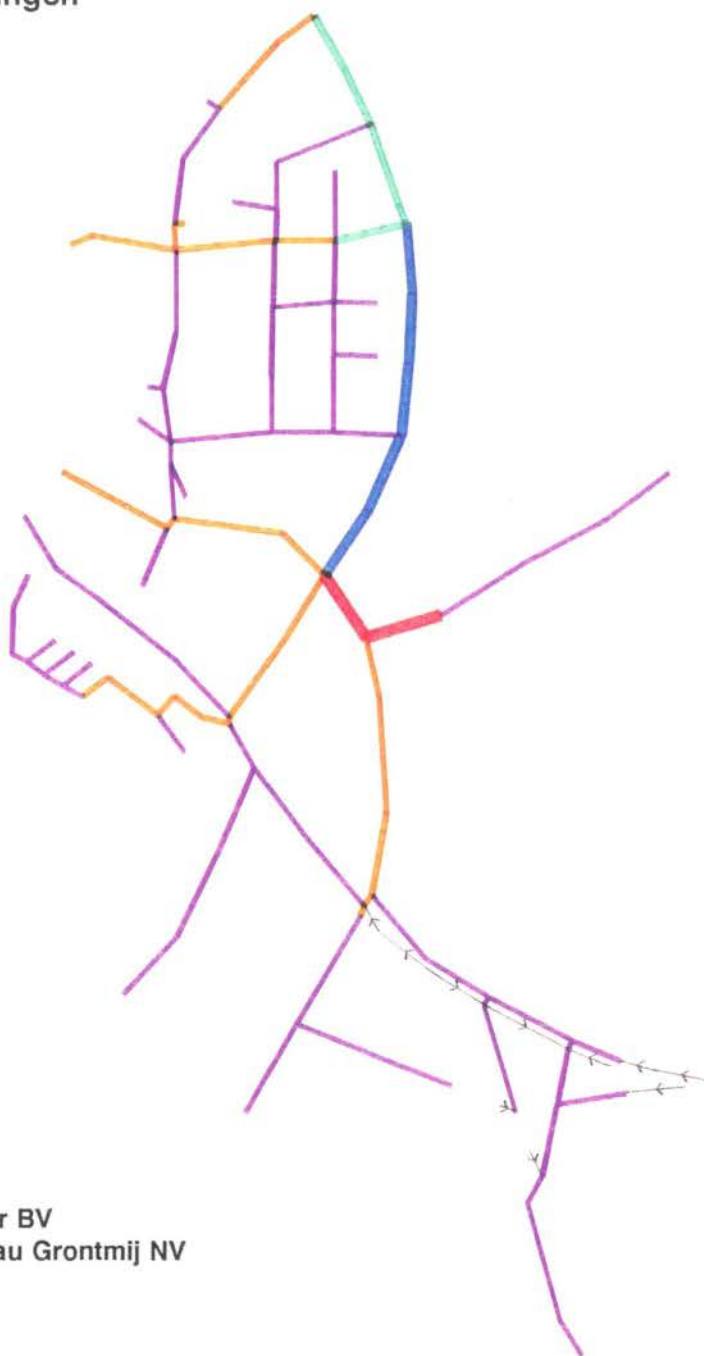


Stichting RIONED

Richtlijnen Rioleringsberekeningen

Onderzoek Loenen (fase 1)
Berekeningen en metingen



DHV Milieu & Infrastructuur BV
Advies- en Ingenieursbureau Grontmij NV

maart 1992

RICHTLIJNEN RIOLERINGSBEREKENINGEN

ONDERZOEK LOENEN (fase 1)

BEREKENINGEN EN METINGEN

Platform Buitenriolering Nederland
Stichting Rioned
Project Standaardberekeningen Rioolstelsels - SR2

DHV/Grontmij
Maart 1992

INHOUDSOPGAVE		BLZ.
1	INLEIDING	1
2	GEGEVENS	3
	2.1 Beschrijving gebied Loenen	3
	2.2 Rioolstelsel Loenen	3
	2.3 Metingen Loenen	4
3	REKENMETHODEN EN -PROGRAMMA'S	7
	3.1 Rekenmethoden	7
	3.2 Rekenprogramma's	8
	3.3 Gevolgde werkwijze	9
4	DETAIL-BEREKENINGEN PER GEBEURTENIS	10
	4.1 Keuze neerslaggebeurtenissen	10
	4.2 Keuze gevarieerde parameters	11
	4.3 Resultaten berekeningen standaard inloophydrogram "BEEK"	12
	4.4 Resultaten berekeningen met neerslaggebeurtenissen Loenen	14
	4.5 Vergelijking rekenprogramma's EXTRAN en CYCLONE	15
	4.6 Vergelijking berekeningen en metingen	15
5	CONTINUE SIMULATIES NEERSLAGGREEKS LOENEN 1981-1984	18
	5.1 Neerslagreeks Loenen 1981-84	18
	5.2 Meetgegevens overstortingen	19
	5.3 Controle schematisering NIVO/GM	19
	5.4 Resultaten berekeningen continue simulaties	20
6	CONCLUSIES	23
	LITERATUUR	24

BIJLAGEN

- 1 GRAFISCHE WEERGAVE RIOOLSTELSEL LOENEN
- 2 GEGEVENSBESTAND RIOOLSTELSEL LOENEN
- 3 KORTE BESCHRIJVING REKENPROGRAMMA'S
- 4 RESULTATEN DETAIL-BEREKENINGEN - METINGEN
 - 4A Standaard inloophydrogram 'BEEK'
 - 4B Loenen 24 (830602)
 - 4C Loenen 25 (830608)
 - 4D Loenen 26 (830624)
 - 4E Loenen 53 (841025)
- 5 OVERZICHT KENTALLEN MEETGEGEVENS LOENEN 1981-84
- 6 RESULTATEN CONTINUE SIMULATIES NEERSLAGREEKS LOENEN

1 INLEIDING

- algemeen
- werkwijze
- indeling rapport

De Stichting Rioned heeft op 15 oktober 1991 opdracht verleend aan DHV Milieu & Infrastructuur BV en Advies- en Ingenieursbureau Grontmij NV voor de eerste fase van het door de Stichting geïnitieerde project "Standaardberekeningen Rioolstelsels", SR91/04.

Het doel van het project "Standaardberekeningen Rioolstelsels" is te komen tot richtlijnen, volgens welke rioolstelsels berekend dienen te worden. Het totale project valt uiteen in een drietal onderdelen, te weten:

- SR1 Databestanden van het STORA/NWRW-onderzoek naar vuilemissie uit rioolstelsels
- SR2 Richtlijnen Rioleringsberekeningen
- SR3 Vuiluitworpmodel voor gemengde rioolstelsels

Gezien de omvang van het project onderdeel SR2, is gekozen voor een opsplitsing in meerdere fasen. Dit rapport is de neerslag van de eerste fase van het onderdeel SR2.

In november 1991 is fase 1 gestart als oriënterend onderzoek gericht op de werking en resultaten van de 'state of the art' rioleringsprogramma's van DHV en Grontmij. Het primaire doel van het onderzoek is een vergelijking van de werking en resultaten van de rekenprogramma's onderling. Daarnaast zijn de berekeningsresultaten vergeleken met de STORA/NWRW-meetgegevens.

In de eerste fase is gekozen voor het meetgebied LOENEN, dat in de periode juni 1981 t/m december 1984 is bemeten. Een van de redenen voor deze keuze is de beschikbaarheid van de gegevens uit deelproject SR1. In fase 1 is de aandacht in hoofdzaak gericht op het verloop van het overstortingsdebiet als functie van de tijd. Dit, omdat veel hogere en strengere eisen gesteld zullen gaan worden aan het functioneren van overstorten. Ook heeft de keuze berekeningsresultaten te kunnen vergelijken met meetresultaten geleid tot het gebruik van niet-stationaire programmatuur in deze fase.

Werkwijze

Het project is gestart met de overdracht van rioleringsgegevens. Dit heeft geleid tot afspraken over een uitwisselingsformaat.

Er zijn twee soorten rioleringsberekeningen uitgevoerd. Als eerste zijn met niet-stationaire hydraulische rekenprogramma's, waarin rioleringsgegevens zeer gedetailleerd worden ingevoerd, berekeningen uitgevoerd met een 5-tal neerslaggebeurtenissen. Daarnaast zijn continue simulaties uitgevoerd met een meerjarige neerslagreeks en een sterk geschematiseerd rekenmodel. Daartoe is de neerslagreeks LOENEN 81-84 samengesteld, afgeleid uit de meetgegevens zoals die zijn geproduceerd in het project SR1 (Lit 2). De berekeningsresultaten van de rekenprogramma's zijn eerst onderling vergeleken en vervolgens is een vergelijking met de meetgegevens uitgevoerd.

Indeling rapport

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de beschikbare en gebruikte gegevens. Hoofdstuk 3 geeft naast een overzicht van de rekenmethodes, een korte beschrijving van de rekenprogramma's. In de hoofdstukken 4 en 5 worden resp. de resultaten geanalyseerd van de detail-berekeningen per gebeurtenis en de continue simulaties met de neerslagreeks. Besloten wordt met hoofdstuk 6 conclusies.

Het project wordt begeleid door een stuurgroep vanuit de opdrachtgever, bestaande uit de volgende personen:

<i>ir. A.H. Dirkzwager (voorzitter)</i>	<i>DBW/RIZA Lelystad</i>
<i>ing. G.B. Lemmen (secretaris)</i>	<i>DBW/RIZA Lelystad</i>
<i>ing. P.P. van Berkum</i>	<i>Sector stadsontw. Apeldoorn</i>
<i>ir. G. Martijnse</i>	<i>VROM</i>
<i>ir. J.H.A. van Walraven</i>	<i>Hoogheemraadschap Rijnland</i>
<i>ir. J. Weenink</i>	<i>Dienst Riolering en Waterhuishouding Amsterdam</i>
<i>Prof. ir. J.B.M. Wiggers</i>	<i>TU Delft</i>
<i>Dr.ir. P.J. Huiswaard</i>	<i>ONRI</i>

Daarnaast is een klankbordgroep geformeerd van belanghebbenden, welke de rapportage zal becommentariëren en deze bestaat uit de volgende personen:

<i>ing. P.W. van der Linden</i>	<i>Adviesbureau BKH</i>
<i>ir. A.H. de Vries</i>	<i>Haskoning</i>
<i>ir. L. Vos</i>	<i>Heidemij adviesbureau</i>
<i>ir. D. Vat</i>	<i>Ingenieursbureau Oranjewoud</i>
<i>ir. C.M. Sluis</i>	<i>Witteveen + Bos</i>

Samenstelling projectteam:

<i>ir. J.G. Voorhoeve (projectleider)</i>	<i>DHV</i>
<i>ir. W.J.P. Worst</i>	<i>Grontmij</i>
<i>ir. H.S.J. van Wieringen</i>	<i>DHV</i>
<i>ir. H. van Luijtelaar</i>	<i>Grontmij</i>
<i>ir. H.J. van Mameren</i>	<i>DHV</i>
<i>ir. P.P.G. Ganzevles</i>	<i>Grontmij</i>

2 GEGEVENS

- beschrijving gebied Loenen
- rioolstelsel Loenen
- metingen Loenen

2.1 Beschrijving gebied Loenen

Voor de verrichte berekeningen is uitgegaan van het rioolstelsel van Loenen ten tijde van de meetperiode van het STORA 38B/NWRW-onderzoek vuilemissie (juni 1981-januari 1985).

Loenen is een kern van de gemeente Apeldoorn op ongeveer 10 kilometer afstand van Apeldoorn. Het gebied heeft een landelijk, agrarisch karakter en is gelegen in een mooie omgeving. De ligging op de Veluwe maakt dat het rioolstelsel gekarakteriseerd kan worden als licht hellend, met maaiveldhoogten variërend tussen 18 en 27 m+NAP over een afstand van enkele kilometers.

2.2 Rioolstelsel Loenen

Alle berekeningen zijn gebaseerd op een schematische weergave van het rioolstelsel zoals is vastgelegd door DHV in de genoemde meetperiode. Een grafische weergave van dit stelsel is opgenomen in bijlage 1. Het numerieke gegevensbestand is opgenomen in bijlage 2.

Tabel 2.1 Algemene gegevens Loenen

Totaal oppervlak	[ha]	56,5
Totaal verhard oppervlak	[ha]	15,8
Aantal woningen 1981-1985		662-668
Aantal inwoners		2050
Totale lengte riolering	[m]	9157
Onderdrempel berging bij 18.00 m+NAP	[m3]	834
	[mm]	5,3
Kleinste diameter	[m]	0,2
Grootste diameter	[m]	1,25
Pompoevercapaciteit, variabel tussen:	[m3/uur]	155-125

Deze beschrijving is een enigszins vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid. Het verhard oppervlak is aangegeven als verharde breedte op de strengen en als extra verhard oppervlak op de knopen. De grafische weergave van het verhard oppervlak is eveneens opgenomen in bijlage 1.

Veldverkenning

Tijdens een recente veldverkenning (december 1991) is een schatting gemaakt van de dimensies van de pompkelder van het vijzelgemaal naar de RWZI te Loenen. Tevens is een aanname gedaan voor de grootte van

de overstortput. Uit de veldverkenning is tevens gebleken dat door een persleiding uit het buurtschap Veldhuizen wordt geloosd voor het rioolgemaal naar de zuivering Loenen. Gebleken is dat in het genoemde DHV-bestand circa 50 % van de putten ontbreekt, dit zijn de zogenaamde tussenputten.

Gegevens afvoerend oppervlak LU Wageningen

Door de LU Wageningen is eind jaren '80 een inventarisatie gemaakt van het afvoerend oppervlak (Lit 6). Een van de meest essentiële conclusies is dat het afvoerend oppervlak in Loenen in werkelijkheid 5 à 10% groter lijkt te zijn dan in 1981 is opgenomen ten behoeve van de NWRW-metingen.

Uit de globale inventarisatie van de beschikbare gegevens blijkt dat voor een zo nauwkeurige mogelijke beschrijving van het rioolstelsel, aanvullende uitwerking is gewenst van gegevens zoals het afvoerend oppervlak, tussenputten, pompregimes, extra inlaten, dwa-stromen etc.

2.3 Metingen Loenen

In de periode juni 1981 t/m 1984 zijn Loenen metingen verricht in het kader van het STORA 38B/ NWRW onderzoek (Lit 2). Er zijn twee soorten metingen verricht:

- continue registratie van neerslag,
- waterstand in de overstortput.

De neerslag is continu gemeten met behulp van de NWRW regenmeter (Lit 5). In de meetperiode is ruim 2700 mm neerslag gemeten. De overstortingen zijn geregistreerd op basis van de waterstand in de overstortput.

De overstortdrempel is uitgevoerd als een meetoverlaat (Rehbockstuw). Het overstortingsdebiet is berekend met de afvoerformule:

$$Q = 1,86 \cdot b \cdot h^{1,5}$$

waarin

Q =	overstortingsdebiet in m ³ /s
b =	breedte overstortdrempel in m
h =	waterhoogte boven de overstortdrempel in m

Totaal zijn er 55 overstortingen geregistreerd met een volume van circa 400 mm en een bruto overstortingsduur van circa 175 uur. Onder de bruto overstortingsduur wordt de totale duur van een overstorting verstaan, inclusief tussenliggende periodes waarin geen overstorting plaatsvindt.

In bijlage 5 is een overzicht gegeven van een aantal kentallen van de meetgegevens van Loenen. In tabel 2.2 is een overzicht gegeven van de gemeten jaarhoeveelheden neerslag en overstortende hoeveelheden.

NB: In de berekeningen is uitgegaan van een overlaat factor van 1,75 in plaats van 1,86. Toen de uiteindelijke factor bekend werd, waren de berekeningen in een dermate vergevorderd stadium dat verder gewerkt is met deze waarden. Dit introduceert een geringe afwijking voor de berekening van het debiet ($\pm 5\%$) ten opzichte van de meetwaarden.

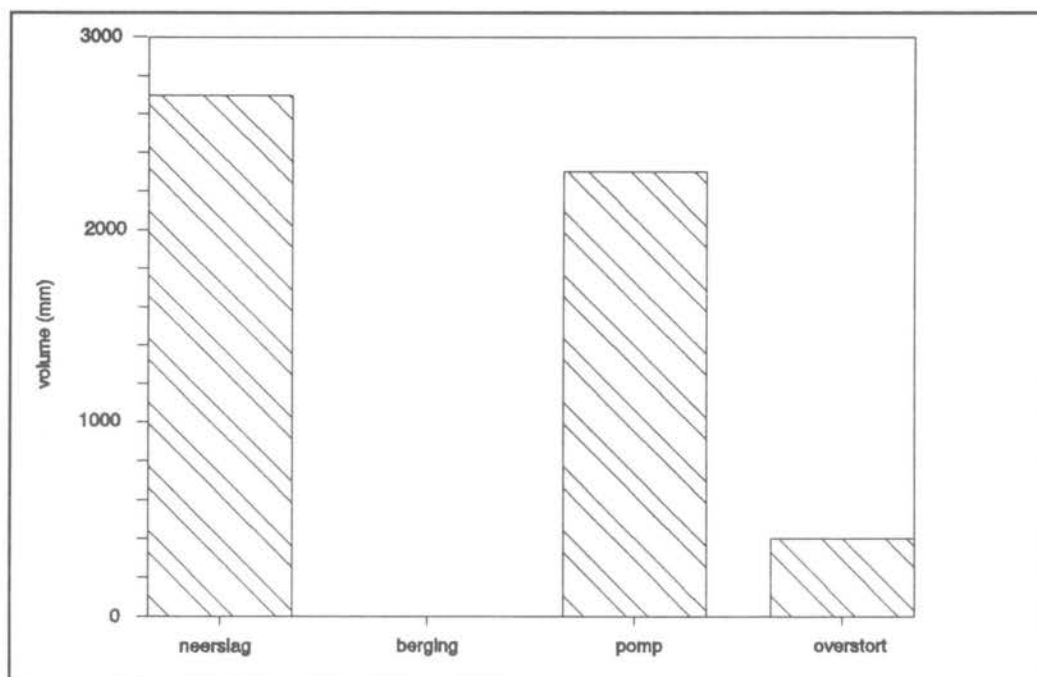
Tabel 2.2 Jaarhoeveelheden neerslag en overstortingen

jaar [-]	neerslag		overstortingen		
	volume [mm]	duur [uur]	volume [mm]	duur [uur]	aantal [-]
81*	407,5	527	35,8	21	7
82	508,2	658	18,7	13	9
83	860,5	840	151,7	71	17
84	924,1	1075	193,2	71	22

(* in 1981 meting vanaf juni)

De uren zijn aangegeven in afgeronde uren. Voor zowel neerslag als overstorting gaat het om een bruto duur.

In figuur 2.1 is de waterbalans van het rioolstelsel gedurende de meetperiode aangegeven.



Figuur 2.1 Waterbalans rioolstelsel Loenen
Meetperiode 1981-1984

In figuur 2.1 zijn aangegeven:

- de gemeten hoeveelheid neerslag (gemeten),
- het aanwezige volume in het rioolstelsel aan het einde van de beschouwde periode (berging), (= 0)
- het volume dat is afgevoerd via de pomp(en) naar de zuivering, (berekend)
- het volume dat is geloosd via de overstort, (gemeten)

Uit deze figuur blijkt vooral dat circa 85 % van de neerslagbelasting is afgevoerd via de pompen en dat de resterende 15 % is geloosd via de overstort.

Opmerking: De meetgegevens in tabel 2.1, figuur 2.1 en bijlage 5 zijn gebaseerd op het NWRWLOEN.REG gegevensbestand (versie januari 1992) van het STORA/NWRW onderzoek (Lit 2).

3 REKENMETHODEN EN -PROGRAMMA'S

- rekenmethoden
- rekenprogramma's
- gevolgde werkwijze

3.1 Rekenmethoden

In dit onderzoek is gekozen voor niet-stationaire berekeningen om de resultaten van de berekeningen zo gedetailleerd mogelijk te kunnen vergelijken met de meetgegevens. Niet-stationaire berekeningen geven een completer beeld van het hydraulisch functioneren van een rioolstelsel dan stationaire stromingsberekeningen, omdat rekening wordt gehouden met effecten zoals vulling van de berging en afvoer vertraging.

Bij niet-stationaire rioleringsberekeningen kan onderscheid worden gemaakt in twee type rekenmethoden:

- detail-berekening per gebeurtenis (type I)
- continue simulatie met neerslagreeks (type II)

In een detail-berekening (type I) worden de gegevens van een rioolstelsel zeer gedetailleerd ingevoerd, op het niveau van putten en strengen (knopen en takken). Het resultaat van dit type berekening is vooral gericht op de afvoercapaciteit van het rioolstelsel. Tevens kan het tijdsafhankelijke functioneren van het rioolstelsel worden geanalyseerd. Voorbeelden hiervan zijn:

- de werking van de overlaten in relatie tot de vulling van het rioolstelsel; overlaten kunnen door plaatselijke opstuwingsen gaan werken voordat de berging van het rioolstelsel volledig benut is;
- de duur en omvang van 'water op straat';
- het inslagtijdstip van het gemaal; zo bleek in de eerste proefberekening van Loenen dat de overlaat gelijktijdig gaat werken met het gemaal. Dit heeft een ongunstig effect op de overstortingsfrequentie.

Voor continue simulaties (type II) wordt uitgegaan van een sterk geschematiseerd (vereenvoudigd) rioleringsmodel belast door een meerjarige neerslagreeks. Het doel van continue simulaties is de werking van het rioolstelsel over een meerjarige periode te kunnen analyseren. Effecten die in een continue simulatie kunnen worden meegenomen zijn bijvoorbeeld:

- de vulling van het rioolstelsel aan het begin van een bui als gevolg van korte opeenvolging van buien,
- het bepalen van gedateerde overstortingsfrequenties en hoeveelheden per periode en seizoen, waardoor het mogelijk is om vast te stellen of een overstortingsfrequentie van 10x per jaar verdeeld is over 12 maanden of over 2 weken,
- seizoeneffecten, zoals de afname en herstel van infiltratiecapaciteit in open verharding en eventueel of de oppervlakte berging in de zomer beschikbaar is en in de winter niet.

De resultaten van continue simulaties kunnen worden gebruikt om maatgevende gebeurtenissen uit een reeks te filteren, waarmee de detailberekeningen met het knooptak model gevoed kunnen worden. Dit laatste is niet gebeurd in deze fase. Daarnaast kunnen frequentieverdelingen van overstortingskentallen worden berekend zoals maatgevende debieten, overstortingshoeveelheden, overstortingsduren etc.

In dit onderzoek worden beide typen rekenmodellen gebruikt. In de volgende paragraaf worden de gebruikte programma's kort gekarakteriseerd, in bijlage 3 zijn korte beschrijvingen opgenomen.

3.2 Rekenprogramma's

In dit onderzoek zijn 4 rekenprogramma's gebruikt:

-Detail-berekening per gebeurtenis (type I)

- * CYCLONE (impliciet rekenmodel)
- * EXTRAN/GM (expliciet rekenmodel)

-Continue simulatie neerslagreeks (type II)

- * GENIZSIS (enkel-baksmodel)
- * NIVO/GM (dynamisch meer-bakken model)

CYCLONE rekent volgens een impliciet rekenschema en EXTRAN/GM volgens een expliciet rekenschema. Bij CYCLONE worden waterstanden en debieten in dezelfde tijdstap berekend. In EXTRAN/GM worden waterstanden en debieten afwisselend per halve tijdstap berekend. Een ander verschil tussen beide rekenprogramma's is dat in CYCLONE de wrijvingsweerstand in gesloten leidingen standaard wordt berekend volgens CHEZY, terwijl in EXTRAN/GM in standaard mode de MANNING-formule wordt gehanteerd.

GENIZSIS is een enkel-baksmodel waarin het rioolstelsel wordt geschematiseerd tot één enkele bak met een bepaalde (onderdrempel) berging en een pompovercapaciteit. Het voornaamste verschil van dit model met het standaard enkel-baksmodel is de aftopping van de inloop van de bak tot de maximale afvoercapaciteit van het stelsel. Deze afvoercapaciteit is eerst met een gedetailleerd model bepaald.

NIVO/GM is een dynamisch meer-bakken model waarin het rioolstelsel wordt geschematiseerd tot een samenstel van 'bakken' en 'transportrelaties' voor karakteristieke hydraulische elementen, zoals pompen, overlaten en debietregulerende stuwopeningen (doorlaten). Het belangrijkste kenmerk van NIVO/GM is dat de hydraulische eigenschappen worden bepaald uit berekeningen met een gedetailleerd hydraulisch rekenmodel, zoals EXTRAN/GM.

INLOOPMODEL

De rekenprogramma's EXTRAN/GM en NIVO/GM maken gebruik van het inloopmodel, zoals dit in het kader van het NWRW 4.3 (Lit 5) onderzoek uitgewerkt is. In dit inloopmodel kan gerekend worden met processen zoals oppervlakteberging, verdamping, infiltratie en afstromingsvertraging.

In CYCLONE is een soortgelijk inloopmodel geïntegreerd opgenomen. Het grootste onderscheid ten opzichte van de NWRW 4.3 benadering is dat de afstromingsvertraging per knoop wordt uitgerekend (bijlage 3A).

3.3 Gevolgde werkwijze

In de navolgende twee hoofdstukken zijn de resultaten opgenomen van de detailberekeningen en de continue simulatie met een neerslagreeks. Deze berekeningen zijn niet onafhankelijk van elkaar uitgevoerd. Om die reden wordt hier een overzicht gegeven van de gevolgde werkwijze.

- 1 proefberekening met inloophydrogram "BEEK"
- 2 berekening met inloophydrogram "BEEK" na afstemming uitgangspunten voor verdere berekeningen (wandruwheid, extra berging e.d.)
- 3 detailberekeningen met de buien 24, 25, 26 en 53 met gemeten afvloeiingscoëfficiënt en met afvloeiingscoëfficiënt 1.0.
- 4 vergelijken van de resultaten onderling en met meetgegevens.
- 5 detailberekeningen met buien 24, 25, 26 en 53 gebruikmakend van een inloopmodel met verschillende instellingen.
- 6 continue simulaties met een neerslagreeks, waarbij een gevoeligheidsanalyse wordt uitgevoerd.
- 7 detailberekeningen met buien 24, 25, 26 en 53, waarbij de instellingen van de inloopmodellen worden overgenomen uit de gevoeligheidsanalyse (6)
- 8 detailberekeningen met bui 53 waarbij effecten van in- en uitstroomverliezen, extra tussenputten en pomputval worden bekeken.

4 DETAIL-BEREKENINGEN PER GEBEURTENIS

- keuze neerslaggebeurtenissen
- keuze gevarieerde parameters
- resultaten berekeningen standaard inloophydrogram "BEEK"
- resultaten berekeningen met neerslaggebeurtenissen Loenen
- vergelijking rekenprogramma's EXTRAN en CYCLONE
- vergelijking berekeningen en metingen

4.1 Keuze neerslaggebeurtenissen

Voor de berekeningen is zowel gebruik gemaakt van het standaard inloophydrogram "BEEK" (Lit 1) als van gemeten regenbuien in Loenen welke tot een overstortingsgebeurtenis hebben geleid.

Inloophydrogram "BEEK"

Het inloophydrogram "BEEK" is afgeleid voor de controle van de afvoercapaciteit van rioolstelsels met een niet-stationaire berekening. Het inloophydrogram is gebaseerd op een analyse van de 15-minuten neerslagreeks BEEK 1955-1979. Enkele kenmerken van het inloophydrogram zijn de piekintensiteit van 90 l/(s.ha) gedurende 15 minuten, de hoeveelheid voorafgaand aan de piek van 3,6 mm en de totale hoeveelheid van 18,9 mm met een totale inloopduur van 1 uur. Zowel de piekintensiteit gedurende 15 minuten als de hoeveelheid voorafgaand aan de piek en de totale inloophoeveelheid hebben een overschrijdingskans van 1 keer per 2 jaar.

Neerslaggebeurtenissen Loenen

Uit de reeks gemeten regenbuien te Loenen is een viertal buien geselecteerd op grond van maximale regenintensiteit, afvloeiingscoëfficiënt en neerslagduur. In onderstaande tabel zijn enkele karakteristieken opgenomen, voor een volledig overzicht zie lit. 2.

Tabel 4.1: Gegevens gebruikte regenbuien (Bron: Lit. 2)

num	afv	hoev	duur	netto	poc	15 min	30 min
[-]	[-]	[mm]	[min]	[min]	[m3/h]	[.1 mm]	[.1 mm]
24	0.75	8.6	120	60	135	44	60
25	0.83	20.8	300	253	148	41	54
26	0.50	14.6	90	55	133	62	123
53	1.65	26.7	300	188	137	88	138

afv = afvloeiingscoëfficiënt

hoev = totale gemeten neerslaghoeveelheid

duur = totale duur berekening

netto = netto overstortingsduur

poc = gemiddelde pompovercapaciteit tijdens overstorting

15 min = maximale neerslag in 15 minuten

30 min = maximale neerslag in 30 minuten

Opmerking: De afvloeiingscoëfficiënt, zoals is afgeleid voor de overstortingsgebeurtenissen in Loenen, is een factor om de waterbalans per gebeurtenis sluitend te maken.

Deze gebeurtenissen zijn gekozen op basis van de volgende kenmerken:

- neerslagduur (24 en 26 kort, 25 en 53 langer, geen extreem lange gebeurtenis),
- afvloeiingscoëfficiënt (groter en kleiner dan 1),
- extreme piekbelastingen (26 en 53).

Er zijn geen extreem lange gebeurtenissen gekozen, omdat deze uit dynamisch oogpunt vaak minder interessant zijn en bovendien relatief lange rekentijden vergen.

4.2 Keuze gevarieerde parameters

De navolgende parameters zijn gevarieerd:

- volume pompkelder
- inslagpeil pomp
- afvloeiingscoëfficiënt
- inloopmodel (oppervlakteberging en afstromingsvertraging)
- aantal putten en strengen
- in- en uitstroom verliezen
- pompuitval

Volume pompkelder en inslagpeil pomp

Het bergend oppervlak van de pompkelder is in eerste instantie geschat op 30 m². Deze schatting is gebaseerd op een kelder met 1 pomp en een bepaald in- en uitslagpeil, waarbij deze pomp niet mag gaan pendelen. Gezien het effect hiervan op de resultaten is na inspectie ter plaatse dit verkleind tot 7 m². Het inslagpeil van de pomp is in de EXTRAN berekeningen gewijzigd van 15.44 m+NAP naar 15.50 m+NAP.

Afvloeiingscoëfficiënt

Tijdens de berekening is zowel gerekend met een waarde 1.0 als de uit de metingen afgeleide waarde, zie hiervoor ook tabel 4.1.

Inloopmodel

Zowel bij CYCLONE als EXTRAN/GM is gerekend met en zonder inloopmodel.

Aantal putten en strengen

Het aantal putten en strengen is gevarieerd door elke streng langer dan 60 m in twee delen te splitsen en elke streng langer dan 110 m in drie gelijke delen.

In- en uitstroom verliezen

De weerstand van in- en uitstroomverliezen is in een enkel speciaal geval meegenomen om het effect ervan te bezien. Als eerste benadering is in elke put dezelfde weerstand opgenomen.

Pompuitval

In één specifieke berekening is een situatie van pompuitval gesimuleerd door de pompovercapaciteit gedurende de gehele berekening gelijk aan nul te stellen.

4.3 Resultaten berekeningen standaard inloophydrogram "BEEK"

In eerste instantie is een beperkt aantal berekeningen uitgevoerd met het standaard inloophydrogram "BEEK" (Lit 1). Deze berekeningen zijn in de aanloop van het project uitgevoerd, vooral om de eerste resultaten van rekenprogramma's (CYCLONE en EXTRAN/GM) te vergelijken.

De uitgangspunten voor deze berekeningen zijn:

- geen nadere afspraken gemaakt;
- 1 afstemming wandruwheid, afvoercoëfficiënt overlaat bergend oppervlak kelder 30 m², inslagpeil vijzel 15.44 m+NAP;
- 2 na veldverkenning aanpassing kentallen gemaal: bergend oppervlak kelder 7 m², inslagpeil vijzel 15.50 m+NAP; afstemming afmetingen overstortput en grotere putten.

De grafische weergave van berekeningsresultaten is opgenomen in bijlage 4A. Per pagina zijn meetgegevens en berekeningsresultaten van beide programma's afgebeeld, voor zowel het verloop van de waterstand in de overstortput als het verloop van het overstortingsdebiet. Alleen voor de resultaten berekend met inloophydrogram "BEEK" zijn tevens het pompdebiet en de waterstand in de pompkelder aangegeven.

Proefberekening

Uit de vergelijking van de berekeningsresultaten op basis van standaardinstellingen van de afzonderlijke programma's bleek al een redelijke goede overeenkomst tussen de resultaten van beide rekenprogramma's. Door verschil in interpretatie van gegevens bleken er echter nog kleine verschillen in de bestanden te zitten. Dit toonde nog eens de noodzaak aan om afspraken te maken over een uitwisselingsformaat van gegevens voor rioleringsberekeningen.

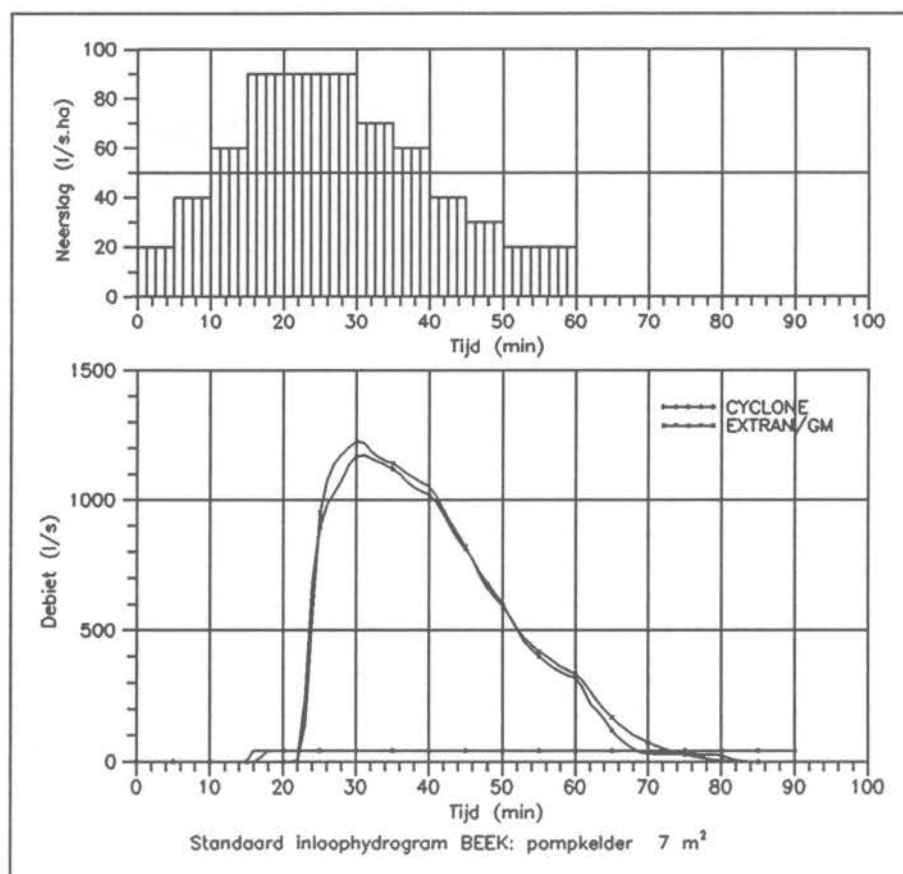
Berekening 1 (code LA0)

Vanaf berekening 1 zijn afspraken gemaakt over bepaalde instellingen in de rekenprogramma's:

- wandruwheid	:	2	mm
- afvoerfactor overlaat	:	1,75	
- bergend oppervlak pompkelder	:	30	m ²
- inslagpeil vijzelgemaal	:	15,44	m+NAP
- bodemniveau pompkelder	:	14,44	m+NAP

De resultaten van beide programma's zijn goed vergelijkbaar; zie bijlage 4A, berekening 1.

De invloed van de kelderinhoud van het gemaal op de resultaten is echter groot. Door de als knijprioel functionerende leiding tussen overstortput en gemaal, stuwt het water bij hevige neerslag zo snel op dat de overstort reeds in werking is voordat de pomp gestart is. De pompkelder kan niet snel genoeg gevuld worden. Door het bodemniveau van de kelder in de berekeningen aan te passen aan de werkelijkheid, tesamen met het verkleinen van de inhoud (bergend oppervlak) wordt de hoeveelheid water die toe moet stromen voordat het gemaal inslaat gereduceerd van 30 m³ tot 5 m³.



Figuur 4.1: Resultaten berekening 2

Berekening 2 (code LA1)

Naar aanleiding van een veldverkenning in Loenen zijn de afmetingen van de grotere controleputten (o.a. overstortput), het bergend oppervlak van de pompkelder en het inslagpeil van de pomp aangepast.

- bergend oppervlak overstortput	:	4	m ²
- bergend oppervlak pompkelder	:	7	m ²
- inslagpeil vijzelgemaal	:	15,50	m+NAP
- bodemniveau pompkelder	:	14,84	m+NAP

Het resultaat van deze aanpassingen is dat het gemaal sneller aanslaat dan in berekening 1. De resultaten van de CYCLONE en EXTRAN berekeningen zijn opmerkelijk goed vergelijkbaar, zie bijlage 4A berekening 2 en figuur 4.1.

In de CYCLONE-berekeningen zijn het inslagpeil van het vijzelgemaal en het bodemniveau van de pompkelder niet aangepast en zijn in alle berekeningen voor deze parameters de respectievelijke waarden 15.44 en 14.44 m+NAP gehanteerd. Blijkbaar beïnvloedt de grootte van de kelder de berekening meer dan het inslagpeil van de pomp.

4.4 Resultaten berekeningen met neerslaggebeurtenissen Loenen

Om enig inzicht te krijgen in hoe de simulaties van werkelijk gevallen buien overeenstemmen met de meetgegevens zijn een aantal berekeningen uitgevoerd. Hiervoor zijn de overstortingsgebeurtenissen 24, 25, 26 en 53 gekozen. In tabel 4.1 zijn enkele specifieke eigenschappen van de buien opgenomen.

Ter vergelijking van de rekenprogramma's EXTRAN/GM en CYCLONE zijn berekeningen uitgevoerd met afv.coef.= 1 en met de waarde zoals afgeleid uit de metingen. Het doel van deze berekeningen is primair om de werking van de rekenprogramma's onder invloed van verschillende belastingen te vergelijken. Tevens zijn vergelijkingen gemaakt met de meetgegevens.

Daarnaast zijn per gebeurtenis variant-berekeningen uitgevoerd waarin een beperkt aantal parameters is gevarieerd:

- inloopmodel CYCLONE/NWRW 4.3
- in- en uitstroom verliezen
- extra tussenputten
- pomputval

De laatste drie varianten zijn alleen berekend met LOENEN 53.

Voor deze berekeningen zijn de volgende standaardinstellingen gehanteerd:

- wandruwheid	:	2	mm
- afvoerfactor overlaat	:	1,75	
- bergend oppervlak overstortput	:	4	m2
- bergend oppervlak pompkelder	:	7	m2

De resultaten van de berekeningen zijn gepresenteerd in bijlage 4B t/m 4E. Per pagina is een weergave opgenomen van het neerslagverloop, het berekende en het gemeten waterstandsverloop in de overstortput en het overstortingsdebiet.

4.5 Vergelijking rekenprogramma's EXTRAN en CYCLONE

In tabel 4.2 zijn een aantal kentallen van de berekeningsresultaten opgenomen. Het betreft hier berekeningen met afv.coef. 1.0 (berekeningscode 0) en de gemeten waarde uit de NWRW meetgegevens (Lit 2) (berekeningscode 1).

Tabel 4.2 Overzicht resultaten: kentallen overstortingen.

bui numm.	ber. code	begin tijdstip (min)		overstort volume (m3)		overstort duur (min)		maximum debiet (l/s)	
		----- EXT - CYC		----- EXT - CYC		----- EXT - CYC		----- EXT - CYC	
24	LB0	36	34	299	289	40	43	348	340
24	LB1	-	52	0	5	0	15	0	21
25	LC0	59	58	1742	1686	169	179	696	701
25	LC1	79	77	1211	1160	143	153	572	576
26	LD0	21	21	1286	1213	57	59	1607	1422
26	LD1	36	34	112	86	38	41	112	89
53	LE0	35	35	2931	2845	141	151	1423	1319
53	LE1	32	31	5679	5550	166	163	2264	2099

NB: De berekeningscode in de tabel komt overeen met de code vermeld achter de berekeningen in de bijlagen 4B t/m 4E. De afkorting EXT staat voor EXTRAN/GM en CYC staat voor CYCLONE.

In het algemeen kan worden gesteld dat de uitkomsten een treffende overeenkomst vertonen. Er zijn kleine verschillen doch die zijn marginaal te noemen (maximaal circa 10%).

4.6 Vergelijking berekeningen en metingen

Naast een vergelijking van de uitkomsten van de programma's onderling is een vergelijking uitgevoerd met de meetgegevens.

De berekende waterstanden en debieten lopen "voor" ten opzichte van de metingen. Dit duidt op een vertraging in de afvoer naar de overstort die niet is meegenomen in de berekeningen zonder inloopmodel.

Als eerste is gekeken naar de afvloeiingscoëfficiënt zoals deze per gebeurtenis is afgeleid uit de meetwaarden en de standaardwaarde 1.0. Vervolgens zijn berekeningen uitgevoerd met een inloopmodel waarmee de effecten van oppervlakteberging en afstromingsvertraging zijn geïntroduceerd.

Afvloeiingscoëfficiënt 1.0 versus meetwaarde (berekening 1 en 2)
Het effect van afvloeiingscoëfficiënt 1 ten opzichte van de afgeleide waarde uit de metingen geeft een wisselend beeld te zien.
Bij gebeurtenis 24 en 25 zijn de resultaten met de meetwaarden (afvloeiingscoëfficiënt 0.75 en 0.85) beter dan met afvloeiingscoëfficiënt 1.0. Bij de gebeurtenissen 26 en 53 (afvloeiingscoëfficiënt 0.5 en 1.65) is dit effect juist omgekeerd. De waarde 1.0 geeft hier een beter tot veel beter resultaat dan de meetwaarde. Dit is vooral waarneembaar bij het waterstandsverloop. Blijkbaar zijn de extreme waarden die opgegeven zijn als afvloeiingscoëfficiënt te extreem en moet het tekort of het overschot aan overstortwater een andere oorzaak hebben.

Inloopmodel - variant 1 (berekening 3)
Er is gerekend met twee verschillende methoden om de inloop te simuleren. In CYCLONE is een inloopmodel ingebouwd met oppervlakteberging en afstromingsvertraging die is gebaseerd op het afvoerend oppervlak per knoop en een per knoop op te gegeven afstrooimlengte. In de CYCLONE berekeningen is uitgegaan van een oppervlakteberging van 1 mm en afstromingsvertraging. EXTRAN/GM is gekoppeld aan het NWRW-4.3 inloopmodel (Lit 4). Er is gerekend **zonder** oppervlakteberging en **met** een afstromingsvertraging van 0.2/min.
De berekeningsresultaten komen in alle gevallen dicht bij de meetgegevens.

Inloopmodel - variant 2 (berekening 4)
Gezien de effecten van het inloopmodel op de berekeningsresultaten en de resultaten van de gevoeligheidsanalyse met de continue simulaties (Hoofdstuk 5) is hier gekozen voor een grotere oppervlakteberging (2 mm) in combinatie met een toename van het afvoerend oppervlak (afvloeiingscoëfficiënt 1.1). De afstromingsvertraging is gehandhaafd op de waarde van het inloopmodel van variant 1.

Op gebeurtenis 53 na wordt de overeenkomst tussen berekeningen en metingen beter. Wanneer in beschouwing wordt genomen welke onzekerheden er zijn in zowel de metingen als in de theoretische beschrijving vanaf neerslag tot de uitloop via de overstort, is de overeenkomst treffend te noemen.

Uit de resultaten van beide inloop varianten blijkt dat de afstromingsvertraging bij EXTRAN/GM een sterkere afvlakking geeft dan de ingestelde waarde in CYCLONE. Dit is goed waarneembaar bij gebeurtenis 53 (vorm van eerste piek) en de gebeurtenissen 24 en 26 waarbij de resultaten van EXTRAN/GM met name een grotere faseverschuiving laten zien.

Gebeurtenis 53

(bijlage 4E, berekening 5, 6 en 7)

Voor gebeurtenis 53 zijn een aantal extra berekeningen uitgevoerd waarin de volgende parameters zijn gevarieerd:

- in- en uitstroomverliezen,
- tussenputten,
- pomputval.

In berekening 5 zijn in- en uitstroomverliezen in putten als extra weerstand geïntroduceerd. Gemakshalve is voor alle putten dezelfde waarde ingesteld en zijn bochtweerstand niet meegenomen. De in- en uitstroomverliezen zijn respectievelijk 0,3 en 0,4 maal de snelheidshoogte. Het blijkt dat het effect voor de waterstand in de overstortput en het overstortingsdebiet ten opzichte van de vergelijkbare CYCLONE berekening nihil is. De effecten op andere plaatsen in het rioolstelsel, zoals "water op straat", zijn niet nader onderzocht.

In berekening 6 zijn tussenputten geïntroduceerd, zoals is aangegeven in paragraaf 4.2. In het gegevensbestand van Loenen leidt dit tot een toename van circa 100 knopen en takken.

In beide rekenprogramma's wordt het afvoerend oppervlak op strengen gelijk verdeeld over beide aanliggende knopen. Extra tussenputten betekenen dan een gelijkmatiger verdeling van het afvoerend oppervlak op de knopen. In het originele bestand komen taklengtes voor van boven de 150 m. Voor dynamische rekenprogramma's is het in het algemeen beter voor stabiliteit en nauwkeurigheid om de maximale taklengte enigszins te beperken.

In vergelijking met de overeenkomstige CYCLONE berekening zijn de verschillen in resultaten niet opzienbarend te noemen. Ook hier is alleen de waterstand in de overstortput en het overstortingsdebiet beschouwd.

Opvallend is dat bij gebeurtenis 53 de berekeningen en metingen vooral afwijken na afloop van de neerslag. De waterstand ligt nog geruime tijd daarna boven de overstortrand. Dit in tegenstelling tot de resultaten van alle voorafgaande berekeningen. Als bijzondere situatie is daarom berekening 7 uitgevoerd, waarin pomputval is verondersteld. Nu blijkt dat een zeer goede beschrijving mogelijk is van de waterstand en het overstortingsdebiet. De overeenkomst zal nog beter worden wanneer de extra inlaat vanuit het buurtschap Veldhuizen tesamen met de dwa-stroom uit het dorp Loenen zelf in rekening wordt gebracht. Deze variant is niet berekend.

5 CONTINUE SIMULATIES NEERSLAGGREEKS LOENEN 1981-1984

- neerslagreeks LOENEN 1981-1984
- meetgegevens overstortingen
- controle schematisering NIVO/GM
- resultaten berekeningen continue simulaties

5.1 Neerslagreeks LOENEN 1981-1984

Voor de uitvoering van meerjarige simulaties was geen continue neerslagreeks voor Loenen beschikbaar. Alleen van de gemeten overstortingen is het bijbehorende neerslagverloop als functie van de tijd gedetailleerd bepaald. Van de tussenliggende buien is slechts de totale neerslaghoeveelheid en de bruto duur bepaald. Deze bruto duur wordt bepaald door de gekozen definitie van een neerslaggebeurtenis. In dit geval (STORA/NWRW-metingen) wordt een tweede neerslagperiode die optreedt binnen een tijd van 5 uur na een vorige periode met neerslag tot eenzelfde bui gerekend. Van de tussenliggende gebeurtenissen groter dan 4 mm is bovendien de maximum regenintensiteit gedurende 15 en 30 minuten bepaald.

keuze tijdstap

Voor de samenstelling van de neerslagreeks is gekozen voor een tijdstap van 5 minuten als een optimum tussen nauwkeurigheid en hoeveelheid gegevensopslag. Voor continue meerjarige neerslagreeksen is een tijdstap van 15 minuten gebruikelijk. In dit onderzoek wordt echter de relatie met overstortingsmetingen gelegd en daarom is gekozen voor een kleinere tijdstap. Voor rioleringsberekeningen is een tijdstap van 5 minuten een praktische ondergrens.

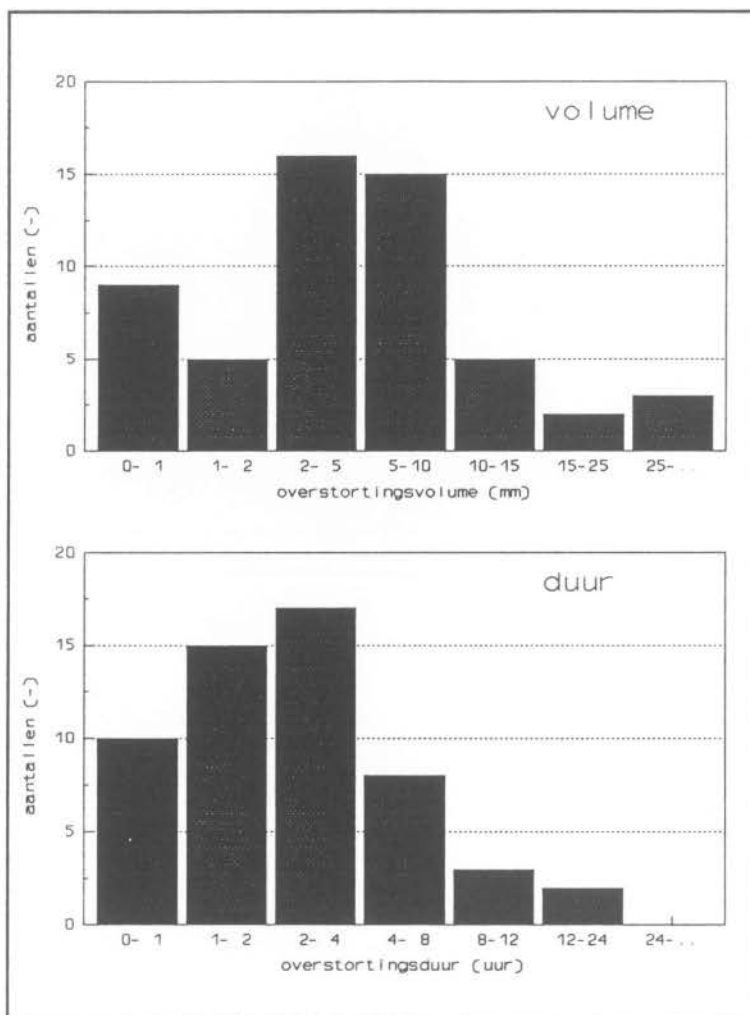
samenstelling neerslagreeks (voorlopige versie)

De 5-minuten neerslagreeks van Loenen is samengesteld uit de beschikbare gegevens van het project SR1 (Lit 2). De reeks is in twee stappen samengesteld. Eerst zijn de detailmetingen (NWRWLOEN.HYD bestand) omgezet naar afgeronde minutencijfers, waarna deze waarden zijn samengesteld tot 5-minuten waarden. Daarna zijn de tussenliggende gebeurtenissen in het 5-minuten bestand ingelezen. Daarbij zijn de aangegeven piekintensiteiten gedurende 15 en 30 minuten verwerkt in de reeks. Tevens zijn bij langere neerslaggebeurtenissen tussenliggende droge tijden gegenereerd.

De 5-minuten neerslagreeks is gebaseerd op uitgangspunten, die mogelijk in een latere fase van het onderzoek nog zullen worden herzien. Het is bijvoorbeeld denkbaar dat van de tussenliggende gebeurtenissen nog aanvullende informatie wordt verzameld en ingebracht in de neerslagreeks. Bij de omzetting van de geleverde gegevensbestanden is bovendien gebleken dat de gegevensbestanden nog niet volledig consistent zijn. De afgeleide neerslagreeks is daarom een voorlopige versie.

5.2 Meetgegevens overstortingen

In figuur 5.1 zijn de frequentieverdelingen weergegeven van het overstortingsvolume en de overstortingsduur van de gemeten gebeurtenissen.



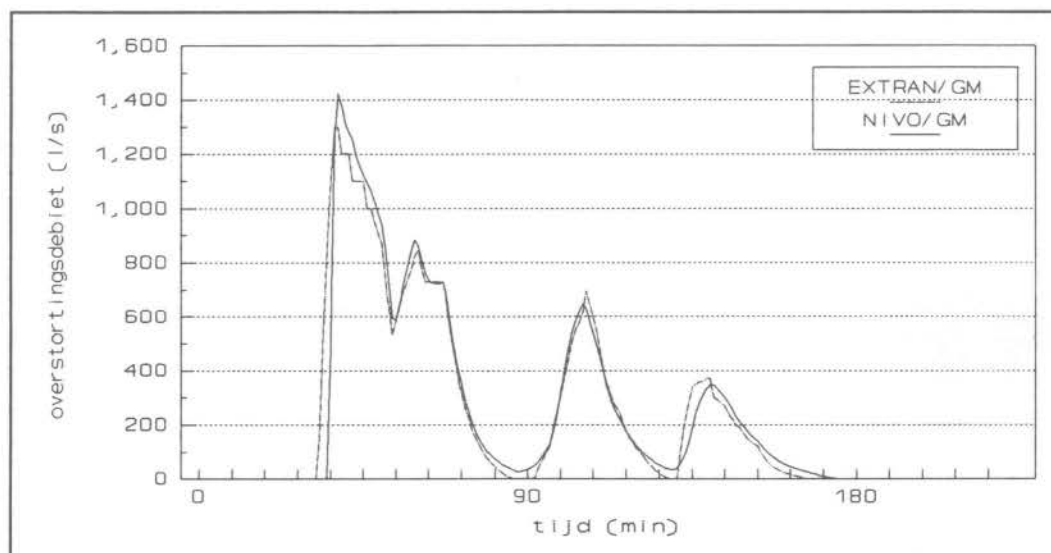
Figuur 5.1 Frequentieverdelingen overstortingen, Meetgegevens Loenen 1981-84

5.3 Controle schematiseringen NIVO/GM en GENIZSIS

Voor de continue simulaties met een meerjarige neerslagreeks wordt gebruik gemaakt van een tweetal programma's, te weten NIVO/GM en GENIZSIS.

De schematisering van het dynamisch meer-bakken model NIVO/GM is afgeleid uit de resultaten van een aantal EXTRAN-berekeningen onder invloed van verschillende typen neerslagbelastingen. Ter verificatie is een vergelijking gemaakt tussen de resultaten van NIVO/GM en

EXTRAN/GM voor gebeurtenis LOENEN 53 met afvloeiingscoëfficiënt 1. De resultaten hiervan zijn weergegeven in figuur 5.2.



Figuur 5.2 Vergelijking resultaten EXTRAN/GM en NIVO/GM, Gebeurtenis Loenen 53 (841025)

Uit figuur 5.2 blijkt dat de resultaten van het gedetailleerde rekenmodel EXTRAN/GM en NIVO/GM zeer dicht bij elkaar liggen. Dit geldt ook voor de andere gebeurtenissen die in dit onderzoek zijn beschouwd. Deze resultaten zijn echter niet gepresenteerd.

Voor het programma GENIZSIS is de maximale afvoercapaciteit (80 l/s.ha) van het stelsel bepaald door het stelsel in een CYCLONE berekening te belasten met een trapsgewijze oplopende neerslagbelasting totdat het overstortingsdebiet niet meer toeneemt.

5.4 Resultaten berekeningen continue simulaties

Bij de continue simulaties wordt een volledige neerslagreeks over een periode van 3,5 jaar met een tijdstap van 5 minuten doorgerekend. In eerste instantie zijn vergelijkende berekeningen uitgevoerd met de rekenprogramma's GENIZSIS, NIVO-BAK en NIVO/GM. NIVO-BAK is een vereenvoudigde versie van NIVO/GM, waaruit de dynamische transportrelaties zijn weggelaten. Vervolgens is met NIVO/GM en met GENIZSIS een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij het afvoerend oppervlak is gevarieerd en een inloopmodel gebruikt is. De resultaten van de berekeningen met neerslagreeks LOENEN zijn opgenomen in tabel 5.1 (numeriek) en in bijlage 6 (grafisch).

Vergelijking GENIZSIS en NIVO/GM

In deze berekeningen is uitgegaan van de opgegeven waarden van afvoerend oppervlak en pompovercapaciteit (Lit 2). In figuur B6.1 (bijlage 6) zijn het totale overstortingsvolume en de overstortings-

duur voor de gehele meetperiode voor de genoemde rekenmodellen te zien. De benadering GENIYSIS en NIVO-BAK is onderling vergelijkbaar. NIVO/GM ligt zowel qua overstortingsvolume als -duur wat dicht bij het meetresultaat.

Gevoeligheidsanalyse afvoerend oppervlak

Naar aanleiding van de hoge afvloeiingscoëfficiënten die uit het NWRW onderzoek (Lit 3) naar voren zijn gekomen, is de gevoeligheid voor variaties in het afvoerend oppervlak onderzocht. Het afvoerend oppervlak is in de rekenmodellen gevarieerd via de afvloeiingscoëfficiënt tussen de grenzen .9 en 1.2.

Uit de resultaten van deze berekeningen blijkt dat zowel overstortingsvolume als overstortingsduur gevoelig zijn voor relatief kleine variaties in het afvoerend oppervlak (bijlage 6, figuur B6.2). Een toename van 10 % afvoerend oppervlak betekent een toename van circa 25% in het overstortingsvolume.

Gevoeligheidsanalyse inloopmodel

Met behulp van het NWRW 4.3 inloopmodel gekoppeld aan NIVO/GM is de gevoeligheid voor variaties in oppervlakteberging en afstromingsvertraging onderzocht (Lit 4). De oppervlakteberging is gevarieerd van 0 - 2 mm (in de figuur B6.3 zijn de waarden tussen 0 en 1 opgenomen) en de gebruikte afstromingsvertraging heeft een waarde van 0.2/min.

In GENIYSIS is alleen de oppervlakte berging gevarieerd. De resultaten zijn grafisch weergegeven in figuur B6.4 van bijlage 6.

Uit de resultaten van deze berekeningen blijkt dat de oppervlakteberging van 1 mm een duidelijke invloed heeft zowel op het overstortingsvolume (afname circa 15%) als de overstortingsduur (afname circa 15%). Bij een toename van oppervlakteberging van 1 naar 2 mm is het verschil beduidend kleiner. Afstromingsvertraging heeft nagenoeg geen invloed op het overstortingsvolume en een beperkte invloed op de overstortingsduur (zie: tabel 5.1 en bijlage 6, de figuren B6.3 en B6.4)

Tenslotte zijn in de figuren B6.5 en B6.6 frequentieverdelingen van overstortingsvolume en -duur weergegeven voor een tweetal varianten, berekend met de verschillende programma's. Variant 1 (NIVO/GM) heeft een afvloeiingscoëfficiënt van 1.1, een oppervlakteberging van 1 mm en een afstromingsvertraging van 0.2 /min. Variant 2 (GENIYSIS), heeft een afvloeiingscoëfficiënt van 1.1 en een oppervlakteberging van 1 mm.

Beide varianten geven een redelijk goede overeenkomst te zien tussen berekening en meting, hoewel de uitkomsten van de programma's onderling juist wel grote verschillen vertonen. De verklaring hiervoor kan gevonden worden in de verschillen in werking van de beide programma's, enkel-baks versus meerbakken modellen. Het rioolstelsel van Loenen mag blijkbaar geschematiseerd worden als een enkele bak met één pomp en één overlaat.

Tabel 5.1 Gevoeligheidsanalyse NIVO/GM: neerslagreeks LOENEN 1981-84

afv. coef. (-)	opp. brg. (mm)	afstr. fact. (/min)	overstortingen Loenen 81-84					
			NIVO/GM			GENIZSIS		
			volume (mm)	freq. (-)	b.duur (min)	volume (mm)	freq. (-)	n.duur (min)
0.9	-	-	258	48	6850	213	44	5545
1.0	-	-	353	61	8895	318	53	7175
1.1	-	-	453	66	10655	421	57	8865
1.2	-	-	561	72	12230	533	62	11205
1.0	1.0	-	301	50	7365	305	49	6875
1.1	1.0	-	397	59	9070	406	54	8535
1.2	1.0	-	501	65	10580	516	62	10740
1.0	2.0	-				292	48	6725
1.1	2.0	-				382	50	8305
1.2	2.0	-				488	55	10035
1.0	-	.2	322	58	8360			
1.1	-	.2	422	65	10005			
1.2	-	.2	533	72	11850			
1.0	1.0	.2	299	50	7605			
1.1	1.0	.2	394	58	9325			
1.2	1.0	.2	497	61	10895			
1.0	2.0	.2	292	49	7410			
1.1	2.0	.2	382	57	9030			
1.2	2.0	.2	480	59	10930			
meting			399	55	10490			

afv.coef. = afvloeiingscoëfficiënt
opp.brg. = oppervlakteberging
afstr.fact. = afstromingsvertagingsfactor
volume = overstortingsvolume
freq = aantal gebeurtenissen
b.duur = bruto overstortingsduur, dat is de duur van de overstorting inclusief de tussenoverstortingsperiodes.
n.duur = netto overstortingsduur, dat is de duur dat de overstort in werking is.

6 CONCLUSIES

Een fundamentele analyse van de berekeningsresultaten ontbreekt vooralsnog. Een doelstelling van dit project in fase 1 was een globale analyse van de problematiek. Zowel detailberekeningen per gebeurtenis als continue simulaties met neerslagreeksen zijn beschouwd. De voorlopige conclusies voor beide typen berekeningen zijn als volgt samengevat.

DETAIL-BEREKENINGEN:

- resultaten EXTRAN/GM en CYCLONE zijn goed vergelijkbaar,
- gegevens en schematisering van het rioolstelsel zijn belangrijk,
- berekende factoren waarmee de waterbalans sluitend gemaakt is in de NWRW/STORA metingen zijn niet bruikbaar als afvloeingscoëfficiënt in hydraulische berekeningen,
- inloopeffecten zijn belangrijk: oppervlakteberging en afstromingsvertraging,
- extra tussenputten, in-en uitstroomverliezen hebben geen duidelijke invloed op het verloop van het overstortingsdebiet, in het geval Loenen, met één overlaat en één pomp,

CONTINUE SIMULATIES NEERSLAGGREEKS:

- resultaten van simulaties met de neerslagreeksen Loenen 81-84 zijn redelijk vergelijkbaar met metingen,
- afvoerend oppervlak een zeer gevoelige factor,
- inloopeffecten zijn belangrijk: oppervlakteberging en afstromingsvertraging,

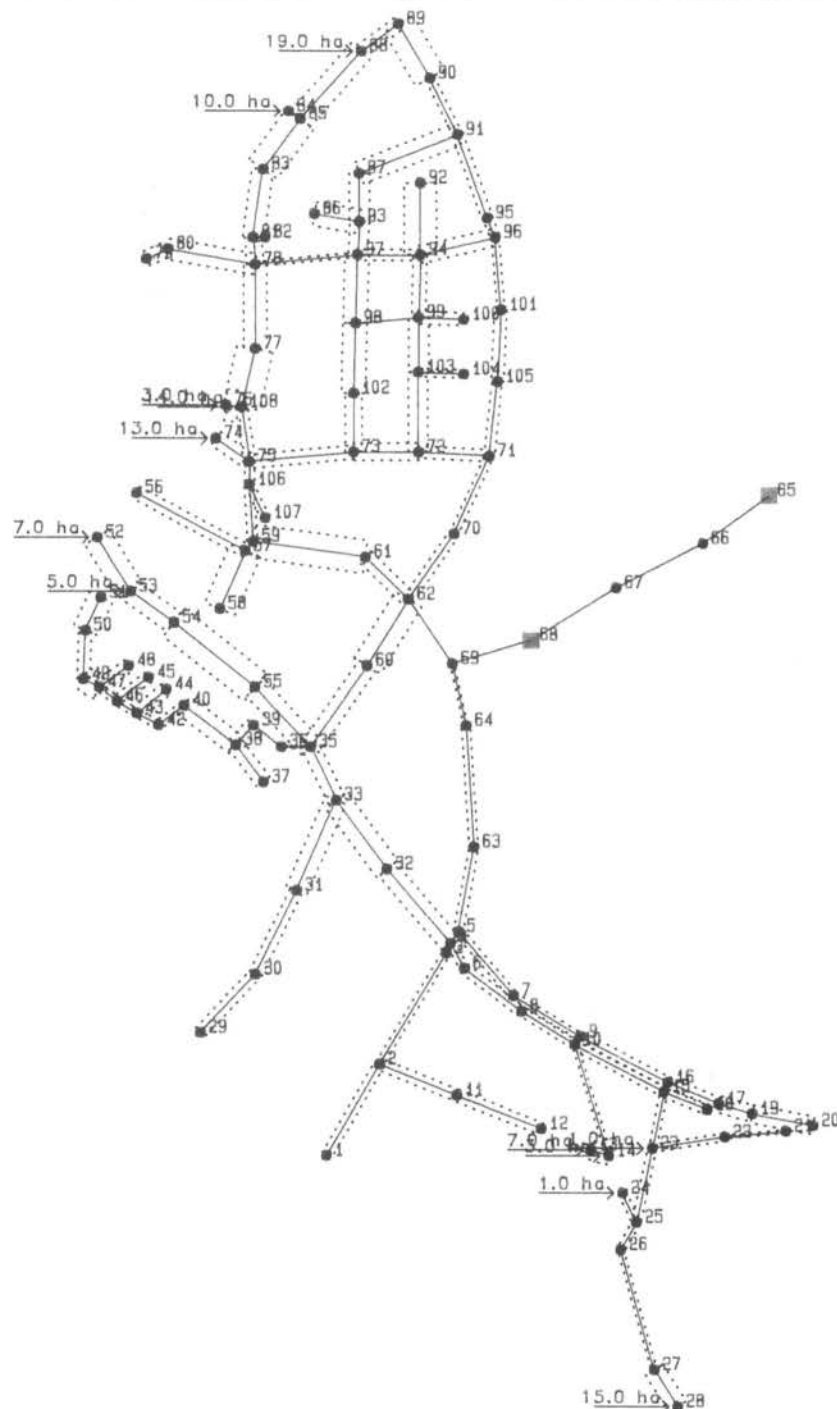
LITERATUUR

=====

- 1 Luijtelaar, H van, P.P.G. Ganzevles, Bewerking 15- minuten neerslagreeksen ten behoeve van de dimensionering van rioolstelsels en randvoorzieningen, De Bilt, 1990.
- 2 STICHTING RIONED, Databestanden van het STORA/NWRW-onderzoek naar de vuilemissie van rioolstelsels en het rendement van randvoorzieningen, CONCEPT, Amersfoort, 1992.
- 3 Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (1989), Rioleringsmodellen theorie en praktijk. NWRW publikatie 4.2. Staatsuitgeverij, Den Haag.
- 4 Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (1989), Neerslag, inloop overstort model, Beschrijving en analyse. NWRW publikatie 4.3. Staatsuitgeverij, Den Haag.
- 5 Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (1986), Regenmeters. NWRW publikatie 4.4. Staatsuitgeverij, Den Haag.
- 6 Schwartz, M.J.C., De invloed van storingen op de overstortingsfrequentie van een rioolstelsel, Wageningen 1989.
- 7 Buishand, T.A., C.A. Velds, Neerslag en verdamping, KNMI, De Bilt 1980.

BIJLAGE 1

GRAFISCHE WEERGAVE RIOOLSTELSEL LOENEN



Rioolnetwerken
Verhard oppervlak

STANDAARDBEREKENING LOENEN

Verklaring :

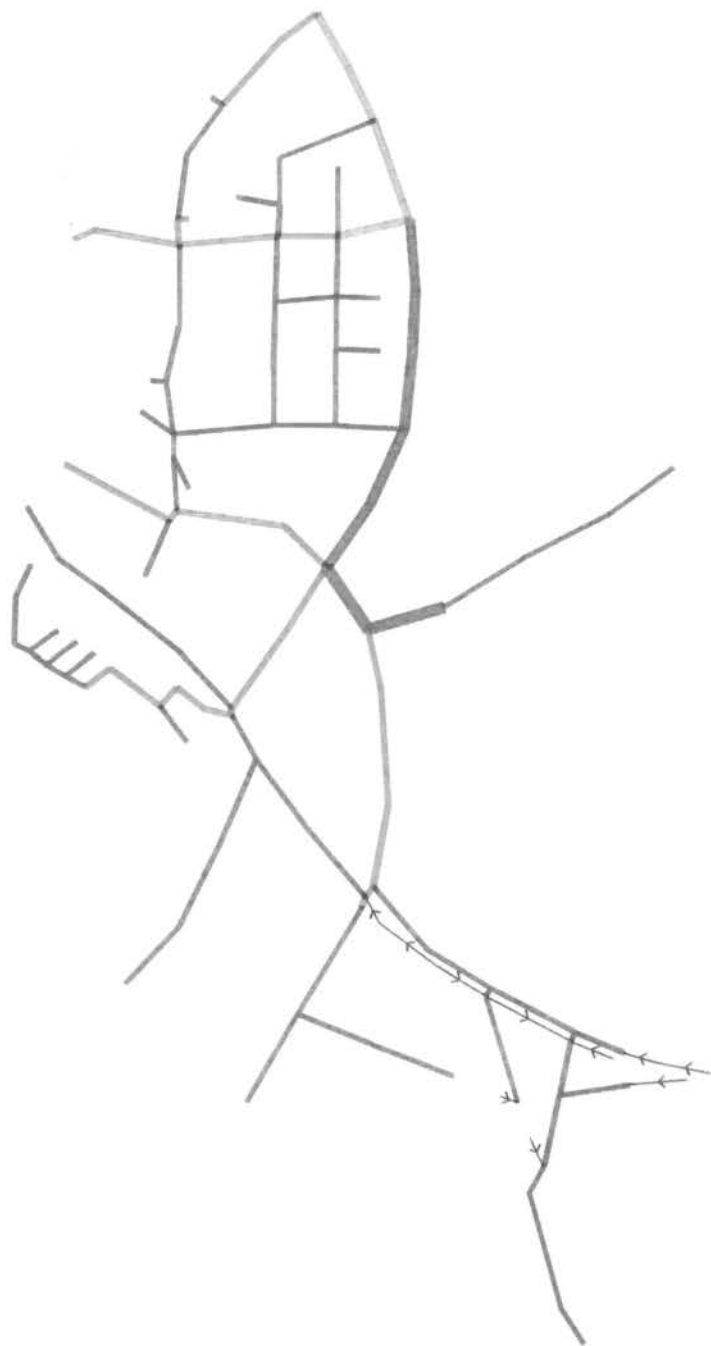
— extra verhard oppervlak
[* 0.01 ha]

..... verhard deel 10 m.

- Inspectieput
- Overstortput
- Koppelput
- Randvoorziening
- Interne overstort
- Pompput

Datum 17- 1-1992

Schaal 1 : 9596 Bijlage : 1.1



Rioolnetwerken
Leiding diameters

STANDAARDBEREKENING LOENEN

Verklaring :

	≤ 250 mm
	251 - 450 mm
	451 - 650 mm
	651 - 850 mm
	851 - 1150 mm
	> 1150 mm
	Onbekende diameter

Datum 17-1-1992

Schaal 1 : 9596

Bijlage : 1.2

BIJLAGE 2 GEGEVENS RIOOLSTELSEL LOENEN

Verklaring

MAAIV.	maaiveld hoogte
EXTR.AFV.OPP.	extra afvoerend oppervlak op knopen
COORDIN.	X-Y coördinaat in een lokaal assenstelsel
BEGINKNOOP	bovenstroomse knoop van een leiding
EINDKNOOP	benedenstroomse knoop van een leiding
GV	verhardingsbreedte
LENGTE	leidinglengte, afgeleid uit X-Y coördinaten
B.BOK	binnenonderkant buis beginknoop
E.BOK	binnenonderkant buis eindknoop
DIAM	diameter/breedte van de buis
HOOG	hoogte van de buis

Bijzondere gegevens

Overstort:

Drempelniveau	18.00 m+NAP
Drempellengte	1.50 m+NAP
Afvoercoëfficiënt	1.75

Gemaal:

Pompcapaciteit	150 m ³ /h
Pompoevercapaciteit	variabel
Aanslagniveau	15.50 m+NAP
Bodemniveau kelder	14.84 m+NAP
Bergend oppervlak kelder (gemiddeld)	7 m ²

GEGEVENS RIOOLSTELSEL LOENEN KNOPEN

BLAD: 1

SE KNOOP CO NR.	KNOOPTYPE	MAAIV. m.nap	COORDIN. X m.	COORDIN. Y m.	EXTR.AFV. OPP. m2
LO	1	27.36	557.50	2905.00	
LO	2	23.98	625.00	3022.50	
LO	3	22.69	710.00	3165.00	
LO	4	22.69	715.00	3177.50	
LO	5	22.70	725.00	3192.50	
LO	6	22.60	732.50	3145.00	
LO	7	22.35	795.00	3110.00	
LO	8	22.35	805.00	3090.00	
LO	9	22.32	880.00	3057.50	
LO	10	22.33	872.50	3047.50	
LO	11	23.43	722.50	2982.50	
LO	12	23.08	830.00	2940.00	
LO	13	23.00	892.50	2912.50	700
LO	14	22.94	915.00	2905.00	300
LO	15	22.41	985.00	2987.50	
LO	16	22.37	990.00	3000.00	
LO	17	22.34	1055.00	2972.50	
LO	18	22.35	1040.00	2965.00	
LO	19	22.10	1097.50	2960.00	
LO	20	21.80	1175.00	2945.00	
LO	21	21.75	1140.00	2937.50	
LO	22	22.09	1062.50	2930.00	
LO	23	22.82	970.00	2915.00	100
LO	24	23.12	932.50	2857.50	100
LO	25	23.12	950.00	2820.00	
LO	26	23.34	930.00	2785.00	
LO	27	23.97	972.50	2630.00	
LO	28	24.30	1002.50	2582.50	1500
LO	29	25.72	397.50	3062.50	
LO	30	24.50	467.50	3137.50	
LO	31	23.62	520.00	3245.00	
LO	32	22.82	635.00	3272.50	
LO	33	22.58	570.00	3360.00	
LO	34	22.48	537.50	3417.50	
LO	35	22.58	537.50	3427.50	
LO	36	22.74	500.00	3427.50	
LO	37	23.00	477.50	3382.50	
LO	38	22.90	442.50	3430.00	
LO	39	22.94	465.00	3455.00	
LO	40	23.85	377.50	3480.00	

GEGEVENS RIOOLSTELSEL LOENEN KNOOPEN

BLAD: 2

SE KNOOP CO NR.	KNOOPTYPE	MAAIV. m.nap	COORDIN. X m.	COORDIN. Y m.	EXTR.AFV. OPP. m2
LO 42		24.08	345.00	3455.00	
LO 43		24.58	317.50	3470.00	
LO 44		24.60	355.00	3500.00	
LO 45		25.10	332.50	3515.00	
LO 46		25.03	292.50	3485.00	
LO 47		25.52	270.00	3502.50	
LO 48		25.65	307.50	3530.00	
LO 49		25.90	250.00	3512.50	
LO 50		27.40	252.50	3575.00	
LO 51		27.04	272.50	3617.50	
LO 52		28.55	267.50	3695.00	700
LO 53		26.27	310.00	3625.00	500
LO 54		25.13	365.00	3585.00	
LO 55		23.27	467.50	3502.50	
LO 56		28.28	317.50	3752.50	
LO 57		24.15	455.00	3677.50	
LO 58		24.53	422.50	3602.50	
LO 59		24.00	465.00	3690.00	
LO 60		21.70	610.00	3530.00	
LO 61		21.17	607.50	3670.00	
LO 62		20.84	662.50	3615.00	
LO 63		20.67	745.00	3300.00	
LO 64		20.09	735.00	3455.00	
LO 65	RIOOLGEMAAL	17.98	1120.00	3750.00	
LO 66		18.50	1035.00	3687.50	
LO 67		18.57	925.00	3630.00	
LO 68	OVERSTORT	19.02	817.50	3562.50	
LO 69		19.80	717.50	3532.50	
LO 70		20.39	720.00	3700.00	
LO 71		19.94	765.00	3800.00	
LO 72		20.91	675.00	3805.00	
LO 73		21.75	592.50	3805.00	
LO 74		24.50	417.50	3822.50	1300
LO 75		23.08	460.00	3792.50	
LO 76		23.66	430.00	3865.00	300
LO 77		23.39	467.50	3937.50	
LO 78		22.09	467.50	4045.00	
LO 79		23.31	330.00	4052.50	
LO 80		23.31	357.50	4065.00	
LO 81		21.74	465.00	4080.00	

GEGEVENS RIOOLSTELSEL LOENEN **KNOPEN**

BLAD: 3

SE KNOOP CO NR.	KNOOPTYPE	MAAIV. m.nap	COORDIN. X m.	COORDIN. Y m.	EXTR.AFV. OPP. m2
LO 82		21.74	480.00	4080.00	
LO 83		21.09	477.50	4167.50	
LO 84		20.98	510.00	4242.50	1000
LO 85		20.98	525.00	4232.50	
LO 86		21.10	542.50	4110.00	
LO 87		20.30	600.00	4162.50	
LO 88		21.15	602.50	4320.00	1900
LO 89		20.70	650.00	4355.00	
LO 90		20.13	690.00	4285.00	
LO 91		19.64	725.00	4212.50	
LO 92		20.05	677.50	4150.00	
LO 93		20.58	600.00	4100.00	
LO 94		20.05	677.50	4057.50	
LO 95		19.45	762.50	4105.00	
LO 96		19.57	772.50	4080.00	
LO 97		20.78	597.50	4057.50	
LO 98		21.42	595.00	3970.00	
LO 99		20.40	675.00	3977.50	
LO 100		20.04	732.50	3975.00	
LO 101		19.54	780.00	3987.50	
LO 102		21.60	592.50	3880.00	
LO 103		20.62	675.00	3907.50	
LO 104		20.06	732.50	3905.00	
LO 105		19.54	775.00	3895.00	
LO 106		23.26	460.00	3762.50	
LO 107		23.29	480.00	3720.00	
LO 108		23.66	450.00	3862.50	1400

GEGEVENS RIOOLSTELSEL LOENEN LEIDINGEN BLAD: 4

SE	BEGIN	EIND	GV	LENGTE	B.BOK	E.BOK	DIAM	HOOG	MATERIAAL
CO	KNOOP	KNOOP	m1	m.	m.nap	m.nap	mm	mm	
LO	28	27	23	56.18	21.86	21.70	300		BETON
LO	27	26	7	160.72	21.70	21.20	300		BETON
LO	26	25	9	40.31	21.20	21.08	300		BETON
LO	24	25	9	41.38	21.61	21.50	160		PVC
LO	25	23	9	97.08	21.08	20.79	300		BETON
LO	21	22	4	77.86	20.53	20.37	160		PVC
LO	22	23	9	93.71	20.37	20.19	300		BETON
LO	20	19	20	78.94	20.32	20.16	160		PVC
LO	19	17	18	44.30	20.16	20.09	200		BETON
LO	18	15	11	59.42	21.00	20.86	160		PVC
LO	17	16	13	70.58	20.09	19.95	300		BETON
LO	23	15	8	74.04	20.19	19.99	300		BETON
LO	13	14	21	23.72	21.37	21.30	160		PVC
LO	15	16		13.46	19.99	19.97	400		BETON
LO	10	15	11	127.50	20.89	20.21	160		PVC
LO	16	9	12	124.12	19.95	19.70	400		BETON
LO	10	9		12.50	19.72	19.70	400		BETON
LO	14	10	7	148.70	21.16	20.50	300		BETON
LO	12	11	13	115.60	21.66	21.44	300		BETON
LO	11	2	13	105.39	21.44	21.22	300		BETON
LO	1	2	12	135.51	24.63	22.45	300		BETON
LO	2	3	9	165.93	21.22	20.89	300		BETON
LO	8	10	10	79.77	20.94	20.25	160		PVC
LO	9	7	8	99.91	19.70	19.51	400		BETON
LO	8	6	12	91.00	21.00	20.76	160		PVC
LO	7	5	10	108.20	19.51	19.30	400		BETON
LO	6	4	10	36.91	20.76	20.64	200		BETON
LO	3	4	8	13.46	20.48	20.45	600		BETON
LO	4	5		18.03	19.53	19.50	600		BETON
LO	5	63	10	109.34	18.96	18.18	600		BETON
LO	29	30	14	102.59	23.67	22.76	300		BETON
LO	30	31	14	119.63	22.58	21.68	300		BETON
LO	31	33	24	125.40	21.68	20.91	300		BETON
LO	4	32	24	124.20	21.05	20.57	300		BETON
LO	32	33	30	109.00	20.57	20.12	300		BETON
LO	33	34	20	66.05	20.12	19.83	300		BETON
LO	36	34	2	38.81	20.57	19.46	600		BETON
LO	39	36		44.51	20.74	20.63	600		BETON
LO	38	39	18	33.63	20.82	20.74	600		BETON
LO	37	38	18	59.00	21.00	20.83	300		BETON

GEGEVENS RIOOLSTELSEL LOENEN LEIDINGEN BLAD: 5

SE BEGIN EIND GV LENGTE B.BOK E.BOK DIAM HOOG MATERIAAL
CO KNOOP KNOOP ml m. m.nap m.nap mm mm

LO	40	38	24	82.01	21.81	20.94	500	BETON
LO	42	40	10	41.00	22.04	21.94	500	BETON
LO	44	43	15	48.02	22.85	22.71	300	BETON
LO	43	42	9	31.32	22.32	22.23	400	BETON
LO	46	43	9	29.15	22.81	22.73	400	BETON
LO	45	46	13	50.00	23.35	23.18	300	BETON
LO	47	46	9	28.50	23.26	23.18	400	BETON
LO	48	47	15	46.50	23.90	23.76	300	BETON
LO	49	47	28	22.36	23.75	23.67	400	BETON
LO	50	49	14	62.55	25.02	24.15	300	BETON

LO	51	50	28	46.97	25.29	25.09	300	BETON
LO	52	53	32	81.89	26.05	24.70	300	BETON
LO	53	54	26	68.01	24.29	23.51	300	BETON
LO	54	55	39	131.58	22.98	21.59	300	BETON
LO	55	35	27	102.59	21.55	20.82	300	BETON
LO	34	35	16	10.00	19.46	19.45	600	BETON
LO	63	64	10	155.32	18.18	17.78	600	BETON
LO	35	60	22	125.55	19.38	18.94	600	BETON
LO	60	62	34	99.91	18.94	18.50	600	BETON
LO	64	69	5	79.45	17.78	17.58	600	BETON

LO	66	65		105.50	15.61	15.44	300	BETON
LO	67	66		124.12	15.78	15.61	300	BETON
LO	68	67		126.94	15.95	15.78	300	BETON
LO	69	68		104.40	16.19	16.08	1250	BETON
LO	62	69		99.15	16.28	16.19	1250	BETON
LO	61	62	18	77.78	18.99	18.56	600	BETON
LO	59	61	37	143.90	20.50	19.09	600	BETON
LO	57	59	13	16.01	21.80	21.75	500	BETON
LO	58	57	36	81.74	22.75	22.35	300	BETON
LO	56	57	15	156.62	25.57	22.19	500	BETON

LO	106	59	11	72.67	21.32	20.70	400	BETON
LO	74	75	18	52.02	21.84	21.33	300	BETON
LO	75	73	16	133.09	21.11	20.00	300	BETON
LO	70	62	12	102.62	16.39	16.28	1000	BETON
LO	71	70	9	109.66	16.50	16.39	1000	BETON
LO	105	71	11	95.52	16.59	16.50	1000	BETON
LO	72	71	13	90.14	19.00	16.50	300	BETON
LO	73	72	20	82.50	19.80	19.16	300	BETON
LO	73	102	19	75.00	20.00	19.67	300	BETON
LO	108	75	14	70.71	21.40	21.10	400	BETON

GEGEVENS RIOOLSTELSEL LOENEN LEIDINGEN BLAD: 6

SE	BEGIN	EIND	GV	LENGTE	B.BOK	E.BOK	DIAM	HOOG	MATERIAAL
CO	KNOOP	KNOOP	ml	m.	m.nap	m.nap	mm	mm	
LO	76	108	35	20.16	22.50	22.48	300		BETON
LO	108	77	40	77.01	22.16	21.53	300		BETON
LO	102	98	27	90.03	19.67	19.34	300		BETON
LO	72	103	21	102.50	19.39	18.97	300		BETON
LO	104	103	9	57.55	19.18	19.00	300		BETON
LO	101	105	14	92.64	16.67	16.59	1000		BETON
LO	103	99	22	70.00	18.97	18.69	300		BETON
LO	98	99		80.35	19.31	18.69	300		BETON
LO	77	78	26	107.50	21.30	20.24	300		BETON
LO	79	80	18	30.21	21.58	21.54	500		BETON
LO	80	78	23	111.80	20.94	19.80	600		BETON
LO	81	83	23	88.39	19.83	19.41	300		BETON
LO	82	81	10	15.00	19.60	19.45	600		BETON
LO	78	81	19	35.09	19.69	19.55	600		BETON
LO	78	97	6	130.60	19.45	18.65	600		BETON
LO	98	97	27	87.54	19.73	19.30	300		BETON
LO	100	99	14	57.55	18.90	18.72	300		BETON
LO	99	94	15	80.04	18.69	18.15	300		BETON
LO	97	94	13	80.00	17.90	17.70	600		BETON
LO	96	101	9	92.80	16.78	16.67	1000		BETON
LO	95	96	11	26.93	16.84	16.78	800		BETON
LO	94	96	20	97.63	17.70	17.35	700		BETON
LO	93	97	21	42.57	18.31	18.14	300		BETON
LO	86	93	27	58.36	19.05	18.83	300		BETON
LO	87	93	23	62.50	18.55	18.31	300		BETON
LO	92	94	36	92.50	18.30	17.92	300		BETON
LO	91	95	13	113.85	17.08	16.86	700		BETON
LO	87	91	26	134.63	18.55	17.95	300		BETON
LO	83	85	38	80.51	19.41	18.99	300		BETON
LO	84	85	4	18.03	19.00	18.99	400		BETON
LO	85	88	28	116.89	18.80	18.53	600		BETON
LO	90	91	11	80.51	17.24	17.08	700		BETON
LO	89	90	37	80.62	17.41	17.24	700		BETON
LO	88	89	16	59.00	18.53	18.33	600		BETON
LO	106	75	11	30.00	21.32	21.10	400		BETON
LO	107	106	10	46.97	21.54	21.32	300		BETON

BIJLAGE 3

KORTE BESCHRIJVING REKENPROGRAMMA'S

Detail-berekening:

3A CYCLONE

3B EXTRAN/GM

Continue simulatie neerslagreeks

3C GENIZSIS

3D NIVO/GM

BIJLAGE 3A

CYCLONE

Het programmapakket CYCLONE is ontwikkeld om de dynamische (niet-permanente) waterbewegingen in een netwerk van leidingen te kunnen simuleren. Het netwerk van leidingen kan bestaan uit open en gesloten leidingen en combinaties daarvan. Hierdoor is het mogelijk om een rioleringsnetwerk tesamen met een gedeelte van het ontvangende oppervlaktewater te simuleren in ontwerp of controle situaties. CYCLONE is een verdere ontwikkeling van het openwaterlopen programma RIBASI, welke door DHV in eigen beheer is ontwikkeld.

Voor de uitvoer van CYCLONE wordt gebruikt gemaakt van de uitvoerprogrammatuur van RIBASI (RIBASPLT) en het stationaire hydraulische pakket RIOOL3 (RIOPLT2). Op korte termijn zullen deze programma's geïntegreerd worden in CYCLOPLT.

Daarnaast is een koppeling met AutoCAD mogelijk. Dit laatste is zeer nuttig bij de presentatie van de resultaten van zeer grote netwerken.

Oppervlakte afstromingsmodel Cyclone

De afstroming van neerslag over het waterafvoerende oppervlak naar de riolering, is gesimuleerd met de zogenaamde kinematische golfvergelijking. De kinematische benadering houdt in dat de afvoercapaciteit uitsluitend afhankelijk is van de waterdiepte ter plaatse. De afvoer wordt, evenals de hydraulische simulatie in de leidingen zelf, uitgevoerd als een niet-permanente simulatie.

Het op een put of leiding aangesloten oppervlak is gekarakteriseerd door:

- Oppervlakte in m².
- Gemiddelde helling.
- Karakteristieke of gemiddelde afstromingslengte.

Deze gegevens zijn per put te specificeren.

Tevens zijn een aantal hydrologische parameters van belang. Deze kunnen per deelgebied worden ingevoerd. Deze parameters zijn:

- Afvloeiingscoëfficiënt.
- Drempelhoogte voor de simulatie van berging op straat en plaspvorming. Bv. De eerste 2 millimeter neerslag komen niet tot afstroming maar vullen de 'berging op straat'.
- Hydraulische ruwheid van het oppervlak uitgedrukt in K-Nikuradse.
- Verdampingspotentiaal (mm/dag) van het op straat geborgen en afstromende water. Door de verdamping wordt de 'berging op straat' weer tot nul gebracht na afloop van een neerslaggebeurtenis.
- Infiltratie. Op identieke wijze als de verdamping kan infiltratie uitgedrukt worden in mm/dag.

In feite is ieder deelgebied benaderd als een enkelbakmodel. Aan iedere put kan een dergelijk model worden opgehangen. Indien de waterstand (lees: neerslagdiepte), verminderd met de verdamping en infiltratie, boven de 'drempel' komt, vindt afstroming plaats volgens de volgende afvoerrelatie:

$$Q = (1/n) \cdot A \cdot R^{1/6} \cdot \sqrt{R/I}$$

waarin : Q = Afstromend debiet.
 n = Mannings ruwheid = $0,04 \cdot K^{1/6}$
 K = K-Nikuradse
 A = B * H
 B = Afstromende breedte (bepaald door invoergegevens
 zoals oppervlak en lengte van het deelgebied)
 H = Diepte van het water op straat.
 R = Hydraulische straal.
 I = Helling terrein (invoergegeven)

De hydraulische straal is verondersteld gelijk te zijn aan de waterdiepte H. Hierdoor is per deelgebied de volgende afvoer relatie te bepalen:

$$Q = \alpha \cdot H^{5/3}$$

waarin alpha een constante parameter is per deelgebied bepaald met de hiervoor beschreven formule.

De diepte van het water op straat neemt toe indien de neerslag groter is dan de afvoer. Zodoende kan de diepte op straat oplopen van meerdere millimeters tot centimeters. De diepte neemt weer af indien de afvoer, verdamping en infiltratie groter zijn dan de neerslag.

De geometrische kenmerken van het aangesloten oppervlak per put (grootte en helling) wordt door het programma eveneens gebruikt voor de simulatie van 'water op straat'. Indien de waterstand in de putten tot boven het maaiveld stijgt, dan wordt het water op straat geborgen. De oppervlakte afstroming vindt dan plaats naar deze berging op straat. Indien de situatie in het riool daartoe aanleiding geeft, stroomt dit 'water op straat' weer terug in het riool.

BIJLAGE 3B

EXTRAN/GM

Het hydraulische rekenprogramma EXTRAN/GM biedt de mogelijkheid om de afvoercapaciteit van een rioolstelsel te controleren, waarbij gebruik wordt gemaakt van een niet-stationair stromingsmodel. EXTRAN/GM wordt toegepast voor rioolstelsels in zowel hellende als vlakke gebieden.

Het door Grontmij ontwikkelde rekenprogramma EXTRAN/GM is afgeleid van het EXTENDED TRANsport blok uit Amerikaanse Storm Water Management Model (SWMM). Vanaf het begin van de jaren 80 heeft Grontmij het programma verbeterd, aangepast en geschikt gemaakt voor zeer grote rioolstelsels.

In tegenstelling tot de gebruikelijke afvoercapaciteitsberekening van een rioolstelsel, waarbij wordt uitgegaan van stationaire stromingen, berekent EXTRAN/GM het gedrag van niet-stationaire stromingen in leidingen (open of gesloten, geheel of gedeeltelijk gevuld) onder invloed van een tijdsafhankelijke neerslagbelasting op het rioolstelsel.

Niet-stationaire hydraulische rekenprogramma's kenmerken zich door grote hoeveelheden uitvoergegevens. De resultaten van de berekeningen zijn opgeslagen in een registratiesysteem waardoor de resultaten, ook van eerder uitgevoerde berekeningen, eenvoudig en snel kunnen worden geraadpleegd en eventueel vergeleken.

Voor de grafische presentatie van de resultaten van EXTRAN/GM berekeningen is een presentatie module ontwikkeld, waarmee op efficiënte wijze de berekeningsresultaten kunnen worden geanalyseerd. Voor willekeurige leidingtrajecten in het rioolstelsel kan met een animatie het verloop van berekende waterstanden worden getoond. De resultaten van de berekeningen kunnen bovendien uitgebreid grafisch worden gepresenteerd met behulp van een plattegrond van het rioolstelsel.

BIJLAGE 3C

GENIZSIS

Het programma GENIZSIS is een enigszins aangepaste versie van het NWRW vuiluitworp programma van DHV (VUIL3). Een rioolstelsel wordt tot één enkele bak geschematiseerd, volgens de bekende een-baks-benadering, met als inhoud de onderdrempelberging en een vaste pompovercapaciteit. Het verschil echter met de traditionele benadering is de invoering van een "straat-bak", die regen een of meerdere tijdstappen kan "vasthouden". Met een gedifferentieerd model (zoals CYCLONE) wordt de afvoercapaciteit van het (gedetailleerde) rioolstelsel bepaald. Deze waarde is het maximum wat de "straat-bak" doorlaat naar de "riool-bak", het verschil wordt gebufferd. De regen wordt berekend uit een neerslagreeks met 5-minuten cijfers. De uitvoer van het programma genereert een samenvatting van de invoer en de overstortingen met netto-overstortduur en maximale inhoud van de "straat-bak". Dit laatste is te gebruiken bij een eerste "water op straat" analyse. Daarnaast wordt een gedetailleerde uitvoer van de overstortingen aangemaakt, welke behulpzaam kan zijn voor het samenstellen van overstortingen afhankelijk van bui- of overstortdefinitie, welke in de praktijk niet vast blijkt te zijn.

BIJLAGE 3D

NIVO/GM

NIVO/GM is een rekenprogramma voor simulatie van overstortingen uit een rioolstelsel. NIVO/GM is door Grontmij ontwikkeld om de bergingscapaciteit van rioolstelsels te controleren. Voor deze controle worden historische neerslagreeksen gebruikt van de meteorologische hoofdstations van het KNMI in Eelde, De Bilt en Beek (periode 1955-1979). NIVO/GM rekent bij deze continue simulaties met een geschematiseerd rioleringsmodel, dat afgeleid is uit berekeningen met het gedetailleerde niet-stationaire stromingsmodel EXTRAN/GM. Deze koppeling met het gedetailleerde model waarborgt een efficiënte controle van de schematisering.

Het rioleringsmodel bestaat uit een samenstel van 'bakken' en 'transportrelaties' voor karakteristieke hydraulische elementen, zoals pompen, overlaten en debietregulerende stuwoeningen (doorlaten). De werking van deze elementen is gerelateerd aan de vulling van een bak, dat een rioolstelsel of een deel daarvan vertegenwoordigt.

NIVO/GM berekent voor elke overstort afzonderlijk de overstortingsdebieten als functie van de tijd. De overstortingsgebeurtenissen zijn bovendien vanwege het gebruik van historische neerslagreeksen geda-teerd. Zodoende kan bij frequentieverdelingen van overstortingshoeveelheden en -duren tevens onderscheid gemaakt worden in het tijdstip van optreden van gebeurtenissen per maand of per kwartaal al dan niet gerangschikt per jaar.

NIVO/GM kenmerkt zich ten opzichte van de het traditionele bakmodel door een zeer nauwkeurige berekening van het specifiek verloop van overstortingsgebeurtenissen verdeeld over meerdere lokaties van het rioolstelsel. Met name het effect van overstorten met ongelijke drempelhoogte kunnen worden doorgerekend met een meerjarige neerslagreeks. Ook de sterke variatie in het functioneren van aan overstorten gekoppelde randvoorzieningen kan op basis van een meer-jarige neerslagreeks worden doorgerekend.

BIJLAGE 4

RESULTATEN DETAIL-BEREKENINGEN

4A	STANDAARD INLOOPHYDROGRAM 'BEEK"	
4B	LOENEN 24	(830602)
4C	LOENEN 25	(830608)
4D	LOENEN 26	(830624)
4E	LOENEN 53	(841025)

BIJLAGE 4A

STANDAARD INLOOPHYDROGRAM 'BEEK'

Inloopvolume	:	18.9	mm
Inloopduur	:	60	min
Max.intensiteit	:	90	l/(s.ha)

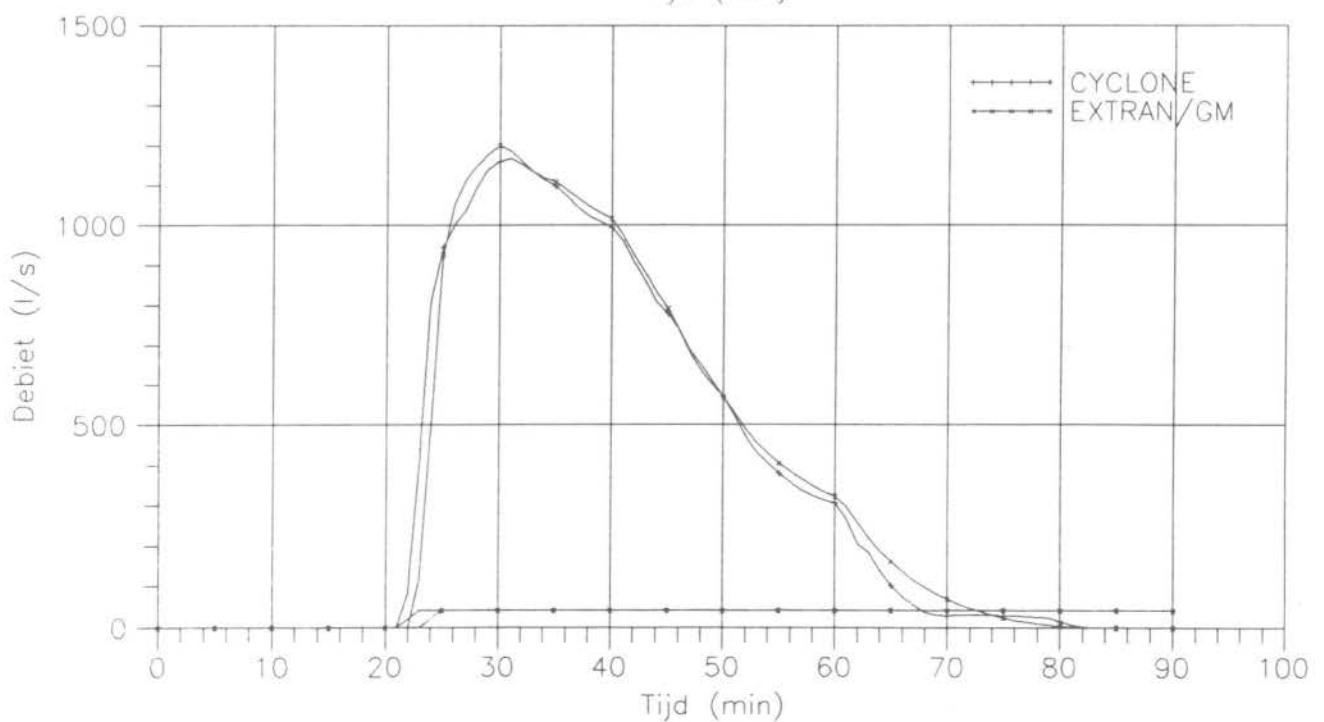
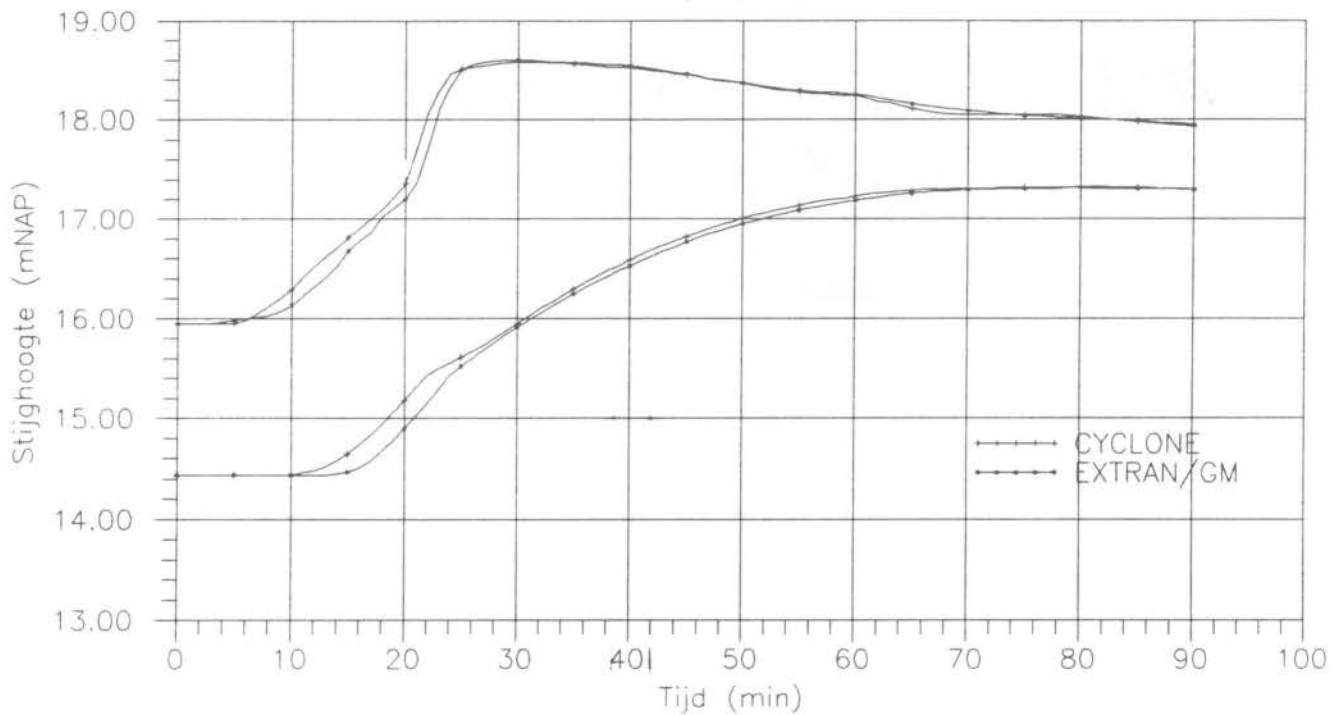
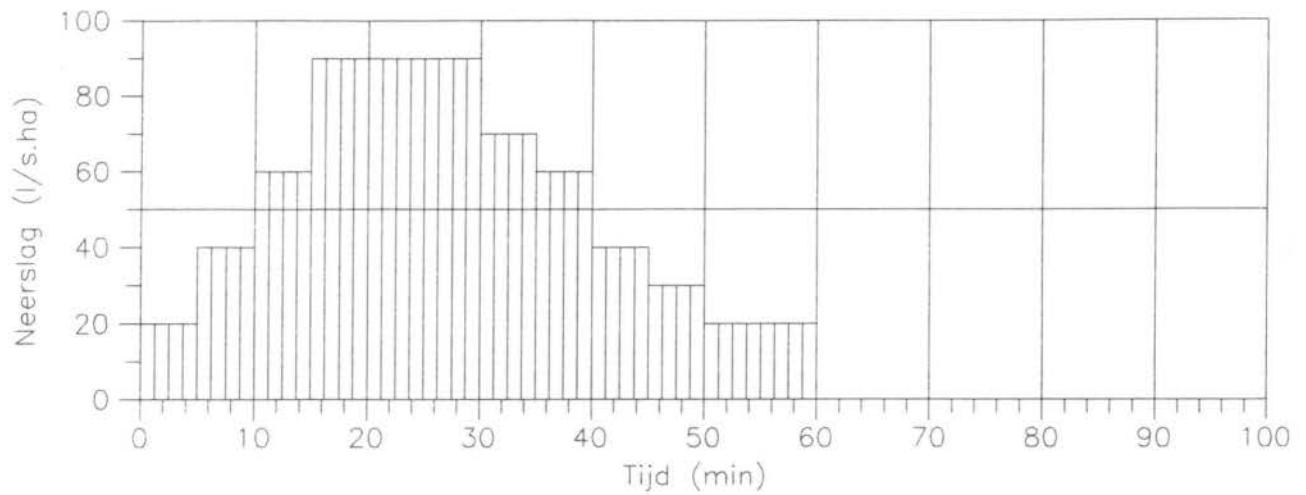
Berekening 1 (LA0):

- bergend oppervlak gemaal 30 m2
- inslagpeil pomp 15.44 m+NAP
- bodem pompkelder 14.44 m+NAP

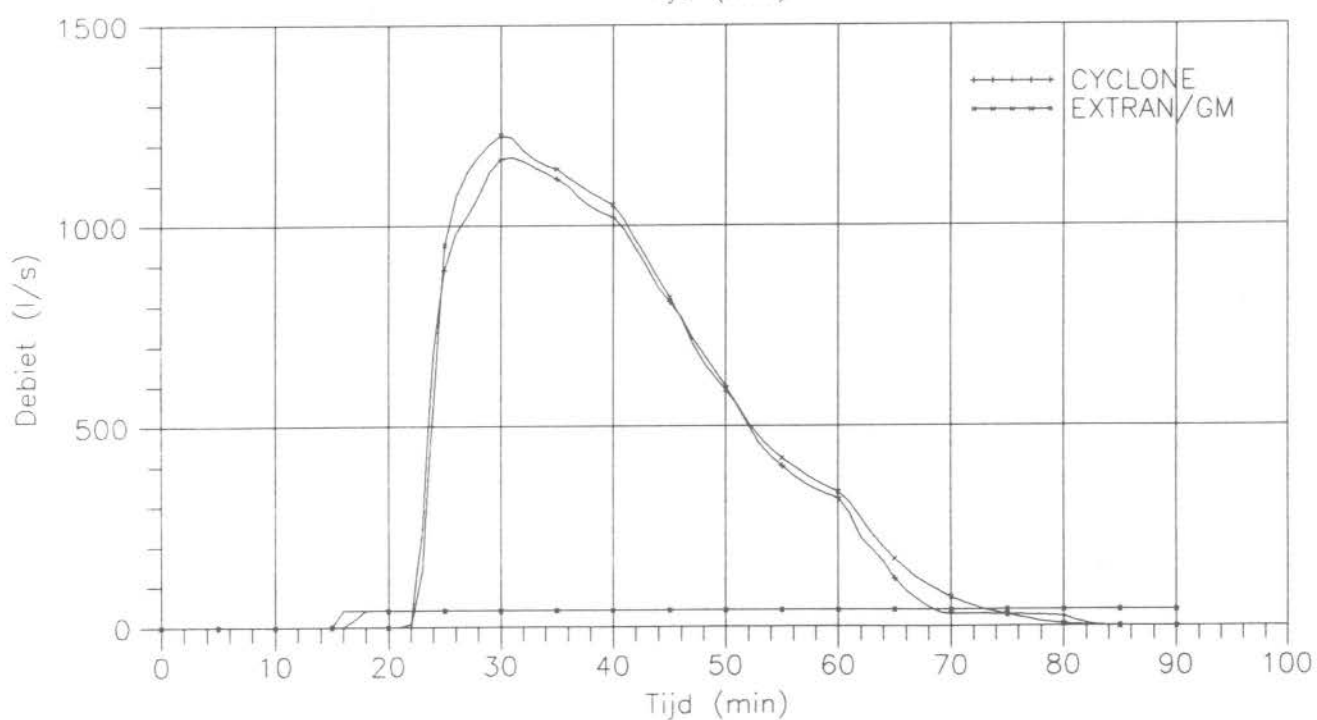
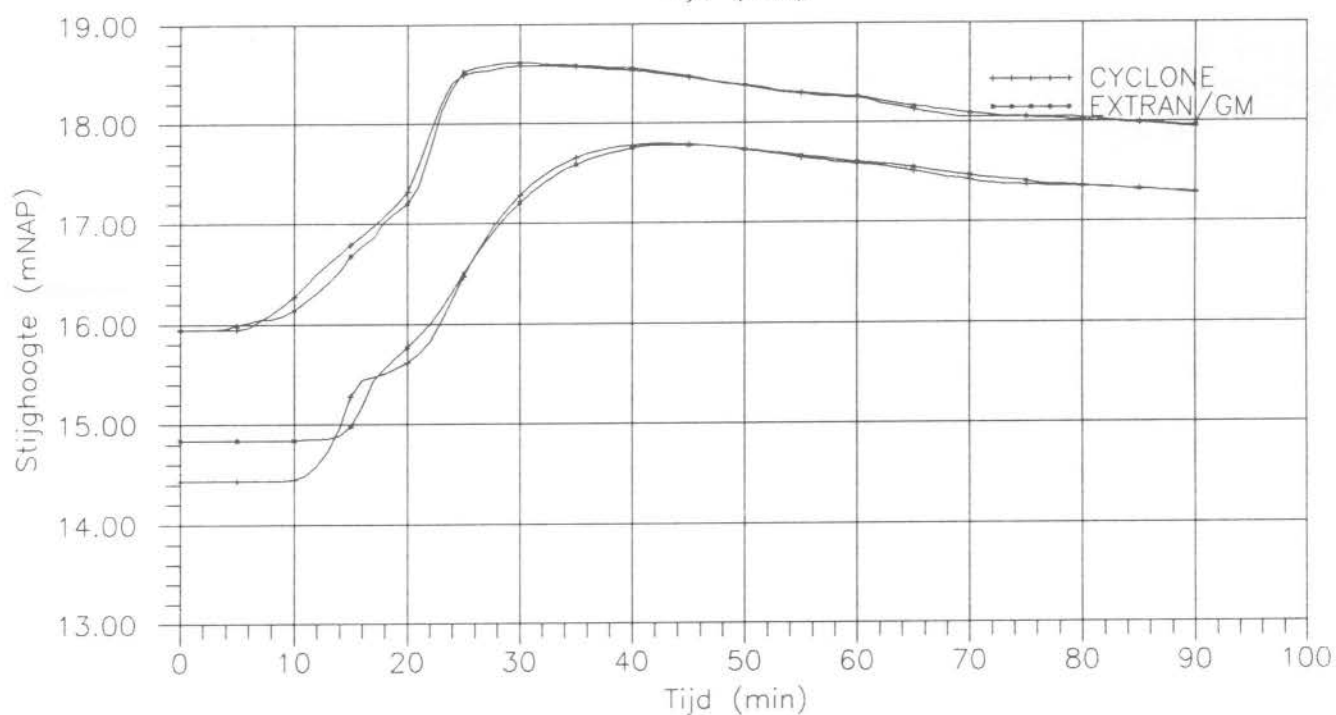
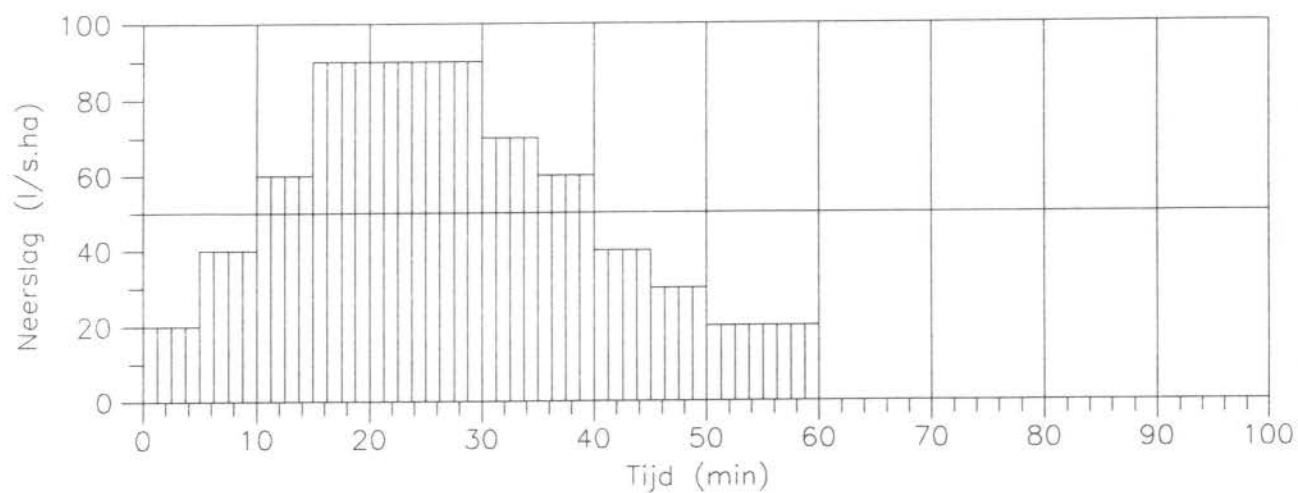
Berekening 2 (LA1):

- bergend oppervlak gemaal 7 m2
- inslagpeil pomp 15.50 m+NAP
- bodem pompkelder 14.84 m+NAP

- * In de Cyclone berekeningen zijn de uitgangspunten van berekening 1 gehanteerd voor alle uitgevoerde berekeningen.



Standaard inloophydrogram BEEK: pompkelder 30 m²



Standaard inloophydrogram BEEK: pompkelder 7 m²

BIJLAGE 4B

LOENEN 24 (830602)

Neerslagvolume	:	1359	m3
		8.6	mm
Neerslagduur	:	60	min
Gem.pompoevercapaciteit	:	135	m3/h
Overstortingsvolume	:	9	m3
Overstortingsduur	:	23	min
Factor waterbalans	:	0.75	-

Berekening 1 (LB0):

- afvloeiingscoëfficiënt 1.00

Berekening 2 (LB1):

- afvloeiingscoëfficiënt 0.75

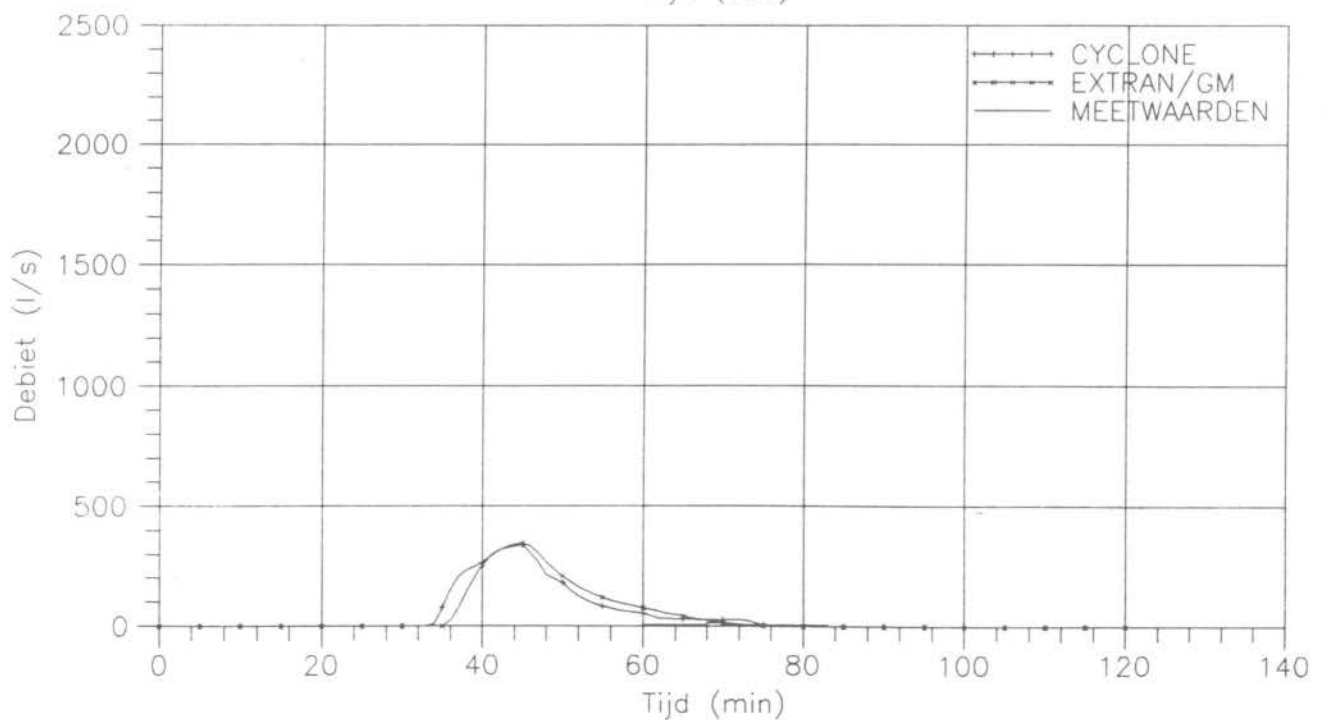
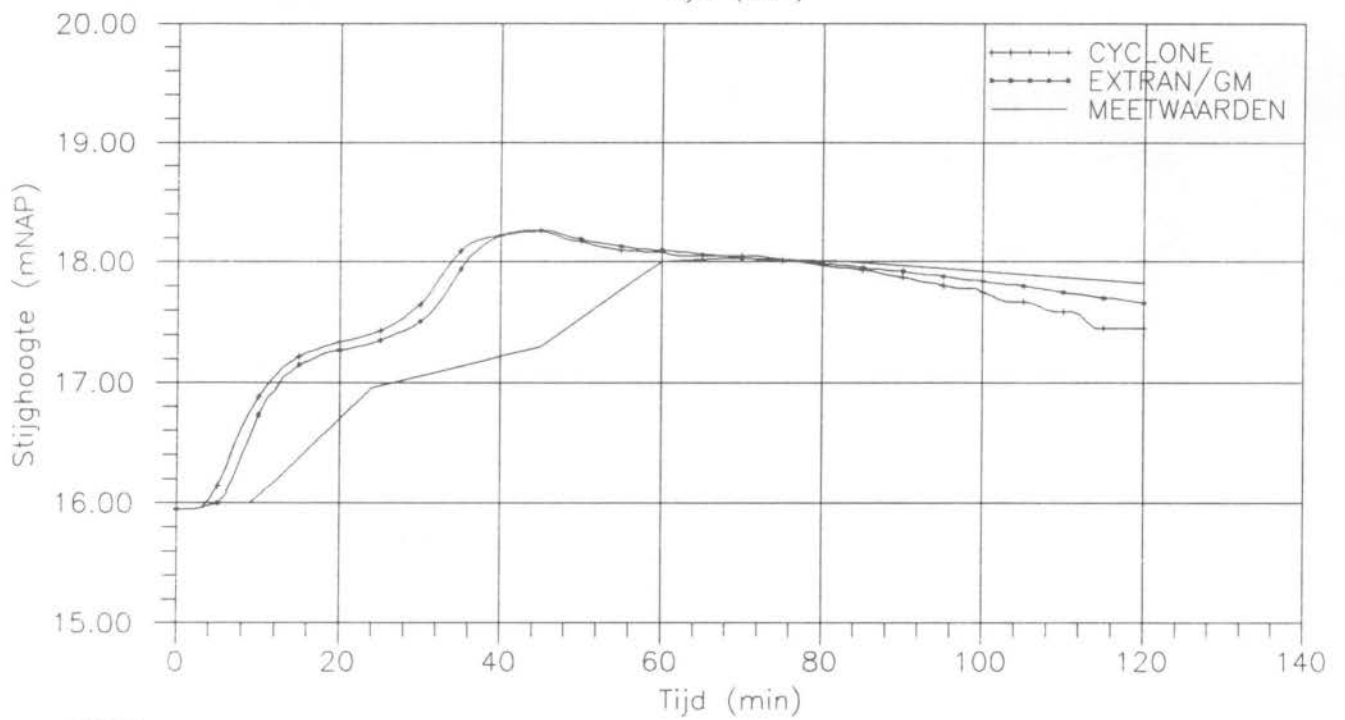
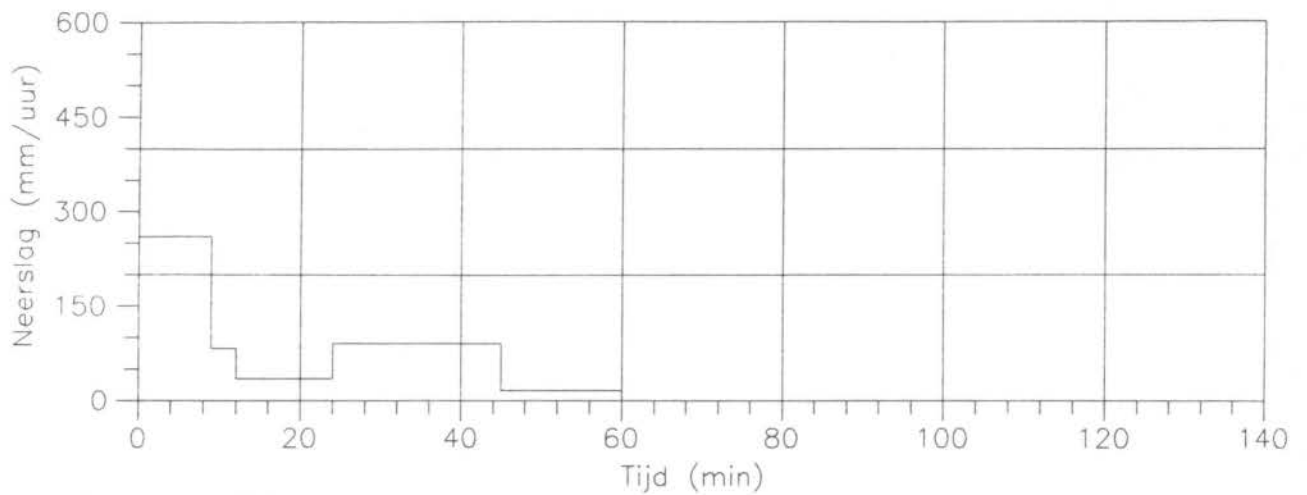
Berekening 3 (LB2):

- afvloeiingscoëfficiënt 1.00
- inloopmodel

Berekening 4 (LB3):

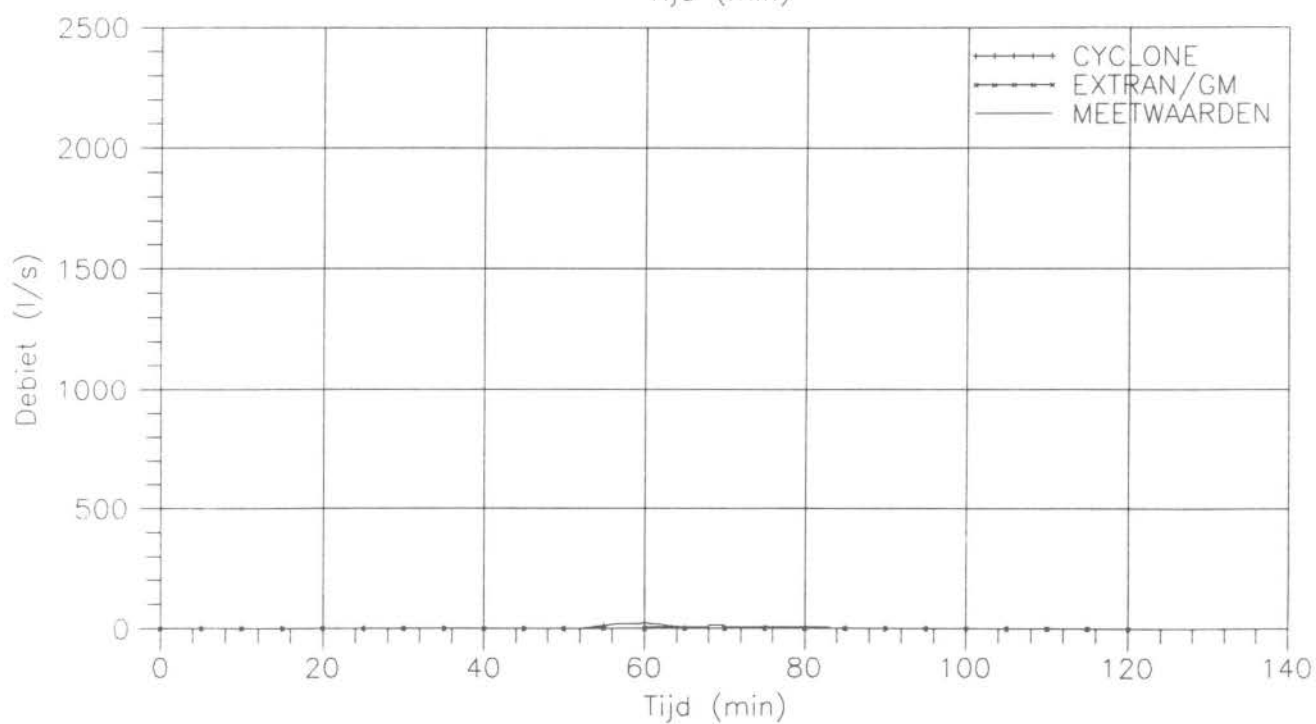
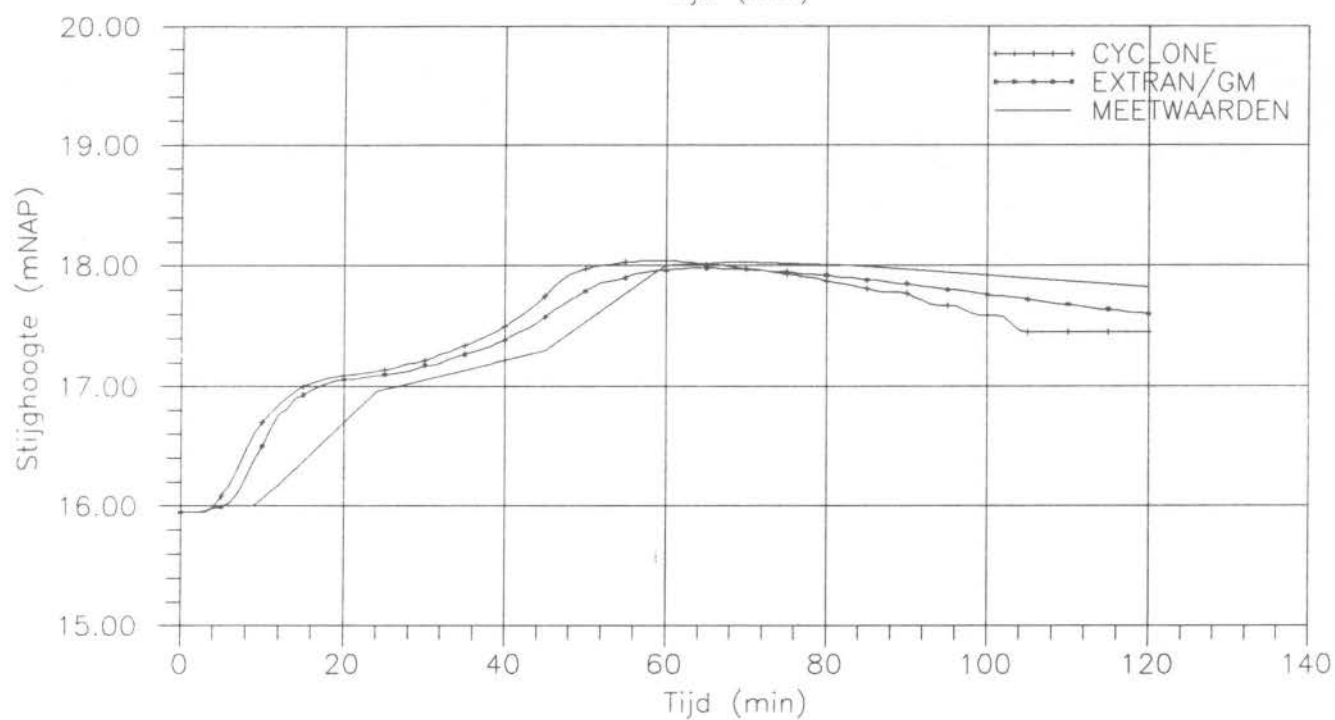
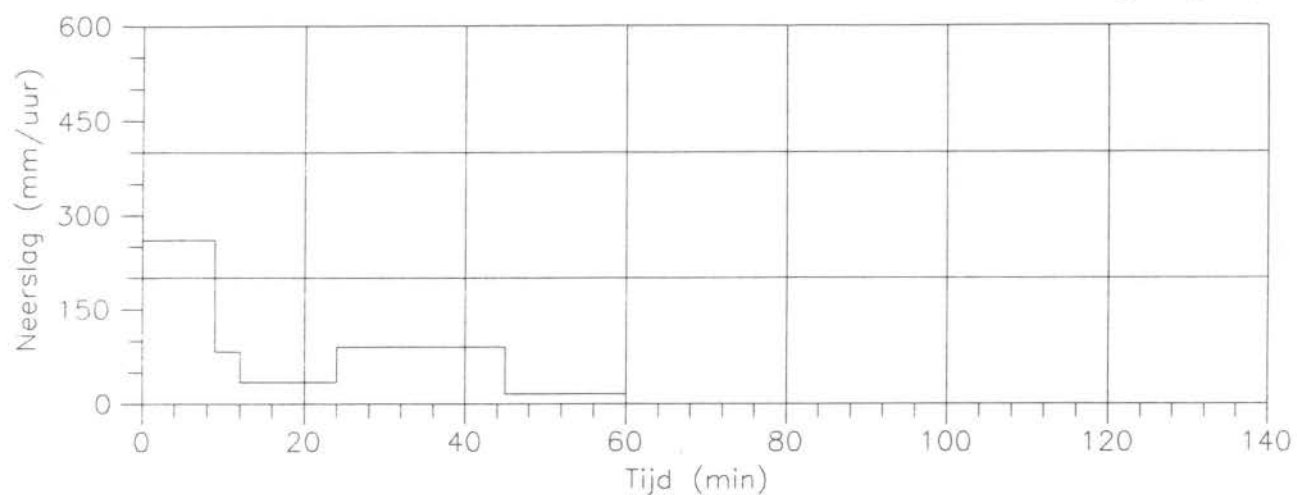
- afvloeiingscoëfficiënt 1.10
- inloopmodel:
 - . oppervlakteberging 2 mm
 - . afstromingsvertraging

Berekening 1 (LB0)

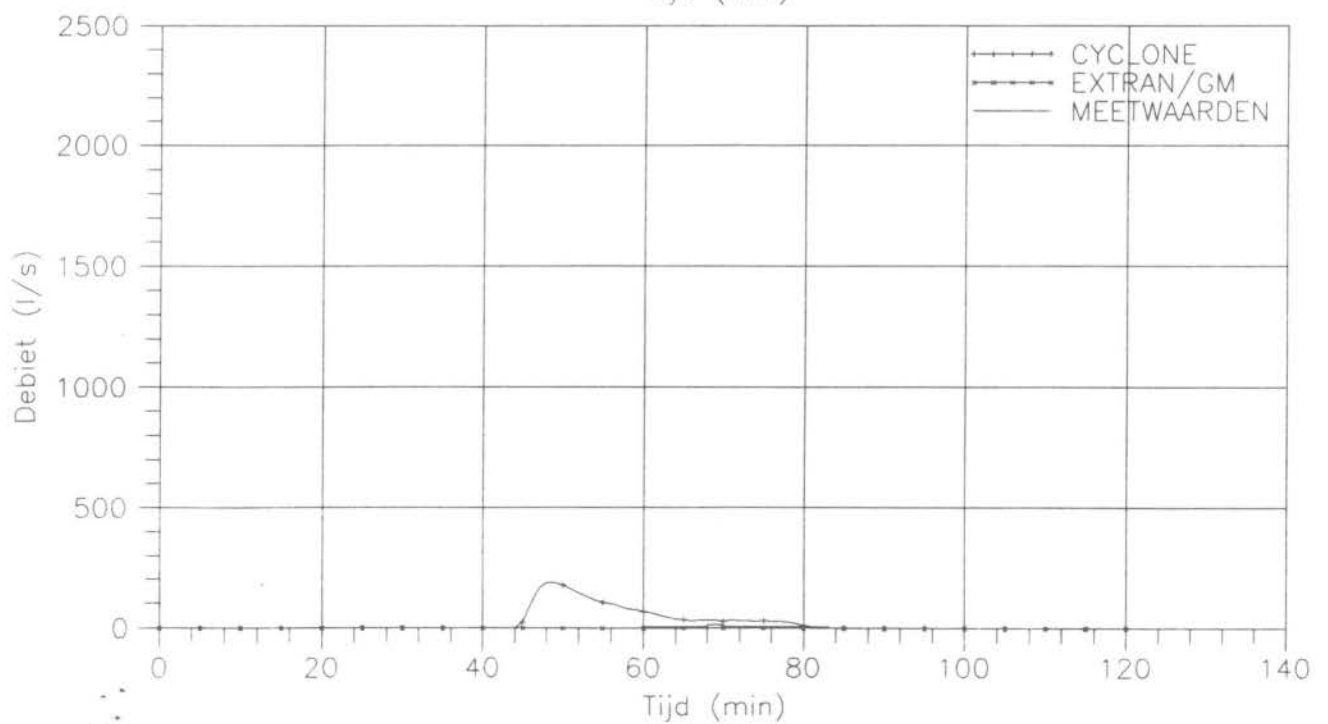
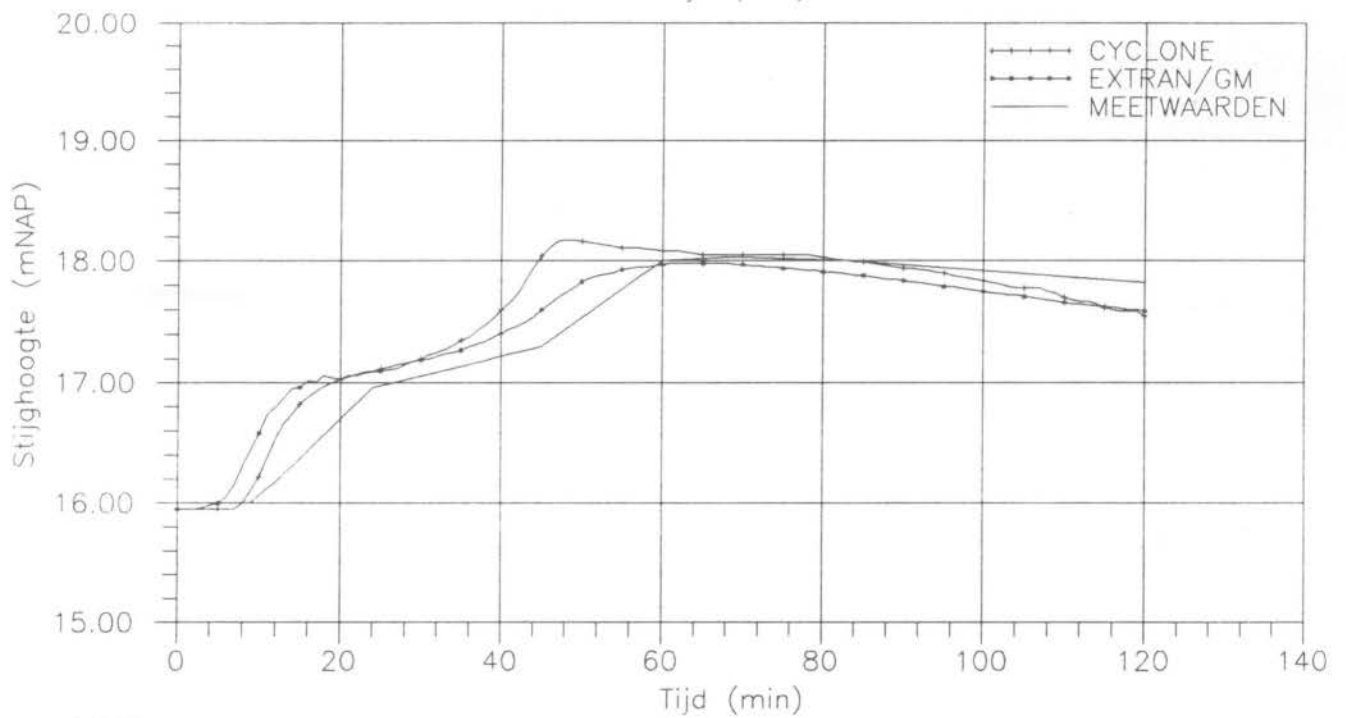
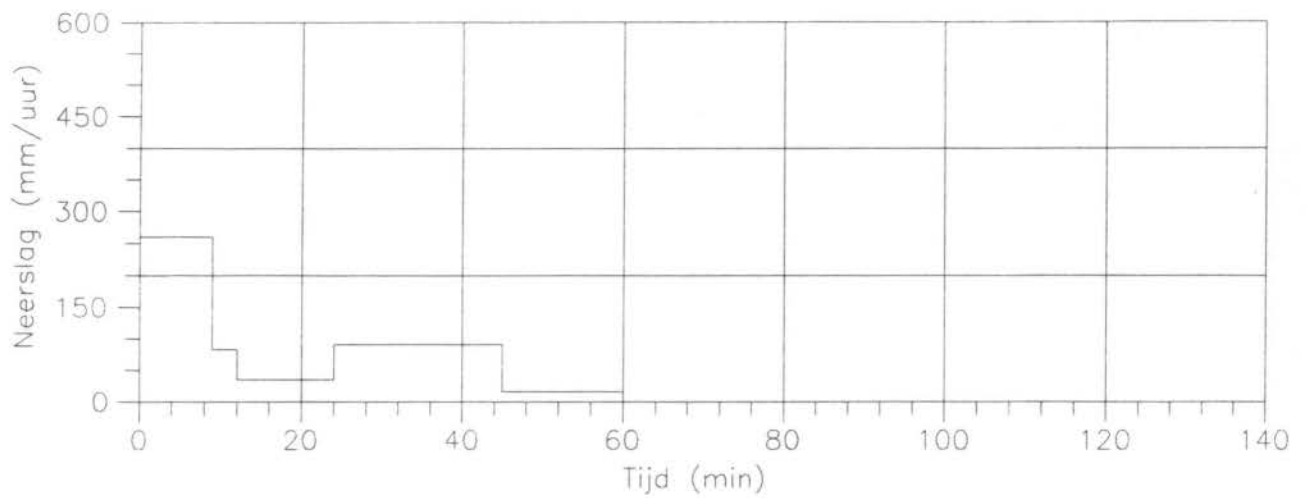


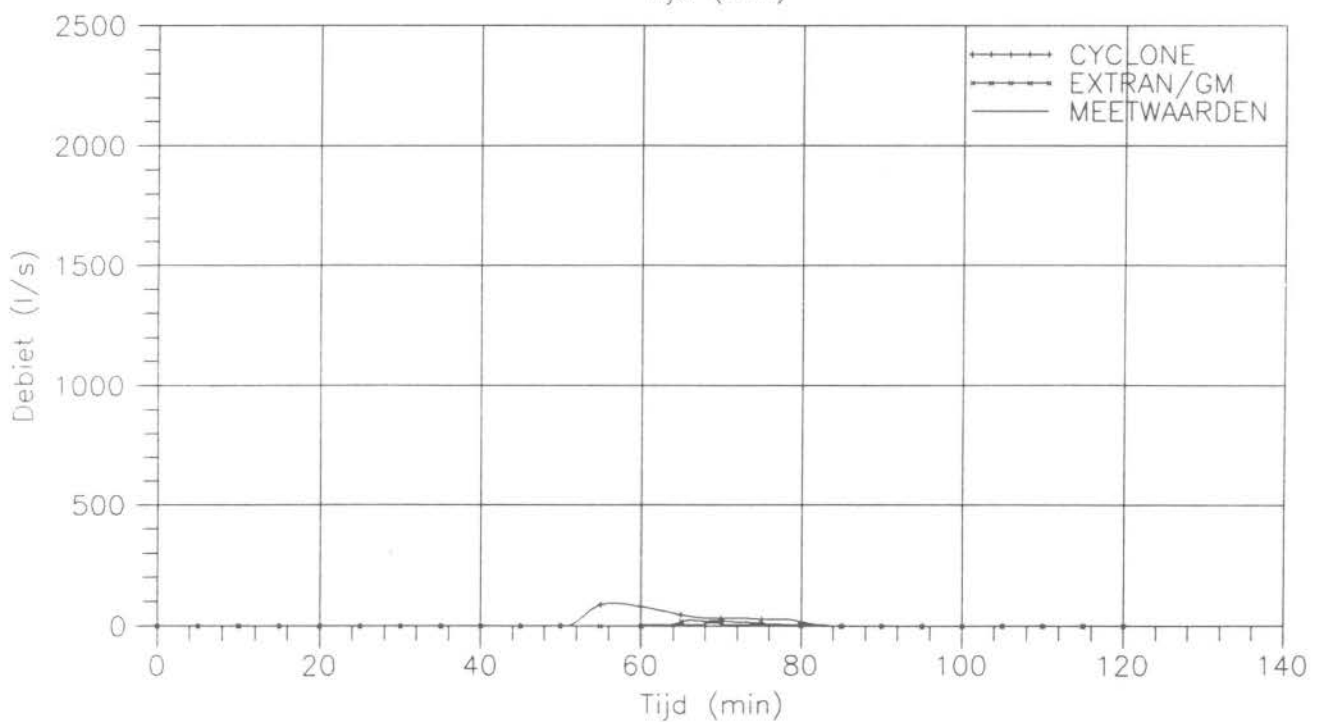
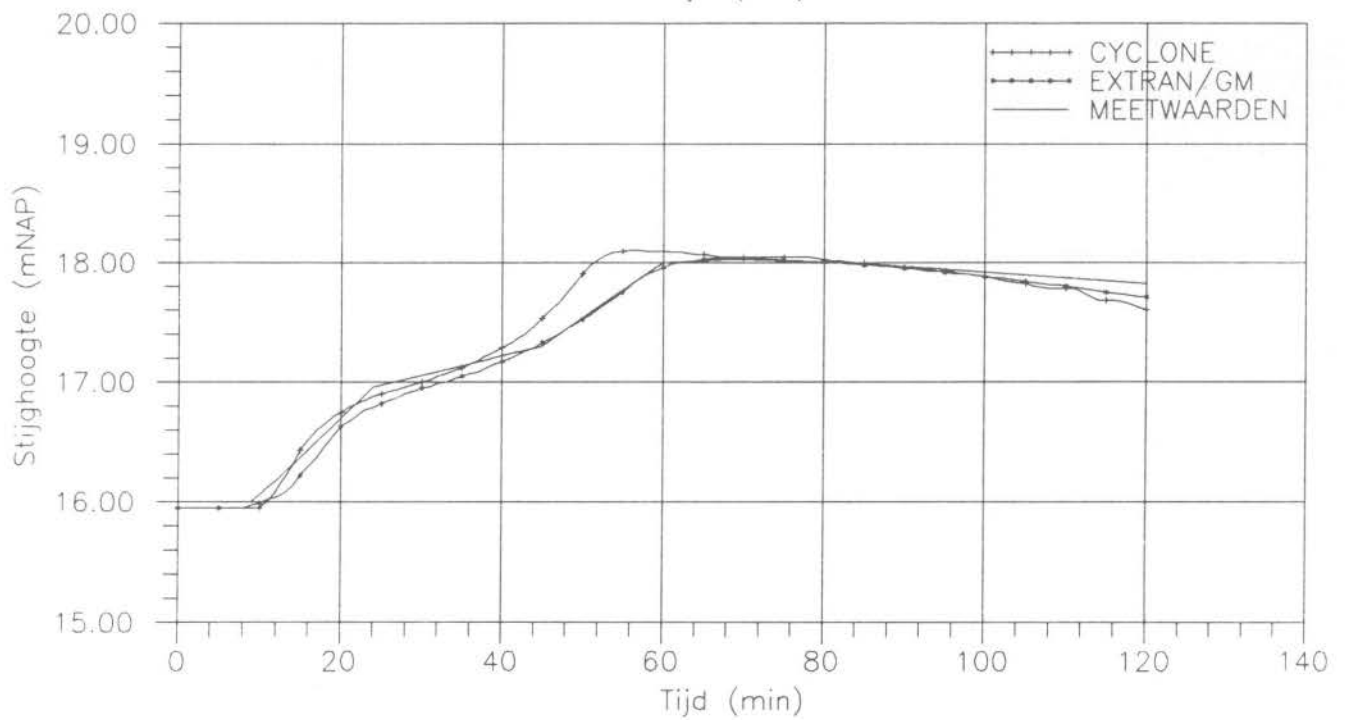
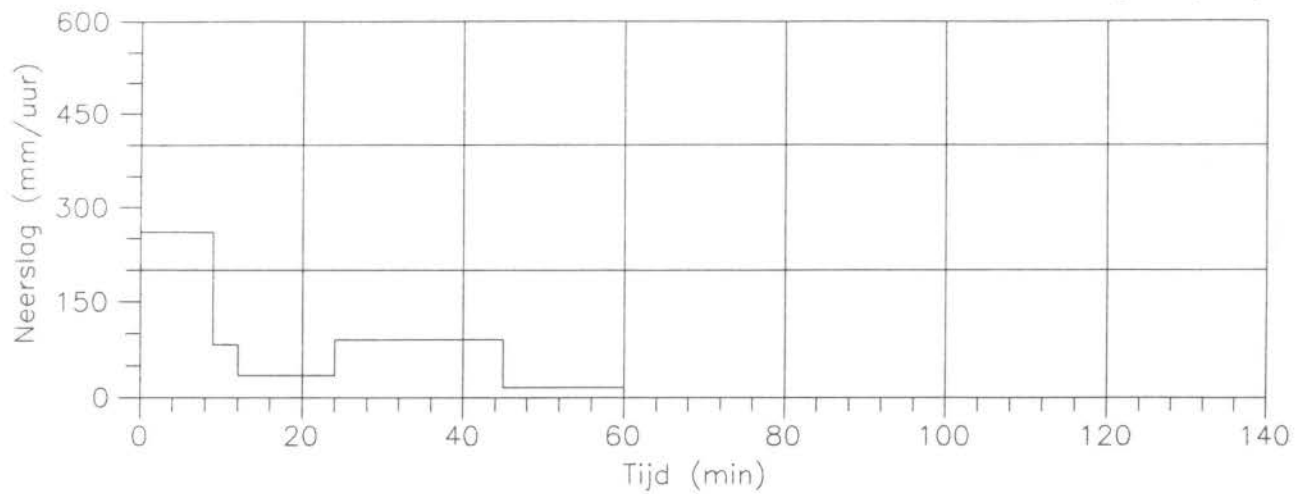
Overstortnummer 24: afvloeiingscoëfficiënt = 1.0

Berekening 2 (LB1)



Overstortnummer 24; afvloeiingscoëfficiënt gemeten





BIJLAGE 4C

LOENEN 25 (830608)

Neerslagvolume	:	3281	m3
		20.8	mm
Neerslagduur	:	253	min
Gem.pompoevercapaciteit	:	148	m3/h
Overstortingsvolume	:	1099	m3
Overstortingsduur	:	150	min
Factor waterbalans	:	0.83	-

Berekening 1 (LC0):

- afvloeiingscoëfficiënt 1.00

Berekening 2 (LC1):

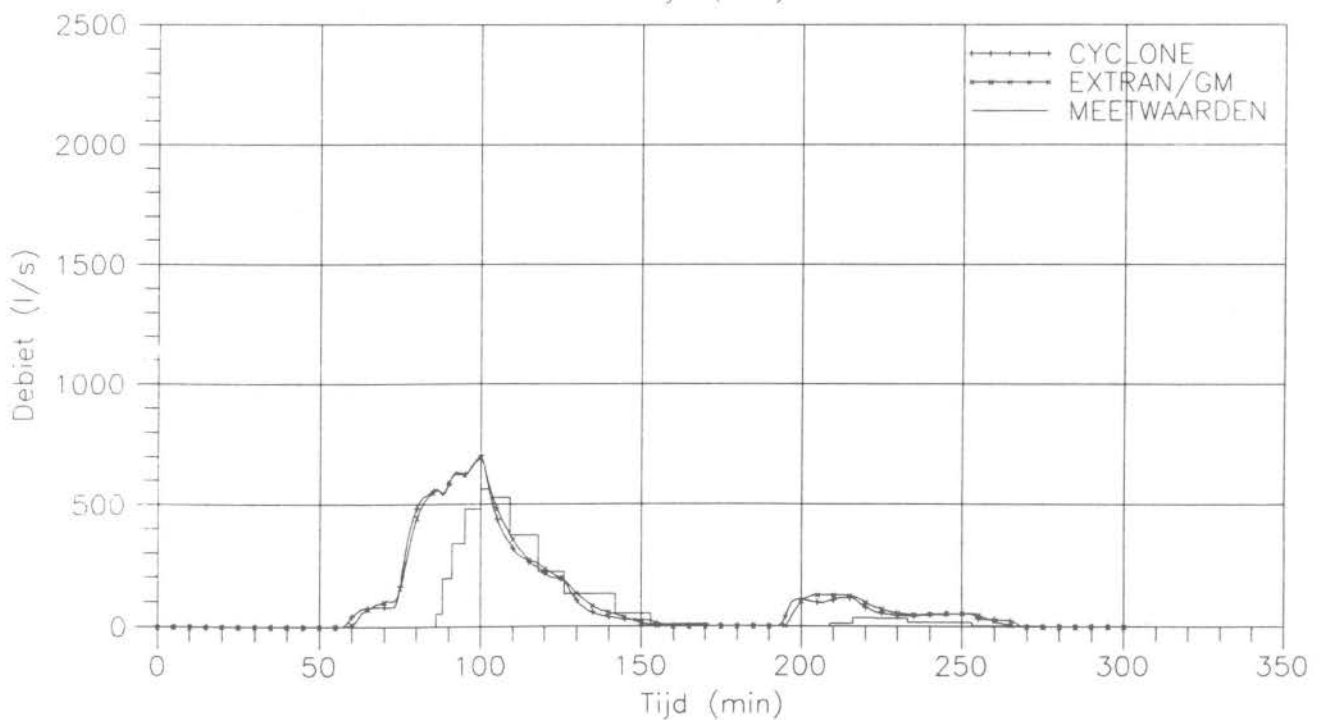
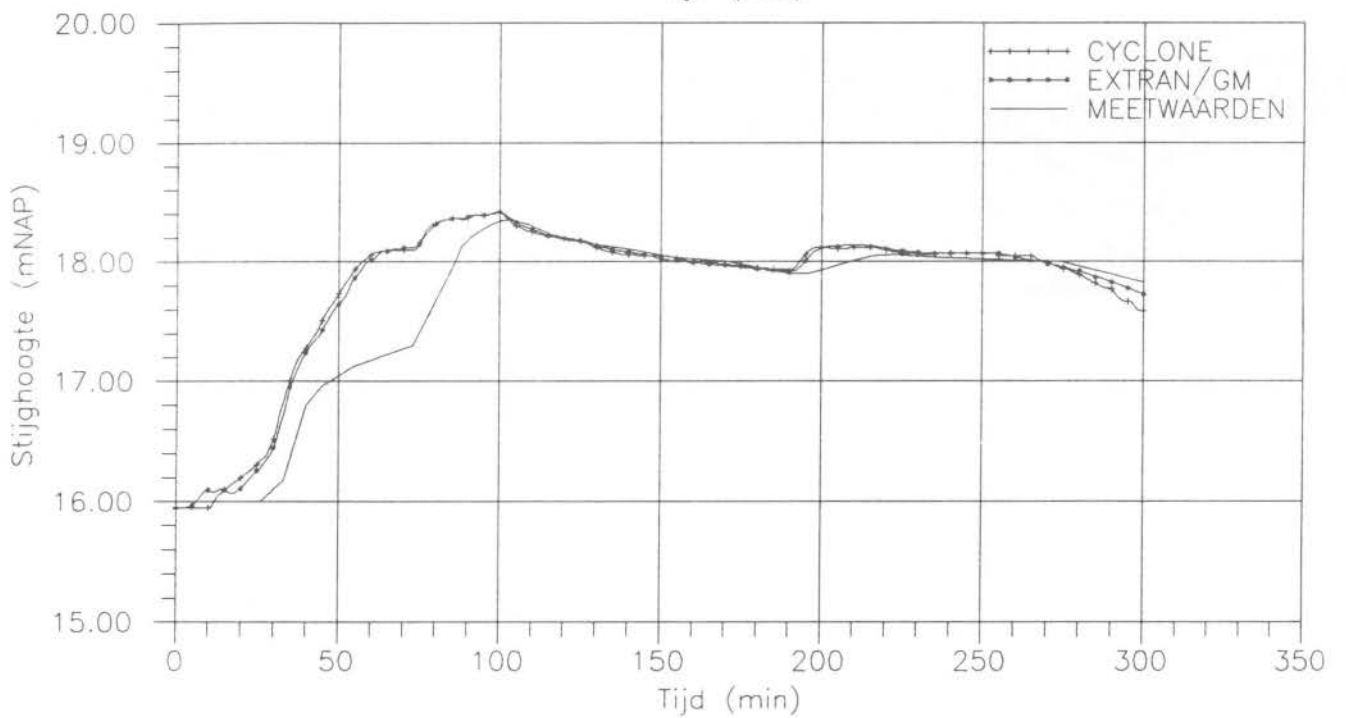
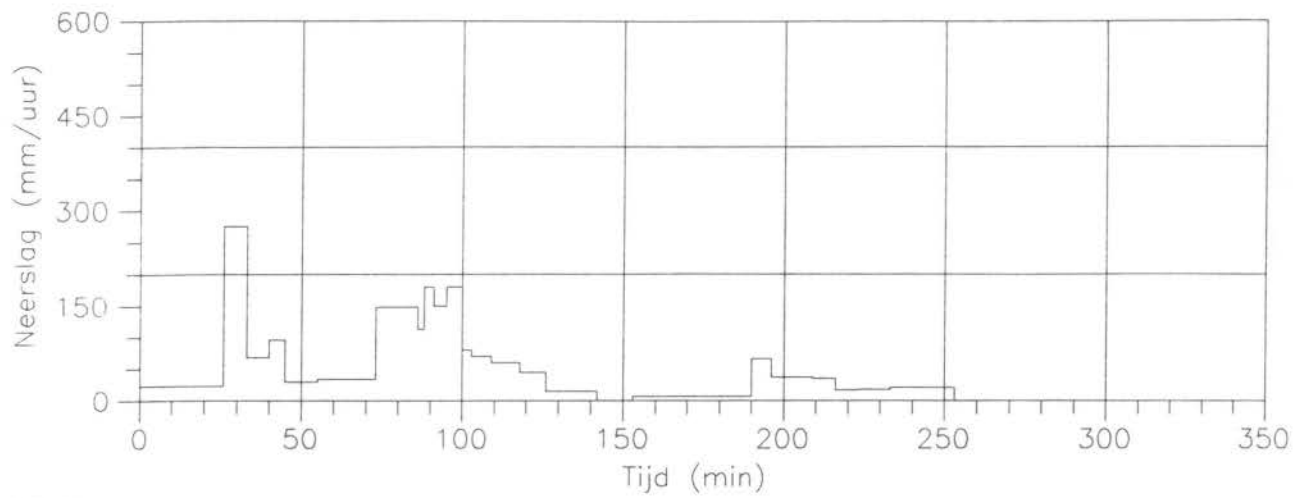
- afvloeiingscoëfficiënt 0.83

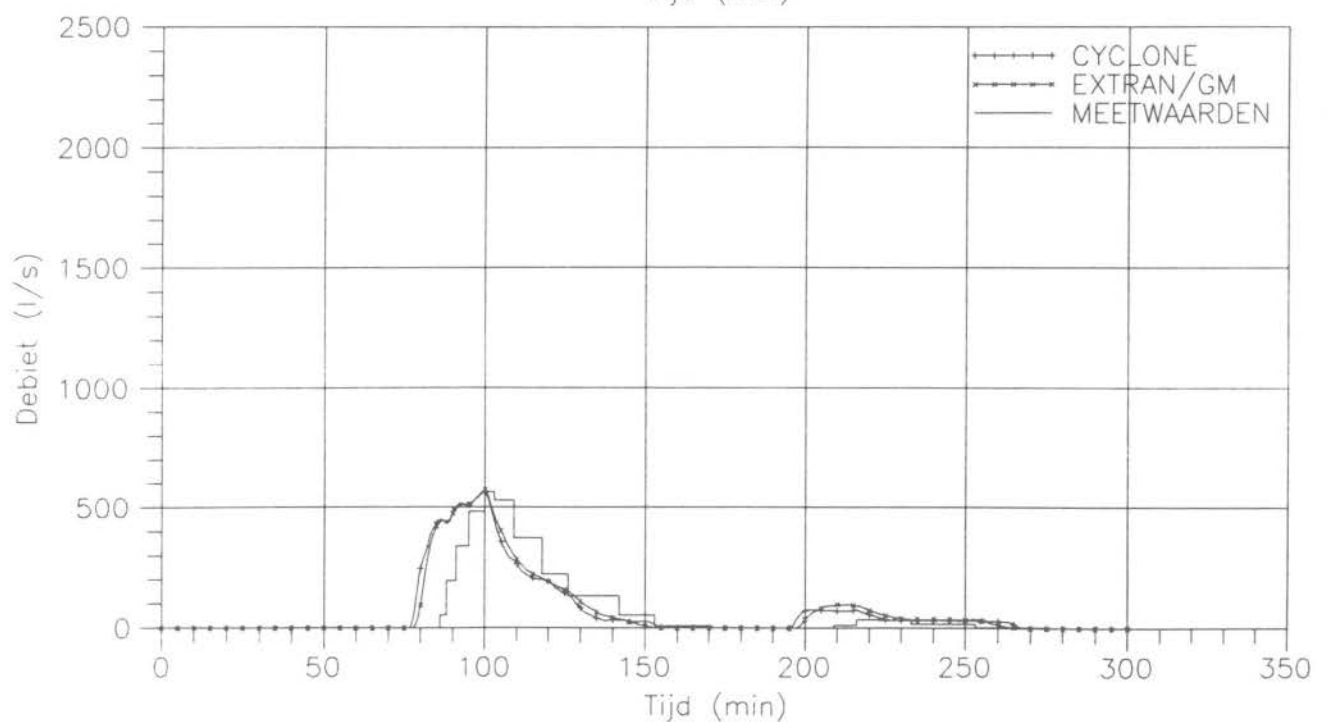
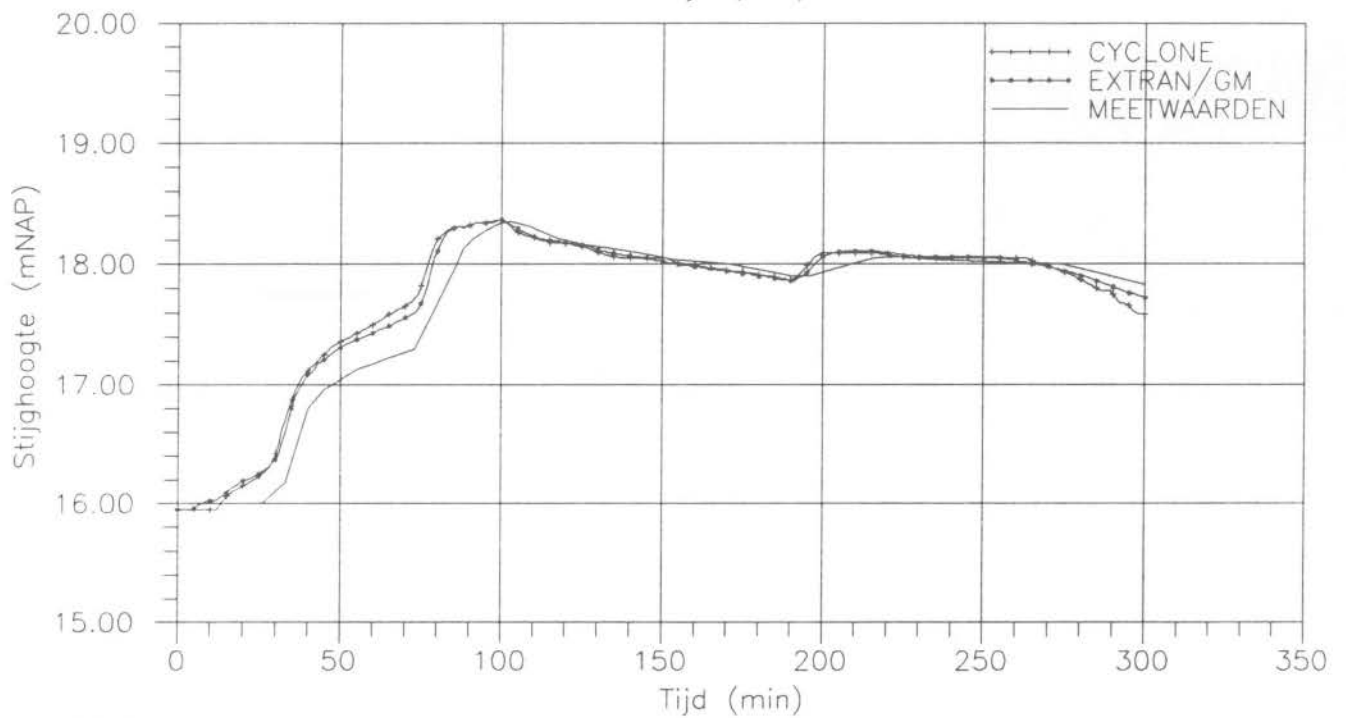
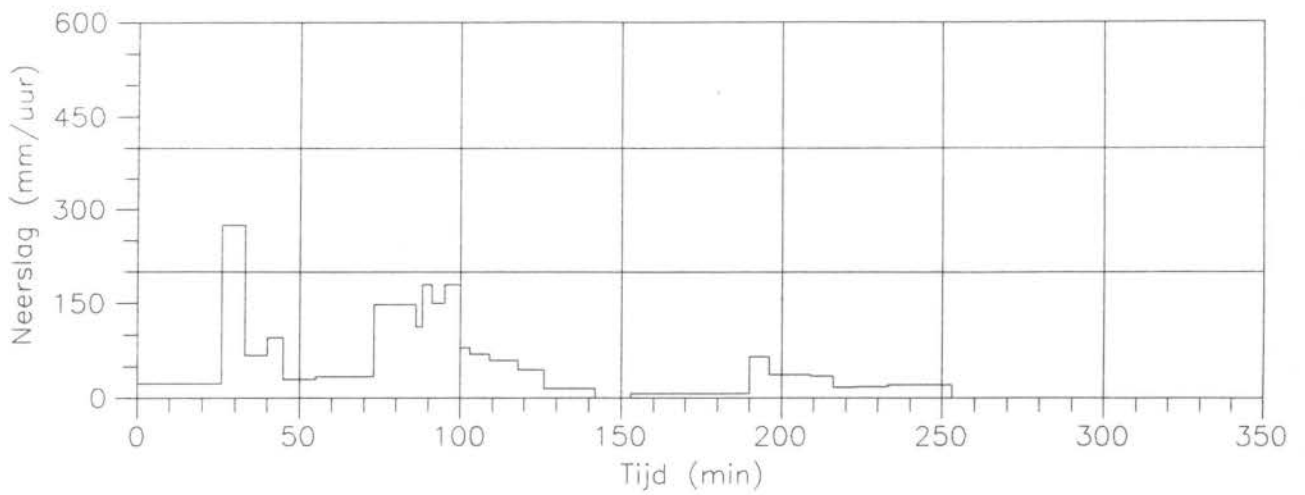
Berekening 3 (LC2):

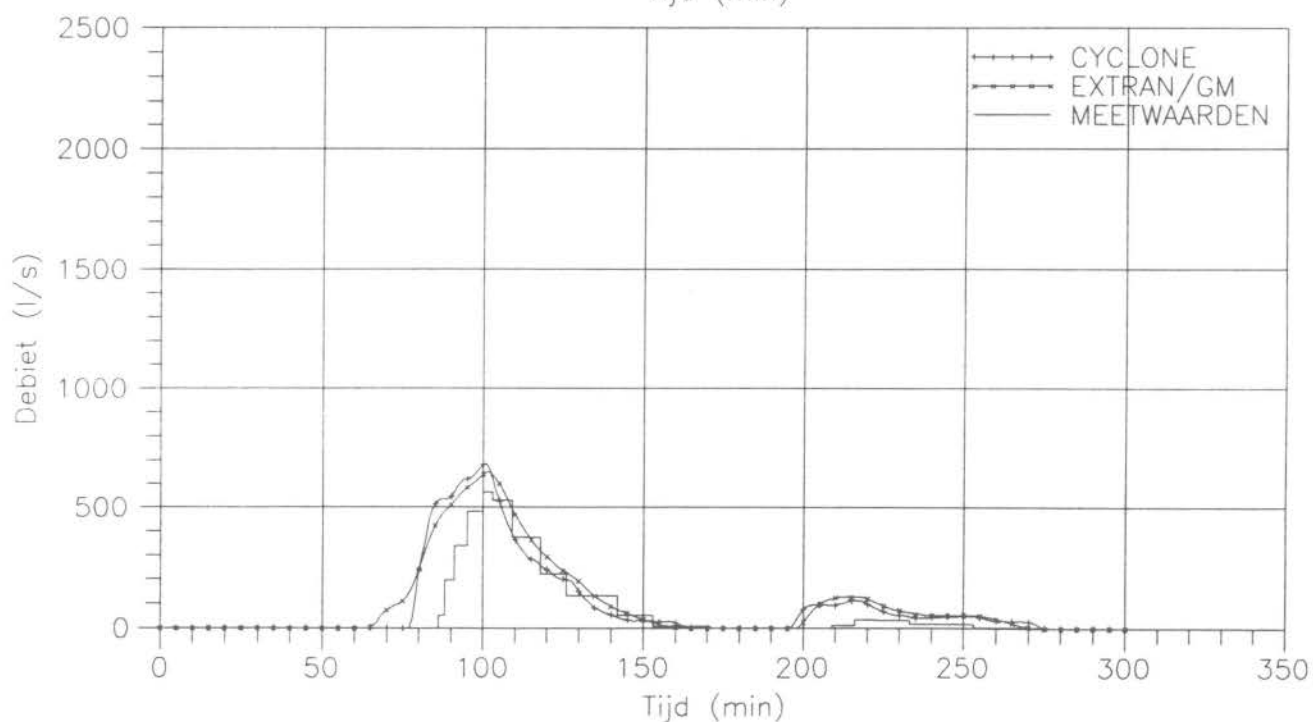
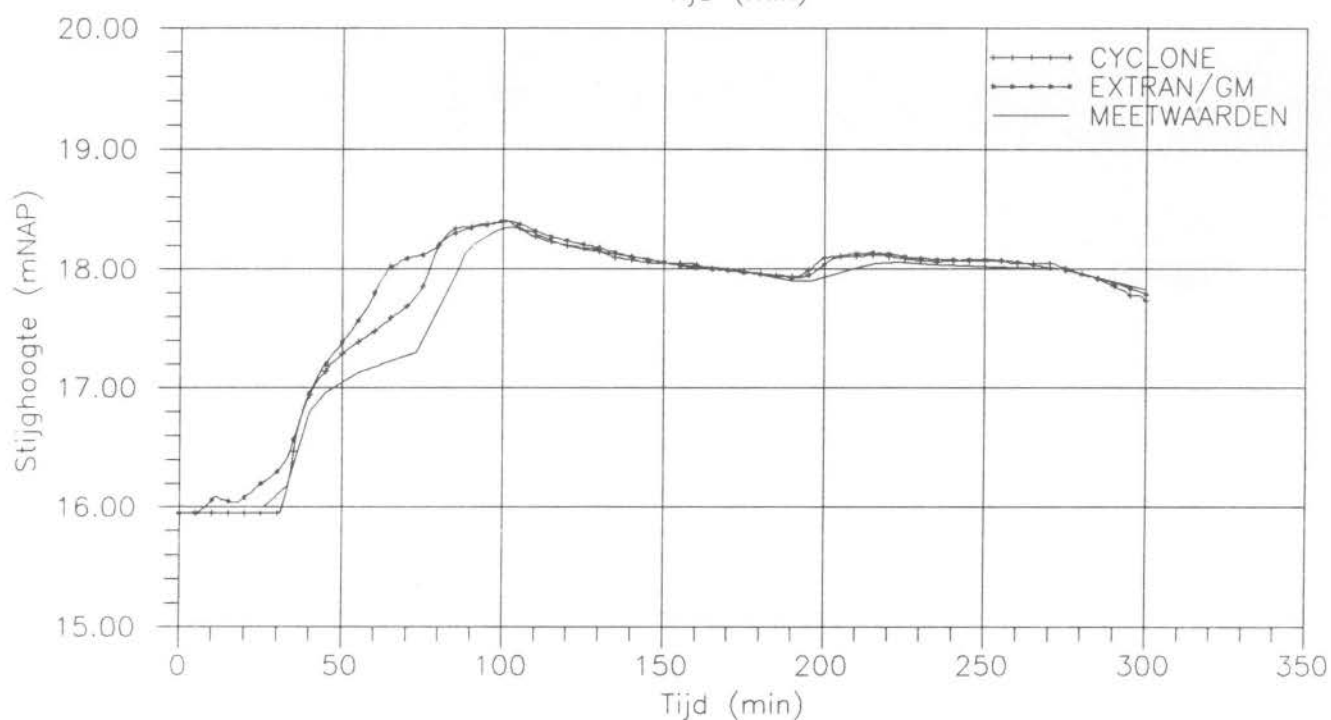
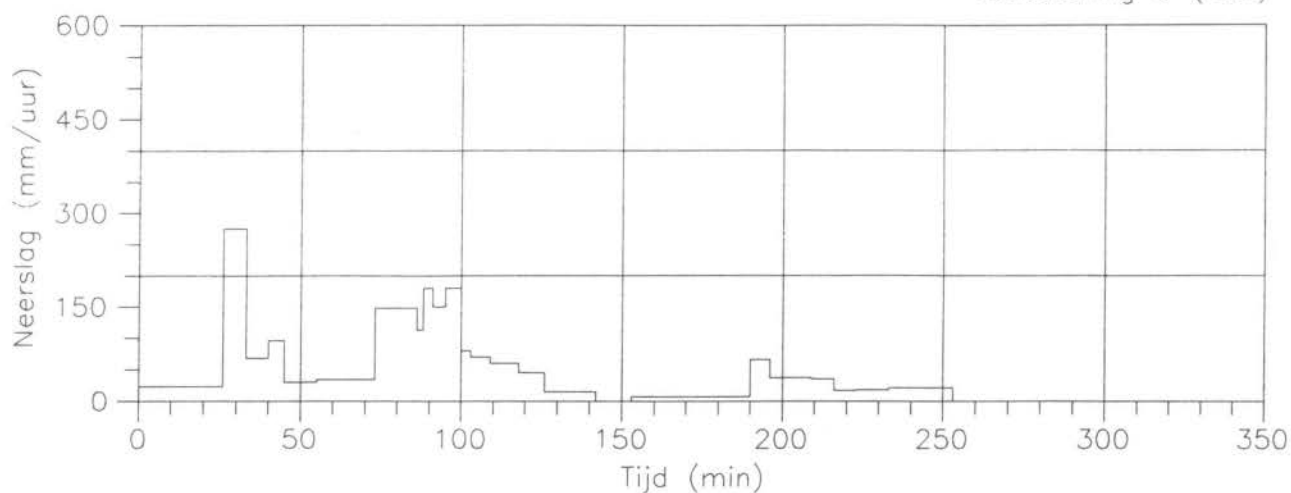
- afvloeiingscoëfficiënt 1.00
- inloopmodel

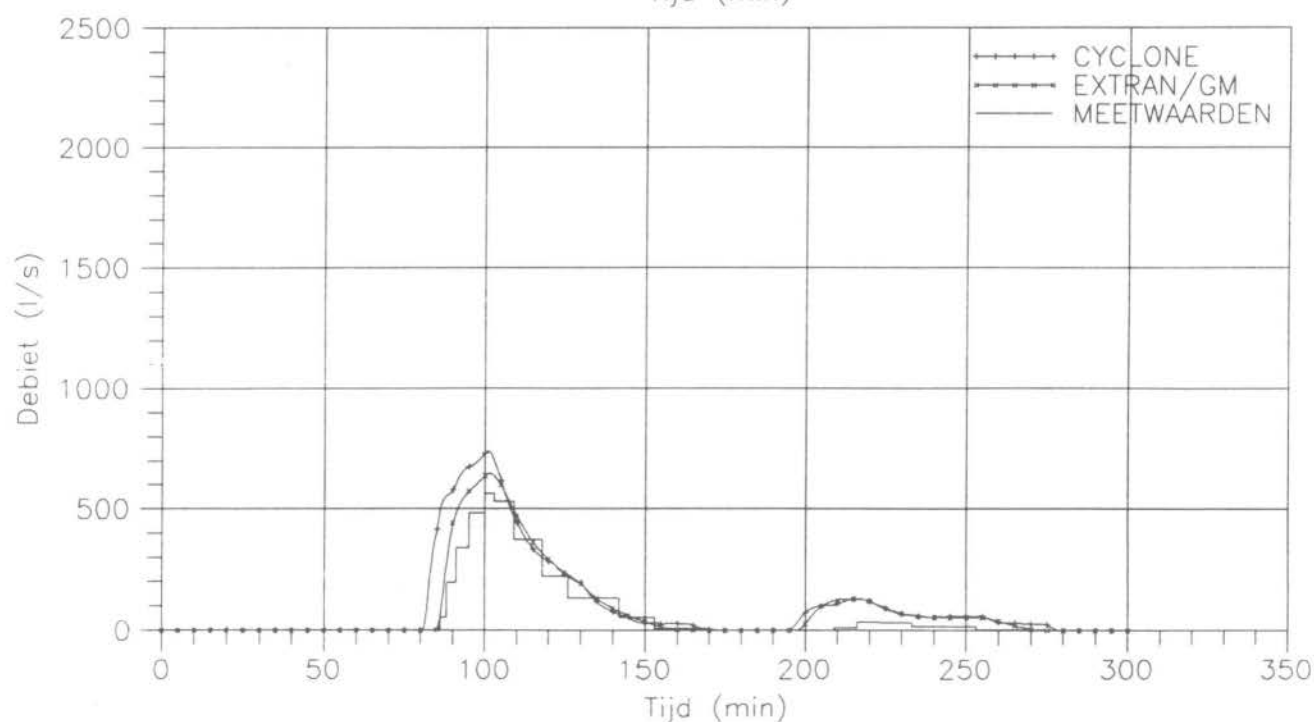
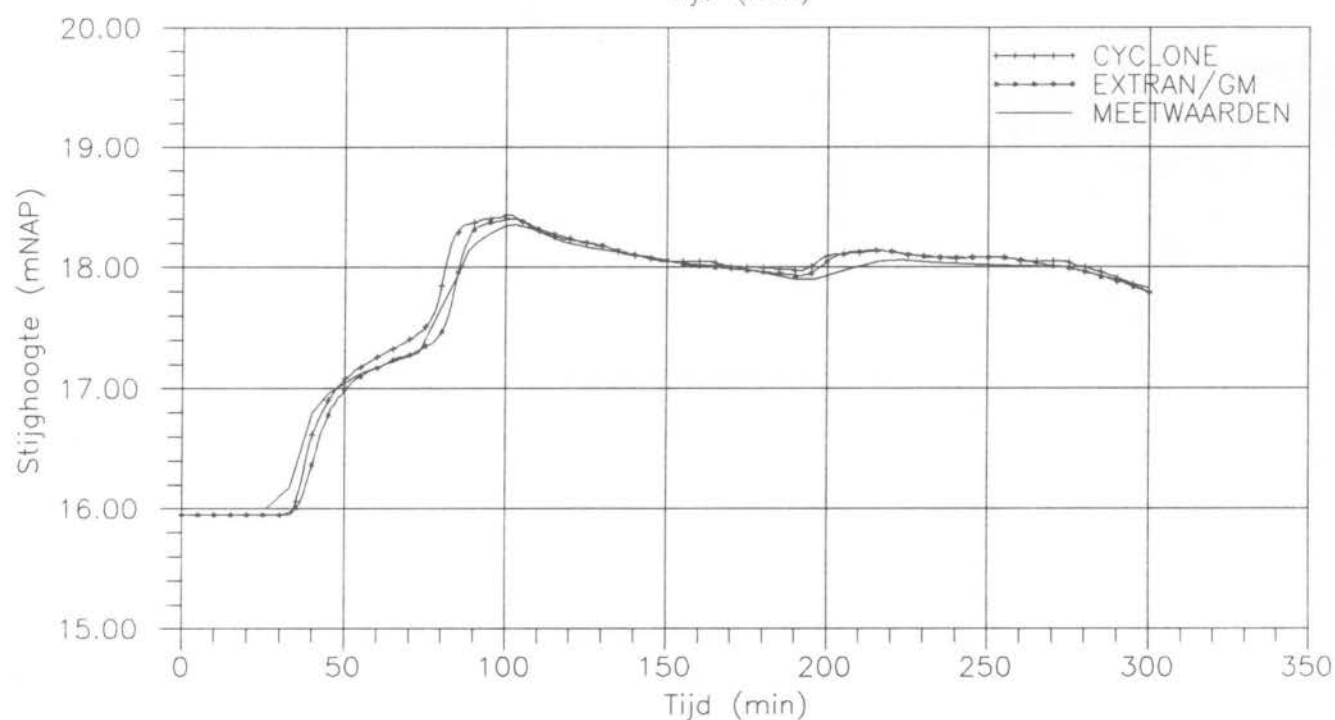
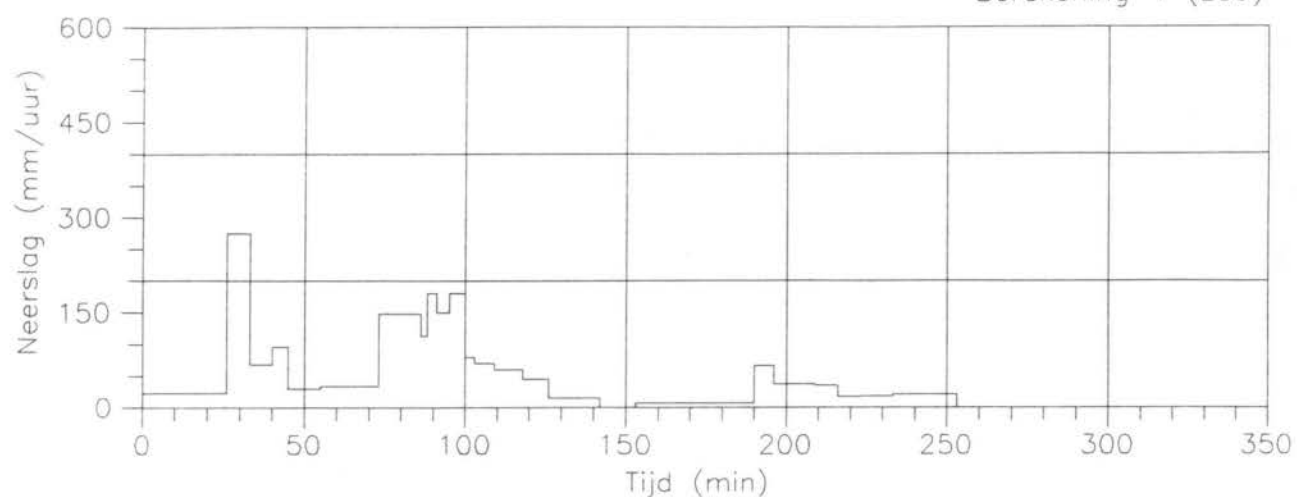
Berekening 4 (LC3):

- afvloeiingscoëfficiënt 1.10
- inloopmodel:
 - . oppervlakteberging 2 mm
 - . afstromingsvertraging









Overstortnummer 25: inloop model
oppervlakteberging en afstromingsvertraging

BIJLAGE 4D

LOENEN 26 (830624)

Neerslagvolume	:	2303	m3
		14.6	mm
Neerslagduur	:	55	min
Gem.pompoevercapaciteit	:	133	m3/h
Overstortingsvolume	:	842	m3
Overstortingsduur	:	50	min
Factor waterbalans	:	0.5	-

Berekening 1 (LD0):

- afvloeiingscoëfficiënt 1.00

Berekening 2 (LD1):

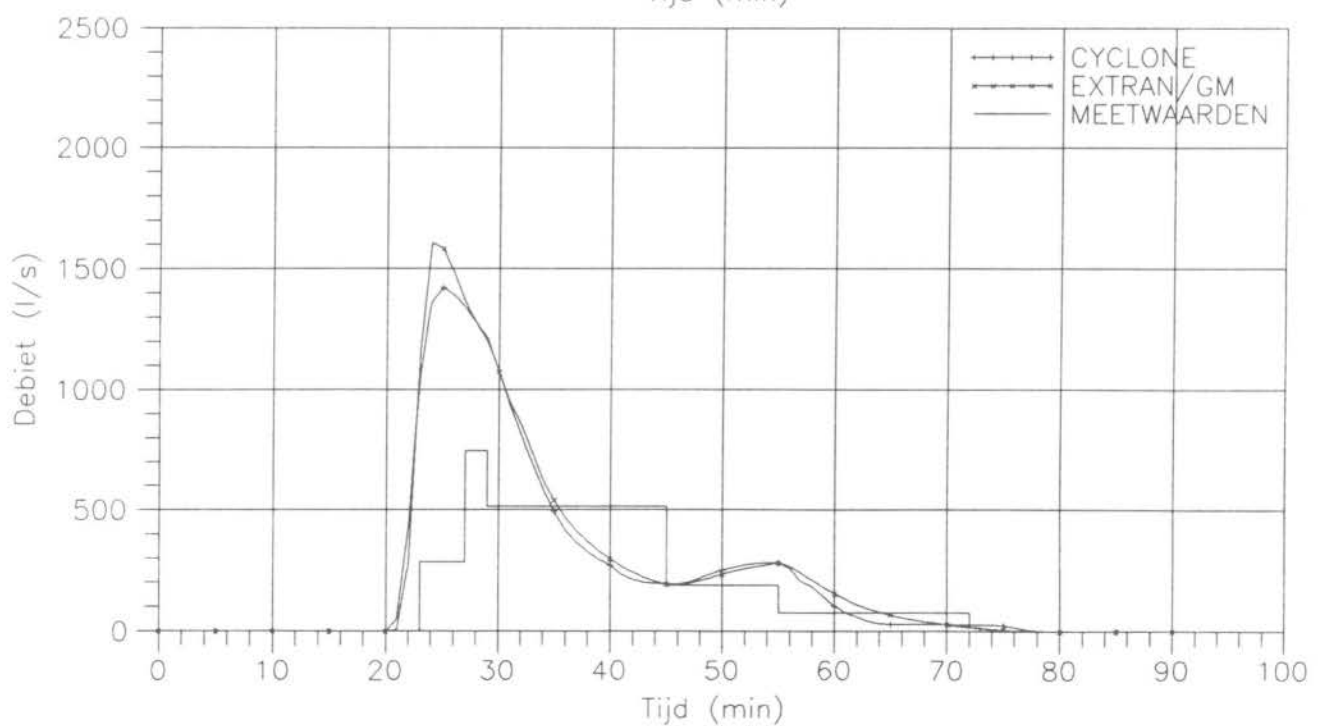
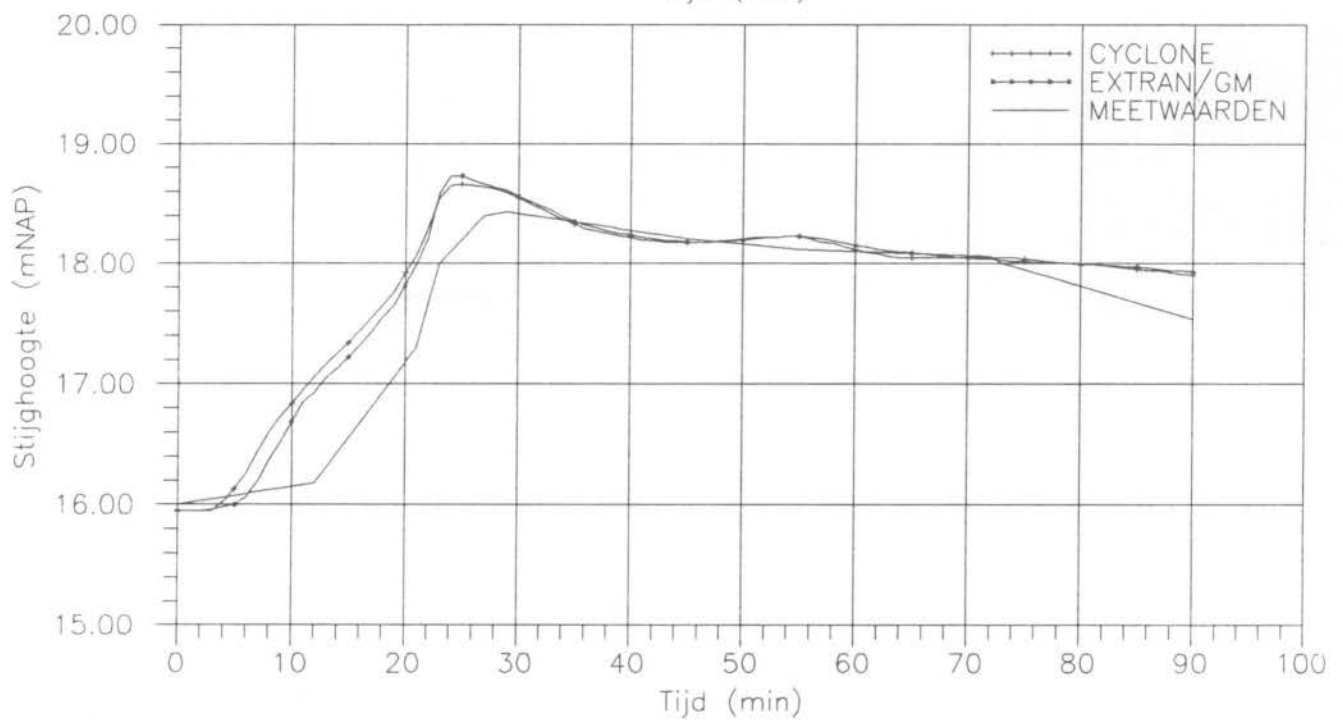
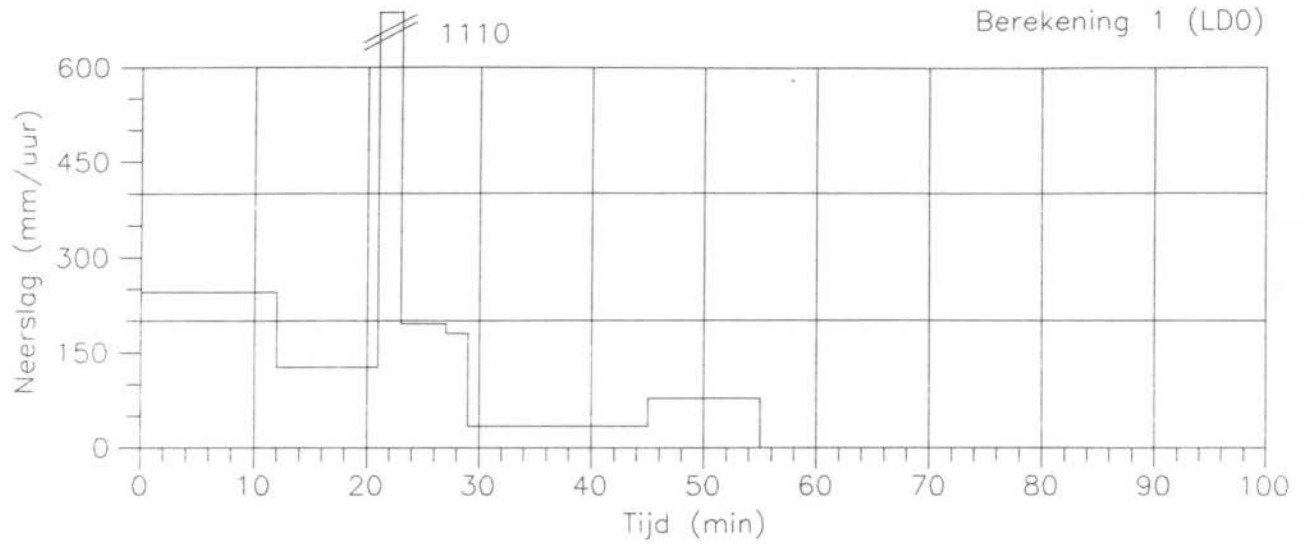
- afvloeiingscoëfficiënt 0.50

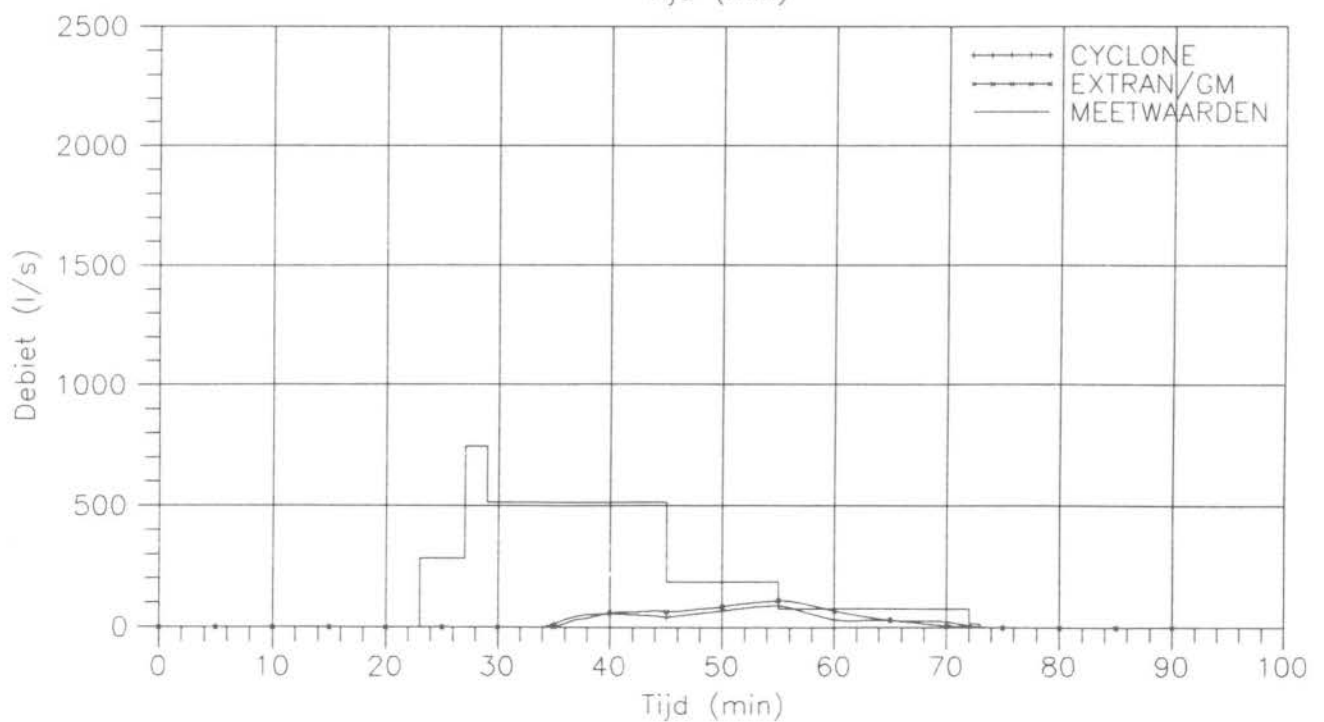
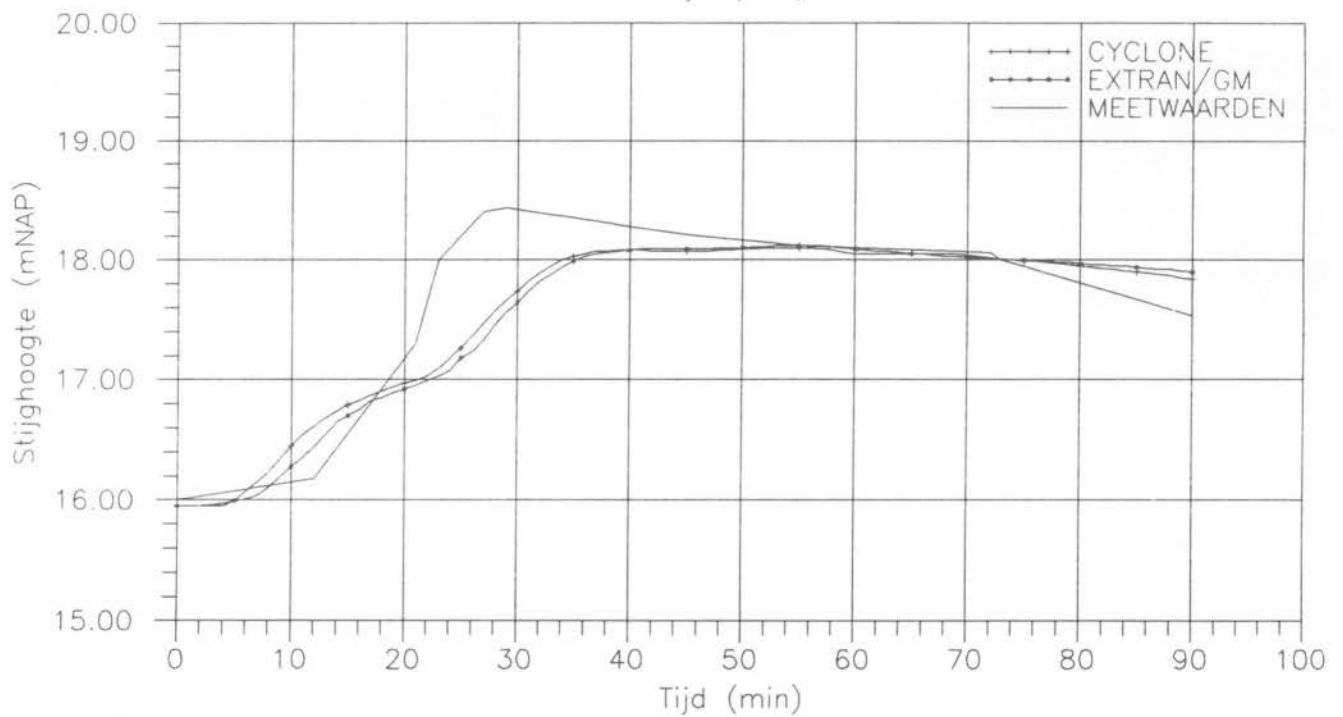
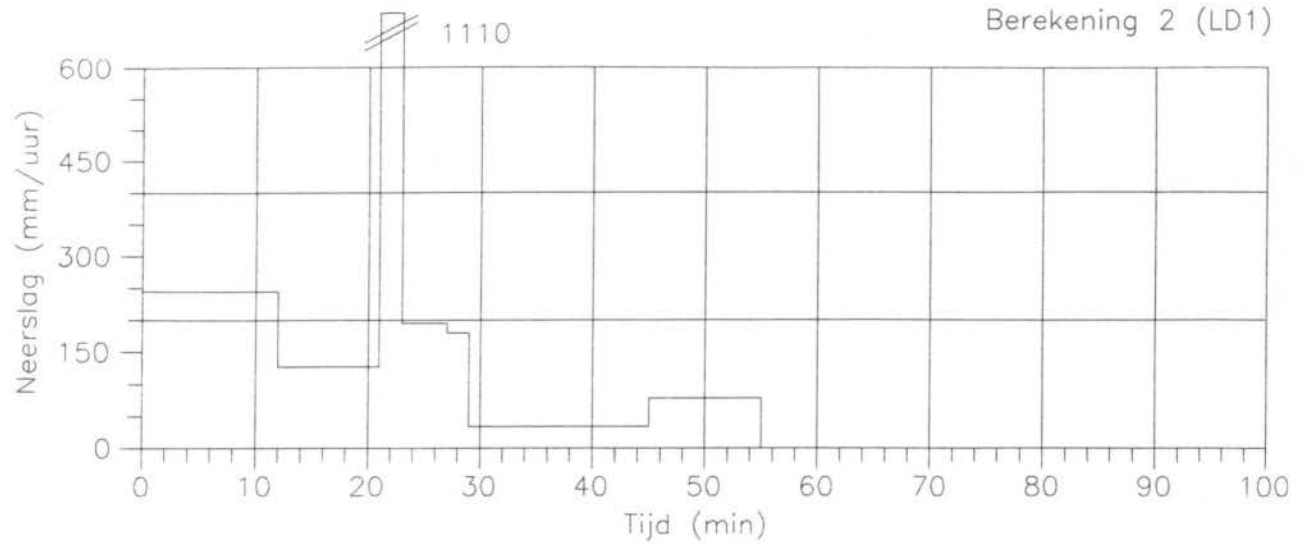
Berekening 3 (LD2):

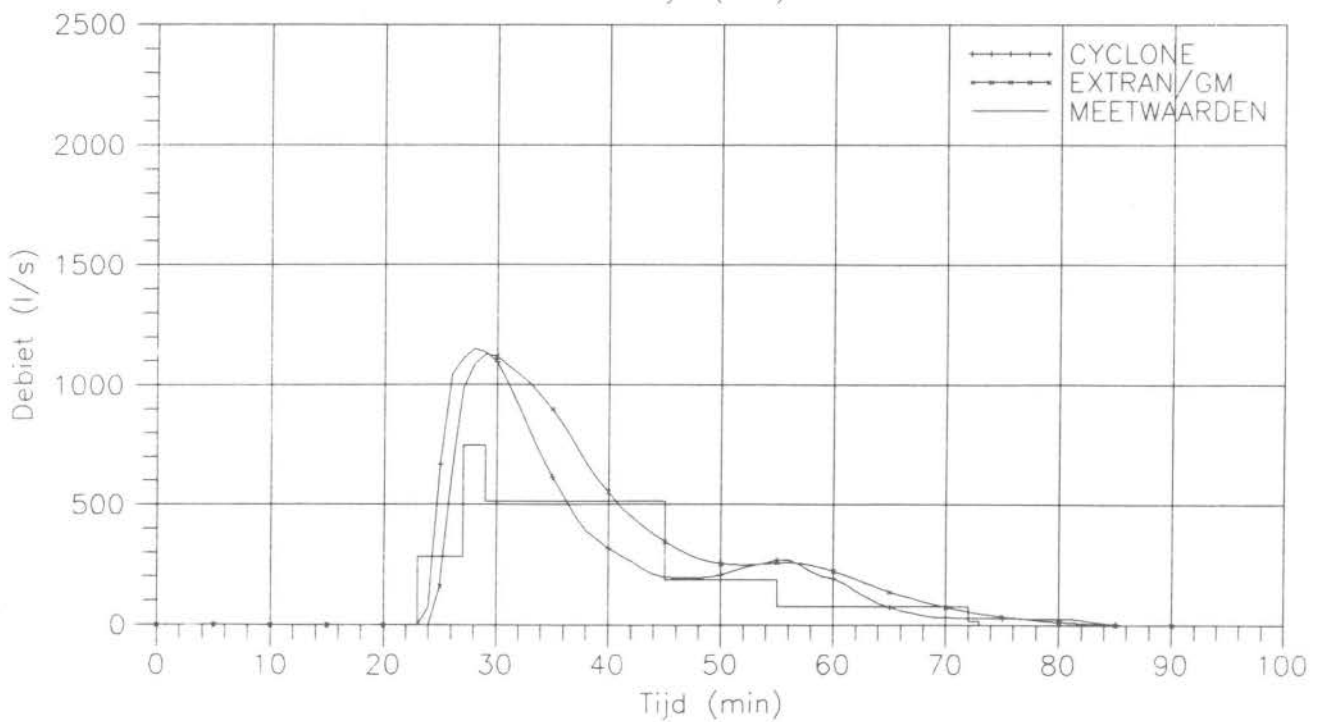
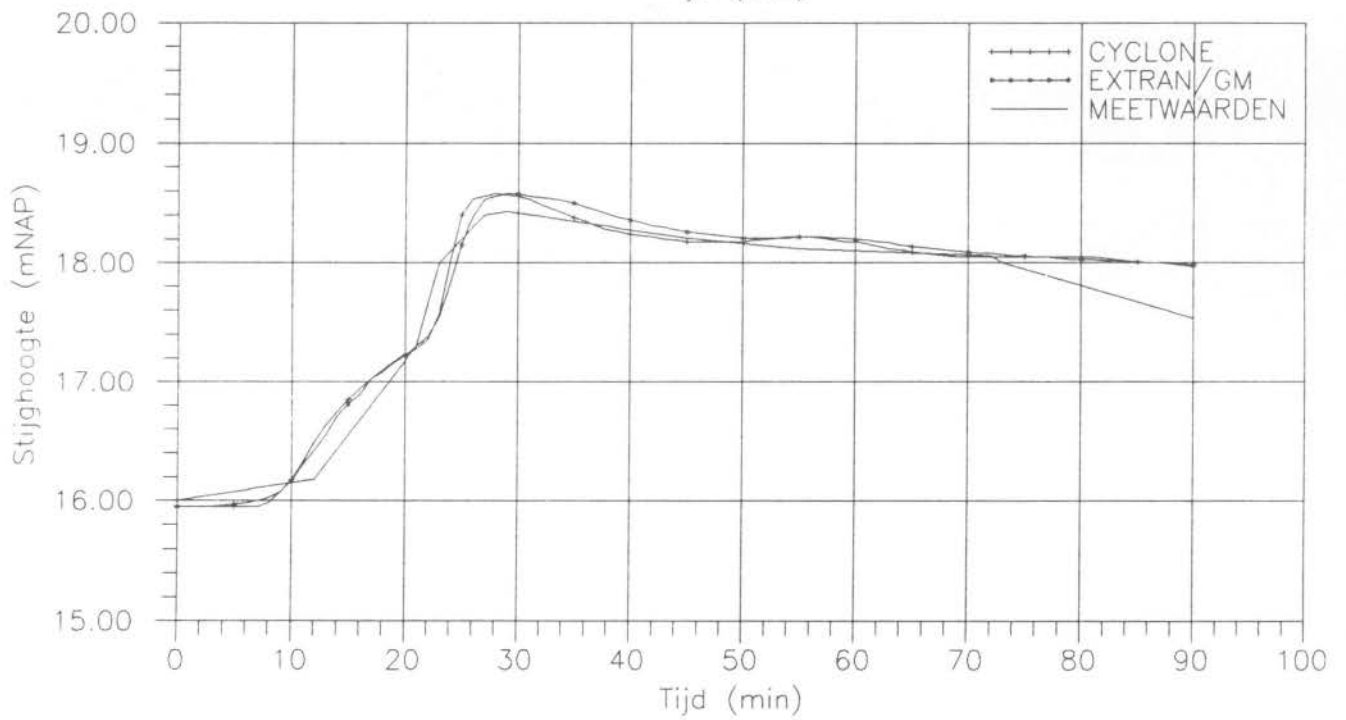
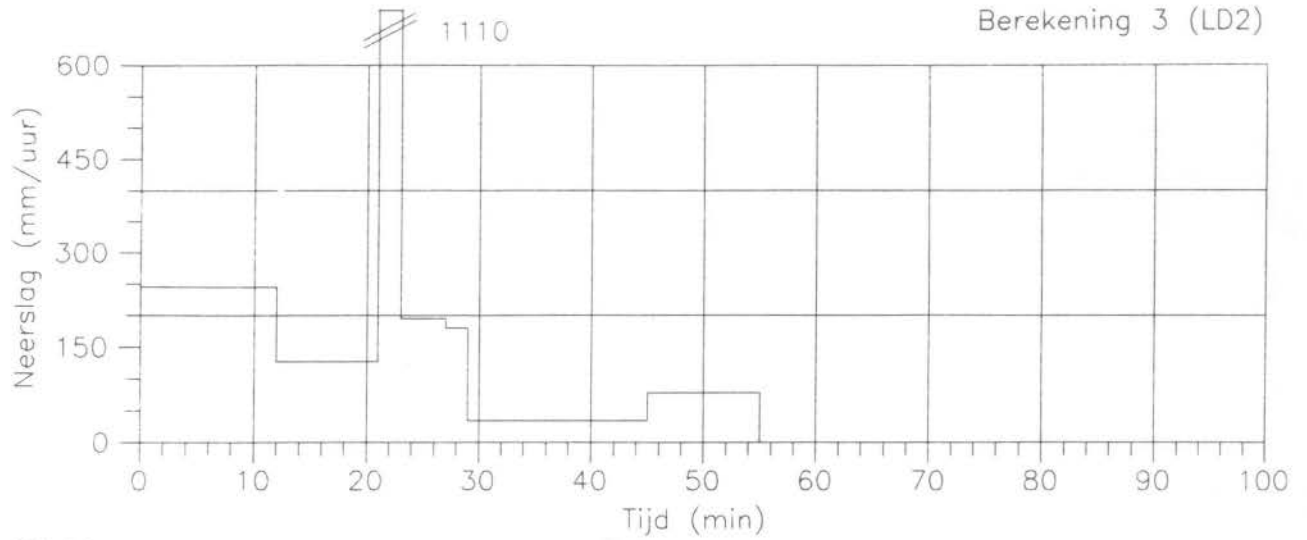
- afvloeiingscoëfficiënt 1.00
- inloopmodel

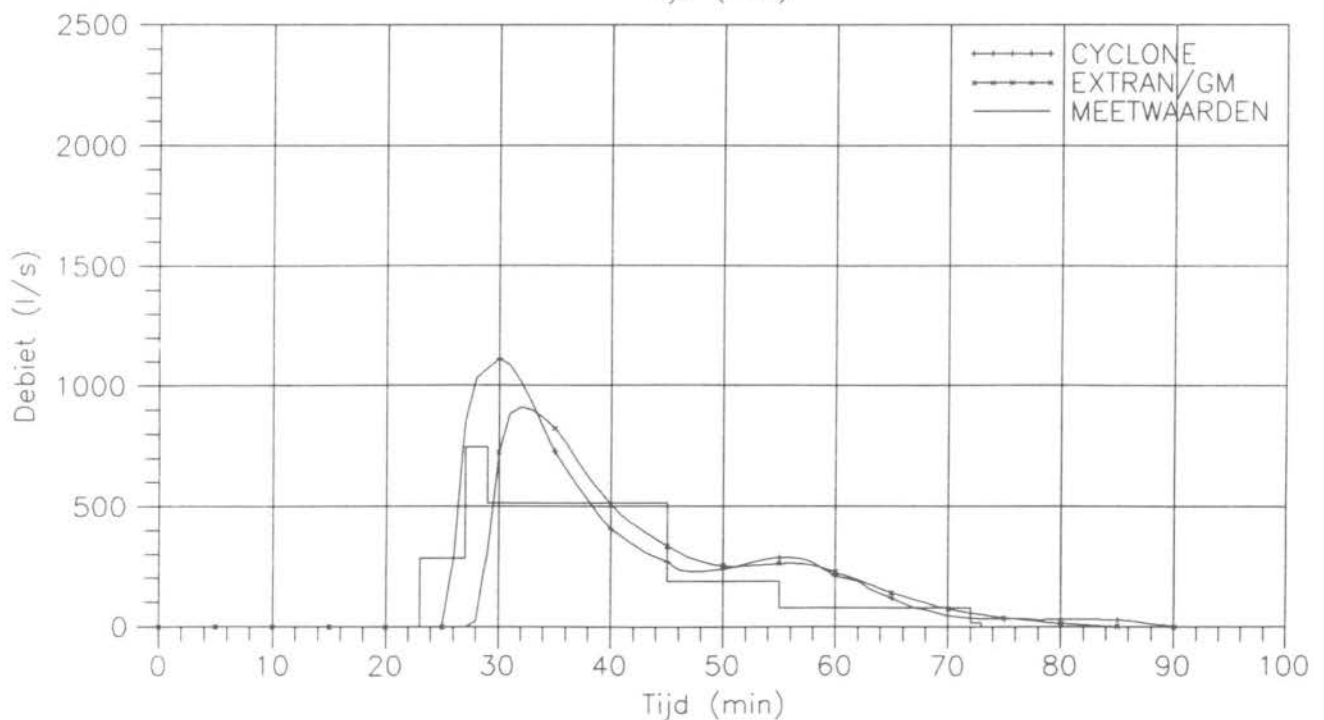
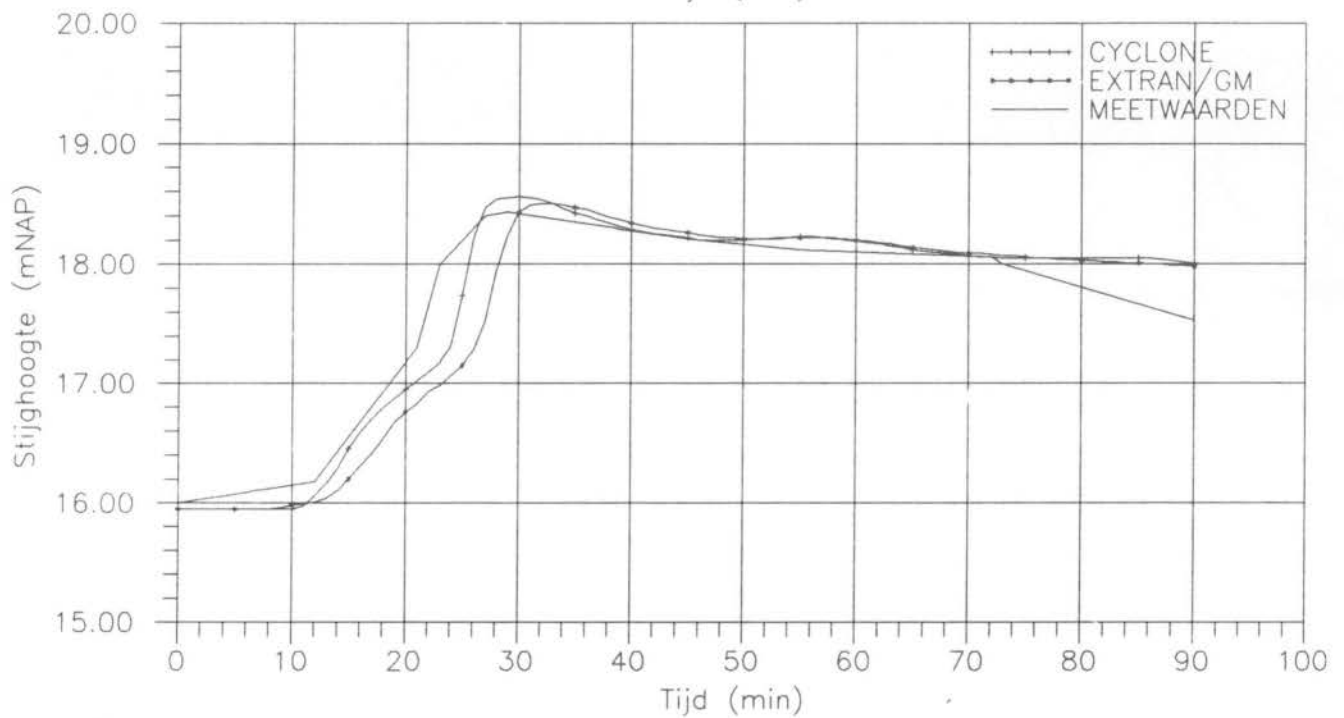
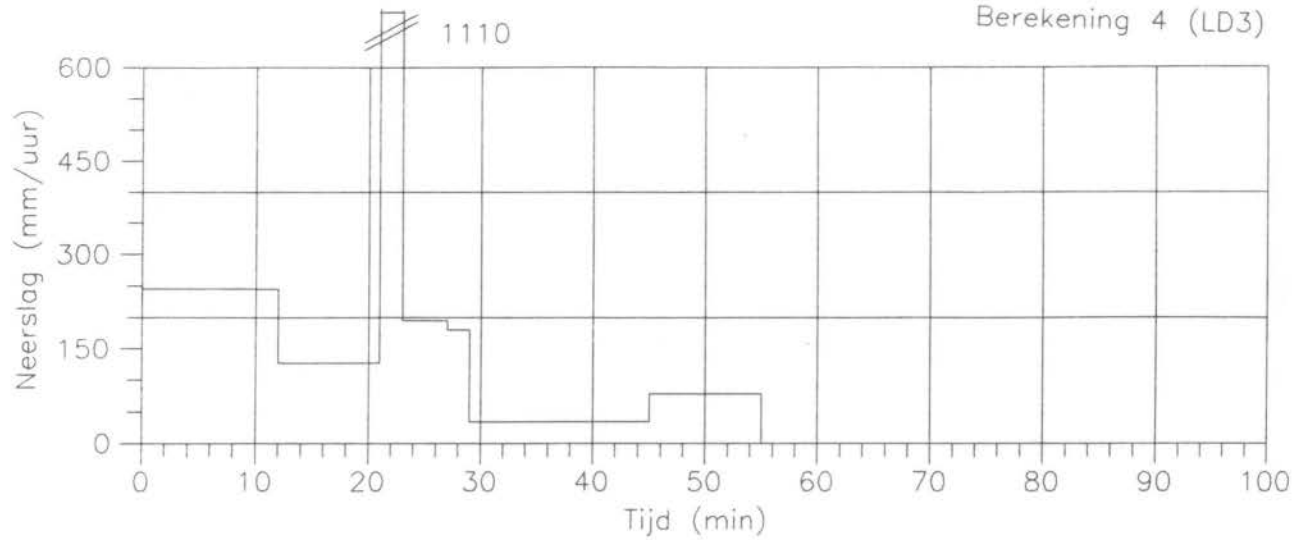
Berekening 4 (LD3):

- afvloeiingscoëfficiënt 1.10
- inloopmodel:
 - . oppervlakteberging 2 mm
 - . afstromingsvertraging









BIJLAGE 4E

LOENEN 53 (841025)

Neerslagvolume	:	4212	m3
		8.6	mm
Neerslagduur	:	60	min
Gem.POC	:	135	m3/h
Overstortingsvolume	:	4849	m3
Overstortingsduur	:	239	min
Factor waterbalans	:	1.65	-

Berekening 1 (LE0):

- afvloeiingscoëfficiënt 1.00

Berekening 2 (LE1):

- afvloeiingscoëfficiënt 1.65

Berekening 3 (LE2):

- afvloeiingscoëfficiënt 1.00
- inloopmodel

Berekening 4 (LE3):

- afvloeiingscoëfficiënt 1.10
- inloopmodel:
 - . oppervlakteberging 2 mm
 - . afstromingsvertraging

Berekening 5 (LE7):

- in- en uitstroomverliezen

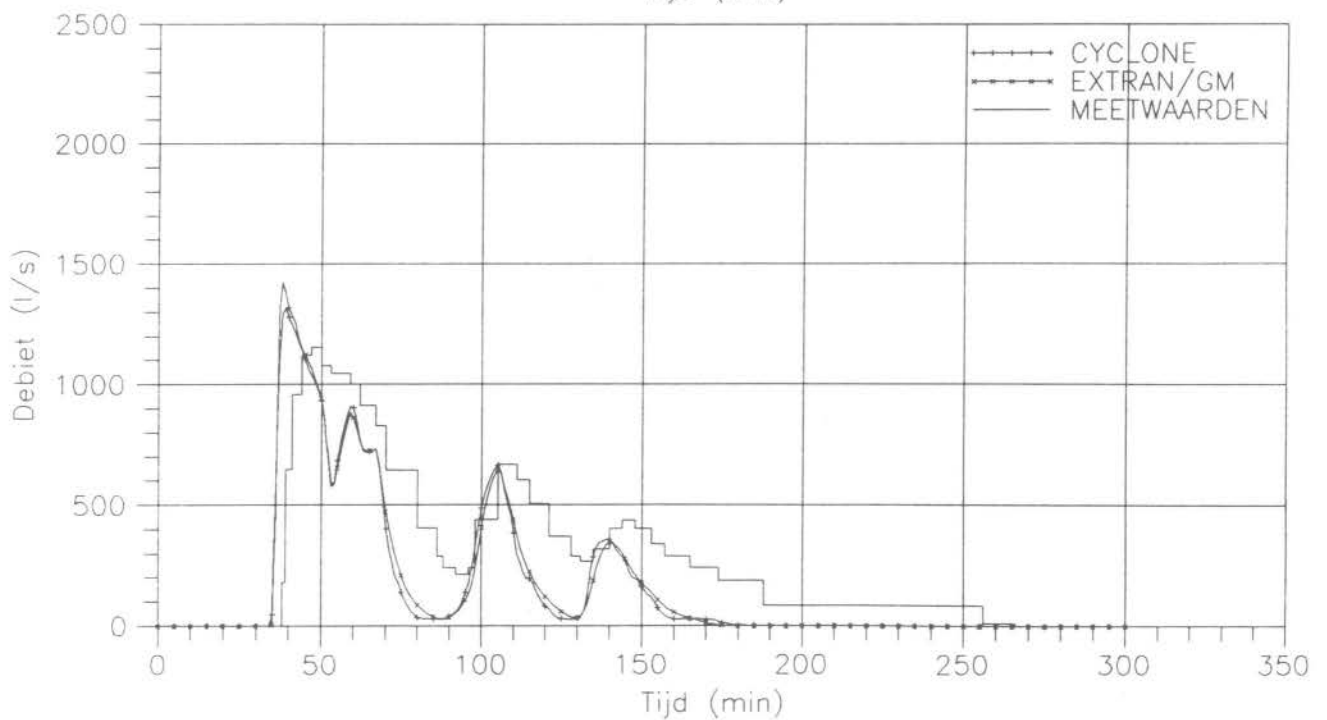
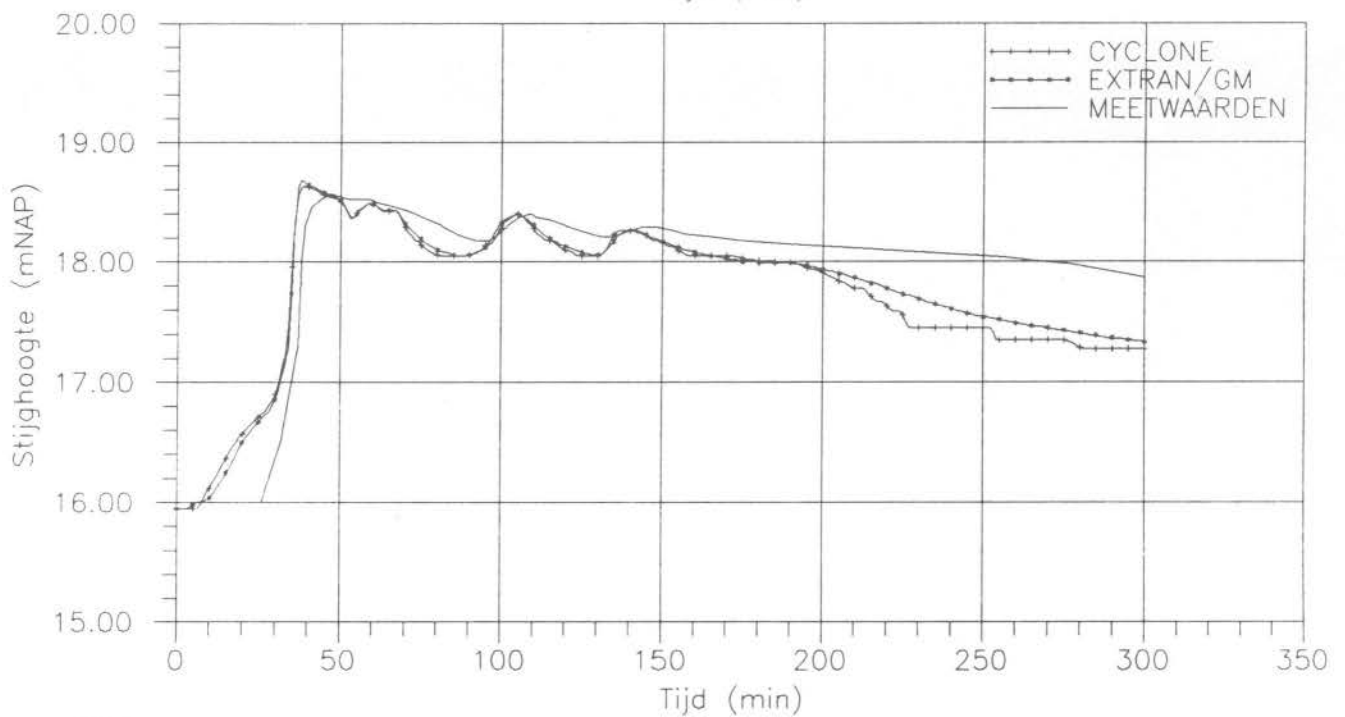
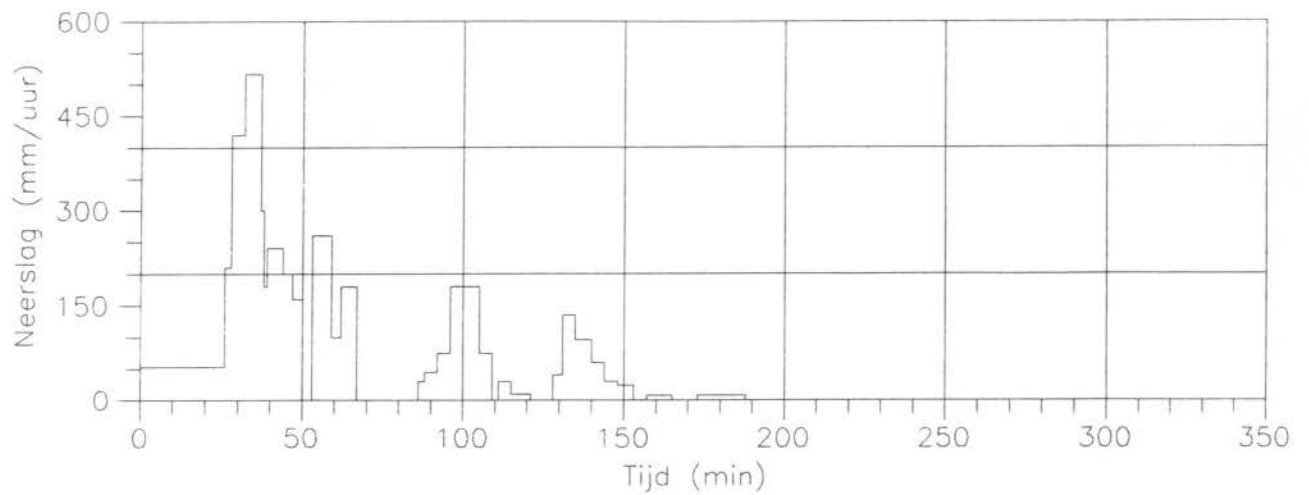
Berekening 6 (LE9):

- extra-tussenputten

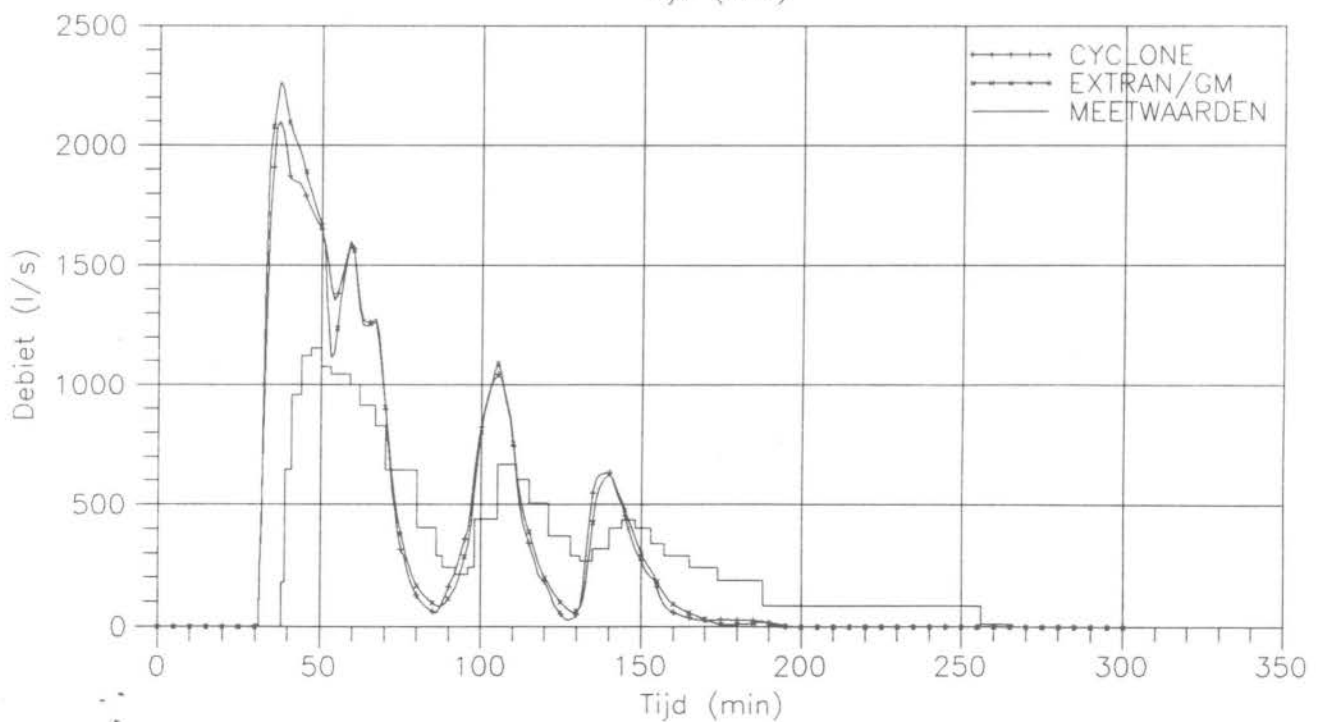
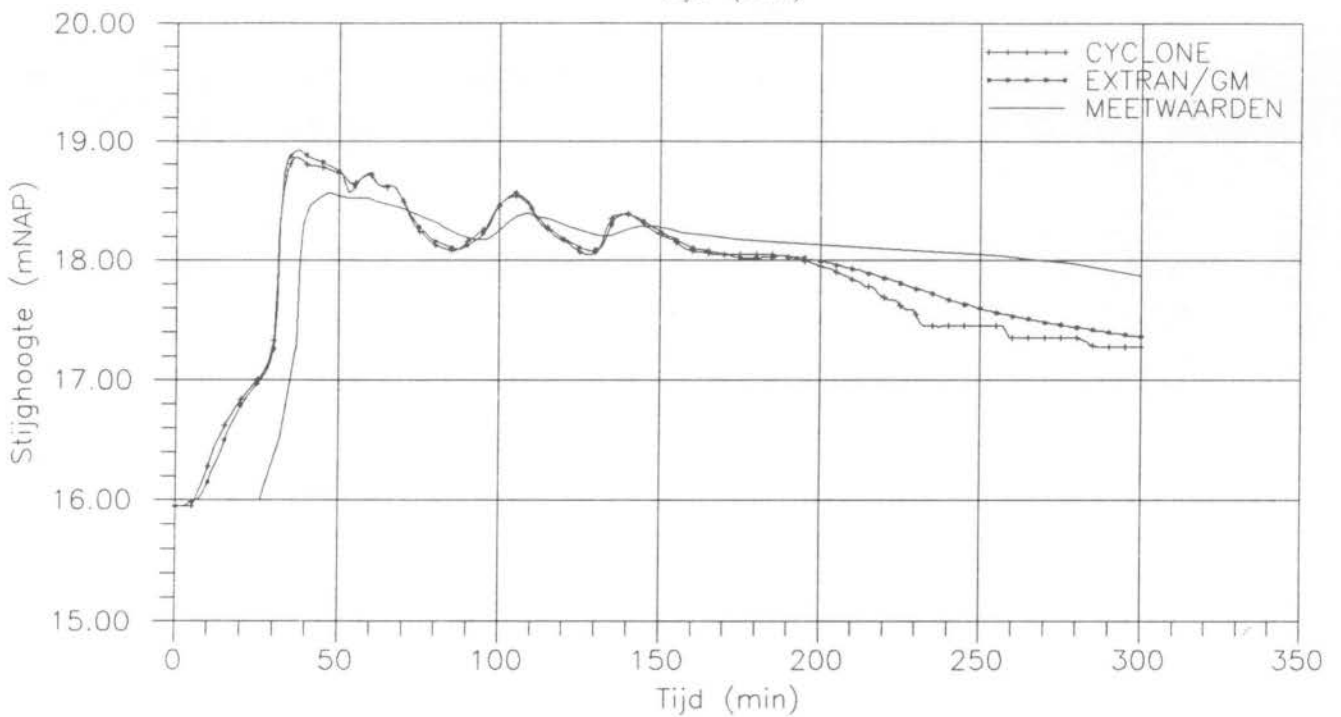
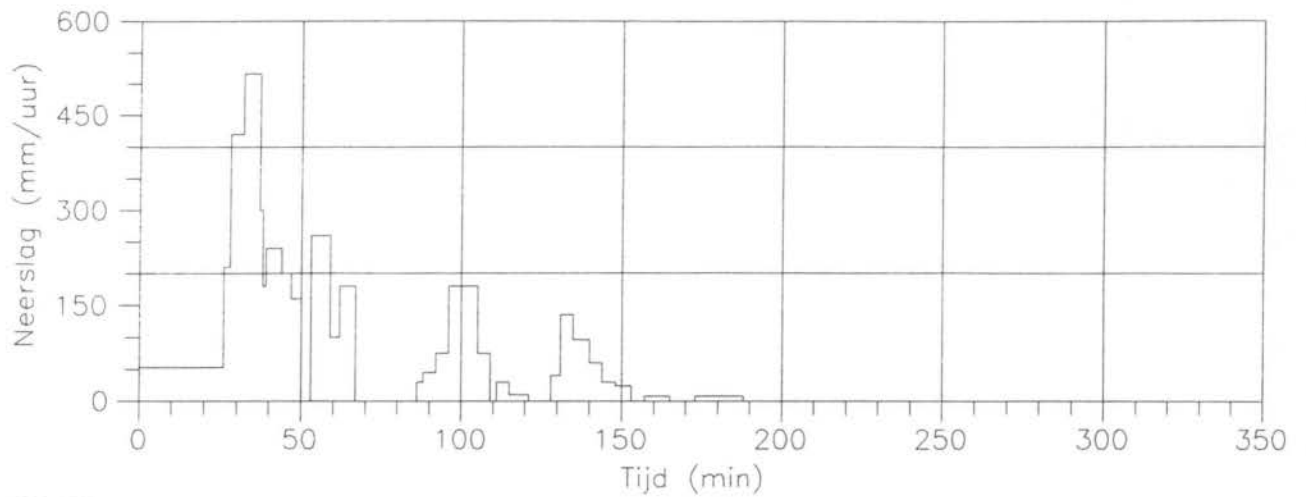
Berekening 7 (LEQ):

- pompuitval

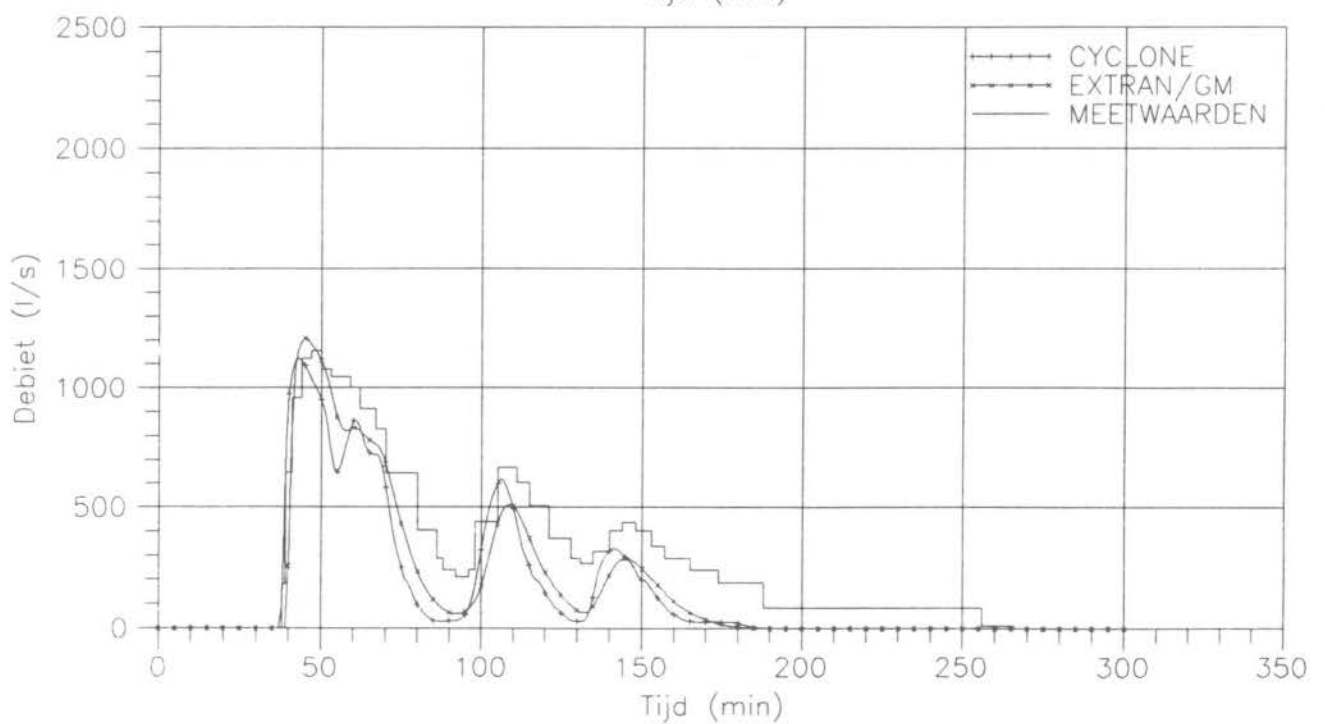
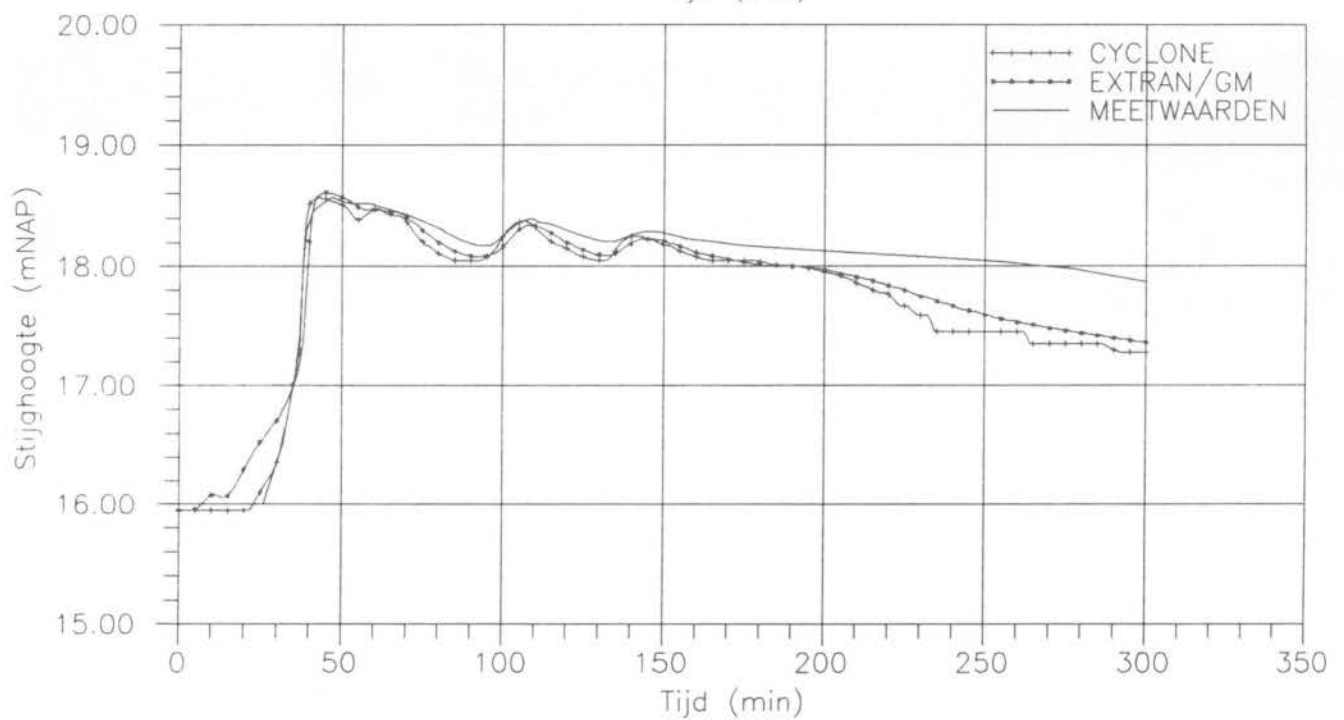
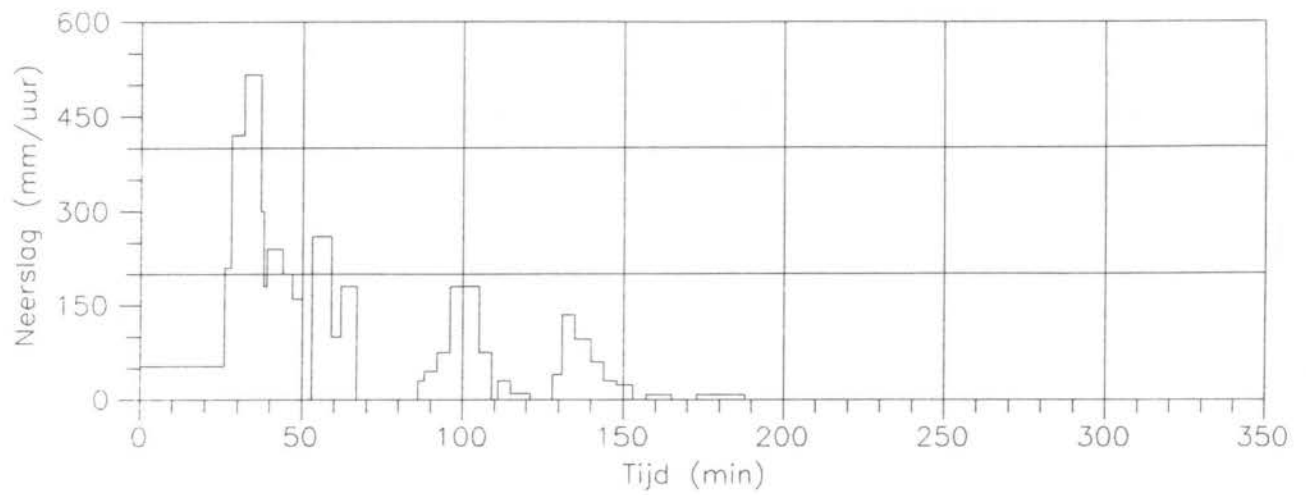
Berekening 1 (LE0)



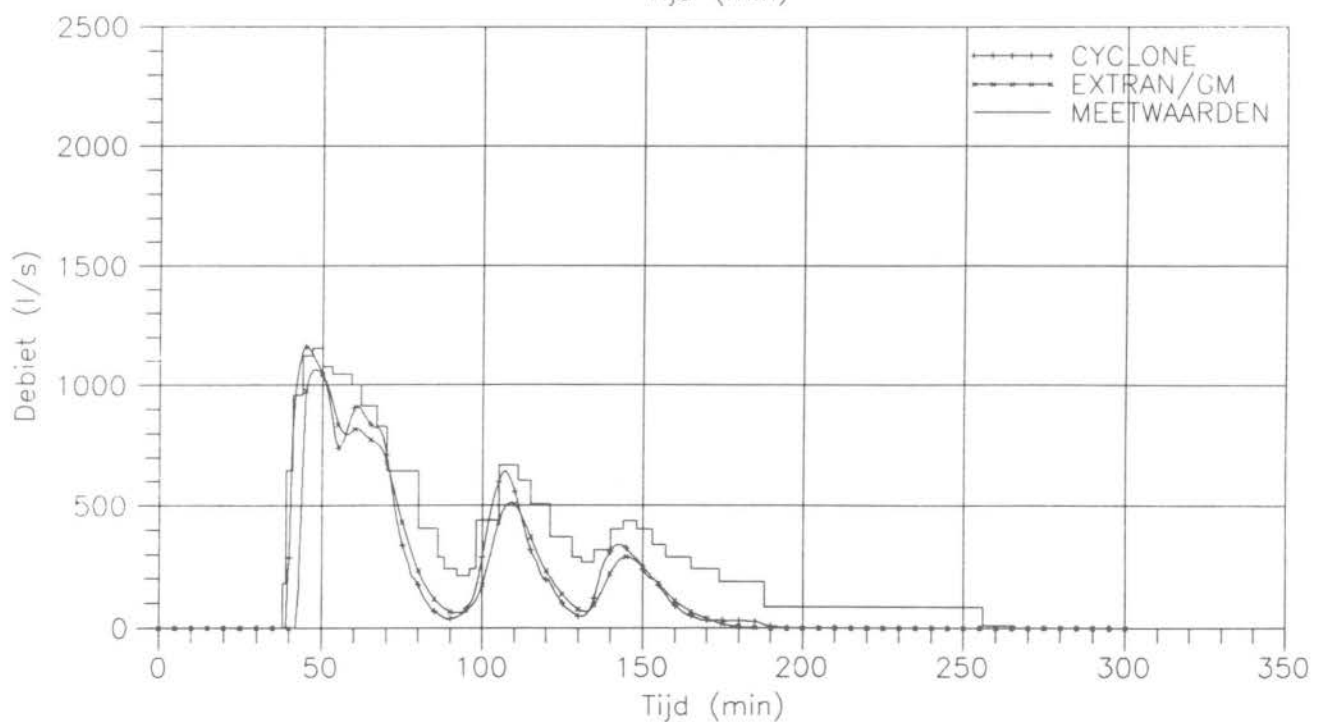
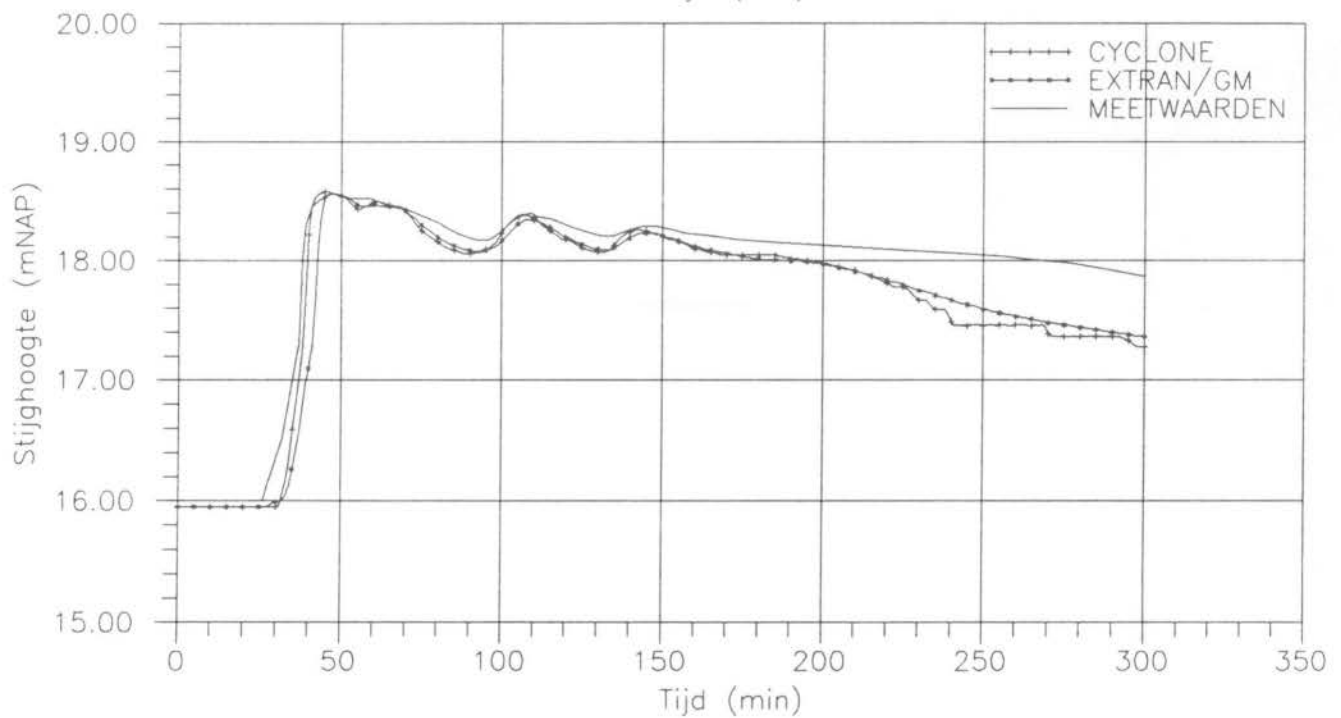
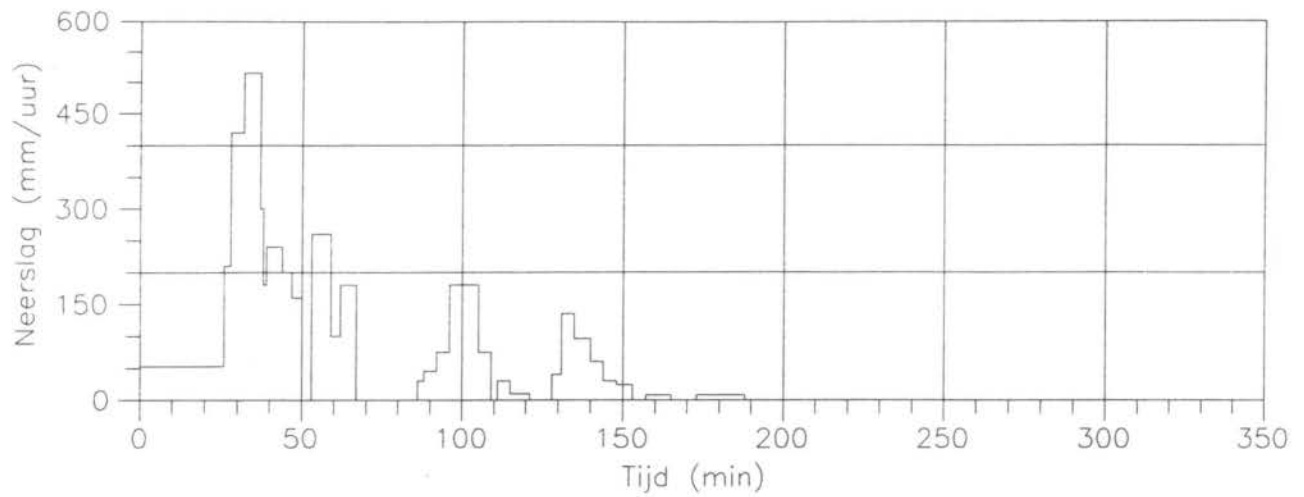
Overstortnummer 53: afvloeiingscoëfficiënt = 1.0



Berekening 3 (LE2)

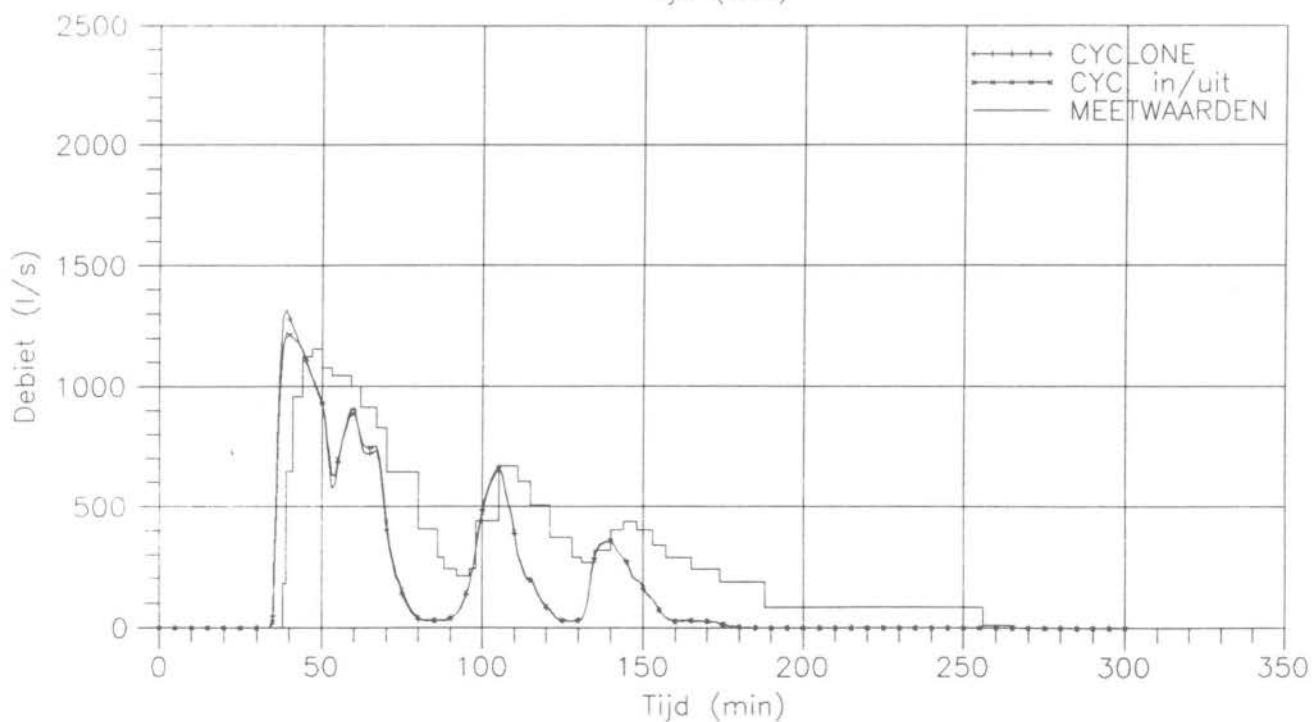
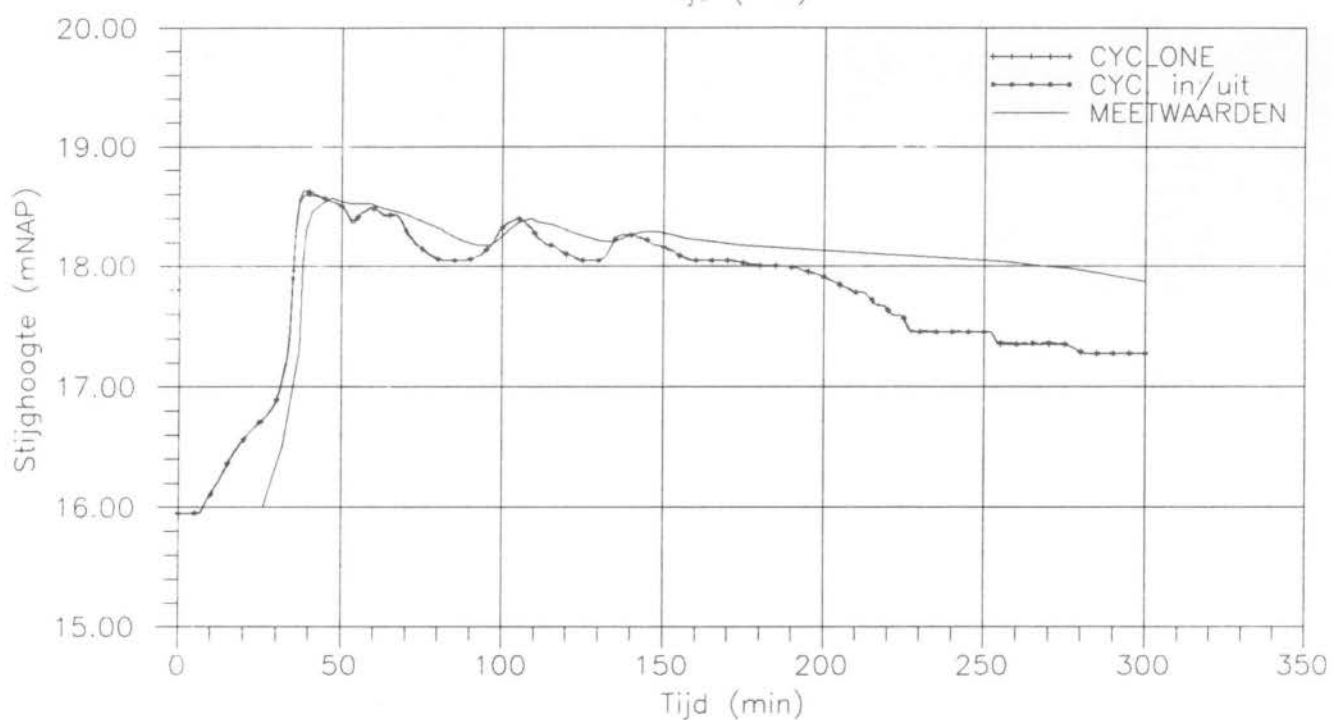
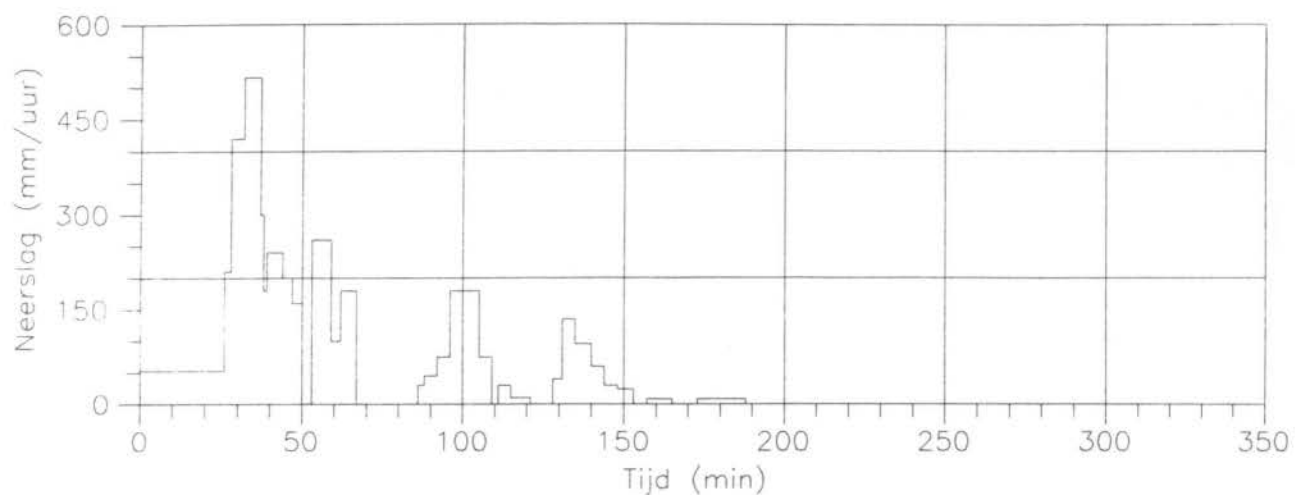


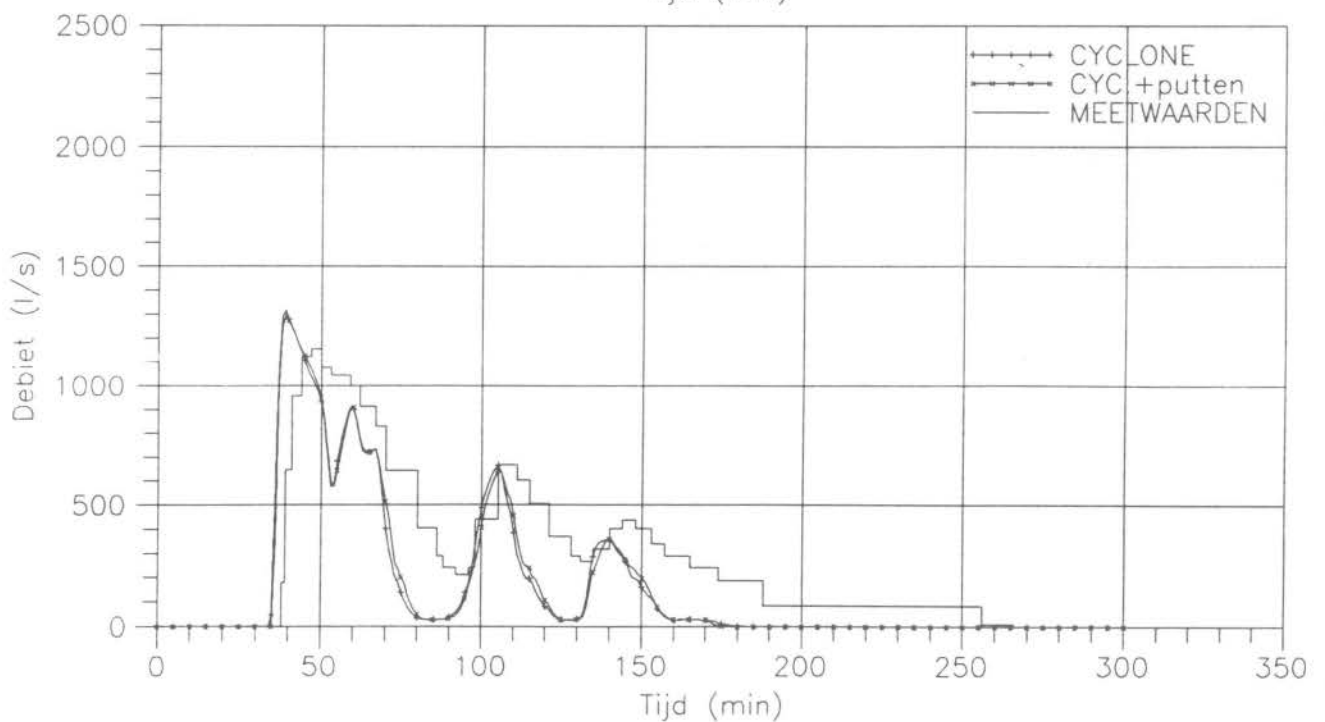
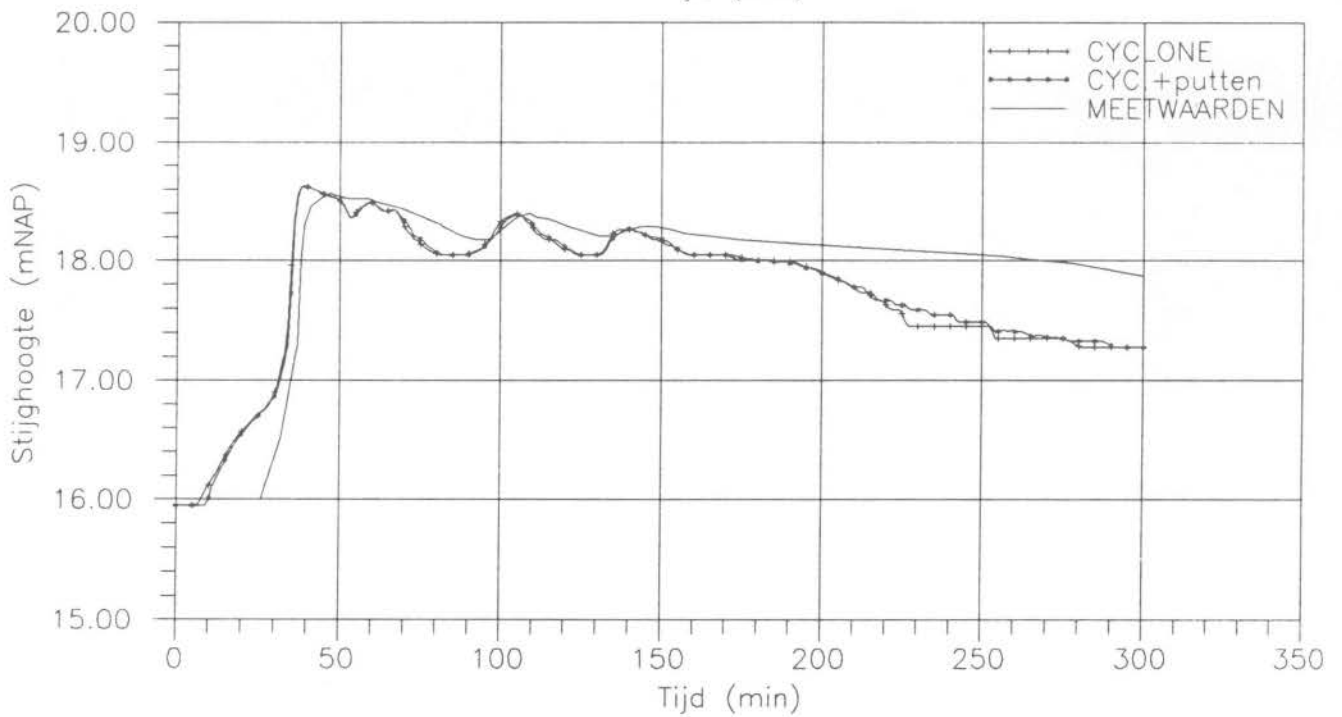
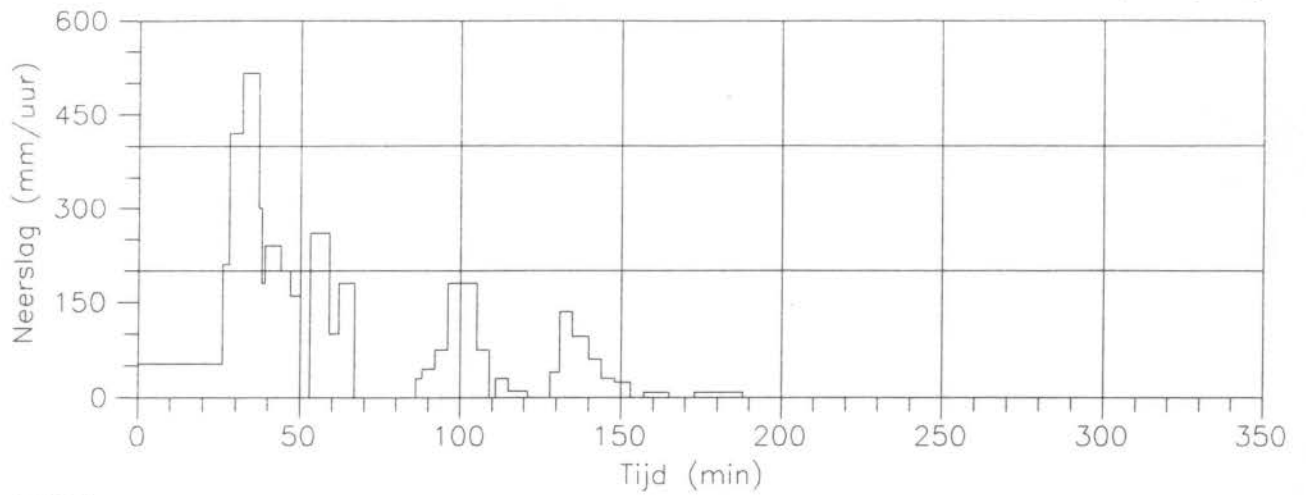
Overstortnummer 53: inloop model

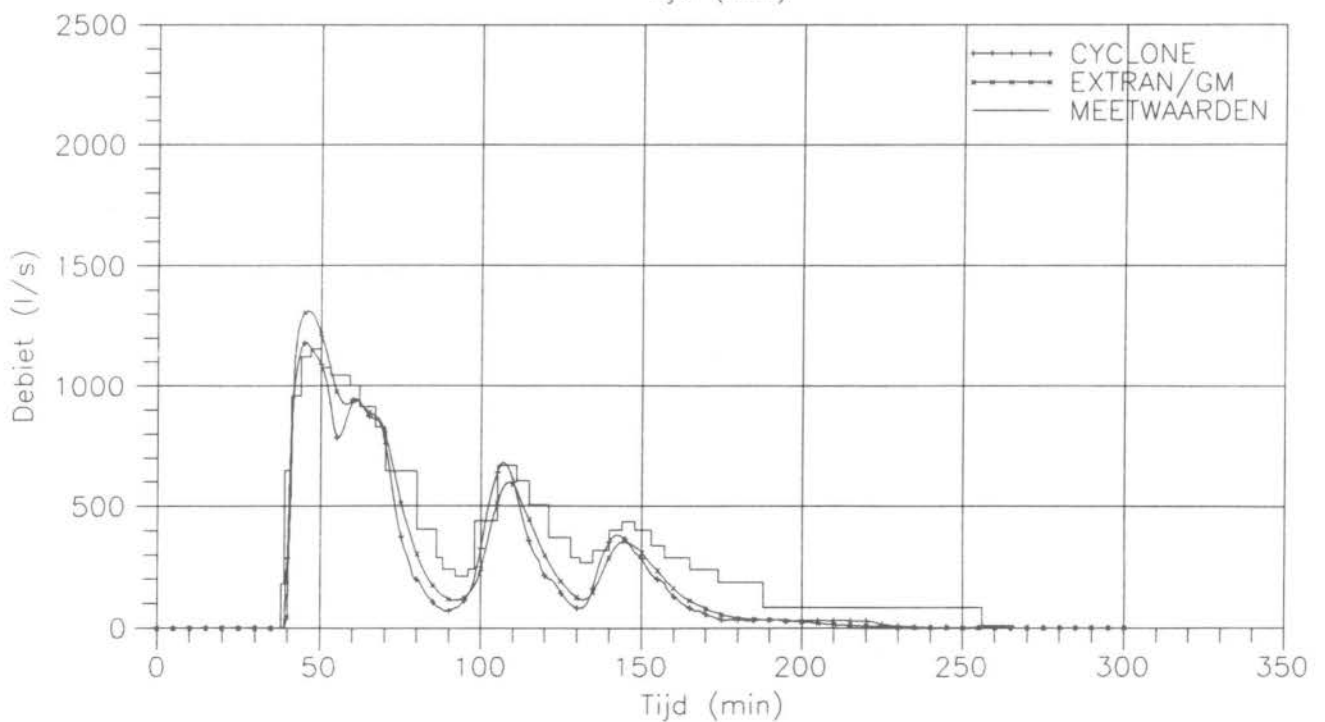
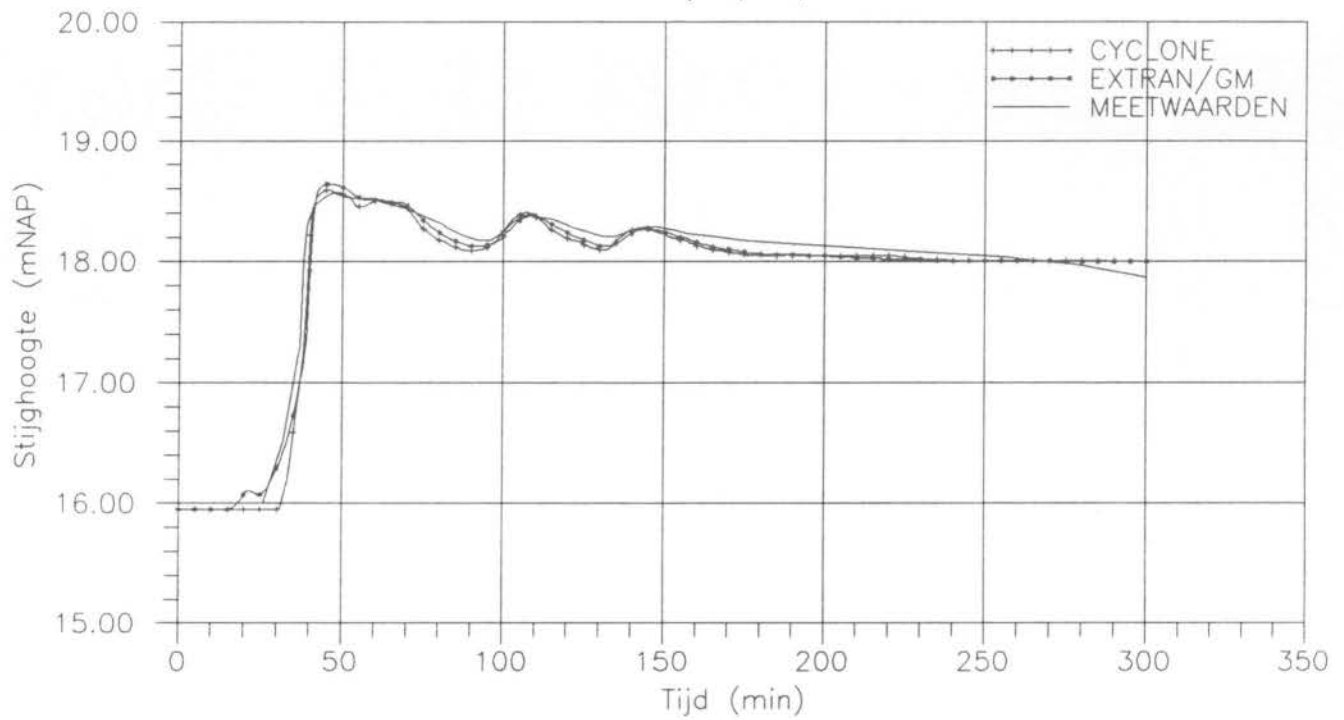
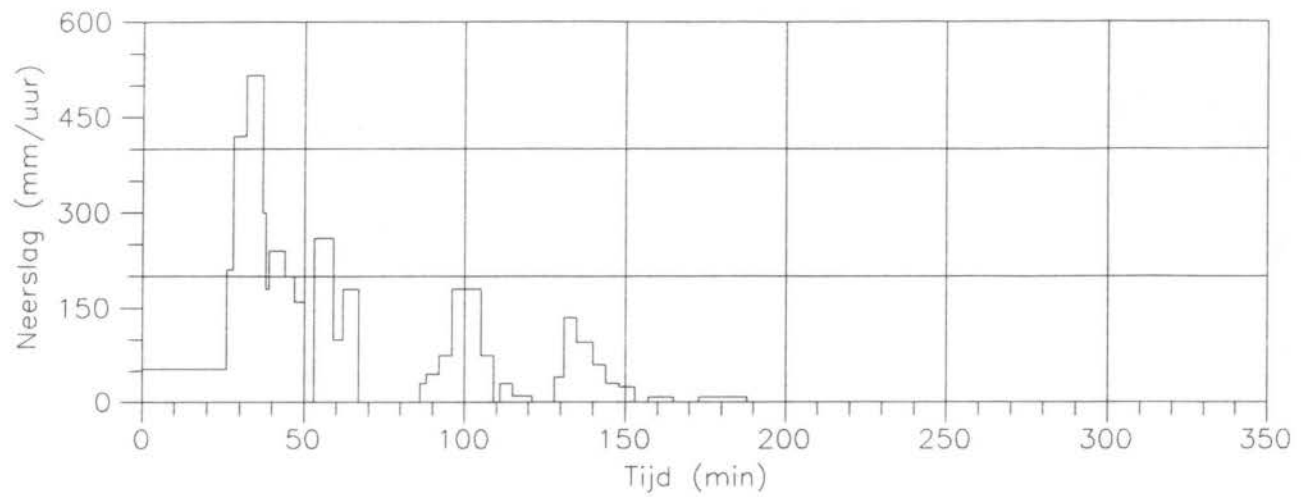


Overstortnummer 53: inloop model
oppervlakteberging en afstromingsvertraging

Berekening 5 (LE7)







BIJLAGE 5

OVERZICHT KENTALLEN MEETGEGEVENS LOENEN 1981-84

verklaring

jr	[-]	jaar
mn	[-]	maand
imax-15m	[0.1 mm]	maximale neerslagintensiteit gedurende 15 minuten
imax-30m	[0.1 mm]	maximale neerslagintensiteit gedurende 30 minuten
ns1.duur	[min]	bruto neerslagduur (max.droge tijd = 5uur)
overst.	[0.1 mm]	overstortingsvolume
ovs.duur	[min]	bruto overstortingsduur
ovs.frq	[-]	aantal overstortingen

totaal aantal buien : 755

totaal aantal overstortingen : 55

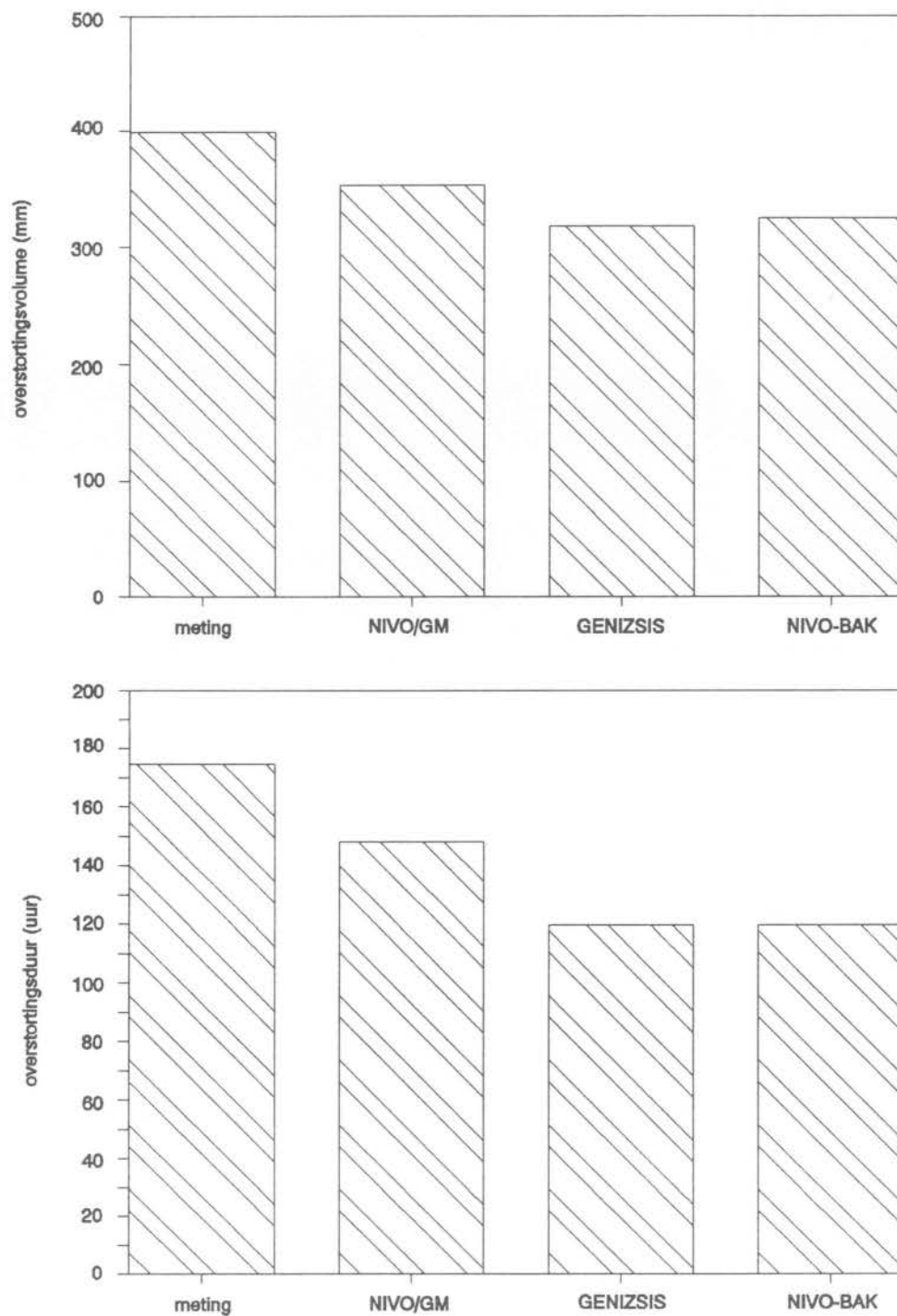
Kentallen meetgegevens LOENEN (bron NWRWLOEN.REG file, januari 1992)

jr	mn	neerslag	imax-15m	imax-30m	nsl.duur	overst.	ovs.duur	ovs.frq.
-	-	0.1 mm	0.1 mm	0.1 mm	min	0.1 mm	min	-
81	6	447	14	19	1970	110	529	1
81	7	480	23	38	2335	19	117	1
81	8	219	20	35	1912	2	33	1
81	9	564	54	68	3758	26	72	1
81	10	1027	41	75	8085	60	76	1
81	11	781	22	24	8545	66	177	1
81	12	557	12	22	5003	76	235	
81	--	4075	54	75	31608	358	1239	7
82	1	270	7	15	3246	34	140	1
82	2	45	4	4	722	0	0	0
82	3	710	40	41	4818	55	197	1
82	4	277	13	19	4657	0	0	0
82	5	430	50	53	4255	0	0	0
82	6	824	59	70	5785	34	126	2
82	7	80	11	16	948	0	0	0
82	8	736	37	40	3987	4	33	1
82	9	283	33	53	2516	0	0	0
82	10	753	21	38	3921	39	191	2
82	11	279	13	20	2411	0	0	0
82	12	395	30	36	2249	111	677	2
82	--	5082	59	70	39515	187	756	9
83	1	850	25	37	6537	154	481	1
83	2	294	14	24	2487	0	0	0
83	3	879	20	26	7045	91	410	2
83	4	439	35	37	2324	20	177	1
83	5	1599	40	53	10644	187	498	3
83	6	747	62	123	1525	123	223	3
83	7	273	54	108	384	92	120	1
83	8	188	20	16	1133	0	0	0
83	9	930	40	46	4674	48	168	1
83	10	466	27	33	3935	0	0	0
83	11	1015	41	63	5017	595	1102	2
83	12	925	25	38	4744	161	545	3
83	--	8605	63	124	50449	1517	4225	17
84	1	1566	57	71	11108	338	834	4
84	2	854	30	42	5119	604	1026	3
84	3	582	26	38	4929	5	69	1
84	4	180	9	15	2537	0	0	0
84	5	778	17	32	4505	130	413	1
84	6	653	54	56	3421	44	95	2
84	7	772	130	132	5104	81	108	2
84	8	54	4	8	1114	0	0	0
84	9	1508	49	68	9143	183	401	3
84	10	1132	88	138	6032	360	662	4
84	11	662	35	42	5871	142	534	2
84	12	501	16	18	5629	0	0	0
84	--	9241	130	138	64512	1932	4250	22

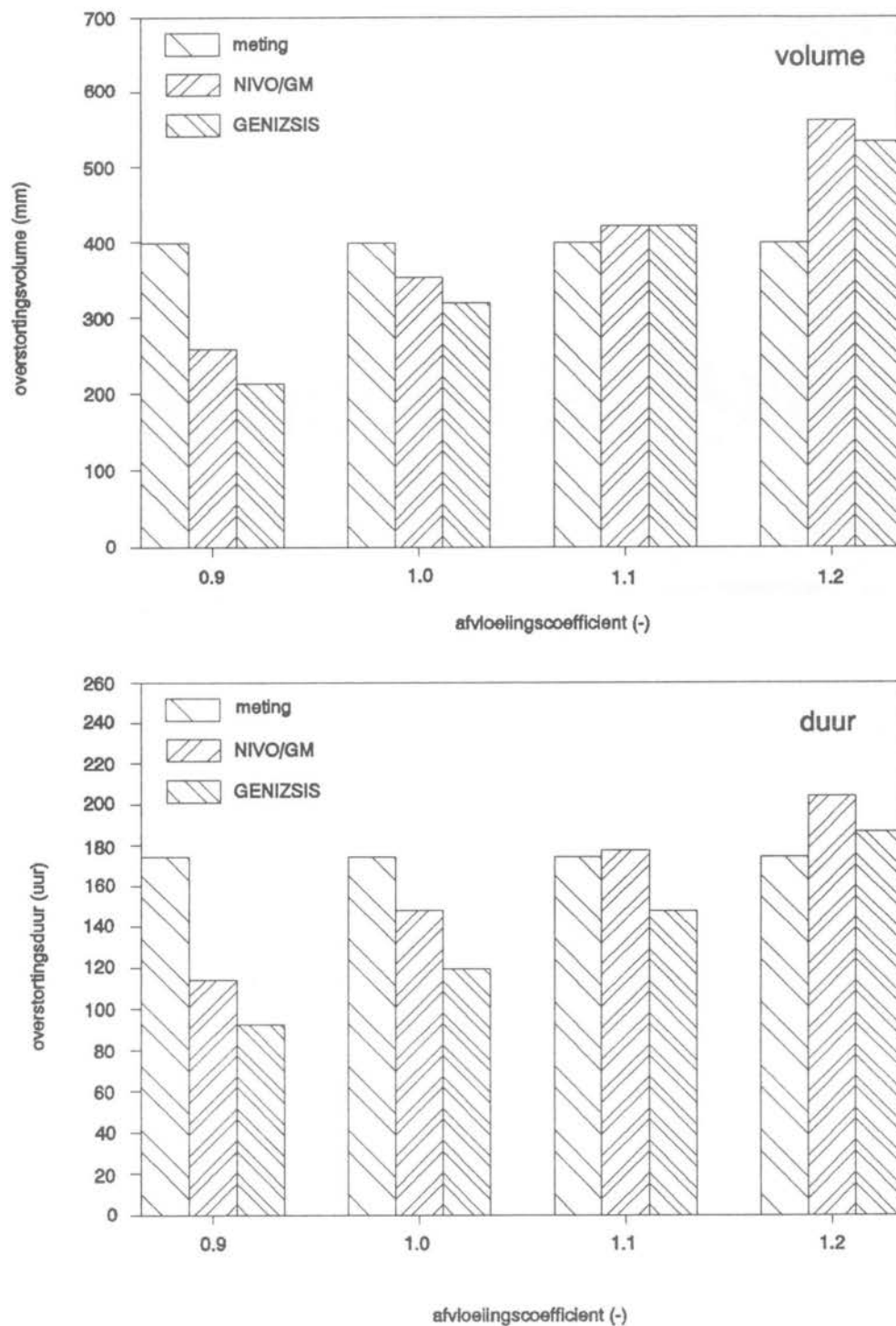
BIJLAGE 6

RESULTATEN BEREKENINGEN NEERSLAGREEKS LOENEN

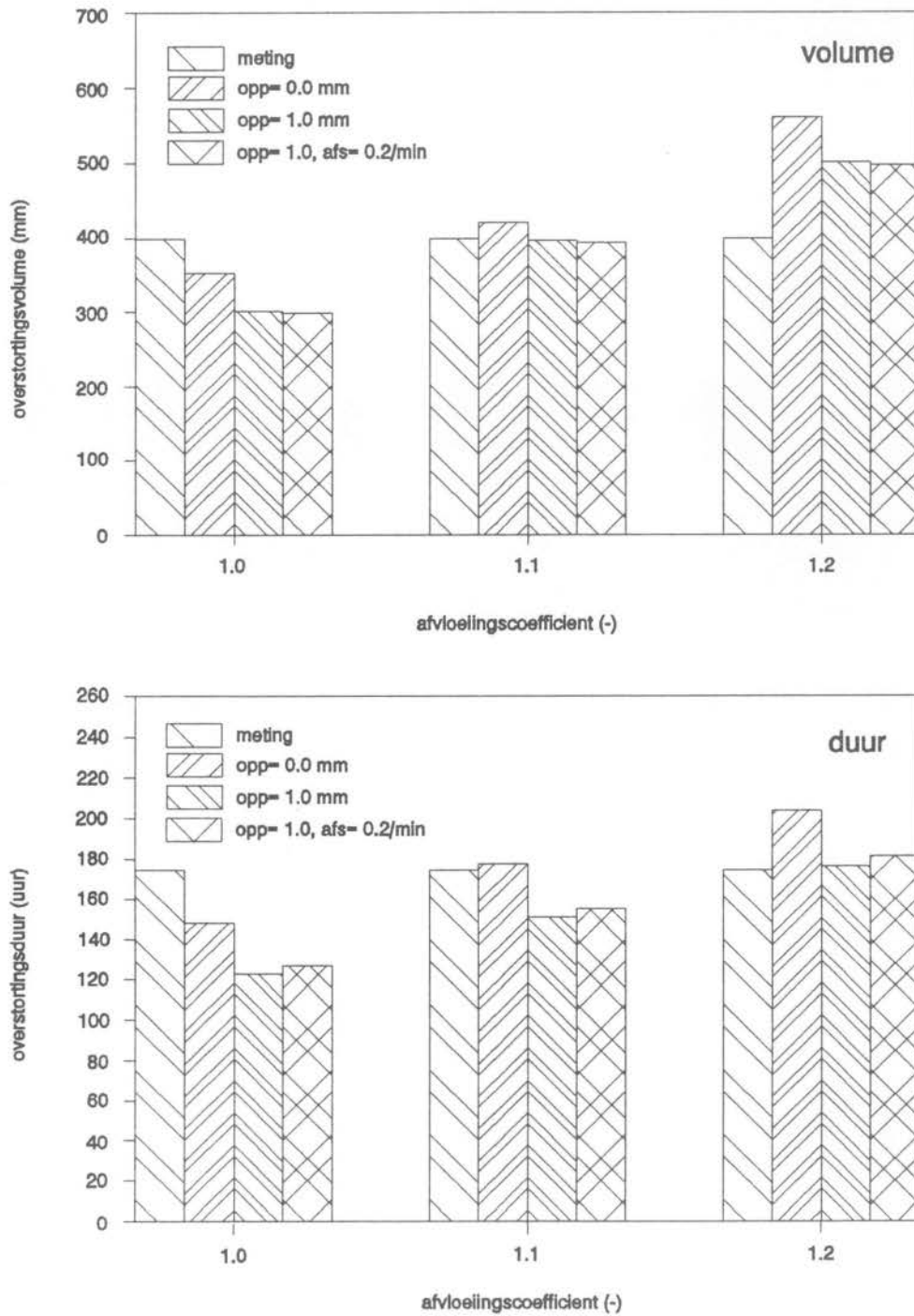
Figuur B6.1	Vergelijking berekening - meting, LOENEN 1981-84: overstortingsvolume en -duur
Figuur B6.2	Gevoeligheidsanalyse afvoerend oppervlak
Figuur B6.3	Gevoeligheidsanalyse inloopmodel NWRW 4.3 (NIVO/GM)
Figuur B6.4	Gevoeligheidsanalyse oppervlakteberging (GENIZSIS)
Figuur B6.5	Frequentieverdeling overstortingen NIVO/GM
Figuur B6.6	Frequentieverdeling overstortingen GENIZSIS



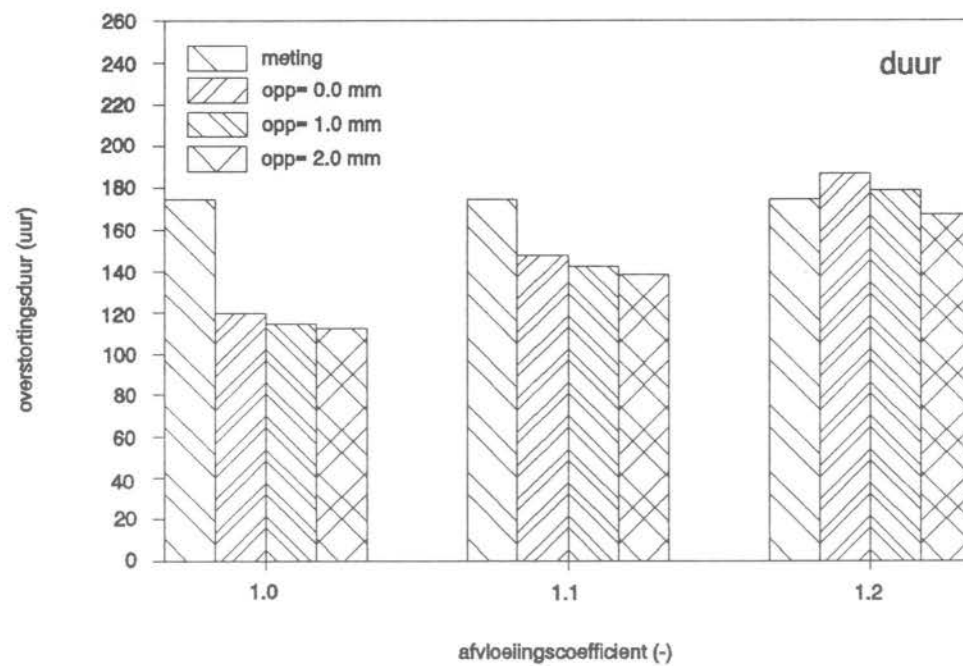
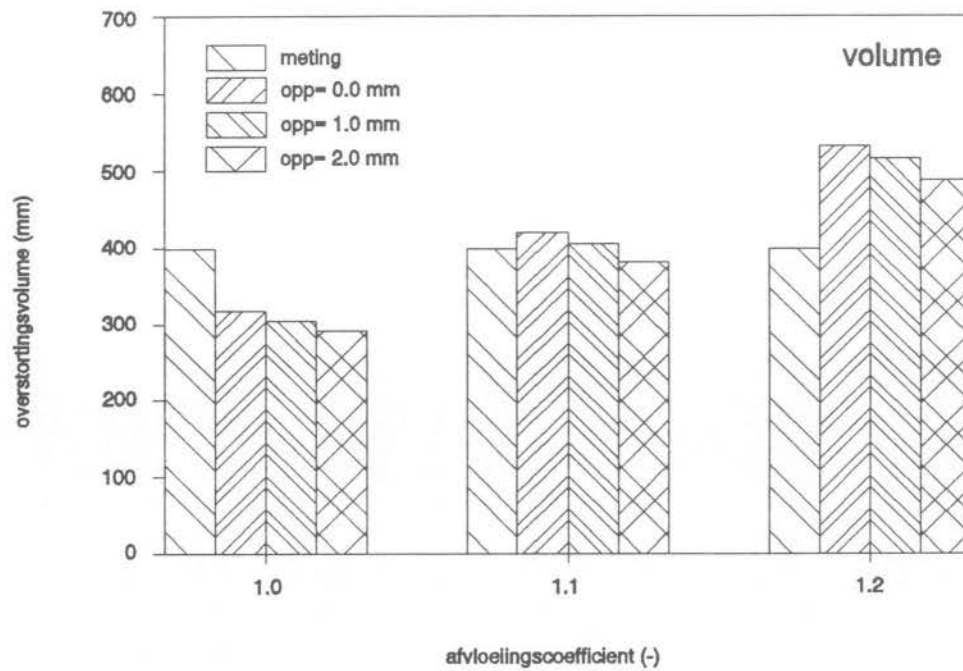
Figuur B6.1 Vergelijking berekening - meting
Loenen 1981-84: overstortingsvolume en -duur



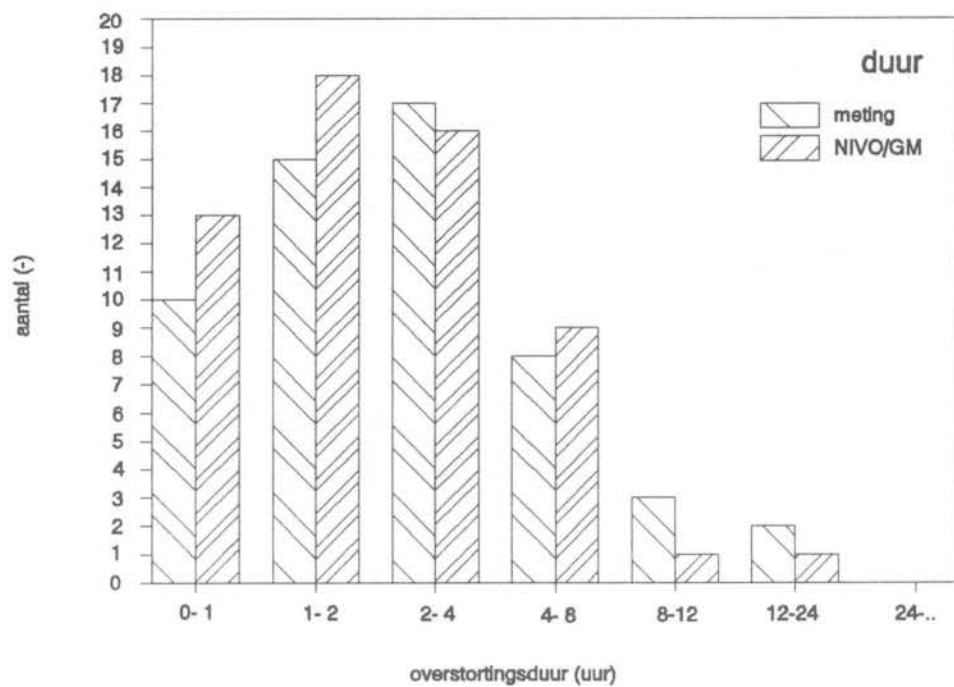
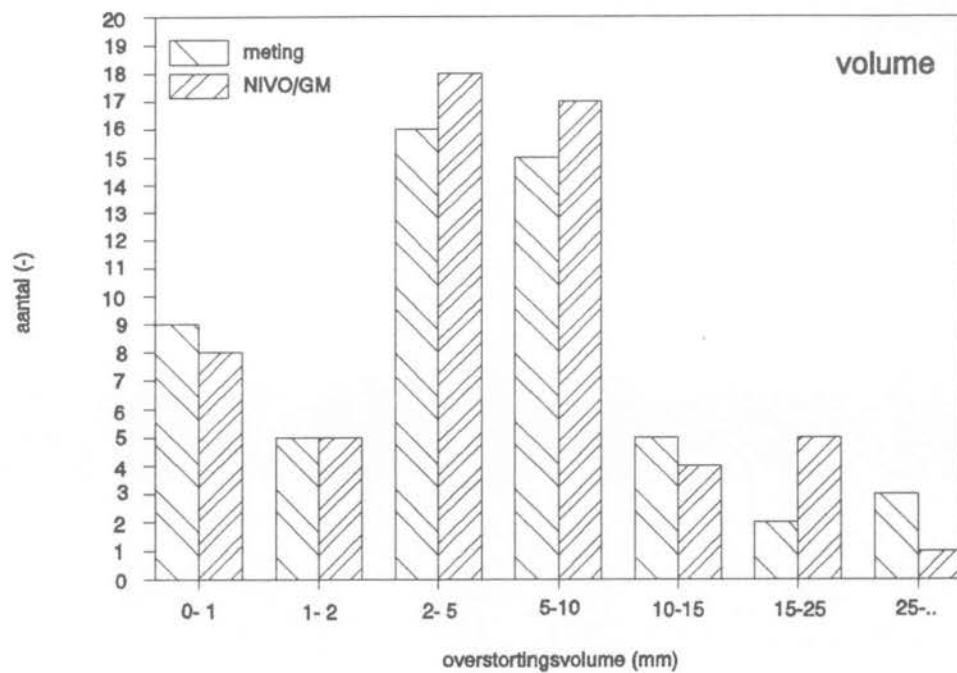
Figuur B6.2 Gevoeligheidsanalyse afvoerend oppervlak



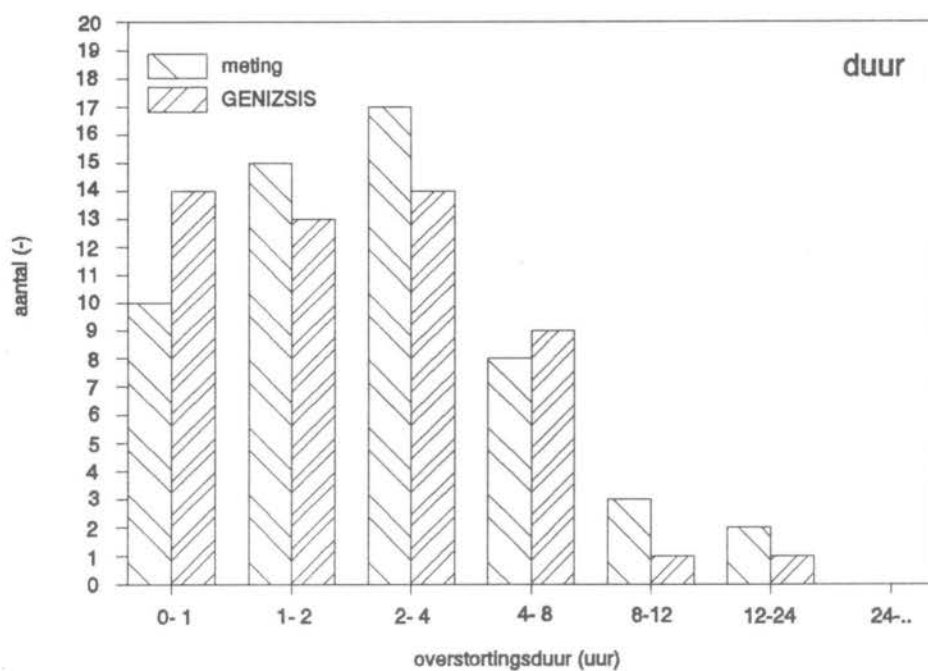
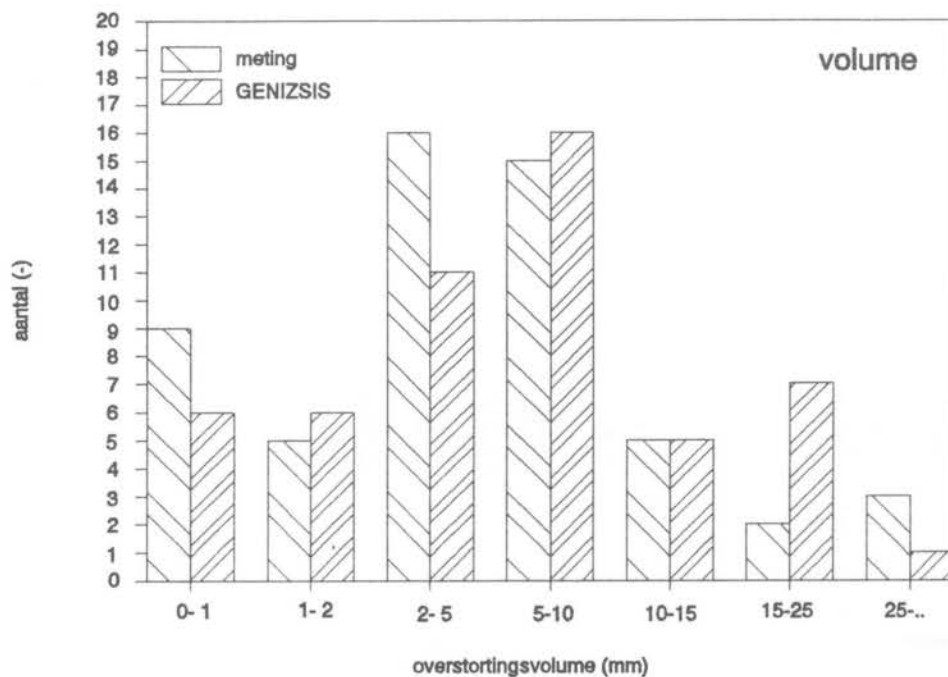
Figuur B6.3 Gevoeligheidsanalyse inloopmodel NWRW 4.3
(NIVO/GM)



Figuur B6.4 Gevoeligheidsanalyse oppervlakteberging
(GENIZSIS)



Figuur B6.5 Frequentieverdeling NIVO/GM, inloopmodel NRW 4.3, oppervlakteberging 2 mm, afstromingsvertraging 0.2/min, afvloeiingscoëfficiënt 1.1.



Figuur B6.6 Frequentieverdelingen GENZISIS, oppervlakte-
berging 1 mm, afvloeingscoëfficiënt 1,1