

waterloopkundig laboratorium  
delft hydraulics laboratory

kalamiteuze lozingen in het  
stroomgebied van de Rijn

verslag onderzoek

---

R1692

april 1982

---

kalamiteuze lozingen in het  
stroomgebied van de Rijn

verslag onderzoek

---

R1692

april 1982

# KALAMITEUZE LOZINGEN IN HET STROOMGEBIED VAN DE RIJN

## VOORWOORD

Het in dit rapport beschreven onderzoek en de ontwikkeling van programmatuur voor de kwantificering van de gevolgen van kalamiteuze lozingen in de Rijn is uitgevoerd in opdracht van het Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater (RIZA).

Het onderzoek betreft voornamelijk het kwantificeren van de looptijd van de plaats van een kalamiteit tot een plaats van waarneming benedenstrooms en het te verwachten concentratie verloop.

De studie is uitgevoerd door J.J. Luteijn en ir. J.A. van Pagee, beide van het Waterloopkundig Laboratorium (afd. Milieuhydrodynamica) en is van RIZA zijde begeleid door ing. A.H.J. Dijkzeul en ir. M.C.M. van Oirschot (Hoofdafd. Oppervlaktewater, distrikt Zuidoost).

Waterloopkundig Laboratorium

Rotterdamseweg 185a  
Postbus 177  
2600 MH Delft

tel. 015-569353

1.	INLEIDING EN PROBLEEMSTELLING	3
2.	BEREKENING VAN DE LOOPTIJD	4
2.1	Algemene achtergrondinformatie	4
2.2	Hulpmiddelen	7
2.3	Gebruiksaanwijzing rekenprogramma	8
2.3.1	Looptijdberekening bovenstrooms van Lobith	12
2.3.2	Looptijdberekening van de Neckar, Main en Moezel	15
2.3.3	Looptijdberekening benedenstrooms van Lobith	19
2.4	Berekenings resultaten	23
3.	BEREKENING VAN HET CONCENTRATIEVERLOOP	27
3.1	Algemene achtergrond informatie	27
3.2	Hulpmiddelen	34
3.3	gebruiksaanwijzing rekenprogramma	35
4.	TOEPASSINGEN	41
4.1	Genapol lozing, mei 1980	41
4.2	Styreen lozing, december 1980	45
	Literatuur	49
	Bijlage I Lokaliseringsregister	50
	Bijlage II Hydrologische karakteristieken	55
	Bijlage III Debiet-informatie	59
	Bijlage IV Specifieke eigenschappen van enkele stoffen	63
	Bijlage V Indeling looptijdprogramma	66
	Bijlage VI Indeling frontlozingsprogramma	72
	Bijlage VII Indeling pulslozingsprogramma	77

## 1. INLEIDING EN PROBLEEMSTELLING

Zodra in het stroomgebied van de Rijn een kalamiteit ontstaat als gevolg van een plotselinge lozing is het belangrijk te weten wanneer de gevolgen van deze kalamiteit benedenstrooms merkbaar zullen worden en eventueel met welke intensiteit (concentratie niveaus, duur e.d.).

Veelal is een snelle beantwoording van deze vragen noodzakelijk, zodat te gebruiken hulpmiddelen direkt beschikbaar dienen te zijn en rekening moeten houden met,

- beperkte beschikbare informatie m.b.t. de aard, hoeveelheid en duur van de lozing
- beperkte informatie m.b.t. afvoerkondities van de rivier
- het niet bereikbaar zijn van bepaalde personen en/of de beschikbaarheid van computersystemen

Bovenstaande randvoorwaarden hebben tot gevolg dat de te ontwikkelen hulpmiddelen voor de kwantificering van de ontwikkeling van een kalamiteit benedenstrooms zich beperken tot grafieken, tabellen, alsmede het gebruik van een voorgeprogrammeerde pocket calculator (Texas Instruments - type TI-59).

De te kwantificeren aspecten zijn:

- De looptijd van de plaats van de kalamiteit tot een benedenstroomse lokatie
- Bepaling van het te verwachten concentratieverloop op een benedenstroomse lokatie.

In het algemeen zal de looptijd van de plaats van een kalamiteit tot een benedenstroomse lokatie worden bepaald door de lengte van het af te leggen traject en de hydrologische karakteristieken van het betreffende traject (hoofdstuk 2).

Het te verwachten concentratieverloop op een benedenstroomse lokatie zal in sterke mate worden bepaald door de lozingsduur, de mate van dispersie en de eventuele afbraak, verdamping of bezinking van de geloosde stof (hoofdstuk 3).

Hoewel in de hoofdstukken 2 en 3 het gebruik van het rekenprogramma reeds uitvoerig wordt toegelicht, zijn in hoofdstuk 4 enkele voorbeeldberekeningen opgenomen, waarin zowel de looptijd(en) als het concentratieverloop wordt berekend.

## 2. BEREKENING VAN DE LOOPTIJD

### 2.1 ALGEMENE ACHTERGRONDINFORMATIE

Onderscheid dient te worden gemaakt in een beschouwing van de effecten van kalamiteiten bovenstrooms van Lobith en benedenstrooms. Aangezien de berekening voor Lobith tevens een basis vormt voor de beschouwing benedenstrooms zal dit eerst worden beschouwd.

#### A. LOOPTIJDBEREKENING BOVENSTROOMS VAN LOBITH

De looptijd van de plaats van een kalamiteit tot b.v. Lobith (km 863) is afhankelijk van,

- plaats van de kalamiteit (kilometrering)
- hydraulische gegevens van de Rijn (relatie stroomsnelheid/debiet)
- debietverdeling over de Rijn.

Voor de plaats van de kalamiteit wordt voornamelijk gedacht aan een lozing op het stroomtrajekt van de Rijn van Basel tot Lobith. Indien een lozing plaatsvindt op een van de zijrivieren dient afzonderlijk de looptijd van de plaats van de lozing tot de uitmonding van deze zijrivier in de Rijn te worden bepaald. De plaats van de lozing wordt gekarakteriseerd door de kilometrering van de Rijn (vanaf de Bodensee). Bij een kalamiteit op een van de zijrivieren is tevens de kilometrering tot de uitmonding in de Rijn van belang. Ten behoeve van een snelle lokalisering van de plaats van lozing is in bijlage I een overzicht opgenomen van de belangrijkste steden, zijrivieren e.d., met bijbehorende kilometreringen.

De hydraulische gegevens, die nodig zijn voor het berekenen van de looptijd betreffen voornamelijk gegevens waaruit de stroomsnelheid van een bepaald kompartiment kan worden afgeleid als functie van het debiet ter plaatse. Hiervoor is gebruik gemaakt van eenvoudige relaties, zoals

$$v_i = ( a \cdot Q^{**b} )_i \quad (1)$$

waarbij  $v$  de stroomsnelheid is (m/s) en  $Q$  het debiet (m<sup>3</sup>/s),  $a$  en  $b$  zijn konstanten, die karakteristiek zijn voor het kompartiment  $i$ . Dergelijke relaties (lit. 1) zijn in het kader van het waterkwaliteitsmodel Rijn afgeleid uit dwarsdoorsneden en  $Q$ - $h$  relaties van diverse afvoermeetstations in de Rijn (zie bijlage II).

Indien de afvoer voor ieder kompartiment bekend is, kan op deze wijze de looptijd over het trajekt worden bepaald volgens,

$$\Delta t_i = \frac{X_i}{v_i} \cdot \frac{1000}{86400} \quad (2)$$

waarbij  $\Delta t_i$  de looptijd (dag) is,  $X_i$  de lengte (km) en  $v_i$  de stroomsnelheid (m/s) van het traject  $i$ .

Via sommatie over de trajekten kan op deze wijze de looptijd (LT) worden bepaald vanaf de plaats van de lozing tot bijvoorbeeld Lobith

$$LT = \sum \Delta t_i \quad (3)$$

De debietverdeling over het stroomtraject van Basel tot Lobith is afhankelijk van het bovenstroomse debiet en de toestroming via zijrivieren e.d. op dit traject.

Aangezien niet mag worden verondersteld dat ten tijde van een kalamiteit de debieten van alle zijrivieren e.d. bekend zijn, is de debietverdeling over dit stroomtraject als volgt benaderd,

$$Q_i = Q_{\text{rheinfelden}} + C_i ( Q_{\text{lobith}} - Q_{\text{rheinfelden}} ) \quad (4)$$

Het debiet te Rheinfelden en Lobith kan telefonisch worden opgevraagd (bijlage III), zodat voor ieder traject het debiet  $Q_i$  kan worden bepaald op basis van een procentuele debiettoename via de factoren  $C_i$  ( $0 < C_i < 1$ ), die zijn afgeleid uit het langjarig gemiddelde debietverloop (lit. 2). De waarden van  $C_i$  zijn opgenomen in bijlage II.

#### B. LOOPTIJD BEREKENING VOOR DE RIVIEREN NECKAR, MAIN, MOEZEL

Voor de looptijd berekening op de zijrivieren Neckar, Main, Moezel is een zelfde berekeningsmethode mogelijk als voor de looptijdberekening op de Rijn. Voor de debietbepaling in deze zijrivieren wordt gebruik gemaakt van de relatie,

$$Q_i = C_i \cdot Q_{\text{mondig}} \quad (5)$$

waarbij  $Q_{\text{mondig}}$  het debiet van de zijrivier betreft ter plaatse van de uitmonding in de Rijn.

#### C. LOOPTIJD BEREKENING BENEDENSTROOMS VAN LOBITH

Benedenstrooms van Lobith zijn zowel de debieten als de stroomsnelheden van de IJssel, Nederrijn en Waal afhankelijk van de stand van de stuw te Driel. Aangezien de stand van deze stuw nauw gerelateerd is aan het debiet te Lobith, dient met dit facet expliciet rekening te worden gehouden.

Op een vergelijkbare wijze als voor de looptijd en de verspreiding van een kalamiteit bovenstrooms van Lobith kan bij een bekende debietverdeling de looptijd worden bepaald voor de volgende trajekten:

- Lobith - Kampen
- Lobith - Vreeswijk (evt. tot Krimpen)
- Lobith - Gorinchem (evt. tot Kop van 't Land)

Ook bij een lozing op één van deze trajekten is een soortgelijke beschouwing mogelijk.

Voor de berekening van de debietverdeling benedenstrooms van Lobith wordt analoog aan vgl. (5) het debiet in de zijtakken bepaald volgens:

- Pannerdens Kanaal :  $Q_i = C_i \cdot Q_{lobith}$
- IJssel :  $Q_i = C_i \cdot Q_{lobith}$
- Nederrijn/Lek :  $Q_i = C_i \cdot Q_{lobith}$  (ongestuwd)
- Waal :  $Q_i = C_i \cdot Q_{lobith}$

De  $C_i$  factoren zijn afhankelijk van het gestuwd, danwel ongestuwd zijn van de Nederrijn/Lek (zie bijlage II). Indien de Nederrijn/Lek gestuwd is, moet het debiet van de Nederrijn/Lek expliciet worden ingevoerd, aangezien hiervoor geen eenduidige  $C_i$  faktor kan worden afgeleid.



## 2.2 HULPMIDDELEN

In geval van een kalamiteit in het stroomgebied van de Rijn is het van belang om snel, en met eenvoudige middelen een indruk te krijgen wanneer de gevolgen van de kalamiteit benedenstrooms merkbaar zijn. Daarom is gekozen voor een eenvoudig rekenprogramma, dat met behulp van een programmakaartje ingebracht kan worden in een TI-59 pocket calculator waarna de gewenste berekeningen kunnen worden uitgevoerd. Tevens zijn op basis van de berekeningsresultaten tabellen samengesteld waaruit voor een aantal situaties de looptijd kan worden afgelezen.

### A. CALCULATOR-PROGRAMMA

Het programma berekend voor het bovenstroomse gedeelte van de Rijn (Basel - Lobith) de debieten per kompartiment op basis van de debieten te Lobith en Rheinfelden.

Voor de zijrivieren Neckar, Main en Moezel wordt het debiet per kompartiment berekend op basis van het debiet ter plaatse van de uitmonding in de Rijn.

Voor het traject Lobith - Pannerdense Kop en de aftakkingen Pannerdens Kanaal, Waal, Nederrijn/Lek en IJssel is een debietverdeling gemaakt op basis van het debiet te Lobith. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen een gestuwde en ongestuwde Nederrijn/Lek.

Na het bepalen van de debietverdeling wordt, rekeninghoudend met de hydraulische konstanten, de looptijd van elke tak afzonderlijk berekend en vervolgens gesommeerd (paragraaf 2.3).

### B. TABELLEN

Het bleek niet mogelijk een verband tussen debiet Rheinfelden/debiet Lobith en de looptijd in een hanteerbare grafiek uit te zetten. Daarom zijn er tabellen samengesteld waarmee op basis van het debiet te Rheinfelden en Lobith, de looptijd tot Lobith afgelezen kan worden, gerekend vanaf naar keuze Basel, Mannheim, Mainz, Koblenz en Keulen (paragraaf 2.4).

Voor de zijrivieren Neckar, Main en Moezel zijn tabellen samengesteld, waaruit de looptijd vanaf een bepaald punt aan de rivier tot aan de monding, bij verschillende debieten aan de riviermonding, kan worden afgelezen.

### C. BIJLAGEN

Voor de looptijdberekening is in verband met het bepalen van het kilometrage van de plaats van lozing en de plaats van waarneming de volgende bijlage van belang:

Bijlage I Lokaliseringsregister

### 2.3 GEBRUIKSAANWIJZING REKENPROGRAMMA

Omdat bij de berekening van de looptijd onderscheid moet worden gemaakt tussen bovenstrooms en benedenstrooms van Lobith, en de benedenstroomse rivier zich splitst in drie takken, is het, door de beperkte capaciteit van de TI-59 pocket-calculator, niet mogelijk geweest een alomvattend programma te ontwikkelen.

Hierdoor is het noodzakelijk dat, voordat een berekening uitgevoerd kan worden, gekozen moet worden welke programmakaartjes gebruikt gaan worden. Deze keuze hangt af van een aantal factoren. Voor berekening van een traject bovenstrooms van Lobith bestaat een kaartje dat de geheugens vult en een kaartje dat het looptijd programma bevat.

Voor berekening van een traject benedenstrooms van Lobith wordt nog onderscheid gemaakt tussen gestuwde en ongestuwde Nederrijn/Lek.

In totaal zijn er 8 programmakaartjes beschikbaar en 10 datakaartjes nl.:

Basel-Lobith (Rijn)	datakaartje		(1)
	programmakaartje		(2)
Neckar	datakaartje		(3)
	programmakaartje		(4)
Main	datakaartje		(5)
	programmakaartje		(6)
Moezel	datakaartje		(7)
	programmakaartje		(8)
Lobith-Kampen (IJssel)	datakaartje	ongestuwd	(9)
	datakaartje	gestuwd	(10)
	programmakaartje		(11)
Lobith-Gorinchem (Waal)	datakaartje	ongestuwd	(12)
	datakaartje	gestuwd	(13)
	programmakaartje		(14)
Lobith-Vreeswijk (Nederrijn/Lek)	datakaartje	ongestuwd	(15)
	programmakaartje	ongestuwd	(16)
	datakaartje	gestuwd	(17)
	programmakaartje	gestuwd	(18)

#### OPGELET!

1. Zowel de datakaartjes als de bijbehorende programmakaartjes bevatten gegevens die specifiek zijn voor het door te rekenen traject.
2. De calculator dient ingesteld te zijn op een juiste verdeling van programmastappen (320) en geheugenplaatsen (80).  
Dit kan worden bewerkstelligd door het intoetsen van 8 2nd OP 17, alvorens de kaartjes worden ingelezen (het display geeft dan 319.79).
3. Eerst dient het data-kaartje te worden ingelezen. Het vullen van de geheugens dient te worden gestart door het intoetsen van (label) A. Vervolgens kan het programma worden ingelezen. (opm. Elk kaartje 2-zijdig inlezen en

voor elke inlees-actie CLR intoetsen!)

4. Wanneer een looptijdberekening van een traject niet met 1 programmakaartje kan worden uitgevoerd (bijv. traject Basel-Kampen) dan kan de berekende looptijd van het tweede deeltraject (Lobith-Kampen) opgeteld worden bij de eerder berekende looptijd van het eerste deeltraject (Basel-Lobith), zie tevens hoofdstuk 4.

De looptijdprogramma's berusten op de algemene berekeningsprocedure zoals weergegeven is in figuur 1. Hoewel er verschillen zijn tussen de programma's van de Rijn, de Neckar, de Main, de Moezel, de IJssel, de Waal en de Nederrijn/Lek is de berekeningsprocedure in grote lijnen vergelijkbaar.

De verschillen betreffen vooral de berekeningen van de debietverdeling over de trajecten. In figuur 1 is de input en de basisvergelijking die aan de debietberekening ten grondslag ligt voor de verschillende programma's nader aangegeven.

De algemene procedure voor de looptijdberekening is in figuur 2 nader uitgewerkt in een stroomschema dat de basis vormt voor de verschillende looptijdprogramma's.

Het programma wordt gestart via de invoer van gegevens onder een aantal labels (A, 2nd A, B, 2nd B, C, D).

Specificaties met betrekking tot het gebruik van de looptijdprogramma's voor de Rijn, de zijrivieren en de nederlandse zijtakken zijn tesamen met enkele rekenvoorbeelden opgenomen in resp. par. 2.3.1, 2.3.2 en 2.3.3.

INPUT: Qrheinfelden (m<sup>3</sup>/s) (programma 2)  
 Qzijrivier (m<sup>3</sup>/s) (programma 4,6,8)  
 Qlobith (m<sup>3</sup>/s) (programma 2,11,14,16,18)  
 Qnederrijn/lek (m<sup>3</sup>/s) (programma 18)  
 La (kalamiteitskilometrage)  
 Lb (waarnemingskilometrage)

Debietverdeling:

$$\begin{aligned}
 Q_i &= Q_{\text{rheinfelden}} + C_i \cdot (Q_{\text{lobith}} - Q_{\text{rheinfelden}}) & (2) \\
 Q_i &= C_i \cdot Q_{\text{mondning}} & (4,6,8) \\
 Q_i &= C_i \cdot Q_{\text{lobith}} & (11,14,16) \\
 Q_i &= Q_{\text{nederrijn/lek}} & (18)
 \end{aligned}$$

Stroomsnelheid per kompartment:

$$v_i = (a \cdot Q \cdot b)_i$$

Specifieke kompartimentslengte:

$$\begin{aligned}
 X_i &= L_{i+1} - L_a & L_i < L_a, & L_{i+1} < L_b \\
 X_i &= L_{i+1} - L_i & L_i > L_a, & L_{i+1} < L_b \\
 X_i &= L_b - L_i & L_i > L_a, & L_{i+1} > L_b \\
 X_i &= L_b - L_a & L_i < L_a, & L_{i+1} > L_b
 \end{aligned}$$

Looptijd per kompartment:

$$\Delta t_i = \frac{X_i}{v_i} \cdot \frac{1000}{86400}$$

Looptijd van La tot Lb:

$$LT = \sum_{n+1}^{m-1} (\Delta t_i)$$

Fig. 1 Looptijdberekening

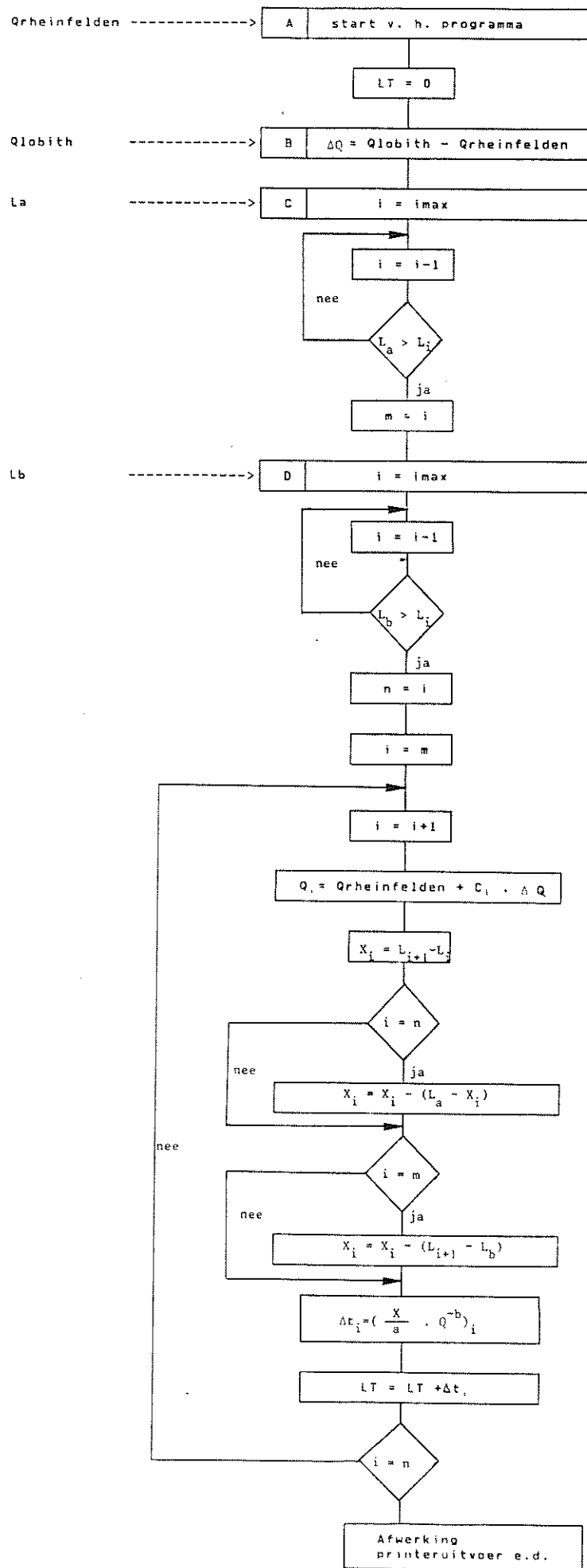


fig. 2 stroomschema looptijdprogramma

### 2.3.1 LOOPTIJDBEREKENING BOVENSTROOMS VAN LOBITH

Datakaartje (1)

Programmakaartje (2)

#### BENODIGDE INVOERGEGEVENS

- A Debiet Rheinfelden (m<sup>3</sup>/s) (zie bijlage III)
- B Debiet Lobith (m<sup>3</sup>/s) (zie bijlage III)
- C De plaats (km) van de kalamiteit of het begin van de vervolgberekening (zie bijlage I)
- D De plaats (km) tot waar de berekening uitgevoerd moet worden (zie bijlage I)

#### BEGRENZINGEN

- $Q_{\text{rheinfelden}} < Q_{\text{lobith}}$
- kalamiteitskilometrage > 170 km (Basel)
- waarnemingskilometrage < 870 km (Pannerdense Kop)

#### PRINTUITVOER

Het programma geeft als uitvoer het debiet (m<sup>3</sup>/s) en de stroomsnelheid (m/s) per kompartiment, de looptijd (dag) tot het einde van ieder kompartiment (= waarnemingskilometrage van het laatst berekende kompartiment) en het eindkilometrage (km) van het betreffende kompartiment.

#### VULLEN VAN DE GEHEUGENS T.B.V. AANSLUITENDE LOOPTIJDBEREKENING

In geheugenplaats 10 wordt de looptijd (dag) tot het gekozen waarnemingskilometrage opgeslagen. Bij een aansluitende berekening voor de Waal, IJssel of Nederrijn/Lek kan deze looptijd als startwaarde worden gebruikt (zie par. 2.3.3).

#### VULLEN GEHEUGENS T.B.V. AANSLUITENDE CONCENTRATIEBEREKENING

In geheugenplaats 11 wordt de stroomsnelheid (m/s) t.p.v. het waarnemingskilometrage opgeslagen.

In geheugenplaats 10 wordt de looptijd (dag) tot het waarnemingskilometrage opgeslagen.

In geheugenplaats 00 wordt het debiet (m<sup>3</sup>/s) t.p.v. het waarnemingskilometrage opgeslagen.

Tevens wordt aan geheugenplaats 44 de waarde 1.0 toegekend.

Bij een aansluitende concentratie berekening (par. 3.3) worden deze gegevens rechtstreeks gebruikt, zodat bij een kalamiteit op één van de zijrivieren deze extra looptijd hierbij dient te worden opgeteld.

Voor een kalamiteit op de Neckar, Main of Moezel is het ook mogelijk eerst een looptijdberekening voor deze zijrivieren uit te voeren. De optelling geschied dan automatisch (zie par. 4.1).

VOORBEELD

Alvorens de berekening kan worden uitgevoerd dient de calculator eerst te worden geladen met het datakaartje (vullen van de geheugens) en het programmakaartje.

In onderstaand voorbeeld is aangegeven hoe dit kan worden gedaan.

AKTIE	INTOETSEN	DISPLAY
verdelen programmastappen/ geheugen plaatsen *)	8 2nd OP17	0 319.79
schoonmaken display	CLR	0
inlezen datakaartje-bank 1 (1)	-	1
schoonmaken display	CLR	0
inlezen datakaartje-bank 2 (1)	-	2
starten vullen van geheugens	A	0
schoonmaken van display	CLR	0
inlezen programma-kaartje-bank 1 (2)	-	1
schoonmaken display	CLR	0
inlezen programma-kaartje-bank 2 (2)	-	2

\*) Niet nodig bij aansluitende berekeningen.

Berekening van het traject Basel (170km) - Lobith (863km)  
(zie uitvoer fig. 3)

Debiet Rheinfelden = 1050 m<sup>3</sup>/s.

Debiet Lobith = 2200 m<sup>3</sup>/s.

AKTIE	INTOETSEN	DISPLAY
invoeren debiet Rheinfelden	1050	
starten van de berekening	A	0
invoeren debiet Lobith	2200	
vervolgen van de berekening	B	0
invoeren kilometrage plaats kalamiteit	170	
vervolgen van de berekening	C	0
invoeren kilometrage Lobith	863	
vervolgen van de berekening	D	
einde berekening		6. 659079418

Een herhaling van de berekening kan worden uitgevoerd zonder dat het datakaartje en het programmakaartje opnieuw behoeft te worden ingelezen.

Het berekenen van de looptijd vanaf de monding van een zijrivier waarop een kalamiteit heeft plaatsgevonden en waarbij de looptijd van de zijrivier is bepaald (par. 2.3.2) en opgenomen in geheugenplaats 10 (eventueel via STO 10) dient te worden gestart via 2ND (LABEL) A i.p.v. via (LABEL) A (zie tevens par. 4.1).

INVOER

1050. debiet Rheinfelden (m<sup>3</sup>/s)  
 2200. debiet Lobith (m<sup>3</sup>/s)  
 170. kalamiteitskilometrage (km)  
 863. waarnemingskilometrage (km)

UITVOER

1050. debiet van het 1<sup>e</sup> kompartiment (m<sup>3</sup>/s)  
 1.05 stroomsnelheid van het 1<sup>e</sup> kompartiment (m/s)  
 1.322751323 looptijd tot en met het 1<sup>e</sup> kompartiment (dag)  
 290. eindkilometer van het 1<sup>e</sup> kompartiment (km)

1250.1  
 1.698259207  
 1.731666783 2<sup>e</sup> kompartiment  
 350.

1250.1  
 1.594284153  
 1.949458712 3<sup>e</sup> kompartiment  
 380.

1250.1  
 1.299688169  
 2.394722213 4<sup>e</sup> kompartiment  
 430.

1399.6  
 .9971586547  
 2.742933824 5<sup>e</sup> kompartiment  
 460.

1399.6  
 .7977269238  
 3.323286511 6<sup>e</sup> kompartiment  
 500.

1550.25  
 1.605386556  
 3.539572252 7<sup>e</sup> kompartiment  
 530.

1599.7  
 1.396169923  
 4.119863499 8<sup>e</sup> kompartiment  
 600.

1999.9  
 1.192005249  
 4.702448555 9<sup>e</sup> kompartiment  
 660.

2099.95  
 1.194184992  
 5.380890497 10<sup>e</sup> kompartiment  
 730.

2099.95  
 1.407433312  
 5.792067432 11<sup>e</sup> kompartiment  
 780.

2200.  
 1.107998694  
 6.659079418 12<sup>e</sup> kompartiment  
 870.

DAGEN

6.

UREN

16.

totale looptijd

fig. 3 uitvoer voorbeeldberekening



## 2.3.2 LOOPTIJDBEREKENING VAN DE NECKAR, MAIN EN MOEZEL

Neckar	datakaartje	(3)
	programmakaartje	(4)
Main	datakaartje	(5)
	programmakaartje	(6)
Moezel	datakaartje	(7)
	programmakaartje	(8)

### BENODIGDE INVOERGEGEVENS

- B Debiet ter plaatse van de uitmonding in de Rijn (km) (zie bijlage III)
- C De plaats van de kalamiteit (km) (zie bijlage I)
- D De plaats tot waar de berekening uitgevoerd moet worden (km) (zie bijlage I)

### BEGRENZINGEN

	Neckar	Main	Moezel
kalamiteitskilometrage	<180	<400	<300
waarnemingskilometrage	>0	>0	>0

### PRINTUITVOER

Het programma geeft als uitvoer het debiet (m<sup>3</sup>/s) en de stroomsnelheid (m/s) per kompartiment, de looptijd (dag) tot het einde van ieder kompartiment (= waarnemingskilometrage van het laatst berekende kompartiment) en het eindkilometrage (km) van het betreffende kompartiment.

### VULLEN VAN DE GEHEUGENS T.B.V AANSLUITENDE LOOPTIJDBEREKENING

In geheugenplaats 10 wordt de looptijd (dag) tot het gekozen waarnemingskilometrage (monding, 0 km) opgeslagen. Bij een aansluitende berekening voor de Rijn, kan deze looptijd als startwaarde worden gebruikt (zie par. 2.3.1).

### VULLEN GEHEUGENS T.B.V AANSLUITENDE CONCENTRATIEBEREKENING

In geheugenplaats 11 wordt de stroomsnelheid (m/s) t.p.v. het waarnemingskilometrage opgeslagen.

In geheugenplaats 10 wordt de looptijd (dag) tot het waarnemingskilometrage opgeslagen.

In geheugenplaats 00 wordt het debiet (m<sup>3</sup>/s) van het

waarnemingskompartment opgeslagen.  
Tevens wordt aan geheugenplaats 44 de waarde 1.0 toegekend.  
Bij een aansluitende concentratie berekening (par. 3.3) worden  
deze gegevens rechtstreeks gebruikt.

VOORBEELD

Alvorens de berekening kan worden uitgevoerd dient de calculator eerst te worden geladen met het datakaartje (vullen van de geheugens) en het programmakaartje.

In onderstaand voorbeeld is aangegeven hoe dit kan worden gedaan.

AKTIE	INTOETSEN	DISPLAY
verdelen programmastappen/ geheugen plaatsen	CLR 8 2nd OP17	0 319.79
schoonmaken display	CLR	0
inlezen datakaartje-bank 1 (5)	-	1
schoonmaken display	CLR	0
inlezen datakaartje-bank 2 (5)	-	2
starten vullen van geheugens	A	0
schoonmaken van display	CLR	0
inlezen programma-kaartje-bank 1 (6)	-	1
schoonmaken display	CLR	0
inlezen programma-kaartje-bank 2 (6)	-	2

Berekening van de Main het traject Pettstad (330 km) tot de monding met de Rijn (0 km), (zie uitvoer fig. 4)

Debiet aan de monding 150 m<sup>3</sup>/s

AKTIE	INTOETSEN	DISPLAY
invoeren debiet Main-monding	150	
starten van de berekening	B	0
invoeren kilometrage plaats kalamiteit	330	
vervolgen van de berekening	C	0
invoeren kilometrage Main-monding	0	
vervolgen van de berekening	D	
einde berekening		8.77632609

Een aansluitende looptijdberekening vanaf de monding van een zijrivier tot Lobith, dient plaats te vinden via het starten van het looptijdprogramma van de Rijn (par. 3.3.1) met 2nd (LABEL) B in plaats van via (LABEL) B (zie tevens par. 4.1).

INVOER	
150.	debiet Main-monding (m <sup>3</sup> /s)
-330.	kalamiteitskilometrage (km)
0.	waarnemingskilometrage (km)
UITVOER	
105.	debiet van het 1 <sup>e</sup> kompartiment (m <sup>3</sup> /s)
0.504	stroomsnelheid van het 1 <sup>e</sup> kompartiment (m/s)
.6889329806	looptijd tot en met het 1 <sup>e</sup> kompartiment (dag)
-300.	eindkilometer van het 1 <sup>e</sup> kompartiment (km)
105.	
0.504	
1.837154615	2 <sup>e</sup> kompartiment
-250.	
105.	
0.504	
2.985376249	3 <sup>e</sup> kompartiment
-200.	
127.5	
0.36975	
4.550497828	4 <sup>e</sup> kompartiment
-150.	
127.5	
0.36975	
6.115619407	5 <sup>e</sup> kompartiment
-100.	
150.	
0.435	
7.445972748	6 <sup>e</sup> kompartiment
-50.	
150.	
0.435	
8.77632609	7 <sup>e</sup> kompartiment
0.	
DAGEN	
8.	
UREN	totale looptijd
19.	

fig. 4 uitvoer voorbeeldberekening

### 2.3.3 LOOPTIJDBEREKENING BENEDENSTROOMS VAN LOBITH

Lobith-Kampen (IJssel)	datakaartje	ongestuwd	(9)
	datakaartje	gestuwd	(10)
	programmakaartje		(11)
Lobith-Gorinchem (Waal)	datakaartje	ongestuwd	(12)
	datakaartje	gestuwd	(13)
	programmakaartje		(14)
Lobith-Vreeswijk (Nederrijn/Lek)	datakaartje	ongestuwd	(15)
	programmakaartje	ongestuwd	(16)
	datakaartje	gestuwd	(17)
	programmakaartje	gestuwd	(18)

#### BENODIGDE INVOERGEGEVENS

- A Debiet Lobith (m<sup>3</sup>/s) (zie bijlage III)
- B Debiet Nederrijn/Lek indien gestuwd (zie bijlage III)
- C De plaats (km) van de kalamiteit of het begin van de vervolg berekening (zie bijlage I)
- D De plaats tot waar de berekening uitgevoerd moet worden (km) (zie bijlage I)

#### BEGRENZINGEN

	IJssel	Nederrijn/ Lek	Waal
kalamiteitskilometrage	>780	>780	>780
waarnemingskilometrage	<996	<984	<956

#### PRINTUITVOER

Het programma geeft als uitvoer het debiet (m<sup>3</sup>/s) en de stroomsnelheid (m/s) per kompartiment, de looptijd (dag) tot het einde van ieder kompartiment (= waarnemingskilometrage van het laatst berekende kompartiment) en het eindkilometrage (km) van het betreffende kompartiment.

#### VULLEN GEHEUGENS T.B.V AANSLUITENDE CONCENTRATIEBEREKENING

In geheugenplaats 11 wordt de stroomsnelheid (m/s) t.p.v. het waarnemingskilometrage opgeslagen.

In geheugenplaats 10 wordt de looptijd (dag) tot het waarnemingskilometrage opgeslagen.

In geheugenplaats 00 wordt het debiet (m<sup>3</sup>/s) van het waarnemingskompartment opgeslagen.

Tevens wordt aan geheugenplaats 44 de massa-verdeelfactor toegekend op basis van de debietverdeling over de zijtakken benedenstreams van de kalamiteit.

Bij een aansluitende concentratie berekening (par. 3.3) worden deze gegevens rechtstreeks gebruikt.

VOORBEELD

Alvorens de berekening kan worden uitgevoerd dient de calculator eerst te worden geladen met het datakaartje (vullen van de geheugens) en het programmakaartje.

In onderstaand voorbeeld is aangegeven hoe dit kan worden gedaan.

AKTIE	INTOETSEN	DISPLAY
verdelen programmastappen/ geheugen plaatsen *)	CLR 8 2nd OP17	0 319.79
schoonmaken display	CLR	0
inlezen datakaartje-bank 1 (17)	-	1
schoonmaken display	CLR	0
inlezen datakaartje-bank 2 (17)	-	2
starten vullen van geheugens	A	0
schoonmaken van display	CLR	0
inlezen programma-kaartje-bank 1 (18)	-	1
schoonmaken display	CLR	0
inlezen programma-kaartje-bank 2 (18)	-	2

\*) Niet nodig bij aansluitende berekeningen.

Berekenen van het traject Lobith (863 km) - Krimpen (956 km), bij gestuwde Nederrijn/Lek (zie uitvoer fig. 5)

Debiet Lobith 1000 m<sup>3</sup>/s

Debiet Nederrijn/Lek 25 m<sup>3</sup>/s

AKTIE	INTOETSEN	DISPLAY
invoeren debiet Lobith	1000	
starten van de berekening	A	0
invoeren debiet Nederrijn/Lek	25	
vervolgen van de berekening	B	0
invoeren kilometrage Lobith/ plaats kalamiteit (indien benedenstrooms van Lobith).	863	
vervolgen van de berekening	C	0
invoeren kilometrage Krimpen	956	
vervolgen van de berekening	D	
einde berekening		19.3980763

Bij berekening van de Waal, IJssel en Nederrijn/Lek ongestuwd wordt onder LABEL A niets ingevoerd.

Indien de berekening plaatsvindt aansluitend op een looptijdberekening tot Lobith is het mogelijk deze looptijd, die is opgeslagen in geheugenplaats 10, als startwaarde voor de berekening te gebruiken. Het programma wordt dan gestart met 2ND (LABEL) B i.p.v. (LABEL) B, of met 2ND (LABEL) A i.p.v. (LABEL) A voor berekening van de Nederrijn/lek (gestuwd).

	INVOER	
1000.	debiet Lobith <sub>3</sub> (m <sup>3</sup> /s)	
25.	debiet Lek (m <sup>3</sup> /s)	
863.	kalamiteitskilometrage (km)	
956.	waarnemingskilometrage (km)	
	UITVOER	
1000.	debiet van het 1 <sup>e</sup> kompartiment (m <sup>3</sup> /s)	
.7765976643	stroomsnelheid van het 1 <sup>e</sup> kompartiment (m/s)	
.0596142616	looptijd tot en met het 1 <sup>e</sup> kompartiment (dag)	
867.	eindkilometer van het 1 <sup>e</sup> kompartiment (km)	
237.5		
0.414197086		2 <sup>e</sup> kompartiment
.3669916409		
873.		
25.		
0.07		
2.847150371		3 <sup>e</sup> kompartiment
893.		
25.		
0.05		
9.560113334		4 <sup>e</sup> kompartiment
922.		
25.		
0.04		
18.24066889		5 <sup>e</sup> kompartiment
952.		
25.		
0.04		
19.3980763		6 <sup>e</sup> kompartiment
984.0000001		
DAGEN		
19.		
UREN	totale looptijd	
10.		

fig. 5 uitvoer voorbeeldberekening



## 2.4 BEREKENINGS RESULTATEN

In onderstaande tabellen zijn enkele berekeningsresultaten opgenomen van de looptijd (dag) over de trajekten Keulen/Koblenz/Mainz/Mannheim tot Lobith, en van de zijrivieren Neckar, Main en Moezel, bij verschillend afvoerregiem (m<sup>3</sup>/s).

Keulen 695 km

Lobith 865 km

		Qrheinfeld					
Q lobith	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
500	2.94						
1000	2.25	2.24	2.23				
1500	1.91	1.91	1.90	1.90	1.89		
2000	1.71	1.71	1.70	1.70	1.69	1.69	1.69
2500	1.56	1.56	1.56	1.56	1.55	1.55	1.55
3000	1.46	1.45	1.45	1.45	1.44	1.44	1.44
3500	1.37	1.37	1.37	1.36	1.36	1.36	1.36
4000	1.30	1.30	1.30	1.29	1.29	1.29	1.29
4500	1.24	1.24	1.24	1.23	1.23	1.23	1.23
5000	1.19	1.19	1.19	1.18	1.18	1.18	1.18

Koblenz 595 km

Lobith 865 km

		Qrheinfeld					
Q lobith	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
500	4.62						
1000	3.56	3.53	3.50				
1500	3.05	3.03	3.01	2.99	2.98		
2000	2.73	2.71	2.70	2.69	2.68	2.67	2.65
2500	2.50	2.49	2.48	2.47	2.46	2.45	2.44
3000	2.33	2.32	2.31	2.30	2.30	2.29	2.28
3500	2.19	2.18	2.17	2.17	2.16	2.16	2.15
4000	2.08	2.07	2.07	2.07	2.06	2.05	2.05
4500	1.98	1.98	1.97	1.97	1.96	1.96	1.96
5000	1.90	1.90	1.89	1.89	1.89	1.88	1.88

Mainz 500 km  
 Lobith 865 km

		Rheinfelden					
Q lobith	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
500	5.82						
1000	4.59	4.49	4.41				
1500	3.96	3.90	3.85	3.80	3.75		
2000	3.57	3.52	3.48	3.44	3.41	3.37	3.34
2500	3.29	3.25	3.21	3.18	3.15	3.12	3.10
3000	3.07	3.04	3.01	2.98	2.96	2.94	2.92
3500	2.89	2.87	2.84	2.82	2.80	2.78	2.76
4000	2.75	2.73	2.71	2.69	2.67	2.65	2.64
4500	2.63	2.61	2.59	2.57	2.56	2.54	2.53
5000	2.52	2.51	2.49	2.48	2.46	2.45	2.44

Mannheim 430 km  
 Lobith 865 km

		Rheinfelden					
Q lobith	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
500	7.22						
1000	5.85	5.64	5.47				
1500	5.13	4.98	4.85	4.74	4.65		
2000	4.65	4.53	4.43	4.35	4.27	4.21	4.15
2500	4.30	4.21	4.13	4.06	3.99	3.93	3.88
3000	4.03	3.96	3.89	3.83	3.77	3.72	3.68
3500	3.82	3.75	3.69	3.64	3.59	3.55	3.51
4000	3.64	3.58	3.52	3.48	3.44	3.40	3.36
4500	3.48	3.43	3.38	3.34	3.30	3.27	3.24
5000	3.35	3.30	3.26	3.22	3.19	3.16	3.13

Basel 170 km  
 Lobith 865 km

		Qrheinfeldern					
Q lobith	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
500	11.55						
1000	10.08	8.78	8.03				
1500	9.28	8.06	7.37	6.91	6.58		
2000	8.74	7.57	6.92	6.49	6.17	5.93	5.73
2500	8.33	7.21	6.59	6.17	5.87	5.64	5.45
3000	8.01	6.92	6.32	5.92	5.63	5.41	5.23
3500	7.76	6.68	6.09	5.71	5.43	5.22	5.05
4000	7.54	6.48	5.91	5.53	5.26	5.06	4.89
4500	7.35	6.31	5.74	5.38	5.12	4.91	4.75
5000	7.19	6.15	5.60	5.24	4.99	4.79	4.63

Neckar

		km t.o.v. monding			
Q Neckar	180	150	100	50	
75	7.75	6.60	4.68	2.34	
100	5.81	4.95	3.51	1.75	
125	4.65	3.96	2.81	1.40	
150	3.87	3.30	2.34	1.17	
200	2.91	2.47	1.75	0.88	
250	2.32	1.98	1.40	0.70	
300	1.94	1.65	1.17	0.58	
350	1.66	1.41	1.00	0.50	

Main

		km t.o.v. monding						
Q Main	400	350	300	250	200	150	100	50
100	15.58	13.85	12.13	10.41	8.69	6.34	3.99	2.00
125	12.46	11.08	9.70	8.33	6.95	5.07	3.19	1.60
150	10.38	9.24	8.09	6.94	5.79	4.22	2.66	1.33
175	8.90	7.92	6.93	5.95	4.96	3.62	2.28	1.14
200	7.79	6.93	6.07	5.20	4.34	3.17	1.99	1.00
250	6.23	5.54	4.85	4.16	3.48	2.54	1.60	0.80
300	5.19	4.62	4.04	3.46	2.90	2.11	1.33	0.67
400	3.89	3.46	3.03	2.60	2.17	1.58	1.00	0.50

Moezel

		km t.o.v. monding				
Q Main	300	250	200	150	100	50
150	11.07	9.39	7.72	5.79	3.86	1.93
200	8.30	7.05	5.79	4.34	2.89	1.45
250	6.64	5.64	4.63	3.47	2.31	1.16
300	5.54	4.70	3.86	2.89	1.93	0.96
350	4.74	4.03	3.31	2.48	1.65	0.82
400	4.15	3.52	2.89	2.17	1.45	0.72
500	3.32	2.82	2.31	1.74	1.16	0.58
600	2.77	2.35	1.93	1.45	0.96	0.48

### 3. BEREKENING VAN HET CONCENTRATIEVERLOOP

#### 3.1 ALGEMENE ACHTERGROND INFORMATIE

Voor het bepalen van de verspreiding van stoffen afkomstig van een tijdelijke lozing, dient te worden nagegaan in hoeverre het een 'akute' lozing betreft of een meer gespreide lozing in de tijd. Bij een 'akute' lozing (c.q. pulslozing) wordt de verspreiding volledig bepaald door dispersie-verschijnselen in de rivier welke een gevolg zijn van turbulentie en stromingsgradienten. Bij een frontlozing, die gedurende een bepaalde periode plaats vindt, is de verspreiding tevens afhankelijk van de lozingstijd.

#### PULSLOZING

Voor een pulslozing kan via een analytische oplossing van de massatransportvergelijking voor een een-dimensionale rivier worden afgeleid dat de concentratie-verdeling over de rivier op het tijdstip  $t$  na de lozing gelijk is aan (lit. 3),

$$c(x,t) = \frac{M}{2A \cdot \text{SQRT}(\pi Dt)} \cdot e^{-\frac{(x-vt)^2}{4Dt}} \quad (6)$$

verklaring symbolen:

c	concentratie	g/m <sup>3</sup>
M	hoeveelheid geloosde stof	g
A	oppervlak dwarsdoorsnede	m <sup>2</sup>
D	dispersie coëfficiënt	m <sup>2</sup> /s
t	tijd na lozing	s
v	stroomsnelheid	s
x	afstand tot lozingsplaats	m

In figuur 5a is schematisch weergegeven hoe het concentratieverloop over de rivier zich in de tijd ontwikkeld. Figuur 5b geeft het concentratieverloop op een bepaalde plaats benedenstrooms van de lozingsplaats.

Opgemerkt dient te worden dat de vergelijking is afgeleid voor een rivier waarin zowel het debiet als de stroomsnelheid konstant is. Voor een willekeurige rivier zal deze vergelijking niet in zijn algemeenheid kunnen worden toegepast. Wel is de vergelijking toepasbaar voor het verloop van de concentratie in de tijd op een bepaalde plaats in de rivier, mits het debiet stationair is. In dat geval kan de vergelijking als volgt worden getransformeerd:

$$c(x_1, t') = \frac{M}{2A_1 \cdot \text{SQRT}(\pi D(LT+t'))} \cdot e^{-\frac{(v_1 \cdot t')^2}{4D(LT+t')}} \quad (7)$$

Waarbij  $LT$  de looptijd is van de plaats van lozing tot  $x=x_1$  en  $t'$  de tijd ten opzichte van het passeren van de maximale concentratie.  $v_1$  en  $A_1$  zijn respectievelijk de stroomsnelheid en het oppervlak van de dwarsdoorsnede op  $x=x_1$ ,  $D$  is de 'overall' dispersiecoëfficiënt voor het traject van  $x=0$  tot  $x=x_1$ . De stroomsnelheid  $v_1$  wordt door het looptijdprogramma ter plaatse van het waarnemingskilometrage berekend en opgeslagen in het geheugen. De dwarsdoorsnede  $A_1$  kan via vergelijking  $A_1 = Q_1/v_1$  op eenvoudige wijze worden bepaald.

De 'overall' dispersiecoëfficiënt  $D$  is afhankelijk van diverse factoren, waaronder de stroomsnelheid, het afvoerregiem, de geometrie en de ruwheid van het totale stroomtraject. Een karakteristieke vergelijking voor de dispersiecoëfficiënt is (lit. 5),

$$D = k.v.H \quad (8)$$

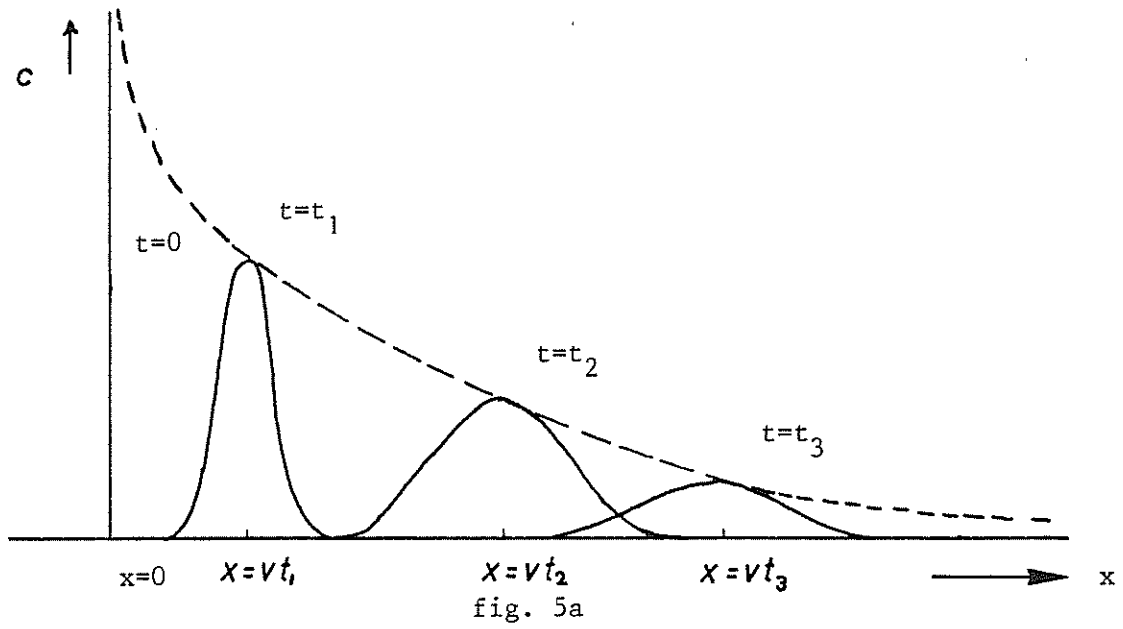
waarbij  $v$  de gemiddelde stroomsnelheid is,  $H$  de gemiddelde diepte en  $k$  een konstante die voor natuurlijke waterlopen kan variëren tussen 10 - 60

De orde grootte van dispersiecoëfficiënt voor de Rijn is bij:

$$(Q_{lobith} = 1000 \text{ m}^3/\text{s}) \quad D = 25 - 150 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$(Q_{lobith} = 2200 \text{ m}^3/\text{s}, \quad v = 1.2 \text{ m/s}, \quad H = 5 \text{ m}) \quad D = 50 - 300 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$(Q_{lobith} = 4000 \text{ m}^3/\text{s}) \quad D = 100 - 600 \text{ m}^2/\text{s}$$



concentratieverloop over de rivier

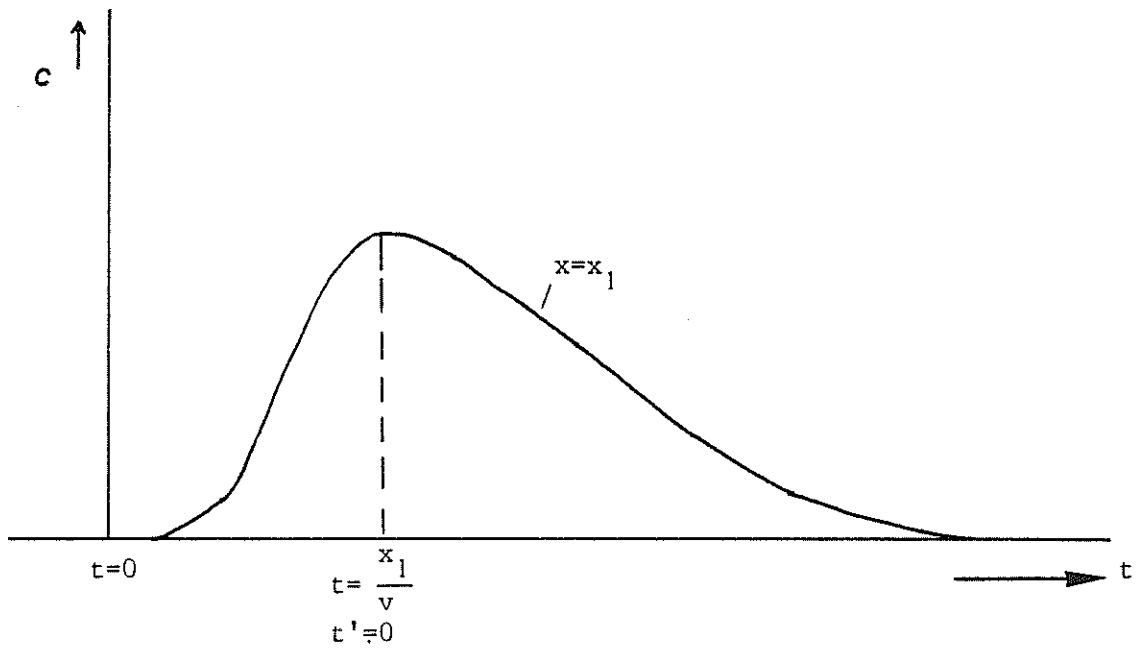


fig. 5b

concentratieverloop op een vaste plaats

### FRONTLOZING

Indien wordt verondersteld dat een lozing plaatsvindt over een eindig tijdsinterval kan op basis van een theoretische beschouwing van de massatransportvergelijking de navolgende vergelijking worden afgeleid van het concentratieverloop op een bovenstroomse lokatie (lit. 3)

$$c = \frac{M}{2.Q.\Delta t} \left( \operatorname{erf}\left(\frac{v.(t'-\Delta t)}{2.SQRT(D(LT+t'-\Delta t))}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{v.t'}{2.SQRT(D(LT+t'))}\right) \right) \quad (9)$$

waarbij,

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\pi} \int_0^x e^{-z^2} dz$$

Aangezien de error-functie, erf(x), niet analytisch oplosbaar is, is gebruik gemaakt van de volgende benadering (lit. 4),

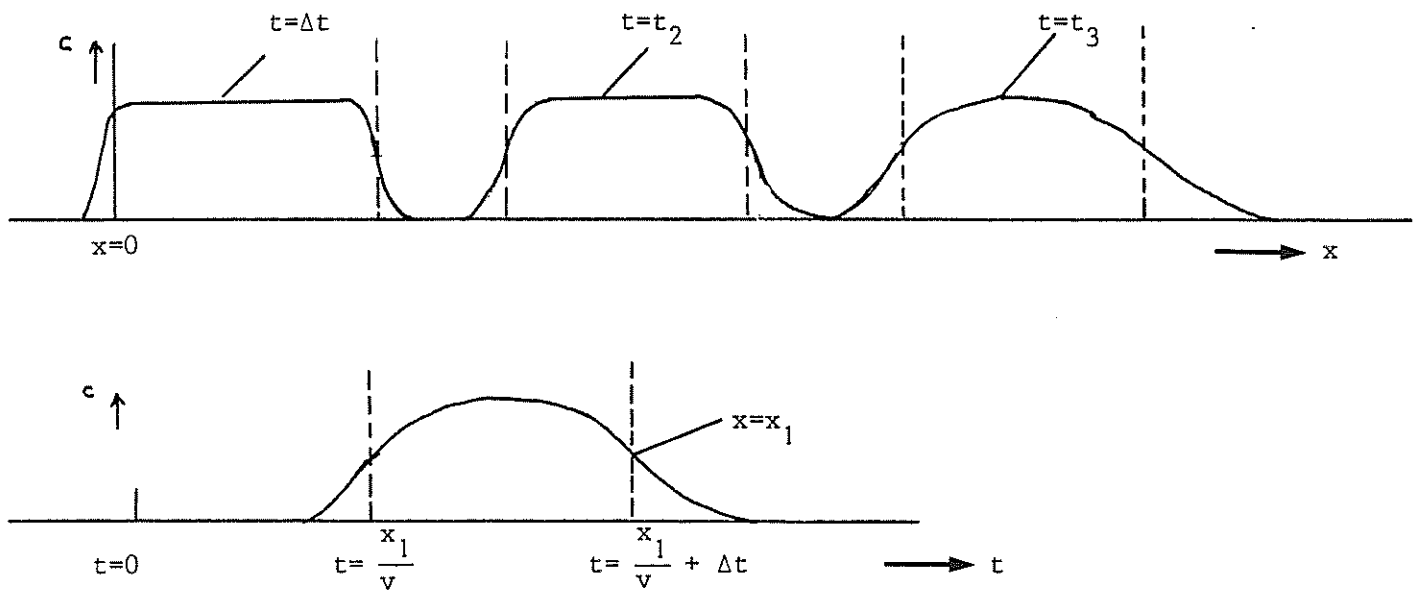
$$\operatorname{erf}(x) = 1 - (A.y + B.y^2 + C.y^3) \cdot e^{-x^2} \quad (10)$$

waarbij, 
$$y = \frac{1}{1 + P x}$$

$$\begin{aligned} P &= 0.47047 \\ A &= 0.3480242 \\ B &= -0.0958798 \\ C &= 0.7478556 \end{aligned}$$

De afwijking van deze benadering t.o.v. de exacte oplossing is kleiner dan  $2.5 \times 10^{-5}$ .





Figuur 6 Koncentratieverloop van een lozing die plaatsvindt over een periode  $\Delta t$

In figuur 6 is het principe van de frontlozingen weergegeven. Indien de lozingduur  $\Delta t$  klein is t.o.v. de verspreiding door dispersie, gaat de vergelijking (9) van de frontlozing over in de vergelijking (7) van de pulslozing.

Vanwege de reeksbenadering voor de erf(x) zal de benadering op basis van vergelijking (10) met  $\Delta t \rightarrow 0$  aanleiding kunnen zijn voor afwijkingen.

Als criterium voor minimale waarden voor  $\Delta t$  kan de volgende relatie worden gebruikt,

$$\Delta t > 10^{-3} \cdot \frac{1}{v} \cdot \text{SQRT}(D \cdot L_T)$$

Zodat voor,

$$v = 1 \text{ m/s}, \quad D = 100 \text{ m}^2/\text{s}, \quad L_T = 10 \text{ dagen},$$

$\Delta t$  groter moet zijn dan,

$$10^{-3} \cdot \frac{1}{1} \cdot \text{SQRT}(100 \cdot 10 \cdot 86400) \cdot \frac{1}{3600} = 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ uur}$$

#### VERDELING VAN DE GELÖOSDE MASSA OVER DE ZIJTAKKEN

Omdat de Rijn benedenstrooms van Lobith zich vertakt in de rivieren Waal, Nederrijn/Lek en IJssel wordt de verdeling van de geloosde massahoeveelheid over deze rivieren bepaald op basis van de debietverdeling. Bij het bepalen van de verdeelfactor (f) wordt onderscheid gemaakt in:

- lozing bovenstrooms van de Pannerdense Kop
- lozing op het Pannerdens Kanaal
- lozing op Waal, Nederrijn/Lek of IJssel

#### INVLOED VAN PROCESSEN EN SPECIFIEKE EIGENSCHAPPEN VAN DE GELÖOSDE STOF.

Naast transport-processen kan de concentratie van een stof beïnvloed worden door processen als;

- afbraak
- verdamping
- bezinking

Indien bekend is welke stof is geloosd, dient te worden nagegaan in hoeverre de stof kan worden beïnvloed door bovengenoemde processen.

Hiertoe is in bijlage IV een inventarisatie van stoffen opgenomen, die in het stroomgebied van de Rijn een kalamiteit zouden kunnen veroorzaken. Deze inventarisatie bevat zowel informatie m.b.t. het

gedrag , alsmede informatie m.b.t. de toelaatbare (ofwel meetbare) concentraties (lit. 6)

Met betrekking tot het gedrag van een stof is het van belang te weten hoe snel de reductie van die stof in het oppervlaktewater plaatsvindt.

Indien wordt aangenomen dat de reductie van een stof met een eenvoudig 1ste orde proces kan worden beschreven, dan is de reductie ( $R_f$ ) t.o.v. de concentratie van een conservatieve stof analytisch af te leiden uit de tijdsduur ( $LT+t'$ ) na lozing:

$$R_f = e^{-K(LT+t')} \quad (7)$$

Waarin  $K$  een reductie konstante (dag<sup>-1</sup>) is, die specifiek is voor een bepaalde stof.

Aangezien in bijlage IV in plaats van de reductie konstante de halveringstijd ( $t/2$ ) wordt genoemd is het noodzakelijk deze om te rekenen volgens,

$$K = \frac{\ln 2}{t/2} = \frac{0.693}{t/2}$$

Opmerking:

Indien er sprake is van reductie van een stof door bezinking, dan is een 1ste orde beschrijving veelal niet mogelijk vanwege een vertraagde nalevering door het sediment. In dat geval zal een meer geavanceerde aanpak noodzakelijk zijn.

Met betrekking tot de gevolgen van een bepaalde stof voor het gebruik van het oppervlaktewater is het noodzakelijk te beschikken over gegevens ten aanzien van de maximaal toelaatbare concentratie (kalamiteitsgrens).

Als kalamiteitsgrens kan bijvoorbeeld de LC-50 of de DRC waarde worden gebruikt (zie bijlage IV).

Met een dergelijke kalamiteitsgrens kan via de concentratie-berekeningen nagegaan worden tot hoever benedenstrooms een kalamiteit zich als zodanig kan manifesteren.

## 3.2 HULPMIDDELEN

### A. CALCULATOR-PROGRAMMA

Het programma kan zowel voor het bovenstroomse deel van de Rijn als het benedenstroomse deel en de zijrivieren Neckar, Main en Moezel het concentratie verloop berekenen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de met het looptijdprogramma berekende looptijd, de stroomsnelheid, het debiet, de geloosde massa, de 'overall' dispersie en de afbraakeigenschappen van de geloosde stof. Bij de berekening van het concentratieverloop dient een keuze te worden gemaakt m.b.t. het tijdsinterval t.o.v. het passeren van het lozingsfront alsmede de tijdstap dt waarmee dit interval doorlopen wordt.

### B. BIJLAGEN

Voor de koncetratie berekening is in verband met de reductiesnelheid en de kalamiteitsgrens van de geloosde stof de volgende bijlage van belang:

Bijlage IV    Specifieke eigenschappen van enkele stoffen

### 3.3 GEBRUIKSAANWIJZING REKENPROGRAMMA

De berekening van het concentratie verloop volgt direct op de berekening van de looptijd van de geloosde stof. De gegevens die door het looptijdprogramma worden berekend en die voor de concentratie berekening nodig zijn, worden in geheugenplaatsen opgeslagen en door het concentratie programma aangeroepen. Er is een programma-kaartje voor de berekening op basis van een pulslozing ( $\Delta t = 0$ ), en een programmakaartje voor de berekening op basis van een frontlozing.

De stroomschema's van het pulslozingsprogramma en het frontlozingsprogramma zijn weergegeven in resp. de figuren 7 en 8.

Voor de berekening zijn de volgende gegevens nodig:

- A massa van de geloosde stof (ton)
- A' lozingsduur (uur) (alleen frontlozing)
- B dispersie coefficient ( $m^2/s$ ) (zie par. 3.1)
- C reductie konstante (dag<sup>-1</sup>) (zie bijlage IV)
- D tijdstap (uren)
- E ondergrens van het gekozen tijdsinterval (uren)
- E' bovengrens van het gekozen tijdsinterval (uren)

#### TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN

Beide concentratieprogramma's kunnen zowel aansluitend op een looptijdberekening (zie hoofdstuk 2) worden gebruikt, als ook afzonderlijk, mits de geheugenplaatsen 00, 10, 11, 44 de juiste waarden krijgen toegekend.

Deze geheugenplaatsen omvatten:

- 00 debiet ter plaatse van het waarnemingskilometrage
- 10 looptijd tot het waarnemingskilometrage
- 11 stroomsnelheid ter plaatse van het waarnemingskilometrage
- 44 verdeelfaktor \*)

- \*) bovenstrooms van Lobith = 1
- benedenstrooms van Lobith volgens debietverdeling (par. 2.3.3)

Over het algemeen kan ook voor een beschouwing van een pulslozing gebruik worden gemaakt van het frontlozingsprogramma. De lozingsduur dient echter te worden gekozen overeenkomstig vgl. (10), (par. 3.1).

#### PRINTUITVOER

Het programma geeft als uitvoer de berekende concentraties op iedere tijdstap ( $\Delta t$ ) gerekend vanaf het begin van het gekozen tijdsinterval tot het eind van dit interval. Het is derhalve aan te bevelen afgeronde getallen te kiezen voor zowel de tijdstap (b.v. 1 uur), de begintijd ( $t_1$ ) t.o.v. het passeren van het lozingsfront (b.v. -5 uur) en de eindtijd ( $t_2$ ) t.o.v. het passeren van het lozingsfront (b.v. 5 uur). Uit symmetrie overwegingen is het bij een eindige lozingsduur aan te bevelen de eindtijd van het interval te kiezen volgens  $-t_1 + \Delta t$  (b.v.  $5 + \Delta t$  uur)

Aan het eind van de berekening vindt op basis van de berekende concentraties en de tijdstap een berekening plaats van de

hoeveelheid geloosde stof die gedurende het gekozen tijdsinterval is gepasseerd.

Indien de reductiekonstante gelijk aan nul is gekozen, kan op deze wijze een controle plaatsvinden met betrekking tot de juiste keuze van de tijdstap en het tijdsinterval.

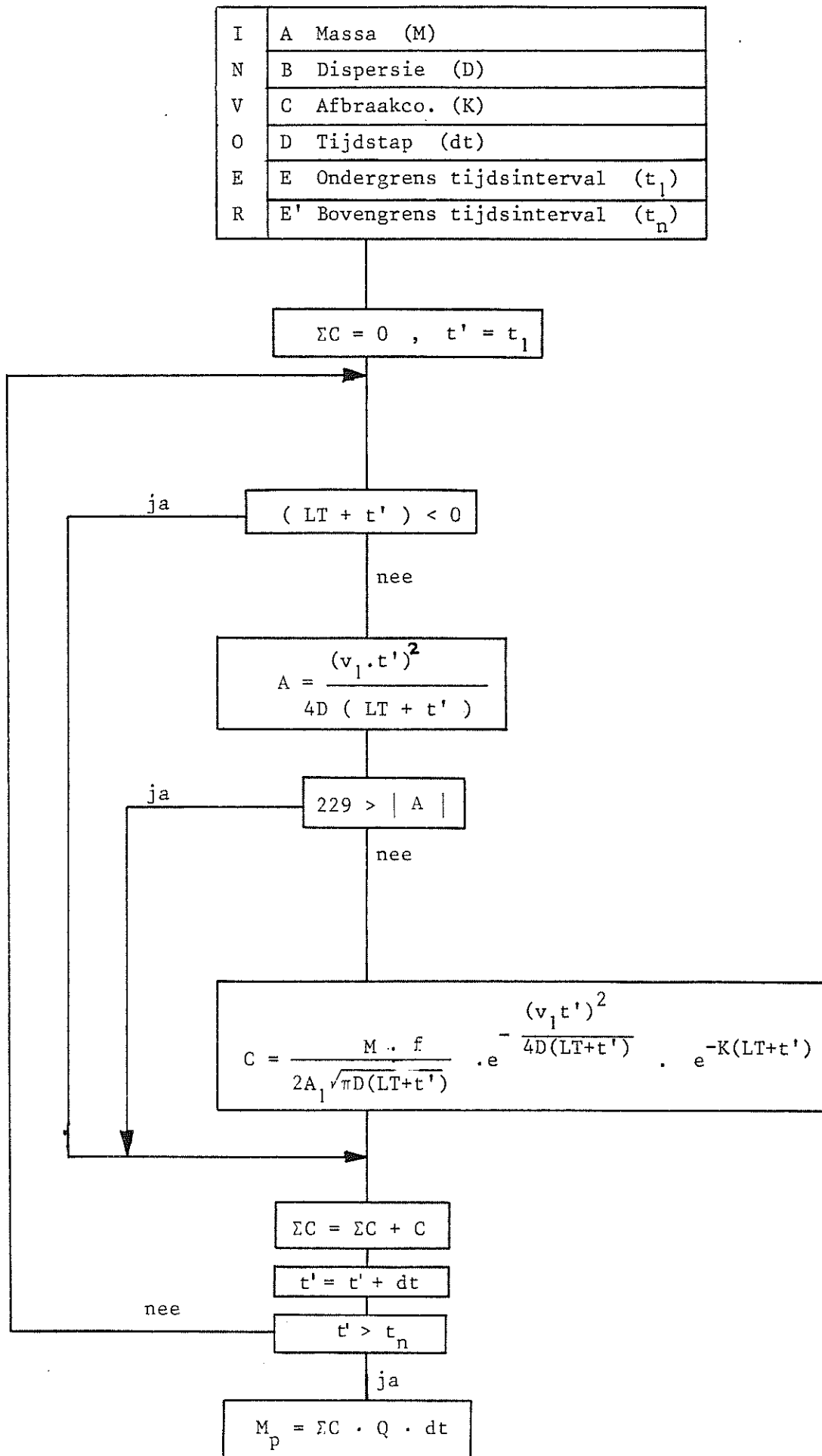


fig. 7 stroomschema pulslozing

I	A	Massa (M)
N	A'	Lozingduur ( $\Delta t$ )
V	B	Dispersiecoefficient (D)
O	C	Afbraakcoefficient (K)
E	D	Tijdstap (dt)
R	E	Ondergrens tijdsinterval ( $t_1$ )
	E'	Bovengrens tijdsinterval ( $t_n$ )

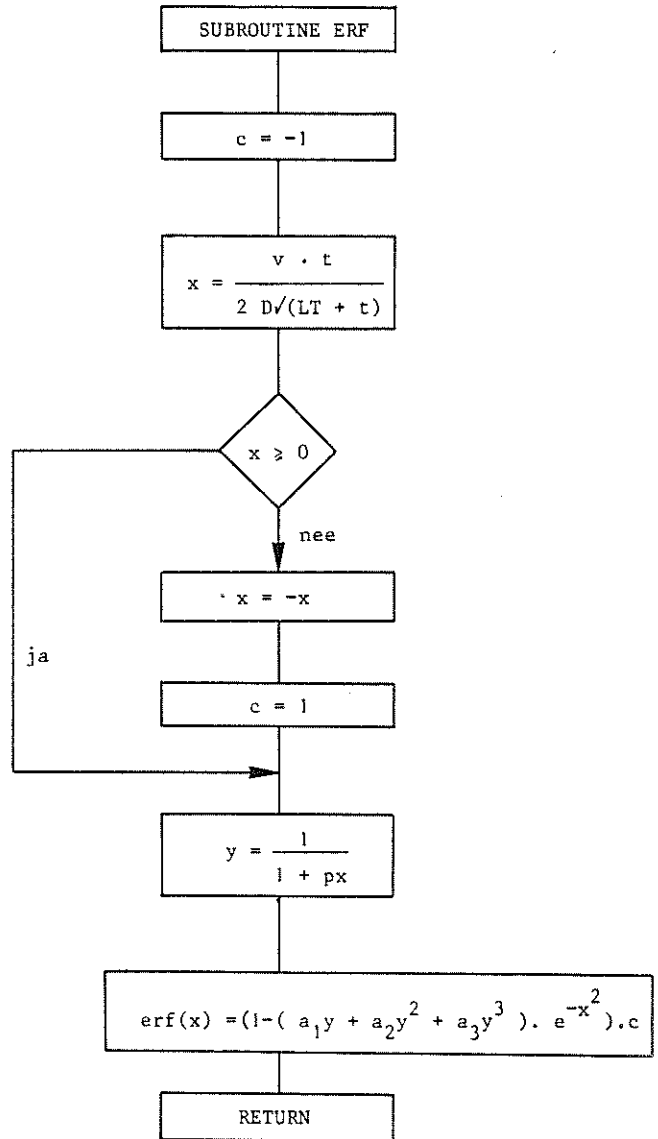
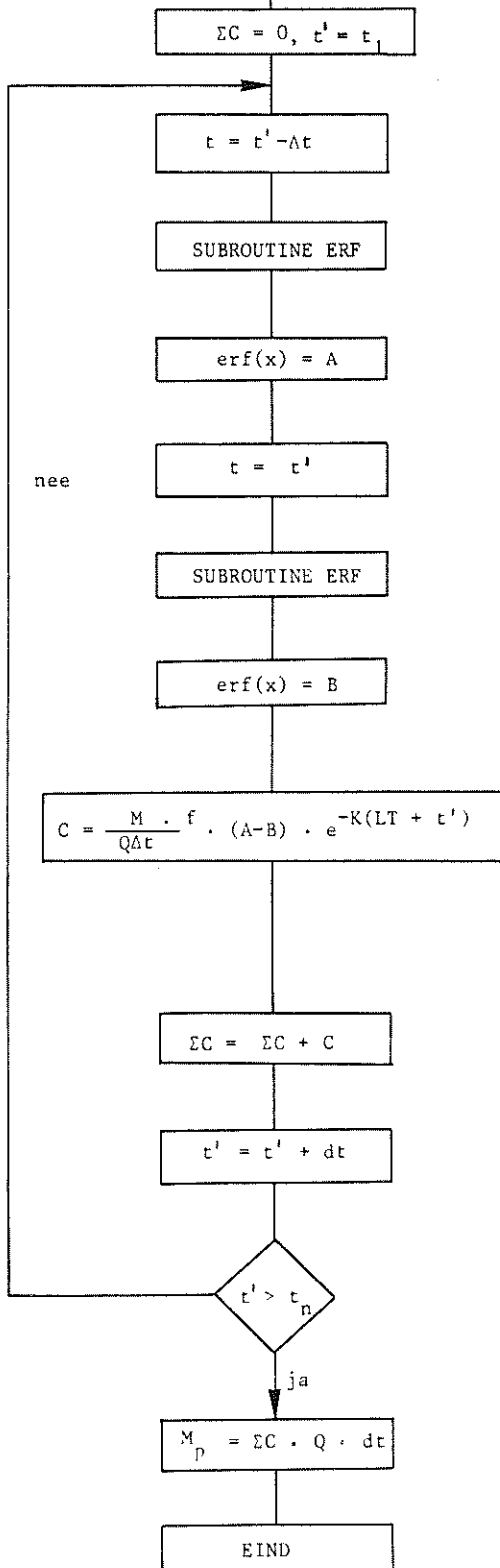


fig. 8 stroomschema frontlozingsprogramma



VOORBEELD

Alvorens de berekening kan worden uitgevoerd dient de calculator eerst te worden geladen met het datakaartje (vullen van de geheugens) en het programmakaartje.

In onderstaand voorbeeld is aangegeven hoe dit kan worden gedaan.

AKTIE	INTOETSEN	DISPLAY
verdelen programmastappen/ geheugen plaatsen *)	8 2nd OP17	0 319.79
schoonmaken display	CLR	0
inlezen programma-kaartje-bank 1	-	1
schoonmaken display	CLR	0
inlezen programma-kaartje-bank 2	-	2

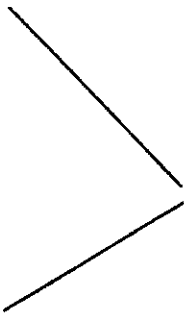
\*) Niet nodig voor aansluitende berekeningen.

Berekening van het concentratieverloop te Lobith in geval van een lozing op de Rijn met de looptijdgegevens van het voorbeeld zoals beschreven in par. 2.3.1 De berekening gaat als volgt (zie uitvoer fig. 9):

AKTIE	INTOETSEN	DISPLAY
invoeren massa geloosde stof	10	
starten van de berekening	A	0
invoeren lozingsduur	1	
vervolgen van de berekening	A'	0
invoeren dispersiecoefficient	100	
vervolgen van de berekening	B	0
invoeren reductie konstante	0	
vervolgen van de berekening	C	0
invoeren tijdstap (dt)	2	
vervolgen van de berekening	D	0
invoeren ondergrens tijdsinterval	-10	
vervolgen van de berekening	E	0
invoeren bovengrens tijdsinterval	10	
vervolgen van de berekening	E'	
einde berekening		9.999340326

INVOER	
10.	geloosde massa (ton)
1.	lozingsduur (uur)
100.	dispersie-coëfficiënt ( $m^2/s$ )
0.	afbraak-coëfficiënt ( $dag^{-1}$ )
2.	tijdstap (uur)
-10.	ondergrens tijdsinterval (uur)
10.	bovengrens tijdsinterval (uur)

---

UITVOER	
.0000638837	
.0010774109	
.0095893449	
.0461256365	
.1225728443	
.1836171422	
.1584694832	
.0603399277	
.0243796546	
.0045164392	
0.000519768	concentratie (mg/l) per tijdstap
9.999340326	massa (ton) van de gepasseerde stof

---

4.1 GENAPOL LOZING, MEI 1980

Berekening van de looptijd tot Lobith van een geloosde stof en het concentratieverloop ter plaatse van Lobith, met de gegevens zoals het zich heeft voorgedaan op 10 mei 1980.

Benodigde gegevens:

- plaats van lozing: ter hoogte van Hoechst op de Main, 20km vanaf de monding met de Rijn
- plaats Main-monding op de Rijn: (497 km)
- plaats van waarneming: Lobith (863 km).
- debiet Lobith: 2325 m<sup>3</sup>/s (opgave RIZA).
- debiet Basel : 1200 m<sup>3</sup>/s (opgave AWBR).
- debiet Main : 180 m<sup>3</sup>/s (opgave ARW).
- massa van de geloosde stof: 20 ton Genapol

Als eerste wordt de looptijd op de Main berekend vanaf de plaats van lozing tot de monding met de Rijn. Hiertoe wordt eerst het data-kaartje (5) en het programma-kaartje (6) ingelezen. Daarna wordt achtereenvolgens ingevoerd:

- debiet aan de Main-monding: 180 m<sup>3</sup>/s (LABEL B)
- plaats van lozing ten opzichte van de Main-monding: 20 km (LABEL C)
- plaats van waarneming ten opzichte van de Main-monding: 0 km (LABEL D)

```

180.
-20.
  0.

180.
  0.522
.4434511139
  0.
DAGEN
  0.
UREN
  11.

```

Na de berekening van de looptijd tot de Main-monding kan eventueel (als tussenberekening) een berekening worden uitgevoerd van het concentratieverloop ter plaatse van de Main-monding Achtereenvolgens wordt dan ingevoerd:

- massa van de geloosde stof: 20 ton (LABEL A)
- lozingsduur: ca. 1 uur (LABEL A')
- dispersiecoëfficiënt: 200 m<sup>2</sup>/s (LABEL B)
- reductiecoëfficiënt: .4 (LABEL C)
- tijdstap: 1 uur (LABEL D)
- ondergrens van het tijdsinterval: -7 uur (LABEL E)
- bovengrens van het tijdsinterval: 8 uur (LABEL E')

20.  
1.  
200.  
0.4  
1.  
-7.  
8.

.0000001383  
.0001875028  
.0136551013  
.1950427707  
1.007416406  
2.638229127  
4.302014271  
4.987655644  
4.495686646  
3.348715174  
2.151574285  
1.230114461  
.6407082289  
.3094246827  
.1404477785  
.0605079766

16.53788029

De looptijdberekening wordt voortgezet met de berekening van het traject Main-monding (497 km)-Lobith (863 km).  
 Deze looptijd moet opgeteld worden bij de looptijd van het traject op de Main.  
 Achtereenvolgens moet worden ingevoerd:

- debiet Basel: 1200 m<sup>3</sup>/s (LABEL A')
- debiet Lobith: 2325 m<sup>3</sup>/s (LABEL B)
- kilometrage Main-monding: 497 km (LABEL C)
- kilometrage waarnemingspunt: 863 km (LABEL D)

```

1200.
2325.
497.
863.

1542.
.8292518059
.4853228614
500.
1689.375
1.661534452
.6942997031
530.
1737.75
1.443170952
1.25569209
600.
2129.25
1.2222654
1.823853836
660.
2227.125
1.222604146
2.48652555
730.
2227.125
1.440926315
2.888144771
780.
2325.
1.132763793
3.736201669
870.
DAGEN
3.
UREN
18.

```

Na berekening van de totale looptijd van het traject Hoechst-Lobith, kan het concentratieverloop berekend worden ter plaatse van Lobith. De berekening gaat op de zelfde wijze als de berekening van het concentratieverloop aan de Main-monding. Van de invoergegevens kan alleen de dispersiecoefficient verschillend zijn, omdat deze afhankelijk is van het doorlopen traject.

20.  
1.  
200.  
0.4  
1.  
-7.  
8.

.0018886787  
.0050131317  
0.011359687  
.0220935448  
.0370666249  
.0538942246  
.0682154034  
.0755408324  
.0735029889  
.0631041162  
.0479971751  
.0324518673  
.0195807483  
.0105834665  
.0051424786  
.0022537222

4.403494339

#### 4.2 STYREEN LOZING, DECEMBER 1980

Berekenen van de looptijd tot resp. Vreeswijk, Amerongen, en Kampen van een geloosde stof en het concentratieverloop ter plaatse van resp. Vreeswijk, Amerongen en Kampen met de gegevens zoals het zich heeft voorgedaan op 21 december 1980.

Benodigde gegevens:

- plaats van lozing: op de Rijn, (830 km)
- plaats van waarneming: resp. Vreeswijk (950 km), Amerongen (918 km), Kampen (996 km).
- debiet Lobith: 3800 m<sup>3</sup>/s (opgave RIZA).
- massa van de geloosde stof: 10 ton Styreen

Omdat het lozingskilometrage nog valt binnen de begrenzingen van het looptijdprogramma voor benedenstroomse lozingen (zie par. 2.3.3), kunnen de looptijden tot de verschillende waarnemingspunten in een berekening worden uitgevoerd.

Als eerste wordt berekend de looptijd tot aan Vreeswijk en het concentratieverloop bij Vreeswijk. Eerst wordt het data-kaartje (15) en het programma-kaartje (16) ingelezen.

Daarna wordt achtereenvolgens ingevoerd:

- debiet bij Lobith: 3800 m<sup>3</sup>/s (LABEL B)
- plaats van lozing: 830 km (LABEL C)
- Plaats van waarneming: 950 km (LABEL D)

N.B. Omdat bij de berekening van dit traject het programma voor een ongestuwde Nederrijn/Lek is gekozen (debiet Lobith is immers 3800 m<sup>3</sup>/s) wordt onder LABEL A geen debiet voor de Nederrijn/Lek ingevoerd.

```
3800.
830.
950.

3800.
1.324675545
.3232797212
867.
1248.3
1.264300904
.4239794949
878.
674.5
1.083135446
.5842651837
893.
674.5
.8394299708
.9841176548
922.
674.5
.7852731985
1.396807244
950.
DAGEN
..
UREN
10.
```

Na de berekening van de looptijd tot Vreeswijk wordt de concentratieberekening uitgevoerd. Achtereenvolgens wordt dan ingevoerd:

- massa van de geloosde stof: 10 ton (LABEL A)
- lozingsduur: ca. 1 uur (LABEL A')
- dispersiecoëfficiënt: 400 m<sup>2</sup>/s (LABEL B)
- reductiecoëfficiënt: .5 /dag (LABEL C)
- tijdstap: 2 uur (LABEL D)
- ondergrens van het tijdsinterval: -10 uur (LABEL E)
- bovengrens van het tijdsinterval: 10 uur (LABEL E')

10.  
1.  
400.  
0.5  
2.  
-10.  
10.

.0001081724  
.0012639967  
.0068369835  
.0199950883  
.0354870889  
.0417731084  
.0349774615  
.0220116579  
0.010865479  
.0043616924  
.0014661464  
  
.8700083863



Vervolgens wordt berekend de looptijd tot aan Kampen en het concentratieverloop bij Kampen. Eerst wordt het data-kaartje (9) en het programma-kaartje (11) ingelezen. Daarna wordt achtereenvolgens ingevoerd:

- debiet bij Lobith: 3800 m<sup>3</sup>/s (LABEL B)
- plaats van lozing: 830 km (LABEL C)
- Plaats van waarneming: 996 km (LABEL D)

```

319.79
3800.
830.
996.

3800.
1.324675545
.3232797212
867.
1248.3
10.73361811
.3351410352
878.
573.8
1.231050735
.4573642375
891.
573.8
1.104138288
.5726711842
902.
573.8
1.104138288
.6774956813
912.
573.8
1.040682065
.8554416568
928.
573.8
.9772258413
1.056786373
945.
573.8
.9772258413
1.198912054
957.
573.8
.9264608625
1.298854314
965.
573.8
.8630046391
1.513436226
981.
573.8
.7360921922
1.749291344
996.000001
DAGEN
1.
UREN
18.

```

Na de berekening van de looptijd tot Amerongen wordt de concentratieberekening uitgevoerd. Achtereenvolgens wordt dan ingevoerd:

- massa van de geloosde stof: 10 ton (LABEL A)
- lozingsduur: ca. 1 uur (LABEL A')
- dispersiecoefficient: 500 m<sup>2</sup>/s (LABEL B)
- reductiecoefficient: .5 /dag (LABEL C)
- tijdstap: 1 uur (LABEL D)
- ondergrens van het tijdsinterval: -5 uur (LABEL E)
- bovengrens van het tijdsinterval: 5 uur (LABEL E')

10.  
1.  
500.  
0.5  
2.  
-10.  
10.

0.001453375  
.0047993483  
.0110641068  
.0188619156  
.0248676022  
.0263235361  
.0230485546  
.0171280176  
.0110201996  
.0062470132  
.0031676503

.6113756712

## LITERATUUR

### Literatuur

1. Waterloopkundig Laboratorium, Waterkwaliteitsmodel Rijn, Datarapport; gegevensverzameling en analyse t.b.v. de zuurstof- en nutriëntenhuishouding, rapport R1056-VI, Delft, 1981.
2. Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes, Das Rheingebiet, Hydrologische Monographie, Staatsuitgeverij, Den Haag, 1978.
3. CRANK, J., The mathematics of Diffusion, 2nd ed. Clarendon Press, Oxford, 1975.
4. ABRAMOVITZ, M. and Stegen, I.A., Handbook of Mathematical functions, Dover Inc., New York, 1965.
5. FISHER, H.B., Dispersion predictions in natural streams, Proc, ASCE 94, SA5, p927, 1968.
6. Technische Werkgroep Spaarbekken IJsselmeer, Verontreiniging IJsselmeer door een kalamiteit, 1979.



BIJLAGE I LOKALISERINGSREGISTER

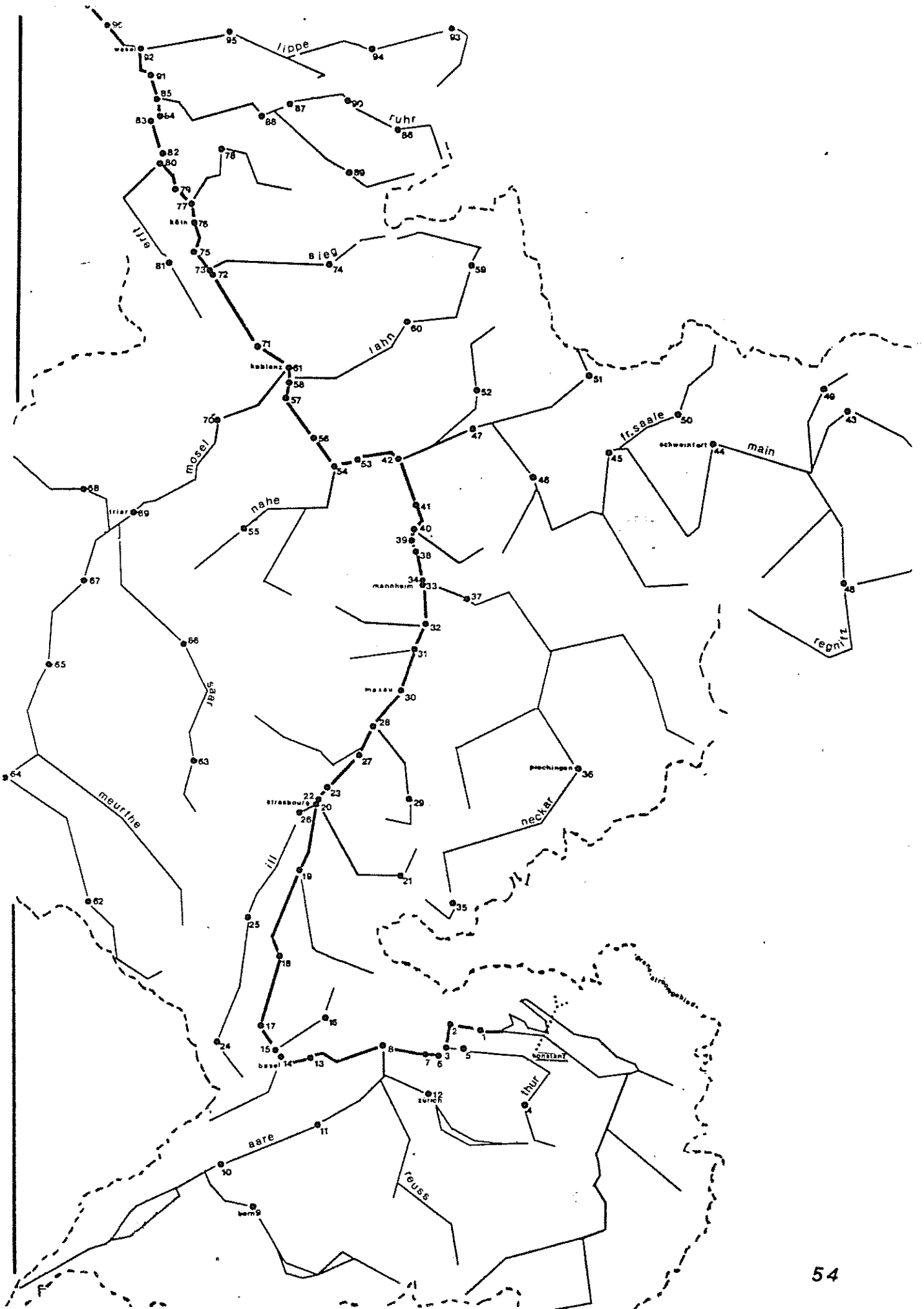
nr.	nat.	plaatsnaam	zijrivier	kilometrage tot Rijn	kilometrage v.a. Konstanz
1	D	Hegau	-	-	30
2	CH	Schaffhausen	-	-	48
3			Thur	-	65
4	CH	Butschwil	Thur	87	250
5	CH	Andelfingen	Thur	9	-
6			Toss	-	72
7			Glatt	-	80
8			Aare	-	103
9	CH	Bern	Aare	187	-
10	CH	Brugg	Aare	121	-
11	CH	Murgenthal	Aare	67	-
12	CH	Zurich	Aare	49	-
13	CH	Rheinfelden	Aare	-	151
14			Birs	-	165
15	CH	Basel		-	169
15			Wiese	-	169
16	D	Zell	Wiese	30	-
17	F	Kembs	-	-	194
18	F	Geiswasser	-	-	218
19	F	Rhinau	-	-	262
20			Kinzig	-	291
21	D	St. Roman	Kinzig	70	-
22	F	Strasbourg	-	-	293
23			Ill	-	311
24	D	Altkirch	Ill	174	-
25	D	Colmar	Ill	102	-
26	D	Ostwald	Ill	30	-
27	F	Fort Louis	-	-	327
28	D		Murg	-	345
29	D	Schonmunzach	-	51	-
30	D	Maxau	-	-	360
31			Queich	-	385
32			Speyerbach	-	400
32	D	Speyer	-	-	400
33	D	Mannheim	-	-	425
34			Neckar	-	428
35	D	Rottweil	Neckar	343	-
36	D	Plochingen	Neckar	203	-
37	D	Heidelberg	Neckar	26	-
38	D	Frankenthal	-	-	433
38			Eckbach	-	433
39	D	Worms	-	-	442
40			Weschnitz	-	450
41			Modau	-	475
42	D	Mainz	-	-	497

nr.	nat.	plaatsnaam	zijrivier	kilometrage tot Rijn	kilometrage v.a. Konstanz
43	D	Schwurbitz	Main	448	-
44	D	Schweinfurt	Main	330	-
45	D	Steinbach	Main	200	-
46	D	Obernau	Main	92	-
47	D	Frankfurt	Main	37	-
48	D	Nurnberg	Main	450	-
49	D	Coburg	Main	432	-
50	D	Bad Kissingen	Main	264	-
51	D	Steinau	Main	115	-
52	D	Ilbenstadt	Main	58	-
53	D	Ingelheim	-	-	519
54			Nahe	-	529
55	D	Oberstein	Nahe	75	-
56	D	Kaub	-	-	542
57	D	Boppard	-	-	566
58			Lahn	-	586
59	D	Marburg	Lahn	176	-
60	D	Leun	Lahn	112	-
61	D	Koblenz	-	-	595
61			Mosel	-	595
62	F	Epinal	Mosel	484	-
63	F	Sarrebourg	Mosel	410	-
64	F	Toul	Mosel	387	-
65	F	Metz	Mosel	301	-
66	D	Saarbrücken	Mosel	301	-
67	D	Perl	Mosel	242	-
68	D	Bollendorf	Mosel	238	-
69	D	Trier	Mosel	195	-
70	D	Cochem	Mosel	52	-
71	D	Anderdach	-	-	610
72	D	Bonn	-	-	657
73			Sieg	-	659
74	D	Betzdorf	Sieg	99	-
75	D	Bruhl	-	-	671
76	D	Köln	-	-	696
77			Wupper	-	703
78	D	Wuppertal	Wupper	50	-
79	D	Dormagen	-	-	712
80			Erft	-	735
81	D	Kuhlseggen	Erft	65	-
82	D	Düsseldorf	-	-	745
83	D	Krefeld	-	-	766
84			Anger	-	771
85	D	Ruhrort	-	-	780
85			Ruhr	-	780
86	D	Meschede	Ruhr	182	-

nr.	nat.	plaatsnaam	zijrivier	kilometrage tot Rijn	kilometrage v.a. Konstanz
87	D	Villigst	Ruhr	103	-
88	D	Wetter	Ruhr	82	-
89	D	Ahausen	Ruhr	158	-
90	D	Gunne	Ruhr	150	-
91	D	Emscher	-	-	797
92	D	Wesel	-	-	814
92			Lippe	-	814
93	D	Beutfeld	Lippe	196	-
94	D	Kesseler	Lippe	147	-
95	D	Haltern	Lippe	53	-
96	D	Rees	-	-	839
97	D	Emmerich	-	-	853
98	N	Lobith	-	-	860

nr.	nat.	plaatsnaam	zijrivier	kilometrage tot Rijn	kilometrage v.a. Konstanz
1	N	Lobith	-	-	862
2	N	Pannerdense Kop	-	-	867
3	N	Hulhuizen	Waal	-	870
4	N	Nijmegen	Waal	-	884
5	N	Doodewaard	Waal	-	901
6	N	Tiel	Waal	-	913
7	N	St Andries	Waal	-	926
8	N	Zaltbommel	Waal	-	934
9	N	Herwijnen	Waal	-	945
10	N	Andel	Waal	-	953
11	N	Gorinchem	Boven-Merwede	-	954
12	N	Werkendam	Nieuwe-Merwede	-	962
13	N	Kop van't Land	Nieuwe-Merwede	-	971
14	N	Pannerden	Pannerdensch K.	-	872
15	N	Arnhem	Nederrijn	-	884
16	N	Driel	Nederrijn	-	887
17	N	Leksveer	Nederrijn	-	900
18	N	Grebbe	Nederrijn	-	908
19	N	Remmerden	Nederrijn	-	913
20	N	Eck en Wiel	Nederrijn	-	918
21	N	Amerongen	Nederrijn	-	922
22	N	Wijk bij Duurstede	Nederrijn	-	929
23	N	Culemborg	Lek	-	940
24	N	Hagestein	Lek	-	947
25	N	Vreeswijk	Lek	-	949
26	N	Jaarsveld	Lek	-	961
27	N	Schoonhoven	Lek	-	972
28	N	Streefkerk	Lek	-	980
29	N	Krimpen a/d Lek	Lek	-	989
30	N	IJsselkop	IJssel	-	878
31	N	Westervoort	IJssel	-	880
32	N	De Steeg	IJssel	-	894
33			Oude IJssel	-	-
34	N	Doesburg	IJssel	-	902
35	N	Dieren	IJssel	-	912
36	N	Zutphen	IJssel	-	928
37	N	Deventer	IJssel	-	945
38	N	Olst	IJssel	-	957
39	N	Wijhe	IJssel	-	965
40	N	Katerveer	IJssel	-	981
41	N	Kampen	IJssel	-	996







## BIJLAGE II HYDROLOGISCHE KARAKTERISTIEKEN

Hydrologische karakteristieken traject Basel-Lobith

Traject	$C_i$	a	b	v (m/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)
170 - 290 km	0.000	0.001	1.0	1.0	1050
290 - 350 km	0.174	0.098	0.4	1.7	1250
350 - 380 km	0.174	0.092	0.4	1.6	1250
380 - 430 km	0.174	0.075	0.4	1.3	1250
430 - 460 km	0.304	0.055	0.4	1.0	1400
460 - 500 km	0.304	0.044	0.4	0.8	1400
500 - 530 km	0.435	0.085	0.4	1.6	1550
530 - 600 km	0.478	0.073	0.4	1.4	1600
600 - 660 km	0.826	0.057	0.4	1.2	2000
660 - 730 km	0.913	0.056	0.4	1.2	2100
730 - 780 km	0.913	0.066	0.4	1.4	2100
780 - 870 km	1.000	0.051	0.4	1.1	2200

Hydrologische karakteristieken Neckar

Traject	$C_i$	a	b	v (m/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)
180 - 150 km	0.600	0.0067	1.0	0.5	75
150 - 100 km	0.600	0.0067	1.0	0.5	75
100 - 50 km	1.000	0.0033	1.0	0.5	150
50 - 0 km	1.000	0.0033	1.0	0.5	150

Hydrologische karakteristieken Main

Traject	$C_i$	a	b	v (m/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)
400 - 350 km	0.700	0.0048	1.0	0.6	125
350 - 300 km	0.700	0.0048	1.0	0.6	125
300 - 250 km	0.700	0.0048	1.0	0.6	125
250 - 200 km	0.700	0.0048	1.0	0.6	125
200 - 150 km	0.850	0.0029	1.0	0.5	175
150 - 100 km	0.850	0.0029	1.0	0.5	175
100 - 50 km	1.000	0.0029	1.0	0.5	175
50 - 0 km	1.000	0.0029	1.0	0.5	175

Hydrologische karakteristieken Moezel

Traject	$C_i$	a	b	v (m/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)
300 - 250 km	1.000	0.0023	1.0	0.7	300
250 - 200 km	1.000	0.0023	1.0	0.7	300
200 - 150 km	1.000	0.0020	1.0	0.6	300
150 - 100 km	1.000	0.0020	1.0	0.6	300
100 - 50 km	1.000	0.0020	1.0	0.6	300
50 - 0 km	1.000	0.0020	1.0	0.6	300

Hydrologische karakteristieken benedenstreams van Lobith ongestuwd

Lobith- Gorkum

Trajekt	$C_i$	a	b	v (m/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)
863 - 867 km	1.0000	0.049	0.4	1.10	2358
867 - 884 km	0.6715	0.058	0.4	1.10	1585
884 - 901 km	0.6715	0.055	0.4	1.05	1585
901 - 913 km	0.6715	0.055	0.4	1.05	1585
913 - 926 km	0.6715	0.055	0.4	1.05	1585
926 - 935 km	0.6715	0.055	0.4	1.05	1585
935 - 945 km	0.6715	0.052	0.4	1.00	1585
945 - 956 km	0.6715	0.052	0.4	1.00	1585

Lobith- Krimpen

Trajekt	$C_i$	a	b	v (m/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)
863 - 867 km	1.0000	0.049	0.4	1.10	2358
867 - 878 km	0.3285	0.073	0.4	1.05	773
878 - 893 km	0.1775	0.080	0.4	0.90	430
893 - 922 km	0.1775	0.062	0.4	0.70	430
922 - 952 km	0.1775	0.058	0.4	0.65	430
952 - 984 km	0.1775	0.058	0.4	0.65	430

Lobith- Kampen

Trajekt	$C_i$	a	b	v (m/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)
863 - 867 km	1.0000	0.049	0.4	1.10	2358
867 - 878 km	0.3285	0.073	0.4	1.05	773
878 - 891 km	0.1510	0.097	0.4	1.00	343
891 - 902 km	0.1510	0.087	0.4	0.90	343
902 - 912 km	0.1510	0.087	0.4	0.90	343
912 - 928 km	0.1510	0.082	0.4	0.85	343
928 - 945 km	0.1510	0.077	0.4	0.80	343
945 - 957 km	0.1510	0.077	0.4	0.80	343
957 - 965 km	0.1510	0.073	0.4	0.75	343
965 - 981 km	0.1510	0.068	0.4	0.70	343
981 - 996 km	0.1510	0.058	0.4	0.60	343

Hydrologische karakteristieken benedenstrooms van Lobith gestuwd

Lobith- Gorkum

Trajekt	$C_i$	a	b	v (m/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)
863 - 867 km	1.0000	0.049	0.4	1.10	2358
867 - 884 km	0.7625	0.058	0.4	1.10	1585
884 - 901 km	0.7625	0.055	0.4	1.05	1585
901 - 913 km	0.7625	0.055	0.4	1.05	1585
913 - 926 km	0.7625	0.055	0.4	1.05	1585
926 - 935 km	0.7625	0.055	0.4	1.05	1585
935 - 945 km	0.7625	0.052	0.4	1.00	1585
945 - 956 km	0.7625	0.052	0.4	1.00	1585

Lobith- Krimpen

Trajekt	$C_i$	a	b	v (m/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)
863 - 867 km	1.0000	0.049	0.4	1.10	2358
867 - 878 km	0.2375	0.009	0.7	0.50	305
878 - 893 km		0.0028	1.0	0.07	25
893 - 922 km		0.0020	1.0	0.05	25
922 - 952 km		0.0016	1.0	0.04	25
952 - 984 km		0.0016	1.0	0.04	25

Lobith- Kampen

Trajekt	$C_i$	a	b	v (m/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)
863 - 867 km	1.0000	0.049	0.4	1.10	2358
867 - 878 km	0.2375	0.009	0.7	0.50	305
878 - 891 km	0.1805	0.100	0.4	0.95	280
891 - 902 km	0.1805	0.089	0.4	0.85	280
902 - 912 km	0.1805	0.089	0.4	0.85	280
912 - 928 km	0.1805	0.079	0.4	0.75	280
928 - 945 km	0.1805	0.079	0.4	0.75	280
945 - 957 km	0.1805	0.079	0.4	0.75	280
957 - 965 km	0.1805	0.073	0.4	0.70	280
965 - 981 km	0.1805	0.063	0.4	0.60	280
981 - 996 km	0.1805	0.052	0.4	0.50	280



## BIJLAGE III DEBIET-INFORMATIE

Afvoeren Rijn en zijtakken.

Rheinfelden: peilspreker: 09 - 4161875068

De waterstand wordt aangegeven door middel van pieptonen. Het bericht begint met tweemaal de momentane waterstand aan te geven; vervolgens wordt van de voorgaande 24 uur de waterstand op de even uren gegeven. Hierbij wordt in de tijd teruggegaan.

Een bericht 'ziet' er in principe als volgt uit:

Tijdstip b.v. 11.45




momentane	momentane	waterstand	waterstand
waterstand 310 cm	waterstand 310 cm	10.00 hr:312 cm	8.00 hr:316cm

| : = pieptoon; 1 pieptoon is 1 etc. tot 10 pieptonen is 0

| : = lang aangehouden toon geeft de scheiding aan tussen twee cijfers

..... : korte pieptonen geven de scheiding aan tussen de twee keer dat de momentane waterstand wordt aangegeven

 : wisselende tonen geven de scheiding aan tussen de waterstanden op verschillende tijdstippen

De waterstand wordt opgegeven in cm boven nulpunt peilschaal.

De opgegeven cijfers stellen in volgorde voor:  
honderdtallen  
tientallen  
centimeters

Rijn en zijtakken in Nederland.

De afvoer van de Rijn en zijtakken in Nederland kan op de volgende manieren worden bepaald.

- 1e. Presentatiestation automatisch meetnet. Zowel in de uur/dagrapporten als m.b.v. recorders wordt de afvoer van de stations Lobith, Pannerdensche-Kop en IJsselkop gepresenteerd. De aangegeven waarden zijn alleen redelijk betrouwbaar bij Rijnafvoeren (Lobith) groter dan 2400 m<sup>3</sup>/s (Neder-Rijn niet gestuwd). Door het stuwen van de Rijn treden aanzienlijke afwijkingen op in de afvoer van Driel. Doordat het automatisch meetnet een zogenaamde vereffeningsberekening kent (Q Lobith moet gelijk zijn aan Q Driel + Q IJsselkop + Q Waal) heeft deze afwijking ook invloed op de afvoerbepaling op de overige stations. Waarschijnlijk zal m.i.v. 1 jan. 1982 deze vereffeningsregeling verdwijnen, zodat dan alleen Driel nog maar zal afwijken. Omstreeks half 1982 zal te Driel een akoustische debietmeter worden geplaatst. De afvoer van dat station zal dan, ook bij lage afvoeren, betrouwbaar zijn.



2e. Vaststellen van de afvoer aan de hand van de waterstanden. De waterstand op de verschillende punten kan worden opgevraagd met de volgende telefoonnummers.

autofoon: 085-613613 —> 8.00 hr waterstanden groot aantal punten  
peilspreker Lobith: 08365-1420 —> momentane waterstand Lobith  
peilspreker IJsselkop: 08303-8370 —> momentane waterstand IJsselkop

De twee laatste telefoonnummers zijn alleen voor intern waterstaatsgebruik.

De Q/H krommen voor de verschillende punten zijn bijgevoegd.

3e. Telex. Voor verschillende punten waaronder Driel, IJsselkop en Lobith wordt de afvoer dagelijks (op werkdagen) per telex aan het RIZA doorgegeven.

#### Peilsprekers stroomgebied Rijn

##### Rijn

Rheinfelden (1)	09 - 41.61.875068
Lobith	08365 - 1420

(1) = geeft 2 maal de momentane stand, dan de even-uurstanden over de voorgaande 24 uur, n.b. 10 punten= 0.

##### Neckar

Plochingen	09 - 49.7153.22896
Gundelsheim	09 - 49.6269.277
Heidelberg (2)	09 - 49.6221.27662

(2) = geen peilspreker.

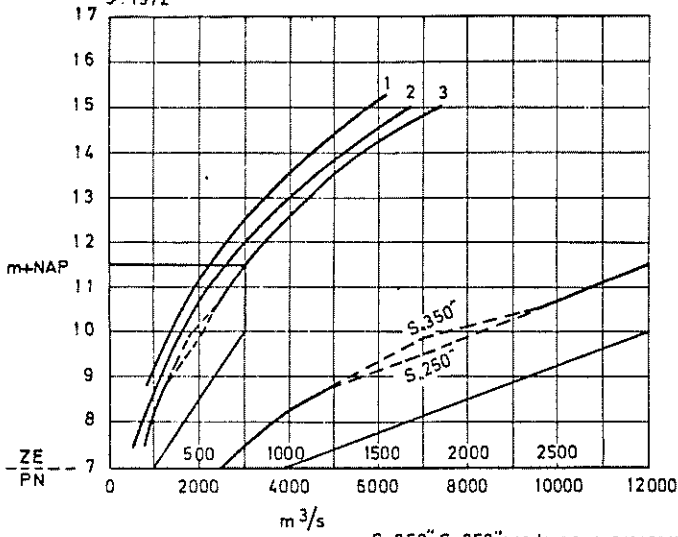
##### Main

Kleinheubach	09 - 49.9371.3830
--------------	-------------------

##### Moezel

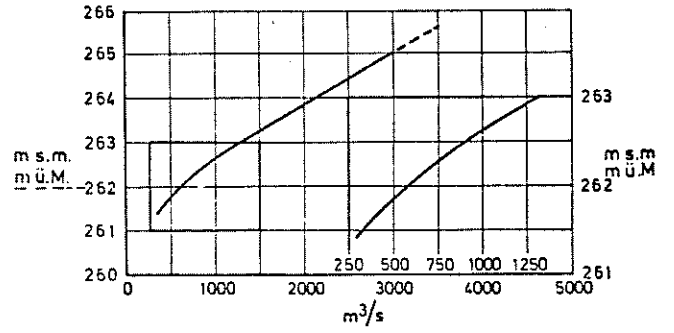
Cochem	09 - 49.2671.7037
--------	-------------------

1: 1920...1950  
 2: 1948...1951  
 3: 1972

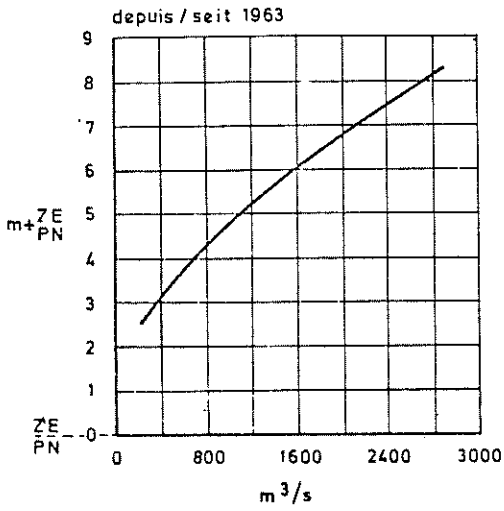


544. LOBITH  
 Rijn

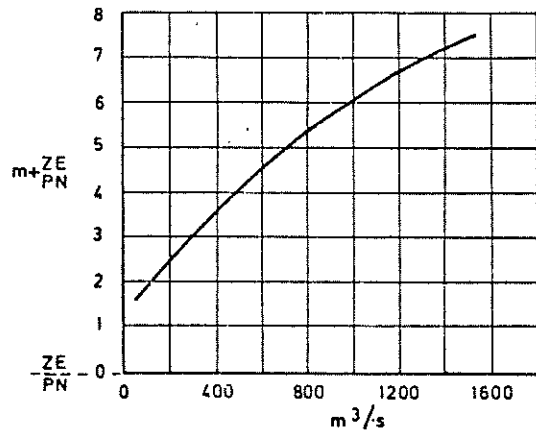
S., 250", S., 350": code pour programme des barrages; voir chap. A.4  
 Kode für Stauprogramm; siehe Kap. A.4



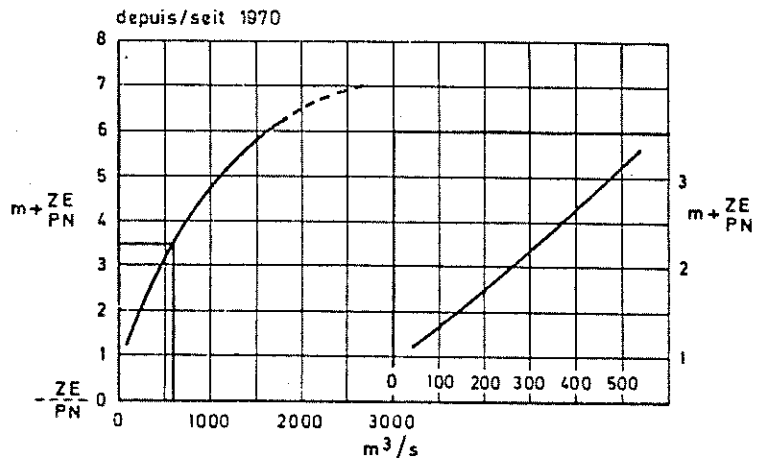
63. RHEINFELDEN  
 Rhein



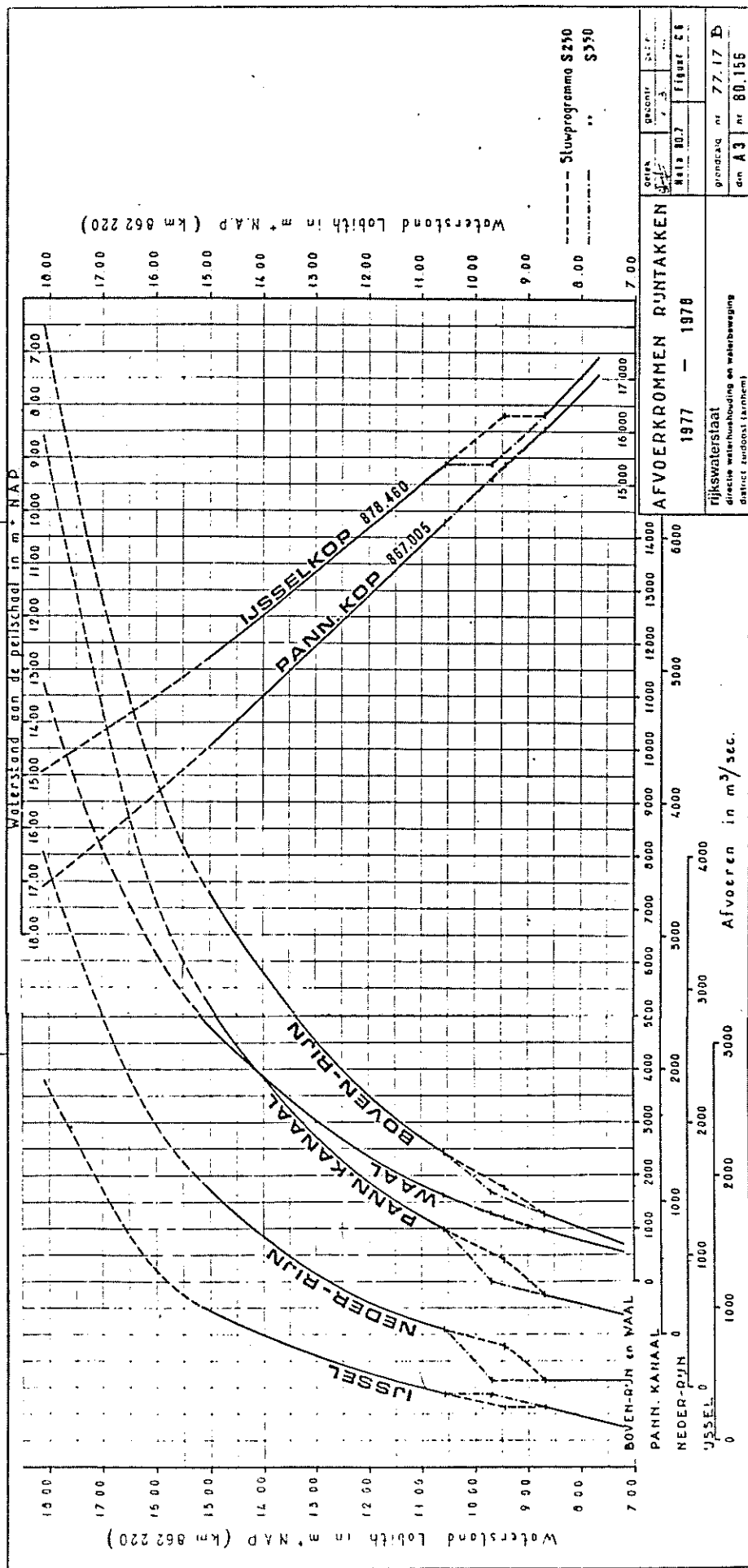
298. COCHEM  
 Mosel



125. ROCKENAU  
 Neckar



178. KLEINHEUBACH  
 Main





## Gedrag in het milieu van de 30 geselecteerde stoffen

### 4.1. Inleiding

De in tabel 3 genoemde stoffen zijn vrijwel allemaal vloeistoffen.

Uitzonderingen zijn vinylchloride en chloorfluormethanen, die bij normale druk en temperatuur gassen zijn, en een aantal die weliswaar in zuivere vorm vaste stoffen zijn, maar veelal in een oplossing worden vervoerd. Deze gassen zullen uiteraard maar zeer kort in hoge concentraties in de waterfase aanwezig zijn.

Onder de vloeistoffen zijn er die in alle verhoudingen volledig met water mengen (zoals methanol en ethanol) en vloeistoffen die weinig of niet met water mengen.

De eerste categorie zal uiteraard als oplossing met de stroom worden meegevoerd, de tweede categorie zal in een rivier als vlek aan het oppervlak of 'wolk' aan de bodem (afhankelijk van de dichtheid) worden meegevoerd, waarbij uiteindelijk ook een of meer of minder fijn verdeelde emulsie zal ontstaan. De snelheid van transport kan voor een 'wolk' aan de bodem aanvankelijk gering zijn, na enige tijd zal bij fijnere verdeling de transportsnelheid toch vrijwel gelijk zijn aan die van het water.

Een bijzonder geval vormt styreen, dat gemakkelijk kan polymeriseren.

De concentratie van stoffen in het water kan afnemen door:

- verdamping;
- micro-biologische afbraak;
- adsorptie aan sediment;
- diffusie door de turbulentie in het water.

### 4.2. Verdamping

In tabel 3 zijn een aantal gegevens vermeld die inzicht geven in de mate van vluchtigheid van de diverse stoffen.

Van de genoemde verbindingen zullen mono-etheenglycol en dietheenglycol vrijwel niet verdampen. De overige stoffen zijn alle min of meer vluchtig; voor niet nauwkeurig omschreven groepen zoals fenolen en ftalaten is dit uiteraard niet aan te geven. Daarentegen zullen vinylchloride en chloorfluormethanen bij een calamiteit zeer snel uit het water verdwijnen daar zij bij normale druk en temperatuur gasvormig zijn.

De verdampingsnelheid uit oppervlaktewater onder praktijkomstandigheden is moeilijk aan te geven. Er kan slechts een ordegrrootte voor de

verdwijntijd van enkele stoffen worden gegeven. Voor enkele gechlorideerde stoffen gelden onderstaande waarden (tabel 5): (ontleend aan National Academy Sciences: 'Assessing Potential Ocean Pollutants'. Washington 1975).

Tabel 5. Tijd voor 50% verdwijning (minuten)

	Tetrachloor- etheen	Trichloor- etheen	Hexachloor- ethaan
leidingwater			
25° C	24	22	22
2° C	42	37	33
30° /° zoutoplossing			
25° C	28	25	25

Conditie: 250 ml bekersglas; 200 ml water met 1 ppm oplossing geroerd met 200 spm.

Ter vergelijking zijn door het Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater (R.I.Z.A.) soortgelijke proeven gedaan met ethylbenzeen en cumeen (isopropylbenzeen), twee relatief hoogkokende stoffen uit tabel 3.

Uitgaande van een verzadigde oplossing (bij 15° C) blijkt van beide stoffen na 24 uur meer dan 99% verdampt te zijn bij matig roeren (zie bijlage 3). Uit een ander onderzoek van het R.I.Z.A. — het uittesten van een biologisch bewakingsstelsel met vissen — kunnen eveneens halfwaardetijden berekend worden voor een aantal stoffen, waarbij de verdwijning vrijwel uitsluitend het gevolg zal zijn van verdamping.

De waarden zijn:

- ethylbenzeen ca. 4 uur (bij kamertemperatuur)
- styreen ca. 5 uur (bij kamertemperatuur)
- tetrachlooretheen ca. 4 uur (bij kamertemperatuur)
- phenol ca. 24 uur (bij kamertemperatuur).

Overigens moet er rekening mee worden gehouden dat in oppervlaktewater bij lagere concentraties, bijvoorbeeld de orde van grootte van mg/l, een steeds groter deel van de verbinding niet meer werkelijk in oplossing is, maar bijvoorbeeld geadsorbeerd is aan slib of organisch materiaal. De laatste restanten zouden daarom aanmerkelijk moeilijker kunnen verdampen dan op grond van proeven met slibvrij leidingwater zou worden aangenomen. Gesteld mag worden dat voor de geselecteerde stoffen verdamping een zeer belangrijk mechanisme zal zijn tot een snelle vermindering van de concentraties in oppervlaktewater, met uitzondering van mono- en dietheenglycol.

### 4.3. Micro-biologische afbraak

Een verbinding zal door micro organismen worden

afgebroken als voldaan wordt aan een aantal voorwaarden. Hier is vooral van belang dat voldoende bacteriën aanwezig moeten zijn die de stof als substraat kunnen gebruiken en dat de concentratie niet toxisch mag zijn voor micro-organismen.

De stoffen van tabel 3 zijn slechts in geringe mate giftig voor bacteriën, zodat aan de tweede voorwaarde waarschijnlijk wel voldaan wordt. Indien door een calamiteit een plotselinge concentratieverhoging optreedt zal micro-biologische afbraak maar langzaam op gang komen, ook bij een goed afbreekbare verbinding omdat nog niet voldoende bacteriën aanwezig zijn.

Voor sommige verbindingen, met name aromaten, kan bovendien een adaptie van micro-organismen nodig zijn voor afbraak gaat optreden.

Van een aantal minder vluchtige verbindingen wordt hieronder kort de micro biologische afbreekbaarheid besproken.

monoetheenglycol: wordt snel afgebroken onder zomer- en wintercondities, halveringstijd > 1 week (lit. 18);

dietheenglycol: breekt onder zomerconditie binnen 1 week af, bij lage temperaturen gaat afbraak langzaam (lit. 18);

fenol: onder zomercondities wordt binnen 48 uur meer dan 80% afgebroken. Bij lage temperaturen (circa 5° C) is de afbraak veel minder (lit. 19);

ftalaten: afbraak hangt sterk af van type ester, diethylhexaftalaat breekt langzaam af, dibutylftalaat breekt snel af in sediment (lit. 20). Hogere esters zijn overigens zeer slecht oplosbaar);

styreen: oudere literatuurgegevens over de microbiologische afbraak van styreen zijn overigens tegenstrijdig. Waarschijnlijk zal afbraak gaan optreden als voldoende adaptie heeft plaatsgevonden (lit. 21). De halfwaardetijd in oppervlaktewater moet op circa 10 dagen worden geschat;

isopropylbenzeen: hiervoor geldt hetzelfde als voor styreen;

eihylbenzeen

tolueen en

xylonen;

in principe kunnen ze microbiologisch worden afgebroken; onder ongunstige omstandigheden zullen ze evenwel weinig worden afgebroken, zodat ze recalcitrant lijken.

De halfwaardetijd in oppervlaktewater bij afbraak moet

evenals voor styreen worden geschat op circa 10 dagen, geen rekening houdend met verdamping.

Het is opvallend dat de stoffen monoetheenglycol en dietheenglycol die niet verdampen in het algemeen snel biologisch worden afgebroken.

#### 4.4. Adsorptie

Dit proces zal bij hoge beginconcentraties geen rol van betekenis spelen, omdat de adsorptiecapaciteit van het aanwezige slib daarvoor te beperkt is. Bij lagere concentraties kan het wel van invloed zijn op de opgeloste concentraties.

Snelle sterke adsorptie kan tot gevolg hebben dat in een latere periode (na de calamiteit) bij opwoeling/crosie van dit slib opnieuw de concentratie aan gevaarlijke stof toeneemt.

(tabel 3) Vervoer van giftige chemische producten van en naar Duitsland

	Verdamping * micro biol. afbraak half- waarde tijd in dagen	Criteria voor calamiteitenduur	
		LC-50 mg/l	DRC-mg/l
1 Vinylchloride	1	—	—
2 Cyclohexaan	—	10	0,02
3 Styreen	<1	26	0,05
4 Methanol	—	250	5000
5 Benzeen	—	46	2,0
6 Xyleen	10	10	0,05
7 Ethylbenzeen	<1	—	0,01
8 Ftalaten	diverse	—	—
9 Aceton	—	> 2000	0,17
10 Azijnzuur	—	50	2,4
11 Toluene	10	10	0,5
12 Isopropanol	—	900	10
13 Monoetheenglycol	<1	> 5000	—
14 Isopropylbenzeen	<1	—	0,1
15 Acrylonitril	—	30	2,9
16 Tetrachlorethaan	<1	—	0,3
17 Ftaalzuuranhydride	—	—	—
18 1,2-dichloorethaan	—	150	2,0
19 Methylathyketon	—	> 5600	1,0
20 Formaldehyde	—	28	5,0
21 Fenol/fenolaten	1 (zomer)	—	—
22 Trichlooretheen	<1	55	0,5
23 Butanol	—	1000	1,0
24 Ethylacetaat	—	50	1,0
25 Diethenglycol	—	32000	—
26 Mierenzuur	7 (zomer)	1000	8000
27 Butylacetaat	—	40	0,002
28 Methylisobutylketon	<1	—	—
29 Chloorfluormethanon	<1	—	—
30 Isobutylalcohol	—	1000	—

Zie voor toelichting ook de tekst. — = geen cijfer bekend \* 1 ton - 10<sup>3</sup> kg.  
Grotendeels overgenomen uit Nota 77.6, RWS, District Zuid-Oost (lit. 1). "Aspekten IJsselkanalisatie"





## BIJLAGE V INDELING LOOPTIJDPROGRAMMA

### PROGRAMMA-INDELING Rijn (Basel-Lobith)

- LABEL A: Alleen gebruiken indien het programma wordt gebruikt zonder startwaarde voor de looptijd.
- a-Invoeren van het debiet Rheinfelden. Opbergen in geheugen plaats 01 en het ingevoerde debiet printen.
  - b-Op nul stellen van geheugenplaats 10.
- LABEL A': Alleen gebruiken indien het programma wordt gebruikt met een startwaarde voor de looptijd.
- a-Invoeren van het debiet Rheinfelden. Opbergen in geheugen plaats 01 en het ingevoerde debiet printen.
- LABEL B: a-Invoeren van het debiet bij Lobith en printen.
- b-Berekenen van debiet Lobith-debiet Rheinfelden en dit verschil opbergen in geheugenplaats 03.
  - c-Teller STO 04 (C<sub>i</sub> factoren)                    op de beginwaarde stellen.
  - Teller STO 06 (A<sub>i</sub> factoren)                    ,,                    ,,
  - Teller STO 07 (B<sub>i</sub> factoren)                    ,,                    ,,
- LABEL C: a-Invoeren van het kalamiteitskilometrage en opbergen in geheugenplaats 02 en ingevoerde kilometrage printen.
- b-Teller STO 11 (kompartmentlengten) op beginwaarde stellen.
  - c-Het berekenen in welke geheugenplaats het kalamiteits kompartment staat en opbergen in geheugenplaats 78.
  - d-Berekenen van het volordenummer van het kalamiteitskompartment -1 en dit volgnummer opbergen in geheugenplaats 08.
  - e-Berekenen van het volgorde nummer van het kalamiteitskompartment (bijv 1ste komp, 2e komp, enz ).
  - f-Het verhogen van de waarde van de tellers STO 04, STO 06, STO 07 met het volgnummer van het kalamiteitskompartment.
- LABEL D: a-Invoeren van het eindkilometrage en opbergen in geheugenplaats 12 en ingevoerde kilometrage printen.
- b-Op de beginwaarde stellen van teller STO 11 (komp.lengten). Vorige waarde wordt overschreven.
  - c-Berekening in welk komp. het eindkilometrage valt en dit nummer opbergen in geheugenplaats 09.
  - d-Met 1 verhogen van de tellers STO 04, STO 06 STO 07 en STO 08 nadat een (kompartmentberekenings)'loop' doorlopen is.
  - e-Berekenen van het debiet per kompartment en opbergen in geheugenplaats 00 (wordt na elke 'loop' overschreven). Het berekende debiet wordt geprint.
  - f-Lengte berekening van het in berekening zijnde kompartment en deze lengte opbergen in STO 78 en STO 79.
  - g-Berekenen van de factoren om de trajektlengte te bepalen.
  - h-Berekenen van de looptijd per kompartment en sommeren in geheugenplaats 10. De stroomsnelheid als tussenuitkomst opbergen in geheugenplaats 11. Stroomsnelheid en looptijd worden geprint.
  - i-Testen of het eindkompartment in berekening is. Tijdens deze test wordt de eindkilometer van het kompartment geprint.
  - j-Uitvoeren van de totale looptijd van het traject in dagen en uren en als decimaal getal.
  - k-De lengte van het eindkompartment over brengen van

geheugenplaats 78 naar geheugenplaats 01.  
1-Op 1 stellen van geheugenplaats 44.

Voor berekening van de takken benedenstrooms van Lobith wordt onder LABEL C de  $C_i$  waarde van het beginkompartiment opgeborgen in geheugenplaats 40. Onder LABEL D wordt de  $C_i$  waarde van het eindkompartiment opgeborgen in geheugenplaats 41. Uit deze twee waarden wordt de verdeelfactor berekend en opgeborgen in geheugenplaats 44.

Voor berekening van de tak Lobith-Krimpen bij gestuwde Nederrijn/Lek is een uitbreiding nodig:

LABEL B': a-Invoeren debiet Nederrijn/Lek  
 $Q$  Nederrijn/Lek  
b-Berekenen  $\frac{Q \text{ Nederrijn/Lek}}{Q \text{ Lobith}}$   
c-Deze faktor opbergen in geheugenplaats 15 t/m 18.

GEHEUGEN-INDELING

GEHEUGENPLAATS	FUNKTIE
00	Het berekende debiet van het in berekening zijnde kompartiment
01	Debiet Rheinfelden. Wordt overschreven door de lengte van het laatst berekende kompartiment
02	Kalamiteitskilometrage, wordt overschreven door de totale looptijd van het traject
03	Debiet Lobith - debiet Rheinfelden
04	Teller $C_i$ factoren
05	Volgorde nummer van het kalamiteitskompartiment +1
06	Teller $a_i$ factoren
07	Teller $b_i$ factoren
08	Volgordenummer van het kalamiteitskompartiment
09	Volgordenummer van het laatst te berekenen kompartiment
10	Sommatie van de looptijden per kompartiment
11	Teller voor trajectlengten. Wordt overschreven door de stroomsnelheid van het laatstberekende kompartiment.
12	Eindkilometer van het te berekenen traject
13 t/m 28	$C_i$ factoren van de kompartimenten
29 t/m 43	$a_i$ factoren Wordt op 1 gesteld voor later gebruik in het concentratie programma.
40	$C_i$ waarde kalamiteitskompartiment
41	$C_i$ waarde eindkompartiment
44	Verdeelfactor benedenstrooms
45 t/m 60	$b_i$ factoren
61 t/m 77	Begin kilometer van de kompartimenten
78	De lengte van het te berekenen gedeelte van het kalamiteits kompartiment
79	De lengte van het te berekenen gedeelte van het kalamiteits kompartiment Wordt overschreven door het te berekenen gedeelte van het eind kompartiment

	000	76	LBL		056	32	X!T		111	43	RCL	
	001	11	A		057	43	RCL		112	11	11	
<b>A</b>	002	42	STD		058	02	02		113	75	-	
	003	01	01		059	77	GE		114	04	4	
	004	99	PRT		060	38	SIN		115	07	7	
	005	00	0		061	61	GTO		116	95	=	
<b>B</b>	006	42	STD		062	39	COS		117	42	STD	
	007	10	10		063	76	LBL		118	09	09	
	008	91	R/S		064	38	SIN		119	76	LBL	
	009	76	LBL		065	43	RCL		120	23	LNK	
	010	16	A'		066	11	11		121	43	RCL	
	011	42	STD		067	42	STD		122	09	09	
<b>A</b>	012	01	01		068	78	78		123	32	X!T	
	013	99	PRT		069	42	STD		124	01	1	
	014	25	CLR		070	05	05		125	44	SUM	
	015	91	R/S		071	75	-		<b>D</b>	126	04	04
	016	76	LBL	<b>D</b>	072	01	1			127	44	SUM
<b>A</b>	017	12	B		073	95	=			128	05	05
	018	99	PRT		074	42	STD			129	44	SUM
	019	75	-		075	08	08			130	06	06
	020	43	RCL		076	75	-			131	44	SUM
<b>B</b>	021	01	01		<b>E</b>	077	05	5		132	07	07
	022	95	=			078	09	9		133	44	SUM
	023	42	STD			079	95	=		134	08	08
	024	03	03			080	44	SUM		135	43	RCL
	025	01	1			081	04	04		136	01	01
	026	01	1			082	44	SUM		137	85	+
	027	42	STD		<b>F</b>	083	06	06		138	43	RCL
	028	04	04			084	44	SUM		139	03	03
	029	02	2			085	07	07	<b>E</b>	140	65	x
	030	07	7			086	25	CLR		141	73	RC*
	031	42	STD			087	91	R/S		142	04	04
<b>C</b>	032	06	06			088	76	LBL		143	95	=
	033	04	4		<b>A</b>	089	14	D		144	99	PRT
	034	03	3			090	42	STD		145	42	STD
	035	42	STD			091	12	12		146	00	00
	036	07	07			092	99	PRT		147	73	RC*
	037	25	CLR			093	98	ADV		148	05	05
	038	91	R/S		<b>B</b>	094	07	7		149	75	-
	039	76	LBL			095	08	8		150	73	RC*
<b>A</b>	040	13	C			096	42	STD	<b>F</b>	151	08	08
	041	42	STD			097	11	11		152	95	=
	042	02	02			098	76	LBL		153	42	STD
	043	99	PRT			099	30	TAN		154	78	78
	044	07	7			100	01	1		155	42	STD
<b>B</b>	045	08	8			101	94	+/-		156	79	79
	046	42	STD			102	44	SUM		157	43	RCL
	047	11	11			103	11	11		158	02	02
	048	76	LBL	<b>C</b>		104	43	RCL		159	32	X!T
	049	39	COS			105	12	12		160	73	RC*
	050	01	1			106	32	X!T	<b>G</b>	161	08	08
<b>C</b>	051	94	+/-			107	73	RC*		162	77	GE
	052	44	SUM			108	11	11		163	89	n
	053	11	11			109	77	GE		164	73	RC*
	054	73	RC*			110	30	TAN		165	05	05
	055	11	11									

166 75 -  
 167 43 RCL  
 168 02 02  
 169 95 =  
 170 42 STO  
 171 78 78  
 172 76 LBL  
 173 89 +  
 174 43 RCL  
 175 09 09  
 176 85 +  
 177 01 1  
 178 05 5  
 179 95 =  
 180 32 X1T  
 181 43 RCL  
 182 06 06  
 183 22 INV  
 184 77 GE  
 185 34 FX  
 186 43 RCL  
 187 12 12  
 188 75 -  
 189 73 RC\*  
 190 08 08  
 191 95 =  
 192 42 STO  
 193 79 79  


---

 194 76 LBL  
 195 34 FX  
 196 43 RCL  
 197 79 79  
 198 85 +  
 199 43 RCL  
 200 78 78  
 201 75 -  
 202 73 RC\*  
 203 05 05  
 204 85 +  
 205 73 RC\*  
 206 08 08  
 207 95 =  
 208 55 +  
 209 53 (   
 210 43 RCL  
 211 00 00  
 212 45 YX  
 213 73 RC\*  
 214 07 07  
 215 65 \*  
 216 73 RC\*  
 217 06 06  
 218 54 )  
 219 42 STO  
 220 11 11

221 99 PRT  
 222 95 =  
 223 55 +  
 224 08 8  
 225 06 6  
 226 93 .  
 227 04 4  
 228 95 =  
 229 44 SUM  
 230 10 10  


---

 231 43 RCL  
 232 10 10  
 233 99 PRT  
 234 73 RC\*  
 235 05 05  
 236 99 PRT  
 237 43 RCL  
 238 06 06  
 239 22 INV  
 240 67 EQ  
 241 23 LNX  


---

 242 69 DP  
 243 00 00  
 244 01 1  
 245 06 6  
 246 01 1  
 247 03 3  
 248 02 2  
 249 02 2  
 250 01 1  
 251 07 7  
 252 03 3  
 253 01 1  
 254 69 DP  
 255 02 02  
 256 69 DP  
 257 05 05  
 258 43 RCL  
 259 10 10  
 260 42 STO  
 261 02 02  
 262 59 INT  
 263 99 PRT  
 264 69 DP  
 265 00 00  
 266 04 4  
 267 01 1  
 268 03 3  
 269 05 5  
 270 01 1  
 271 07 7  
 272 03 3  
 273 01 1  
 274 69 DP  
 275 02 02

276 69 DP  
 277 05 05  
 278 43 RCL  
 279 10 10  
 280 22 INV  
 281 59 INT  
 282 65 \*  
 283 02 2  
 284 04 4  
 285 85 +  
 286 93 .  
 287 05 5  
 288 95 =  
 289 59 INT  
 290 99 PRT  


---

 291 43 RCL  
 292 78 78  
 293 42 STO  
 294 01 01  


---

 295 01 1  
 296 42 STO  
 297 44 44  
 298 43 RCL  
 299 10 10  
 300 98 ADV  
 301 91 R/S  


---

 302 00 0  
 303 00 0  
 304 00 0  
 305 00 0  
 306 00 0  
 307 00 0  
 308 00 0  
 309 00 0  
 310 00 0  
 311 00 0  
 312 00 0  
 313 00 0  
 314 00 0  
 315 00 0  
 316 00 0  
 317 00 0  
 318 00 0  
 319 00 0

0.	00	0.051	40
0.	01	0.049	41
0.	02	0.073	42
0.	03	0.097	43
0.	04	0.087	44
0.	05	1.	45
0.	06	0.4	46
0.	07	0.4	47
0.	08	0.4	48
0.	09	0.4	49
0.	10	0.4	50
0.	11	0.4	51
0.	12	0.4	52
0.	13	0.4	53
0.174	14	0.4	54
0.174	15	0.4	55
0.174	16	0.4	56
0.304	17	0.4	57
0.304	18	0.4	58
0.435	19	0.4	59
0.478	20	0.4	60
0.826	21	170.	61
0.913	22	290.	62
0.913	23	350.	63
1.	24	380.	64
-0.304	25	430.	65
-0.67	26	460.	66
-0.67	27	500.	67
-0.67	28	530.	68
0.001	29	600.	69
0.098	30	660.	70
0.092	31	730.	71
0.075	32	780.	72
0.055	33	870.	73
0.044	34	880.	74
0.085	35	900.	75
0.073	36	950.	76
0.057	37	1000.	77
0.056	38	0.	78
0.066	39	0.	79

## BIJLAGE VI INDELING FRONTLOZINGSPROGRAMMA

- LABEL A: a-Invoeren massa van de geloosde stof (ton) en converteren naar massa in gram. Opbergen in geheugenplaats 03.  
b-Geheugenplaats 14 op nul stellen.
- LABEL A': a-Invoeren van de lozingduur (uur) en converteren naar seconden  
Opbergen in geheugenplaats 62.
- LABEL B: a-Invoeren van de dispersiecoefficient ( $m^2/s$ ) en opbergen in geheugenplaats 04.
- LABEL C: a-Invoeren van de afbraakcoefficient ( $dag^{*-1}$ ) en opbergen in geheugenplaats 16.
- LABEL D: a-Invoeren tijdstap dt (uur) en converteren naar seconden. Opbergen in geheugenplaats 9.
- LABEL E: a-Invoeren van de ondergrens ( $t_1$ ) van het te doorrekenen tijdsinterval (uur) en converteren naar seconden.  
Opbergen in geheugenplaats 60.
- LABEL E': a-Invoeren bovengrens ( $t_n$ ) van het te doorrekenen tijdsinterval (uur)  
b-Converteren naar seconden en berekenen van seconden en berekenen van de lengte van het tijdsinterval. Opbergen in geheugenplaats 61.  
c-Berekenen van de ondergrens van het tijdsinterval - lozingsduur.  
d-Sprong naar subroutine erf(x).  
e-Uitkomst van de subroutine erf(x) wegzetten op geheugenplaats 66.  
f-Sprong naar subroutine erf(x).  
g-Berekening van de concentratie op tijdstip  $LT+t$   
h-Subroutine voor berekening van erf(x) en erf(-x).  
i-Test of het eind van het tijdsinterval bereikt is.  
j-Berekening van de totale hoeveelheid gepasseerde stof na het doorlopen van het tijdsinterval.

GEHEUGEN-INDELING

GEHEUGENPLAATS

FUNKTIE

00	Het berekende debiet van het in berekening zijnde kompartiment
02	Totale looptijd van het berekende traject (LT)
03	Massa van de geloosde stof (g)
04	Dispersiecoefficient (m <sup>2</sup> /s)
09	Tijdstap dt
11	Stroomsnelheid van het laatst berekende kompartiment (m/s)
14	Gesommeerde concentratie van de berekende tijdstappen
16	Afbraakcoefficient (dag <sup>-1</sup> )
19	Tussenuitkomst voor concentratieberekening
21	Tussenuitkomst voor concentratieberekening
30	Tussenuitkomst voor concentratieberekening
44	Verdeelfactor voor berekening van de verdeling van de stof over de verschillende takken benedenstrooms van Lobith
60	Ondergrens van het tijdsinterval (t1)
61	Lengte van het te doorrekenen tijdsinterval
62	Lozingduur Δt
63	Tekenomkering voor berekening erf(-x)
64	Ondergrens van het tijdsinterval + n tijdstappen
65	Tussenuitkomst voor concentratieberekening
66	Tussenuitkomst voor concentratieberekening
67	Tussenuitkomst voor concentratieberekening
69	Tussenuitkomst voor concentratieberekening
70	Waarde van p
71	Waarde van a1
72	Waarde van a2
73	Waarde van a3



	000	76	LBL
	001	11	A
	002	99	PRT
	003	65	X
	004	01	1
	005	00	0
A	006	00	0
	007	00	0
	008	00	0
	009	00	0
	010	00	0
	011	95	=
	012	42	STD
	013	03	03
	014	00	0
B	015	42	STD
	016	14	14
	017	91	R/S
	018	76	LBL
	019	16	A*
	020	99	PRT
	021	65	X
	022	03	3
A	023	06	6
	024	00	0
	025	00	0
	026	95	=
	027	42	STD
	028	62	62
	029	25	CLR
	030	91	R/S
	031	76	LBL
	032	12	B
A	033	42	STD
	034	04	04
	035	99	PRT
	036	25	CLR
	037	91	R/S
	038	76	LBL
	039	13	C
A	040	99	PRT
	041	42	STD
	042	16	16
	043	25	CLR
	044	91	R/S
	045	76	LBL
	046	14	D
	047	99	PRT
	048	94	+/-
	049	65	X
A	050	03	3
	051	06	6
	052	00	0
	053	00	0
	054	95	=
	055	42	STD

	056	09	09
	057	25	CLR
	058	91	R/S
	059	76	LBL
	060	15	E
	061	99	PRT
	062	65	X
A	063	03	3
	064	06	6
	065	00	0
	066	00	0
	067	95	=
	068	42	STD
	069	60	60
	070	25	CLR
	071	91	R/S
	072	76	LBL
A	073	10	E*
	074	99	PRT
	075	98	ADV
	076	65	X
	077	03	3
	078	06	6
	079	00	0
B	080	00	0
	081	75	-
	082	43	RCL
	083	09	09
	084	95	=
	085	42	STD
	086	61	61
	087	76	LBL
	088	23	LNK
	089	43	RCL
C	090	60	60
	091	75	-
	092	43	RCL
	093	62	62
	094	95	=
	095	42	STD
	096	64	64
D	097	71	SBR
	098	50	IXI
	099	43	RCL
	100	65	65
	101	42	STD
E	102	66	66
	103	43	RCL
	104	60	60
	105	42	STD
	106	64	64
F	107	71	SBR
	108	50	IXI
	109	43	RCL
	110	65	65

	111	94	+/-
	112	85	+
	113	43	RCL
	114	66	66
	115	95	=
	116	65	X
	117	43	RCL
	118	03	03
	119	55	+
	120	43	RCL
	121	00	00
	122	55	+
	123	43	RCL
	124	62	62
	125	55	+
	126	02	2
	127	65	X
	128	43	RCL
	129	44	44
	130	65	X
	131	53	(
	132	43	RCL
G	133	30	30
	134	55	+
	135	08	8
	136	06	6
	137	04	4
	138	00	0
	139	00	0
	140	65	X
	141	43	RCL
	142	16	16
	143	94	+/-
	144	54	)
	145	22	INV
	146	23	LNK
	147	95	=
	148	99	PRT
	149	44	SUM
	150	14	14
	151	61	GTD
	152	30	TAN
	153	76	LBL
	154	50	IXI
	155	01	1
	156	94	+/-
	157	42	STD
H	158	63	63
	159	43	RCL
	160	64	64
	161	65	X
	162	43	RCL
	163	11	11
	164	55	+
	165	02	2

166 55 +  
 167 53 (  
 168 53 (  
 169 43 RCL  
 170 64 64  
 171 85 +  
 172 43 RCL  
 173 02 02  
 174 65 \*  
 175 08 8  
 176 06 6  
 177 04 4  
 178 00 0  
 179 00 0  
 180 54 )  
 181 42 STD  
 182 30 30  
 183 65 \*  
 184 43 RCL  
 185 04 04  
 186 54 )  
 187 34 JX  
 188 95 =  
 189 42 STD  
 190 67 67  
 191 32 X!T  
 192 00 0  
 193 22 INV  
 194 77 GE  
 195 59 INT  
 196 43 RCL  
 197 67 67  
 198 94 +/-  
 199 42 STD  
 200 67 67  
 201 01 1  
 202 42 STD  
 203 63 63  
 204 76 LBL  
 205 59 INT  
 206 53 (  
 207 43 RCL  
 208 67 67  
 209 65 \*  
 210 43 RCL  
 211 70 70  
 212 85 +  
 213 01 1  
 214 54 )  
 215 35 1/X  
 216 53 (  
 217 42 STD  
 218 69 69  
 219 65 \*  
 220 53 (

221 43 RCL  
 222 71 71  
 223 85 +  
 224 43 RCL  
 225 72 72  
 226 65 \*  
 227 43 RCL  
 228 69 69  
 229 85 +  
 230 43 RCL  
 231 73 73  
 232 65 \*  
 233 43 RCL  
 234 69 69  
 235 33 X<sup>2</sup>  
 236 95 =  
 237 42 STD  
 238 19 19  
 239 43 RCL  
 240 67 67  
 241 33 X<sup>2</sup>  
 242 94 +/-  
 243 42 STD  
 244 21 21  
 245 50 IXI  
 246 32 X!T  
 247 01 1  
 248 00 0  
 249 00 0  
 250 77 GE  
 251 38 SIN  
 252 94 +/-  
 253 42 STD  
 254 21 21  
 255 76 LBL  
 256 38 SIN  
 257 53 (  
 258 53 (  
 259 53 (  
 260 43 RCL  
 261 21 21  
 262 22 INV  
 263 23 LNX  
 264 65 \*  
 265 43 RCL  
 266 19 19  
 267 54 )  
 268 94 +/-  
 269 85 +  
 270 01 1  
 271 54 )  
 272 65 \*  
 273 43 RCL  
 274 63 63  
 275 54 )

276 42 STD  
 277 65 65  
 278 92 RTN  


---

 279 76 LBL  
 280 30 TAN  
 281 43 RCL  
 282 61 61  
 283 32 X!T  
 284 43 RCL  
 285 60 60  
 286 75 -  
 287 43 RCL  
 288 09 09  
 289 95 =  
 290 42 STD  
 291 60 60  
 292 77 GE  
 293 28 LOG  
 294 61 GTD  
 295 23 LNX  


---

 296 76 LBL  
 297 28 LOG  
 298 43 RCL  
 299 14 14  
 300 65 \*  
 301 43 RCL  
 302 00 00  
 303 65 \*  
 304 43 RCL  
 305 09 09  
 306 94 +/-  
 307 65 \*  
 308 93 .  
 309 00 0  
 310 00 0  
 311 00 0  
 312 00 0  
 313 00 0  
 314 01 1  
 315 95 =  
 316 98 ADV  
 317 99 PRT  
 318 91 R/S  


---

 319 00 0

2200.	00	0.049	41
90.	01	0.073	42
6.688629746	02	0.097	43
10000000.	03	1.	44
50.	04	1.	45
1985.561907	05	0.4	46
.2602800081	06	0.4	47
-3.33750456	07	0.4	48
.0092465772	08	0.4	49
-3600.	09	0.4	50
6.688629746	10	0.4	51
1.107998694	11	0.4	52
229.	12	0.4	53
0.	13	0.4	54
1.255596311	14	0.4	55
595897.6101	15	0.4	56
0.	16	0.4	57
0.304	17	0.4	58
0.304	18	0.4	59
.2757458555	19	21600.	60
0.478	20	21600.	61
-3.33750456	21	3600.	62
0.913	22	-1.	63
0.913	23	18000.	64
1.	24	-1.9902039909	65
-0.304	25	-0.961822875	66
-0.67	26	1.826883839	67
-0.67	27	-1.	68
-0.67	28	.5377806966	69
0.001	29	0.47047	70
595897.6101	30	0.3480242	71
0.092	31	-0.0958798	72
0.075	32	0.7478556	73
0.055	33	2.	74
0.044	34	2.5	75
0.085	35	3.	76
0.073	36	3.5	77
0.057	37	4.	78
0.056	38	10000000.	79
0.066	39		
0.051	40		



BIJLAGE VII INDELING PULSLOZINGSPROGRAMMA

- LABEL A: a-Invoeren van de geloosde massa en omrekenen naar g. opbergen in geheugenplaats 03.  
b-Op nul stellen van geheugenplaats 14.
- LABEL B: a-Invoeren van de dispersie-coefficient. Opbergen in geheugenplaats 04.
- LABEL C: a-Invoeren van de reductie konstante. Opbergen in geheugenplaats 16.
- LABEL D: a- Invoeren van de tijdstap, waarmee het te kiezen tijdsinterval doorlopen moet worden. Opbergen in geheugenplaats 9.
- LABEL E: a- Invoeren van de ondergrens van het te doorlopen tijdsinterval Opbergen in geheugenplaats 60.
- LABEL E': a- Invoeren van de bovengrens van het te doorlopen tijdsinterval  
b- Berekenen van tijd na lozing. Opbergen in geheugenplaats 61  
c- Berekening natte dwarsdoorsnede van het laatst berekende kompartiment. Opbergen in geheugenplaats 05.  
d- Testen of de term  $\pi D(LT+t')$  negatief wordt.  
e- Berekenen van de term 
$$\frac{M}{2A \sqrt{\pi D t}}$$
 .  
Opbergen in geheugenplaats 06  
f- Berekenen van de term  $1 - \frac{4D(LT+t')}{vlt'^2}$   
Opbergen in geheugenplaats 07  
g- Testen of de hiervoor berekende term groter is dan 230, of kleiner dan -230. (ivm uitleeskapaciteit van de calculator).  
h- Berekenen van de reductiefunctie  $r_f$   
i- Berekenen van de concentratie geloosde stof na  $(LT+t')$  uren na lozing, en opbergen in geheugenplaats 08.  
Waarde van de concentratie sommeren in geheugenplaats 14.  
j- Nul printen indien de term van programmadeel 'f' >230 of <-230 is.  
k- Berekenen van de volgende tijd na lozing. Testen of de bovengrens van het tijdsinterval is bereikt.  
l- Nul printen indien  $\pi D(LT+t') < 0$   
m- Berekenen van de totale hoeveelheid stof dat gepasseerd is gedurende het berekende tijdsinterval. Opbergen in geheugenplaats 14.

GEHEUGEN-INDELING

GEHEUGENPLAATS

FUNKTIE

00	Het berekende debiet van het in berekening zijnde kompartiment
02	Totale looptijd van het berekende traject
03	Massa van de geloosde stof
04	Dispersiecoefficient
05	Natte dwarsdoorsnede van het laatst berekende kompartiment
06	Uitkomst van de term $\frac{M}{2A \text{ SQRT}(TDt)}$
07	Uitkomst van de term $1. - \frac{(vlt')^2}{4D(LT+t')}$
08	concentratie van de geloosde stof na (LT+t') uren
09	Tijdstap $\Delta t$
11	Stroomsnelheid van het laatst berekende kompartiment
12	Testwaarde 229
14	Sommatie van de concentraties per kompartiment
44	Waarde van de verdeelfactor

	000	76	LBL
	001	11	A
	002	99	PRT
	003	65	x
	004	01	1
	005	00	0
<b>A</b>	006	00	0
	007	00	0
	008	00	0
	009	00	0
	010	00	0
	011	95	=
	012	42	STD
	013	03	03
<b>B</b>	014	00	0
	015	42	STD
	016	14	14
	017	25	CLR
	018	91	R/S
<b>A</b>	019	76	LBL
	020	12	B
	021	42	STD
	022	04	04
	023	99	PRT
	024	25	CLR
	025	91	R/S
<b>A</b>	026	76	LBL
	027	13	C
	028	99	PRT
	029	42	STD
	030	16	16
	031	25	CLR
	032	91	R/S
<b>A</b>	033	76	LBL
	034	14	D
	035	99	PRT
	036	94	+/-
	037	42	STD
	038	09	09
	039	25	CLR
	040	91	R/S
<b>A</b>	041	76	LBL
	042	15	E
	043	99	PRT
	044	42	STD
	045	60	60
	046	25	CLR
	047	91	R/S
<b>A</b>	048	76	LBL
	049	10	E'
	050	99	PRT
<b>B</b>	051	98	ADV
	052	75	-
	053	43	RCL
	054	09	09
	055	95	=

	056	42	STD
	057	61	61
<b>C</b>	058	43	RCL
	059	00	00
	060	55	+
	061	43	RCL
	062	11	11
	063	95	=
	064	42	STD
	065	05	05
<b>D</b>	066	76	LBL
	067	23	LNx
	068	01	1
	069	32	X!T
	070	53	(
	071	53	(
	072	43	RCL
	073	02	02
	074	65	x
	075	02	2
	076	04	4
	077	54	)
	078	85	+
	079	43	RCL
	080	60	60
	081	54	)
	082	65	x
	083	03	3
	084	06	6
	085	00	0
	086	00	0
	087	95	=
	088	22	INV
	089	77	GE
	090	38	SIN
	091	43	RCL
	092	03	03
	093	55	+
	094	53	(
	095	53	(
	096	53	(
	097	53	(
	098	43	RCL
	099	02	02
	100	65	x
	101	02	2
	102	04	4
	103	85	+
<b>E</b>	104	43	RCL
	105	60	60
	106	54	)
	107	65	x
	108	03	3
	109	06	6
	110	00	0

	111	00	0
	112	54	)
	113	42	STD
	114	15	15
	115	65	x
	116	43	RCL
	117	04	04
	118	65	x
	119	89	π
	120	54	)
	121	34	Γx
	122	65	x
	123	43	RCL
	124	05	05
	125	65	x
	126	02	2
	127	95	=
	128	54	)
	129	42	STD
	130	06	06
	131	25	CLR
	132	53	(
	133	53	(
	134	43	RCL
	135	11	11
	136	65	x
	137	53	(
	138	43	RCL
	139	60	60
	140	65	x
	141	03	3
	142	06	6
	143	00	0
	144	00	0
	145	54	)
	146	54	)
<b>F</b>	147	33	x²
	148	55	÷
	149	53	(
	150	04	4
	151	65	x
	152	43	RCL
	153	04	04
	154	65	x
	155	43	RCL
	156	15	15
	157	54	)
	158	95	=
	159	94	+/-
	160	42	STD
	161	07	07
	162	02	2
	163	02	2
	164	09	9
	165	42	STD

166 12 12  
 167 32 X!T  
 168 43 RCL  
 169 07 07  
 170 77 GE  
 171 39 CDS  
 172 43 RCL  
 173 12 12  
 G 174 94 +/-  
 175 32 X!T  
 176 43 RCL  
 177 07 07  
 178 22 INV  
 179 77 GE  
 180 39 CDS  


---

 181 01 1  
 182 22 INV  
 183 23 LNX  
 184 45 YX  
 185 53 (<  
 186 43 RCL  
 187 16 16  
 188 94 +/-  
 189 65 X  
 H 190 53 (<  
 191 43 RCL  
 192 02 02  
 193 85 +  
 194 43 RCL  
 195 60 60  
 196 55 +  
 197 02 2  
 198 04 4  
 199 54 )  
 200 95 =  


---

 201 65 X  
 202 43 RCL  
 203 06 06  
 204 65 X  
 205 01 1  
 206 22 INV  
 207 23 LNX  
 208 45 YX  
 209 43 RCL  
 I 210 07 07  
 211 95 =  
 212 65 X  
 213 43 RCL  
 214 44 44  
 215 95 =  
 216 42 STD  
 217 08 08  


---

 218 99 PRT  
 219 44 SUM  
 220 14 14

221 61 GTO  
 222 30 TAN  
 J 223 76 LBL  
 224 39 CDS  
 225 00 0  
 226 99 PRT  


---

 227 76 LBL  
 228 30 TAN  
 229 43 RCL  
 230 61 61  
 231 32 X!T  
 232 43 RCL  
 233 60 60  
 234 75 -  
 K 235 43 RCL  
 236 09 09  
 237 95 =  
 238 42 STD  
 239 60 60  
 240 77 GE  
 241 28 LOG  
 242 61 GTO  
 243 23 LNX  


---

 L 244 76 LBL  
 245 38 SIN  
 246 00 0  
 247 99 PRT  


---

 248 61 GTO  
 249 30 TAN  
 250 76 LBL  
 251 28 LOG  
 252 25 CLR  
 253 43 RCL  
 254 14 14  
 255 65 X  
 256 43 RCL  
 257 00 00  
 258 65 X  
 259 43 RCL  
 260 09 09  
 M 261 94 +/-  
 262 65 X  
 263 93 .  
 264 00 0  
 265 00 0  
 266 03 3  
 267 06 6  
 268 95 =  
 269 42 STD  
 270 14 14  
 271 98 ADV  
 272 99 PRT  
 273 91 R/S



2200.	00	0.049	41
90.	01	0.073	42
6.688629746	02	0.097	43
100000000.	03	1.	44
50.	04	1.	45
1985.561907	05	0.4	46
.2602800081	06	0.4	47
-3.33750456	07	0.4	48
.0092465772	08	0.4	49
-1.	09	0.4	50
6.688629746	10	0.4	51
1.107998694	11	0.4	52
229.	12	0.4	53
0.	13	0.4	54
9.964511747	14	0.4	55
595897.6101	15	0.4	56
0.	16	0.4	57
0.304	17	0.4	58
0.304	18	0.4	59
0.435	19	6.	60
0.478	20	6.	61
0.826	21	-4.	62
0.913	22	-3.5	63
0.913	23	-3.	64
1.	24	-2.5	65
-0.304	25	-2.	66
-0.67	26	-1.5	67
-0.67	27	-1.	68
-0.67	28	-0.5	69
0.001	29	0.	70
0.098	30	0.5	71
0.092	31	1.	72
0.075	32	1.5	73
0.055	33	2.	74
0.044	34	2.5	75
0.085	35	3.	76
0.073	36	3.5	77
0.057	37	4.	78
0.056	38	4.5	79
0.066	39		
0.051	40		

p.o. box 177

2600 mh delft

the netherlands