleek dat hier een goed wetenschappelijk klimaat heerst waar vele soorten bezigheden nationaal goed worden gecoördineerd. De Zweedse gastheren hebben eer ingelegd met de wijze waarop de gasten werden ontvangen, zowel in wetenschappelijk als sociaal opzicht.

Ing. R. A. Schuurmans, GW A'dam.

● ● ●