

waterloopkundig laboratorium
delft hydraulics laboratory

waterkwaliteitsmodel Maas

data rapport,
gegevens verzameling en – analyse
ten behoeve van de modellering van
het Nederlandse deel van de Maas

verslag onderzoek

R 1463 – II

september 1982

R1463-2

BIBLIOTHEEK
Waterloopkundig Laboratorium
Postbus 177 - DELFT
NEDERLAND

waterkwaliteitsmodel Maas

data rapport,
gegevens verzameling en – analyse
ten behoeve van de modellering van
het Nederlandse deel van de Maas

verslag onderzoek

R 1463 – II

september 1982

INHOUD

Lijst van figuren

	blz.
<u>1</u> <u>Algemeen</u>	1
1.1 Het projekt "Waterkwaliteitsmodel Maas".....	1
1.2 Data-rapport, gegevensverzameling en -analyse ten behoeve van de modellering van het Nederlandse deel van de Maas.....	2
<u>2</u> <u>Hydrologie</u>	4
2.1 Debiet.....	4
2.1.1 Debieten te Eysden, Borgharen en Lith.....	5
2.1.2 Debieten van de zijrivieren.....	6
2.1.3 Diffuse toestroming.....	6
2.1.4 Steady-state perioden.....	9
2.2 Stroomsnelheid en waterdiepte.....	9
<u>3</u> <u>Gemeten gehalten in het stroomgebied</u>	13
3.1 Gemeten gehalten in de Maas.....	13
3.1.1 Het RIZA meetnet in de Maas.....	13
3.1.2 Het RIWA meetnet in de Maas.....	15
3.1.3 Ontwikkelingen in de waterkwaliteit.....	17
3.2 Gemeten gehalten in zijvieren.....	18
3.2.1 Gebruikte gegevens.....	19
3.2.2 Het effect van grindgaten.....	21
<u>4</u> <u>Lozingen</u>	24
4.1 Lozingsgegevens in inwonerekwivalenten.....	24
4.1.1 Gegevens 1975.....	25
4.1.2 Gegevens 1978.....	25
4.1.3 Gegevens 1979.....	26
4.1.4 Berekening van het inwonerekwivalent.....	26
4.2 Omzetting van i.e.-getallen naar vrachten.....	27
4.2.1 Konversiefactoren huishoudelijk afvalwater.....	28
4.2.2 Konversiefactoren industrieel afvalwater.....	29

INHOUD (vervolg)

	blz.
4.3 Effekt van zuivering.....	30
4.3.1 Gemeten zuiveringsrendementen COD, BOD, Kj-N, NO ₂ en P-tot.....	30
4.3.2 Berekening van zuiveringsfactoren.....	31
4.4 De lozing van de Staats Mijnen.....	33

LITERATUUR

BIJLAGEN

FIGUREN

Lijst van figuren

1. Het stroomgebied van de Maas
2. Het gemodelleerde deel van het stroomgebied van de Maas
3. Het debiet over de stuw te Borgharen in 1975
4. Het debiet over de stuw te Borgharen in 1976
5. Het debiet over de stuw te Borgharen in 1977
6. Het debiet over de stuw te Borgharen in 1978
7. Het langjarig gemiddelde debiet van de Maas
8. Geometrie van het stuwpand Borgharen
9. Het debiet in de Maas tijdens de laagwater verifikatieperiode in 1979
10. Schematische indeling van het Maas-model
11. Verhanglijnen bij gegeven afvoer in m^3/s te Borgharen
12. BZV₅-gehalte in de Maas in '67/'68 en '79/'80
13. Voortschrijdend 3-jaarsgemiddelde ortho-fosfaat te Eysden
14. Zuurstof voor en na het grindgat bij Oude Maas
15. Ortho-fosfaat voor en na het grindgat bij Oude Maas
16. Schema van het computerverwerkingsprogramma voor lozingen
17. Zuiveringsrendementen van mechanische installaties
18. Zuiveringsrendementen van installaties type oxidatiebed
19. Zuiveringsrendementen van installaties type oxidatiesloot
20. Zuiveringsrendementen van installaties type carrousel en actief slib

1 Algemeen

1.1 Het projekt "Waterkwaliteitsmodel Maas"

In 1978 werd een aanvang gemaakt met het projekt Waterkwaliteitsmodel Maas, opgedragen door RWS Direktie Limburg (LIM) en het Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater (RIZA).

De aanleiding tot dit projekt is vooral gelegen in de huidige kwaliteit van het Maaswater, het belang van de Maas voor het vervullen van een aantal maatschappelijke funkties en de ontwikkelingen in de beleid- en beheerssfeer met betrekking tot de waterkwaliteit in het (nederlandse) stroomgebied van de Maas.

Op basis van een probleemevaluatie, werd in overleg met LIM en RIZA besloten tot een modelmatige benadering van de waterkwaliteit van de Maas. Als hoogste prioriteit gold de zuurstof- en nutriëntenhuishouding. Dit werd mede gezien tegen de achtergrond van de eutrofiëringsproblematiek, welke zich vooral manifesteert bij 1) de opslag van Maaswater ten behoeve van de drink- en industriewatervoorziening, 2) het inlaten van Maaswater in de min of meer stagnante (toekomstige) deltawateren, en 3) vanwege het semi-stagnante karakter van de Maas zelf tijdens droge perioden.

Met het onderzoek wordt beoogd een mathematisch model te ontwikkelen dat in staat is de zuurstof-, stikstof-, fosfaat- en algenhuishouding van de Maas te beschrijven als funktie van hydrologische gegevens, lozingsgegevens en temperatuur. Het onderzoek is een samenwerkingsprojekt tussen LIM, RIZA, W&W en WL.

Naast de mogelijkheid om met het model voorspellingen te doen met betrekking tot de, na voltooiing van de geplande saneringsmaatregelen, te verwachten zuurstof- en nutriëtenniveaus in de Maas, mag worden verwacht dat het onderzoek het inzicht zal vergroten in de herkomst van belastingen op deze rivier en de invloed van processen.

Op deze wijze ontstaat tevens de mogelijkheid alternatieven c.q. additionele saneringsmaatregelen te formuleren, alsmede de effecten van deze maatregelen op de waterkwaliteit te kwantificeren.

Het projekt is in hoofdlijnen begeleid door een daartoe ingestelde stuurgroep "Waterkwaliteitsmodellering Rijn en Maas".

Voor de meer konkrete uitvoering van het onderzoek en de ontwikkeling van het model heeft regelmatig overleg plaatsgevonden binnen de daartoe ingestelde projectgroep "Waterkwaliteitsmodel Maas".

De samenstelling van zowel de stuurgroep als de projectgroep is opgenomen in bijlage I.

De rapportage van het project Waterkwaliteitsmodel Maas, met betrekking tot de modellering van zuurstof en nutriënten, omvat de navolgende rapporten:

* R1056-IV/R1463-I/S321-IV.

"MODQUAL, een ééndimensionaal steady state waterkwaliteitsmodel voor rivierstelsels", juli 1981.

* R1463-III/S321-VII

"Toepassing van het waterkwaliteitsmodel MODQUAL op de Maas, kalibraties en verifikaties", januari 1982.

* R1463-IV.

"Toepassing van het waterkwaliteitsmodel MODQUAL op de Maas. Simulering en scenario's", mei 1982.

Het onderhavige rapport R1463-II:

"Data-rapport, gegevensverzameling en -analyse ten behoeve van de modellering van het Nederlandse deel van de Maas" wordt in paragraaf 1.2 nader ingeleid.

1.2 Data-rapport, gegevensverzameling en -analyse ten behoeve van de modellering van het Nederlandse deel van de Maas

In het kader van het project Waterkwaliteitsmodel Maas is het ééndimensionale steady-state riviermodel MODQUAL [10] toegepast op het Nederlandse deel van de rivier de Maas.

Hiertoe is een aantal bestanden met invoergegevens gegenereerd. Deze modelinvoer bestaat uit een deel opties, geometrie van het netwerk, hydraulische gegevens, bovenstroomse randvoorwaarden, punt- en diffuse lozingen en procesparameters.

In het rapport "Kalibraties en Verifikaties" [13] is eveneens vermeld welke invoer aan het model ten grondslag lag, zij het summier, teneinde een beoordeling van de kalibratie- en verifikatiegegevens mogelijk te maken. Waar in

dit rapport nader op deze gegevens ingegaan wordt, zullen enkele van de reeds in [13] vermelde gegevens vermeld worden om de consistentie en de leesbaarheid te bevorderen.

Voor de gekozen modelopties en de gekozen geometrie zij verwezen naar hoofdstuk 3 in [13].

In dit rapport wordt in het hoofdstuk "Hydrologie" beschreven welke hydraulische karakteristieken zijn gebruikt voor de verschillende riviertakken.

In dit hoofdstuk wordt ook beschreven hoe de debieten van de bovenstroomse randvoorwaarde te Eysden, de debieten van de zijrivieren en de diffuse toestroming in het model zijn verwerkt.

In het hoofdstuk "Gemeten gehalten in het stroomgebied" wordt nader ingegaan op de waterkwaliteitsgegevens. Deze zijn gebruikt voor de bovenstroomse randvoorwaarde alsmede voor de toestroming uit zijrivieren en de diffuse toestroming. Verder zijn de gegevens, gemeten stroomafwaarts in de Maas, gebruikt voor kalibratie en verifikatie doeleinden.

Tot slot worden de direkte lozingen in de Maas behandeld in het hoofdstuk "Lozingen".

Voor het onderdeel van het projekt, wat in dit rapport wordt gerapporteerd, zijn belangrijke bijdragen geleverd door de Direktie Limburg, het Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater en de Direktie Waterhuishouding en Waterbeweging, allen van Rijkswaterstaat.

De gegevens zijn verwerkt en dit rapport is samengesteld door ing. B. de Groot en ir. L. Postma.

2 Hydrologie

Voor het projekt "Waterkwaliteitsmodel Maas" is de hydrologie van het gemodelleerde traject als gegeven beschouwd. De studie richtte zich uitsluitend op de modellering van de waterkwaliteit. De functie van de hydrologie voor het waterkwaliteitsmodel is drieledig.

Allereerst dient het water als drager van de daarin meegevoerde stoffen. De vracht in g/s is het gehalte in mg/l maal het debiet in m³/s. Ter plaatse van een lozing zal een hoger debiet dus in een lagere toename van de gehalten van de verontreinigingen resulteren (verdunding).

Ten tweede gaat een hoger debiet vrijwel steeds gepaard met een hogere gemiddelde stroomsnelheid. Bij hogere stroomsnelheid neemt de verblijftijd van het water in het gemodelleerde rivierdeel af en daarmee neemt de tijd af, dat processen hun invloed op de waterkwaliteit kunnen uitoefenen. Het eerste aspekt, de verdunding, en het tweede aspekt, de afname van de verblijftijd, veroorzaken een relatief vlakker concentratieverloop in de rivier, naarmate het debiet toeneemt.

Het derde aspekt betreft de invloed van de waterdiepte op de processen. Met name in niet-, of niet volledig, gestuwde gedeelten van de rivier neemt de waterdiepte toe als ook het debiet toeneemt. Een aantal processen wordt hierdoor beïnvloed.

Reaeratie aan het wateroppervlak zorgt voor een uitwisseling van zuurstof welke afhankelijk is van het concentratieverschil aan het oppervlak. De invloed van deze uitwisseling op de concentratie in het onderliggende water is echter afhankelijk van de diepte waarover dit aandeel gemengd moet worden.

Op dezelfde wijze is de invloed van de bodem op gehalten in het water doorgaans geringer als de waterdiepte toeneemt. Ook sedimentatieprocessen zouden uitgedrukt kunnen worden in een valsnelheid. Hun proportioneel effect is dan eveneens van de waterdiepte afhankelijk.

In dit hoofdstuk zullen achtereenvolgens de gebruikte debietgegevens en de resulterende stroomsnelheden en waterdiepten worden behandeld, voor zoverre ze relevant zijn voor het waterkwaliteitsmodel van het Nederlandse deel van de Maas. Er is dus niet gestreefd naar volledigheid van de beschrijving van de hydrologie.

2.1 Debiet

Het stroomgebied van de Maas tot Keizersveer heeft een oppervlak van ca.

33.000 km². Hiervan ligt ca. 31% in Frankrijk, 45% in België, 12% in Nederland (fig. 1).

Geologisch zijn in het stroomgebied drie delen te onderscheiden. Het eerste deel ligt in Frankrijk en loopt van de oorsprong tot Charleville-Mezières. Het betreft een heuvelachtig terrein met een doorlatende kalkachtige bodem. Bij hoge afvoeren infiltreert veel water naar de grondwatervoorraad, vanwaar 's zomers een nalevering plaats heeft. Zo zorgt dit gedeelte van het stroomgebied ook in droge zomers nog voor een basisafvoer.

Het tweede deel ligt in België en Zuid-Limburg. Dit deel heeft een harde rostachtige ondergrond vanwaar neerslag en smeltende sneeuw snel tot afstroming komt. Dit, gevoegd bij een smalle bedding, veroorzaakt plotselinge hoge afvoerpeilen. Door de geringe buffercapaciteit zal een nalevering uit dit gebied in droge perioden zeer beperkt zijn.

Het derde deel van het stroomgebied bestaat uit het overige Nederlandse deel en het Duitse deel. Dit deel wordt gekenmerkt door grondwatertoestroming. Het debiet vanuit Duitsland via de Roer en de Niers is relatief konstant vanwege de aanwezigheid van stuwmeertjes.

Voor een uitgebreider overzicht wordt verwezen naar [5], [6] en [16].

Het gemodelleerde deel van het stroomgebied (fig. 2) bestaat voornamelijk uit de derde geologische typering. Dit houdt in dat het debiet te Eysden, als bovenstroomse randvoorwaarde, onderhevig is aan de genoemde effecten van de eerste twee geologische typering. De debieten van de zijrivieren in het modelgebied vertonen een meer konstante toestroming en met name in het Limburgse deel vindt nogal wat grondwatertoestroming plaats. Op deze aspecten zal achtereenvolgens worden ingegaan.

2.1.1 Debieten te Eysden, Borgharen en Lith

In de hoofdstroom van het Nederlandse deel van de Maas bestaat op drie plaatsen een routinematige bepaling van het debiet te weten te Eysden bij grensoverschrijding, bij Borgharen over de stuw en bij Lith over de stuw. Voor modelleringsdoeleinden werd gebruik gemaakt van de dagcijfers ter plaatse.

De figuren 3, 4, 5 en 6 geven een indruk van de debietfluktuaties over de stuw te Borgharen, ten gevolge van regen en smeltende sneeuw stroomopwaarts. Bij middeling over vele jaren worden de grillige verlopen van de individuele grafieken omgezet in een grote standaardafwijking rond een glad gemiddelde.

In figuur 7 wordt een dergelijk langjarig gemiddeld verloop met een 67% betrouwbaarheidsinterval weergegeven.

Figuur 8 geeft de situatie weer in het stuwpand Borgharen. Het blijkt uit deze figuur dat het debiet te Borgharen gelijk moet zijn aan dat te Eysden plus de toestroming door de sluis Ternaaien, minus de uitstroming naar de Zuid-Willemsvaart en het Juliana Kanaal. Aangezien ook voor beide laatsten gedetailleerde debietgegevens bekend waren kan de toestroming door de sluis van Ternaaien geschat worden. Hierbij werd overigens ook rekening gehouden met de niet in figuur 8 vermelde toestroming van Voer en Jeker.

2.1.2 Debieten van de zijrivieren

In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de in het model onderscheiden zijrivieren, hun kilometrage vanaf de Nederlands-Belgische grens, hun gemiddeld jaardebiet en de frekwentie waarmee de gegevens in het model zijn gebruikt. Van beken waarvan gedetailleerde gegevens beschikbaar waren maar het aantal waterkwaliteitsgegevens gering was, zijn alleen de debieten gebruikt op of rond de meetdata voor de waterkwaliteitsgegevens.

Voor de Roer en de Niers daarentegen is het gemiddeld debiet bepaald op basis van dagcijfers, waar tweewekelijkse waterkwaliteitsgegevens beschikbaar waren. Voor de Dieze is dat alleen voor 1978 gebeurd.

Overigens stonden nog gegevens ter beschikking van 28 kleine Nederlandse en 7 kleine Belgische beken met een totaal debiet van 5 à 6 m³/s. Deze zijn niet afzonderlijk in het model opgenomen, maar gerekend tot de diffuse toestroming.

2.1.3 Diffuse toestroming

De eerder genoemde 28 kleine beken zijn tot de diffuse toestroming gerekend. Daarenboven vindt ook diffuse toestroming plaats door grondwatertoestroming in het rivierbed.

In vroeger tijden is door de Maas veel grind neergelegd in het Nederlandse deel van het stroomgebied. Dit zorgt voor een gebied met grote doorlatendheid rond de bedding. Door grindwinning zijn op vele plaatsen grindgaten gevormd, vanwaaruit ook diffuse toestroming plaats heeft.

Verwacht mag daarom worden dat de diffuse toestroming het grootste is in de geaccidenteerde gedeelten van Zuid-Limburg, en daar waar zich de grindgaten bevinden tot aan Roermond. Echter ook in de benedenstroom kan grondwater toestromen. De afdeling studiedienst Maas van Rijkswaterstaat Direktie Limburg kwam voor verschillende debieten te Borgharen tot schattingen volgens tabel 2.

toestroming	plaats km	gemiddeld jaardebiet	gebruikte frekwentie
Voer	5	0,2	4 1)
Sluis Ternaayen	9	3	2)
Jeker	12	2	4 3)
Zuid Willemsvaart	14	-14	12 4)
Geul	23	2	4 1)
Ur	38	1	5)
Oude Maas/Geleen	64	3	26 3)
Sluis Panheel	68	-	5)
Roer	79	19	365
Swalm	88	2	4 1)
Neer	89	1	4 3)
Niers	157	7	365
Dieze	221	12	26 3)

- 1) geschat aan de hand van metingen rond de data waarop waterkwaliteit is bemonsterd
- 2) geschat aan de hand van de waterbalans van het stuwpand Borgharen (zie 2.1.1)
- 3) gemiddelde dagafvoer of 8 uur afvoer op de data waarop waterkwaliteit is bemonsterd
- 4) maandgemiddelden op grond van dagcijfers
- 5) geschat

Tabel 1 Zijrivieren, debieten en gegevens frekwentie

Het betreft hier ongetwijfeld globale schattingen onder gemiddelde condities. De aktuele diffuse toestroming is immers mede afhankelijk van het jaargetijde en van de mate waarin zich de afgelopen maanden vocht in de bodem ophoopte. Daarom is bij toepassing van het model MODQUAL op de Maas, de diffuse toestroming als een sluitpost berekend uit het debiet te Lith minus dat te Borgharen vóór de splitsing met het Julianakanaal en minus alle toestromingen die in het model als zijrivier of beek apart onderscheiden zijn. De dan verkregen diffuse toestromingen zijn voor de zomerperioden laag vergeleken met tabel 2 en voor de voorjaarsperioden ongeveer van de in de tabel genoemde orde van grootte. De relatief lage opbrengst voor de zomerperioden kan mede verklaard worden uit het feit dat bij de waterbalans geen rekening gehouden kon worden met mogelijke onttrekkingen omdat die niet exact bekend zijn voor de modelperioden. Overigens bestaat ook de indruk dat de cijfers van tabel 2 bij lage debieten

over de stuw te Borgharen aan de hoge kant zijn.

Debiet te Borgharen m ³ /s	30	50	100	200	300
Stuwpannd					
Linne	6,95	8,28	8,92	9,58	10,02
Roermond	0,88	0,92	1,00	1,20	1,32
Belfeld	1,80	1,90	2,00	2,40	2,60
Sambeek	4,20	4,80	5,80	7,20	8,40
Grave	2,50*	2,60*	2,80*	3,10*	3,30*
Lith	PM	PM	PM	PM	PM
Totaal	16,33	18,50	20,52	23,48	25,64

*Grondwatertoestroming in dit pand op 2,0 m³/s geschat

Tabel 2 Schattingen diffuse toestroming bij verschillende debieten over de stuw bij Borgharen

De met modelkalibratie verkregen diffuse toestroming is wel over de riviertakken verdeeld volgens tabel 2 en staat weergegeven in tabel 3.

Periode	Debiet over de stuw te Borgharen	Diffuus debiet
voorjaar '75	ca. 210 m ³ /s	20,3 m ³ /s
zomer '75	ca. 30 m ³ /s	8,5 m ³ /s
voorjaar '78	ca. 300 m ³ /s	20,3 m ³ /s
zomer '78	ca. 35 m ³ /s	8,5 m ³ /s
voorjaar '79	ca. 310 m ³ /s	49,1 m ³ /s
zomer '79	ca. 35 m ³ /s	8,5 m ³ /s

Tabel 3 In het model gebruikte diffuse toestroming in de Maas

Voor een model periode in 1979 wordt in figuur 9 een overzicht gegeven van de samenstelling van het debiet langs de rivier-as.

2.1.4 Steady-state perioden

Getracht is om bij het sterk fluktuuerende debiet van de Maas perioden te selekteren waarin deze fluktuaties relatief gering zijn. Voor de voorjaarsperiode werd dit steeds het dal tussen twee afvoerpieken.

Voor de zomerperiode resulteerde dit in langere perioden met een kontinu afnemend debiet. Omdat de perioden met afnemend debiet, ook perioden met toenemende gehalten aan verschillende stoffen zijn, ontstaat een vertekend beeld wanneer over de gehele rivier dezelfde steady-state periode wordt gehanteerd. Ten einde een juist beeld te verkrijgen is een pakket water gevolgd met een meebewegend assenstelsel. De lengte van het pakket en daarmee van de steady-state periode varieert omdat de looptijden van delen van het pakket water niet gelijk zijn. Ook hiermee is in het model rekening gehouden. Voor een gedetailleerder beschouwing wordt verwezen naar [13].

Omdat dit effect verwaarloosbaar is voor de perioden met hoger debiet is correctie daar achterwege gelaten.

De resulterende steady-state perioden zijn weergegeven in tabel 4. In de figuren 3 en 6 zijn de perioden ook aangegeven.

	Eysden	Keizersveer
kalibratie 1975	18-2-1975/19-03-1975 10-6-1975/ 1-10-1975	18-2-1975/19-03-1975 30-6-1975/31-10-1975
kalibratie 1978	9-2-1978/20-03-1978 20-7-1978/ 6-10-1978	9-2-1978/20-03-1978 5-8-1978/31-10-1978
verifikatie 1979	10-4-1979/14-05-1979 1-7-1979/30-09-1979	10-4-1979/14-05-1979 20-7-1979/31-10-1979

Tabel 4 Gebruikte simulatieperioden

2.2 Stroomsnelheid en waterdiepte

De stroomsnelheid en de waterdiepte in de riviersegmenten van de Maas worden mede bepaald door het debiet. Voor een situatie van vrij verval kan deze afhankelijkheid worden beschreven met behulp van de weerstandsformule van Chézy (1).

$$Q = C \cdot A_x \cdot R_x^{\frac{1}{2}} \cdot S_e^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

met Q = debiet (m^3/s)

C = Chézy koëfficiënt

A_x = dwarsdoorsnede van de rivier (m^2)

R_x = gemiddelde effectieve hydraulische straal (m)

S_e = helling van het stromend oppervlak.

Met $C = R^{1/6}/n$ ontstaat de vergelijking van Manning, waarin n de ruwheidsfactor van Manning voorstelt. Voor een aantal vormen van dwarsdoorsneden is hieruit het stelsel (2) af te leiden.

$$\begin{aligned} \text{diepte} &= K_1 \cdot Q^{K_2} \\ \text{snelheid} &= K_3 \cdot Q^{K_4} \end{aligned} \quad (2)$$

Hierin is K_2 een koëfficiënt die ca. 0,55 à 0,60 bedraagt en K_4 een koëfficiënt die ca. 0,45 à 0,40 bedraagt. Een gedetailleerde beschouwing wordt gevonden in [2] en [10].

Bij een volledig gestuwde rivier als de Maas bij laag water ontstaat echter $K_2 = 0$ (konstante diepte in de tijd) en $K_4 = 1$ (snelheid recht evenredig met het debiet).

Bij perioden met tussenliggend debiet, zoals de voorjaars-steady-state perioden, treden koëfficiënten op die tussen de genoemde in liggen. Dit laatste maakt het echter moeilijk om voor de simulatieperioden algemene regels op te stellen.

Er is derhalve gebruik gemaakt van de stroomsnelheidstabellen en grafieken van de Direktie Waterhuishouding en Waterbeweging van Rijkswaterstaat. In deze opstellingen werd voor riviertrajekten van gemiddeld 2 kilometer lengte bij debieten te Borgharen van 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 250, 500 en 1000 m^3/s de stroomsnelheid in meter/seconde gegeven. Ter verkrijging van de dwarsdoorsnede is het debiet ter plaatse gedeeld door de stroomsnelheid. Deze dwarsdoorsnede is vervolgens weer gedeeld door de geschatte rivierbreedte om de waterdiepte te verkrijgen. De stroomsnelheden in de Maas, en dan met name in de Grensmaas zijn recentelijk aan nadere beschouwing onderworpen, waaruit bleek dat met name in de Grensmaas bij lagere debieten mogelijk toch iets hogere snelheden aangetroffen kunnen worden dan aanvankelijk verwacht. Hierbij zou dan een iets geringere schatting van de waterdiepte behoren bij een zelfde

rivierbreedte. Vooralsnog is echter met de oude gegevens gerekend.

In tabel 5 wordt een overzicht gegeven van de gebruikte stroomsnelheden. Het debiet te Borgharen was voor de onderscheiden perioden 216, 29, 322, 37, 313 en 37 m³/s. Voor de betekenis van de trajectnummers wordt verwezen naar het schema in figuur 10.

Trajekt nummer	Periode					
	1975 I	1975 II	1978 I	1978 II	1979 I	1979 II
1	0,35	0,07	0,49	0,08	0,49	0,08
2	0,36	0,06	0,51	0,09	0,51	0,09
3	1,01	0,23	1,16	0,29	1,16	0,29
4	1,13	0,27	1,32	0,33	1,32	0,33
5	0,79	0,19	0,98	0,24	0,98	0,24
6	0,60	0,10	0,77	0,13	0,77	0,13
7	0,69	0,12	0,88	0,15	0,88	0,15
8	1,17	0,35	1,44	0,43	1,44	0,43
9	0,88	0,20	1,10	0,25	1,10	0,25
10	0,64	0,14	0,83	0,17	0,83	0,17
11	0,51	0,08	0,70	0,10	0,70	0,10
11.1	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06	0,06
11.2	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04
12	0,33	0,05	0,47	0,07	0,47	0,07
13	0,71	0,17	0,95	0,23	0,95	0,23
14	0,42	0,11	0,57	0,15	0,57	0,15
15	0,52	0,09	0,70	0,11	0,70	0,11
16	0,64	0,06	0,84	0,07	0,84	0,07
16.1	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
17	0,49	0,09	0,64	0,11	0,64	0,11
18	0,51	0,12	0,64	0,15	0,64	0,15
19	0,44	0,10	0,58	0,12	0,58	0,12
20	0,38	0,09	0,52	0,11	0,52	0,11
21	0,52	0,13	0,67	0,15	0,67	0,15
22	0,38	0,10	0,51	0,11	0,51	0,11
23	0,43	0,10	0,55	0,11	0,55	0,11
24	0,33	0,07	0,45	0,08	0,45	0,08
25	0,33	0,07	0,45	0,08	0,45	0,08
26	0,33	0,07	0,45	0,08	0,45	0,08
27	0,33	0,07	0,45	0,08	0,45	0,08
28	0,33	0,07	0,45	0,08	0,45	0,08

Tabel 5 In MODQUAL gebruikte stroomsnelheidsgegevens per trajekt en per periode in m/s

Voor een indruk van de waterdiepten wordt verwezen naar figuur 11 waarin de verhanglijnen voor verschillende debieten zijn uitgezet.

Tijdens de voortgang van het project kwam nota [7] ter beschikking, waarin ingegaan wordt op de maten der stuwpanden. De gegevens uit deze nota hebben niet meer tot een bijstelling geleid. In tabel 6 worden de waterdiepten zoals opgenomen in het model en die volgens [7] naast elkaar gesteld.

trajekt	model	nota
Eysden-Borgharen	5,5	4,9
Grensmaas	3,5	2,8
Stevensweert-Linne	5,0	5,0
Stuwpand Roermond	4,0	5,3
Stuwpand Belfeld	5,5	5,5
Stuwpand Sambeek	6,0	5,4
Stuwpand Grave	5,5	5,8
Stuwpand Lith	5,5	5,4

Tabel 6 Gemiddelde diepte in m volgens [7] en zoals in het model opgenomen.

Wanneer de kolommen vergeleken worden vallen enige verschillen op, maar globaal worden dezelfde cijfers gebruikt. Ook bij beschouwing van de looptijden treden enige verschillen op, zodat gekonkludeerd mag worden dat aanvullende onderzoeken op dit gebied op zijn plaats zijn.

3 Gemeten gehalten in het stroomgebied

De in het stroomgebied gemeten gehalten worden op verschillende wijze in het model gebruikt. Het gehalte te Eysden wordt gebruikt als bovenstroomse randvoorwaarde voor het model. De gehalten welke in de zijrivieren en -beken worden gemeten worden gebruikt om de uit deze zijrivieren en -beken komende vrachten te berekenen. De gehalten gemeten in de hoofdstroom tenslotte, worden gebruikt voor kalibratie- en verifikatiedoeleinden. Achtereenvolgens zullen worden behandeld de metingen in de Maas zelf en die in beken en zijrivieren.

3.1 Gemeten gehalten in de Maas

Voor het Nederlandse deel van de Maas werd gebruik gemaakt van gehalten gemeten door twee instanties te weten het Rijksinstituut voor zuivering van afvalwater (RIZA) van Rijkswaterstaat en de Rijnkommissie Waterleidingbedrijven (RIWA).

Omdat het steekmonsterprogramma van het RIZA de meest evenwichtige spreiding van lokaties over het Nederlandse deel van de Maas vertoonde, en alle metingen in het kader van dit programma op uniforme wijze tot stand kwamen in een bruikbare frekwentie, is dit programma de basis geweest voor de kalibratie en verifikatie van het model.

De resultaten van het RIZA monitor programma en van het RIWA programma hebben aanvullende informatie verschaft.

3.1.1 Het RIZA meetnet in de Maas

Het RIZA steekmonsterprogramma beslaat 19 meetpunten in de Maas en 2 meetpunten in het Julianakanaal. In tabel 7 zijn deze opgenomen met de korresponderende kilometrages in het waterkwaliteitsmodel. Hierbij kunnen kleine verschillen voorkomen welke te wijten zijn aan de aangehouden minimum elementlengte van 1 km. Zie ook [13].

Uit de tabel kan afgeleid worden dat er 12 volwaardige meetpunten in de Maas zijn opgenomen en 2 in het Julianakanaal. Op de overige 7 meetpunten, allen lokaties beneden de stuw, zijn slechts de parameters, welke door de stuw beïnvloed kunnen zijn, bemonsterd.

De parameters welke in de tabel genoemd worden hebben betrekking op die welke voor modelkalibratie en verifikatie zijn gebruikt.

Doorgaans is een groter aantal parameters gemeten. Een uitzondering hierop

vormen de debietmetingen, fluoridebepalingen en chlorofylwaarden, die slechts op enkele plaatsen zijn bemonsterd en in de tabel apart zijn vermeld.

De genoemde metingen zijn opgenomen in het WAKWAL computerbestand en zijn als zodanig toegankelijk voor automatische verwerking.

De gegevens zijn eveneens gepubliceerd in de kwartaalrapporten van de waterkwaliteit in Rijkswateren [8].

Ten behoeve van automatische verwerking in het kader van het project "Waterkwaliteitsmodel Maas", is een kopie van die gegevens uit het WAKWAL bestand, welke betrekking hebben op de Maas, tot een speciaal bestandsorganisatie systeem omgewerkt, waarmee de invoergegevens van het model gegenereerd worden.

Uit de gemeten grootheden zijn de volgende waterkwaliteitsgrootheden afgeleid:

- Organisch- en particulier stikstof.

Deze grootheid is afgeleid uit het verschil van Kjeldahl stikstof en ammonium.

- Totaal stikstof.

Deze som is verkregen door Kjeldahl stikstof, nitriet en nitraat op te tellen.

- Particulair fosfor.

Deze grootheid ontstond door ortho-fosfaat van totaal fosfor af te trekken.

- BZV_∞.

Deze is verkregen door aan te nemen dat de afbraaksnelheid in het laboratorium bij 20°C voor BZV, 0,23 bedraagt. Zo ontstaat $BZV_{\infty} = 1,47 BZV_5$.

In tabel 7 valt met name het geringe aantal plaatsen op waar chlorofyl is bemonsterd. Ter uitbreiding van de meetreeks chlorofyl is dan ook gebruik gemaakt van de RIWA resultaten.

3.1.2 Het RIWA meetnet in de Maas

Het RIWA meetnet strekt zich uit van Frankrijk tot de samenvloeiing met de Waal. Het meetnet is echter nogal aan veranderingen onderhevig geweest tot het zich in 1976 tot 7 punten, waarvan 3 in Nederland, stabiliseerde.

In tabel 8 wordt een overzicht gegeven van het bemonsteringsschema van de RIWA voor wat betreft de variabele chlorofyl met in tabel 9 een overzicht van de betrokken instanties.

Zo kon de meetreeks chlorofyl voor modeldoeleinden in 1975 uitgebreid worden met bepalingen te Berg (Grensmaas), Heusden (bij de Andelse Maas) en Kerksloot

(voorbij Keizersveer). Voor 1978 en 1979 was alleen uitbreiding met Heusden en Keizersveer mogelijk.

Omdat geen der uitbreidingen samenvalt met een RIZA meetpunt is weinig met zekerheid te zeggen over de vergelijkbaarheid. De indruk uit andere metingen is dat de RIZA waarden doorgaans wat hoger zijn dan de RIWA waarden omdat bij de bepaling van het gehalte een iets andere methode wordt gebruikt.

De RIWA metingen van het calciumgehalte in 1974 en 1975 te Berg en Belfeld waren vervolgens van belang omdat hieruit mede het vermoeden ontstond dat in het stuwpand Roermond calcium precipiteert. Dit effect is van belang in verband met een mogelijke coprecipitatie van ortho-fosfaat.

In tabel 10 wordt een indruk gegeven van de calciumgehalten in de zomermaanden juni, juli, augustus, september en oktober. Hierbij is uitgegaan van de 5 maandgemiddelden voor de betreffende maanden zoals genoemd in [9].

Meetpunt	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Remilly			-	-	-	-	-
Agimont	-	-	-	-	-	-	-
Nameche				x	x	x	x
Luik-Herstal	x	-	x	x	x	x	x
Eysden				-	-	-	-
Maastricht	-	-	-				
Smeermaas	-	-	-				
Berg		x	x				
Belfeld		-	-				
Grave	x	x	-				
Heusden	*	*	x	x	x	x	x
Keizersveer	x			x	x	x	x
Drimmelen	-						
Kerksloot	x	x	x				

Tabel 8 Bemonsteringsschema RIWA 1973-1979, voor de variabele Chlorofyl

Verklaring der tekens

- dat jaar geen monsterpunt
- chlorofyl niet bemonsterd
- x chlorofyl wel bemonsterd in $\mu\text{g/l}$
- * chlorofyl wel bemonsterd als extinktie-getal

Monsterpunt	Instantie
Nameche (bij Namen)	Antwerpse Waterwerken
Luik-Herstal	Antwerpse Waterwerken
Berg	Brabantse Biesbosch
Grave	DWL-Rotterdam
Heusden	DWL-Den Haag
Keizersveer 1973	DWL-Rotterdam
Keizersveer 1976-1979	Brabantse Biesbosch
Kerksloot	Brabantse Biesbosch

Tabel 9 Bemonsterende instanties RIWA-meetnet

Meetpunt	zomer 1974	zomer 1975
Luik	74,4	86,8
Maastricht	69,0	89,4
Berg	73,8	90,8
Belfeld	67,0	75,2
Grave	65,2	74,6

Tabel 10 Gemiddelde calciumgehalten in de Maas voor de maanden juni t/m oktober in 1974 en 1975 in mg/l

3.1.3 Ontwikkelingen in de waterkwaliteit

Het RIZA heeft mede op basis van bovengenoemde WAKWAL gegevens de ontwikkelingen in de waterkwaliteit in de periode 1953-1980 in een nota geanalyseerd [5]. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de periode 1953-1970 en de periode 1970-1980. Voor de eerste periode wordt een toename van de belasting van de Maas met fosfaten, stikstofverbindingen en afbreekbaar organisch materiaal vastgesteld. In de tweede periode wordt bovenstrooms van Eysden voor een groot

aantal parameters geen verandering gekonstateerd. In een aantal gevallen is er zelfs sprake van verslechtering.

Voor de Maas benedenstrooms van Eysden wordt een duidelijke verbetering gekonstateerd met betrekking tot BZV, Zuurstof, Ammonium en Fenolen.

Ten einde een indruk te geven van het verloop van de waterkwaliteit zijn figuur 12 en 13 aan de eerder genoemde nota ontleend.

Uit het overzicht is verder af te leiden dat het kalibratiejaar 1975 aan de droge kant was ten opzichte van het langjarig gemiddelde. Het kalibratiejaar 1978 en het verifikatiejaar 1979 vormden een redelijke benadering van dit langjarig gemiddelde.

3.2 Gemeten gehalten in zijrivieren

In het waterkwaliteitsmodel Maas wordt alleen de waterkwaliteit in de hoofdstroom berekend. De toestroming van beken en zijrivieren in het model worden beschouwd als puntlozingen ter plaatse. Deze puntlozingen hebben een debietkomponent en een gehaltekomponent.

In paragraaf 2.1.2 is al ingegaan op de bepaling van de debietkomponent van de belangrijke beken en zijrivieren. Ook is daar vermeld dat tientallen kleine beken tot de diffuse toestroming gerekend worden.

De toestromingen van beken en zijrivieren onderscheiden zich van de lozingen van dorpen, steden en fabrieken in die zin, dat het debiet van beken en zijrivieren expliciet in het model is opgenomen en dat van de overige lozingen niet. Dit komt omdat de debietkomponent van puntlozingen doorgaans te verwaarlozen is. Een puntlozing moet ca. 1 miljoen i.e. bedragen wil het bijbehorend debiet overeenstemmen met dat van de kleinste beken die nog afzonderlijk in het model zijn opgenomen.

Wordt van puntlozingen dus de lozingsvracht in het model opgenomen (zie hfdst. 4), van beken en zijrivieren wordt het gehalte in het model opgenomen tezamen met het debiet.

Een probleem wat hierbij kan ontstaan is het feit dat de gemiddelde vracht niet gelijk hoeft te zijn aan het gemiddeld debiet maal het gemiddelde gehalte. Dit is als volgt in te zien. Het aktuele debiet en het aktuele gehalte zijn te zien als het gemiddelde plus een afwijking van dit gemiddelde (3), (4).

$$Q = \bar{Q} + dQ \quad (3)$$

$$C = \bar{C} + dC \quad (4)$$

Voor de gemiddelde vracht geldt nu (5),

$$\overline{QC} = \bar{Q} \cdot \bar{C} + \overline{dQ \cdot C} + \overline{dC \cdot Q} + \overline{dC \cdot dQ} \quad (5)$$

Omdat (6) opgaat, reduceert (5) zich tot (7).

$$\overline{dQ} = \overline{dC} = 0 \quad (6)$$

$$\overline{QC} = \bar{Q} \cdot \bar{C} + \overline{dC \cdot dQ} \quad (7)$$

Vaak is de onnauwkeurigheid $\overline{dC \cdot dQ}$ negatief, zodat de vracht die in MODQUAL ingevoerd wordt meestal groter is dan het gemiddelde van de afzonderlijke vrachten. Omdat bij de keuze van de steady-state periode gestreefd is naar minimale dQ en dC ten opzichte van $\bar{Q}$ en $\bar{C}$, is gestreefd naar minimalisering van de onnauwkeurigheid $\overline{dC \cdot dQ}$ in die gevallen waarin dC en dQ gekorreleerd zijn. Voor ongekorreleerde dC en dQ is $\overline{dC \cdot dQ}$ per definitie gelijk 0.

Omdat ook (8) geldt is het onjuist om gehalten te modelleren door de gemiddelde vrachten aan het model toe te voeren,

$$\bar{C} = \frac{\bar{Q} \cdot \bar{C}}{\bar{Q}} > \frac{\overline{QC}}{\bar{Q}} \quad (8)$$

wanneer $\overline{dC \cdot dQ} < 0$. Even zozeer is het onjuist vrachten te modelleren door het produkt van gemiddeld debiet en gemiddeld gehalte toe te voeren.

In [12] wordt in bijlage II uitvoeriger ingegaan op deze verschijnselen.

3.2.1 Gebruikte gegevens

Voor de gehalten in de zijrivieren is gebruik gemaakt van gegevens van drie instanties.

In tabel 11 wordt een overzicht gegeven van meetfrekwentie, bemonsterende instantie en gebruikte parameters. In deze tabel is, evenals in tabel 1 voor het debiet, af te lezen dat de belangrijkste zijrivieren het vaakst bemonsterd zijn. In tabel 11 ontbreken de Zuid-Willemsvaart en het sluizencomplex bij

Panheel omdat in het model hier slechts onttrekkingen zijn voorzien.

De gehalten gemeten in de overige 28 beken hebben mede model gestaan voor het aangenomen gehalte in diffuse toestroming. Dit was ook het geval met de cijfers welke in de studie [1] genoemd worden betreffende de 7 Belgische beken welke op de Nederlandse Maas uitmonden. De andere komponent, waarmee rekening gehouden is, betreft de toestroming van grondwater. Gehalten hierin zijn besproken in [11].

Toestroming	plaatsa) km	frekwentie bemonstering	instantieb)	gebruikte parameters
Voer	5	4	WZL	1)
Sluis Ternaayen	9	52	RIWA ^{c)}	2)
Jeker	12	4	WZL	1)
Geul	23	4	WZL	1)
Ur	38	26	RIZA	3)
Oude Maas/Geleen	64	26	RIZA	3)
Roer	79	26	RIZA	3)
Swalm	88	4	WZL	1)
Neer	89	4	WZL	1)
Niers	157	26	RIZA	3)
Dieze	221	26	RIZA	3)
28 overige beken	-	4	WZL	1)

a) kilometrage in het model
b) WZL = Waterschap Zuiveringschap Limburg [14] RIWA = Rijnkommissie Waterleidingbedrijven RIZA = Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater
c) Meetpunt "Luik" in het Albertkanaal door de Antwerpse Waterwerken
1) O ₂ , BZV ₅ , Kjeldahl-N, NH ₄ ⁺ -N, NO ₂ ⁻ -N, NO ₃ -N, Ortho-P, Cl
2) O ₂ , NH ₄ ⁺ -N, NO ₂ ⁻ -N, NO ₃ -N, Ortho-P, Totaal-P, Cl, F
3) O ₂ , BZV ₅ , Kjeldahl-N, NH ₄ ⁺ -N, NO ₂ -N, NO ₃ N, Ortho-P, Tot-P, Cl

Tabel 11 Waterkwaliteitsmetingen in beken en zijrivieren

In tabel 12 worden de gehalten weergegeven welke zo voor diffuse toestroming ontstaan respectievelijk in de steady-state perioden in het voorjaar en in de zomer. Voor de niet genoemde variabelen is een gehalte 0,0 mg/l aangenomen. Omdat zo'n groot deel van de toestromingen al afzonderlijk in het model opgenomen zijn is het aandeel van de diffuse bronnen relatief gering. In de zomer kan dit tot 10% van het totale debiet oplopen maar in het voorjaar is dit aandeel geringer. Het eindresultaat van de modellering is derhalve relatief ongevoelig voor de gehalten in diffuse toestroming. Een uitzondering vormen het chloridegehalte en het nitraatgehalte. Met name de schatting van 2,0 mg/l voor nitraat in de voorjaarsperiode kan nog enigszins aan de lage kant zijn [11].

Variabele	voorjaarsperiode	zomerperiode
O ₂	5,0	5,0
Org-N	0,05	0,05
NH ₄ ⁺ -N	0,05	0,05
NO ₃ ⁻ -N	2,0	1,0
Ortho-P	0,1	0,1
P-particulair	0,1	0,1
CL ⁻	35,0	35,0

Tabel 12 Gehalten in diffuus toestromend water in mg/l

3.2.2 Het effect van grindgaten

In het Nederlandse deel van het stroomgebied komt de Maas in rustiger omstandigheden. Dit heeft ertoe geleid dat veel materiaal uit het stroomgebied tot bezinking komt. Dit betreft dan allereerst het materiaal met een grovere korrel, grind, terwijl verder stroomafwaarts ook fijner slib zich afzet tot rivierklei.

Tussen Maaseik en Roermond kent de Maas een groot aantal grindafzettingen, die voor winning van grind van belang zijn. Daar waar dit al tot winning aanleiding gaf, ontstonden grindgaten.

In normale omstandigheden zal de uitwisseling tussen grindgaten en de Maas gering zijn en voornamelijk bestaan uit de diffuse toestroming tot de Maas ter plaatse van het grindgat. Bij een opkomende golf van hoog water zal zich echter water in het grindgat dringen, terwijl extra uitstroming ontstaat bij een vallende hydrograaf. Omdat dergelijke instationaire verschijnselen niet gemodelleerd worden, is toch geen extra uitwisseling met de grindgaten voorzien.

Een uitzondering hierop vormt het grindgat aan de monding van de Oude Maas. Tijdens modelkalibraties bleek dat de gehalten, zoals routinematig bemonsterd in de Oude Maas, een te grote verontreiniging in de Maas teweeg zouden brengen dan uit de metingen te Stevensweert en Linne af te leiden was.

Dit was voor het RIZA en de Direktie Limburg aanleiding om naast de monding van de Oude Maas, ook de uitstroming van het grindgat in het bemonsteringsprogramma van 1980 op te nemen.

Hieruit bleek dat zich in het grindgat nogal wat processen afspelen. In de figuren 14 en 15 is voor zuurstof en ortho-fosfaat de uitlaat tegen de inlaat uitgezet. Het betreft hier 27 waarnemingen gedurende het gehele jaar 1980. Omdat de processen in het grindgat sterk temperatuursafhankelijk zijn en slechts 27 waarnemingen over één jaar verwerkt zijn is de spreiding groot.

In tabel 13 is weergegeven welke konversiefactoren uit de gegevens gedestilleerd zijn. Deze konversiefactoren zijn noodzakelijk om ook voor 1975, 1978 en 1979 de gehalten welke uit het grindgat stroomden te kunnen schatten met behulp van de metingen in de Oude Maas van die jaren.

Uit de grote afname van het nitraatgehalte en de lage zuurstofgehalten is af te leiden dat ook nogal wat denitrifikatie plaats zal hebben.

variabele	schatting uitgangshealte mg/l
O ₂	2,0
BZV ₅	0,25 * inlaat
Org-N	1,9
NH ₄ ⁺ -N	0,85 * inlaat
NO ₂ -N	0,5
NO ₃ -N	0,55 * inlaat
Ortho-P	0,6 * inlaat
P-particulair	0,45
Chloride	0,90 * inlaat

Tabel 13 Schatting uitgangshealte van het water van het grindgat Oude Maas

4 Lozingen

Dit hoofdstuk beschrijft de verwerking van lozingsgegevens, welke voor de modellering van de rivier de Maas van belang zijn. Het betreft de gegevens, die door de Direktie Limburg van Rijkswaterstaat en het RIZA zijn aangeleverd en die te onderscheiden zijn in:

1. Lozingen direkt op de Maas.
2. Lozingen via een gemeentelijk riool op de Maas.
3. Lozingen van gezuiverd afvalwater op de Maas.

De lozingen zijn van industriële en/of huishoudelijke aard.

De vervuiling wordt uitgedrukt in inwonerekwivalenten, hetgeen voor de modellering van de Maas een onbruikbaar gegeven is. Voor toepassing in het model is een computerprogramma ontwikkeld, dat de voor verschillende lozingstypen konverteert naar lozingsvrachten uitgedrukt in gram stof per dag. Figuur 16 geeft een indruk hoe het computerprogramma de lozingen verwerkt.

Men moet zich realiseren dat hier slechts een deel van de lozingen in het stroomgebied van de Maas beschreven wordt te weten de direkte lozingen. De lozingen in de oude mijnstreek vinden bijvoorbeeld merendeels op de Geleen beek of Oude Maas plaats en zijn in de toestroming van deze zijrivier in het model opgenomen. Evenzo is de lozing van de gemeente Roermond op de Roer en op de Maasnielderbeek niet als direkte lozing op de Maas aangemerkt, maar begrepen in de gehalten gemeten in de Roer.

Achtereenvolgens zullen de inventarisatie van de lozingen in inwonerekwivalenten, de omzetting hiervan in lozingsvrachten en het effect van zuiveringsinstallaties hierop behandeld worden. Hierna zal apart ingegaan worden op de lozing van de Staatsmijnen in de Grensmaas.

4.1 Lozingsgegevens in inwonerekwivalenten

In deze paragraaf komen de gegevens aan de orde zoals die voor simulaties in de jaren 1975, 1978 en 1979 zijn gebruikt. Het was niet mogelijk om voor deze lozingen onderscheid te maken tussen voorjaar- en zomerperioden. Er is dus aangenomen dat het opgegeven gemiddelde het gehele jaar is opgetreden. Alleen bij de afzonderlijk behandelde DSM-lozing (zie 4.4) is wel met de momentane lozingsgegevens gewerkt.

4.1.1 Gegevens 1975

Bijlage II geeft de lozingen voor 1975 welke, zonder via zijrivieren te lopen, in de Maas plaats hadden, in inwonerekwivalenten. Deze bijlage is overeenkomstig met de opgave van de Direktie Limburg en het RIZA.

Onderscheid wordt gemaakt in

- direkte lozingen en lozingen via een gemeentelijk rioleringsstelsel
- industriële en huishoudelijke lozingen
- kleine en grote industrieën.

Alleen het onderscheid tussen industriële en huishoudelijke lozingen wordt in de verwerkingsprogrammatuur verder gebruikt.

In 1975 was slechts één zuiveringsinstallatie in gebruik welke direkt op de Maas loosde, te weten Limmel op km 13.

Grote lozingen vinden plaats rond Maastricht, Venlo, Boxmeer en Cuyk (ca. 350.000 van de totaal ca. 430.000 i.e.).

Er is ook een aantal zeer onbetekenende lozingen in het model opgenomen. Dit heeft echter weinig extra moeite gekost omdat deze gegevens automatisch verwerkt zijn.

Het voordeel van een compleet lozingsbestand is dat geen puntlozingen op vrachtbasis verwerkt hoeven worden in de diffuse belasting welke geheel op concentratiebasis kan geschieden.

Bij de gegevens in bijlage II moet de kanttekening gemaakt worden dat het hier om anderssoortige inwonerekwivalenten handelt dan die van 1978 en 1979. Hierop wordt in 4.1.4 nader teruggekomen.

4.1.2 Gegevens 1978

Bijlage III bevat de lozingsgegevens voor 1978, conform de opgave van de Direktie Limburg en het RIZA.

In deze bijlage is het onderscheid tussen grote en kleine bedrijven vervallen en is een kolom "zuivering" ingevoegd. In deze kolom wordt de aard van de gebruikte zuivering weergegeven.

De betekenis van de cijfers in deze kolom is als volgt:

- 1 - oxidatiebed
- 2 - oxidatiesloot
- 3 - mechanische zuivering
- 4 - aktief slib
- 5 - carrousel.

Vergeleken met 1975 zijn meer zuiveringsinstallaties opgenomen

- Maastricht Heugem. Deze zuivert de lozing van Eysden. De belasting op deze installatie is ontleend aan de gegevens van 1975.
- KNP-papierfabriek. Van deze installatie is de restwaarde in het bestand opgenomen.
- Natronchemie in Herten. Ook hier is de restvervuiling opgenomen.
- Océ Andeno te Venlo. Ook hier is de restvervuiling opgenomen.
- Waterzuiveringsinstallatie Venlo. Hierop blijken tijdens de modelperiode zowel Belfeld, Tegelen, Grubbenvorst, Arcen, Velden en Venlo grotendeels aangesloten te zijn [15].

Overigens is de tendens waarneembaar dat meer huishoudens op het gemeenteriool aangesloten worden.

4.1.3 Gegevens 1979

Ten tijde van de verifikatie-runs met gegevens uit 1979 was nog geen lozingsbestand voor dat jaar beschikbaar.

Behoudens de lozing van de DSM is voor alle overige directe lozingen op de Maas aangenomen dat de gegevens van 1979 identiek aan die van 1978 zullen zijn. Voor zoverre in de tussentijd geen grote zuiveringsinstallaties operationeel geworden zijn wordt hiermee geen grote fout gemaakt.

4.1.4 Berekening van het inwonerekwivalent

De eenheid i.e. = inwonerekwivalent is een weinig eenduidige eenheid. Voor zoverre het huishoudelijk afvalwater betreft is beoogd om met het i.e. aan te geven de gemiddelde hoeveelheid afvalwater en verontreinigende stoffen daarin, geproduceerd per hoofd van de bevolking.

Verder wordt het i.e. gebruikt om ook de afvalwaterproduktie van industriële lozers te kunnen kwantificeren. Daartoe wordt gewerkt met een tabel van afvalwaterkoëfficiënten of komt een i.e. getal door meting tot stand.

Bij meting wordt gebruik gemaakt van twee formules, te weten (9) en (10).

$$1 \text{ i.e.} = \frac{Q}{180} (\text{CZV} + 4,57 * \text{Kjeldahl-N}) \quad (9)$$

$$1 \text{ i.e.} = \frac{Q}{180} (2,5 * \text{BZV} + 4,57 * \text{Kjeldahl-N}) \quad (10)$$

met Q in m^3/dag

CZV in g/m^3

BZV in g/m^3

Kj.N in g/m^3 .

In deze grondslag is ervan uitgegaan dat per inwoner per etmaal 135 gram CZV en 10 gram Kjehldahl-stikstof wordt geloosd. De hoeveelheid zuurstof, die gebonden wordt door het afvalwater bedraagt dan $135 \text{ gram (CZV)} + 4,57 * 10 \text{ gram (Kj-N)} = 180 \text{ gram (O}_2\text{)}$.

Nu blijkt in een aantal jaren formule (9) gehanteerd te zijn, terwijl in andere jaren men vrij was het minimum van (9) en (10) te nemen. Zo zijn er ook jaren geweest waarin de heffing plaats vond op basis van 250 bedrijfsdagen per jaar en jaren waarin de basisheffing op grond van de 365 kalenderdagen plaatsvond. Dan is het ook nog mogelijk om in plaats van het feitelijk aangesloten aantal inwoners op een lozing, de heffingsgrondslag te nemen, welke een aantal jaren 3,5 i.e. per woning bedroeg en daarna op 3,0 i.e. per woning is gesteld, terwijl ook de mogelijkheid geschapen is om één persoonshuishoudens voor 1 i.e. aan te slaan.

Het zal duidelijk zijn dat het i.e. geen eenduidige grondslag vormt voor de lozingskwantificering ten behoeve van de modelontwikkeling. In de verschuivende berekeningsgrondslag zijn ook de oorzaken te vinden van een aantal van de verschillen in de bijlagen II en III voor respectievelijk 1975 en 1978.

In samenwerking met de Directie Limburg en het RIZA zijn de lozingsgegevens in inwonerekwivalenten, voor de verschillende jaren, gecorrigeerd voor deze effecten, zodat vergelijkbare eenheden ontstonden.

Dan nog doet zich het probleem voor dat uit het i.e. getal niet eenduidig is af te leiden hoeveel gram verontreinigende stof geloosd is, omdat de herkomst van het afvalwater in een verschil in samenstelling kan resulteren. Hierop wordt in de volgende paragraaf nader ingegaan.

4.2 Omzetting van i.e. getallen naar vrachten

In de verwerkingsprogrammatuur wordt onderscheid gemaakt tussen huishoudelijk afvalwater en dat van de verschillende industrieën. Verder wordt rekening gehouden met de veranderde samenstelling van het afvalwater wanneer dit het effluent van zuiveringsinstallaties betreft.

De eerste twee categorieën worden in 4.2.1 en 4.2.2 besproken, de invloed van zuiveringsinstallaties in 4.3.

4.2.1 Konversiefactoren huishoudelijk afvalwater

In het Nederlandse deel van het stroomgebied van de Maas grenzen de zuiveringsschappen Oost-Brabant, Rivierenland en Limburg aan de Maas. Het lijkt aannemelijk dat de samenstelling van het influent van de installaties van deze zuiveringsschappen min of meer overeenkomt met de samenstelling van het direkt in de Maas geloosde afvalwater.

In tabel 14 wordt het resultaat weergegeven van deze uit influenten berekende konversiefactoren. Hierbij is gebruik gemaakt van (11)

$$\text{faktor} = \frac{\text{gehalte (mg/l)} * \text{dagdebiet (m}^3\text{)}}{\text{opgegeven i.e.-getal}} \quad (11)$$

zuiverings- schap	aantal WZI's	CZV	BZV ₅	Kj-N	NH ₄ ⁺ -N	Tot-P	Cl
O-Brabant	15	115	52	10,7	7,6	3,4	
Rivierenland	20	121	48	15,4		4,7	25
Limburg	18	140	59	15,0			31

Tabel 14 Berekende konversiefactoren per i.e.

De zo berekende factoren blijken niet af te wijken van die welke algemeen in de literatuur worden gevonden. In tabel 15 is te zien welke factoren in literatuur, in het waterkwaliteitsmodel Rijn en in het waterkwaliteitsmodel Maas zijn gebruikt.

Bron	CZV	BZV ₅	org-N	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ -N	tot-P	Cl
Koot [3]	120	54	5,4	7	0,2	3,2	30
Rijn-Duitsland	120	60	6	7	0	6,5	nvt
Rijn-Nederland	120	54	6	7	0	3,4	nvt
Maas-Nederland	120	54	6	7	0	3,4	31

Tabel 15 Gebruikte factoren per l.e.

4.2.2 Konversiefactoren industrieel afvalwater

Over industrieel afvalwater is weinig bekend. Dit zal mede veroorzaakt worden door het feit dat de samenstelling hiervan niet alleen afhankelijk zal zijn van de bedrijfstak, maar ook van de bedrijfsvoering en de gebruikte processen. Koot [4] geeft waarden per sektor, met een zeer grote spreiding. In het kader van het projekt "Waterkwaliteitsmodel Rijn" is nog een aantal andere bronnen beschouwd [12] en voor de modellering van de Maas is op basis van deze informatie gekomen tot de factoren van tabel 16.

Soort industrie	CZV	BZV ₅	Org-N	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ -N	Tot-P
Papier	135	54	4	1	1	0,5
Chemie	135	54	4	6	3	1,0
Levensmiddelen	90	54	6	7	-	3,4
Overig	110	54	4	6	3	1,0

Tabel 16 Gebruikte konversiefactoren industrieel afvalwater

4.3 Effekt van zuivering

Nadat de in 4.2 aangegeven konversiefactoren zijn gebruikt, is het noodzakelijk het effect van waterzuiveringsinstallaties, waar zij aanwezig zijn, in de berekening te betrekken. Het resultaat hiervan bepaalt de uiteindelijke lozing in vrachten verontreinigende stof.

Daar waar in de tabel van bijlage III een restwaarde is opgegeven, is via het computerprogramma een i.e. getal vóór zuivering bepaald, dat met de konversiefactoren voor de betreffende industrie en met de zuiveringseffekten van de desbetreffende installatie, een restvervuiling geeft welke in i.e. uitgedrukt, gelijk is aan de opgegeven restvervuiling. Op deze wijze wordt zoveel mogelijk rekening gehouden met optredende verschillen in samenstelling van de restvervuiling.

4.3.1 Gemeten zuiveringsrendementen COD, BOD, Kj-N, NO₂ en P-tot

Als basis voor de bepaling van de zuiveringsrendementen in de WZI's zijn de jaarverslagen van de rioolwaterzuiveringsinstallaties van de zuiveringsschappen Rivierenland en Limburg van het jaar 1977 gebruikt.

Er worden de volgende typen zuiveringsinstallaties onderscheiden:

- zuivering met behulp van een oxidatiebed
- zuivering met behulp van een oxidatiesloot
- mechanische zuivering
- zuivering met behulp van een actief slibinstallatie
- zuivering met behulp van een carrousel.

Uit de gegevens van het afvalwater dat de zuiveringsinstallatie binnenkomt (= influent) en het uittredende afvalwater (= effluent) is een rendement voor elke installatie te bepalen met behulp van de volgende relatie:

$$\text{rendement} = \frac{\text{mg/l stof (influent)} - \text{mg/l stof (effluent)}}{\text{mg/l stof (influent)}} \times 100\%$$

Voor elke installatie is een relatieve belasting te bepalen:

$$\text{relatieve belasting} = \frac{\text{belasting in i.e. (op jaarbasis)}}{\text{ontwerp belasting in i.e. (op jaarbasis)}}$$

De relatieve belasting is van belang daar bij overbelasting van een zuiveringsinstallatie het rendement sterk terugloopt.

Opmerking: relatieve belasting > 1 : overbelasting
relatieve belasting < 1 : onderbelasting.

Voor elk type zuiveringsinstallatie is een verband te leggen tussen de relatieve belasting van een zuiveringsinstallatie en het rendement. Dit verband is weergegeven in de figuren 17 t/m 20 en is bepaald voor BOD, COD, Kj-N en P-tot.

De voor het computerverwerkingsprogramma benodigde rendementen betreffen alleen zuiveringsinstallaties, die voor de jaren 1975 en 1978 onderbelast zijn geweest en dus een gunstig effect hebben gehad op de zuivering van stoffen. Uit de figuren is op te maken dat voor onderbelaste installaties de rendementen vrijwel konstant zijn. Dit levert het resultaat op volgens tabel 17.

	BOD	COD	Kj-N	P-tot
oxidatiebed	90	85	70	30
oxidatiesloot	95	90	90	35
mechanisch	25	30	10	-
aktief slib	94	87	80	30
carrousel	95	88	85	25

Tabel 17 Zuiveringsrendementen van onderbelaste installaties in procenten

4.3.2 Berekening van zuiveringsfactoren

Voor een aantal stoffen, zoals BZV, CZV, fosfaten, is direkt op grond van de waarnemingen tot een rendement te besluiten.

Voor stikstof moet echter rekening gehouden worden met nitrifikatieprocessen. De processen, die zich met betrekking tot de stikstofverbindingen in de zuiveringsinstallatie voltrekken, worden in het computerverwerkingsprogramma als volgt beschreven. Eerst vindt bezinking plaats van organisch stikstof, waarna

het resterende deel wordt geoxideerd tot NH_4^+ . Dit deel, plus het lozingsaan-deel van NH_4^+ oxideert via nitriet naar NO_3 . Door deze stappen in het programma te laten uitvoeren, moet een bezinkterm voor organisch stikstof bekend zijn en de rendementen voor de omzetting van org-N in NH_4^+ , NH_4^+ in NO_2 en NO_2 in NO_3 . Uit de jaarverslagen van de zuiveringsschappen Rivierenland en Limburg zijn uit de samenstelling van influent en effluent de bezinkterm en de zuiveringsrendementen te berekenen.

In tabel 18 wordt een indruk gegeven van de factoren die daarbij ontstaan voor drie installaties met voornamelijk huishoudelijk afvalwater.

	Venlo rel.bel. 0,24 (1977) type carrousel	Maastricht-Limmel rel.bel. 0,54 (1977) type oxidatiebed	Simpelveld rel.bel. 0,76 (1977) type oxidatiebed
bezinking org-N	36	51	41
org-N $\rightarrow$ NH_4^+	66	28	27
$\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2$	66	28	27
$\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3$	98	87	92

Tabel 18 Zuiveringsrendementen en bezinkterm org-N in procenten

Voor toepassing in het computerverwerkingsprogramma van de zuiveringsrendementen is het begrip zuiveringsreduktiefactor (ZRF) ingevoerd. Deze factor is als volgt gedefinieerd:

$$\text{ZRF} = 1 - \frac{\text{rendement (\%)}}{100\%}$$

of wel: de fraktie van de stof, die in het effluent achterblijft (= lozings-aandeel).

In bijlage IV zijn voor de 5 typen installaties de zuiveringsreduktiefactoren en de bezinkterm van org-N weergegeven. Deze gegevens zijn de samenvatting van de in tabel 17 en 18 vermelde rendementen waarvoor bovengenoemde relatie van ZRF gelden. Deze ZRF's zijn toegepast op het verwerkingsprogramma van de kalibratie en verificatieperioden in 1975 en 1978.

4.4 De lozing van de Staats Mijnen

De lozing van de Staats Mijnen (DSM) neemt onder de lozingen een aparte plaats in.

De omvang is groot (± 850.000 i.e vóór zuivering in 1972), de samenstelling wijkt sterk van huishoudelijk afvalwater af en de lozing kon op een andere manier in het model opgenomen worden dan de overige direkte lozingen.

Aanvankelijk vond de lozing plaats op het riviértje de Ur, dat voor zijn debiet goeddeels afhankelijk was van de DSM lozing. Medio 1978 werd de Integrale Afvalwater Zuiveringsinstallatie (IAZI) in gebruik genomen, waarna lozing direkt op de Maas plaatsvond.

Van de lozing stonden steeds gedetailleerde cijfers ter beschikking voor modeldoeleinden. Dit houdt in dat geen konversies zijn toegepast zoals voor andere lozingen, maar met direkt gemeten waarden gewerkt kon worden.

In het kader van het meetnet Rijkswateren wordt ook de Ur als zijrivier bemonsterd (zie fig. 3.2.1) met een geplande frekwentie van 26 * per jaar. Voor de periode van voor medio 1978 zou de DSM lozing dus in de vracht, welke vanuit de Ur toestroomt, begrepen moeten zijn. Het probleem bij de vracht vanuit de Ur is echter, dat het debiet van dit stroompje niet is gemeten.

Er wordt een debiet geschat van $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Bij de hoge gehalten, tijdens de periode van voor medio 1978, maakt een kleine afwijking van het werkelijke debiet, ten opzichte van de schatting, reeds aanmerkelijk uit. Hierin schuilt dus een bron van onnauwkeurigheid. Bij de gebruikte vooronderstellingen ontstaan echter vrachten die redelijk overeenstemmen met de opgaven van DSM.

In tabel 19 is een overzicht gegeven van de diverse gegevens welke een indruk geven van de DSM bijdrage van vóór medio 1978 en nu. De tabel is indikatief bedoeld en toont dat vóór medio 1978 de Pasveersloot voornamelijk BZV zuiverde terwijl met de komst van de IAZI op grote schaal genitrificeerd en gedenitrificeerd is.

De voor de simulatieperioden werkelijk ingevoerde gegevens wijken hier wat vanaf omdat de tabel algemene gemiddelden geeft, terwijl voor de simulatieperioden de toen gemeten grootheden zijn gebruikt.

Hierbij kan opgemerkt worden dat de gegevens van de zomerperiode 1978 aangeven dat de toen pas in bedrijf gestelde IAZI nog niet die rendementen leverde als in de vergelijkbare simulatieperiode van 1979.

Tijdens de kalibratie van het model is aan het licht gekomen dat de afbraaksnelheid van stikstoffrakties in de Maas na de lozing van DSM sterk toenam.

	Influent	Effluent	
		v66r IAZI*	met IAZI
NH ₄ ⁺ -N	90	90	6
Kjeldahl-N	140	130	20
NO ₂ -N	3	3	1
NO ₃ -N	30	40	50
CZV	360	100	57
P-totaal	6	5	3

* Voor zover het afvalwater van de Pasveersloot betreft, gefiltreerd

Tabel 19 Indikatie van de afvalwaterbehandeling door DSM, getallen in g/s

Met de bestaande afbraakcoëfficiënten, welke ook elders in de Maas toegepast worden zou immers na de DSM lozing een grote overschatting plaats hebben.

Verwacht mag daarom worden, dat met het partikulair materiaal, ook bacteriën door DSM geloosd worden, welke zich in de zuiveringsinstallaties hebben gevormd.

Naar de bacteriële activiteit in de Grensmaas is een detailonderzoek verricht door RIZA en RID, waaruit reeds de voorlopige konklusie van een verhoogde bacteriële activiteit na de DSM lozing getrokken kan worden.

Een rapport hierover is in voorbereiding. In het model is deze verhoging gekalibreerd met behulp van de gegevens uit 1978, terwijl met de gegevens uit 1979 een verifikatie plaatsvond. Uit deze verifikatie bleek dat niet alleen het rendement van IAZI tussen 1978 en 1979 verbeterde voor wat betreft de lozing van verschillende stoffen, maar dat ook het bacterie-effekt in 1979 vermoedelijk iets geringer is geweest dan in 1978 [13].

LITERATUUR

- 1 BECKERS, B., STEEGMANS, R., De kwaliteit van de oppervlaktewateren in Limburg
Centrum voor bosbiologisch onderzoek, Bokrijk, 1979
- 2 JANSEN, P.Ph. et al (editors), Principles of river engineering
London, Pitman, 1979
- 3 KOOT, A.C.J., Inzameling en transport van rioolwater
Waltman - Delft, 1977
- 4 KOOT, A.C.J., Behandeling van afvalwater
Waltman - Delft, 1978
- 5 Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, De waterkwaliteit van de Maas in Nederland in de periode 1953-1980
Nota 81-048, juli 1981
- 6 Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, De Maas in de droge zomer van 1976
Distrikt Zuidoost, afdeling Maas, nota 77.5
- 7 Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, Oppervlakten en inhouden van de stuwpanden van de Maas tussen 1964 en 1990
Distrikt Zuidoost, afdeling Maas, nota 1981.G
- 8 Rijkswaterstaat, Kwartaalverslagen kwaliteitsonderzoek in de rijkswateren
- 9 Rijncommissie Waterleidingbedrijven, Jaarverslagen, deel B: de Maas
- 10 Waterloopkundig Laboratorium, MODQUAL; een ééndimensionaal steady state waterkwaliteitsmodel voor rivierstelsels
Rapport R 1056-IV/R 1463-I/S 321-IV, 1981

LITERATUUR (vervolg)

- 11 Waterloopkundig Laboratorium, Diffuse bronnen; aard en omvang van de diffuse belasting met nutriënten in het stroomgebied van de Rijn
Rapport R 1056-V/S 321-V, 1981
- 12 Waterloopkundig Laboratorium, Toepassing van het waterkwaliteitsmodel MODQUAL op de Rijn
Rapport R 1056-VII/S 321-VI, 1981
- 13 Waterloopkundig Laboratorium, Toepassing van het waterkwaliteitsmodel MODQUAL op de Maas, Kalibraties en Verifikaties
Rapport R 1463-III/S 321-VII, 1982
- 14 Waterschap Zuiveringschap Limburg, Resultaten van het onderzoek naar de toestand van de niet bij het Rijk in beheer zijnde oppervlaktewateren in Limburg
- 15 Waterschap Zuiveringschap Limburg, Jaarverslag 1977-1978
- 16 Werkgroep sanering Maas, De verontreiniging van de Maas en aanbevelingen tot sanering
Rapport, 1971

BIJLAGE I Projektorganisatie

Stuurgroep Waterkwaliteitsmodellen Rijn en Maas

taak:

aangeven hoofddoelstelling onderzoek, vaststellen budget, geven van opdrachten voor deelprojecten, verstrekken van informatie over beleid en beheer.

samenstelling:

ir. W.H. Barentsen, (tot 1-6-'81) voorzitter, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater
ir. K.P. Blumenthal, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging
ir. A.E. Brouwn, (vanaf 1-1-'79) Directie Benedenrivieren
ir. J.H. Jansen, (vanaf 1-6-'81) voorzitter, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater
ir. H. de Jong, (tot 1-1-'79) Directie Bovenrivieren
prof. dr. L. Lijklema, Technische Hogeschool Twente
ir. M.E. Pot, (vanaf 16-11-'78) Directie Limburg
ir. J.E. Prins, Waterloopkundig Laboratorium
ir. P. Santema, Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
ir. R. Klomp, sekretaris, Waterloopkundig Laboratorium

Projectgroep Waterkwaliteitsmodel Maas

taak:

formuleren operationele doelstellingen onderzoek, toetsen voortgang, bewaken van budget, coördineren van deelprojecten.

samenstelling:

ing. R.J.H.M. Brüggemann, sekretaris, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater
ing. A.H.J. Dijkzeul, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater
ir. J.M. Goppel, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging
ir. R. Klomp, Waterloopkundig Laboratorium
ing. D.P. Maris, Directie Limburg
ir. A van Mazijk, (tot 1-3-'79), Directie Waterhuishouding en Waterbeweging
ir. J.A. van Pagee, Waterloopkundig Laboratorium
ir. M.E. Pot, voorzitter, Directie Limburg

ir. L. Postma, (vanaf 1-7-'79), Waterloopkundig Laboratorium

ir. B.G.M. van de Wetering, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater

ir. M.C.M. van Oirschot, (vanaf 1-7-1980), Rijksinstituut voor Zuivering
van Afvalwater

BIJLAGE II

Lozingen in inwoner equivalenten, in de Maas zelf, in 1975.

Plaats	km	soort	industriëen		huish. i.e.
			>10i.e.	<10i.e.	
Eysden	6	via gem. riool	510.2	385.0	5451.2
Eysden	6	direkt	780.0		
Maastricht	13	via gem. riool	16024.2	5824.0	42441.0
Maastricht	13	direkt	6450.9		161.5
Zuiver. Limmel	13	oxidatiebed	3000.0		17450.0
Geulle	25	via gem. riool		231.0	2178.7
Elsloo	28	via gem. riool		91.0	1051.7
Stein	30	via gem. riool		7.0	245.0
Stein	30	direkt			10.5
Urmond	38	via gem. riool	590.0	227.5	2861.2
Obbicht	41	via gem. riool	31.5	126.0	2086.8
Obbicht	41	direkt	150.0		2100.0
Grevenbicht	44	via gem. riool	45.1	241.5	2761.5
Grevenbicht	44	direkt			21.0
Roosteren	51	via gem. riool		70.0	1354.5
Stevensweert	62	via gem. riool		56.0	1352.1
Wessem	66	via gem. riool	118.7	210.0	1837.5
Wessem	66	direkt	74.9	38.5	21.0
Maasbracht	67	via gem. riool	577.5	304.5	4698.5
Maasbracht	67	direkt	153.0		31.5
Linne	72	via gem. riool			28.0
Linne	72	direkt			35.0
Herten	79	direkt	2953.0		10.5
Roermond	82	via gem. riool	370.3	66.5	427.0
Roermond	82	direkt	199.3		31.5
Horn	85	via gem. riool	321.2	185.5	2957.7
Haelen	86	via gem. riool	107.3	49.0	838.6
Haelen	86	direkt			56.0
Beesel	92	via gem. riool	28.0	7.0	147.0
Kessel	95	via gem. riool	394.8	10.5	2101.7
Kessel	95	direkt			31.5
Belfeld	100	via gem. riool	479.6	147.0	3576.5
Oeffelt	100	direkt	40.0	3.5	52.5
Tegelen	104	via gem. riool	4440.8	1827.0	14016.4
Tegelen	104	direkt	1732.3	7.0	91.0
Venlo	108	via gem. riool	19319.6	6133.0	57990.2
Venlo	108	direkt	43596.5		
Grubbenvorst	115	via gem. riool	318.8	147.0	4076.7
Grubbenvorst	115	direkt	137.5		38.5
Arcen & Velden	116	via gem. riool	18399.3	559.5	5141.6
Arcen & Velden	116	direkt	642.0	7.0	31.5
Broekhuizen	120	via gem. riool		101.5	1204.5
Broekhuizen	120	direkt	26.4		3.5
Meerlo-west	134	via gem. riool	55.0	24.5	922.2
Meerlo-West	134	direkt	134.6	7.0	10.5
Bergen	140	via gem. riool	1161.7	421.8	5460.2
Bergen	140	direkt	124.5		14.0
Vierlingsbeek	141	via gem. riool		35.0	600.2
Vierlingsbeek	141	direkt			10.5
Boxmeer	149	via gem. riool			30000.0
Boxmeer	149	direkt	145.0	3.5	14.0
Gennep	155	via gem. riool		87.5	990.5
Gennep	155	direkt			21.0
Cuyk	161	via gem. riool	44880.9	542.5	13038.0
Cuyk	161	direkt	7063.0	3.5	10.5
Mook	165	via gem. riool	411.7	153.1	3713.4
Mook	165	direkt	3087.2		3.5
Grave	176	direkt			14.0
Ravenstein	183	via gem. riool		276.5	2317.0
Megen	190	via gem. riool		166.2	1611.7
Megen	190	direkt			258.6
Oss	192	direkt	27.5		7.0
Lith	201	via gem. riool	189.2	150.5	2497.8
Lith	201	direkt			14.0
Heerew.	206	direkt			21.0
Empel	217	via gem. riool	2000.0		
Hedel	220	direkt			17.5
Ammerzoden	224	direkt		17.5	45.5

BIJLAGE III

Lozingen in inwoner equivalenten, in de Maas zelf, in 1978.

Plaats	km	soort	zuiver.	industrieel	huishoudelijk
Eysden	6	via gem. riool	5	895.2	5451.2
Eysden	6	direkt		330.0	
Maastricht	13	via gem. riool		24101.0	46814.0
Maastricht	13	direkt		500.0	160.0
Maastricht	13	direkt, restw.	4	9285.0	
Zuiver. Limmel	13	direkt	1	2100.0	17150.0
Ulestraten	23	via gem. riool		5.0	395.0
Geulle	25	via gem. riool		288.0	2407.0
Elsloo	28	via gem. riool		80.0	938.0
Stein	30	via gem. riool		10.0	250.0
Urmond	38	via gem. riool		621.0	2170.0
Obbicht	41	via gem. riool		150.0	2100.0
Obbicht	41	direkt		143.0	2060.0
Grevenbicht	44	via gem. riool		255.0	2465.0
Grevenbicht	44	direkt			20.0
Roosteren	51	via gem. riool		74.0	1436.0
Stevensweert	62	via gem. riool		55.0	1315.0
Wessem	66	via gem. riool		340.0	1900.0
Wessem	66	direkt		110.0	20.0
Maasbracht	67	via gem. riool		924.0	4934.0
Maasbracht	67	direkt		150.0	30.0
Linne	72	via gem. riool			25.0
Linne	72	direkt			30.0
Herten	79	direkt			10.0
Herten	79	direkt, restw.	4	640.0	
Roermond	82	via gem. riool		280.0	280.0
Roermond	82	direkt		600.0	
Horn	85	via gem. riool		506.7	2957.7
Haelen	86	via gem. riool		136.0	734.0
Haelen	86	direkt			50.0
Beesel	92	via gem. riool		17.0	73.0
Kessel	95	via gem. riool		139.0	728.0
Kessel	95	direkt			30.0
Belfeld	100	via gem. riool	5	615.0	3515.0
Oeffelt	100	direkt		40.0	45.0
Tegelen	104	via gem. riool	5	6160.0	13770.0
Venlo	108	via gem. riool		2360.0	7570.0
Venlo	108	via gem. riool	5	21700.0	49440.0
Venlo	108	direkt		23340.0	
Venlo	108	direkt, restw.	4	5260.0	
Venlo	108	direkt	5	12600.0	
Grubbenvorst	115	via gem. riool	5	460.0	4010.0
Grubbenvorst	115	direkt		135.0	35.0
Arcen & Velden	116	via gem. riool	5	20270.0	5520.0
Arcen & Velden	116	direkt		1150.0	30.0
Broekhuizen	120	via gem. riool			4343.0
Broekhuizen	120	direkt		25.0	
Meerlo-west	134	via gem. riool		119.0	1376.0
Meerlo-West	134	direkt		140.0	10.0
Bergen	140	via gem. riool		1719.0	5932.0
Bergen	140	direkt		125.0	10.0
Vierlingsbeek	141	via gem. riool			2238.0
Vierlingsbeek	141	direkt			10.0
Boxmeer	149	via gem. riool			30000.0
Boxmeer	149	direkt		150.0	10.0
Gennep	155	via gem. riool		159.0	1841.0
Gennep	155	direkt			20.0
Milsbeek	158	via gem. riool			1700.0
Cuyk	161	via gem. riool		47848.0	13734.0
Cuyk	161	direkt		9172.0	10.0
Mook	165	via gem. riool		987.0	6524.0
Grave	176	direkt			10.0
Ravenstein	183	via gem. riool		287.0	2400.0
Megen	190	via gem. riool		171.0	1670.0
Megen	190	direkt			260.0
Oss	192	direkt		26.0	10.0
Lith	201	via gem. riool		395.0	2898.0
Lith	201	direkt			10.0
Heerew.	206	direkt			20.0
Empel	217	via gem. riool		2000.0	
Hedel	220	direkt			15.0
Ammerzoden	224	direkt		15.0	40.0

BIJLAGE IV

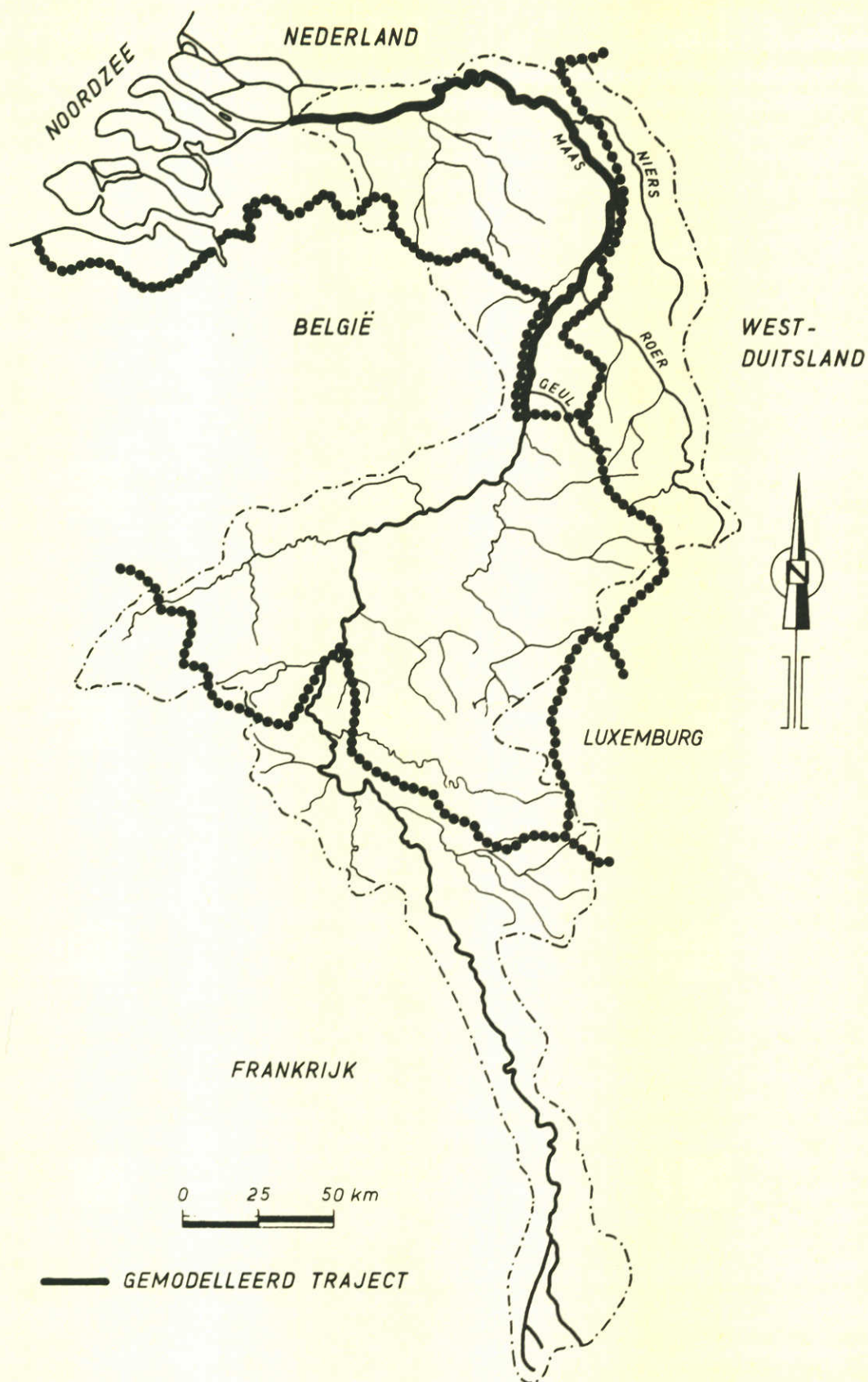
De volgende matrix is gevuld met zuiveringsreduktiefactoren (voor de berekening van de restwaardelozing). De lozingsstof staat uitgezet tegen het type van de zuiveringsinstallatie (kolommen).

Opmerking: deze ZRF zijn alleen geldig bij lage relatieve belasting (onderbelasting). ZRF = 0,1 betekent 90% gereduceerd, inleesformaat = (20x, 5F5,0).

Lees:	1	2	3	4	5
bezinking org-N	0,41				0,36
temperatuur	1	1	1	1	1
zuurstof	1	1	1	1	1
BOD	0,1	0,05	0,75	0,06	0,05
org. stikstof	0,73	0,1	0,9	0,2	0,34
NH ₃	0,73	0,1	0,9	0,2	0,34
NO ₂	0,08	1	1	1	0,02
NO ₃	1	1	1	1	1
O-fosfaat	0,7	0,65	1	0,7	0,75
P-fosfaat	0,7	0,65	1	0,7	0,75
	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1
COD	0,15	0,1	0,7	0,13	0,12
	1	1	1	1	1
Chloride	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1

Type zuiveringsinstallatie:

- 1 = oxidatiebed
- 2 = oxidatiesloot
- 3 = mechanisch
- 4 = actief slib
- 5 = carrousel



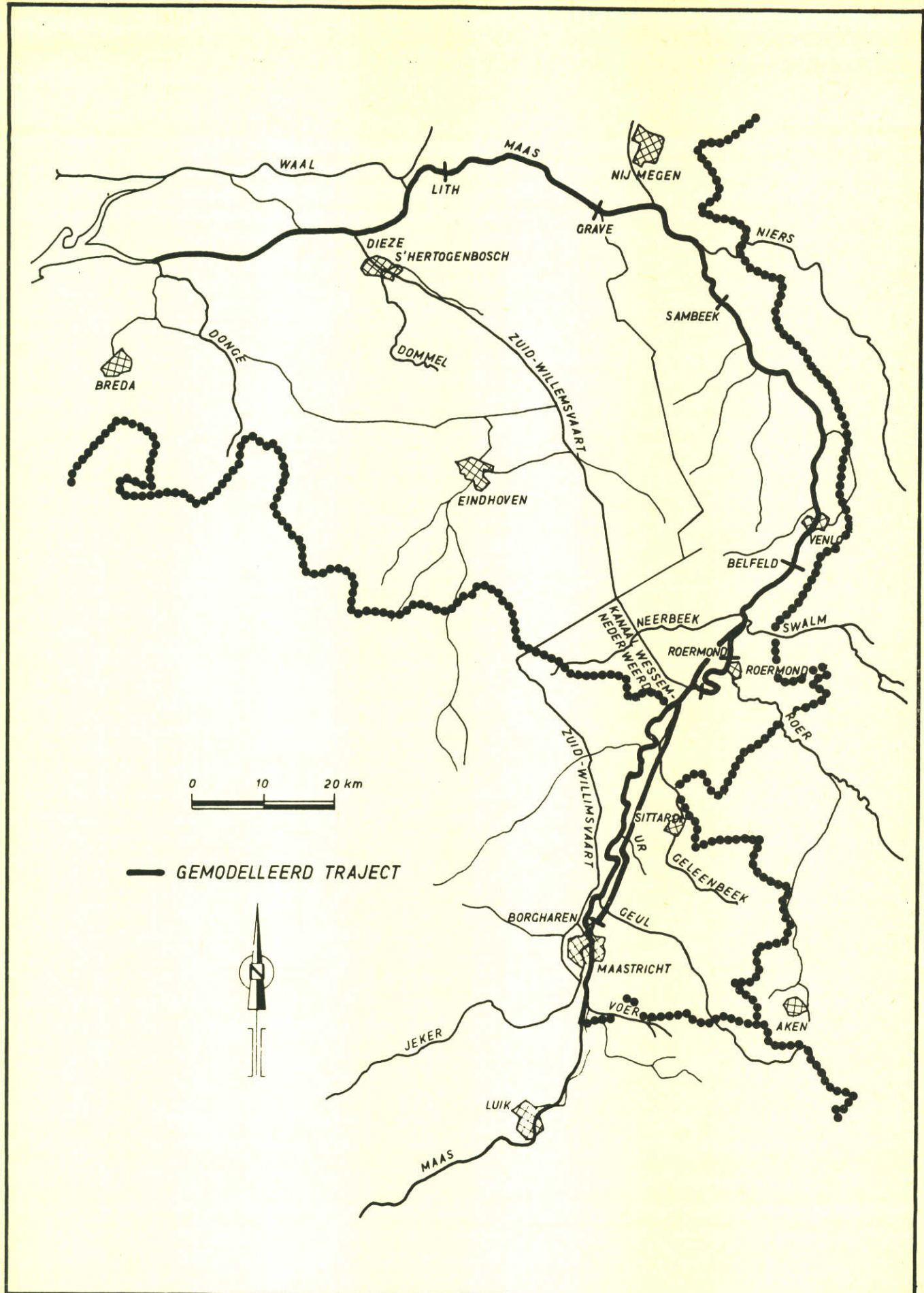
STROOMGEBIED VAN DE MAAS

A 4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R.1463-II-1001

FIG. 1



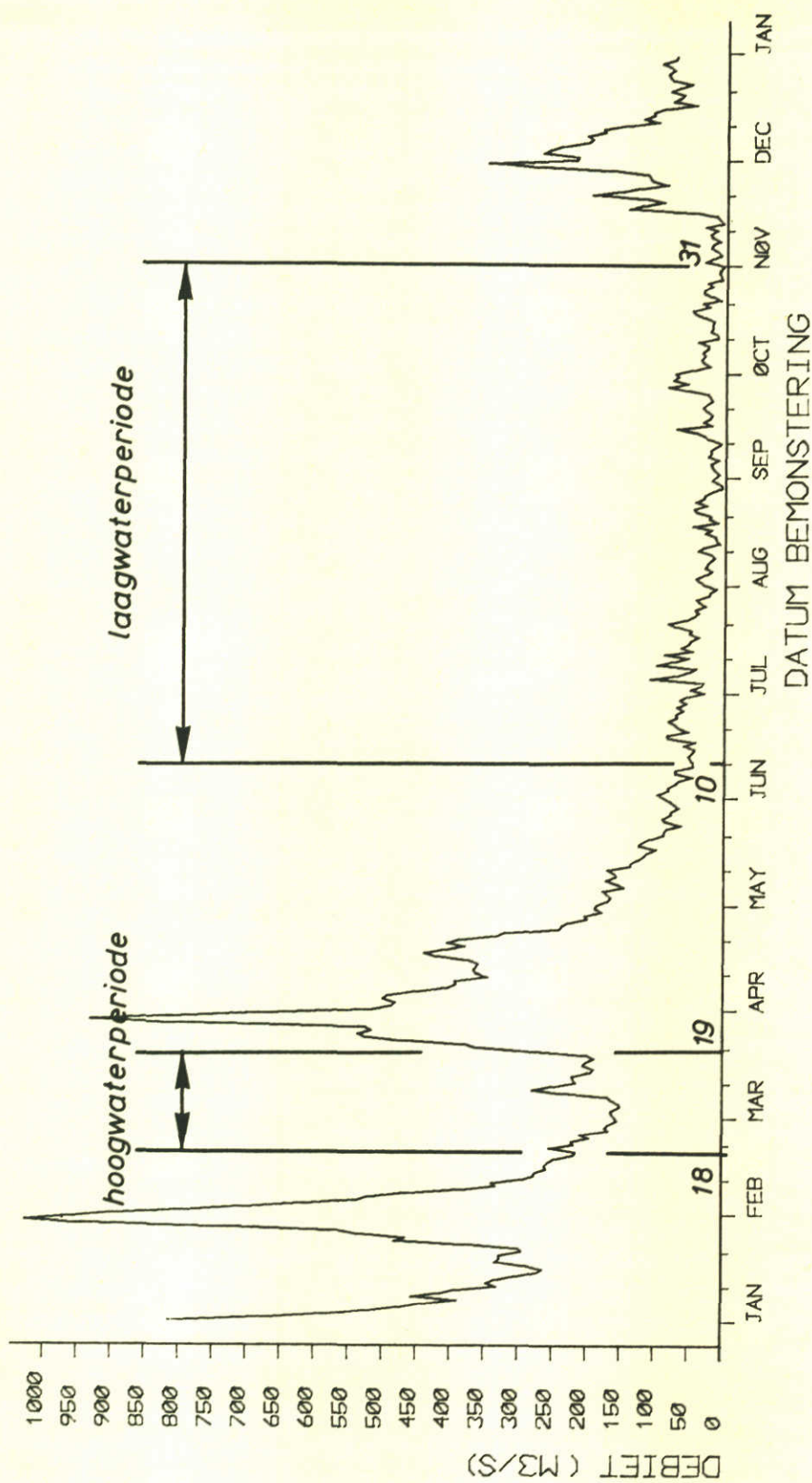
NEDERLANDSE DEEL VAN HET STROOM-
GEBIED VAN DE MAAS

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

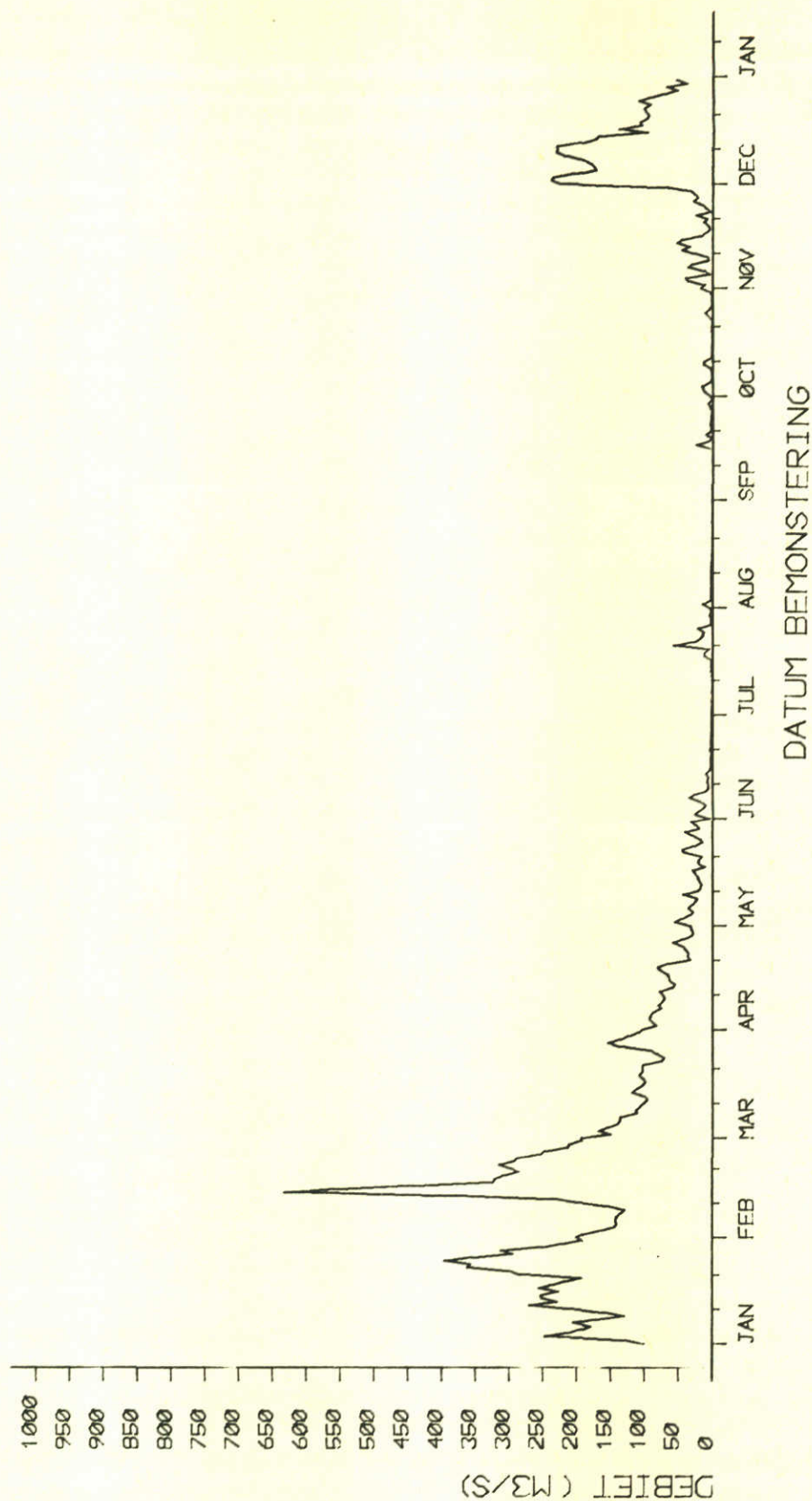
R.1463-II-1002

FIG. 2

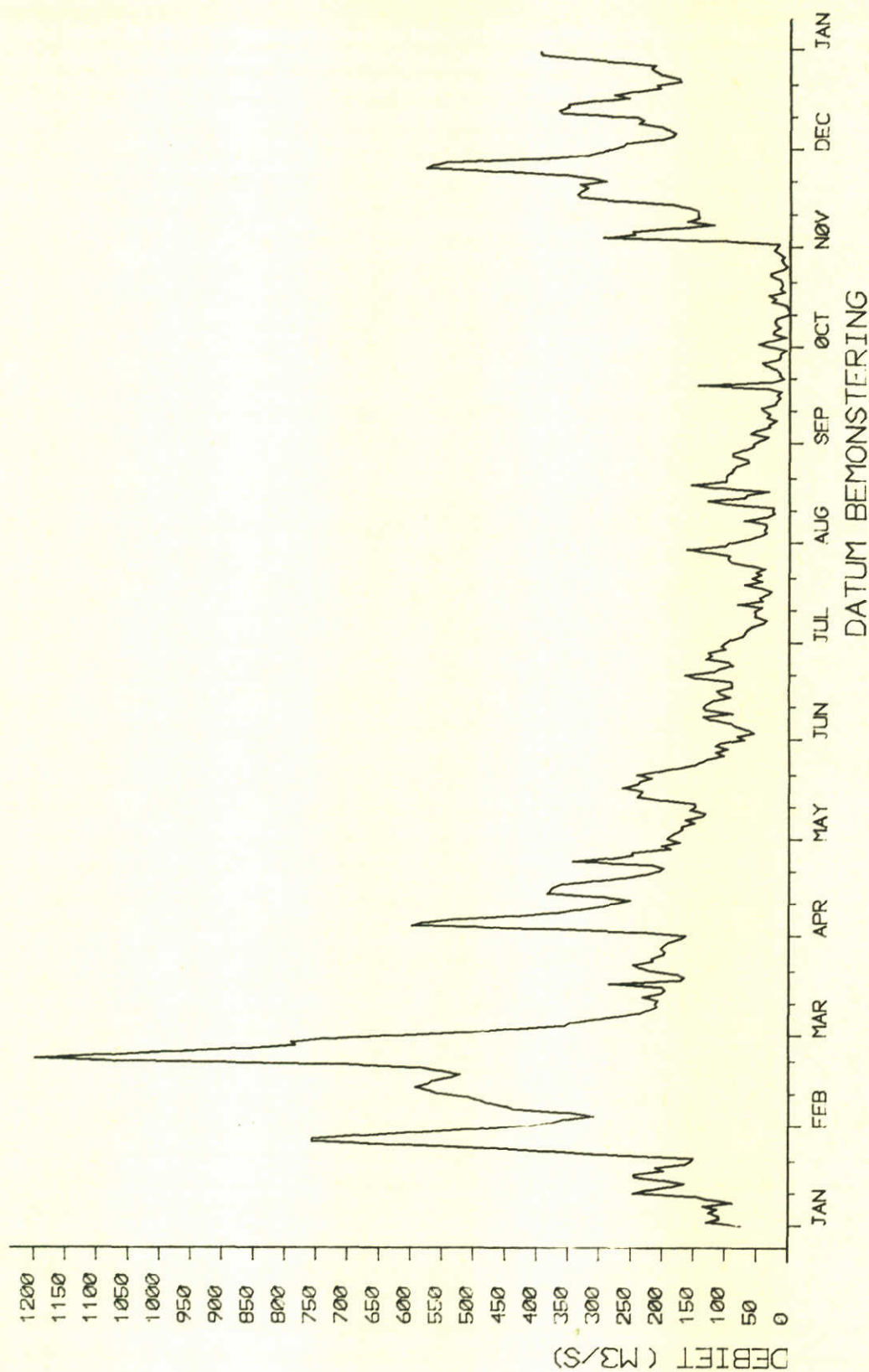
A 4



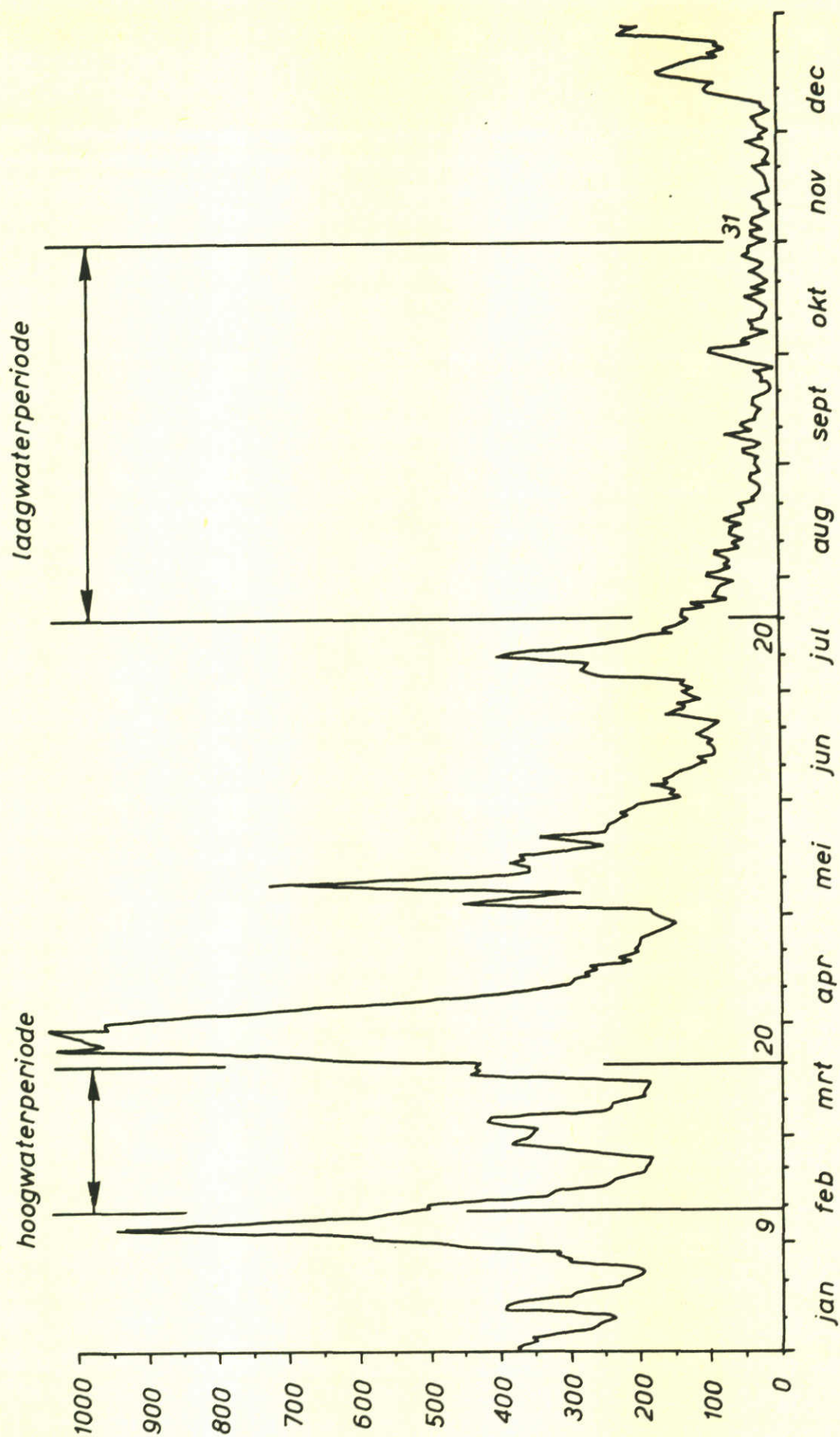
Debiet bij Borgharen in 1975



Debiet bij Borgharen in 1976



Debiet bij Borgharen in 1977



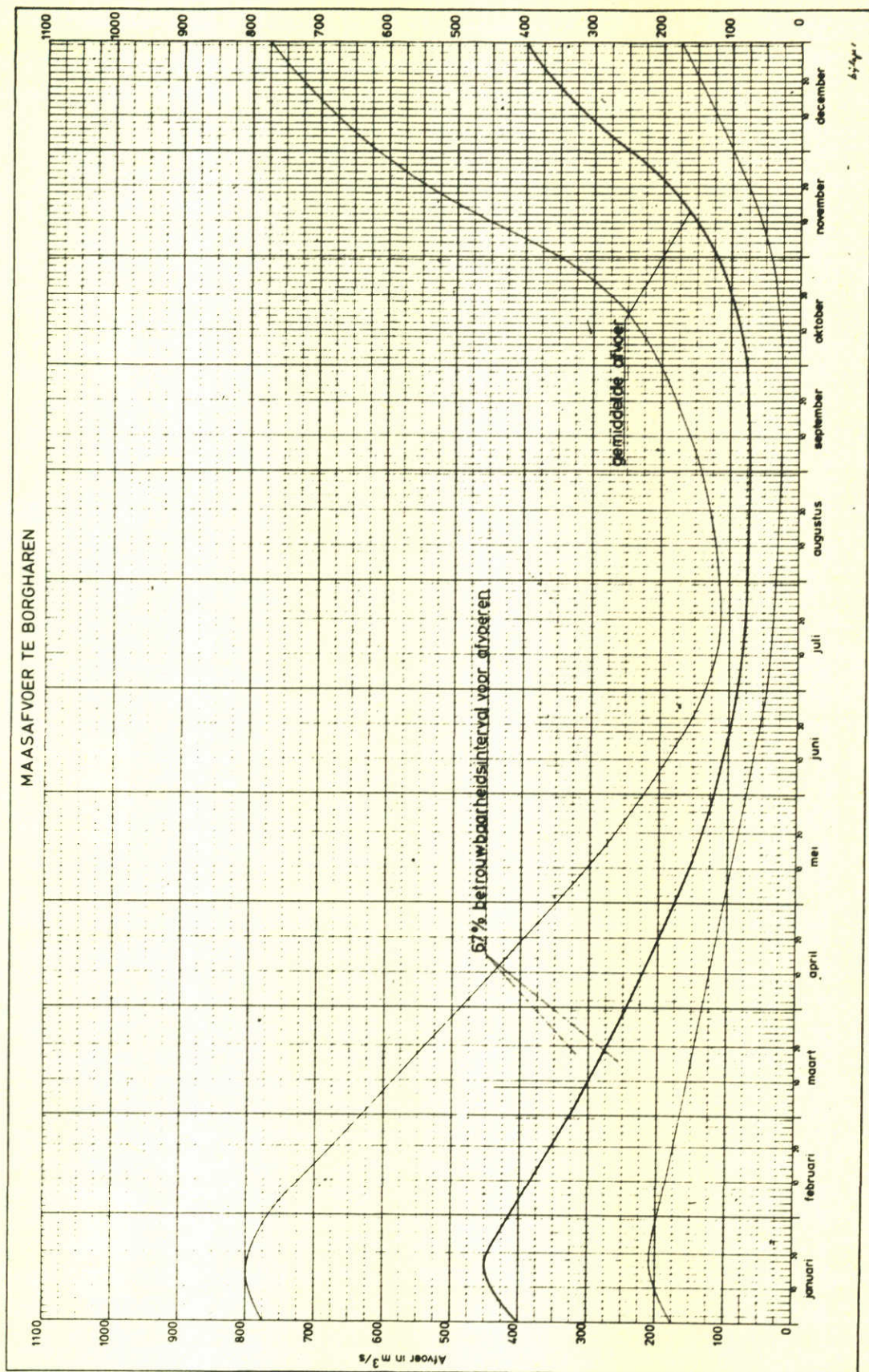
DEBIET BIJ BORGHAREN IN 1978

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R.1463-II-1003

FIG. 6

A4



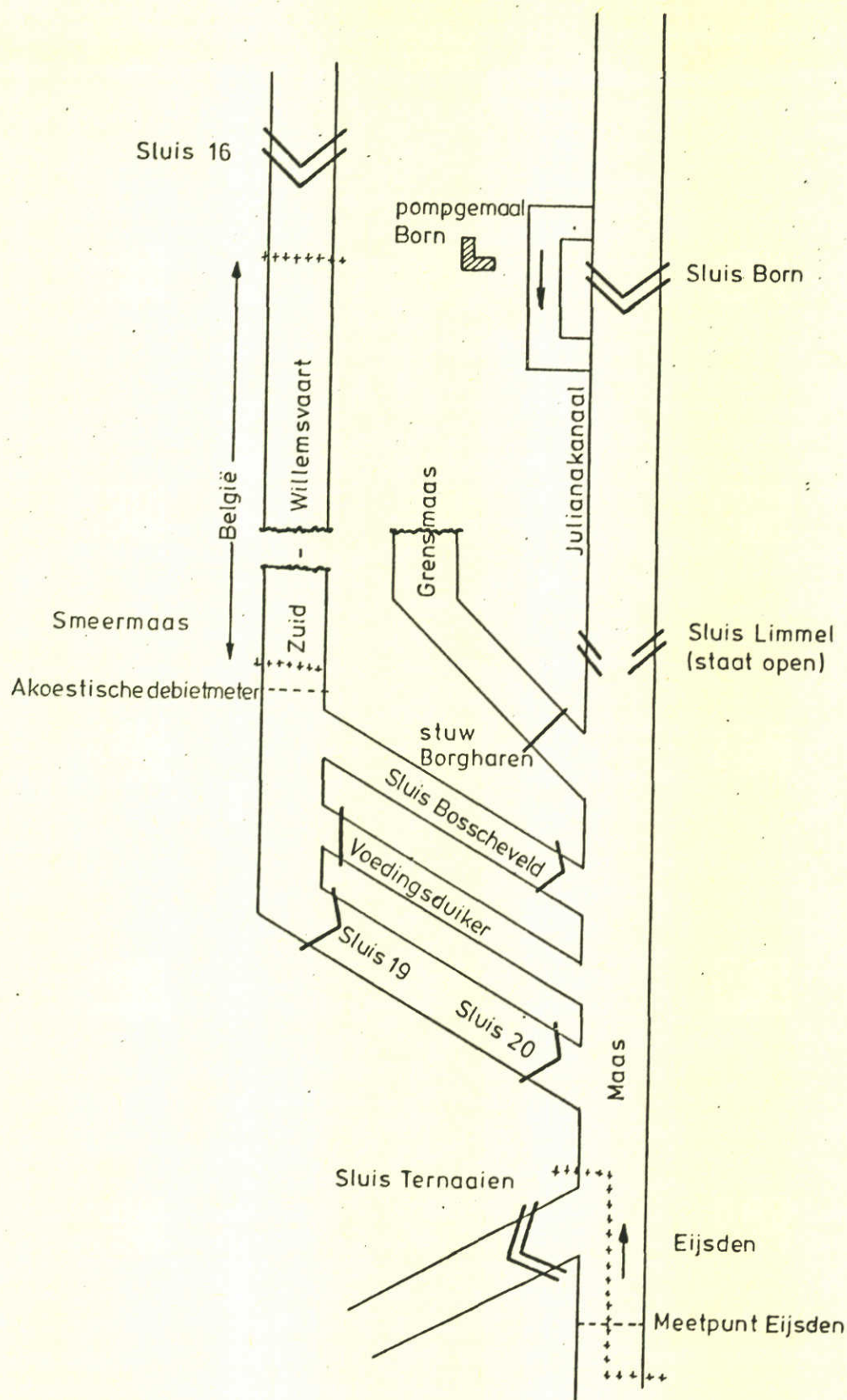
LANGJARIG GEMIDDELDE AFVOER VAN DE MAAS

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

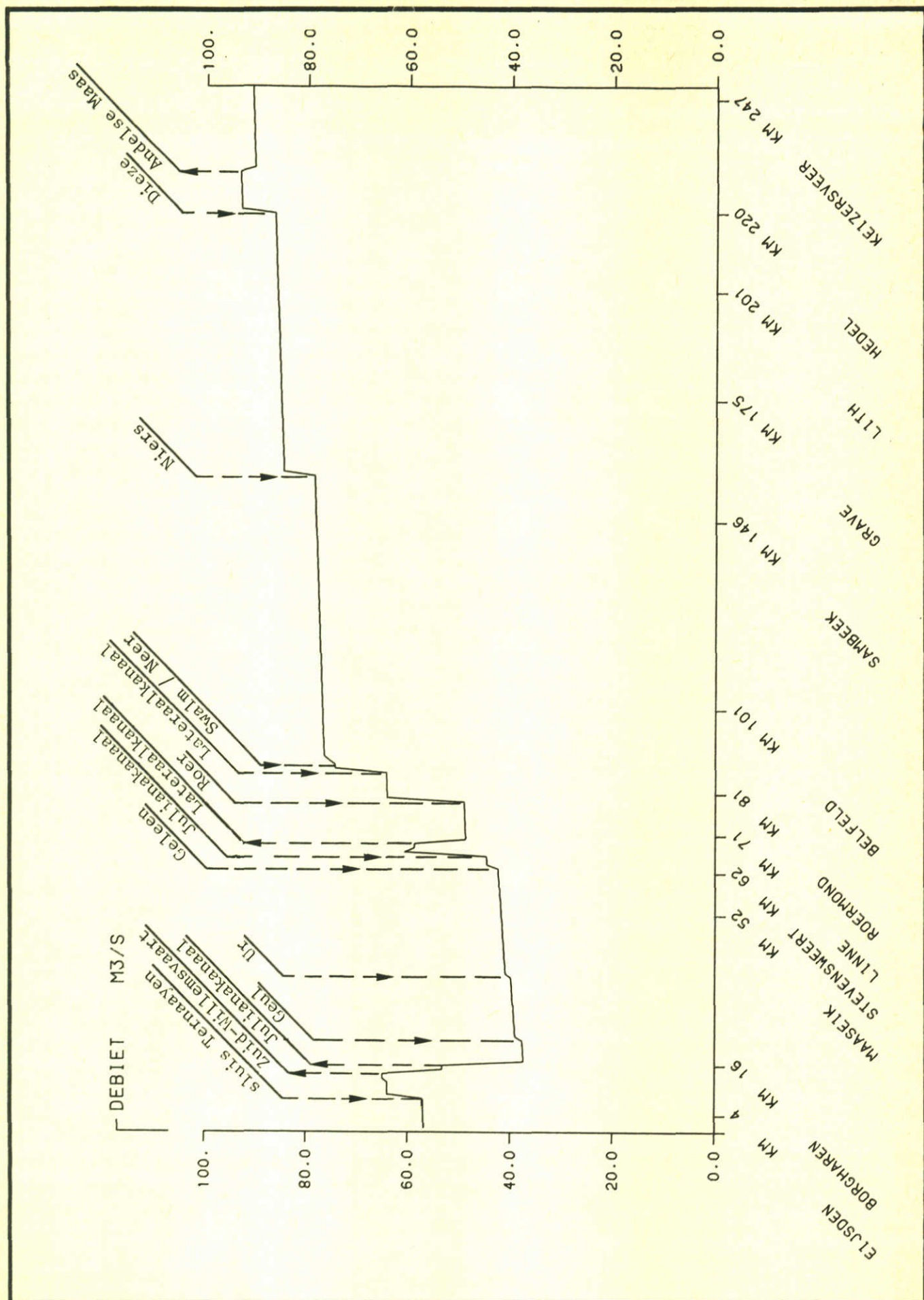
R.1463-II- 1004

A4

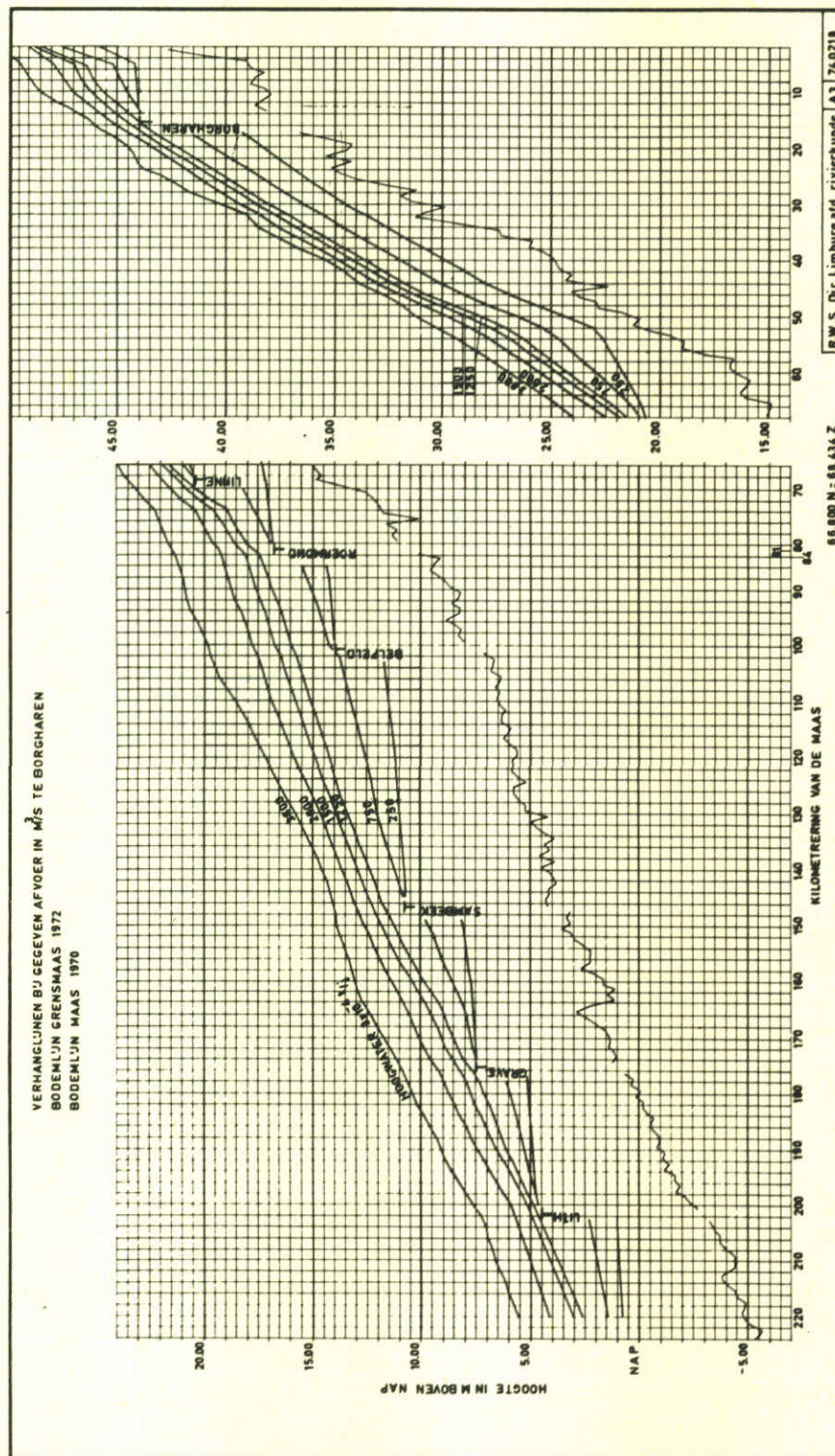
FIG.7



Schematische voorstelling van de Maas bij Borgharen



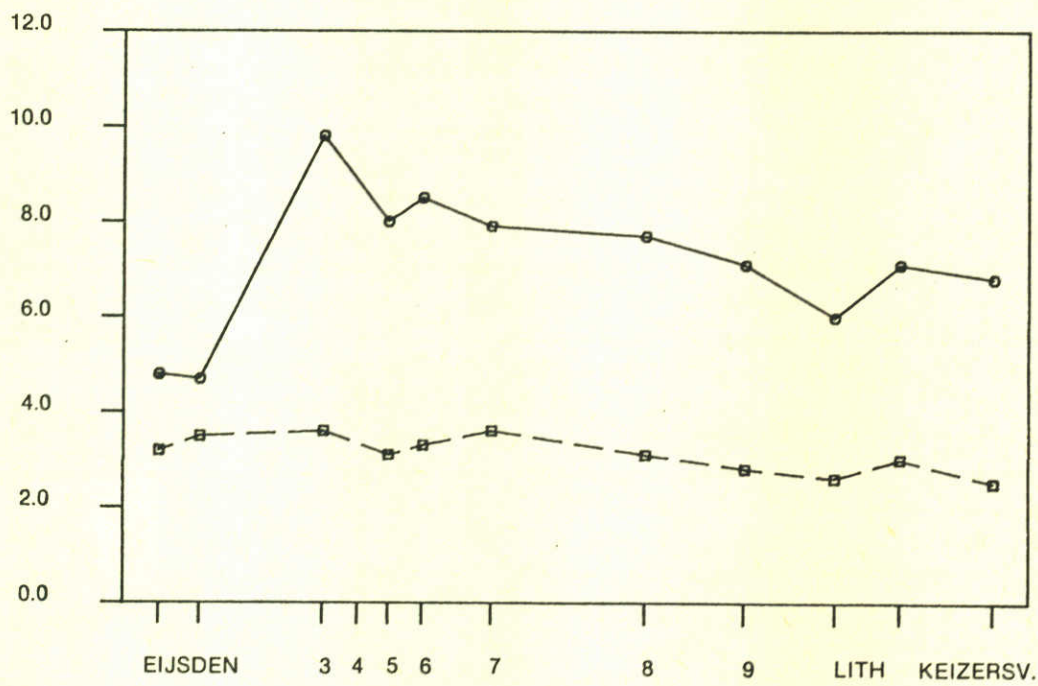
Het debiet van de Maas tijdens de laagwater
verifikatie periode in 1979



VERHANGLIJNEN BIJ GEGEVEN AFVOER IN m^3/s
 TE BORGHAREN

MG/L

LENGTE-AS PERIODEN 670701-680630 en 790701-800630



○ BZV5 670701-680631

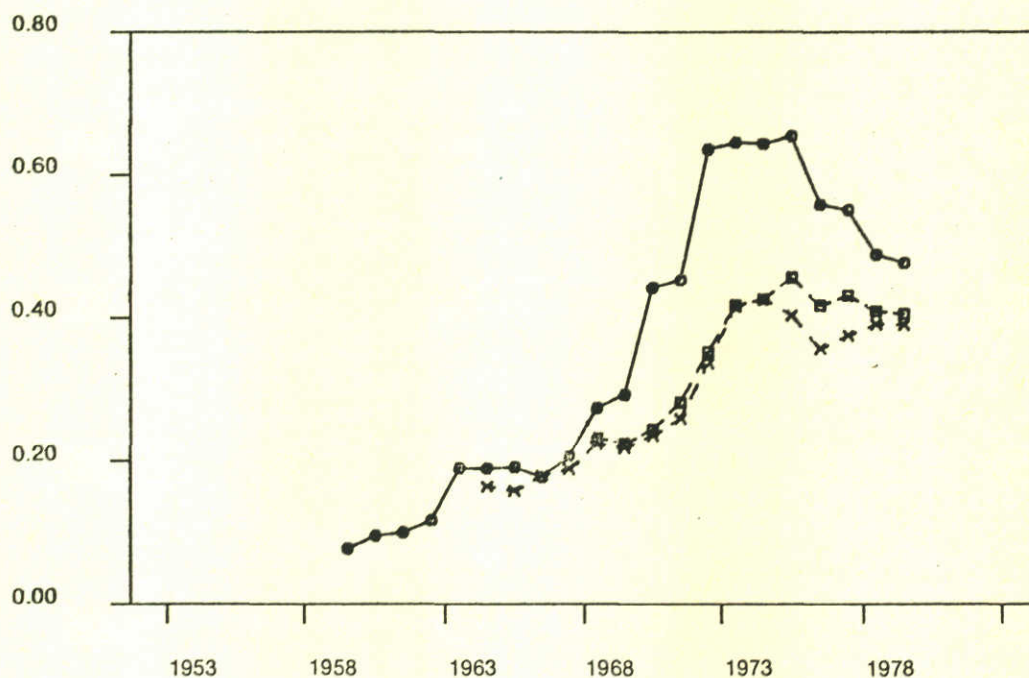
□ BZV5 790701-800631

BZV₅ gehalte in de Maas in '67/'68 en '79/'80

MG/L

O-PO4-P

VOORTSCHRIJDEND 3-JAARSGEMIDDELTE PERIODE 1953-1980

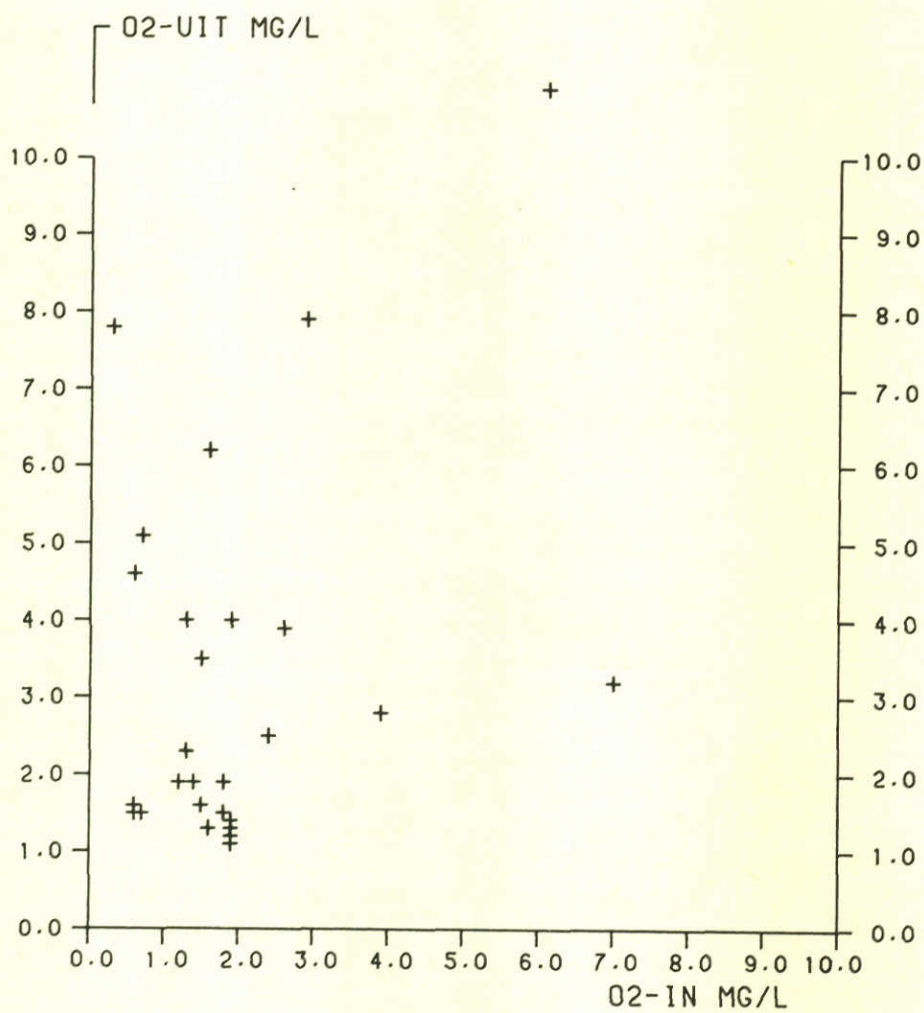


○ EIJSDEN

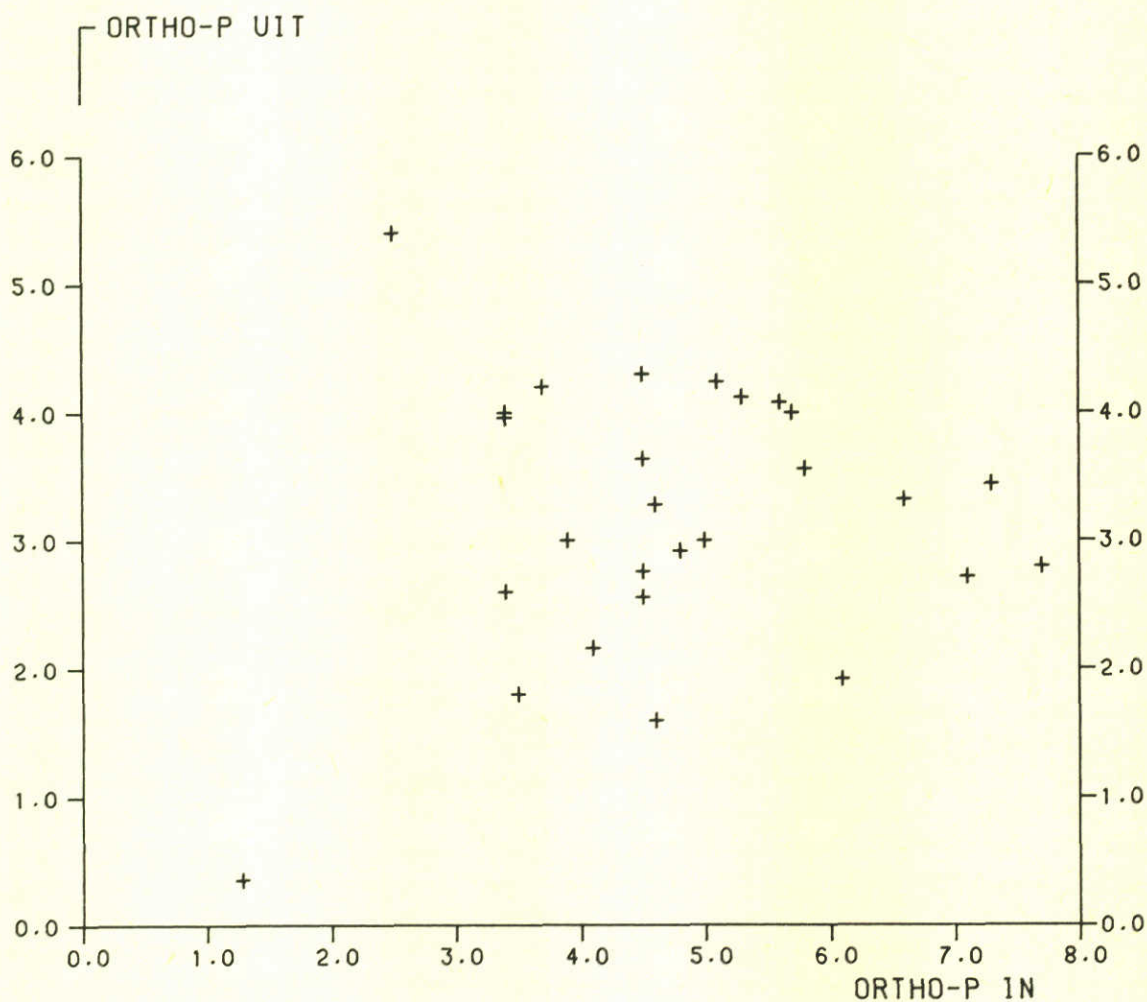
X H3 KEIZERSVEER

□ LITH BOVEN DE STUW

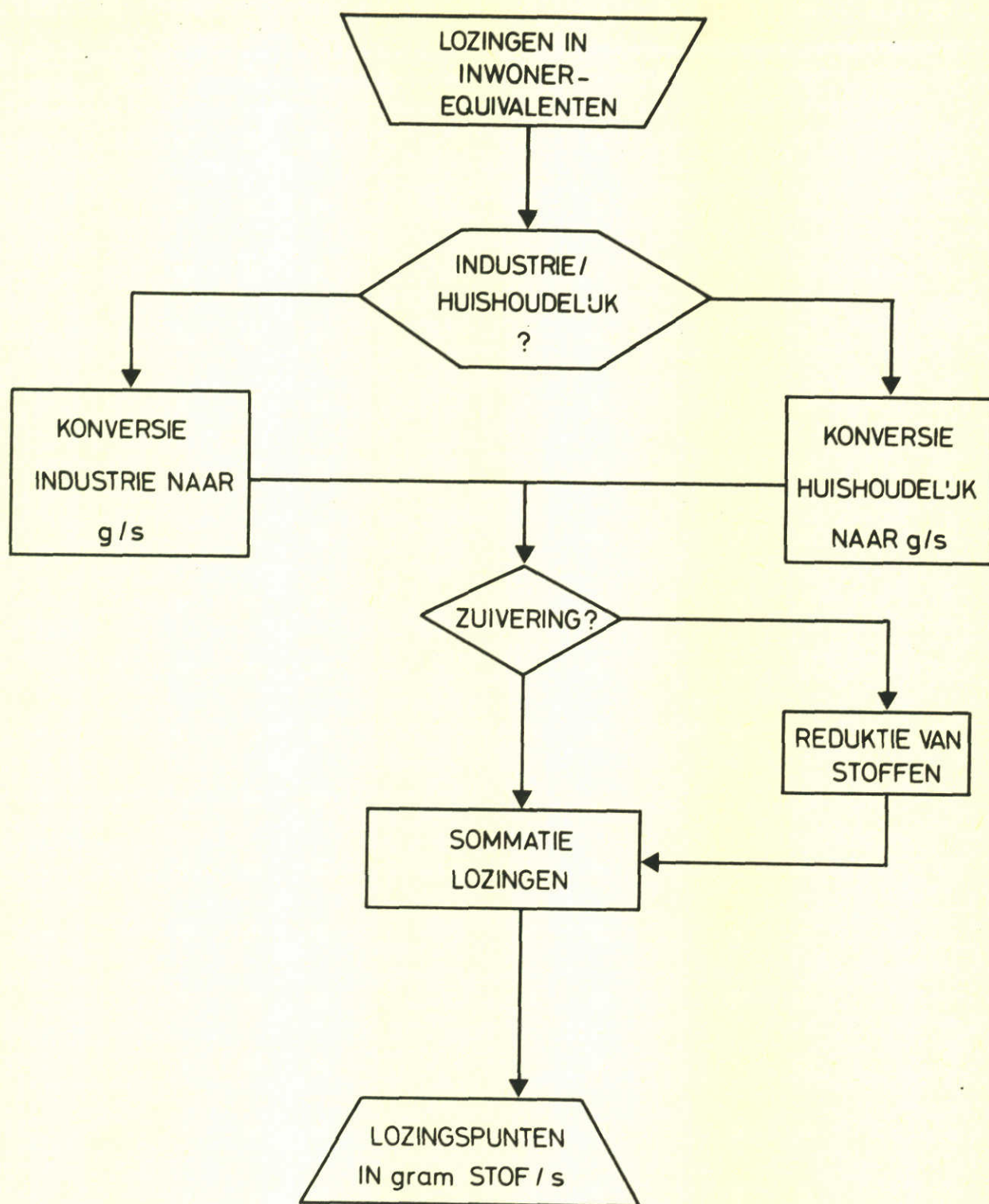
Voortschrijdend 3-jaarsgemiddelde ortho-fosfaat
te Eijsden

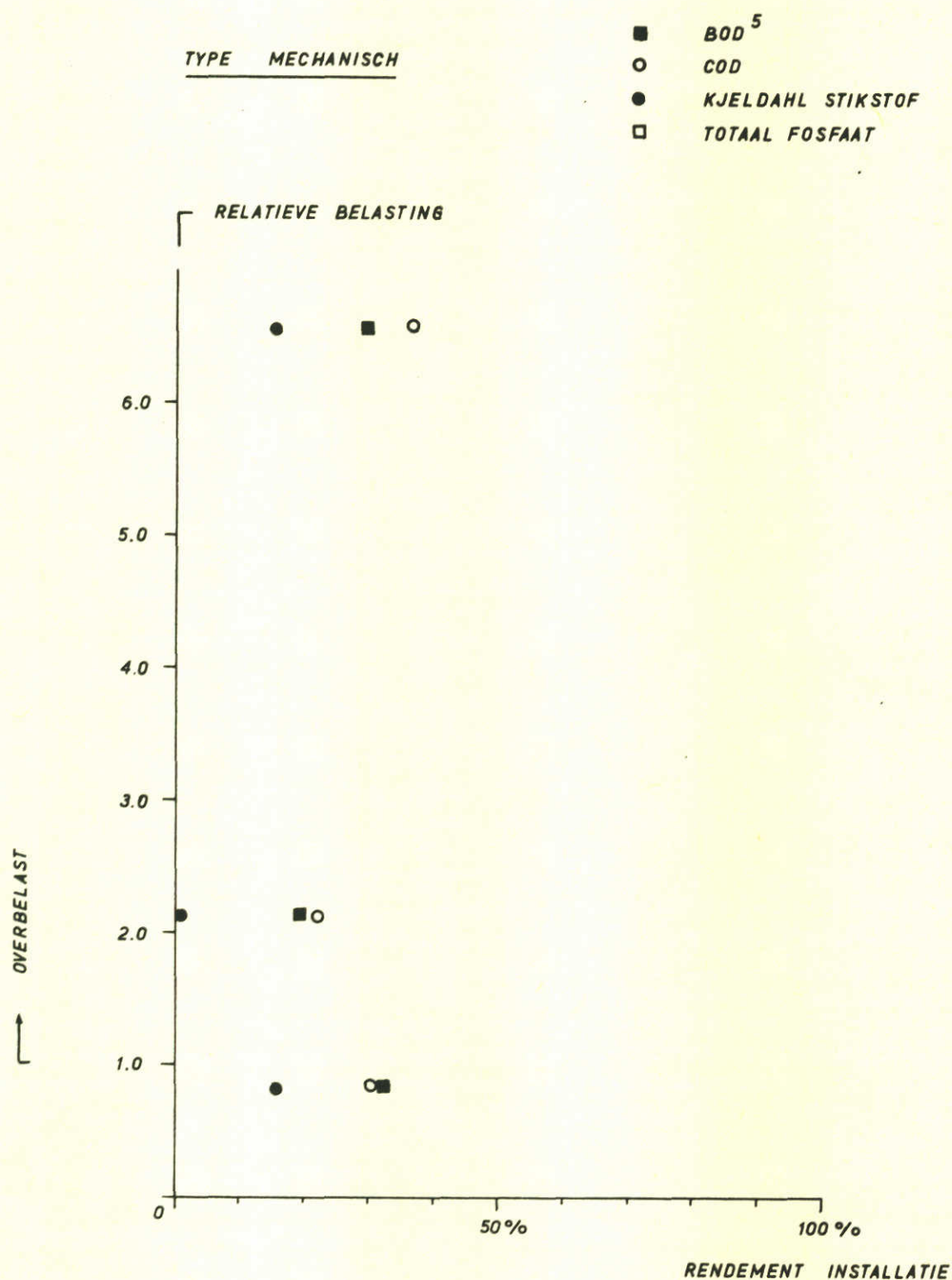


Zuurstof voor en na het grindgat bij Oude Maas



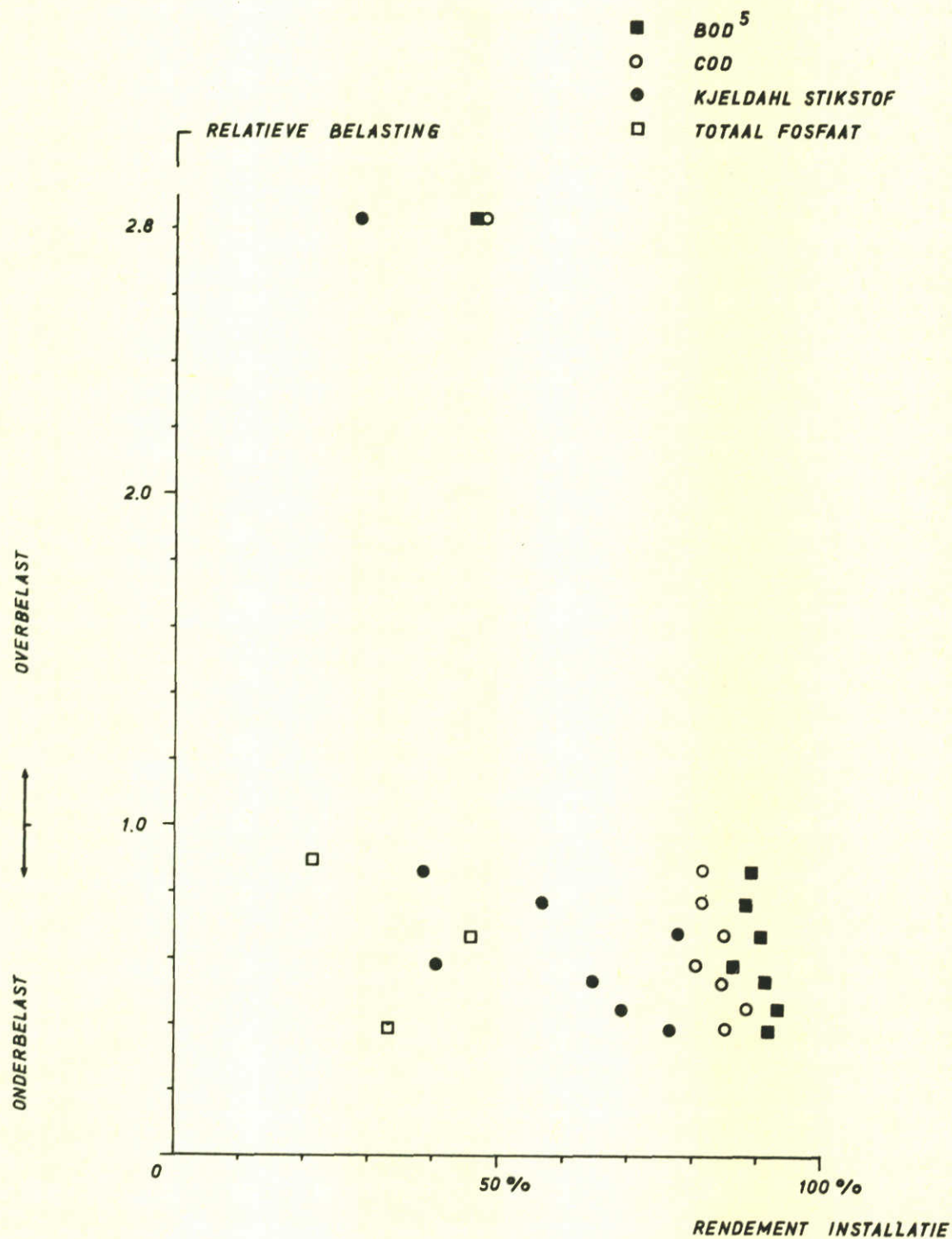
Ortho-fosfaat voor en na het grindgat bij Oude Maas





ZUIVERINGSRENDEMENTEN VAN STOFFEN VOOR EEN
ZUIVERINGSINSTALLATIE TYPE MECHANISCH ALS FUNKTIE
VAN DE RELATIEVE BELASTING

TYPE OXIDATIEBED



ZUIVERINGSRENDEMENTEN VAN STOFFEN VOOR EEN
ZUIVERINGSINSTALLATIE TYPE OXIDATIEBED ALS FUNKTIE
VAN DE RELATIEVE BELASTING

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

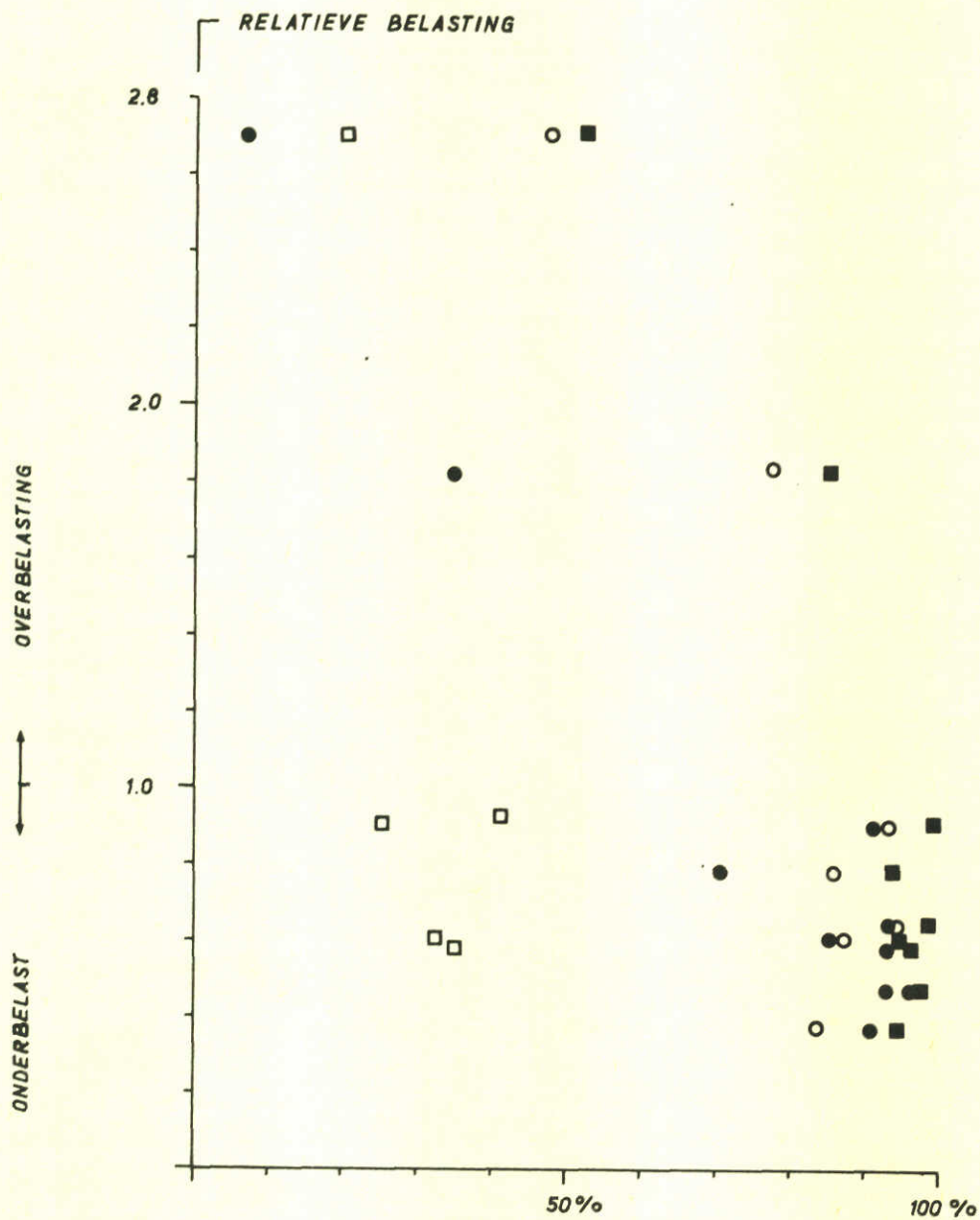
R1463-II

Fig.18

A4

TYPE OXIDATIESLOOT

- BOD^5
- COD
- $KJELDAHL\ STIKSTOF$
- $TOTAAL\ FOSFAAT$

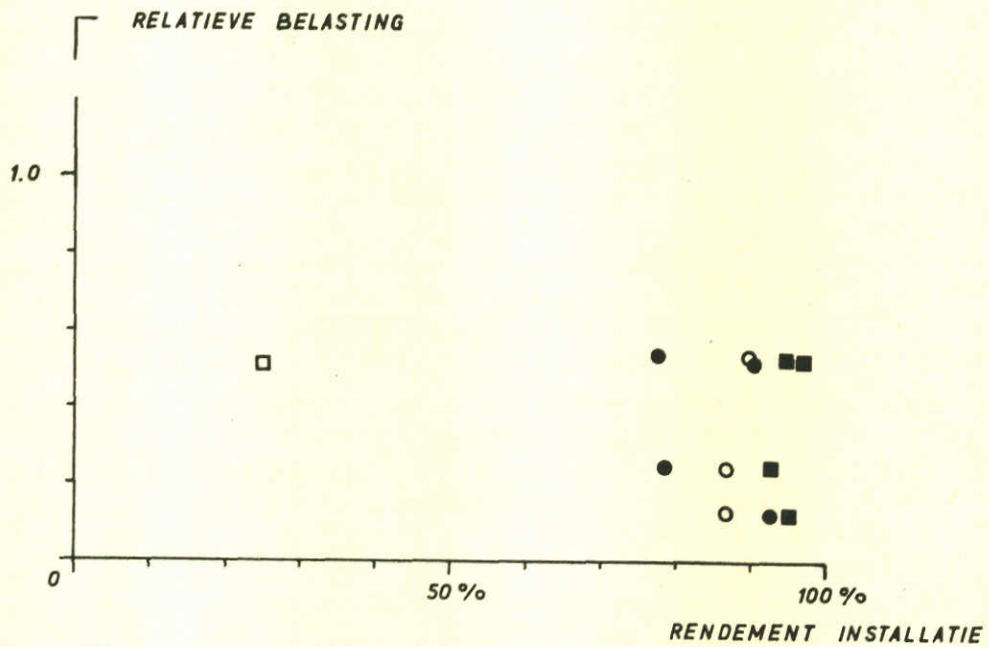


ZUIVERINGSRENDEMENTEN VAN STOFFEN VOOR EEN
ZUIVERINGSINSTALLATIE TYPE OXIDATIESLOOT ALS FUNKTIE
VAN DE RELATIEVE BELASTING

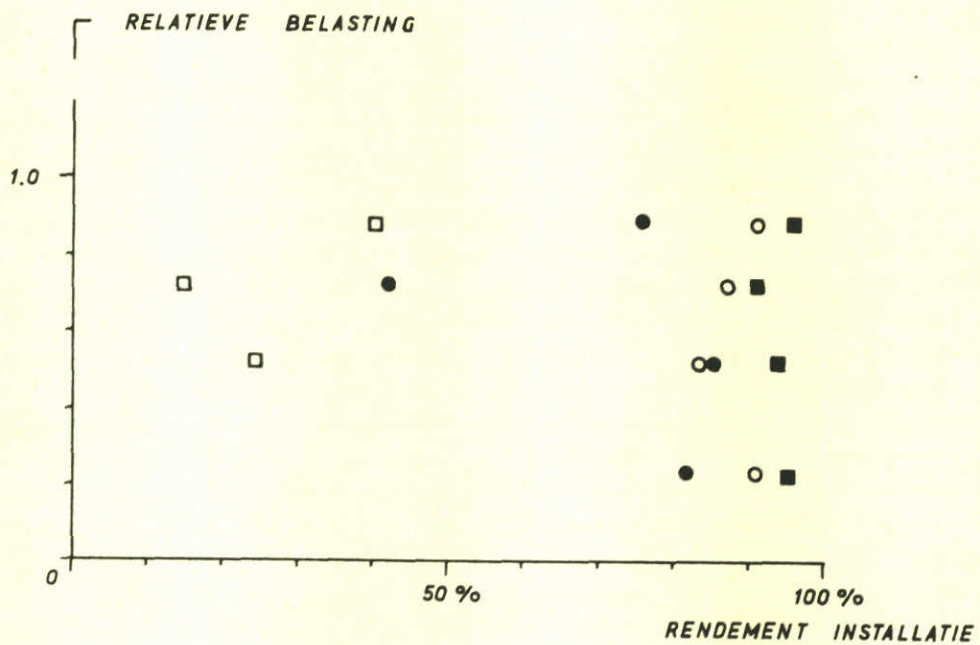
A4

- BOD^5
- COD
- KJELDAHL STIKSTOF
- TOTAAL FOSFAAT

TYPE CARROUSEL



TYPE AKTIEF SLIB



ZUIVERINGSRENDEMENTEN VAN STOFFEN VOOR EEN
ZUIVERINGSINSTALLATIE TYPE CARROUSEL EN AKTIEF SLIB
ALS FUNKTIE VAN DE RELATIEVE BELASTING

p.o. box 177

2600 mh delft

the netherlands