

NN31050.79-03

1979-03

**stora**

# Vuiluitworp van rioolstelsels

1. Literatuuranalyse

STADION  
STADIONGEBOUW

*M. 51000/70-3*

**stora**

postbus 414, 2280 AK Rijswijk Z.H. ☎ 070 - 980.287 stichting toegepast onderzoek reiniging afvalwater

## Vuiluitworp van rioolstelsels

1. Literatuuranalyse



0000 0363 7440

23 JANUARI 1988

*51000/70-3\**

## Inhoud

	Ten geleide	III
1	SAMENVATTING	1 - 2
2	INLEIDING	3
3	MATERIAAL EN METHODEN	5 - 9
3.1	Literatuuronderzoek	5 - 7
3.1.1	<i>algemeen</i>	5
3.1.2	<i>vervuiling van rioolwater (bronnen)</i>	5 - 6
3.1.3	<i>inloop en uitloop van rioolstelsels</i>	6 - 7
3.1.4	<i>uitwerp van rioolstelsels</i>	7
3.2	Analysemethodiek	7 - 9
3.2.1	<i>regressieanalyse</i>	7 - 8
3.2.2	<i>bepalende factoren</i>	8 - 9
3.2.3	<i>vervuilingsparameters</i>	9
4	GESCHEIDEN RIOOLSTELSELS	11 - 34
4.1	Onderzochte literatuurgegevens	11
4.2	Affiltreerbare stof	11 - 17
4.2.1	<i>vracht</i>	11 - 17
4.2.2	<i>concentratie</i>	17
4.2.3	<i>vergelijking met andere onderzoeken</i>	17
4.3	Organische affiltreerbare stof	17 - 18
4.3.1	<i>relatie organische affiltreerbare stof - affiltreerbare stof</i>	17 - 18
4.3.2	<i>vracht en concentratie</i>	18
4.4	Afzetbare stof	19 - 24
4.4.1	<i>vracht</i>	19
4.4.2	<i>concentratie</i>	19
4.4.3	<i>relatie affiltreerbare stof - afzetbare stof</i>	19 - 21
4.4.4	<i>vergelijking met andere onderzoeken</i>	21 - 24
4.5	Biochemisch zuurstofverbruik	25 - 31
4.5.1	<i>vracht</i>	25
4.5.2	<i>concentratie</i>	25 - 29
4.5.3	<i>vergelijking met andere onderzoeken</i>	30 - 31
4.6	Overige vervuilingparameters	32 - 34
4.6.1	<i>inleiding</i>	32
4.6.2	<i>totaal stikstof</i>	32
4.6.3	<i>totaal fosfaat</i>	32 - 33
4.6.4	<i>zware metalen</i>	34
5	GEMENGDE RIOOLSTELSELS	35 - 42
5.1	Onderzochte literatuurgegevens	35 - 36
5.2	Zwevende stof	36 - 40
5.2.1	<i>vracht</i>	36 - 37
5.2.2	<i>concentratie</i>	37 - 39
5.2.3	<i>vergelijking met andere onderzoeken</i>	39 - 40

5.3	Biochemisch zuurstofverbruik	40 - 42
5.3.1	<i>vracht</i>	40
5.3.2	<i>concentratie</i>	40 - 41
5.3.3	<i>vergelijking met andere onderzoeken</i>	41 - 42
5.4	Overige vervuilingparameters	42
6	EVALUATIE EN CONCLUSIES	43 - 45
6.1	Vuiluitworpmodel	43
6.2	Gescheiden stelsels	43 - 44
6.3	Gemengde stelsels	44 - 45
7	LITERATUURLIJST	47 - 50

#### BIJLAGEN

1.	Vuiluitworp: computerprogramma	53 - 54
2.	Pullach: meetgegevens neerslag	55
3.	Pullach: vracht en concentratie affiltreerbare stof	57
4.	Pullach: vracht en concentratie organische affiltreerbare stof	59
5.	Pullach: vracht en concentratie afzetbare stof	61
6.	Pullach: vracht en concentratie biochemisch zuurstofverbruik (BZV)	63

Ten geleide

Dit onderzoek maakt deel uit van het STORA-project "Riolering en waterverontreiniging"; eerder verscheen in dit kader een probleemstellende nota\*\* van de hand van ir. F.B. Veldkamp.

In deze nota wordt vooral het belang van zulk onderzoek gereleveerd.

Dit deelproject werd door het algemeen bestuur van de STORA - op voorstel van de Onderzoekadviescommissie der stichting - opgedragen aan DHV Raadgevend Ingenieursbureau B.V.

Bij de uitvoering van deze opdracht werd DHV namens de STORA begeleid door ir. J.H.A. van Walraven (voorzitter), ir. A.H. Dirkzwager, ir. J.S.J. Dragt, ir. M.K.H. Gast en ing. P. Vink.

Rijswijk, september 1980.

De directeur van de STORA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

\* De Onderzoekadviescommissie, die tot dit project adviseerde, bestond uit:

prof.ir. A.C.J. Koot (voorzitter), drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff (secretaris) en dr.ir. H.J. Eggink, prof.dr. P.G. Fohr, ir. R. Karper, ir. C.H. Kuggeleijn, ir. J.S. Kuyper, ir. Th.G. Martijn, ir. H.A. Meijer, ir. H.M.J. Scheltinga, dr.ir. D.W. Scholte Ubink, ir. J. van Selm, ir. M. Tiessens, drs. A.A. Wismeijer (leden).

\*\*"Riolering en waterverontreiniging. Probleemstelling".

## SAMENVATTING

Cijfermateriaal uit de literatuur over de vuiluitworp van rioolstelsels is geanalyseerd op wiskundige verbanden tussen de vervuiling van overstortend rioolwater en de neerslagkarakteristieken van het rioleringsgebied.

Biologische zuurstofvraag (BZV), afzetbare- en affiltreerbare stof zijn gebruikt als parameters voor de vervuiling. Als neerslagkarakteristieken zijn gehanteerd de duur van de droogweerperiode, het neerslagvolume, de intensiteit van de regenbui en de duur daarvan.

Uit de gegevens van een gescheiden stelsel in een stedelijk gebied van 23 hectare - waarvan ongeveer een derde verhard oppervlak - kon een aantal regressievergelijkingen worden afgeleid met correlatiecoëfficiënten\* van 0,8 of hoger.

Zo laat de BZV-vracht (in kilogrammen per hectare verhard oppervlak) zich beschrijven met de formule:

$$BZV = 0,128 DWP^{0,19} \times INT^{0,96} \times DUUR^{0,44}$$

In deze vergelijking is DWP de tijd (in dagen) tussen het begin van een regenbui en het eind van de voorgaande bui, INT de gemiddelde regenintensiteit (in liters per seconde) per hectare verhard oppervlak en DUUR de tijd (in minuten) dat het regenwaterriool de gevallen neerslag afvoert op het oppervlaktewater.

Bewerking van cijfers van gescheiden stelsels in vier andere gebieden leidde tot nagenoeg dezelfde uitkomsten. In een vijfde gebied werden enkele afwijkingen geconstateerd; deze kunnen het gevolg zijn van foutieve aansluitingen in het betreffende rioolstelsel.

Er is slechts weinig informatie gevonden over andere vervuilingparameters.

De gemiddelde concentratie totaal-stikstof (N) in het overstortend rioolwater van gescheiden stelsels bedraagt - volgens de literatuur - 4 milligram per liter bij een variatiebreedte van één tot twaalf milligram. Voor totaal-fosfaat (P) is de gemiddelde concentratie 1 milligram met een variatie van nul tot vijf milligram per liter.

Er is geen informatie gevonden over de hoeveelheden stikstof en fosfaat die per overstorting worden geloosd.

Voor één gebied in Zwitserland bedraagt de totale hoeveelheid van deze stoffen circa 4 (N) en 0,2 (P) kilogram per hectare verhard oppervlak per jaar.

Er is geen enkele relatie gevonden tussen de stikstofconcentratie in het overstortend water en een der andere vervuilingparameters of neerslagkarakteristieken. De gemiddelde concentratie totaal-fosfaat, daarentegen, is zeer sterk gecorreleerd met de gemiddelde concentratie zwevende stof.

Zeer weinig informatie is gevonden over de concentraties of de hoeveelheden zware metalen die bij overstortingen vanuit gescheiden stelsels worden geloosd.

Slechts van één gebied zijn gemiddelde concentraties bekend voor chroom, zink, koper, cadmium en lood. Uit de gegevens van dit gebied blijkt dat de gemiddelde concentraties lood en zwevende stof goed zijn gecorreleerd.

\*bij volmaakte correlatie is deze coëfficiënt +1 of -1.

Het voorgaande geldt alleen voor gescheiden rioolstelsels; van gemengde stelsels bleken voor mathematische bewerking onvoldoende gegevens beschikbaar.

De uitkomsten van dit onderzoek zijn gebaseerd op buitenlandse gegevens; omdat rioolstelsels in ons land op vele punten anders worden ontworpen dan in het buitenland, moeten de, voor gescheiden stelsels gevonden verbanden nog aan Nederlandse stelsels worden getoetst.

Daarnaast zijn metingen nodig om ook gemengde rioolstelsels op de hier beschreven wijze te kunnen benaderen en andere vervuilingsparameters in het onderzoek te betrekken.

Het project "Vuiluitworp van rioolstelsels" heeft tot doel onder uiteenlopende omstandigheden de hoeveelheid en de concentratie te kunnen voorspellen van de vervuilende stoffen die bij regen via de overstorten van rioolstelsels rechtstreeks op oppervlaktewater worden geloosd.

Inzicht in de vuiluitworp is vooral noodzakelijk bij nieuwbouw, renovatie en sanering van rioolstelsels en bij de beoordeling van maatregelen om de vuilbelasting van oppervlaktewater te verminderen.

Zoals elders\* werd opgemerkt, kan men rioolstelsels ontwerpen waaruit zelden (eens per vijf of tien jaar) of in het geheel geen overstortingen plaatsvinden; deze zijn echter vijftig tot honderd procent duurder dan "normale" stelsels.

Het is daarom nodig het verband tussen kosten en vuiluitworp te bepalen, tenzij men zich op het standpunt stelt dat deze vorm van milieubescherming geen onderwerp mag zijn van economische overwegingen.

Het project is onderverdeeld in drie fasen. Over de eerste fase, een bewerking van literatuurgegevens, wordt hier gerapporteerd. De tweede fase omvat het ontwerpen, vervaardigen en beproeven van een apparaat waarmee hoeveelheid en kwaliteit van overstorten water kunnen worden bepaald; deze fase wordt in 1980 afgesloten.

Dit alles dient als voorbereiding op de derde fase, waarin gegevens worden verzameld van de overstortingen uit diverse typen rioolstelsels. De bewerking hiervan - met de methode die in dit rapport is beschreven - moet uiteindelijk tot het mathematische model leiden dat aan het gestelde doel voldoet.

---

\* zie STORA-rapport "Riolering en Waterverontreiniging. Probleemstelling" (door: ir. F.B. Veldkamp).



3 MATERIAAL EN METHODEN

3.1 Literatuuronderzoek

3.1.1 *algemeen*

Het literatuuronderzoek werd in drie fasen uitgevoerd. In de eerste fase van de studie is getracht de verschillende bronnen van vervuiling van het door rioolstelsels direct op het oppervlakte-water geloosde water te onderzoeken. Vervolgens is getracht inzicht te krijgen in de vervuiling van het, in een rioolstelsel inkomende water en de vervuiling van het, door een rioolstelsel geloosde water. Als derde fase is alleen de vervuiling van het geloosde water in beschouwing genomen. Dit, omdat uit de twee eerste fasen bleek dat alleen hiervoor een ruime hoeveelheid gegevens beschikbaar was.

3.1.2 *vervuiling van rioolwater (bronnen)*

De atmosfeer, het afvoerend oppervlak en het rioolstelsel spelen een rol bij de kwaliteit van het geloosde water en zijn van belang bij een voorspelling van de vuilemissie door rioolstelsels. In figuur 1 is een en ander schematisch weergegeven.

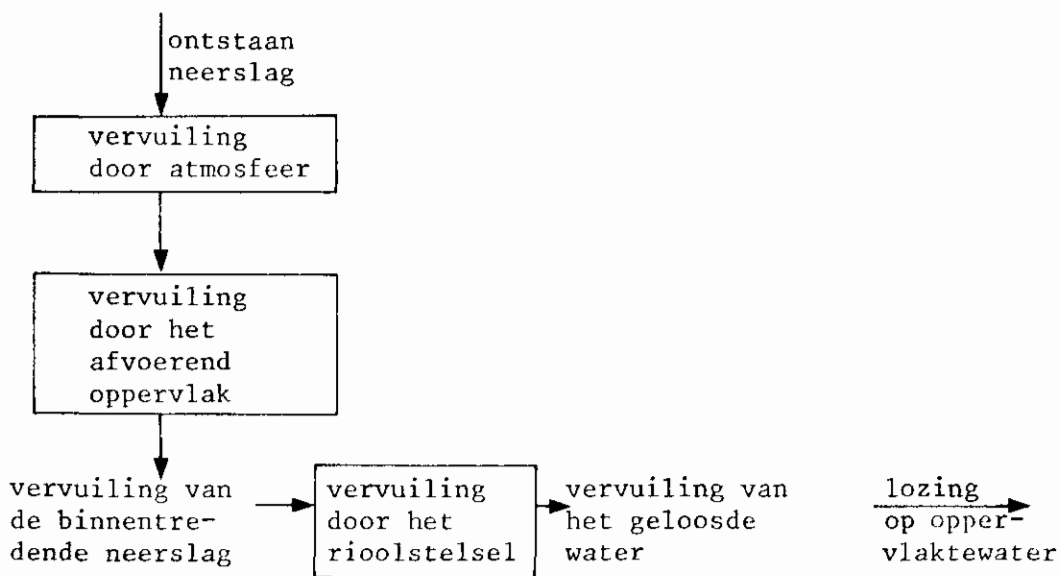


Fig. 1. Vervuiliingsbronnen

= vervuiliingsbron

De mate van vervuiling door de atmosfeer wordt onder andere bepaald door de volgende factoren:

- aard en karakter van het gebied (wonen, industrie, klimaat, grondge-steldheid etc.)
- seizoen (stofgehalte van de atmosfeer)
- droogweerperiode (uitwassen van de lucht etc.)

De mate van vervuiling door het afvoerend oppervlak is onder andere afhankelijk van:

- aard en karakter van het gebied (wonen, verkeer etc.)
- seizoen (flora, fauna, stofneerslag etc.)
- droogweerperiode (afspoelen van verontreinigingen)
- aard van het oppervlak (verhard - onverhard)
- frequentie van straatvegen

De mate van vervuiling door het rioolstelsel wordt onder andere bepaald door:

- type stelsel (gemengd, gescheiden etc.)
- droogweerafvoer
- hoedanigheid van het rioolstelsel
- droogweerperiode
- aantal foute aansluitingen
- onderhoud rioolstelsel (doorspoelen etc.)

De informatie over de invloed van deze vervuilingbronnen - en hun relatie tot de factoren die de kwaliteit van het geloosde water bepalen - bleek niet voldoende inzicht te verschaffen in de vuiluitworp van rioolstelsels.

### 3.1.3 *inloop en uitloop van rioolstelsels*

In deze tweede fase van het literatuuronderzoek is getracht inzicht te verkrijgen in de vervuiling van de in de rioolstelsels binnentredende neerslag en de vervuiling van het door het rioolstelsel geloosde water op het oppervlaktewater.

De kwaliteit van het door een rioolstelsel geloosde water wordt bepaald door de kwaliteit van het in een rioolstelsel binnenkomende water en de vervuiling door het rioolstelsel.

Schematisch is dit in figuur 2 weergegeven.

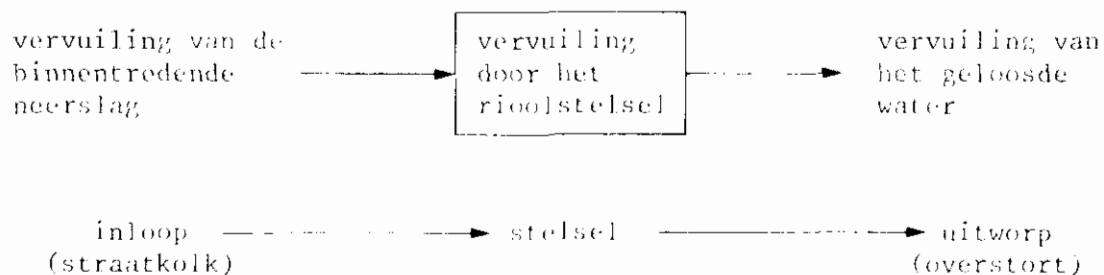


Fig. 2. Relatie inloop en uitworp van rioolstelsels

De atmosfeer en het afvoerend oppervlak bepalen samen de kwaliteit van de binnentredende neerslag; in de literatuur worden hiervoor echter weinig gegevens vermeld.

Een van de redenen voor het ontbreken van deze gegevens is waarschijnlijk de moeilijke uitvoerbaarheid van metingen van het binnentredende water ter plaatse van - bijvoorbeeld - straatkolken.

Aan de vervuiling van het door rioolstelsels direct op het oppervlaktewater geloosde water is echter relatief veel onderzoek verricht. In de kwaliteit van het geloosde water spelen alle bepalende factoren een rol.

De invloed van de te onderscheiden factoren was echter niet zondermeer af te leiden door het ontbreken van gegevens omtrent het binnentredende water.

#### 3.1.4 *uitworp van rioolstelsels*

Uit de twee eerste fasen van de literatuurstudie kwam naar voren dat slechts over de kwaliteit van het geloosde water een ruime hoeveelheid gegevens beschikbaar was.

Daarom zijn alleen deze gegevens kwantitatief in beschouwing genomen bij dit onderzoek (fig. 3).



Fig. 3. Vuiluitworp

Daartoe werd zoveel mogelijk cijfermateriaal verzameld met betrekking tot de vuilemissie van rioolstelsels. Dit materiaal werd geanalyseerd om de invloed van de te onderscheiden bepalende factoren te achterhalen (zie paragraaf 3.2).

Helaas is het merendeel van de onderzoeken naar de emissie van rioolstelsels gericht op de kwaliteit van het geloosde water, terwijl gegevens omtrent hoeveelheden vaak ontbreken.

De totale vuilozing op het oppervlaktewater (kg's vuil) is dan niet te bepalen. De totale vuilozing is van groot belang als de invloed van een vuilozing op de kwaliteit van het oppervlaktewater in beschouwing moet worden genomen.

Bij de analyse van de cijfers voor de vuiluitworp van gescheiden stelsels is verondersteld dat geen (foutieve) afvalwaterlozingen op het regenwaterstelsel plaatsvinden. Het rioolstelsel geeft dan zelf een geringe bijdrage aan de vervuiling van het geloosde water. Hier is aangenomen dat deze bijdrage nihil is.

### 3.2 Analysemethodiek

#### 3.2.1 *regressieanalyse*

Een verband tussen twee variabelen kan worden weergegeven als een functie (fig. 4). Met behulp van zo'n functie kan, voor iedere waarde van de ene variabele ( $x_i$ ) de bijbehorende waarde van de andere variabele ( $y_i$ ) met een zekere mate van nauwkeurigheid worden berekend.

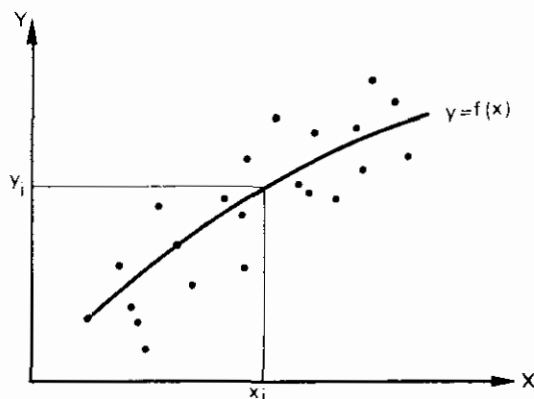


Fig. 4. Regressiefunctie van twee variabelen door meetpunten

De kwaliteit van de correlatie tussen de variabelen wordt aangegeven met de correlatiecoëfficiënt  $r$ .

Bij volledige afwezigheid van correlatie is  $r = 0$  en bij een perfect verband is  $r = 1$  of  $r = -1$ . Alle andere waarden van de correlatiecoëfficiënt liggen tussen deze waarden in.

Het bepalen van de "beste" functie tussen variabelen vindt plaats met behulp van regressieanalyse.

De meest gebruikelijke methode is de methode der kleinste kwadraten; hierbij worden de gemeten waarden voor de variabelen gesubstitueerd in één of meerdere functies die - in het algemeen - al door de meetresultaten worden aangewezen. Het verschil tussen de waarde volgens de gekozen functie en de gemeten waarde is het residu; de "beste" functie wordt verkregen wanneer de som van de kwadraten van de residuen minimaal is.

Deze methode is in dit onderzoek gebruikt om het cijfermateriaal uit de literatuur te analyseren op eventuele verbanden tussen een aantal variabelen die de vuiluitwerp van een rioolstelsel bepalen.

Voor de analyse van het cijfermateriaal is ten behoeve van deze studie een aantal computerprogramma's ontwikkeld die op het hierboven genoemde principe gebaseerd zijn. Bestaande programmatuur was niet geschikt voor de analyse van het aanwezige cijfermateriaal.

Het ontwikkelen van deze computerprogramma's was een tijdrovende doch noodzakelijke zaak om het gecompliceerde cijfermateriaal uit de literatuur te kunnen analyseren.

Voor een voorbeeld van de ontwikkelde programma's zie bijlage I (pp. 53-54).

In de regressieanalyse werd iedere vervuilingparameter (afhankelijke variabele) opgevat als functie van de bepalende factoren (onafhankelijke variabelen).

Van iedere vervuilingparameter is de vracht, de maximale concentratie en de gemiddelde concentratie onderzocht als functie van de relevante bepalende factoren. De gemiddelde concentratie is bepaald als quotient van de vracht en het neerslaggedrag.

### 3.2.2 *Bepalende factoren*

De volgende bepalende factoren spelen bij de vuiluitwerp van rioolstelsels een belangrijke rol:

- droogweelperiode
- duur van de bet
- aard/karakter van het gebied
- type stelsel etc.

De invloed van de factor "aard/karakter van het gebied" blijft in het cijfermatig materiaal onduidelijk en deze factor is dan ook buiten beschouwing gelaten.

De volgende factoren zijn toegevoegd aan de bovengenoemde:

- gemiddelde neerslagintensiteit ( $I$ /(cm/dag))
- hoeveelheid neerslag ( $G$ )

Hierna wordt een overzicht gegeven van de factoren en hun relatie zoals die in deze regressieanalyse in beschouwing werden genomen.

- Droogweerperiode (DWP)

Dit is de tijd in dagen tussen het begin van een regenbui en het einde van de voorafgaande regenbui. Het vervuilde water dat afgevoerd wordt van het oppervlak, wordt gekarakteriseerd door de duur van de droogweerperiode voorafgaande aan de regenbui.

- Intensiteit (INT)

Onder intensiteit wordt hier verstaan de gemiddelde afvoer in liters per seconde in het regenwaterriool. Dit is berekend door het neerslagvolume te delen door de duur van de bui.

- Duur (DUUR)

De duur is de tijd in minuten dat het regenwaterriool de gevallen neerslag afvoert naar het oppervlaktewater.

- Neerslagvolume (VOL)

Het neerslagvolume is de hoeveelheid water in m<sup>3</sup> welke afgevoerd wordt door het regenwaterstelsel naar het oppervlaktewater.

De invloed van de bepalende factoren (onafhankelijke variabelen) is onderzocht voor verschillende vervuilingparameters (afhankelijke variabelen).

3.2.3

*vervuilingsparameters*

De volgende vervuilingparameters zijn voornamelijk onderzocht; zij worden als volgt gedefinieerd:

- biochemisch zuurstofverbruik (BZV in mg/l): de massahoeveelheid zuurstof die door micro-organismen per liter water wordt verbruikt gedurende 5 dagen bij 20<sup>o</sup> C en onder de voorgeschreven omstandigheden voor de bepaling (zie NEN 3235-5.4.);
- afzetbare stof (ml/l): de volumehoeveelheid van een standaardglas waarin zich na een tijdsduur van 30 minuten de bezonken bestanddelen hebben verzameld (zie NEN 3235-4.4);
- affiltreerbare stof (mg/l): de massahoeveelheid niet opgeloste drogestof per liter die achterblijft op een standaardfilter (zie NEN 3235-4.2.);
- organische affiltreerbare stof (mg/l): de massahoeveelheid stof per liter welke het verschil is tussen de massahoeveelheid affiltreerbare stof en de gloeirest van de affiltreerbare stof die verkregen wordt na een tijdsduur van 45 minuten bij 600<sup>o</sup> C (zie NEN 3235-4.2.);
- zwevende stof (mg/l): de massahoeveelheid stof in een vloeistof die achterblijft bij sedimentatie of bij filtratie op een standaardfilter.

Methoden voor de bepaling van de vervuilingparameters zijn te vinden in NEN 3235 van het Nederlands Normalisatie Instituut.

## 4 GESCHEIDEN RIOOLSTELSELS

### 4.1 Onderzochte literatuurgegevens

Zeer veel gedetailleerde informatie omtrent de lozingen van gescheiden stelsels is bekend van het meetgebied Pullach nabij München<sup>7</sup>. Het betreft een meetgebied met een grootte van 23 ha, waarvan 8,21 ha verhard oppervlak is. Het karakter van het gebied is van stedelijke aard. De neerslag wordt afgevoerd via een gescheiden stelsel, dat aangelegd is tussen 1954 en 1969.

Het rioolstelsel is gecontroleerd op foutieve afvalwaterlozingen, welke niet gevonden zijn. Tijdens perioden van droogweer is er een geringe afvoer van 1 l/s aanwezig in het regenwaterriool als gevolg van een vijver met een fontein, die op het regenwaterriool loost. De grondwaterstand ligt circa 40 m beneden het maaiveld; er behoeft dus niet voor binnentredend grondwater gevreesd te worden.

Het meetprogramma is uitgevoerd van juni 1972 tot en met september 1973. De meetgegevens van de neerslag zijn verzameld in bijlage 2 (p. 55).

Hierin zijn vermeld de duur van de lozing in minuten, het afvoervolume in m<sup>3</sup>, de maximale afvoer in liters per seconde, de aard van de neerslag en het aantal monsters. In de onderzoeksperiode is in totaal 60 maal een afvoer gemeten.

De genomen monsters zijn onderzocht op verschillende vervuilingparameters. Bij de uitgevoerde analyses zijn de volgende parameters in beschouwing genomen:

- BZV
- afzetbare stof
- affiltreerbare stof
- organisch affiltreerbare stof

Van dit onderzoekgebied is voldoende cijfermateriaal aanwezig om een regressieanalyse uit te voeren. Van andere onderzoeken was het cijfermateriaal onvoldoende gedetailleerd voor een dergelijke uitgebreide regressieanalyse. Waar mogelijk zijn de gegevens van de overige onderzoeken vergeleken met de resultaten van het onderzoekgebied in Pullach<sup>7</sup>.

### 4.2 Affiltreerbare stof

#### 4.2.1 *vracht*

De gemeten vrachten en concentraties affiltreerbare stof zijn in bijlage 3 (p. 57) in chronologische volgorde weergegeven. Eveneens zijn in bijlage 3 de duur van de voorafgaande droogweperiode, het neerslagvolume en de intensiteit vermeld.

Uit deze cijfers kan men globaal vaststellen dat de vracht affiltreerbare stof (kg) afhankelijk is van de intensiteit en het neerslagvolume. Ter illustratie is in figuur 5 (p. 12) voor een bepaalde gebeurtenis dit verband weergegeven.

In de regressieanalyse is de relatie nader onderzocht.

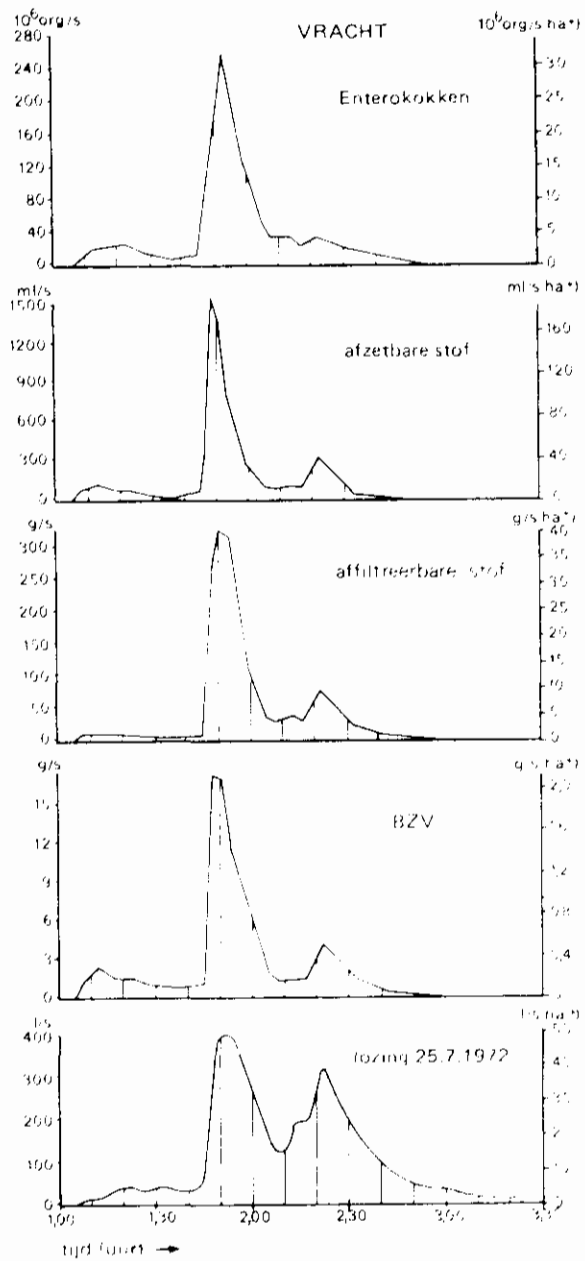


Fig. 5. Verloop vuilemissie tijdens lozing

De vracht affiltreerbare stof is op verschillende manieren als functie van de bepalende factoren f (DWP, INT, DUUR, VOL) geanalyseerd, waarbij de volgende typen functies als beste naar voren zijn gekomen:

- lineaire functies zoals  $Y = a + bX$ ,  $Y = a + bX + cZ$  etc.
- machtfuncties zoals  $Y = aX^b$ ,  $Y = aX^b Z^c$  etc.

De resultaten van de regressieanalyse voor de vracht affiltreerbare stof zijn weergegeven in tabel 1 (p. 14).

Uit deze tabel blijkt dat de vracht affiltreerbare stof voornamelijk afhankelijk is van de intensiteit en in mindere mate van het volume.

Een goede correlatie werd gevonden met een lineaire functie waarin zowel intensiteit als duur zijn opgenomen. Deze functie ziet er als volgt uit (zie h uit tabel 1, p. 14):

$$\text{vracht (affiltreerbare stof)} = -12,89 + 2,46 \times \text{INT} + 0,04 \times \text{DUUR}$$

De correlatiecoëfficiënt bedraagt  $\rho = 0.87$ , hetgeen een goede waarde is bij een dergelijk ingewikkeld fysisch verschijnsel.

Als de regressieanalyse wordt uitgevoerd met de gemeten maximum intensiteiten in plaats van de gemiddelde intensiteiten, dan verandert de correlatiecoëfficiënt nagenoeg niet. In het verdere verloop van deze studie is derhalve uitgegaan van de gemiddelde intensiteit.

Uit tabel 1 blijkt tevens dat de andere bepalende factoren (DWP en VOL) weinig invloed hebben op de vracht affiltreerbare stof.

Om vergelijking van de regressiefunctie met gegevens van andere onderzoeksgebieden mogelijk te maken worden de lozingen en gemiddelde regenintensiteiten per hectare verhard oppervlak ( $\text{ha}^+$ ) uitgedrukt.

De regressiefunctie wordt als volgt:

$$\text{vracht affiltreerbare stof (kg/ha}^+\text{)} = -1,57 + 2,46 \times \text{INT/ha}^+ + 0,005 \times \text{DUUR.}$$

In figuur 6 (p. 15) is voor verschillende waarden van de lozingsduur de vracht affiltreerbare stof uitgezet als functie van de gemiddelde intensiteit.

Voor het verkrijgen van een indruk omtrent de betrouwbaarheid van de regressiefunctie en de metingen als zodanig wordt verwezen naar figuur 7 (p. 16). In figuur 7 is het interval aangegeven waarbinnen met 95% betrouwbaarheid alle metingen uit dezelfde populatie zullen liggen. Tevens is aangegeven het interval waarbinnen de regressiefunctie met 95% betrouwbaarheid is gelegen.



vracht affiltreerbare stof =		correlatiecoëfficiënt r	coëfficiënt				
			a	b	c	d	e
a.	a+b * DWP	0.013	52.367	- 0.1196			
b.	a+c * INT	0.852	8.979		2.2845		
c.	a+d * DUUR	0.095	60.528			- 0.0209	
d.	a+e * VOL	0.747	15.094				0.1123
e.	a+b * DWP + c * INT	0.853	10.229	- 0.2090	2.2852		
f.	a+b * DWP + d * DUUR	0.102	63.439	- 0.3425		- 0.0229	
g.	a+b * DWP + e * VOL	0.748	12.657	0.3783			0.1127
h.	a+c * INT + d * DUUR	0.873	- 12.887		2.4559	0.0439	
i.	a+c * INT + e * VOL	0.869	5.959		1.7783		0.0183
j.	a+d * DUUR + e * VOL	0.776	33.832			- 0.0474	0.1173
k.	a+b * DWP + c * INT + d * DUUR	0.866	- 10.629	0.2095	2.1735	0.0326	
l.	a+b * DWP + c * INT + e * VOL	0.869	6.035	- 0.3033	1.7792		0.03825
m.	a+b * DWP + d * DUUR + e * VOL	0.776	34.215	- 0.3475		- 0.0477	0.1172
n.	a+c * INT + d * DUUR + e * VOL	0.866	- 8.139		2.1755	0.0312	0.0198
o.	a+b * DWP + c * INT + d * DUUR + e * VOL	0.866	- 10.629	0.2095	2.1735	0.0326	0.0195

a. lineaire functie

vracht affiltreerbare stof =		correlatiecoëfficiënt r	coëfficiënt				
			a	b	c	d	e
a.	a * DWP	0.057	26.271				
b.	a * INT	0.205	4.416		1.7737		
c.	a * DUUR	0.096	18.751			0.0542	
d.	a * VOL	0.808	0.175				0.9805
e.	a * DWP * INT	0.007	4.509		1.7737		
f.	a * INT * DUUR	0.003	19.993			0.0476	
g.	a * DWP * VOL	0.006	0.157				0.9825
h.	a * INT * VOL	0.008	0.069		1.7737	0.7556	
i.	a * INT * DUUR * VOL	0.003	0.100				0.7564
j.	a * DWP * INT * DUUR	0.003	0.044		1.7737		1.0385
k.	a * DWP * INT * VOL	0.003	0.029		1.7737		0.7569
l.	a * DWP * INT * DUUR * VOL	0.002	0.015		1.7737		0.7572
m.	a * DWP * INT * DUUR * VOL	0.008	0.061		1.7737	- 0.0815	1.0387
n.	a * INT * DUUR * VOL	0.008	0.069		1.7737	2.3810	- 1.6259
o.	a * DWP * INT * DUUR * VOL	*					

b. non-lineaire functie

Tabel 4. Vracht affiltreerbare stof (resultaten regressieanalyse)

\* geen correlatie

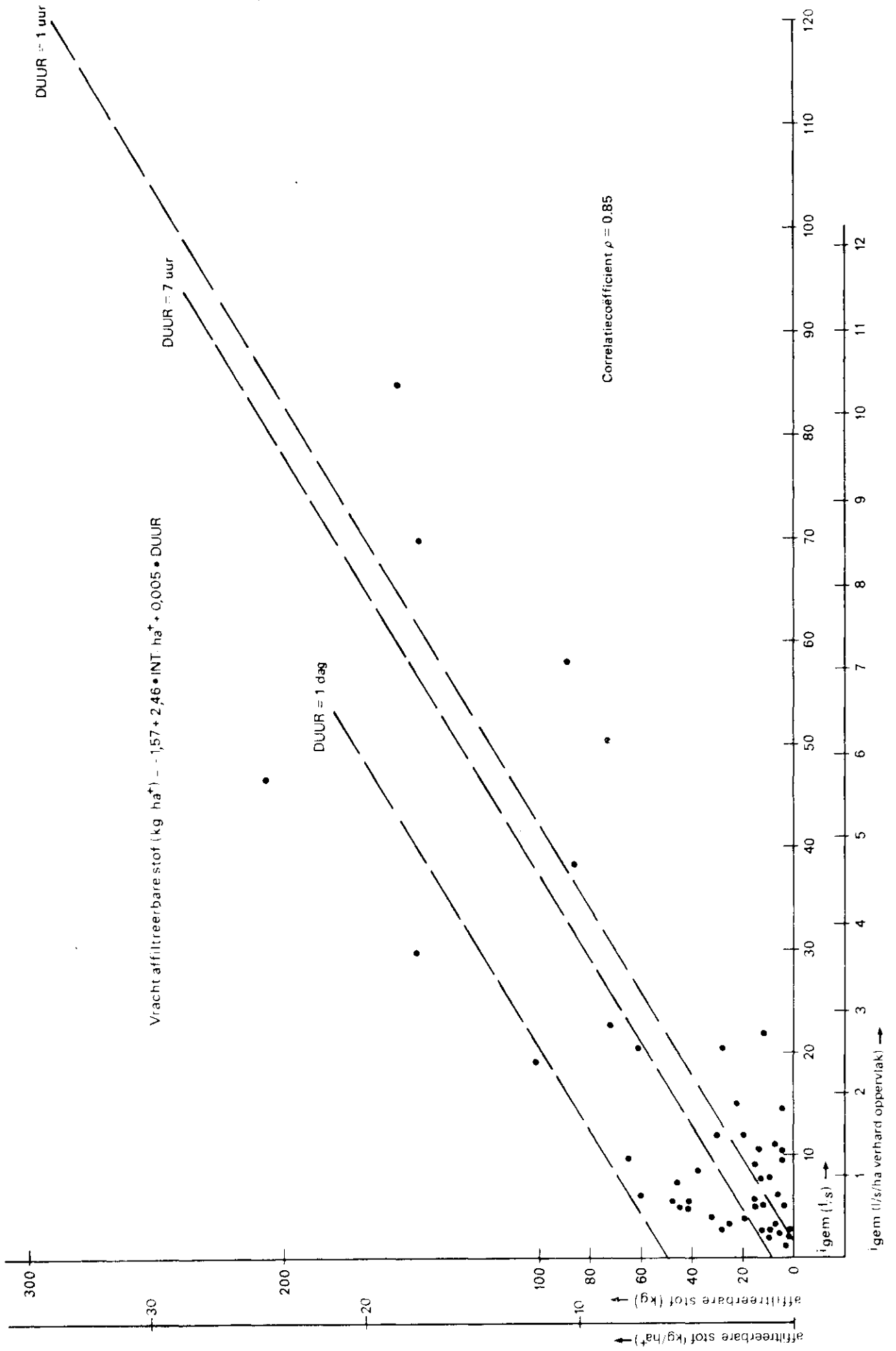


Fig.6. Vracht affiltreerbare stof

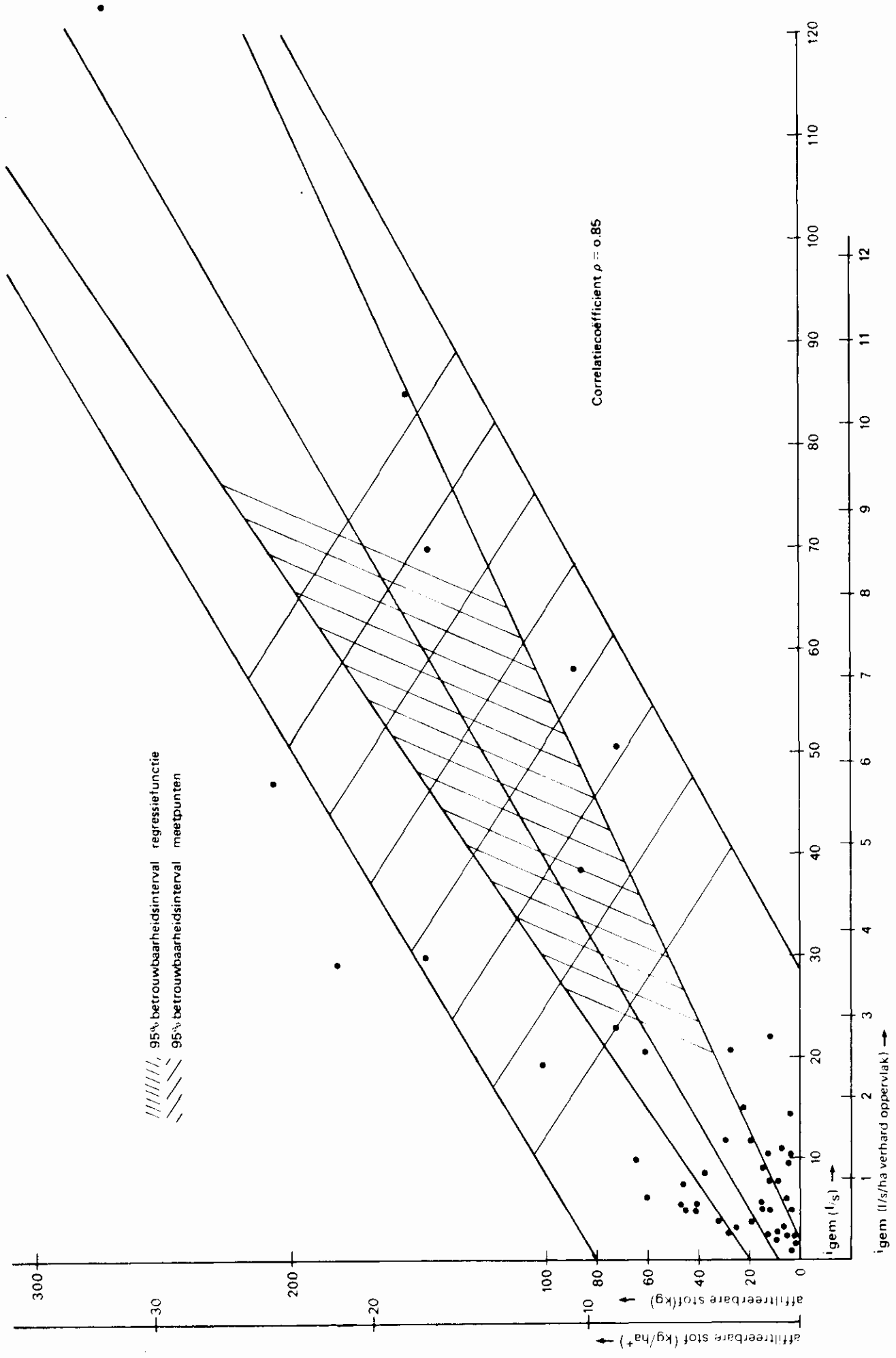


Fig. 7. Betrouwbaarheidsinterval vracht affiltreerbare stof

gemiddelde concentratie affiltreerbare stof =		correlatiecoëfficiënt $\rho$	coëfficiënt				
			a	b	c	d	e
a.	a+b * DWP	0.146	157.474	3.0220			
b.	a+c * INT	0.162	157.269		0.9887		
c.	a+d * DUUR	0.270	233.301			- 0.1353	
d.	a+e * VOL	0.081	184.783				- 0.0278
e.	a+b * DWP + c * INT + d * DUUR + e * VOL	0.359	166.864	2.1038	2.6417	- 0.0235	- 0.1326
f.	a * DWP <sup>b</sup>	0.037	134.005	0.0145			
g.	a * INT <sup>c</sup>	0.189	102.565		0.1223		
h.	a * DUUR <sup>d</sup>	0.299	638.661			- 0.2685	
i.	a * VOL <sup>e</sup>	0.029	151.424				- 0.0211

Tabel 2. Gemiddelde concentratie affiltreerbare stof (resultaat regressieanalyse)

N.B.

Andere combinaties zijn niet onderzocht, aangezien met geen der bepalende factoren een redelijke correlatie aanwezig is.

#### 4.2.2 *concentratie*

Tabel 2 toont aan dat de gemiddelde concentratie affiltreerbare stof geen duidelijke relatie laat zien met één der bepalende factoren of een combinatie hiervan.

#### 4.2.3 *vergelijking met andere onderzoeken*

In de literatuur worden weliswaar van andere onderzoeken gegevens vermeld van concentraties en vrachten affiltreerbare stof, echter niet met vermelding van droogweertperiode, regenintensiteit, duur etc. Een vergelijking met bovenstaande relaties is derhalve nauwelijks mogelijk. De orde van grootte van zowel de concentraties als de vrachten komen echter goed overeen.

### 4.3 Organische affiltreerbare stof

#### 4.3.1 *relatie organische affiltreerbare stof - affiltreerbare stof*

In bijlage 4 (p. 59) zijn de in Pullach gemeten vrachten en gemiddelde concentraties organische affiltreerbare stof vermeld. Het gehalte organische bestanddelen van de affiltreerbare stof wordt bepaald door het monster tot 600°C te verhitten, waardoor alle organische delen verbranden. In bijlage 4 zijn naast de waarden van de gemiddelde concentraties ook de verhoudingen van organische affiltreerbare stof en affiltreerbare stof aangegeven in procenten. Het percentage schommelt tussen de 20% en 50%.

In figuur 8 (p. 19) zijn de gemiddelde concentraties affiltreerbare stof en organisch affiltreerbare stof tegen elkaar uitgezet. De waarden liggen om de volgende functie verspreid:

organische affiltreerbare stof = 0,4 x affiltreerbare stof.

Deze relatie is afgeleid door Brunner<sup>7</sup>. Uit dezelfde meetgegevens kan de volgende functie worden afgeleid:

$$\text{organische affiltreerbare stof} = 0,58 \times (\text{affiltreerbare stof})^{0,9}$$

De correlatiecoëfficiënt van deze functie is hoger dan die van Brunner. Beide functies zijn weergegeven in figuur 8.

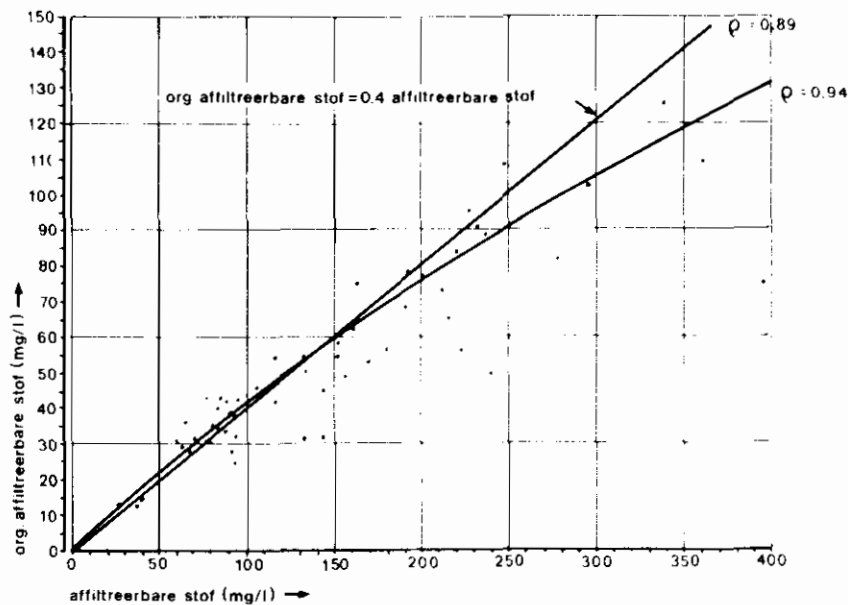


Fig. 8. Gemiddelde concentraties affiltreerbare stof en organische affiltreerbare stof

Een duidelijk verschil tussen beide functies treedt op bij hoge concentraties.

De hoge concentraties treden op bij een betrekkelijk kleine lozing. Uit figuur 8 blijkt dat tot circa 250 mg/l affiltreerbare stof de beide functies nagenoeg gelijk zijn.

De correlatie tussen de vrachten organische affiltreerbare stof en affiltreerbare stof is nagenoeg gelijk aan de correlatie bij de gemiddelde concentraties. De correlatiecoëfficiënt ligt in de orde van grootte van  $\rho = 0,9$  à  $\rho = 0,95$  voor het verband:

$$\text{Vracht organische affiltreerbare stof} = 0,38 \times \text{vracht affiltreerbare stof.}$$

Het verband is nagenoeg gelijk als bij de gemiddelde concentraties.

#### 4.3.2 *vracht en concentratie*

Een regressieanalyse voor de vracht en concentratie organisch affiltreerbare stof als functie van de bepalende factoren werd, gelet op het duidelijke verband tussen affiltreerbare stof en het organische deel daarvan, als niet noodzakelijk beoordeeld en derhalve achterwege gelaten.

#### 4.4 Afzetbare stof

##### 4.4.1 *vracht*

De gemeten concentraties en vrachten afzetbare stof zijn in bijlage 5 (p. 60) in chronologische volgorde weergegeven. Evenals bij de affiltreerbare stof is ook voor deze vervuilingparameter globaal een verband te onderkennen tussen de vracht afzetbare stof, de intensiteit en de hoeveelheid neerslag.

De regressieanalyse van de vracht afzetbare stof is voor verschillende functies uitgevoerd en evenals bij de affiltreerbare stof kwamen de lineaire functies en de machtfuncties als beste naar voren. De resultaten van de regressieanalyse zijn weergegeven in tabel 3 (p. 20).

De vracht afzetbare stof is voornamelijk afhankelijk van de gemiddelde intensiteit en in mindere mate van de droogweerperiode.

De beste correlatie wordt gevonden voor de functie e. uit tabel 3a (p. 20):

$$\text{Vracht afzetbare stof} = -16,65 + 3,97 \times \text{DWP} + 6,07 \times \text{INT}$$

De regressiefunctie geschreven per ha verhard oppervlak ( $\text{ha}^+$ ) luidt:

$$\text{Vracht afzetbare stof (1/ha}^+) = -2,03 + 0,48 \times \text{DWP} + 6,08 \times \text{INT/ha}^+$$

In figuur 9 (p. 22) is de regressiefunctie weergegeven. Voor verschillende waarden van de droogweerperiode is de vracht afzetbare stof als functie van de gemiddelde intensiteit weergegeven.

In figuur 10 (p. 23) is evenals voor de affiltreerbare stof het betrouwbaarheidsinterval voor de metingen als voor de regressiefunctie weergegeven.

##### 4.4.2 *concentratie*

Het cijfermateriaal van de gemiddelde en maximale concentraties afzetbare stof (ml/l) geeft geen enkele indicatie voor een bepaalde correlatie. De resultaten van de regressieanalyse van de concentraties afzetbare stof zijn in tabel 4 (p. 21) vermeld.

##### 4.4.3 *relatie affiltreerbare stof - afzetbare stof*

De regressiefuncties voor afzetbare stof en affiltreerbare stof vertonen beide een grote invloed van de gemiddelde intensiteit op de vracht. Daarom is gezocht naar een correlatie tussen affiltreerbare stof en afzetbare stof. De gevonden regressiefunctie ziet er als volgt uit:

$$\text{Vracht affiltreerbare stof} = 14,014 + 0,312 \times \text{vracht afzetbare stof}$$

vracht afzetbare stof =		correlatie-coëfficiënt	coëfficiënt					
			a	b	c	d	e	
a.	a+b * DWP	0,160	95,078	4,2039				
b.	a+c * INT	0,780	7,070		6,0727			
c.	a+d * DUCR	0,263	192,151				- 0,1684	
d.	a+e * VOL	0,578	45,355					0,2308
e.	a+b * DWP + c * INT	0,794	- 16,649	3,9679	6,0591			
f.	a+b * DWP + d * DUCR	0,282	169,065	2,7160			- 0,1527	
g.	a+b * DWP + e * VOL	0,562	11,532	5,2525				0,2572
h.	a+c * INT + d * DUCR	0,780	11,694		6,0465		- 0,0093	
i.	a+c * INT + e * VOL	0,783	10,881		6,7116			- 0,0484
j.	a+d * DUCR + e * VOL	0,433	133,756				- 0,2259	0,2546
k.	a+b * DWP + c * INT + d * DUCR	0,791	- 26,045	4,1302	6,1244		0,0169	
l.	a+b * DWP + c * INT + e * VOL	0,791	- 12,653	3,7859	6,5473			- 0,0369
m.	a+b * DWP + d * DUCR + e * VOL	0,645	105,076	3,3181			- 0,2073	0,2567
n.	a+c * INT + d * DUCR + e * VOL	0,754	- 4,933		7,1234		0,0359	- 0,0691
o.	a+b * DWP + c * INT + d * DUCR + e * VOL	0,759	- 44,764	4,2238	7,2932		0,0659	- 0,0742

a. *Variation function*

Vracht afzetbare stof =		correlatie-coëfficiënt	coëfficiënt					
			a	b	c	d	e	
a.	a * DWP <sup>b</sup>	0,278	13,084	0,4767				
b.	a * INT <sup>c</sup>	0,588	0,419		1,0739			
c.	a * DUCR <sup>d</sup>	0,292	14585,93				- 1,1565	
d.	a * VOL <sup>e</sup>	0,419	0,018					1,3214
e.	a * DWP <sup>b</sup> * INT <sup>c</sup>	0,650	0,289	0,1739	1,0724			
f.	a * DWP <sup>b</sup> * DUCR <sup>d</sup>	0,383	5642,24	0,4275			- 1,0542	
g.	a * DWP <sup>b</sup> * VOL <sup>e</sup>	0,537	7,976	0,3397				1,3033
h.	a * INT <sup>c</sup> * DUCR <sup>d</sup>	0,588	2,008		1,0739		- 0,0261	
i.	a * INT <sup>c</sup> * VOL <sup>e</sup>	0,588	0,449		1,0739			- 0,0261
j.	a * DUCR <sup>d</sup> * VOL <sup>e</sup>	0,589	52,129				- 1,0542	1,4669
k.	a * DWP <sup>b</sup> * INT <sup>c</sup> * DUCR <sup>d</sup>	0,651	0,122	0,1739	1,0739		0,1312	
l.	a * DWP <sup>b</sup> * INT <sup>c</sup> * VOL <sup>e</sup>	0,651	0,175	0,1739	1,0739			0,1234
m.	a * DWP <sup>b</sup> * DUCR <sup>d</sup> * VOL <sup>e</sup>	0,651	15,147	0,1739			1,0739	1,7013
n.	a * INT <sup>c</sup> * DUCR <sup>d</sup> * VOL <sup>e</sup>	*						
o.	a * DWP <sup>b</sup> * INT <sup>c</sup> * DUCR <sup>d</sup> * VOL <sup>e</sup>	*						

b. *marginale effecten*

Tabel 3. *Vracht afzetbare stof (resultaten regressieanalyse)*

\* geen correlatie

gemiddelde concentratie afzetbare stof =		correlatiecoëfficiënt $\rho$	coëfficiënt				
			a	b	c	d	e
a.	a+b * DWP	0.416	0.2077	0.0388			
b.	a+c * INT	0.108	0.3864		0.0029		
c.	a+d * DUUR	0.364	0.7944			- 0.0008	
d.	a+e * VOL	0.088	0.4870				- 0.0001
e.	a+b * DWP + c * INT	0.429	0.1549	0.0387	0.0029		
f.	a+b * DWP + d * DUUR	0.498	0.5173	0.0325		- 0.0006	
g.	a+b * DWP + e * VOL	0.419	0.2395	0.0384			- 0.0001
h.	a+c * INT + d * DUUR	0.364	0.8023		- 0.0003	- 0.0008	
i.	a+b * DWP + c * INT + d * DUUR	0.498	0.5035	0.0327	0.0004	- 0.0006	
j.	a * DWP <sup>b</sup>	0.376	0.0899	0.4480			
k.	a * INT <sup>c</sup>	0.404	0.0297		0.7971		
l.	a * DUUR <sup>d</sup>	0.456	172.466			- 1.2488	
m.	a * VOL <sup>e</sup>	0.084	0.0484				- 0.1849

Tabel 4. Gemiddelde concentratie afzetbare stof (resultaat regressieanalyse)

Andere combinaties zijn niet onderzocht, aangezien met geen der bepalende factoren een redelijke correlatie aanwezig is.

Uitgedrukt per ha verhard oppervlak ( $\text{ha}^+$ ) wordt de regressiefunctie:

vracht affiltreerbare stof ( $\text{kg}/\text{ha}^+$ ) =  $1,707 + 0,312 \times$  vracht afzetbare stof ( $1/\text{ha}^+$ ) (zie ook fig. 11, p. 24).

De waarde van de correlatiecoëfficiënt is 0,9. De reden van deze goede correlatie is fysisch verklaarbaar. De vracht afzetbare stof wordt immers bepaald met behulp van een Imhoff-glas, terwijl de vracht affiltreerbare stof wordt vastgesteld met behulp van een standaard filter. De stoffen die met beide bepalingen worden gemeten zijn nagenoeg dezelfde.

Opgemerkt wordt dat men zeer voorzichtig moet zijn met het omrekenen van de ene parameter naar de andere, omdat het zeer moeilijk te bepalen valt hoeveel water er gebonden is aan met name de afzetbare stof.

#### 4.4.4 *vergelijking met andere onderzoeken*

Evenals bij de affiltreerbare stoffen werden in de literatuur niet voldoende gedefinieerde gegevens gevonden voor een vergelijking met de gevonden regressiefuncties. In het kort kan worden gesteld dat de overige in de literatuur vermelde gegevens in orde van grootte goed overeenkomen.



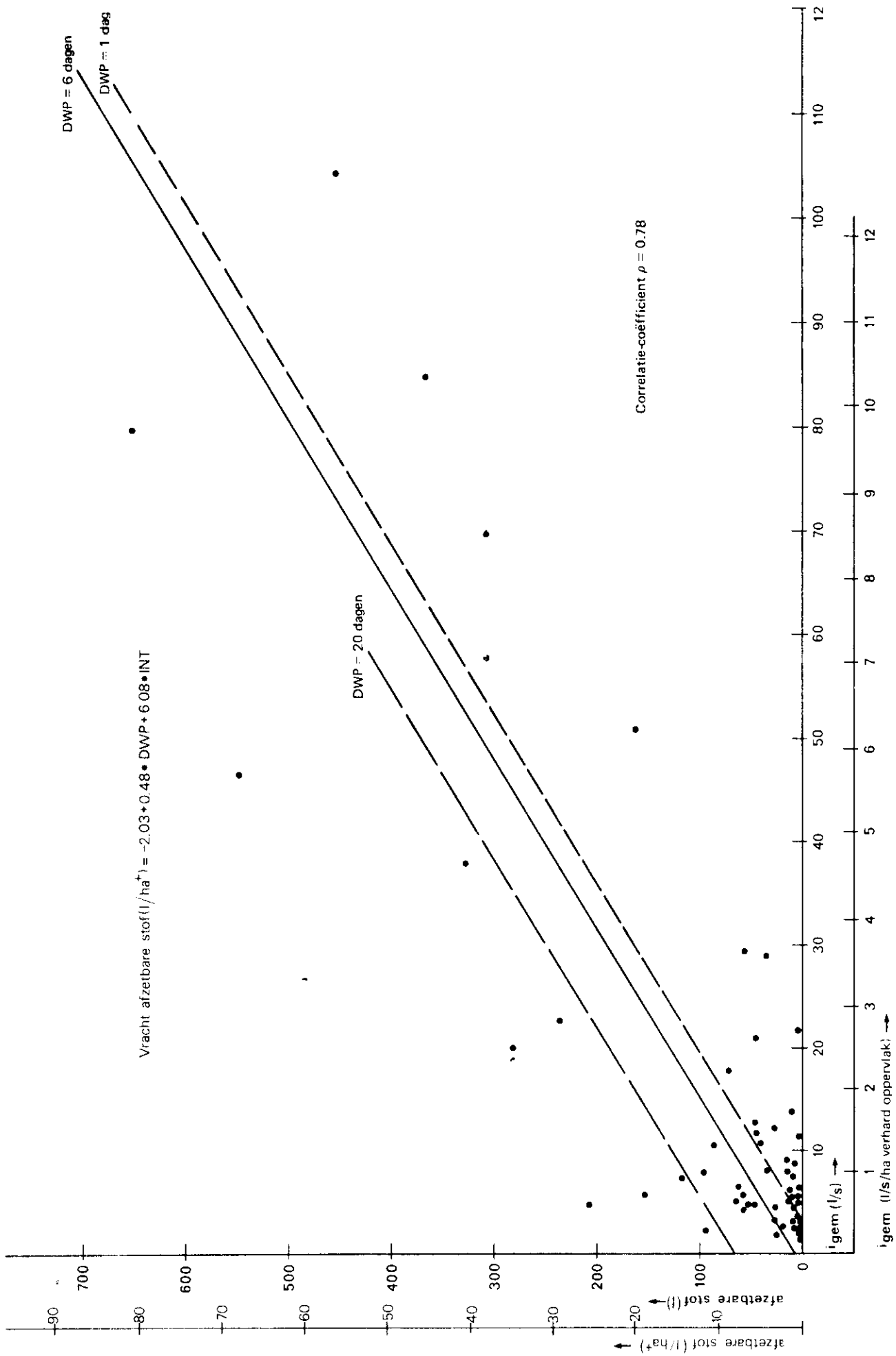


Fig. 9. Vracht afzetbare stof

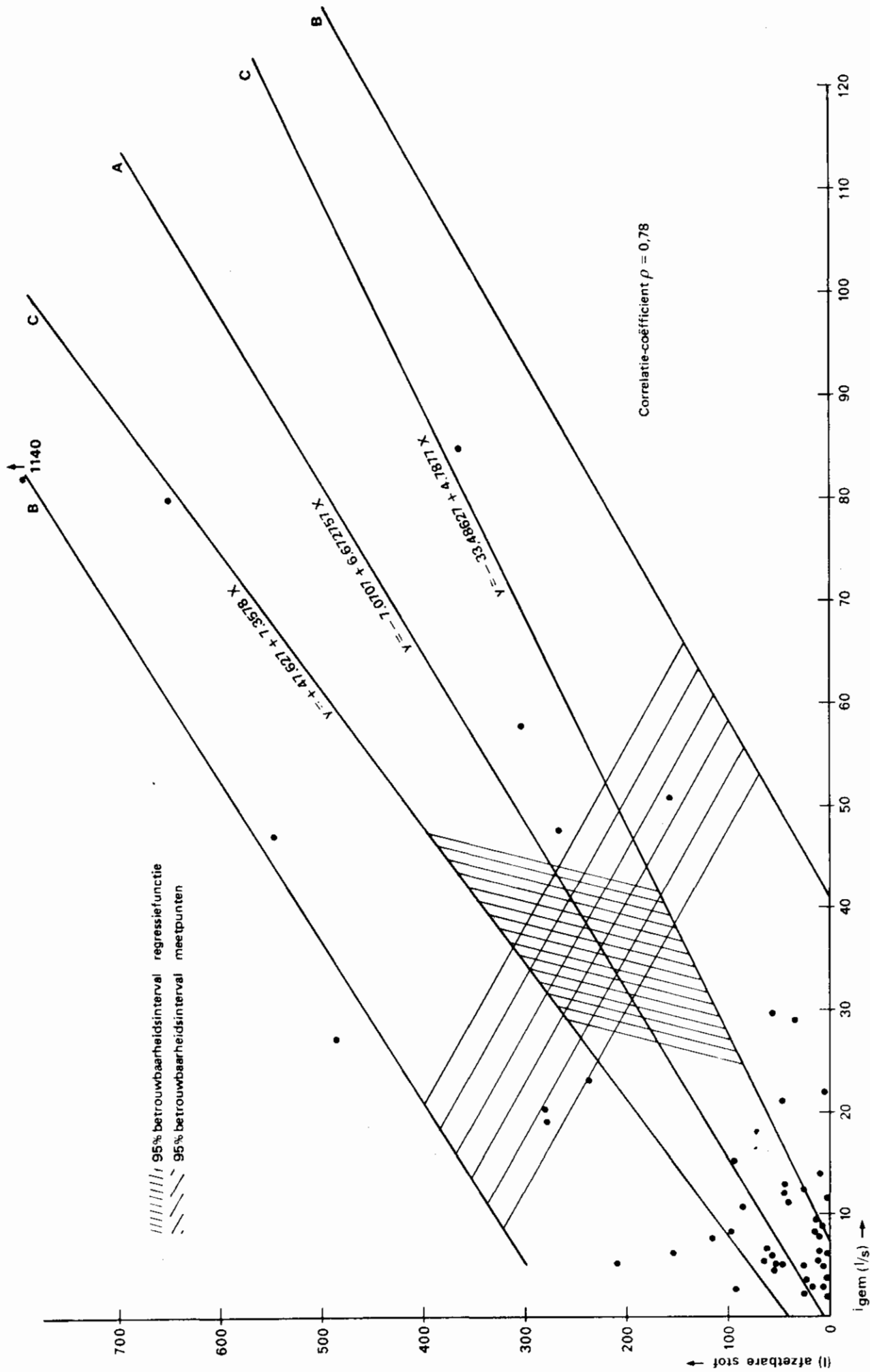


Fig. 10. Betrouwbaarheidsinterval afzetbare stof

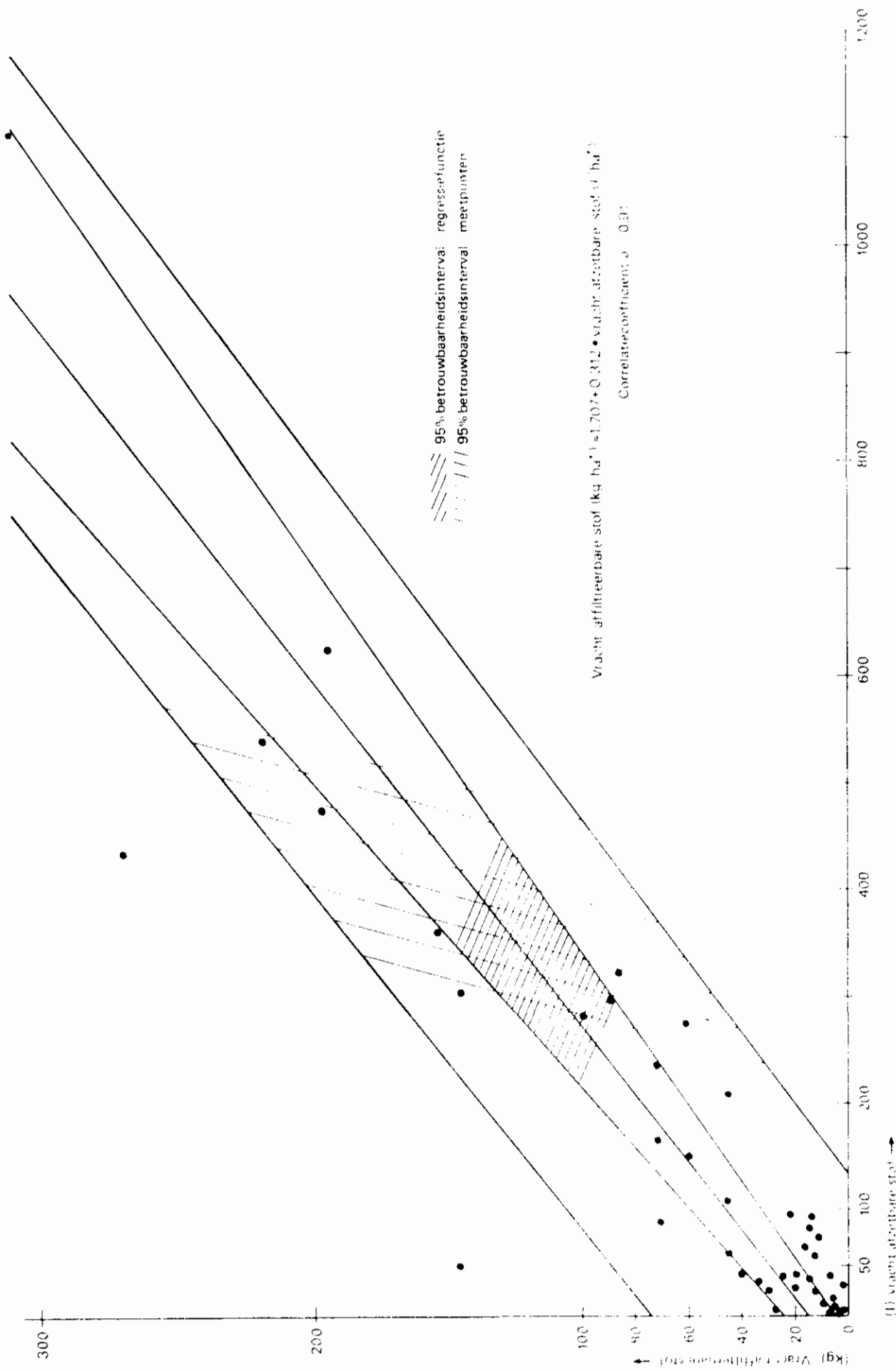


Fig. 11. Relatie affiltreerbare stof - afzetbare stof

## 4.5 Biochemisch zuurstofverbruik

### 4.5.1 *vracht*

De gemeten vrachten BZV, alsmede de gemiddelde en maximale concentraties BZV zijn in bijlage 6 (p. 61) in chronologische volgorde vermeld.

Uit bijlage 6 blijkt dat gedurende de zomermaanden grote vrachten voorkomen, een verschijnsel dat eveneens bij de affiltreerbare en afzetbare stof aanwezig is. Hoge concentraties BZV komen gedurende het gehele jaar voor, in het bijzonder na lange droogweerperiodes.

Uit de regressieanalyse voor de vracht BZV (kg) blijkt duidelijk dat deze voornamelijk afhankelijk is van de gemiddelde intensiteit, het neerslagvolume en de droogweerperiode (zie tabel 5, p. 26).

Een goede correlatie werd gevonden voor de machtfunctie waarin zowel intensiteit, duur en droogweerperiode zijn opgenomen. Deze functie:

$$\text{Vracht} = 0,14 \times \text{DWP}^{0,19} \times \text{DUUR}^{0,44} \times \text{INT}^{0,96};$$

heeft een correlatiecoëfficiënt van 0,85 (zie k uit tabel 5b, p. 26). Uitgedrukt per ha verhard oppervlak ( $\text{ha}^+$ ) wordt de regressiefunctie:

$$\text{Vracht BZV (kg/ha}^+) = 0,128 \times \text{DWP}^{0,19} \times \text{INT/ha}^{+0,96} \times \text{DUUR}^{0,44}$$

In figuur 12 en 13 (pp. 27 en 28) is de vracht BZV uitgezet tegen de gemiddelde intensiteit bij verschillende waarden voor de duur en de droogweerperiode.

In figuur 12 is de invloed van de duur van de afvoer op de vracht BZV af te lezen bij een konstante droogweerperiode van 10 dagen.

In figuur 13 is de invloed van de droogweerperiode op de vracht BZV aangegeven bij een constante duur van 5 uur. Uit de beide figuren blijkt dat de bepalende factoren droogweerperiode en duur een grote invloed hebben op de vracht BZV.

### 4.5.2 *concentratie*

In tabel 6 (p. 29) zijn de resultaten van de regressieanalyse van de concentraties BZV gegeven. De gemiddelde concentratie BZV (mg/l) is voornamelijk afhankelijk van de droogweerperiode en de duur.

De beste correlatie is een combinatie van droogweerperiode en duur als machtfunctie, de correlatiecoëfficiënt  $\rho = 0,68$  (zie k uit tabel 6b, p. 29).

$$\text{concentratie BZV} = 258,72 \times \text{DWP}^{0,19} \times \text{INT}^{-0,046} \times \text{DUUR}^{-0,57}$$

Uitgedrukt per ha verhard oppervlak ( $\text{ha}^+$ ) wordt de regressiefunctie:

$$\text{concentratie BZV (mg/l)} = 234,8 \times \text{DWP}^{0,19} \times \text{INT/ha}^{+0,046} \times \text{DUUR}^{-0,57}$$

In figuur 14 (p. 31) is de gevonden regressiefunctie uitgezet. Voor verschillende waarden van de droogweerperiode en intensiteit is de concentratie uitgezet als functie van de duur. Uit deze figuur blijkt dat bij een toename van de lozingsduur de gemiddelde concentratie afneemt, bij toename van de droogweerperiode is eveneens een toename waarneembaar. De invloed van de gemiddelde intensiteit op de gemiddelde concentratie BZV is gering.

BZV-vracht =		correlatiecoëfficiënt r	coëfficiënt				
			a	b	c	d	e
a.	a+b * DWP	0.189	2.925	0.1049			
b.	a+c * INT	0.694	1.428		0.1140		
c.	a+d * DUUR	0.120	4.248			- 0.0016	
d.	a+e * VOL	0.640	1.639				0.0059
e.	a+b * DWP + c * INT	0.718	0.829	0.1004	0.1136		
f.	a+b * DWP + d * DUUR	0.204	3.447	0.0943		- 0.0011	
g.	a+b * DWP + e * VOL	0.682	0.792	0.1316			0.0061
h.	a+c * INT + d * DUUR	0.703	0.659		0.1200	0.0015	
i.	a+c * INT + e * VOL	0.719	1.227		0.0802		0.0026
j.	a+d * DUUR + e * VOL	0.677	2.823			- 0.0030	0.0062
k.	a+b * DWP + c * INT + d * DUUR	0.735	- 0.461	0.1227	0.1227	0.0023	
l.	a+b * DWP + c * INT + e * VOL	0.748	0.514	0.1148	0.0752		0.0029
m.	a+b * DWP + d * DUUR + e * VOL	0.703	1.881	0.1091		- 0.0024	0.0063
n.	a+c * INT + d * DUUR + e * VOL	0.719	1.297		0.0784	- 0.0002	0.0026
o.	a+b * DWP + c * INT + d * DUUR + e * VOL	0.749	0.171	0.1194	0.0832	0.007	0.0025

a. *lineaire functie*

BZV-vracht =		correlatiecoëfficiënt r	coëfficiënt				
			a	b	c	d	e
a.	a * DWP <sup>b</sup>	0.265	1.6755	0.1694			
b.	a * INT <sup>c</sup>	0.760	0.3040		0.8068		
c.	a * DUUR <sup>d</sup>	0.173	8.3121			- 0.2547	
d.	a * VOL <sup>e</sup>	0.703	0.0251				0.8269
e.	a * DWP <sup>b</sup> * INT <sup>c</sup>	0.804	0.2701	0.1689	0.8066		
f.	a * DWP <sup>b</sup> * DUUR <sup>d</sup>	0.302	5.8351	0.1592		- 0.2149	
g.	a * DWP <sup>b</sup> * VOL <sup>e</sup>	0.774	0.0181	0.2080			0.8585
h.	a * INT <sup>c</sup> * DUUR <sup>d</sup>	0.793	0.0247		0.9408	0.3814	
i.	a * INT <sup>c</sup> * VOL <sup>e</sup>	0.793	0.0721		0.5590		0.3824
j.	a * DUUR <sup>d</sup> * VOL <sup>e</sup>	0.793	0.3561			- 0.5593	0.9422
k.	a * DWP <sup>b</sup> * INT <sup>c</sup> * DUUR <sup>d</sup>	0.846	0.1423	0.1898	0.9623	0.4433	
l.	a * DWP <sup>b</sup> * INT <sup>c</sup> * VOL <sup>e</sup>	0.845	0.0497	0.1889	0.5202		0.4420
m.	a * DWP <sup>b</sup> * DUUR <sup>d</sup> * VOL <sup>e</sup>	0.845	0.2128	0.1881		0.5188	0.9624
n.	a * INT <sup>c</sup> * DUUR <sup>d</sup> * VOL <sup>e</sup>	0.793	988.112		- 2.8387	- 3.3967	3.7841
o.	a * DWP <sup>b</sup> * INT <sup>c</sup> * DUUR <sup>d</sup> * VOL <sup>e</sup>	*					

b. *machtsfunctie*

Tabel 5. Vracht BZV (resultaten regressieanalyse)

\* geen correlatie

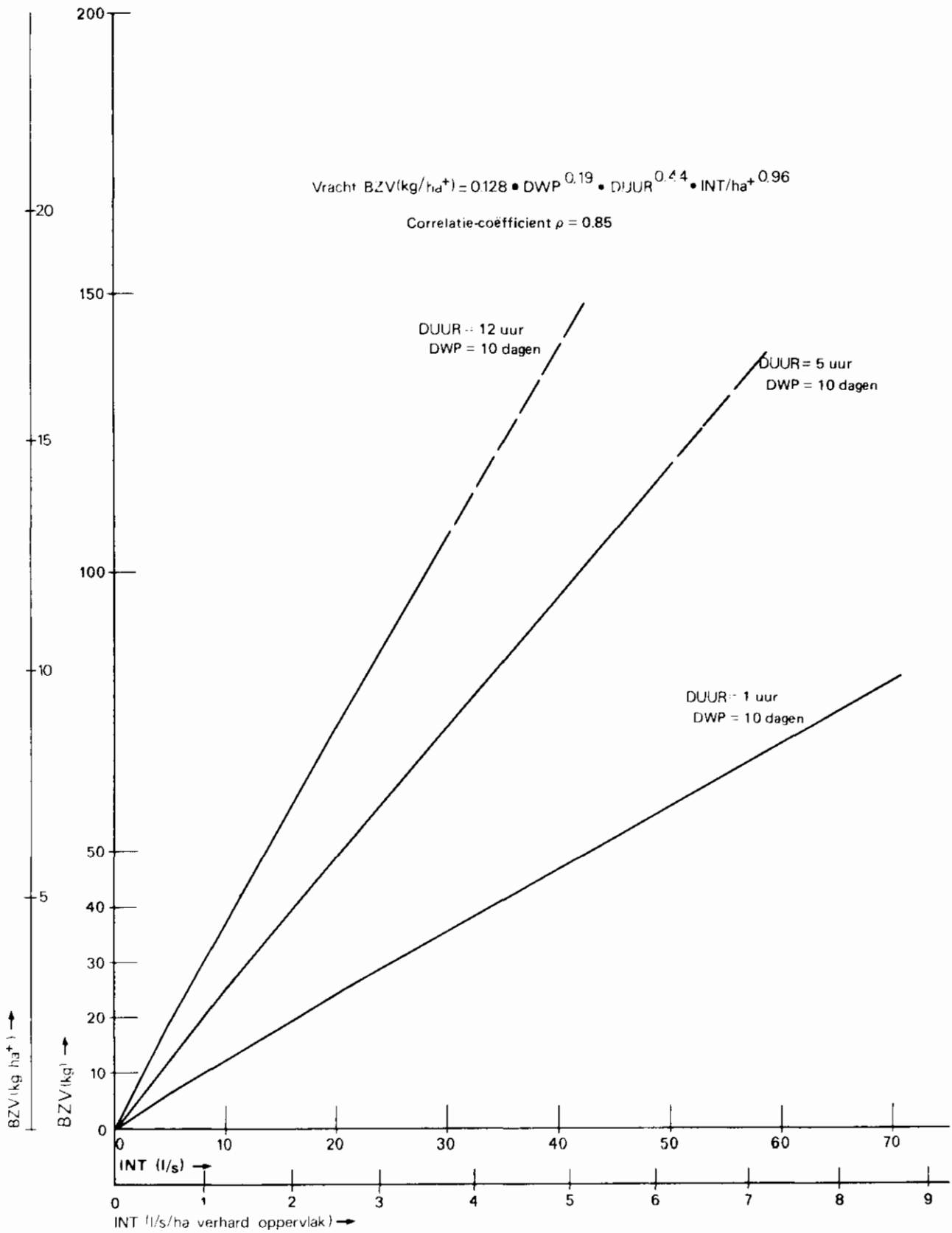


Fig.12. Invloed duur en gemiddelde intensiteit op vrucht BZV

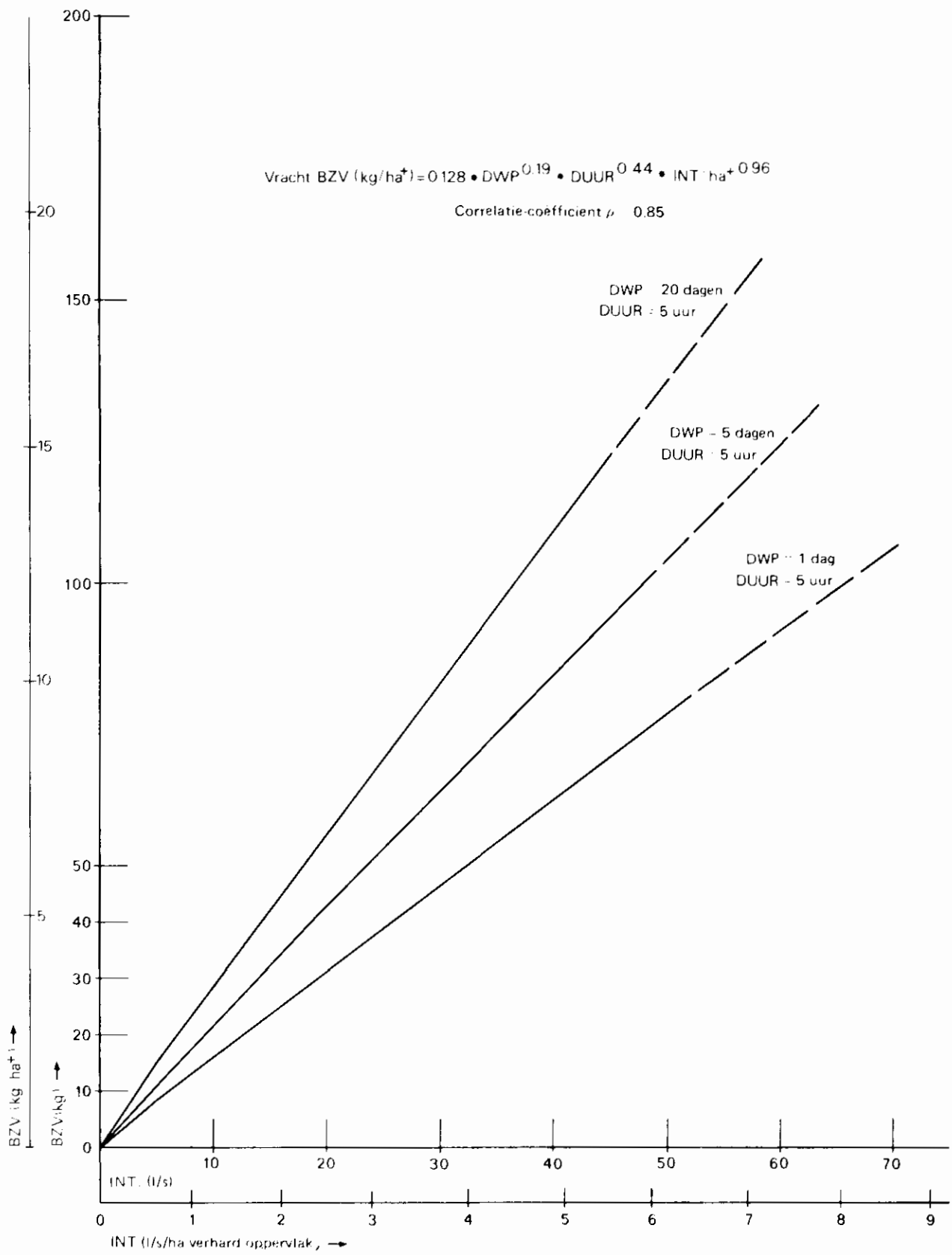


Fig. 13. Invloed droogweeperiode en gemiddelde intensiteit op vracht BZV

gemiddelde BZV-concentratie =		correlatiecoëfficiënt $\rho$	coëfficiënt					
			a	b	c	d	e	
a.	a+b * DWP	0.594	7.725	1.5722				
b.	a+c * INT	0.039	15.132		- 0.0223			
c.	a+d * DUUR	0.408	22.947			- 0.0193		
d.	a+e * VOL	0.190	16.717					- 0.0061
e.	a+b * DWP + c * INT	0.596	8.208	1.1582	- 0.0262			
f.	a+b * DWP + d * DUUR	0.654	14.223	1.0264		- 0.0134		
g.	a+b * DWP + e * VOL	0.612	9.401	1.1362				- 0.0047
h.	a+c * INT + d * DUUR	0.445	26.207		- 0.1090	- 0.2222		
i.	a+c * INT + e VOL	0.243	16.045		0.1308			- 0.0116
j.	a+d * DUUR + e * VOL	0.428	23.912			- 0.0184		- 0.0042
k.	a+b * DWP + c * INT + d * DUUR	0.670	17.013	1.0062	- 0.0876	- 0.0138		
l.	a+b * DWP + c * INT + e * VOL	0.619	9.097	1.1178	0.0822			- 0.0082
m.	a+b * DWP + d * DUUR + e * VOL	0.664	15.112	1.0181		- 0.0127		- 0.0036
n.	a+c * INT + d * DUUR + e * VOL	0.447	26.839		- 0.1303	- 0.0239		0.0026
o.	a+b * DWP + c * INT + d * DUUR + e * VOL	0.670	17.372	1.0044	- 0.1099	- 0.0167		0.0014

a. *lineaire functie*

gemiddelde BZV-concentratie =		correlatiecoëfficiënt $\rho$	coëfficiënt					
			a	b	c	d	e	
a.	a * DWP <sup>b</sup>	0.471	8.487	0.2212				
b.	a * INT <sup>c</sup>	0.197	7.101		0.1539			
c.	a * DUUR <sup>d</sup>	0.543	298.937			- 0.5871		
d.	a * VOL <sup>e</sup>	0.214	26.548					- 0.1847
e.	a * DWP <sup>b</sup> * INT <sup>c</sup>	0.510	5.981	0.2211	0.1537			
f.	a * DWP <sup>b</sup> * DUUR <sup>d</sup>	0.683	193.501	0.1958		- 0.5382		
g.	a * DWP <sup>b</sup> * VOL <sup>e</sup>	0.502	18.907	0.2144				0.1522
h.	a * INT <sup>c</sup> * DUUR <sup>d</sup>	0.548	456.445			- 0.0685	- 0.6334	
i.	a * INT <sup>c</sup> * VOL <sup>e</sup>	0.547	77.589			0.5646		- 0.6336
j.	a * DUUR <sup>d</sup> * VOL <sup>e</sup>	0.548	376.335				0.5650	- 0.0682
k.	a * DWP <sup>b</sup> * INT <sup>c</sup> * DUUR <sup>d</sup>	0.685	258.719	0.1943	- 0.0465	- 0.5699		
l.	a * DWP <sup>b</sup> * INT <sup>c</sup> * VOL <sup>e</sup>	0.685	52.563	0.1952	0.5247			- 0.5721
m.	a * DWP <sup>b</sup> * DUUR <sup>d</sup> * VOL <sup>e</sup>	0.685	277.765	0.1944		- 0.5232		- 0.0474
n.	a * INT <sup>c</sup> * DUUR <sup>d</sup> * VOL <sup>e</sup>	0.549	1.29*10 <sup>8</sup>			- 4.5498	- 5.1117	4.4863
o.	a * DWP <sup>b</sup> * INT <sup>c</sup> * DUUR <sup>d</sup> * VOL <sup>e</sup>	*						

b. *machtsfunctie*

Tabel 6. Gemiddelde BZV-concentratie (resultaten regressieanalyse)

\* geen correlatie

Een regressieanalyse van de maximale concentratie BZV gaf dezelfde resultaten als voor de gemiddelde concentratie. De relaties zijn niet verder onderzocht, omdat een maximale concentratie een extreme waarde is en de registratie hiervan een nauwkeurige continue meting vereist. In de literatuur zijn deze bijna niet te vinden of er worden te weinig achtergrond gegevens bij vermeld.



#### 4.5.3 *vergelijking met andere onderzoeken*

In figuur 14 (p. 31) is een aantal metingen van andere meetgebieden geplot. De meting van Chicago<sup>4</sup> is uitgevoerd aan een straatkolk, de andere betreffen lozingen. Hierbij vertonen de bepalende factoren dezelfde onderlinge relatie als bij de metingen in Pullach<sup>7</sup>.

Zowel de grootte van concentraties en vrachten als de mate van afhankelijkheid met de bepalende factoren zijn nagenoeg gelijk aan die van Pullach.

Slechts voor Brighthouse<sup>21</sup> worden enige afwijkingen geconstateerd. Deze kunnen een gevolg zijn van aansluitingen van afvalwaterlozingen op het regenwaterstelsel (zogenaamde foutieve aansluitingen).

Het bovenstaande geeft aan dat de metingen in Pullach ten aanzien van BZV representatief geacht kunnen worden voor gescheiden stelsels.

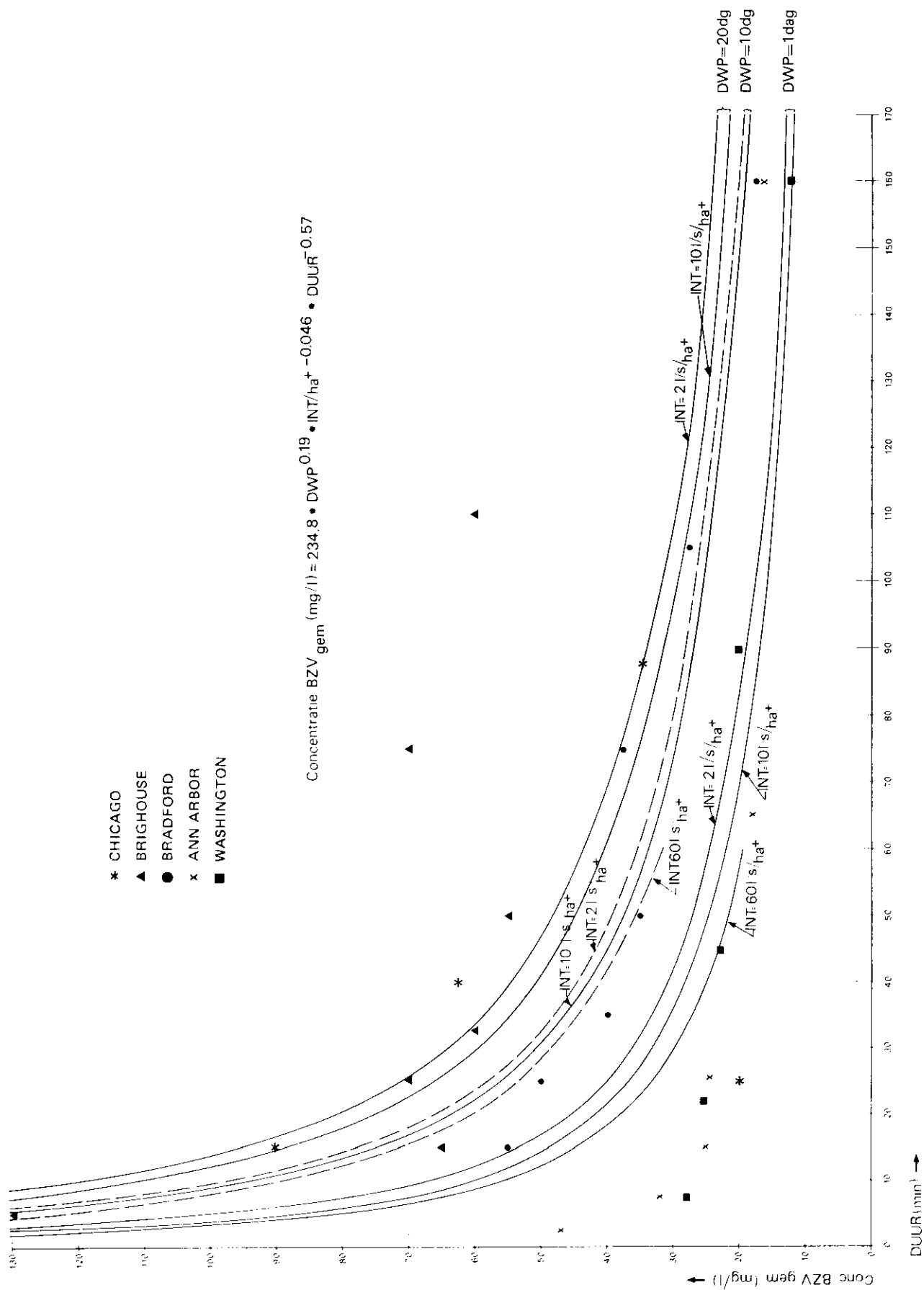


Fig. 14. Regressiefunctie gemiddelde concentratie BZV

## 4.6 Overige vervuilingsparameters

### 4.6.1 *inleiding*

In de literatuur is weinig informatie te vinden over overige vervuilingsparameters. Incidenteel worden van een onderzoekgebied de meetgegevens vermeld van bijvoorbeeld totaal fosfaat, zware metalen, etc. of een enkele waarde van een vervuilingsparameter. De gegevens zijn echter te summier en te weinig gedetailleerd voor het uitvoeren van een regressieanalyse.

Voor het verkrijgen van een indruk over de orde van grootte en de verhouding ten opzichte van andere vervuilingsparameters zullen navolgend enkele in de literatuur vermelde gegevens van totaal stikstof, totaal fosfaat en zware metalen worden beschreven.

### 4.6.2 *totaal stikstof*

In verschillende onderzoekgebieden zijn metingen verricht aan de gemiddelde concentratie totaal stikstof (N) in het geloosde water van gescheiden rioolstelsels. De orde van grootte van de gemiddelde concentratie totaal N bedraagt 4 mg/l en de "range" 1-12 mg/l. Er is uit de beperkte gegevens geen enkele relatie met een bepalende factor of een andere vervuilingsparameter af te leiden.

De totale lozing van totaal N per jaar bedraagt circa 4 kg/ha/jaar voor een onderzoekgebied in Zwitserland<sup>39</sup>. Hoeveelheden totaal N die per gebeurtenis uit een gescheiden rioolstelsel geloosd worden op het oppervlaktewater zijn niet gevonden in de bestudeerde literatuur.

### 4.6.3 *totaal fosfaat*

Van de gemiddelde concentratie totaal fosfaat (P) in het geloosde water van gescheiden rioolstelsels zijn enkele meetgegevens gevonden. De orde van grootte van de gemiddelde concentratie totaal P bedraagt 1 mg/l en de "range" 0-5 mg/l.

Van het onderzoekgebied Schwamedingen in Zwitserland<sup>39</sup> zijn meetgegevens bekend van de gemiddelde concentratie totaal P tijdens overstorten.

De gemiddelde concentratie totaal P blijkt een relatie te hebben met de gemiddelde concentratie zwevende stof. Deze relatie is onderzocht en heeft een correlatiecoëfficiënt van 0.93, hetgeen een zeer goede waarde is. In figuur 15 (p. 33) is de relatie tussen de gemiddelde concentratie zwevende stof en totaal P weergegeven. Eveneens zijn in figuur 15 de meetgegevens geplott van het onderzoekgebied Ann Arbor in Amerika<sup>10</sup>, welke goed overeenstemmen met de afgeleide relatie.

De totale lozing van totaal P per jaar bedraagt circa 0,2 kg/ha/jaar. Hoeveelheden totaal P per gebeurtenis zijn niet gevonden in de literatuur.

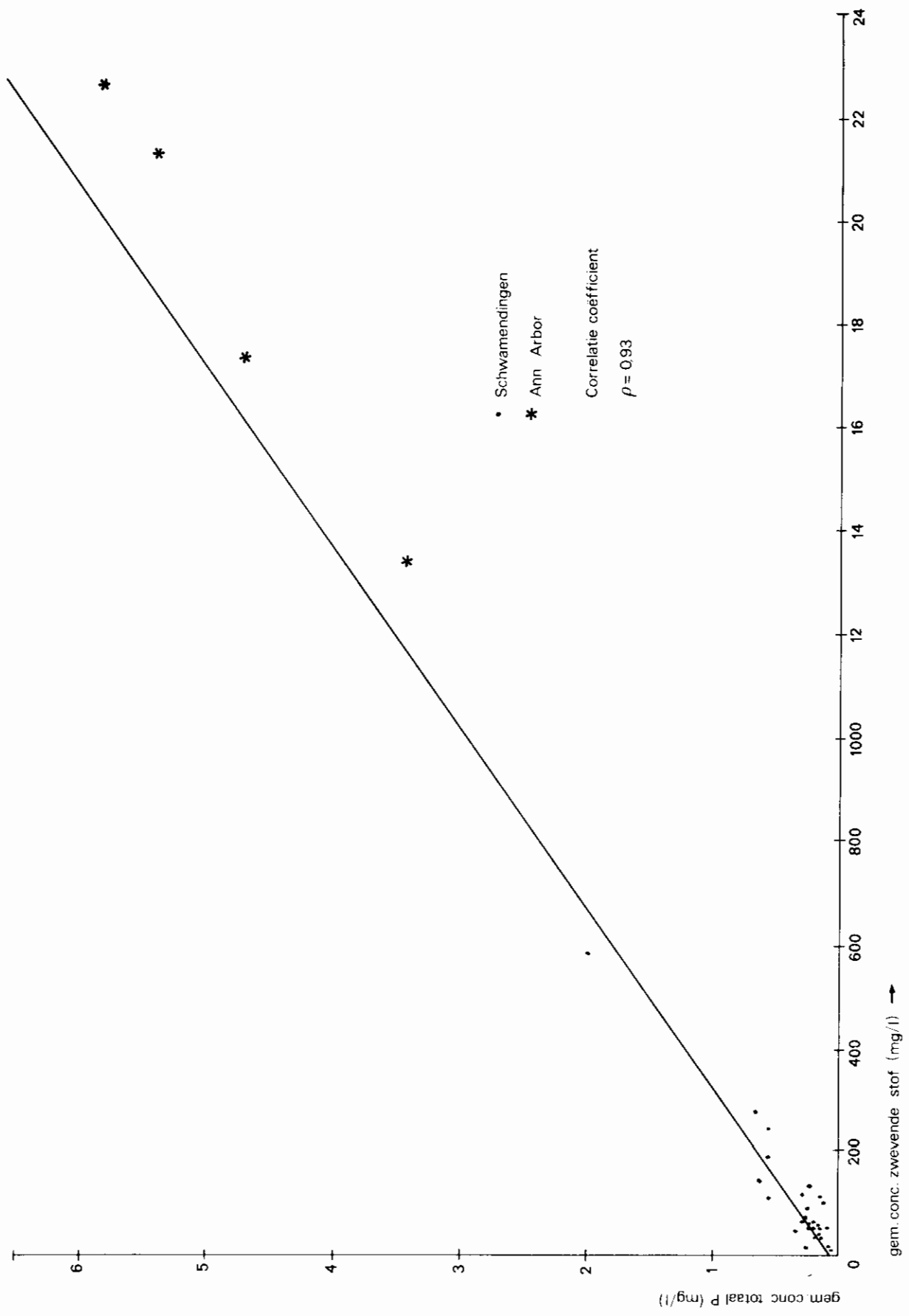


Fig. 15. Gemiddelde concentratie zwevende stof - totaal P

4.6.4 zware metalen

Zeer weinig informatie is in de literatuur vermeld over de concentraties of hoeveelheden zware metalen welke geloosd worden door gescheiden rioolstelsels op het oppervlaktewater. Van het onderzoekgebied Schwamendingen<sup>39</sup> zijn meetgegevens bekend van gemiddelde concentraties zware metalen in het geloosde water. De meetgegevens van Schwamendingen staan in tabel 7. Van andere onderzoekgebieden zijn slechts enkele waarden van de gemiddelde concentratie zware metalen bekend en een vergelijking van waarden is niet mogelijk. De waarden van de gemiddelde concentraties zware metalen geven derhalve slechts een indruk van de orde van grootte.

metalen	gemiddelde concentratie (mg/l)
Cr	0,008
Zn	0,4
Cu	0,04
Cd	0,002
Pb	0,3

Tabel 7. Gemiddelde concentraties zware metalen (Schwamendingen)

Met behulp van de meetgegevens van Schwamendingen is de relatie onderzocht tussen de gemiddelde concentraties zwevende stof en lood, die in het geloosde water aanwezig zijn. De relatie is weergegeven in figuur 16 en de correlatiecoëfficiënt van deze relatie bedraagt 0,8. Omtrent de totale hoeveelheden zware metalen die per gebeurtenis geloosd worden, is niets bekend.

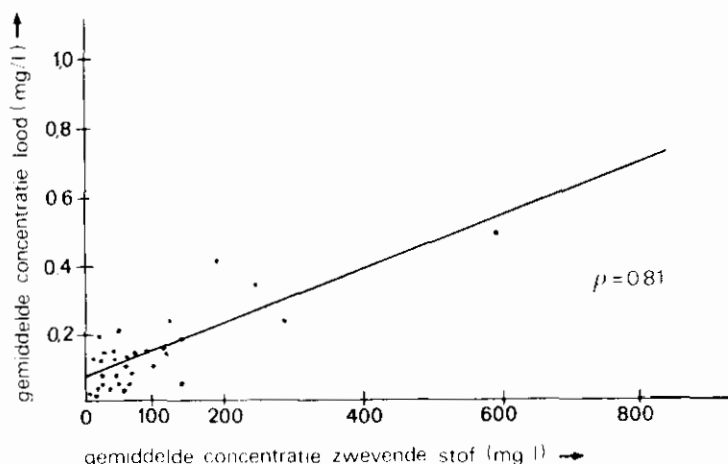


Fig. 16. Gemiddelde concentratie zwevende stof - lood

## 5 GEMENGDE RIOOLSTELSELS

### 5.1 Onderzochte literatuurgegevens

In de literatuur is zeer veel cijfermateriaal van metingen aan gemengde rioolstelsel te vinden. De metingen zijn grotendeels uitgevoerd ter plaatse van overstorten om de kwaliteit van het overstortende water te bepalen. Het meeste cijfermateriaal omvat gemiddelde waarden (per jaar of gebied) aan vrachten en concentraties van de vervuilingparameters. Helaas worden geen of onvoldoende gegevens vermeld over de bepalende factoren zoals droogweeperiode, regenintensiteit etc. Het uitvoeren van een regressieanalyse, zoals bij gescheiden stelsels, is derhalve niet mogelijk gebleken. Uit een enkele meting kan een relatie bepaald worden, welke echter slechts geldt voor de desbetreffende meting. Wel is uit deze resultaten een indruk te verkrijgen over de afhankelijkheid van de vervuilingparameters van de verschillende bepalende factoren.

Een ander aspect dat bij het cijfermateriaal van gemengde rioolstelsels een rol speelt is het "first flush" effect. De gemiddelde waarden van de concentraties van de vervuilingparameters worden door dit first flush-effect enigszins vertroebeld. Gedurende het eerste deel van de overstorting (first flush) zijn de concentraties BZV, zwevende stof, oliën e.d. vele malen hoger dan de concentraties gedurende het verdere verloop van de overstorting (zie figuur 17, p. 36). De gemiddelde waarde van de gehele overstorting wordt te veel bepaald door de hoge concentraties in het begin van de overstorting.

Het bovengenoemde first flush-effect kan als volgt worden verklaard. Tijdens de droogweeperiode, voorafgaande aan een overstorting, is het debiet in de meeste riolen van een gemengd stelsel klein, variërend van 0-25% van de afvoercapaciteit van het riool. De snelheid in de riolen is bij dit debiet zo klein dat er bezinking en afzetting plaatsvindt gedurende de droogweeperiode. In de geaccumuleerde stoffen bevinden zich organisch materiaal, vetten e.d.

Tegelijkertijd hoopt zich gedurende de droogweeperiode zand en slib op in goten en straatkolken.

Bij een geringe neerslag is de snelheid in flauw hellende riolen onvoldoende groot om de afzettingen in de riolen op te woelen en te transporteren. Deze vuilafzettingen worden bij een hevige bui echter wel opgewoeld en veroorzaken dan een sterke vervuiling van het in de riolering aanwezige water, hetgeen gedurende het eerste deel van de overstorting zichtbaar wordt. Metingen aan overstortingen wijzen uit dat de BZV-concentratie, ondanks de menging met een grote hoeveelheid regenwater, als gevolg van het bovenstaande een orde van grootte heeft die gelijk is aan die van onbehandeld huishoudelijk afvalwater.

Uit het bovenstaande blijkt dat de first flush voornamelijk afhankelijk is van het rioleringsstelsel, de regenintensiteit en de voorafgaande droogweeperiode.

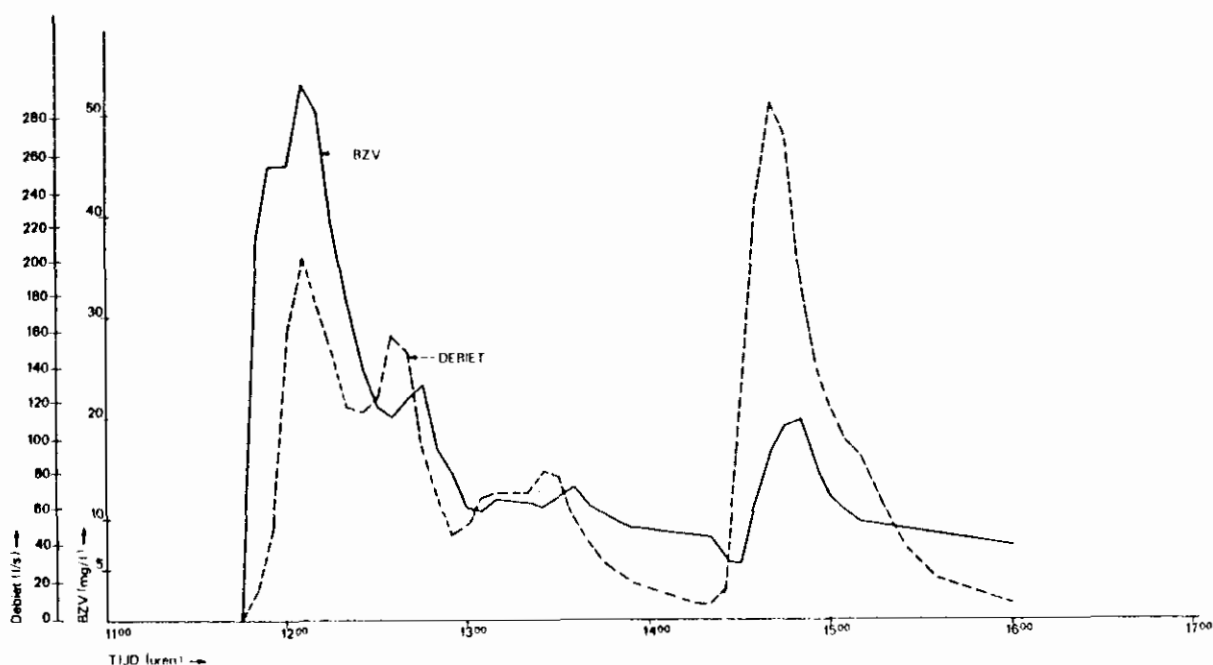


Fig. 17. "First-flush"

De invloed van de first flush op de gemiddelde concentratie van de vervuilingparameters van het overstortende water, is o.a. afhankelijk van de toename van het debiet in de riolen en het tijdstip van de overstorting. Bij een langzame toename van het debiet en een "late" overstorting wordt een groot gedeelte van het opgewoelde vuil verpompt naar de rioolwaterzuiveringsinrichting. Bij een snelle plotselinge toename van het debiet en een "vroeg" overstorting kan een groot gedeelte van de afzettingen tot overstorting komen. Na het einde van de bui tijdens de lediging van het stelsel wordt de snelheid in het riool zo klein dat er bezinking en afzetting kan optreden. De concentraties van stoffen in het in het stelsel aanwezige water zijn dan echter klein.

Het bovenstaande geeft aan dat uit het cijfermateriaal van gemiddelde waarden van de vervuilingparameters geen duidelijke relaties zijn af te leiden tussen enerzijds de vervuilingparameters en anderzijds de bepalende factoren. Wil men deze relaties afleiden dan is het noodzakelijk alle gegevens van elke overstorting te kennen.

## 5.2 Zwevende stof

### 5.2.1 *vracht*

Over de hoeveelheden zwevende stoffen welke uit een gemengd rioolstelsel geloosd worden op het oppervlaktewater, is weinig informatie te vinden in of af te leiden uit de literatuur. De lozing aan vrachten zwevende stof per gebeurtenis, uitgedrukt in kilogrammen per hectare, is in sterke mate afhankelijk van de bepalende factoren alsmede van de uitvoering van het rioolstelsel.

Wel is uit de literatuur een indruk verkregen omtrent de orde van grootte aan zwevende stoffen. In tabel 8 wordt een globaal gemiddelde van de vrachten zwevende stof per gebeurtenis/jaar gegeven.

zwevende stof	gemiddeld per gebeurtenis	gemiddeld per jaar
kg/ha verhard oppervlak	50 - 200	875

Tabel 8. Gemiddelde vrachten zwevende stof in kg/ha verhard oppervlak.

De spreiding in de vracht zwevende stof per gebeurtenis toont aan dat de bepalende factoren een belangrijke rol spelen. De invloed van de verschillende bepalende factoren op de vracht zwevende stof is echter niet te analyseren. Slechts uit de metingen van een proefgebied aan de Haunch Valley in Engeland<sup>25</sup> kan een indruk worden verkregen omtrent de invloed van de voorafgaande droogweelperiode op de hoeveelheid zwevende stof welke tot overstorting komt. In figuur 18 is de lozing aan zwevende stof in kg/ha gegeven als functie van de voorafgaande droogweelperiode. Het proefgebied heeft een gemengd rioolstelsel met daarin opgenomen een klein gescheiden stelsel.

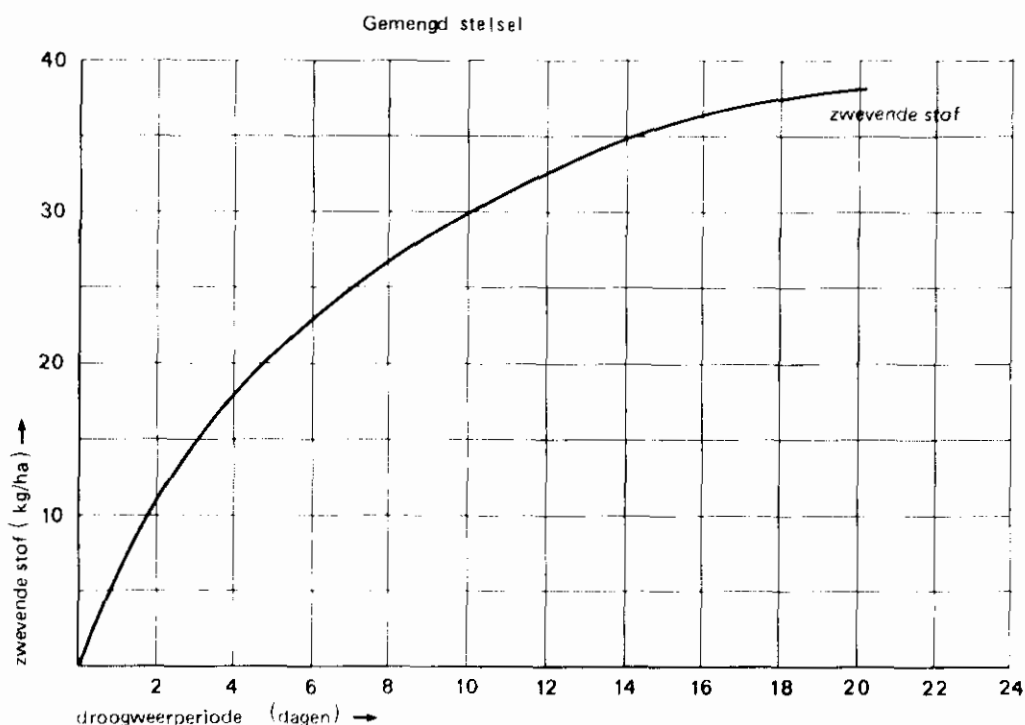


Fig. 18. Vracht zwevende stof - droogweelperiode

### 5.2.2 *concentratie*

Veel cijfermateriaal over concentraties zwevende stof is aanwezig in de literatuur. In veel gevallen worden de concentraties gegeven als gemiddelde waarden, waardoor het afleiden van invloeden van de bepalende factoren nauwelijks mogelijk is. Slechts in enkele gevallen zijn gegevens over de bepalende factoren vermeld zodat hiermede enkele relaties kunnen worden bepaald.



Uit metingen in Northampton<sup>20</sup> is de invloed van de voorafgaande droogweelperiode op de concentratie zwevende stof te vinden. In figuur 19 is het verband aangegeven tussen de droogweelperiode in dagen en de gemiddelde concentratie zwevende stof in mg/l. Duidelijk blijkt dat naarmate de voorafgaande droogweelperiode langer is, de gemiddelde concentratie zwevende stof hoger wordt. Deze gevolgtrekking is ook met behulp van figuur 18 te maken, waarbij de vracht zwevende stof toeneemt naarmate de droogweelperiode langer is. De relatief grote spreiding in de meetpunten geeft aan dat andere bepalende factoren een belangrijke rol spelen. Een kleine intensieve bui veroorzaakt bijvoorbeeld een hogere gemiddelde concentratie aan zwevende stof dan een zeer langdurige bui met grote neerslaghoogte.

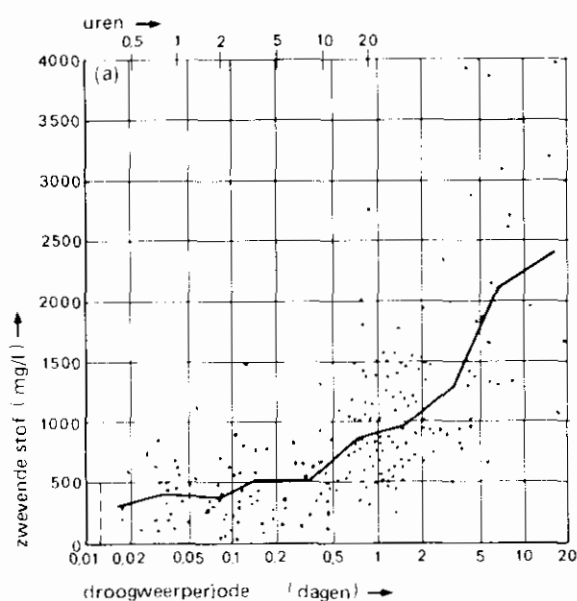


Fig. 19. Concentratie zwevende stof - droogweelperiode

Diverse metingen zijn verricht om het verloop van de concentratie zwevende stof vanaf het begin van overstorten te bepalen. In figuur 20 (p. 39) is een representatieve omhullende curve gegeven van verschillende metingen in Bucyrus<sup>34</sup> in Amerika. Uit deze curve blijkt de concentratie zwevende stof circa 2 uur na het begin van overstorten nagenoeg constant te worden voor de verschillende regenbuien. Ofwel het first flush effect is vanaf dit tijdstip niet meer van betekenis op de concentratie zwevende stof. De invloeden van de bepalende factoren op de concentratie blijken alleen bij de first flush van belang te zijn. Daarna kan eenvoudigheidshalve worden gesproken van een menging van weinig verontreinigd regenwater met afvalwater in het rioolstelsel.

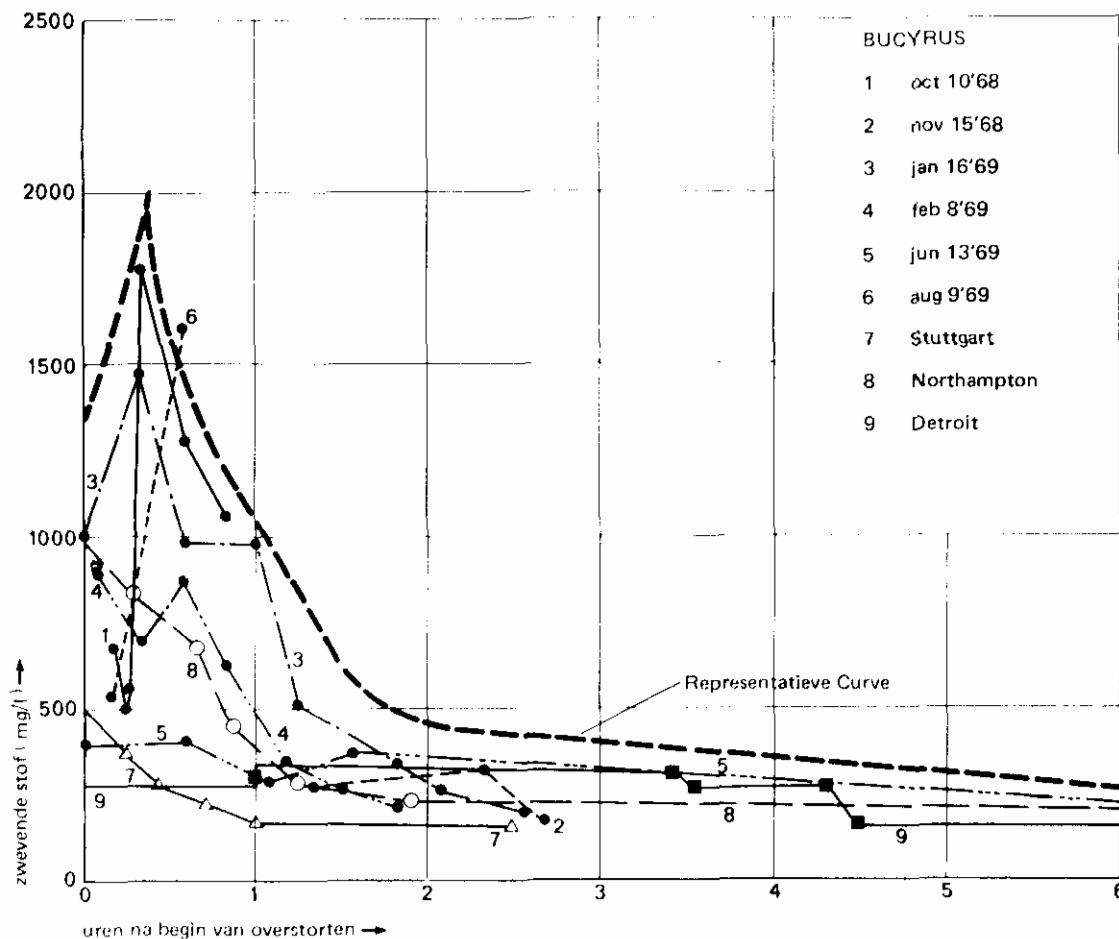


Fig. 20. Concentratie zwevende stof - overstortingstijd

### 5.2.3 vergelijking met andere onderzoeken

Een vergelijking van de hierboven besproken relaties met andere onderzoeken is nauwelijks mogelijk, vanwege het ontbreken van de benodigde achtergrondgegevens. Het vermelde cijfermateriaal in de literatuur komt echter zowel voor de vrachten als voor de concentraties zwevende stof in orde van grootte goed overeen.

In figuur 20 zijn enkele metingen uit andere onderzoekgebieden geplot, welke eenzelfde verloop vertonen voor de concentratie zwevende stof als welke gevonden is in Bucyrus<sup>34</sup>.

Onderlinge vergelijking van het cijfermateriaal toont aan dat de vracht en concentratie zwevende stof voornamelijk afhankelijk zijn van de voorafgaande droogweerdeperiode voor de dwa-afzetting in de riolen en van de gemiddelde regenintensiteit voor de afvoer van het verharde oppervlak. Metingen aan een gemengd rioolstelsel in Northampton<sup>20</sup> en aan een gescheiden rioolstelsel in Bradford<sup>21</sup> geven duidelijk de invloed van de droogweerdeperiode aan op de concentratie zwevende stof (zie tabel 9, p. 40). Ter verduidelijking zijn in deze tabel eveneens gegevens opgenomen van een gescheiden stelsel, waar dit effect niet of nauwelijks aanwezig is.

tijdsinterval tussen opeenvolgende buien	concentratie zwevende stof mg/l	
	gemengd stelsel	gescheiden stelsel
1 uur	400	300
12 uur	700	260
5 dagen	1800	330

Tabel 9. Gemiddelde concentratie zwevende stof en droogweeperiode

### 5.3 Biochemisch zuurstofverbruik

#### 5.3.1 *vracht*

De informatie in de literatuur over de vrachten BZV, welke uit een gemengd rioolstelsel geloosd worden op het oppervlaktewater, is gering. De invloed van de verschillende bepalende factoren is om gelijke redenen als vermeld bij zwevende stof niet te achterhalen. Metingen uitgevoerd in Haunch Valley<sup>25</sup> geven een indruk over de invloed van de voorafgaande droogweeperiode op de vracht BZV uit een gemengd stelsel. In figuur 21 is de vracht BZV in kg/ha<sup>+</sup> gegeven als functie van de voorafgaande droogweeperiode in dagen.

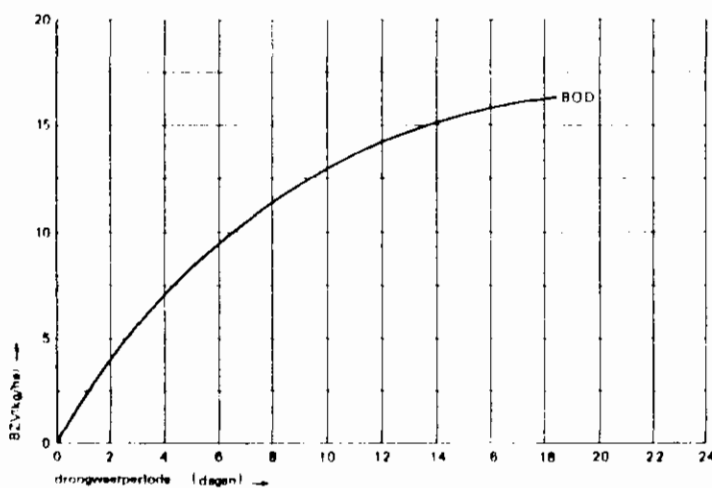


Fig. 21. BZV-vracht en droogweeperiode

#### 5.3.2 *concentratie*

De concentraties BZV worden veelal als gemiddelde waarden gegeven. Slechts incidenteel kan uit het cijfermateriaal een invloed van een bepalende factor op de concentratie BZV worden herleid. De invloed van de droogweeperiode op de concentratie BZV is af te leiden uit figuur 22. Analoog aan de concentratie zwevende stof blijkt de concentratie BZV toe te nemen bij langere voorafgaande droogweeperiode.

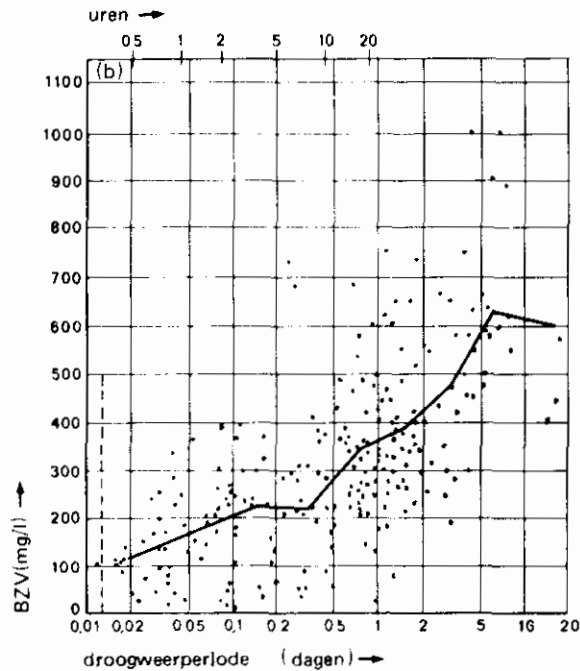


Fig. 22. Concentratie BZV en droogweelperiode

In Bucyrus in Amerika<sup>34</sup> is een aantal keren het verloop van de concentratie BZV vanaf het begin van overstorten bepaald. In figuur 23 (p. 42) zijn de resultaten van de metingen weergegeven en is tevens een representatieve curve van de metingen aangegeven. Uit figuur 23 blijkt dat de concentratie BZV min of meer geleidelijk afneemt naarmate de duur van overstorten toeneemt. Een duidelijk first flush effect, zoals bij het verloop van de concentratie zwevende stof, is in dit geval niet te herkennen.

### 5.3.3 *vergelijking met andere onderzoeken*

Evenals bij de zwevende stoffen werden in de literatuur geen bruikbare gegevens gevonden voor een onderlinge vergelijking. In het kort kan gesteld worden dat voor de vermelde gegevens de orde van grootte gelijk was.

In figuur 23 zijn enkele metingen uit andere onderzoekgebieden geplott, welke nagenoeg eenzelfde verloop hebben als de representatieve curve. Evenals voor de zwevende stof geven de metingen in Northampton en Bradford<sup>21</sup> aan, dat de voorafgaande droogweelperiode voornamelijk van invloed is op de lozing uit een gemengd rioolstelsel ofwel op de dwaafzetting in de riolen. In tabel 10 (p. 42) zijn de concentraties BZV (mg/l) gegeven voor verschillende droogweelperioden.

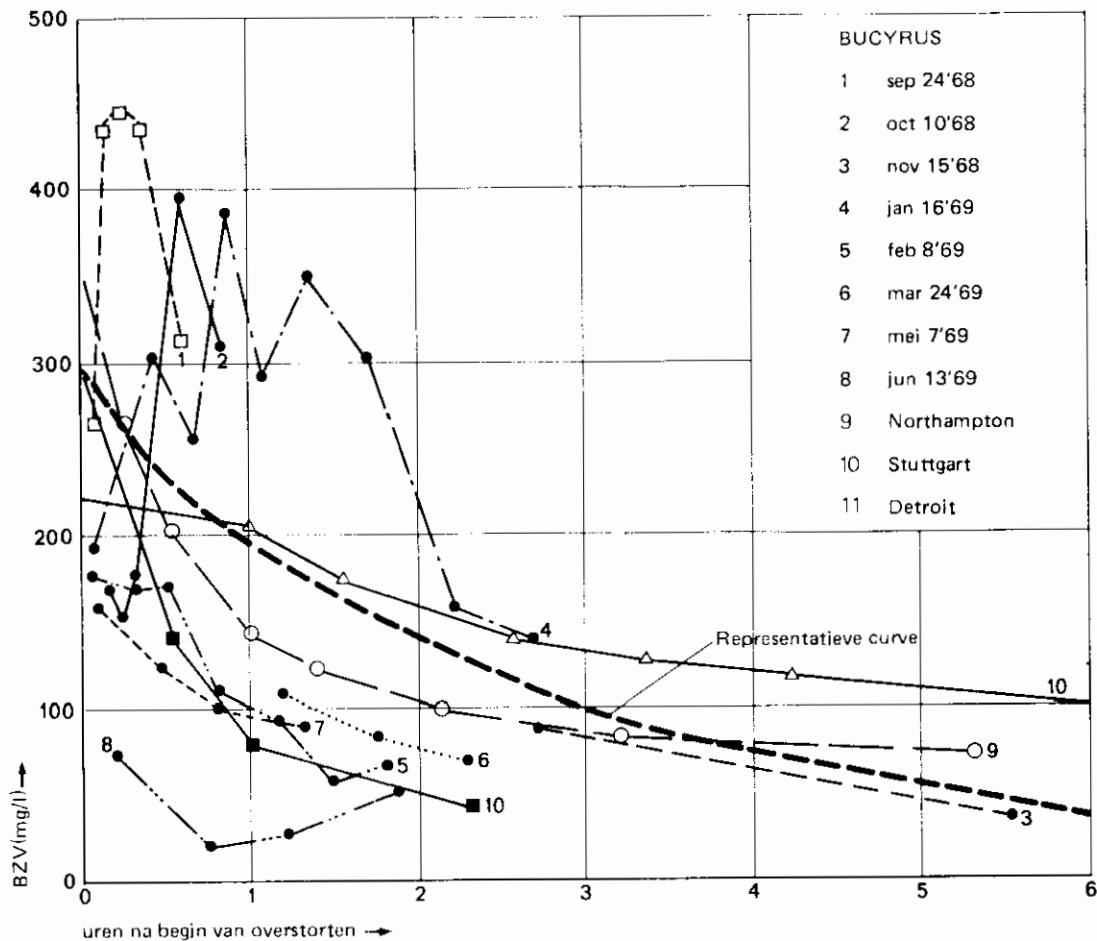


Fig. 23. Concentratie BZV en overstortingstijd

tijdsinval tussen opeenvolgende buien	gemiddelde concentratie BZV mg/l	
	gemengd stelsel	gescheiden stelsel
1 uur	160	40
12 uur	280	50
5 dagen	600	60

Tabel 10. Gemiddelde concentratie BZV - droogweerperiode

#### 5.4

#### Overige vervuilingsparameters

Van de overige vervuilingsparameters is zeer weinig informatie te vinden in de literatuur. Van een enkel onderzoekgebied worden enige meetgegevens van een vervuilingparameter vermeld. De in de literatuur vermelde meetgegevens van de overige vervuilingparameters waren te summier om deze te analyseren. Slechts van totaal stikstof (N) en totaal fosfaat (P) is een orde van grootte van de gemiddelde concentratie stof in het geloosde water van gemengde rioolstelsels aan te geven. De orde van grootte van de gemiddelde concentratie totaal N bedraagt  $\pm 13$  mg/l en de gemiddelde concentratie totaal P is  $\pm 5$  mg/l. De totale lozing van totaal N per jaar is circa 30 kg/ha/jaar en de totale lozing van totaal P per jaar is circa 5 kg/ha/jaar. Vanwege het ontbreken van meetcijfers van deze parameters in de literatuur kunnen de waarden helaas niet geverifieerd worden.

6 EVALUATIE EN CONCLUSIES

6.1 Vuiluitworpmodel

De functies, die de relatie tussen een vervuilingsparameter en de bepalende factoren beschrijven, zijn afgeleid via de regressieanalyse. Een dergelijke regressiefunctie kan bij een goede correlatie worden gezien als een vuiluitworpmodel, waarmee men een indruk kan verkrijgen van de te verwachten grootte van de vuiluitworp. Regressieanalyse is overigens slechts mogelijk indien er voldoende getalsmatig aan te geven meetgegevens bekend zijn van de vervuilingsparameters en de bepalende factoren. Van veel onderzoekgebieden was helaas het cijfermateriaal onvoldoende gedetailleerd voor het uitvoeren van een regressieanalyse. De resultaten van de regressieanalyse geven aan dat dit een goede benadering van de problematiek is. Andere onderzoekers hebben soortgelijke ervaring met regressieanalyse.

6.2 Gescheiden stelsels

Een uitgebreide regressieanalyse werd uitgevoerd met de meetgegevens van een gescheiden rioolstelsel van een onderzoekgebied in Pullach<sup>7</sup>. Voor een aantal vervuilingsparameters werd een goede correlatie gevonden met de verschillende bepalende factoren. Een bruikbare regressiefunctie werd afgeleid voor:

- 1. vracht afzetbare stof (Q = 0,79)
- 2. vracht affiltreerbare stof (Q = 0,87)
- 3. verhouding organisch-/anorganisch affiltreerbare stof (Q = 0,94)
- 4. verhouding affiltreerbare stof/afzetbare stof (Q = 0,9)
- 5. vracht BZV (Q = 0,85)
- 6. concentratie BZV (Q = 0,85)

Voor een overzicht van de afgeleide regressiefuncties, herleid naar hectares verhard oppervlak, wordt verwezen naar onderstaande tabel.

nr.	grootheid	formule
1.	afzetbare stof(1/ha <sup>+</sup> )=	-2.03+0.48xDWP+6.08 x INT/ha <sup>+</sup>
2.	affiltreerbare stof(kg/ha <sup>+</sup> )=	-1.57+2.46xINT/ha <sup>+</sup> +0.005xDUUR
3.	organisch affiltreerbare stof=	0.4xaffiltreerbare stof
4.	affiltreerbare stof(kg/ha <sup>+</sup> )=	1.707+0.312xafzetbare stof(1/ha <sup>+</sup> )
5.	BZV(kg/ha <sup>+</sup> )=	0.128xDWP <sup>0.19</sup> xINT/ha <sup>+</sup> <sup>0.96</sup> xDUUR <sup>0.44</sup>
6.	BZV gemiddeld conc.(mg/l)=	234.8xDWP <sup>0.19</sup> xINT/ha <sup>+</sup> <sup>-0.046</sup> xDUUR <sup>-0.57</sup>

Tabel II. Overzicht regressiefuncties

ha<sup>+</sup> = hectare verhard oppervlak

Waar mogelijk zijn de gegevens van andere onderzoekgebieden vergeleken met die van het meetgebied in Pullach. Deze vergelijking was slechts tot op bepaalde hoogte mogelijk. De orde van grootte van de vervuiling van regenwaterlozingen van gescheiden stelsels, zoals in de literatuur vermeld, is gelijk met die van Pullach.

De belangrijkste gevolgtrekkingen uit de regressieanalyse van de meetgegevens van Pullach zijn:

- de lozing van affiltreerbare stof is in sterke mate afhankelijk van de intensiteit van de neerslag. Dit geldt eveneens voor de lozing aan afzetbare stof
- de grootte van de lozing affiltreerbare stof en afzetbare stof blijkt een duidelijke correlatie te hebben
- de lozing aan BZV blijkt sterk afhankelijk van de droogweerperiode en de duur van de neerslagperiode.

Tevens kan worden geconcludeerd, dat meten aan een lozingspunt van een gescheiden rioolstelsel voldoende is om de vuiluitworp van een gescheiden rioolstelsel te kunnen karakteriseren.

Uit de meetgegevens van het gescheiden rioolstelsel van het onderzoekgebied in Schwamendingen<sup>39</sup> werden bruikbare regressiefuncties afgeleid voor:

- verhouding gemiddelde concentratie zwevende stof/gemiddelde concentratie totaal fosfaat (P)
- verhouding gemiddelde concentratie zwevende stof/gemiddelde concentratie lood.

Echter factoren, zoals aard en karakter van het gebied, grondsoort etc. zijn niet getalsmatig uit te drukken en de invloed van deze factoren op de vervuiling van het geloosde water konden met behulp van regressieanalyse niet worden afgeleid. Om de invloed van deze factoren te kunnen afleiden is het nodig voor verschillende gebieden afzonderlijke regressieanalyses uit te voeren. Opgemerkt wordt dat het regenwaterstelsel in Pullach onderzocht is op foutieve aansluitingen. Volgens vermelding waren deze niet aanwezig. De invloed van foutieve aansluitingen op het regenwaterstelsel was niet af te leiden uit de in de literatuur vermelde onderzoekingen.

Nader (praktijk)onderzoek in gebieden met verschillende geaardheid is derhalve noodzakelijk.

Opgemerkt wordt dat de regressiefuncties zijn afgeleid uit meetgegevens van onderzoekingen elders. De toepassing van deze regressiefuncties voor Nederlandse omstandigheden dient daarom met de nodige omzichtigheid plaats te vinden. De Nederlandse ontwerpmethodiek voor rioolstelsels is op vele punten afwijkend van hetgeen in het buitenland gebruikelijk is. Metingen aan rioolstelsels onder Nederlandse omstandigheden blijven danook noodzakelijk. Eveneens is het nodig uit oogpunt van het oppervlaktewater de vervuilingparameters, zoals totaal stikstof, totaal fosfaat, zoutgehalte en zware metalen te onderzoeken.

### 6.3

#### Gemengde stelsels

Uit de meetgegevens van de vuillozing van gemengde rioolstelsels was het niet mogelijk een correlatie af te leiden met de verschillende bepalende factoren.

Het aanwezige cijfermateriaal was ongeschikt voor het uitvoeren van een regressieanalyse, omdat de gegevens van de bepalende factoren niet of onvoldoende vermeld worden. Voor een goede voorspelling van de vuilozing van gemengde stelsels is, evenals bij gescheiden rioolstelsels, nader praktijkonderzoek noodzakelijk.

De in de literatuur vermelde gegevens wat betreft de belangrijkste vervuilingparameters zijn zoveel mogelijk verzameld. Uit deze cijfers is een gemiddelde samengesteld, als karakterisering voor het overstortende water uit een gemengd of een gescheiden rioolstelsel.

vervuilingsparameter	gemengd rioolstelsel		gescheiden rioolstelsel		eenheid
	gemiddeld	"range"	gemiddeld	"range"	
BZV	110	20- 490	25	2- 180	mg/l
CZV	380	45- 900	240	20- 600	mg/l
Zwevende stof	420	50-2000	1350	100-9500	mg/l
Totaal P	5	0,1- 40	1	0,01- 15	mg/l
Totaal N	13	1- 55	4	1- 16	mg/l
Cl	50	5- 265	50	5- 265	mg/l

Tabel 12. Gemiddelde concentraties van overstortend water uit gemengde en gescheiden rioolstelsel

Het verschil in vuiluitworp uit een gemengd of gescheiden rioolstelsel is af te lezen uit tabel 12. Opgemerkt dient te worden dat deze tabel slechts ter illustratie is gegeven, om een indruk te verkrijgen van de orde van grootte van de gemiddelde concentratie van de verschillende vervuilingparameters van het geloosde water.



- 1 Benjes, H.H. et al. - Storm-water overflows from combined sewers. *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 3 (1961) No. 12 December pp. 1252-1259.
- 2 Benzie, W.J. and Courchaine, R.J. - Discharges from separate storm sewers and combined sewers. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 38 (1966) No. 3 March pp. 410-421.
- 3 Berg, J.A. van den, en Ven, G.A. Kwantitatieve aspecten van de afvoer van regenwater in stedelijke gebieden. *H<sub>2</sub>O* 10 (1977) nr. 9 blz. 200-203.
- 4 Brunner, P.G. - Belastung der Gewässer durch künstliche Ableitung von Niederschlägen. Belastung durch Abwässer der Trennkanalisation. *Berichte der Abwassertechnischen Vereinigung H25, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. Bonn 1972 S. 75-96.*
- 5 Brunner, P.G. - Der Einfluss der örtlichen Niederschlagshöhe auf die Belastung der Gewässer mit Mischwasser. In: *2e Europeïsches Abwasser - und Abfallsymposium, München, November 1972 S. 163-172.*
- 6 Brunner, P.G. - Untersuchungen über die Verschmutzung von Regenwasserabflüssen beim Trennverfahren. *Wasserwirtschaft* 66 (1976) No. 5 S. 138-144.
- 7 Brunner, P.G. - Die Verschmutzung des Regenwasserabflusses in Trennverfahren. München, Dissertation 1975.
- 8 Bryan, E.H. - Concentrations of lead in urban stormwater (communication). *Journal of the Water Pollution Control Federation* 46 (1974) No. 10, October pp. 2419-2421.
- 9 Burm, R.J. and Vaughan, R.D. - Bacteriological comparison between combined and separate sewer discharges in southeastern Michigan. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 38 (1966) No. 3 March pp. 400-409.
- 10 Burm, R.J.; Krawczyk, D.F. and Harlow, G.L. - Chemical and physical comparison of combined and separate sewer discharges. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 40 (1968) No. 1 January pp. 112-126.
- 11 Davidson, R.N. and Gameson, A.L.H. - Field studies on the flows and composition of storm sewage. In: *Symposium on storm sewage overflows. Institution of Civil Engineers, London 1967.*
- 12 De Filippi, J.A. and Shih, C.S. - Characteristics of separated storm and combined sewer flows. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 43 (1971) No. 10 October pp. 2033-2058.
- 13 Dunbar, D.D. and Henry, J.G.F. - Pollution control measures for stormwaters and combined sewer overflows. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 38 (1966) No. 1 January pp. 9-26.
- 14 Duin, J.F. - BZV-lozing door een rioolwatersysteem. *H<sub>2</sub>O* 6 (1973) nr. 10 mei blz. 236.
- 15 Eggink, H.J. en Hulshoff, J.E. - Het verontreinigend vermogen van overstortend rioolwater in relatie tot de overstortingsfrequentie. *H<sub>2</sub>O* 1 (1968) nr. 8 blz. 166-171.

- 16 Ellis, J.B. - Sediments and water quality of urban storm water. *Water Services* (1976) December pp. 730-734.
- 17 Field, R.; Curtis, J. and Bowden, R. - Urban runoff and combined sewer overflow (literature review). *Journal of the Water Pollution Control Federation* 48 (1976) No. 6 June pp. 1191-1206.
- 18 Friedland, A.O.; Shea, T.G. and Ludwig, H.F. - Quantity and quality relationship for combined sewer overflows. In: *Proceedings of the Fifth International Conference on Water Pollution Research, San Fransisco 1970*. Paper No. I-1, pp. I-1/1-16.
- 19 Frizzola, J.A. and Baier, J.H. - Contaminants in rainwater and their relation to water quality. *Water and Sewage Works* (1975) August pp. 72-75.
- 20 Gameson, A.L.H. and Davidson, R.N. - Storm-water investigations at Northampton. *Journal of the Institution of Sewage Purification, Part 2* (1963) pp. 105-130.
- 21 Gameson, A.L.H.; Davidson, R.N. and Trelfall, J.M. - Storm flows from combined sewerage systems in three areas. *Journal of the Institution of Public Health Engineers* (1965) July pp. 181-208.
- 22 Greiner, R.W. en Jong, J. de. - Het rioleringsstelsel en de kwaliteit van het oppervlaktewater in Lelystad. *H<sub>2</sub>O* 9 (1976) nr. 25 blz. 518-523.
- 23 Hayes, Seay, Mattern & Mattern. - Engineering investigation of sewer overflow problem. Roanoke Virginia, *Water Pollution Control Research Series* (11024 DMS), May 1970.
- 24 Heaney, J.P. and Sullivan, R.H. - Source control of urban water pollution. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 43 (1971), No. 4 April pp. 571-579.
- 25 Hedley, G. and King, M.V. - Suggested correlations between storm sewage characteristics and storm overflow performance. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers* 48 (1971), March pp. 399-411.
- 26 Hedley, G. and Lockley, J.C. - Quality of water discharged from an urban motorway. *Water Pollution Control* (1975) pp. 659-671.
- 27 Herik, A.G. van den - Rioolstelsels in relatie tot behandeling van afvalwater. *H<sub>2</sub>O* 6 (1973) nr. 21 blz. 551-559.
- 28 Hines, W.G., et al. - Formulation and use of practical models for river quality assessment. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 47 (1975) No. 10 October pp. 2357-2370.
- 29 Huiswaard, P.J. - Relaties tussen rioleringsoverstorten en effluentlozingen. *H<sub>2</sub>O* 9 (1976) nr. 8 blz. 143-153.
- 30 Koot, A.C.J. - Riolerings en waterverontreiniging. *H<sub>2</sub>O* 5 (1972) nr. 25 blz. 588-597.
- 31 Krauth, K. - Der Abfluss und die Verschmutzung des Abflusses in Mischwasserkanalisation bei Regen. *Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft* 1970 H45.
- 32 Lager, J.A. and Smith, W.G. - Urban stormwater management and technology: an assessment. Cincinnati, Environmental Protection Technology Series, December 1974. U.S. Environmental Protection Agency, Washington.

- 33 Leiser, C.P. - Computer management of a combined sewer system. Cincinnati: Ohio, Environmental Protection Technology Series, July 1974.
- 34 Mayo, F.T. - Combined sewer overflow abatement technology. Water Pollution Control Research Series (11024) June 1970.
- 35 Metcalf & Eddy. - Storm water management model (2 volumes). Water Pollution Control Research Series (11024 DOC) July 1971, U.S. Environmental Protection Agency, Washington.
- 36 Müller, W.J. - Der Beitrag der Regenabflüsse zur Verunreinigung der Gewässer. Gas- und Wasserfach Wasser/Abwasser 112 (1971) H.1 S. 15-17.
- 37 Newton, C.D.; Shephard, W.W. and Coleman, M.S. - Street runoff as a source of lead pollution (communication). Journal of the Water Pollution Control Federation 46 (1974) No. 5 May pp. 999-1000.
- 38 Pecher, R. - Der jährliche Regenwasserabfluss von bebauten Gebieten und seine Verschmutzung. Korrespondenz Abwasser 21 (1974) H.5 S. 113-120.
- 39 Roberts, P.V.; Dauber, L.; Novak, B. and Zobrist, J. - Pollutant loadings in urban storm water. Prog. Water Technics 8 (1977) No. 6 pp. 93-101.
- 40 Saito, K. and Kashiwaya, M. - Wet weather flow and combined sewer overflow abatement technology. In: Fourth US/Japan Conference on Sewage Treatment Technology Washington, October 29, 1975. Paper No. 7 pp. 1-23.
- 41 Sartor, J.D.; Boyd, G.B. and Agardy, F.J. - Waterpollution aspects to street surface contaminants. Journal of the Water Pollution Control Federation 46 (1974) No. 3 March pp. 458-467.
- 42 Sutherland, R. and McCuen, R. - A mathematical model for estimating pollution loadings in runoff from urban streets. In: International Conference on Mathematical Models for Environmental Problems. September 8-12, 1975. University of Southampton, paper 4.4. pp. 283-297.
- 43 Torno, H.C. - A model for assessing impact of stormwater runoff and combined sewer overflows and evaluating pollution abatement alternatives. Water Research 9 (1975) pp. 813-815.
- 44 Veldkamp, F.B. - Riolering en waterverontreiniging (probleemstellende nota), STORA (1976).
- 45 Water Research Centre. - Quality of urban stormwater runoff. In: Open days, 1976, Stevenage.
- 46 Weibel, S.R., Anderson, R.J. and Woodward, R.L. - Urban land runoff as a factor in stream pollution. Journal of the Water Pollution Control Federation 36 (1964) No. 7 July pp. 914-924.
- 47 Weibel, S.R.; et al. - Characterization, treatment, and disposal of urban stormwater. In: Third International Conference Water Pollution Research, München (1966) pp. 329-352 München 1966, Pergamon Press, London 1967.

- 48 Whipple, W.; Hunter, J.V. and Yu, S.L. - Unrecorded pollution from urban run-off. Journal of the Water Pollution Control Federation 46 (1974) No. 5 May pp. 873-885.
- 49 Wuldschleger, R.E.; Zanoni, A.E. and Hansen, C.A. - Methodology for the study of urban storm generated pollution and control. Cincinnati Ohio, Environmental Protection Technology Series (EPA-600/2-76-145) August 1976. U.S. Environmental Protection Agency, Washington.
- 50 Yu, S.L.; Whipple, W. and Hunter, J.V. - Assessing unrecorded organic pollution from agricultural, urban and wooded lands. Water Research 9 (1975) pp. 849-852.

Bijlagen

LIST

```

10 PRINT ' OPRACHTGEVER
20 PRINT
30 PRINT
40 PRINT
50 PRINT ' MULTIPLE REGRESSIE '
60 PRINT
70 PRINT ' FUNCTIE :      Y = (CONST) * (DWP)^A * (INT)^B '
80 PRINT
90 PRINT
100 PRINT
110 DIM Q(100),P(100),H(100),W(100),A(3,3),B(3,1),C(3,1),D(3,3)
120 N=1
130 MAT A=ZER
140 MAT B=ZER
150 MAT C=ZER
160 MAT D=ZER
170 E=2,71828183
180 READ K1
190 FOR N=1 TO K1
200 READ K2
210 Q(N)=K2
220 NEXT N
230 FOR N=1 TO K1
240 READ K3
250 F(N)=K3
260 NEXTN
270 FOR N=1 TO K1
280 READ K4
290 H(N)=K4
300 W(N)=E
310 NEXT N
320 PRINT 'AANTAL WAARNEMINGEN =' ; N
330 PRINT
340 FOR I=1 TO N
350 Y=LOG(Q(I))
360 A=LOG(F(I))
370 B=LOG(H(I))
380 C=LOG(W(I))
390 A(1,1)=A(1,1)+A*A
400 A(2,1)=A(1,2)=A(1,2)+A*B
410 A(1,3)=A(3,1)=A(3,1)+A*C
420 A(2,2)=A(2,2)+B*B
430 A(3,2)=A(2,3)=A(2,3)+B*C
440 A(3,3)=A(3,3)+C*C
450 C(1,1)=C(1,1)+A*Y
460 C(2,1)=C(2,1)+B*Y
470 C(3,1)=C(3,1)+C*Y
480 NEXT I
490 MAT D=INV(A)
500 MAT B=D*C
510 PRINT 'ALFA(DROOGWEERP.)=' ; B(1,1)
520 PRINT 'BETA(INTENSITEIT)=' ; B(2,1)
530 PRINT 'CONSTANTE      =' ; E^B(3,1)
540 PRINT
550 X1=X2=R=0
560 X3=0
570 FOR I=1 TO N
580 X1=X1+LOG(Q(I))*LOG(Q(I))
590 X2=X2+LOG(Q(I))
600 X3=X3+LOG(F(I))
610 NEXT I
620 A3=X2/N
630 A4=X3/N
640 FOR I=1 TO N
650 F=F(I)^B(1,1)*H(I)^B(2,1)*W(I)^B(3,1)
660 P=LOG(F)
670 R1=R1+(LOG(Q(I))-A3)^2
680 R2=R2+(LOG(Q(I))-P)^2
690 NEXT I
700 I9=1-R2/R1
710 PRINT 'R1=' ; R1 ; 'R2=' ; R2 ; 'INDEX OF DETERMINATION =' ; I9
720 PRINT
730 PRINT ' CORRELATIECOEFFICIENT =' ; SQRT(I9)
740 PRINT
750 PRINT
760 PRINT
770 PRINT ' UITVOER- JA=1 ; NEE=0 -?' ;
780 INPUT C9
790 IF C9=0 GOTO 960
800 PRINT
810 PRINT
820 PRINT '      VRACHT B O D      AFWIJKING      DROOGW.      INTENSITEIT' ;
830 PRINT '      CONSTATE'
840 PRINT '      GEMETEN      BEREKEND      %      DAGEN      L/S '
850 PRINT
860 FOR I=1 TO N
870 X1=Q(I)
880 X2=P(I)
890 X3=H(I)
900 X4=W(I)
910 X5=X2^B(1,1)*X3^B(2,1)*X4^B(3,1)
920 R=(X1-X5)/X5*100
930 PRINT USING 940,X1,X5,R,X2,X3,X4^B(3,1)
940:  ###.##      ###.##      ###.##      ###.##      ###.##      ###.##
950 NEXT I

```

\*RUN

OPDRACHTGLVER

M U L T I P L E   R E G R E S S I E

FUNCTIE :     Y = (CONST) \* (DWP)^A \* (INT)^B

AANTAL WAARNEMINGEN =   60

ALFA(DROOGWEERF.)=   .1689835

BETA(INTENSITEIT)= .806626

CONSTANTE         =   .2665792

R1= 78.93945 R2= 27.84613   INDEX OF DETERMINATION = .6472469

CORRELATIECOEFFICIENT = .8045166

UITVOER- JA=1;NEE=0 -??1

VRACHT GEMETEN	B O D BEREKEND	AFWIJ KING %	DROOGW. DAGEN	INTENSITEIT L/S	CONSTANTE
2.14	2.08	2.83	.50	14.80	.27
.49	1.02	-51.84	.50	6.10	.27
11.73	4.27	174.83	7.00	20.70	.27
1.44	1.14	26.85	3.00	4.80	.27
4.25	4.26	-.12	4.00	23.20	.27
3.14	2.49	25.91	5.00	11.40	.27
.76	1.35	-43.57	7.50	4.90	.27
2.47	1.60	54.71	3.00	7.30	.27
17.82	3.92	355.10	6.50	18.90	.27
7.78	5.95	30.67	1.00	47.00	.27
18.60	15.57	19.44	13.00	90.50	.27
.86	2.05	-57.98	4.00	9.40	.27
5.82	5.57	4.53	.04	85.00	.27
.88	2.27	-61.04	1.00	14.20	.27
3.87	6.87	-43.72	1.50	51.60	.27
2.15	3.15	-31.79	1.00	21.40	.27
11.05	7.34	50.47	9.00	38.50	.27
6.89	9.83	-29.89	3.00	69.60	.27
12.22	13.18	-7.33	1.00	126.00	.27
.54	1.91	-71.96	1.00	11.50	.27
10.12	11.98	-15.48	23.00	58.00	.27
5.00	3.16	58.15	29.00	10.60	.27
3.10	.92	238.29	11.00	2.80	.27
7.62	1.58	381.50	1.00	9.10	.27
2.45	1.38	77.10	5.00	5.50	.27
4.94	3.13	57.68	13.00	12.40	.27
.35	.56	-36.94	1.00	2.50	.27
8.50	3.63	134.54	.50	29.40	.27
1.85	2.52	-26.59	4.00	12.10	.27
.77	1.61	-52.44	2.50	7.70	.27
1.63	2.29	-28.96	.12	22.40	.27
2.60	1.58	64.72	17.00	5.00	.27
2.01	1.00	101.75	38.00	2.40	.27
.23	.61	-61.83	4.00	2.10	.27
.33	.40	-16.82	.50	1.90	.27
2.37	1.52	55.53	5.00	6.20	.27
2.22	1.44	54.12	12.00	4.80	.27
.19	.43	-55.17	1.00	1.80	.27
.82	.72	15.19	1.00	3.40	.27
.92	2.09	-55.85	8.00	8.30	.27
.44	.65	-32.27	1.00	3.00	.27
.75	.83	-8.63	7.00	2.70	.27
1.35	.52	159.71	.04	4.50	.27
1.11	1.02	9.21	2.00	4.55	.27
.30	.59	-49.16	1.00	2.70	.27
.33	1.04	-68.18	9.00	3.40	.27
.44	.46	-3.01	.08	3.30	.27
2.95	1.46	101.47	11.00	5.00	.27
2.59	.78	233.09	.04	7.40	.27
1.21	1.19	1.63	3.00	5.10	.27
2.15	1.98	8.28	7.00	8.00	.27
1.42	.74	92.10	.08	6.00	.27
7.36	4.82	52.58	4.00	27.10	.27
.63	.55	15.42	.04	4.80	.27
2.76	1.80	53.13	17.00	5.90	.27
1.03	1.51	-31.94	4.00	6.40	.27
1.41	1.77	-20.17	12.00	6.20	.27
.91	4.59	-80.09	21.00	18.00	.27
10.35	14.56	-28.91	14.00	82.00	.27
1.05	2.65	-60.42	.08	29.30	.27

ready  
\*BYE

datum	duur min.	neerslag volume m3	maximale afvoer l/s	aantal mon- sters	type neerslag
1972					
1. 6.	115	102,7	66	11	regen
2. 6.	280	103,3	15	9	regen
9. 6.	235	318,0	70	25	regen
12. 6.	580	166,1	28	20	regen
17. 6.	730	1073,7	98	23	regen
22. 6.	115	78,4	27	10	regen
30. 6.	190	53,9	21	12	regen
3. 7.	330	100,8	21	21	regen
10. 7.	573	650,3	81	48	regen
11. 7.	390	1070,1	260	23	regen
25. 7.	175	950,4	408	24	regen
29. 7.	129	72,9	32	7	regen
29. 7.	71	361,8	406	11	regen
30. 7.	91	78,7	64	8	regen
2. 8.	100	309,9	280	14	regen
3. 8.	205	262,9	110	20	regen
12. 8.	167	385,4	220	23	regen
15. 8.	96	400,9	320	12	regen
16. 8.	330	2875,5	500	26	regen
18. 8.	260	178,8	28	16	regen
10. 9.	227	965,8	240	31	regen
9. 10.	116	73,6	24	13	regen
21. 10.	440	75,5	8	23	regen en sneeuw
22. 10.	120	669,1	24	24	regen en sneeuw
28. 10.	623	206,3	24	47	regen
11. 11.	278	207,2	30	16	regen
12. 11.	560	83,4	9	23	regen
12. 11.	905	1597,0	72	40	regen en sneeuw
18. 11.	563	404,4	34	23	regen en sneeuw
21. 11.	127	58,9	18	12	regen
21. 11.	141	189,5	52	14	regen
9. 12.	540	163,0	10	16	regen en sneeuw

datum	duur min.	neerslag volume m3	maximale afvoer l/s	aantal mon- sters	type neerslag
1973					
10. 1.	254	37,2	7	12	regen
21. 1.	596	61,3	4	13	sneeuw
22. 1.	600	67,3	3	12	sneeuw
27. 1.	640	240,1	11	24	sneeuw
10. 2.	731	211,8	14	20	regen en sneeuw
12. 2.	520	56,4	3	7	sneeuw
13. 2.	875	180,6	13	17	sneeuw
22. 2.	330	164,7	24	21	regen en sneeuw
23. 2.	361	64,0	6	10	sneeuw
3. 3.	945	157,5	5	14	sneeuw
4. 3.	1430	383,0	13	15	sneeuw
7. 3.	1034	279,0	12	28	regen en sneeuw
9. 3.	540	88,4	5	11	sneeuw
19. 3.	445	92,1	7	8	sneeuw
19. 3.	687	136,6	5	18	sneeuw
30. 3.	146	44,1	17	14	regen
31. 3.	380	167,6	27	24	regen
3. 4.	185	56,5	15	17	sneeuw
10. 4.	694	333,8	25	45	sneeuw
13. 4.	1052	337,0	15	33	sneeuw
17. 4.	185	300,6	106	23	regen
18. 4.	315	90,5	28	16	regen
6. 5.	462	163,5	17	36	regen
11. 5.	684	263,8	17	42	regen
24. 5.	130	48,6	18	9	regen
14. 6.	86	95,4	58	11	regen
29. 6.	184	912,9	432	23	regen
29. 6.	98,5	173,3	146	14	regen

Bijlage 2. Pullach: meetgegevens eerslag



vrachten en concentraties affiltreerbare stof

datum	droog- weer perio- de	intensiteit gem.	intensiteit max.	neerslag volume	vracht kg	concentraties	
						gem.	max.
1972		l/s	l/s	m3	kg	mg/l	mg/l
1. 6.	0,5	14,8	66	101,2	23,354	228	327
2. 6.	0,5	6,1	15	103,3	8,547	82	112
9. 6.	7	20,7	70	318,0	60,973	191	513
12. 6.	3	4,8	28	166,1	13,035	78	181
17. 6.	4	23,2	98	1073,7	72,500	67	126
22. 6.	5	11,4	27	78,4	5,362	106	256
30. 6.	7,5	4,9	21	55,9	4,766	85	155
3. 7.	3	7,3	21	144,8	13,801	95	381
10. 7.	6,5	18,9	81	650,3	99,581	153	868
11. 7.	1	3,7	30	1016,1	219,571	216	1015
25. 7.	13	90,5	408	950,4	322,758	339	800
29. 7.	4	9,4	32	72,9	5,229	71	133
29. 7.	85	406	406	361,8	153,573	424	804
30. 7.	1	14,2	64	78,7	5,579	70	149
2. 8.	1,5	51,0	280	509,9	72,295	233	460
3. 8.	1	21,4	110	262,9	24,043	91	204
12. 8.	4	38,5	220	385,4	85,169	220	1037
15. 8.	3	69,6	320	400,9	145,030	361	637
16. 8.	1	126	560	2875,5	269,330	93	206
18. 8.	1	11,5	28	178,8	6,631	37	48
10. 9.	23	58	240	965,8	88,208	91	1003
9. 10.	29	10,0	29	73,6	14,341	104	1296
21. 10.	11	2,8	8	75,5	5,978	88	310
22. 10.	1	9,1	24	666,1	18,282	27	60
28. 10.	5	5,3	24	206,3	16,759	81	194
11. 11.	13	12,4	30	207,2	20,962	101	206
12. 11.	1	2,5	9	83,4	3,058	37	63
13. 11.	0,5	29,5	72	1597,0	146,848	91	163
18. 11.	4	12,1	33	409,4	29,499	72	218
21. 11.	7,5	7,7	18	58,9	9,600	162	372
21. 11.	22,4	22,4	52	189,5	13,343	70	124
9. 12.	17	5	10	163,0	21,563	132	223

vrachten en concentraties affiltreerbare stof

datum	droog- weer perio- de	intensiteit gem.	intensiteit max.	neerslag volume	vracht kg	concentraties	
						gem.	max.
1973		l/s	l/s	m3	kg	mg/l	mg/l
16. 1.	38	2,4	7	37,2	14,277	383	1239
21. 1.	3	2,1	4	63,3	3,979	62	92
22. 1.	0,5	1,9	3	67,3	10,941	162	404
27. 1.	5	6,2	11	240,1	59,309	247	659
10. 2.	12	4,8	14	211,8	11,033	202	354
12. 2.	1	1,8	3	56,4	7,395	77	109
13. 2.	1	3,4	13	180,6	34,625	191	850
22. 2.	8	8,3	24	164,7	39,519	239	320
23. 2.	1	3	6	64,0	25,630	395	751
3. 3.	7	2,7	5	157,5	28,425	180	504
4. 3.	2	4,5	13	383,0	44,890	117	317
7. 3.	2	4,5	12	279,0	42,657	152	558
9. 3.	1	2,7	5	88,4	11,865	134	299
19. 3.	9	3,4	7	92,1	8,670	94	200
30. 3.	11	3,3	5	136,6	19,860	145	200
31. 3.	7,4	7,4	17	44,1	44,394	1006	3454
3. 4.	3	5,1	15	56,5	13,149	237	921
10. 4.	7	8	25	333,8	74,595	223	812
13. 4.	4	6	15	377,0	54,627	144	504
17. 4.	4	27,1	106	300,6	194,343	646	2384
18. 4.	4	4,8	28	90,5	14,124	156	343
6. 5.	17	5,9	17	163,5	14,077	89	301
11. 5.	4	6,4	17	263,8	10,482	39	97
24. 5.	12	6,2	18	48,6	3,153	64	138
14. 6.	21	18	58	95,4	11,146	116	245
29. 6.	14	82	432	912,0	193,753	212	532
29. 6.	29,3	29,3	146	173,3	29,303	169	431

Bijlage 3. Pullach: vracht en concentratie affiltreerbare stof

vruchten en concentraties organische affiltreerbare stof

datum	droog- weef- perio- de	intensiteit		vrucht kg	gemiddelde concentratie mg/l	org. affilt. stof %
		gem.	max.			
1972			1/s			
1. 6.	0.5	14.8	66	9,750	95	41.7
2. 6.	0.5	6.1	15	3,610	35	42.3
9. 6.	7	20.7	70	24,800	77	40.0
12. 6.	3	4.8	28	5,572	33	42.8
17. 6.	4	23.2	98	30,295	28	41.7
22. 6.	5	11.2	37	3,040	40	43.0
30. 6.	7.5	4.9	21	2,301	42	50.1
3. 7.	3	7.3	21	6,134	52	44.4
10. 7.	6.5	18.9	81	38,019	58	38.3
11. 7.	1	47	260	66,592	65	30.3
25. 7.	13	90.5	408	19,664	125	37.0
29. 7.	4	9.4	32	2,233	30	42.7
29. 7.	4	85	406	38,028	105	24.7
30. 7.	1	14.2	64	2,494	31	44.7
2. 8.	1.5	51.6	280	28,491	91	39.4
3. 8.	1	21.4	110	10,014	38	41.6
12. 8.	9	38.5	220	32,713	84	38.4
15. 8.	3	69.6	320	43,742	109	30.1
16. 8.	1	126	560	72,432	25	26.8
18. 8.	1	11.5	28	2,451	13	36.9
10. 9.	23	58	240	36,009	37	40.8
9. 10.	29	10.6	24	5,387	73	37.5
21. 10.	11	24.8	8	2,893	42	48.4
22. 10.	1	9.1	24	8,848	13	48.4
28. 10.	5	5.3	24	7,230	35	43.1
11. 11.	13	12.4	30	9,143	44	43.6
12. 11.	1	2.5	9	1,386	16	45.3
13. 11.	0.5	29.4	72	15,563	28	31.0
18. 11.	4	12.1	34	12,414	30	42.0
21. 11.	2.5	7.7	18	4,408	75	40.1
21. 11.		22.4	52	5,439	28	40.7
9. 12.	17	5	10	88,960	54	41.5

vruchten en concentraties organische affiltreerbare stof

datum	droog- weef- perio- de	intensiteit		vrucht kg	gemiddelde concentratie mg/l	org. affilt. stof %
		gem.	max.			
1973			1/s			
16. 1.	36	2.4	7	7,167	192	50.2
21. 1.	4	2.1	4	1,865	29	46.8
22. 1.	0.5	1.9	3	4,219	62	38.5
27. 1.	5	6.2	11	25,938	108	43.7
10. 2.	12	4.8	14	16,351	77	38.0
12. 2.	1	1.8	3	2,451	43	55.7
13. 2.	1	3.4	13	12,332	68	35.6
22. 2.	8	8.3	24	8,277	50	20.9
23. 2.	1	3	6	4,808	75	18.9
3. 3.	7	2.7	5	9,098	57	32.0
4. 3.	2	4.5	13	16,132	42	35.9
7. 3.	2	4.5	12	15,348	55	35.9
9. 3.	1	2.7	5	2,832	32	23.8
19. 3.	9	3.4	7	3,016	32	34.7
19. 3.	3	3.3	5	4,441	32	22.3
30. 3.	11	5	17	9,440	214	21.2
31. 3.		7.4	27	13,800	82	29.6
3. 4.	3	5.1	15	5,087	89	37.9
10. 4.	7	8	25	18,969	56	25.4
13. 4.	6	6	15	17,021	45	31.1
17. 4.	4	27.1	106	43,614	145	22.4
18. 4.		4.8	28	4,462	49	31.5
6. 5.	17	5.9	17	5,479	33	37.3
11. 5.	4	6.4	17	4,167	15	39.7
24. 5.	12	6.2	18	1,761	36	55.8
14. 6.	21	18	58	5,197	54	46.6
29. 6.	14	82	432	66,975	73	34.5
19. 6.		29.3	146	9,242	53	31.5

Bijlage 4. Pullach: vrucht en concentratie organische affiltreerbare stof

vrachten en concentraties afzetbare stof

datum	droog- weer   perio- de		intensiteit		neerslag volume	vracht	concentraties	
	d	1/s	gem.	max.			gem.	max.
1972					m3	l	ml/l	ml/l
1. 6.	0,5	14,8	66		102,2	95,6	0,9	1,7
2. 6.	0,5	6,1	15		103,3	2,3	0,0	0,0
9. 6.	3	20,7	70		318,0	276,1	3,9	8,2
12. 6.	3	4,8	28		166,1	24,5	0,1	0,6
17. 6.	4	23,2	98		1273,7	236,5	0,2	0,6
22. 6.	5	11,4	27		78,5	41,5	0,5	2,0
30. 6.	7,5	4,6	21		55,3	14,5	0,2	0,9
3. 7.	3	7,3	21		144,8	62,9	0,4	5,2
10. 7.	6,5	18,9	81		650,3	277,7	0,4	5,2
11. 7.	1	47	260		1618,1	540,1	0,5	4,8
25. 7.	13	90,5	408		950,4	1103,1	1,2	8,0
29. 7.	4	9,4	32		77,9	11,9	0,2	0,0
29. 7.	85	406	361,3		361,3	361,3	1,0	1,9
30. 7.	1	14,2	64		78,7	13,5	0,2	0,4
2. 8.	1,5	31,6	280		309,9	161,5	0,5	1,0
3. 8.	1	21,4	110		262,9	47,6	0,2	0,5
12. 8.	9	38,5	220		385,4	322,7	0,8	3,0
15. 8.	3	69,6	320		400,9	302,2	0,7	2,3
16. 8.	1	126	560		2875,5	430,9	0,1	1,0
18. 8.	1	11,5	28		178,6	0,0	0,0	0,0
10. 9.	23	58	340		965,8	299,0	0,3	12,0
9. 10.	29	10,0	24		73,6	87,1	1,2	10,0
21. 10.	11	2,8	8		75,5	18,1	0,3	3,1
22. 10.	1	4,1	22		66,1	10,8	0,02	0,2
28. 10.	5	5,3	24		206,3	39,9	0,2	1,0
11. 11.	13	12,7	30		207,2	44,5	0,2	1,1
12. 11.	1	2,5	9		83,4	0,0	0,1	0,0
13. 11.	0,5	29,4	72		1597,0	57,9	0,04	0,6
18. 11.	5	12,1	34		409,4	24,1	0,06	1,1
21. 11.	2,5	7,7	18		58,9	8,2	0,1	0,6
21. 11.		22,4	52		189,5	2,6	0,01	0,1
9. 12.	17	5	10		163,0	41,9	0,3	2,3

vrachten en concentraties afzetbare stof

datum	droog- weer   perio- de		intensiteit		neerslag volume	vracht	concentraties	
	d	1/s	gem.	max.			gem.	max.
1973					m3	l	ml/l	ml/l
16. 1.	38	2,4	7		37,2	90,4	2,4	10,0
21. 1.	4	2,1	4		63,3	27,3	0,4	2,1
22. 1.	0,5	1,9	3		67,3	0,0	0,0	0,0
27. 1.	5	6,2	11		240,1	151,8	0,6	7,0
10. 2.	12	4,8	14		211,8	47,4	0,2	0,0
12. 2.	1	1,8	3		56,4	0,0	0,0	0,0
13. 2.	1	3,4	13		180,6	28,2	0,2	2,0
22. 2.	8	8,3	24		164,7	17,0	0,1	0,5
23. 2.	1	3	6		64,0	7,0	0,1	0,8
3. 3.	7	2,7	5		157,5	5,4	0,03	0,3
4. 3.	2	4,5	13		383,0	57,0	0,1	0,7
7. 3.	2	4,5	12		279,0	11,3	0,04	0,2
9. 3.	1	2,7	5		88,4	0,0	0,0	0,0
19. 3.	9	3,4	7		92,1	12,3	0,1	0,3
19. 3.		3,3	5		136,6	0,0	0,0	0,0
30. 3.	11	5	17		44,1	204,0	4,6	17,0
31. 3.		7,4	27		167,6	115,8	0,7	2,6
3. 4.	3	5,1	15		56,5	64,6	1,1	6,3
10. 4.	7	8	25		333,8	93,5	0,3	1,8
13. 4.	6	6	15		377,0	12,8	0,03	0,3
17. 4.	4	27,1	106		300,6	480,0	1,6	7,0
18. 4.		4,8	28		90,5	7,5	0,08	0,4
6. 5.	17	5,9	17		163,5	30,4	0,2	1,3
11. 5.	4	6,4	17		263,8	0,0	0,0	0,0
24. 5.	12	6,2	18		48,6	10,8	0,2	0,7
15. 6.	21	18	58		95,4	75,3	0,8	4,7
29. 6.	14	8,2	432		912,9	641,0	0,7	2,2
29. 6.		29,3	146		173,3	37,5	0,2	0,6

Bijlage 5. Pullach: vracht en concentratie afzetbare stof.

vrachten en concentraties BZV

datum	droog- weer- perio- de	d	intensiteit		neerslag volume	vracht	concentraties	
			gem.	max.			gem.	max.
			l/s	l/s	m <sup>3</sup>	kg	mg/l	mg/l
1. 6.	0.5	14.8	66		102.2	2,143	21	42
2. 6.	0.5	6.1	15		103.3	0,491	5	9
6. 6.	7	20.7	70		318.0	11,777	37	126
12. 6.	3	7.8	28		106.1	1,443	9	15
17. 6.	4	23.2	98		1073.7	4,251	4	7
22. 6.	5	11.4	27		78.4	3,137	40	78
30. 6.	7.5	4.9	21		55.0	0,767	14	25
3. 7.	3	7.3	21		144.8	2,468	17	48
10. 7.	6.5	18.9	81		650.3	17,821	27	180
11. 7.	1	4.7	260		1016.1	7,776	8	38
25. 7.	13	40.5	408		930.4	18,599	20	148
29. 7.	4	9.4	32		72.9	0,863	12	18
29. 7.	7	85	406		361.8	5,823	16	42
30. 7.	1	14.2	64		78.7	0,883	11	22
2. 8.	1.5	51.0	280		309.9	3,867	12	23
3. 8.	1	21.4	110		262.9	2,152	8	37
12. 8.	9	38.5	220		385.4	11,031	29	76
15. 8.	3	69.6	320		400.9	6,895	17	44
16. 8.	1	126	560		2875.5	12,217	4	16
18. 8.	1	11.5	28		178.8	0,536	3	3
10. 9.	23	58	240		965.8	10,123	10	186
9. 10.	29	10.6	24		73.6	5,001	68	249
21. 10.	11	2.8	8		75.5	3,103	46	130
22. 10.	1	9.1	24		666.1	7,621	11	23
28. 10.	5	5.3	24		206.3	2,451	12	79
11. 11.	13	12.4	30		207.2	4,941	24	70
12. 11.	1	2.5	9		83.4	0,332	4	20
13. 11.	0.5	29.4	72		1597.0	8,503	5	30
18. 11.	4	12.1	34		409.4	1,848	4	20
21. 11.	2.5	7.7	18		58.9	0,768	13	31
21. 11.	4	22.4	52		189.5	1,625	9	15
9. 12.	17	5	10		163.0	2,596	16	80

vrachten en concentraties BZV

datum	droog- weer- perio- de	d	intensiteit		neerslag volume	vracht	concentraties	
			gem.	max.			gem.	max.
			l/s	l/s	m <sup>3</sup>	kg	mg/l	mg/l
16. 1.	38	2.4	7		37.2	2,015	54	120
21. 1.	4	2.1	4		63.3	0,234	4	6
22. 1.	0.5	1.9	3		67.3	0,331	5	10
27. 1.	5	6.2	11		240.1	2,371	10	36
10. 2.	12	4.8	14		211.8	2,216	10	22
12. 2.	1	1.8	3		56.4	0,192	3	6
13. 2.	1	3.4	13		180.6	0,824	5	23
22. 2.	8	8.3	24		164.7	0,922	6	9
23. 2.	1	3	6		64.0	0,438	7	15
3. 3.	7	2.7	5		157.5	0,754	5	10
4. 3.	11	4.5	13		383.0	1,352	3	11
7. 3.	2	4.5	12		279.0	1,111	4	9
9. 3.	1	2.7	5		88.4	0,302	3	6
19. 3.	6	3.4	7		92.1	0,330	4	6
19. 3.	3	3.3	5		136.6	0,442	3	4
30. 3.	11	5	17		44.1	2,950	67	128
31. 3.	7	7.4	27		167.6	2,590	15	39
3. 4.	3	5.1	15		56.5	1,214	21	73
10. 4.	7	8	25		333.8	2,146	6	18
13. 4.	6	6	15		377.0	1,418	4	10
17. 4.	4	27.1	106		300.6	7,361	24	122
18. 4.	4	4.8	28		90.5	0,633	7	17
6. 5.	17	5.9	17		163.5	2,758	17	30
11. 5.	4	6.4	17		263.8	1,025	4	12
24. 5.	12	6.2	18		48.6	1,411	29	51
14. 6.	21	18	58		95.4	0,914	10	21
29. 6.	14	82	432		912.0	10,352	11	32
29. 6.	6	29.3	146		173.3	1,050	6	11

Bijlage 6. Pullach: vracht en concentratie biochemisch zuurstofverbruik (BZV)

