

IJ KING EENDIMENSIONAAL WATER-
KWALITEITSMODEL VAN DE
WESTERSCHELDE

C.J. Louisse

09 80-FA

Rijkswaterstaat
Directie Waterhuishouding en Waterbeweging
Fysische Afdeling
Hoofthoofdskade 1, 2526 KA 's-Gravenhage

Inhoudsopgave

	pag.
Samenvatting	2
1. Inleiding	3
2. Het model	5
3. De beschikbaarheid van gegevens	7
4. De ijking	9
4.1. IJking van het deel zeewaarts van Vlissingen	10
4.2. IJking van het gedeelte tussen Schelle en Vlissingen	13
5. Resultaten	13
5.1. De plaats van de modelrand aan zeewaartse zijde	14
5.2. Konstant zoutgehalte aan de zeerand van het model	17
5.3. Variabel zoutgehalte aan de zeerand van een kort model	18
5.4. Variaties in zoutgehalten binnen de maand	19
5.5. Gevoeligheid van de keuze van de vakgrootte	19
6. Drie modellen vergeleken voor de periode oktober 1974 - december 1975	19
6.1. Hoge afvoeren	20
6.2. Lage afvoeren (1975)	21
7. Resultaten vergeleken met andere berekeningen	22
8. Nauwkeurigheid van de resultaten	23
9. De verspreiding van lozingsstoffen	24
10. Konklusies	25
Bijlage 1 t/m 28	
Appendix A + bijlagen A t/m C	

Samenvatting

Voor de toepassing van het ééndimensionale diffusiemodel in de waterkwaliteitsproblematiek van de Westerschelde, dient dit model voor het betreffende estuarium geijkt te worden. Dit wordt gedaan m.b.v. simulering van de zoutconcentratieverdeling. De berekende waarden van de zoutconcentratie worden getoetst aan de gemeten waarden via keuze van een set uitwisselingscoëfficiënten. Het model omvat het estuarium van Schelle tot aan Vlissingen en splitst zich daarvandaan in een tak Wielingen en in een tak Oostgat. Beide takken zijn zover zeewaarts doorgetrokken, dat in het laatste modelvak de zoutconcentratie als konstant kon worden aangenomen. De wijze waarop de ijking plaatsvindt, de benodigde gegevens en de resultaten worden in dit rapport beschreven.

1. Inleiding

De beschikbaarheid van een snel rekenmodel om de verspreiding van opgeloste stoffen in rivieren en estuaria te bestuderen kan van belang zijn bij het beheren van de waterkwaliteit van een dergelijk water. Met het ééndimensionale waterkwaliteitsmodel van de Fysische Afdeling (Directie Waterhuishouding en Waterbeweging) kan men met een betrekkelijk geringe hoeveelheid gegevens zeer snel een indruk krijgen van de mate waarin bepaalde stoffen zich in het water verspreiden. Het ééndimensionale model is uiteraard alleen geschikt om die processen te beschrijven, die in hoofdzaak een ééndimensionaal karakter vertonen. Dit is het geval in rivieren, estuaria en andere wateren, waarvan de lengteafmeting groot is t.o.v. breedte en diepte. Genoemd model bezit wel de mogelijkheid om op willekeurige plaatsen in het model, vertakkingen aan te knopen, waarmee het gedrag van opgeloste stoffen in zijarmen, dode takken en splitsingen gesimuleerd kan worden.

Voor een estuarium berekent het model de getijgemiddelde situatie. Dit houdt in dat alleen voor tijdschalen groter dan de getijperiode zinvolle resultaten kunnen worden verkregen. Voorwaarde voor getijmiddeling is dat de bovenafvoer klein is ten opzichte van de getijtransporten, zodat de hydrologische gegevens (natte doorsneden en volumes van de riviervakken) gemiddeld over het getij niet te veel variëren. Ook voor rivieren zonder getijinvloed zijn berekeningen mogelijk; de mogelijkheden hiervoor zijn beperkt tot stationaire of bijna-stationaire hydrologische situaties, terwijl de lozingsfunctie van de tijd mag afhangen.

Het betreffende model berekent dus de concentratieverdeling over de lengte-as van het beschouwde stuk rivier of estuarium als functie van de tijd; de berekende concentratie in een punt van de lengte-as is de over de dwarsrichting en vertikaal gemiddelde concentratie. Dit geeft aan op welk type estuarium of rivier het model van toepassing is: er moet een volledig gemengde toestand heersen. Het geeft ook de beperkingen van het model weer. Bij lozingen d.m.v. puntbronnen in een estuarium zullen de lozingsstoffen zich niet onmiddellijk over de gehele doorsnede homogeen verspreiden. Er zal een pluim ontstaan, die als gevolg van de getijbeweging na verloop van enige getijperiodes zich over het estuarium zal verspreiden en zich enige kilometers stroomopwaarts

homogeen over de dwarsdoorsnede zal hebben gemengd. In de omgeving van het lozingspunt is men dan ook niet in staat met dit model goede voorspellingen te doen van (maximale) concentraties.

Behalve de verspreiding van opgeloste stoffen, berekent het model ook de concentratieverdeling over de lengte-as van het estuarium als functie van de tijd van afbreekbare stoffen, van zuurstofverbruikende stoffen en de bijbehorende zuurstofconcentraties, en van de excessstemperatuur t.g.v. koelwaterlozingen. Eén van de Nederlandse wateren waar een met dit model te beschrijven toestand heerst is de Westerschelde. Om het model op de Westerschelde te kunnen toepassen, dienen de parameters die de mengingsprocessen in de Westerschelde beschrijven van tevoren te worden bepaald. Dit ijkten van de uitwisselingscoëfficiënten van het model voor de Westerschelde wordt uitgevoerd m.b.v. zoutgegevens. Het zoute Noordzeewater dringt de Westerschelde binnen en vermengt zich met het zoete water, dat van de Schelde afkomstig is. Afhankelijk van de omvang van de Scheldeafvoer dringt het zoute water verder of minder ver op. (Ook de maanfase van het getij speelt hierin nog een rol, maar wordt verder buiten beschouwing gelaten). Hierdoor ontstaat een zoutgradiënt die verantwoordelijk is voor het diffusieve zouttransport stroomopwaarts. Het advectieve zouttransport stroomafwaarts wordt veroorzaakt door het restdebiet van de Schelde (zie Hoofdstuk 2 voor differentiaalvergelijking).

Om verschillende redenen is het zoutgehalte een goed middel voor de ijking van het Westerschelde:

1. het zout is permanent aanwezig en kan dus altijd gemeten worden
2. het zoutgehalte heeft een (tamelijk) vaste waarde op zee (hetgeen voor een model met vaste randvoorwaarde een noodzakelijke voorwaarde is)
3. zout is een conservatieve stof.

De zoutgegevens, die beschikbaar zijn, zijn de tweewekelijks door het RIZA op een twaalftal punten gemeten zoutconcentraties. Deze meetpunten liggen verspreid van Vlissingen tot de Belgische grens en worden in het kader van de waterkwaliteitskontrole door het RIZA bemonsterd. Aan de Belgische kant van de Schelde zijn eveneens regelmatig zoutgehaltes bepaald op een drietal punten. Het Belgische en het RIZA-bemonsteringsprogramma zijn op elkaar afgestemd, zodat vanaf Burcht tot Vlissingen een bruikbaar zoutgehalte-pakket beschikbaar is.

In het verleden is reeds een model van de Westerschelde gebruikt. Er zijn verschillende redenen op dit model opnieuw te ijken. Een belangrijk aspect bij het herijken van de uitwisselingscoëfficiënten van de Westerschelde is de behoefte om ook in de Westerscheldemonding en in de Wielingen (ter hoogte van Zeebrugge) concentratieverdelingen te kunnen voorspellen; althans in het gedeelte waar de stromingstoestand nog hoofdzakelijk als ééndimensionaal kan worden beschouwd. Hierbij moet men vooral denken aan het bepalen van concentraties in de Westerscheldemonding t.g.v. lozingen in de Westerschelde. Het wordt tevens noodzakelijk geacht, dat de randvoorwaarde aan de zeewaartse rand van het model een betrouwbare waarde krijgt opgelegd; daarom is een uitbreiding van het model in zeewaartse richting noodzakelijk. Verder is het van belang gebleken een betere indruk te hebben van de bijdrage van de Westerscheldeafvoer aan het stromingsgebied van de Oosterschelde (via Oostgat). Nu er in het model ook mogelijkheden zijn gekreëerd om vertakkingen op te nemen, is het rekenen met een Westerscheldemodel, waarin zowel een tak Wielingen als een tak Oostgat zijn opgenomen, reëel geworden. Een laatste reden om tot herijking over te gaan is gelegen in de veroudering van de gegevens waarop het bestaande Westerscheldemodel was geijkt (1962-1964). De nieuwe serie zoutgegevens (jaren aug. 1972 t/m 1975) is bovendien aangevuld met gegevens van enkele Belgische stations, die simultaan aan de Nederlandse gegevens zijn verzameld. In het hiernavolgende wordt aangegeven op welke wijze de uitwisselingscoëfficiënten zijn bepaald, uitgaande van een vaste zoutconcentratie aan de (zee)rand. Ook de rand aan het begin van de rivier (Schelde bij Schelle) krijgt een vaste zoutconcentratie opgelegd. Het estuarium strekt zich uit van de monding van de Rupel in de Schelde (bij Schelle) tot aan de zeerland, en splitst zich bij Vlissingen in Wielingen en Oostgat (Hoofdstuk 4). In de hoofdstukken daarvoor wordt aangegeven hoe het model werkt (Hoofdstuk 2) en hoe de gegevens bijeengebracht zijn (Hoofdstuk 3). In de Hoofdstukken 5 t/m 8 volgt een globale bespreking van de resultaten.

2. Het model

Zoals in de inleiding is aangegeven betreft het een ééndimensionaal (vertakt) waterkwaliteitsmodel, waarmee zowel stationaire als niet-stationaire toestanden kunnen worden doorgerekend. In het geval van ijking wordt er aan niet-sta-

tionaire situaties gerekend (de afvoer varieert als funktie van de tijd). De differentiaalvergelijking die hieraan ten grondslag ligt is de diffusie-advektie-vergelijking:

$$A(x) \frac{\partial C(x,t)}{\partial t} = - \frac{\partial}{\partial x} \left\{ R(x,t) C(x,t) - A(x) K(x) \frac{\partial C(x,t)}{\partial x} \right\} + \text{bron- of puttermen}$$

waarin: A = natte doorsnede van de rivier $[m^2]$

C = concentratie $[kg/m^3]$

R = afvoer rivier $[m^3/s]$

K = uitwisselingskoëfficiënt $[m^2/s]$

x = afstand langs de as van het estuarium $[m]$

Voor de vertaling van deze vergelijking naar voor de computer geschikte termen, wordt verwezen naar lit 1.

Het kan van belang zijn te weten, dat de concentratie in een vak m op het tijdstip j , $C(n,j)$, wordt bepaald uit de concentraties in de vakken $(m-1)$, (m) en $(m+1)$ op het tijdstip $(j-1)$.

Om de berekening van C te kunnen uitvoeren moeten de volgende grootheden bekend zijn:

- de natte dwarsdoorsneden A en de volumes V van de vakken in de getij-gemiddelde toestand
- de afvoer R van het ene vak naar het andere als funktie van de tijd
- de uitwisselingskoëfficiënten K van het ene vak naar het andere
- de bron- en puttermen
- de concentraties aan de beide randen van het model.

In het geval van ijking zijn de koëfficiënten K onbekend en moeten bepaald worden uit de concentratieverdeling.

Met de term $K \frac{\partial C}{\partial x}$ benadert men alle mengingsprocessen, die een rol spelen (getijbeweging, zijdelingse menging t.q.v. platen en geulen, dispersie, windinvloed e.d.) met een gradiënttype beschrijving. Indien men het mengingsproces exakt wil weergeven, dan zal men alle mengingsmechanismen afzonderlijk moeten beschrijven. De kennis hiertoe is niet voorhanden. In dit getijgemiddelde model biedt de term $K \frac{\partial C}{\partial x}$ de mogelijkheid om de mengingsmechanismen gezamenlijk te beschouwen.

Het is van belang op te merken, dat de randvoorwaarden van het model nl. de concentraties in het eerste en in het laatste vak, konstant zijn. Hiermee is een belangrijke beperking aan het model opgelegd, aangezien men de plaats en de waarde van de concentratie als gegeven moet aanbieden. Voor het berekenen van de verspreiding van kunstmatig ingebrachte opgeloste stoffen is dat geen probleem, aangezien de concentratieverschillen tussen het vak waar de bron is en de rand van het model enkele ordes zullen bedragen. In dat geval kan men de concentratie aan de rand de waarde nul opdrukken (mits de bron voldoende ver van de rand verwijderd is). Bij het berekenen van de zoutconcentraties ligt dit probleem anders. Hier zijn de verschillen tussen de zoutconcentraties in de vakken relatief klein en is de keuze van de juiste randvoorwaarde van belang. Zo neemt de zoutconcentratie ter hoogte van Vlissingen over de periode 1973-1975 een gemiddelde van $16,9 \text{ g/l}$ aan met een standaardafwijking van $1,1 \text{ g/l}$. Hieruit blijkt dat de randvoorwaarde, als deze ter hoogte van Vlissingen op $16,9 \text{ g/l}$ wordt gefixeerd in de praktijk nogal kan variëren, wat invloed heeft op de concentraties in met name de vakken juist stroomopwaarts van Vlissingen. Voor een meer konstante randconcentratie dient men dan ook verder zeewaarts te gaan. Uit lit. 5 blijkt dat ter hoogte van Duinkerken een redelijk konstant zoutgehalte gemeten wordt: $19,65 \text{ g/l}$. De verschillen met de werkelijkheid, zoals die als gevolg van het invoeren van deze waarde van de randconcentratie ontstaan, zijn klein, en hebben zeker geen invloed meer op het gedrag van het model oostwaarts van Zeebrugge. Op de problemen die aan een dergelijke uitbreiding van het model vastzitten wordt in de hoofdstukken 4 e.v. ingegaan.

De randconcentratie aan de andere zijde van de modelrivier is eveneens vast. Hier treden soortgelijke problemen op als aan de zeewaartse zijde. Er is gekozen voor een vaste waarde bij de monding van de Rupel in de Schelde, nabij Schelle: $0,2 \text{ g/l}$.

3. De beschikbaarheid van gegevens

In het vorige hoofdstuk is aangegeven welke gegevens het model nodig heeft. Hier zal puntsgewijs de herkomst van deze gegevens worden vermeld.

1. Vakindeling

In het verleden is voor de Westerschelde veelvuldig gebruik gemaakt van de schematisatie volgens bijlage 1, vaak met wisselende nummering. Voor deze berekening is dezelfde vakindeling (tot aan Vlissingen) gehanteerd en voorbij Vlissingen uitgebreid in een tak Wielingen en een tak Oostgat, waarbij beide "takken" zijn doorgetrokken tot posities, waar de zout-koncentratie als konstant kan worden beschouwd (zie bijlage 2). Er valt wel wat op deze uitbreiding af te dingen, vooral omdat in de tak Wielingen, zeker als men zich westwaarts van Zeebrugge begeeft en in de tak Oostgat met name westwaarts van Westkapelle, de driedimensionale stromingstoestanden niet meer tot ééndimensionale situaties kunnen worden gemodelleerd. Het is verder de vraag of de zoutgehaltes (of liever zoetwaterfrakties) nog wel alleen door de Westerscheldeafvoer worden bepaald en indien dat niet het geval is, of deze menging met zoutwater van buitenaf al in de vaste randvoorwaarde ingebakken zit. Daar staat tegenover, dat de randvoorwaarde meer zeewaarts beter vastligt, en dat de preciese concentratieverdelingen zo ver zeewaarts ons toch niet interesseren. De interessante gebeurtenissen beginnen zich ter hoogte van Zeebrugge af te spelen en verder stroomopwaarts, waar bij goede ijking nog wel iets zinnigs te zeggen valt over de verspreiding van opgeloste stoffen.

2. Natte doorsneden A en volume V

De natte doorsneden zijn bepaald op de grenzen van de vakken uit bodemkaarten van de Westerschelde. Zeewaarts van Vlissingen is de door de directie Noordzee beschikbaar gestelde bodemkaart gebruikt om de natte doorsneden t.o.v. middenstand te bepalen. De volumes zijn bepaald m.b.v.:

$$V_n = \frac{A_n + A_{n-1}}{2} \cdot dx \quad (dx = \text{vaklengte}).$$

De gegevens zijn weergegeven op bijlage 3.

3. Afvoeren.

Studiedienst Vlissingen heeft de beschikking over afvoeren van de Schelde, zoals die in België bepaald zijn. Voor de ijking is gebruik gemaakt van de afvoergegevens van de Schelde te Schelle. Ieder vak voert dezelfde

hoeveelheid bovenwater naar het volgende vak af, als welke het zelf ingevoerd krijgt. Er is dus geen extra input berekend van evt. polderlozingen, nuttige neerslag e.d. De afvoeren zijn weergegeven op bijlage 4 (maandcijfers en decadecijfers).

4. Zoutgehaltes

Voor het gedeelte Scheldemonding (Schelle) - Vlissingen is op verschillende plaatsen (RIZA-bemonsteringsplaatsen*) een redelijk lange tijdreeks (aug. 1972 t/m dec. 1975) van tweewekelijks bepaalde zoutgehaltes beschikbaar. Buitenqaats van Vlissingen waren dergelijke gegevens niet voorhanden. Om deze leemte op te vullen, heeft de Fysische Afdeling haar toenmalige halfjaarlijkse zoutmetingen in de Zuidelijke Noordzee (zie lit. 6), ten behoeve van de ijking van het Westerscheldemodel, uitgebreid met metingen in de Westerscheldemonding.

4. De ijking

Zoals in het vorige hoofdstuk is gemeld zijn de zoutgegevens van het gedeelte stroomopwaarts van Vlissingen van geheel andere aard dan die van het deel zeewaarts van Vlissingen. Het zal duidelijk zijn dat de ijking van beide stukken, i.v.m. deze verschillen afzonderlijk moet worden uitgevoerd. Daarbij dient eerst het verloop van de uitwisselingscoëfficiënten zeewaarts van Vlissingen te worden bepaald alvorens het overige gedeelte wordt geijkt. De ijking van het gedeelte Schelle-Vlissingen wordt dan uiteraard met gebruikmaking van de zeewaarts van Vlissingen geijkte coëfficiënten, uitgevoerd.

Een noodzakelijke stap in de ijking is het aanpassen van de zoutgegevens aan de vorm die het model eist. Aangezien het een getijgemiddeld model betreft zullen alle zoutgegevens getransformeerd moeten worden naar de getijgemiddelde toestand. De getijgemiddelde toestand wordt bij een min of meer symmetrisch getij zoals in de Westerschelde bepaald door de toestand op halftij. Halftij wordt gedefinieerd als het tijdstip halverwege hoog- en laagwater of halverwege laag- en hoogwater.

Ervan uitgaande dat de monsters getrokken zijn uit een goed gemengd estua-

*) Voor de posities van de bemonsteringspunten, zie bijlage 5.

rium of estuariummond, wordt aangenomen dat de gemeten zoutgehaltes (aan het oppervlak bemonsterd) het gemiddelde gehalte in dwarsrichting en vertikaal representeren. Om de getijgemiddelde toestand te creëren dient de positie van het pakketje water (monster) t.o.v. halftij bepaald te worden. M.b.v. horizontale getij-gegevens worden de pakketjes water verplaatst naar die positie, waarin ze zich zouden bevinden als het halftij zou zijn.

Voor de duidelijkheid van de berekening is hiervoor halftij na hoogwater gekozen. De zoutconcentraties van de vaste meetpunten zijn daarna verkregen door lineaire interpolatie. (Een meer uitgebreide verhandeling over deze bewerking (synoptiseren of verzeilen) is in de appendix opgenomen). Het resultaat is een serie zoutgehaltes op een aantal plaatsen als functie van de tijd. Voor het estuariumgedeelte Schelle-Vlissingen levert dit een serie van ± 75 zoutconcentratielijnen op. Voor het gedeelte zeewaarts van Vlissingen zijn dit er slechts zes (zie bijlagen 7 en 9).

In de volgende paragrafen wordt meer in detail ingegaan op de ijking van de beide gedeeltes van het estuarium.

4.1. IJking van het deel zeewaarts van Vlissingen

Zoals genoemd is uit de periode 1976 begin 1979 uit een zestal metingen het verloop van de zoutconcentratie in dit deel van de Westerscheldemonding bekend. Dit zijn de metingen ZLN 7605, 7609, 7704, 7710, 7804 en 7901. Op bijlage 6 zijn de saliniteiten van de meetpunten van één van deze meettochten weergegeven. De ten noorden van Duinkerken op het kruispunt van vaartracks gemeten waarde voor de saliniteit wordt beschouwd als "vaste" waarde. De waarde van dit "vaste" zoutgehalte is het gemiddelde van de daar gemeten saliniteiten op de beschouwde meettochten. Saliniteit gegevens worden omgerekend naar chloorgehalten m.b.v.

$$\text{Cl} \left[\frac{0}{100} \right] = \frac{S - 0,030}{1,805} \quad (\text{Chloriniteit})$$

De chloriniteiten worden omgezet in concentraties bij 20°C m.b.v. tabel 1.

Chloriniteit cl [°/00]	Zoutgehalte cl [g/l]
15	15,28
15,5	15,80
16	16,32
16,5	16,84
17	17,37
17,5	17,89
18	18,41
18,5	18,94
19	19,46
19,5	19,99
20	20,51

Tabel 1. Omrekeningstabel chloriniteit
naar zoutgehaltes bij 20°C.

De in ruwe vorm beschikbare zoutgegevens moeten omgezet worden naar getij-gemiddelde gegevens. Het is niet mogelijk om alle meetgegevens tussen Vlissingen en de zeeranden van Wielingen en Oostgat in de juiste positie te rekenen door de zoutgehaltes te synoptiseren. Het stroombeeld buiten het einde van de Westerscheldegeul (iets Westwaarts van Zeebrugge) is duidelijk niet meer met een ééndimensionaal stromingspatroon te benaderen. Zonder gedetailleerde kennis van het stroombeeld is niet duidelijk op welke positie de daar gemeten zoutgehaltes rond halftij na hoogwater zich bevonden kunnen hebben. Ook is het niet verantwoord de gemeten waarden zonder meer als getij-gemiddelde waarden aan te nemen, aangezien de invloed van de getijstrooming in dit gebied op de zoutgehaltes nog aanzienlijk kan zijn. Er wordt dan ook genoeg genomen met de zoutgehaltes uit de Wielingen, zoals die in de geul tot Zeebrugge bemonsterd zijn, en deze worden gesynoptiseerd m.b.v. de

horizontale getijgegevens van verschillende posities in de geul. Voor het Oostgat gaat hetzelfde verhaal op, in die zin dat zeewaarts van Westkapelle de stromingstoestand niet meer tot een ééndimensionale toestand geschematiseerd kan worden. Er is dus geen poging gedaan om realistische K-waarden tussen Zeebrugge en de zeerand en tussen Westkapelle en de zeerand te verkrijgen. De op deze trajekten gevonden K-waarden veroorzaken enkel een goede aansluiting op de zoutgegevens stroomopwaarts.

Zo ontstaat er zeewaarts van Vlissingen het volgende beeld:

Het verlengde van de Westerschelde is opgesplitst in een tak "Wielingen" en in een tak "Oostgat". De tak "Wielingen" is doorgetrokken tot boven Duinkerken, waar het vaste zoutgehalte $19,65 \text{ g/l}$ is opgelegd. De tak "Oostgat" is een behoorlijke afstand zeewaarts doorgetrokken en als vaste zoutconcentratie van het laatste vak geldt: $19,65 \text{ g/l}$. De ruimtelijke verdeling van de takken is weergegeven op bijlage 2 en de bij de vakken behorende natte doorsneden en volumes zijn bepaald aan de hand van de door directie Noordzee beschikbaar gestelde dieptelijnenkaart. In de geul tussen Zeebrugge en Vlissingen liggen vier meetpunten, waarvoor ieder 6 waarnemingen zijn; in het Oostgat zijn het er drie.

De bij het ijken toe te passen techniek is de volgende:

Men kiest een willekeurige set K-waarden en voor deze set gaat men na of het berekende verloop van het zoutgehalte in het meest zeewaartse meetpunt overeenkomt met de gemeten zoutgegevens. Is dit niet het geval, dan past men de zeewaarts van dit meetpunt gelegen uitwisselingscoëfficiënten zodanig aan, dat er wel een goede overeenkomst is. Daarna wordt het daaropvolgende stroomopwaarts gelegen meetpunt "gefit", enz. Men bouwt het verloop van K op vanuit de zeerand, in stroomopwaartse richting. Deze werkwijze valt af te leiden uit de analytische oplossing van een vereenvoudigde stationaire situatie. De oplossing voor het zoutgehalte als functie van x bij een bepaalde afvoer R is dan (zie lit. 2):

$$C(x) = C_{\text{zee}} e^{-R \int_x^{\text{zee}} \frac{d\xi}{A(\xi)K(\xi)}}$$

Daaruit blijkt dat $C(x)$ alleen afhankelijk is van wat stroomafwaarts van x gebeurt. Op deze wijze kan men de ijking K-waarde voor K-waarde opbouwen vanaf de zeerand naar de oorsprong toe. Omdat van een groot aantal vakken zeewaarts van het laatste meetpunt (Zeebrugge en Westkapelle) geen zout-

gehalten bekend zijn, is het niet eenvoudig om in dit gebied een zodanige schatting van de waarden van de uitwisselingscoëfficiënten K te maken, dat er een redelijke aansluiting kan worden gevonden met de gesynoptiseerde waarden van de punten in Wielingen en Oostgat. Tevens doet zich de vraag voor in welke verhouding de debieten van de Westerschelde zich over Oostgat en Wielingen verspreiden. Bij de berekening bleek zich nauwelijks enig verschil voor te doen tussen het geval waarin de afvoerverhouding Wielingen-Oostgat 4 : 1 of 9 : 1 werd aangenomen. De verhouding 4 : 1 lijkt een goede praktijkwaarde.

Het uiteindelijke resultaat blijkt in redelijke overeenkomst met de meetgegevens te zijn (zie bijlage 8). Binnen de mogelijkheden om met zo weinig gegevens een ijking uit te voeren, is deze benadering van de K -waarden buitengaats Vlissingen het beste wat te bereiken is.

4.2. Ijking van het gedeelte tussen Schelle en Vlissingen

Voor de ijking van de Schelde vanaf Schelle tot Vlissingen (Westerschelde) is gebruik gemaakt van de uitwisselingscoëfficiënten die bij het ijken van het zeewaartse deel zijn gevonden. Verder zijn de zoutgegevens, die door het RIZA langs de Westerschelde en door Belgische autoriteiten verder stroomopwaarts tot Burcht zijn verzameld na de bewerking van het synoptiseren (zie appendix A) als uitgangspunt gebruikt. Op bijlage 10 is het resultaat van deze bewerking weergegeven.

5. Resultaten

De ijkingsperiode loopt van augustus 1972 t/m december 1975. Over de periode augustus 1972 t/m september 1974 is een redelijke fit verkregen voor alle meetpunten. In de daarop volgende periode van oktober 1974 t/m december 1975 vertoont het berekende concentratieverloop een afwijkend beeld t.o.v. de gemeten waarden bij de gevonden uitwisselingscoëfficiënten. Op de bijlagen 3 en 15 zijn de gevonden K -waarden weergegeven. De uitwisselingscoëfficiënten van de eerste vakken (1 t/m 4) zijn niet betrouwbaar, omdat ijkgegevens van dit traject ontbraken. Dit heeft geen invloed op de overige coëfficiënten. Het meest opvallende aan het verloop van K is, dat hoe verder men zich

zeewaarts begeeft, hoe lager de K-waarden worden. Hieruit mag men konkluderen, dat zeewaartsgaande de intensiteit van de mengingsprocessen afneemt. Dit betekent dat de concentraties in de zeewaartse vakken zich slechts langzaam zullen aanpassen bij de veranderingen die stroomopwaarts plaatsvinden bijv. wijzigingen in afvoeren. Indien dit in het prototype in dezelfde mate het geval is, als in het model, dan is er uiteraard geen aanleiding tot opmerkingen. In het hier toegepaste model zijn er evenwel verschillen tussen het gedrag van het prototype en van het model (periode eind '74 - '75) die om nader onderzoek vragen.

Dit onderzoek is erop gericht de invloed te bepalen van de keuze van verschillende modelgrootheden, zoals de plaats van de modelrand, de tijdseenheid van de variaties in de Scheldeafvoer, de keuze van de vakgrootte en de keuze voor een al of niet in de tijd konstante uitwisselingscoëfficiënt.

5.1. De plaats van de modelrand aan de zeewaartse zijde

De berekening is uitgevoerd met een model, waarvan de zeewaartse rand ver voorbij de Westerscheldemonding is gelegen, in het vervolg het "lange model" genoemd (zie bijlage 2). Ter bestudering van de invloed van de plaats van de vaste randvoorwaarde is het interessant de resultaten van dit lange model te vergelijken met die van een kort model. Voor het korte model wordt gekozen: het Westerscheldemodel met vak 20 (Vlissingen) als zeerland. Als randvoorwaarde voor de (vaste) zoutconcentratie in het korte model wordt de over een bepaalde periode gemiddelde, gemeten zoutconcentratie in meetpunt 3 genomen.

Op bijlage 11 zijn voor een aantal meetpunten de berekende zoutconcentratielijnen voor het korte model weergegeven. De verschillen in de meer stroomopwaarts liggende vakken (Meetpunt 21) t.o.v. de overeenkomstige concentratielijnen in het lange model, zijn minimaal, behalve in de periode eind 1974-1975. Met name in de maanden volgend op de natte periode oktober 1974 t/m april 1975) zijn de afwijkingen aanzienlijk. In de vakken die dicht bij de zeewaartse rand van het korte model liggen zijn er duidelijke afwijkingen t.o.v. het lange model over de gehele ijkingsperiode te constateren (meetpunt 28). Dit verschijnsel is m.b.v. een fiktieve situatie volgens bijlage 17 te verklaren.

Stel we bezitten twee modellen van het zelfde prototype, één met 50 vakken van a km (lang model) en een met 30 vakken van a km vanaf de oorsprong (kort model). Beide modellen hebben een vast zoutgehalte in het laatste vak, zoals is weergegeven. De rivierafvoer stijgt van $100 \text{ m}^3/\text{s}$ naar $300 \text{ m}^3/\text{s}$. Het belangrijkste mechanisme, dat nu bijdraagt aan de wijziging van de zoutgehalten in het estuarium is de advektieve term van het transportproces. Vanuit de oorsprong van de rivier slaagt dit mechanisme erin om in korte tijd de zoutkoncentratielijn flink zeewaarts op te schuiven. De Westerschelde toont aan de hand van het verloop van de zoutgehalten van okt.-nov. 1974 aan dat dit inderdaad zeer snel gaat. Zowel het korte als het lange model kunnen dit proces beschrijven (zie bijlagen 10 en 11). Op bijlage 17 is weergegeven hoe de stationaire toestand voor een rivierafvoer van $300 \text{ m}^3/\text{s}$ eruit ziet voor beide modellen. Het is direkt in te zien dat in het stroomafwaartse gedeelte van het korte model verschillen optreden t.o.v. de concentraties berekend met het lange model.

Nu daalt vanuit deze toestand de rivierafvoer plotseling naar $100 \text{ m}^3/\text{s}$. Het zoutgehalte zal nu in het gehele estuarium weer stijgen. Het mechanisme dat deze stijging bewerkstelligt is de dispersie-term van het transportproces. Deze opereert (vanwege de zoutgradiënt) vanuit de zee de rivier op. Hierbij is de grootte van de zoutgradiënt van belang. In het lange model is de zoutgradiënt in de meest zeewaarts liggende vakken erg klein en zal het zoutindringingsproces zeer moeizaam op gang komen. In het korte model daarentegen is de zoutgradiënt nabij de zeerland veel steiler en kan het dispersieproces veel sneller zoutindringing bewerkstelligen. De konkrete verschillen zijn in de korte en lange simulaties van de Westerschelde te zien (periode mei-okt '75; bijlagen 10 en 11). De uiteindelijke zoutgehalten in de stationaire toestand zullen niet veel van elkaar verschillen, maar het tijdsverloop om tot de stationaire toestand te komen is bij het lange model aanzienlijk langer dan bij het korte model. In geen van beide modellen komt het berekende verloop overeen met het in het prototype gemeten verloop van de zoutgehalten (bijlagen 10 en 11).

Nu rijst de vraag welke oorzaak er aan dit verschijnsel van vertraging ten grondslag ligt. Is het alleen het verlengen van een model of speelt ook de verwijding een rol (buiten de Westerscheldemonding treedt sterke verwijding van het model op). Dit is nagegaan aan de hand van een tweetal fiktieve modellen, waarvan van beiden een lange en een korte versie zijn doorerekend.

Het eerste geval is een estuarium met een konstante doorsnede van 50.000 m^2 en een lengte van 50 vakken van 5 km in de lange variant en 30 vakken van 5 km in de korte variant. Het tweede geval is een estuarium met een konstante doorsnede (50.000 m^2) over een lengte van 20 vakken van 5 km, dat zich daarna verwijdt volgens $A = 50.000 + 2 (x - 100.000)$ (x = afstand tot de oorsprong van het estuarium) over 30 vakken in de lange versie en 10 vakken in de korte. In alle gevallen is K = konstant = $100 \text{ m}^2/\text{s}$. Het stromingsregime is het volgende: in de beginfase is het debiet $R = 100 \text{ m}^3/\text{s}$. In de stationaire toestand wordt de afvoer gedurende zes maanden op $300 \text{ m}^3/\text{s}$ gesteld. Daarna neemt R weer af naar $100 \text{ m}^3/\text{s}$.

Bijlage 18 geeft de toestand voor de vakken 25, 35 en 45 van het lange model met de konstante doorsnede weer met C zeerand = 20 g/l ; bijlage 19 geeft de situatie in het overeenkomstige korte model weer, waar de zeerandconcentratie gelijkis aan de volgens bijlage 18 berekende concentratie in vak 30 (stationaire toestand bij $100 \text{ m}^3/\text{s}$): C zeerand = $2,78 \text{ g/l}$. Bijlage 20 en 21 geven dergelijke situaties weer voor de zich verwijdende modellen met voor de lange variant C zeerand = 20 g/l en voor de korte: C zeerand = $17,43 \text{ g/l}$. Aan de hand van deze bijlagen valt het volgende op te merken:

De rechte en de zich verwijdende modellen zijn niet zonder meer met elkaar te vergelijken. Uit de bijlagen blijkt duidelijk, dat de zoutindringing in wijde estuaria veel sterker is. Frappant is ook dat in het rechte model de wijzigingen in R zich het sterkst manifesteren in concentratieveranderingen bij de zeerand, terwijl bij het zich verwijdende model de meeste ingrijpende wijzigingen zich bij het begin van het estuarium voordoen. Wel kan het gedrag van korte en lange modellen aan de hand van dit rekenvoorbeeld worden geïllustreerd. Hiertoe wordt onderscheid gemaakt tussen plotseling toenemende afvoer ($100 \rightarrow 300 \text{ m}^3/\text{s}$) en plotselinge afnemende afvoer ($300 \rightarrow 100 \text{ m}^3/\text{s}$). Als voorbeeld dient het gedrag van de concentratie in vak 25. Bij toename van de afvoer valt nagenoeg geen onderscheid te maken tussen het gedrag van korte en lange modellen. Enkel het niveau van de "stationaire" eindwaarde (na $\frac{1}{2}$ jaar) verschilt voor korte en lange varianten, maar dat was, overeenkomstig de conclusies van bijlage 17, te verwachten.

Bij plotselinge daling van de afvoer naar $100 \text{ m}^3/\text{s}$ valt het verschil op tussen het gedrag van de concentratie in vak 25 van de lange varianten t.o.v. de korte. In beide lange varianten is de stationaire toestand bereikt na

± 1200 dagen en in de korte varianten na ± 400 dagen.

Het gedrag van de concentratie in vak 35 van bijlage 20 geeft de optredende vertragingseffekten weer. In de lange periode waarin de afvoer hoog was (6 maanden) is er een daling van de concentratie in de meest zeewaarts liggende vakken op gang gekomen. Het effect van verlagen van de afvoer laat zich niet meteen gelden: de concentratie blijft nog 3 maanden zakken na het moment waarop de zakking van de afvoer intrad. In meer zeewaarts gelegen vakken is dit effect nog sterker. Hoewel ditzelfde effect in het lange model met de uniforme doorsnede (bijlage 18) niet gesignaleerd wordt, spelen ook hier vertragingseffekten t.g.v. het niet voldoende snel aanpassen van de (zee) randvoorwaarde een rol.

Bij het verlengen van deze modellen introduceert men traagheid. Ook bij minder ingrijpende en minder langdurige wijzigingen in R zal bovengenoemd effect zich voordoen. Hier zijn de gevolgen minder ernstig om twee redenen. Ter eerste zijn de perioden korter en de afvoerverschillen kleiner, zodat de wijziging in de randconcentratie niet al te groot zal zijn. Ten tweede zal het effect van een daling of stijging van de afvoer snel uitgedempt worden door een daaropvolgende stijging resp. daling.

5.2. Het konstante zoutgehalte aan de zeerland van het model

Uit het voorgaande zou men geneigd zijn te konkluderen dat het korte model betere resultaten levert dan het lange model, al is er nog geen reden om tevreden te zijn over de resultaten in de periode okt. '74-'75 (bijlage 11). Een ander probleem, dat bij het gebruik van dit korte model geïntroduceerd wordt is de onjuiste voorstelling van de fysische werkelijkheid door het aannemen van een vaste zout-koncentratie op de zeerland, daar waar de concentratie in het geheel niet konstant verondersteld kan worden. Vooral in de situaties, waarin het (schijnbare) evenwicht van de lage tot gemiddelde rivierafoeren wordt verstoord door hoge afvoeren, treden belangrijke afwijkingen op. De zoutkoncentraties aan de rand (Vlissingen) zakken aanzienlijk in de perioden met hoge afvoeren (zie bijv. bijlage 9c eind 1974) en zijn nog laag als de afvoeren alweer zijn afgenomen (mei 1975). In deze periode, waarin de afvoeren weer laag zijn en de concentratie d.m.v. dispersieve processen omhoog moet worden gebracht, speelt de grootte van de

zoutgradiënt uiteraard een belangrijke rol. Heeft men de vaste zout-koncentratie bij Vlissingen nu belangrijk hoger ingesteld dan de werkelijke concentratie, dan is de zoutgradiënt waarmee men rekent groter dan de werkelijk bestaande zoutgradiënt. Het gevolg is dat men de zoutkoncentraties sneller omhoog brengt in de hele Westerschelde, en desondanks het rekenresultaat beter in overeenstemming met de gemeten concentraties (mei 1975 - eind 1975; bijlage 11).

De vraag is nu of de rekentechnische voordelen van een kort model benut kunnen worden zonder de nadelen te ondervinden van de aanname van konstante zoutconcentratie op een plaats waar deze niet konstant verondersteld mag worden. Dit is mogelijk door de zoutconcentratie in het randvak te laten variëren.

5.3. Variabele zoutconcentratie aan de zeerand van een kort model

Op bijlage 12 is het resultaat weergegeven van de berekening van een model met in vak 20 (Vlissingen) een zoutconcentratie, die gelijk is aan de gemiddelde gemeten zoutconcentratie in dat vak. Er zijn twee concentratielijnen weergegeven: Mp 28 (Terneuzen) en Mp 21 (Bath). T.o.v. bijlage 11 zijn een aantal verschillen te konstateren.

- Mp 28; de concentratielijns ligt een stuk lager dan in de "vasterand-situatie" gedurende de periode nov.'74 t/m okt.'75. Het ontbreken van het in 5.2. gesignaleerde verschijnsel van de grote gradiënt is hier debet aan. Rond oktober '75 is de goede waarde (= gemeten waarde) van de concentratie bereikt.
- Mp 21; hier alleen een verschil in de periode mei '75 - okt.'75. Dat in de hoge-afvoer-periode geen belangrijke verschillen optreden houdt verband met de relatief geringe invloed van de stroomafwaartse zoutgradiënt op de diffusie verder stroomopwaarts bij hoge afvoeren.

De berekende waarden zijn voor de beschouwde periode niet in overeenstemming met de gemeten waarden voor de zoutconcentratie.

I.h.a. kan gesteld worden, dat in en na de periode met hoge afvoeren ook indien men de zoutgehaltes berekent met een model met een variabele zoutconcentratie aan de rand er een systematische afwijking van de gemeten waarden optreedt. Het is opvallend dat juist in de tijdvakken, waarin de afvoer afneemt (febr.-mrt. '75 en mei-okt.'75) de meest ernstige afwijkingen optreden.

5.4. Variaties in zoutgehaltes binnen de maand

In perioden, waarin de afvoer van de Schelde sterk varieert veroorzaakt middeling van de afvoercijfers over de maand een erg grove benadering van de meetgegevens. Decadecijfers geven een iets verfijnder beeld in dergelijke tijdvakken. Op bijlage 13 is voor twee meetpunten de berekende zoutconcentratielijn getoond. Afgezien van de variaties op kleine tijdschaal vertoont het beeld ook nog verschillen t.o.v. de berekening met maandafvoeren: de langere-termijn-minima en -maxima verschillen (hogere maxima en lagere minima) van bijlage 10.

Berekeningen met decadecijfers van de afvoeren in het geval men variabele zoutconcentraties aan de zeerland van het korte model invoert (bijlage 14) geven voor de berekende periode (okt.'74 - dec.'75) nagenoeg dezelfde resultaten voor Mp 21 (Bath) als de berekeningen met het lange model (bijlage 13). Voor Mp 28 (Terneuzen) zijn de afwijkingen aanzienlijk (hier komt het vertragingseffekt naar voren). De berekening met decadecijfers in het geval van variabele zoutconcentraties aan de zeerland geeft geen lange-termijn-verschillen te zien t.o.v. dezelfde situatie doorgerekend met maandafvoeren. (Bijlage 15 t.o.v. bijlage 13). M.a.w. deze verfijning biedt geen aanknopingspunten voor een betere fit in de hoge-afvoer-periode.

5.5. Gevoeligheid van de keuze van de vakgrootte

Er wordt nagegaan wat de invloed is van de keuze van de vakgrootte op de berekende resultaten. Op bijlage 22 zijn daartoe de zoutconcentratielijnen van meetpunt 21 (Bath) uitgezet voor een drietal verschillende vaklengtes: 2,5, 5 en 10 km. Het gaat om berekeningen met het korte model. De onderlinge verschillen zijn niet indrukwekkend en geven geen aanleiding tot opmerkingen. Ter illustratie is ook de zoutconcentratielijn van meetpunt 21 uit het lange model op deze bijlage weergegeven.

6. Drie modellen vergeleken voor de periode oktober 1974 - december 1975

Uit het voorgaande komt als konklusie naar voren dat de plaats en de aard van de zeewaartse randvoorwaarde voor de zoutconcentratie een belangrijke rol speelt bij het berekenen van de uitwisselingscoëfficiënten. Voor perioden met gemiddelde, niet sterk variërende, afvoeren, is er

voor de drie modellen (lang en kort model met vaste zoutconcentratie aan de rand, kort model met variabele zoutconcentratie aan de rand resp. modellen I, II en III) een redelijke "fit" te vinden op de zoutgegevens (aug. 1972-sept. 1974). Alleen voor model II is het bepalen van de juiste concentratie op de rand een probleem. Voor perioden met grote afvoervariaties (okt. 1974-dec. 1975) zijn de resultaten van alle drie modellen onbevredigend. De beste resultaten zou men verwachten van model III, maar de afwijkingen t.o.v. de meetgegevens zijn aanzienlijk. Model I heeft als extra handicap het introduceren van traagheid, model II biedt weliswaar betere resultaten, maar deze zijn op fysisch onjuiste wijze verkregen.

De afwijkingen van de berekeningsresultaten t.o.v. de meetgegevens treden op vanaf het moment waarop de afvoeren toenemen (okt. 1974). Koncentreren we ons verder op model III, dan blijkt uit bijlage 12, dat voor meetpunt 28 (Terneuzen) rond sept. 1975 de berekende en gemeten zoutconcentraties weer redelijk overeenkomen. Bij meetpunt 21 (Bath) treedt dit verschijnsel niet op. Daar blijven de berekende concentraties lager dan de gemeten waarden. Er zijn hieraan dus twee aspecten te onderscheiden: ten eerste de te lage berekende concentraties in de periode van hoge afvoer in het gehele estuarium; en ten tweede het niet aanpassen van de berekende concentraties verder stroomopwaarts als de afvoeren weer lagere waarden aannemen.

6.1. Hoge afvoeren

In de literatuur wordt meerdere malen verwezen naar een zekere afhankelijkheid van de dispersiecoëfficiënt met de zoetwaterafvoer, (lit 2, 3, 4). Hogere afvoeren zouden een betere menging, zich uitend in een grotere uitwisselingscoëfficiënt, veroorzaken. Aangezien de mogelijkheid om K willekeurig te laten variëren, niet in het model is ingebouwd, kan slechts een eenvoudige relatie tussen de afvoer en K worden gesimuleerd. Hiertoe is voor de natte periode de gehele set K-waarden vermenigvuldigd met 1,5. Vanaf mei 1975 is de normale set K-waarden weer gebruikt. De resultaten zijn weergegeven op bijlage 14b (decadecijfers). Ondanks de eenvoudige relatie zijn de resultaten veel beter dan voor de normale set K-waarden voor meetpunt 28. Ook voor meetpunt 21 zijn de resultaten aanzienlijk beter, althans t/m april 1975. Daarna blijft de afwijking t.o.v. de gemeten gegevens gehandhaafd. Het is duidelijk dat het aanpassen van de K-waarden in de natte

periode geen invloed heeft op de "eindwaarde" van de zoutconcentratie in de daaropvolgende droge periode (vergelijk bijlage 14a en 14b).

6.2. Lage afvoeren (1975)

Voor meetpunt 21 is m.b.v. bijlage 12 te zien dat er aanzienlijke afwijkingen blijven bestaan tussen berekende en gemeten concentraties. Hoewel niet op deze bijlage aangegeven geldt dit ook voor de meetpunten tussen Bath en Terneuzen. Daarbij moet aangetekend worden, dat:

1. De afwijkingen naar Terneuzen toe steeds kleiner worden
2. Naarmate de punten verder van Terneuzen af liggen kost het meer tijd

voordat overeenstemming tussen berekende en gemeten gegevens wordt bereikt. Ervan uitgaande dat het onder 2. genoemde proces voor meetpunt 21 pas in 1976 resultaat zou afwerpen zijn ook voor dat jaar nog zoutgegevens (na verzeiling) met berekende waarden vergeleken. Het resultaat hiervan is weergegeven op bijlage 23. Het betreft hier een berekening met model I en de resultaten zijn niet best, ook niet voor meetpunt 28, waar we beter zouden verwachten. De resultaten van een berekening met model II zijn niet veel beter, en ook van model III is hier niet veel te verwachten voor meetpunt 21 (wel voor Mp 28). Waar kunnen de oorzaken liggen voor het afwijkende gedrag van de berekende concentraties in deze periode voor de punten stroomopwaarts van Terneuzen? Enige mogelijkheden worden geopperd.

1. De afvoeren in de betreffende periode zijn lager dan is verondersteld.

Bij het procentueel verlagen van de afvoeren worden de berekende concentraties in Meetpunt 21 hoger, maar dit kan niet zodanig bijdragen dat een goede "fit" van de meetgegevens wordt verkregen. Het op andere wijze verminderen van de afvoer (bijv. reduceren met vaste bedragen) is dermate spekulatief, dat het zinloos is daaraan zonder nadere gegevens te gaan rekenen.

Het is wel duidelijk dat de invloed van reductie van de afvoer sterk doorwerkt in de bovenstroomse punten, en veel minder in de benedenstroomse.

2. De AxK-waarden tussen Terneuzen en Bath moeten hogere waarden krijgen. Over nagenoeg het gehele traject en wellicht nog verder stroomopwaarts moet AxK aangepast worden, aangezien de afwijking van de meetgegevens in de richting van Bath verder toeneemt. De fysische oorzaak van vergroten van A zou bijv. kunnen liggen in ingrepen in het geulenstelsel. Dit

lijkt niet voor de hand liggend, aangezien een dergelijke ingreep nogal rigoreus moet zijn om dit soort afwijkingen te veroorzaken. De noodzaak om een grotere waarde voor K aan te nemen zou gezocht moeten worden in gewijzigde, meer intensieve mengingsprocessen. Het is niet duidelijk welke van de mengings-processen die m.b.v. de uitwisselingscoëfficiënt worden geparametriseerd hiervoor verantwoordelijk zouden kunnen zijn.

3. De gegevens zijn fout. Oftewel: de verzeiling van de zoutgehaltes heeft plaatsgevonden op basis van onjuiste gegevens of is onjuist geschied. Van de gegevens zouden enkel de stroomsnelheden, onjuist kunnen zijn, door

- a. meer of minder bovenafvoer dan in de standaardsituatie
- b. aanwezigheid van een andere fase in de springtij-doodtij-cyclus, dan in de standaardsituatie
- c. aanwezigheid van storm, die hoge opzet veroorzaakt.

Mogelijkheden b en c vallen zonder meer af aangezien de afwijkingen zich voordoen gedurende vele maanden. Mogelijkheid a valt vanwege dezelfde omstandigheid af; daar komt nog bij dat de bovenafvoer slechts een minieme invloed uitoefent op de stroomsnelheid.

Ook is de verzeiling over deze periode niet anders uitgevoerd, dan die over andere perioden, en mocht dit al het geval zijn, dan kunnen de afwijkingen niet in die orde van grootte liggen als ze nu gekonstateerd worden.

Een andere mogelijkheid t.a.v. het gebruik van foutieve gegevens zou kunnen liggen in een evt. wijziging van de wijze van zout meten. Tengevolge hiervan zouden evenwel alle gegevens afwijkingen vertonen en dat is niet het geval.

7. Resultaten vergeleken met andere berekeningen.

Ter verifikatie van de ijkingsresultaten is een berekening uitgevoerd om zoutgegevens uit een verder verleden (1963-1965) te benaderen met het geijkte Westerscheldemodel. De berekende concentratielijnen blijken redelijk door de gemeten waarden te lopen. Op dezelfde gegevens is voorheen ook reeds een ijking uitgevoerd. De K- en AxK-waarden hiervan zijn, met die van de huidige ijking weergegeven op de bijlagen 15 en 16. Ondanks de grote verschillen in AxK- en K-waarden zijn de resultaten van de berekening van zoutconcentraties voor de

periode 1963-1965 voor beide bevredigend.

Met behulp van het geijkte model zijn over de periode 1972-1975 berekeningen uitgevoerd om het stikstofgehalte in de Westerschelde te berekenen. De lozingsgegevens waren afkomstig van het RIZA, alsmede de gemeten concentraties op enkele plaatsen in het estuarium. In eerste instantie werd stikstof als een conservatieve stof beschouwd. Deze voorwaarde resulteerde in een berekend stikstofgehalte, dat over de gehele periode voor alle bemonsteringspunten 1 à 2 mg/l hoger lag dan de gemeten waarden. Het invoeren van een afbraaktijd van 1 jaar bracht de berekende gehalten over de gehele linie in redelijke overeenstemming met de gemeten concentraties (zie bijlage 24). Het merkwaardige feit doet zich voor, dat in de natte periode (okt. '74 - april '75) de berekende concentraties hoger liggen dan de gemeten waarden, dit i.t.t. de toestand bij de zoutberekening. Ook de droge periode mei 1975 - okt. 1975 levert geen "fit" - problemen op.

8. Nauwkeurigheid van de resultaten

In tegenstelling tot stochastische modellen kan in dit geval niet gesproken worden over betrouwbaarheidsgrenzen van de voorspelde waarden. Afhankelijk van de kwaliteit van de uitwisselingscoëfficiënten worden de gemeten zoutgegevens al of niet goed benaderd. De nauwkeurigheid van de afvoergegevens speelt daarin ook een belangrijke rol. Daarnaast zijn er fluktuaties in de meetgegevens a.g.v. meetfouten, onvolledige menging van het zout over de dwarsdoorsnede, afwijkingen in de verzeilafstand, weersinvloeden, e.d., die alle onder de noemer van stochastische fluktuaties op de (afvoerafhankelijke) gang van het zoutgehalte vallen. Deze fluktuaties zijn te bepalen uit het verschil tussen de gemeten en berekende zoutgehalten bij ieder monstertijdstip. De verdeling van deze verschillen zegt iets over de gemiddelde afwijking t.o.v. de berekende concentraties en over de spreiding van de fluktuaties. Ook kunnen op deze wijze verschillende methodes of modellen onderling worden vergeleken.

Voor de zoutgehalten berekend met het lange model (maandafvoeren) zijn van drie meetpunten (Mp 28, 15 en 21) de gemiddelden en standaardafwijkingen van de verschillen t.o.v. de gemeten waarden bepaald. Dit is voor twee periodes uitgevoerd: augustus 1972 - augustus 1974 en augustus 1972 - december 1975.

In het eerste geval is het gemiddelde verschil maximaal 0,11 g/l (Mp 21) en de standaardafwijking 0.83 (Mp 28). Voor het tweede geval zijn beide aanmerkelijk groter: gemiddelde 0.85 (Mp 15) en standaardafwijking 1.33 (Mp 15). Het feit dat de standaardafwijking groter wordt is ook al een bewijs, dat er iets niet klopt met de resultaten van de periode sept. 1974 - dec. 1975. Het rekenen met decadeafvoeren verhoogt de nauwkeurigheid niet (zie tabel 2).

	lang model (maandafvoeren)				lang model (decadeafvoeren)			
	aug. '72-aug. '74		aug. '72-dec. '75		aug. '72-aug. '74		aug. '72-dec. '75	
Mp 28	-0.08	0.83	0.55	1.23	0.04	0.83	0.65	1.20
Mp 15	0.10	0.76	0.85	1.33				
Mp 21	0.11	0.77	0.74	1.24	-0.18	0.66	0.73	1.06

Tabel 2. Gemiddelden en standaardafwijkingen (g/l) van de verschillen tussen gemeten en berekende zoutgehaltes.

9. De verspreiding van lozingsstoffen

Het is van belang te weten of men bij het simuleren van de concentratieverdeling bij een lozing met het lange model moet rekenen, of het korte model mag toepassen. Als een algemene regel geldt uiteraard, dat wanneer de lozing in de buurt van de rand van het korte model plaatsvindt (b.v. 2 à 3 vakken verwijderd), en men de verdeling van de concentratie zeewaarts van het lozingsvak ook wil bestuderen, men in ieder geval het lange model dient toe te passen. In dit geval dient men voorzichtig te zijn met de waarden die buiten het estuarium worden berekend (meerdimensionale situatie). Verder kan als algemene regel worden gehanteerd, dat wanneer de lozingsstof van een zodanige aard is, dat als resultaat van een (continue) lozing in een bepaald vak de concentraties stroomafwaarts snel naar nul gaan, men in ieder geval voor de beschrijving van de concentratieverdeling in het riviergedeelte stroomopwaarts van het lozingspunt, ook met het verkorte model betrouwbare resultaten berekent. Dit wordt geïllustreerd m.b.v. de concentratieverdelingen van bijlagen 27 en 28, waaruit blijkt dat bovenstaande voor afbreekbare stof (en dus ook voor BOD) en warmtelozingen geldt. Het lozen van conservatieve stof levert problemen op, vooral bij lozingen in vakken die dicht bij de rand van het korte model liggen (zie bijlage 25). Vanwege het "niet-

afbreekbare" karakter van de stof wordt (in het lange model) ook buiten Vlissingen een hoge concentratie opgebouwd. Bij lozingen nabij de Belgische grens (bijlage 26) lopen de resultaten van beide modellen minder ver uiteen. Met het korte model met variabele randconcentratie kan zonder problemen worden gerekend. De kwestie hier is vaak het ontbreken van informatie over deze concentratie.

10. Konklusies

De ijking van het ééndimensionale waterkwaliteitsmodel voor de Westerschelde heeft geresulteerd in een set uitwisselingscoëfficiënten (zie bijlagen 3 en 10). Deze waarden geven een goede "fit" op de waarnemingen, althans voor perioden van lage tot gemiddelde afvoer (30 tot $100 \text{ m}^3/\text{s}$). Hiermee kan, althans wat betreft de kritische toestanden die in het estuarium m.b.t. lozingen kunnen optreden (lage afvoeren !) een betrouwbaar beeld worden verkregen. Mits de afvoeren niet te sterk variëren, zal de traagheid die in het model is geïntroduceerd door de uitbreiding zeewaarts, niet veel invloed uitoefenen op het verloop van de concentraties. Er is gebleken dat aan het "kiezen" van een geschikt model nogal wat problemen vastzitten. Daarbij wordt vooral gedoeld op de zeewaartse randvoorwaarde m.b.t. de zoutconcentratie. Kiest men voor een vaste randconcentratie, dan dient men het model voldoende ver zeewaarts uit te breiden, zodat de concentratie ook werkelijk een konstante waarde bezit. Hiermee introduceert men storende vertragingseffekten. Kiest men voor een variabele zoutconcentratie als randvoorwaarde, dan stelt dat grenzen aan de voorspellende waarde van het model (men weet de concentratie in de toekomst niet). Er zijn wel technieken beschikbaar om ook in dit geval de randconcentratie te voorspellen (lit. 4). Uit het onderzoek komt ook een zekere afhankelijkheid van K met de afvoer naar voren. De preciese relaties zijn nog niet zichtbaar. De invloed van de aard van de afvoergegevens (maand- of decadeafvoeren) en de keuze van de grootte van de modelvakken bleken weinig invloed op de resultaten te hebben.

Afhankelijk van de lozingsstof en lozingsplaats en van de posities waarvan men het concentratieverloop wil weten kan men kiezen voor het lange of voor het ingekorte model. Een kort model met variabele randkondities is in principe altijd te gebruiken. Dit is in de praktijk evenwel nog een probleem, aangezien deze mogelijkheid niet standaard in het model is opgenomen. De problemen in natte perioden (variabele K) en in de droge periode na april 1975 vragen nog om nader onderzoek.

Literatuurverwijzingen

- 1) J.M. Suijlen, Beschrijving van het rekenprogramma DFENST 20 (Eéndimensionale dispersie in estuaria of rivieren). RWS-WW, Fysische Afdeling, 09 76-FA.
- 2) Het estuarium als ontvangend water van grote hoeveelheden afvalstoffen. RIZA-mededeling nr. 2, 1965.
- 3) R.J. Uncles en P.J. Radford, Seasonal and spring-neap tidal dependence of axial dispersion coefficients in the Severn - a wide, vertically mixed estuary. Journal of Fluid Mechanics (1980) vol. 98, part 4, pp. 703-726.
- 4) D.R.F. Harleman and M.L. Thatcher, Longitudinal dispersion and unsteady salinity intrusion in estuaries. La Houille Blanche, No. 1/2 1974. pag. 25-33.
- 5) Mean monthly temperature and salinity of the surface layer of the North Sea and adjacent waters from 1905 to 1954. ICES, 1962.
- 6) G.C. van Dam, Eindverslag MLTP-4; Waterbeweging en menging in het zuidelijk gedeelte van de Noordzee. RWS-WW, Fysische Afdeling, nota FA 8005 (pag. 73 en 74).

Appendix A

Het verzeilen of synoptiseren

Het verzeilen of synoptiseren van gegevens beoogt de beschikbare set zoutgegevens zodanig te bewerken, dat ze onderling vergelijkbaar worden.

In dit geval betekent het, dat men alle gegevens in de toestand manipuleert die bij gemiddeld getij heerst. Hier wordt voor de getijgemiddelde toestand de situatie ten tijde van halftij na hoogwater gekozen. Halftij wordt gedefinieerd als het tijdstip halverwege hoog- en laagwater of halverwege laag- en hoogwater. In het algemeen zullen de monsters op willekeurige tijdstippen genomen zijn en zal men vanuit alle mogelijke posities t.o.v. halftij na hoogwater de gegevens naar het tijdstip van dit halftij moeten verplaatsen. Daarbij zullen zowel stroomopwaartse als stroomafwaartse verplaatsingen moeten plaatsvinden. In het onderhavige geval beschikt men over gegevens, die per meetpunt in dezelfde fase van het getij zijn verzameld: men is de meettochten steeds rond halftij na HW in Vlissingen begonnen, stroomopwaarts bemonsterend. Aangezien het getij zich sneller verplaatst dan het meetschip moeten de gegevens van alle monsterpunten stroomopwaarts verzeild worden en is er, stroomopwaartsgaande, een steeds groter verschil tussen het moment van halftij na hoogwater en het monstertijdstip. Hierdoor moeten stroomopwaartsgaande de gegevens steeds verder verzeild worden. Behalve de tijdstippen van monsternamen zal men moeten beschikken over verticale getijgegevens van de monsterpunten en stroomsnelheidsgegevens die representatief zijn voor de situatie rond de monsterpunten, op het moment van de bemonstering.

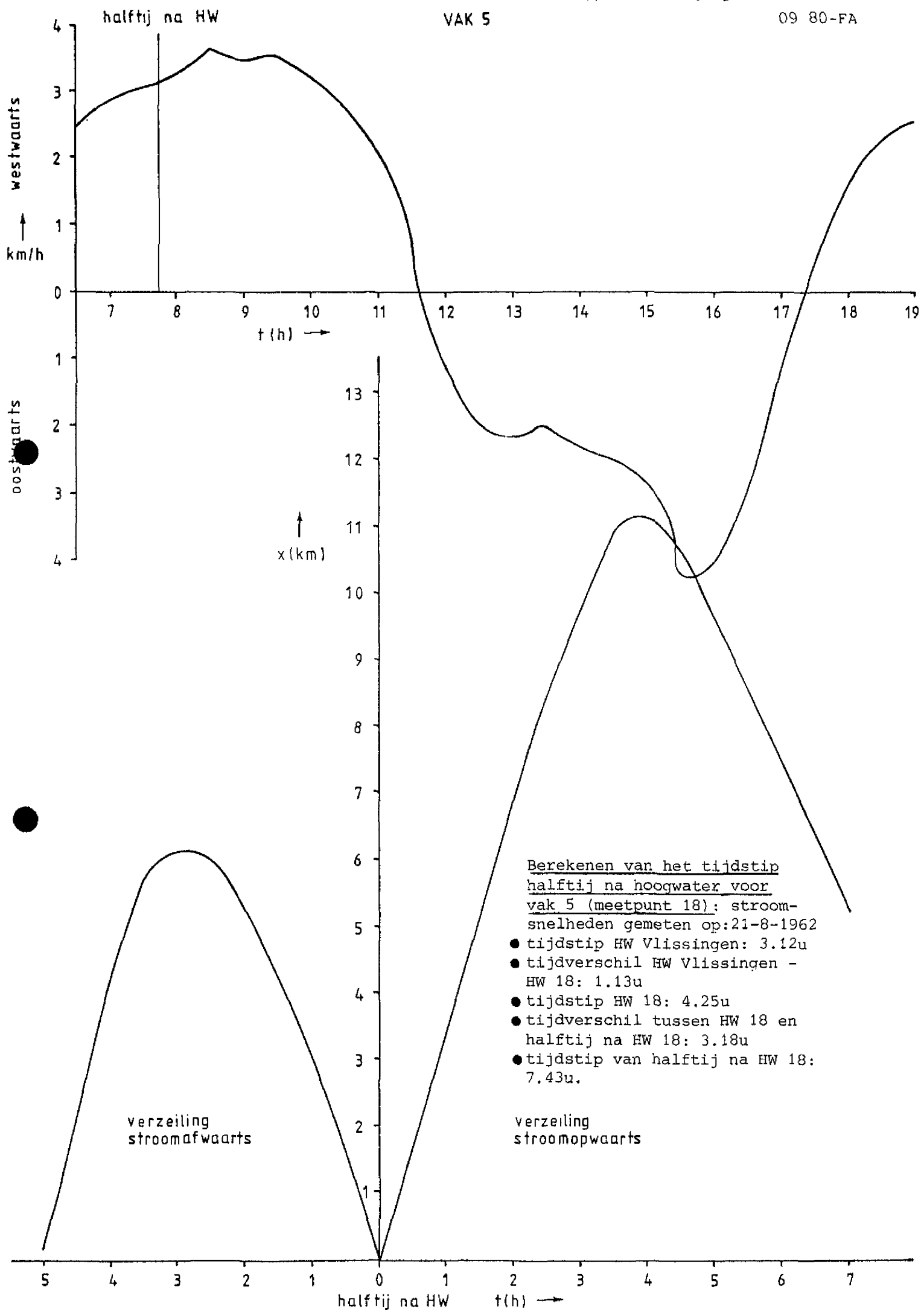
Aangezien niet voor ieder monsterpunt een continue registratie van het verticale getij beschikbaar is, is m.b.v. interpolatietechnieken het gemiddelde tijdsverschil tussen het moment van hoogwater bij de monsterpunten en bij Vlissingen bepaald. Op deze wijze is voor ieder monsterpunt bij elke monsternamen het tijdstip van hoogwater te berekenen, en daaruit het tijdstip van gemiddeld getij na hoogwater.

Om de afstand te bepalen, waarover het monster moet worden verplaatst om het in de toestand van halftij na hoogwater te manoeuvreren, is gebruik gemaakt van horizontaal-getijgegevens van 9 verschillende posities verspreid over de Westerschelde van Schelle tot Vlissingen. Rondom deze posities zijn vakken gekreëerd, die uiteraard op elkaar aansluiten.

Appendix A

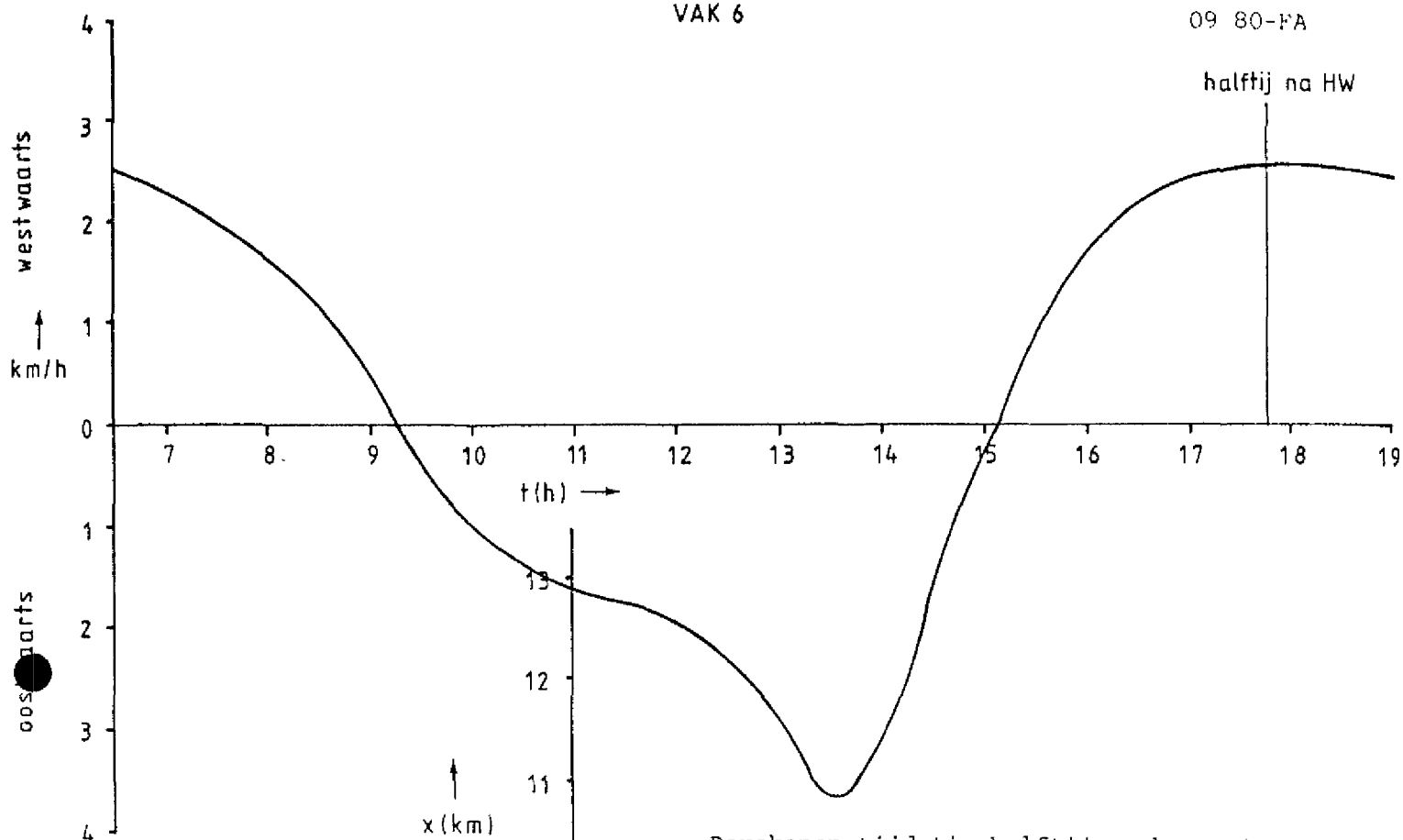
Bevindt een monster zich in één van deze vakken, dan wordt de verplaatsing naar de toestand van halftij na hoogwater m.b.v. de stroomsnelheidsgegevens in dat vak berekend. Het is ook mogelijk dat verplaatsingen over de vakgrenzen heen moeten worden berekend. Bij verplaatsingen tegen de stroomrichting in kunnen hierbij gekompliceerde situaties optreden. Aan de hand van de als bijlage A en B bijgevoegde voorbeelden van stroomkrommen van de vakken 5 en 6 (van Bath tot voorbij Hansweert) is dit te illustreren. Naast de horizontale getijgegevens voor de betreffende vakken zijn ook de verplaatsingen t.o.v. halftij na hoogwater op bijlagen A en B weergegeven. Als voorbeeld de op de bijlage C weergegeven situatie van 25-02-1974: Mp 15 is bemonsterd om 11.14 uur. Het tijdsverschil tussen halftij na HW en bemonsteringstijdstip is 03.09 uur. De ebstroom is aan de gang, dus sinds halftij na HW is het pakketje water, waaruit het monster is getrokken stroomafwaart naar Mp 15 verplaatst. Het moet dus stroomopwaart verzeild worden. Mp 15 ligt in vak 6 en mag volgens bijlage C maximaal 8,9 km stroomopwaarts verzeild worden; bij grotere afstanden gaan situaties in andere vakken tellen. Uit bijlage B valt op te maken, dat een waterpakket in 3.09 uur 6,75 km verplaatst wordt. De verzeilde afstand van mp 15 is dus 6,75 km.

Mp 34 is bemonsterd om 11.30 uur (zie bijlage C). Hier is het tijdsverschil tussen halftij na HW en bemonsteringstijdstip 3.29 uur. Mp 34 ligt in vak 6 en mag maximaal 4,5 km stroomopwaart verzeild worden. Volgens bijlage B zou de verzeiling over grotere afstand moeten plaatsvinden, zodat nu het naburige vak 5 in de beschouwing betrokken wordt. Voordat het waterpakket in Mp 34 aankwam had het eerst 4,5 km in vak 6 gereisd en daarvoor nog een zekere afstand in vak 5, nadat halftij na hoogwater was verstreken. Het verplaatsen van de 4,5 km in vak 6 kost 2,5 uur (zie bijlage B). Daarvóór had het waterpakket zich gedurende 1 uur in vak 5 verplaatst, en daarbij een afstand afgelegd van 3,45 km (zie bijlage A). De totale verzeilafstand is dus $4,5 + 3,45 = 7,95$ km. Op deze wijze werden voor alle 76 tijdseries zoutgegevens, alle meetpunten verzeild. Daarna werden de nieuwe zoutgehaltes van de monsterpunten bepaald door lineaire interpolatie.



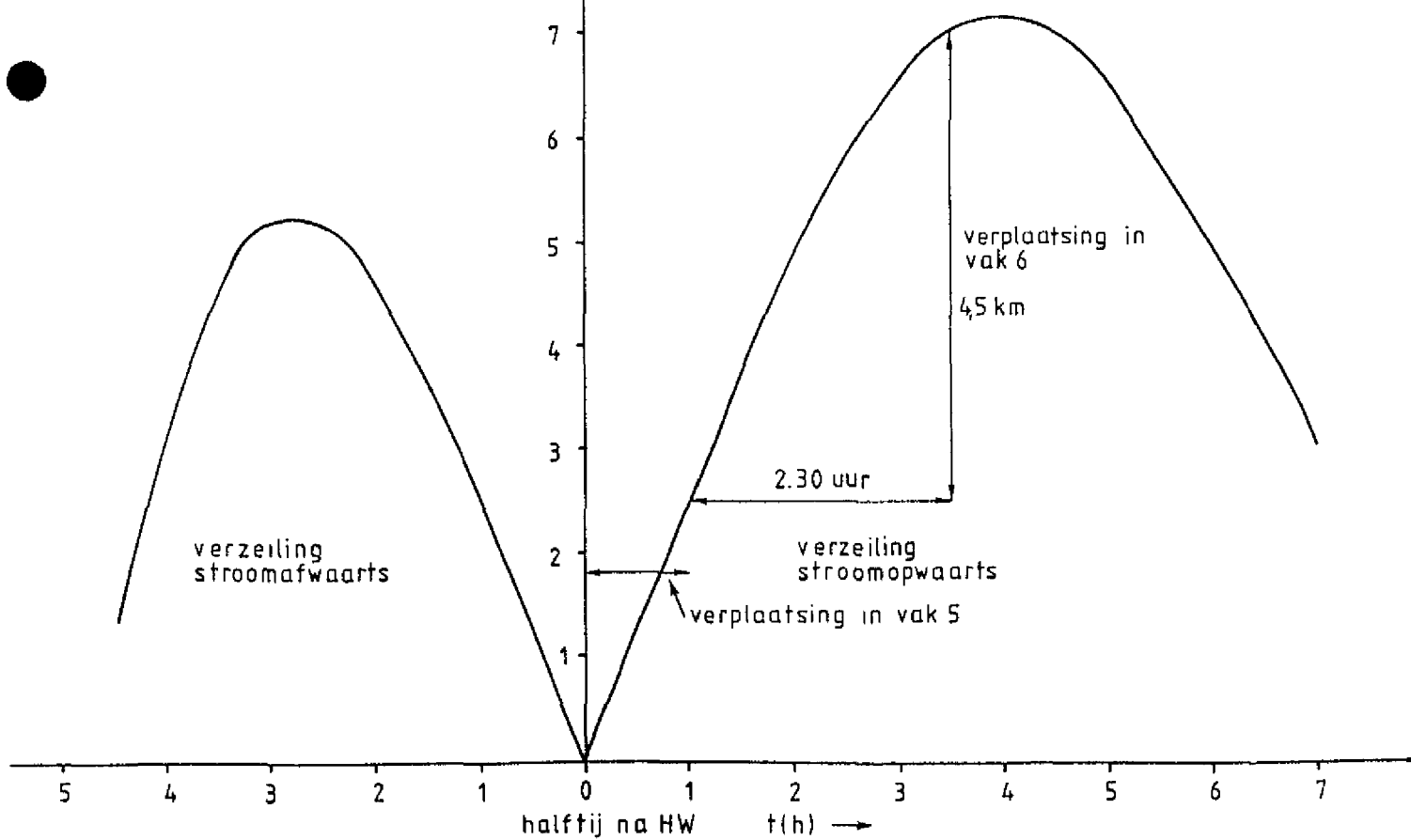
VAK 6

09 80-FA



Berekenen tijdstip halftij na hoogwater voor vak 6 (meetpuntwaarde)

- stroomsnelheden gemeten op: 20-5-1970
- tijdstip HW Vlissingen: 13.27u
- tijdverschil HW Vlissingen - HW Waarde: 1.00u
- tijdstip HW Waarde: 14.27u
- tijdverschil tussen HW en halftij na HW Waarde: 3.20u
- tijdstip van halftij na HW in Waarde: $14.27 + 3.20 = 17.47u$.



VERZEILING

DATE: 25-2-1974

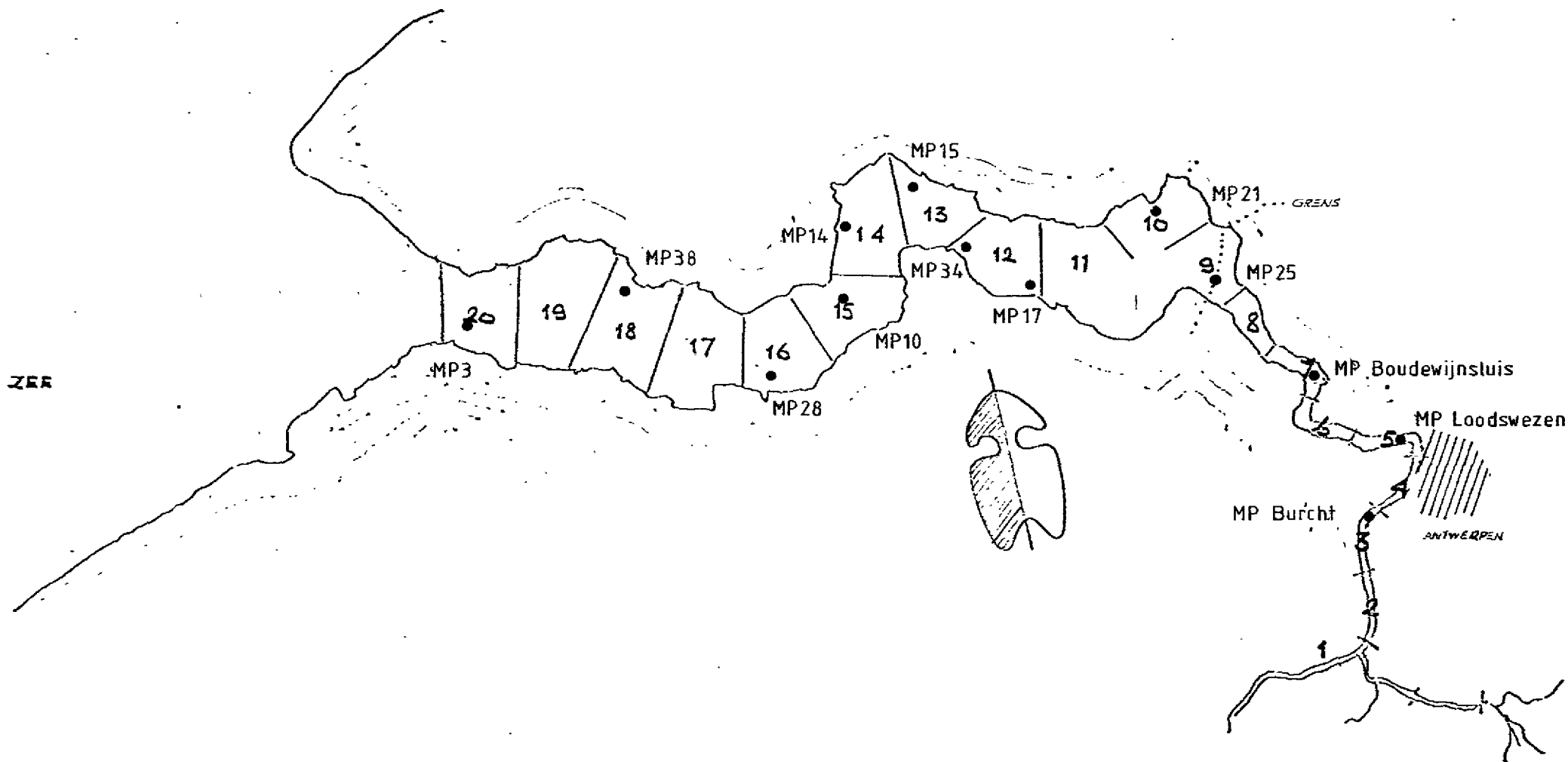
HW Vlissingen: 3.41 h min

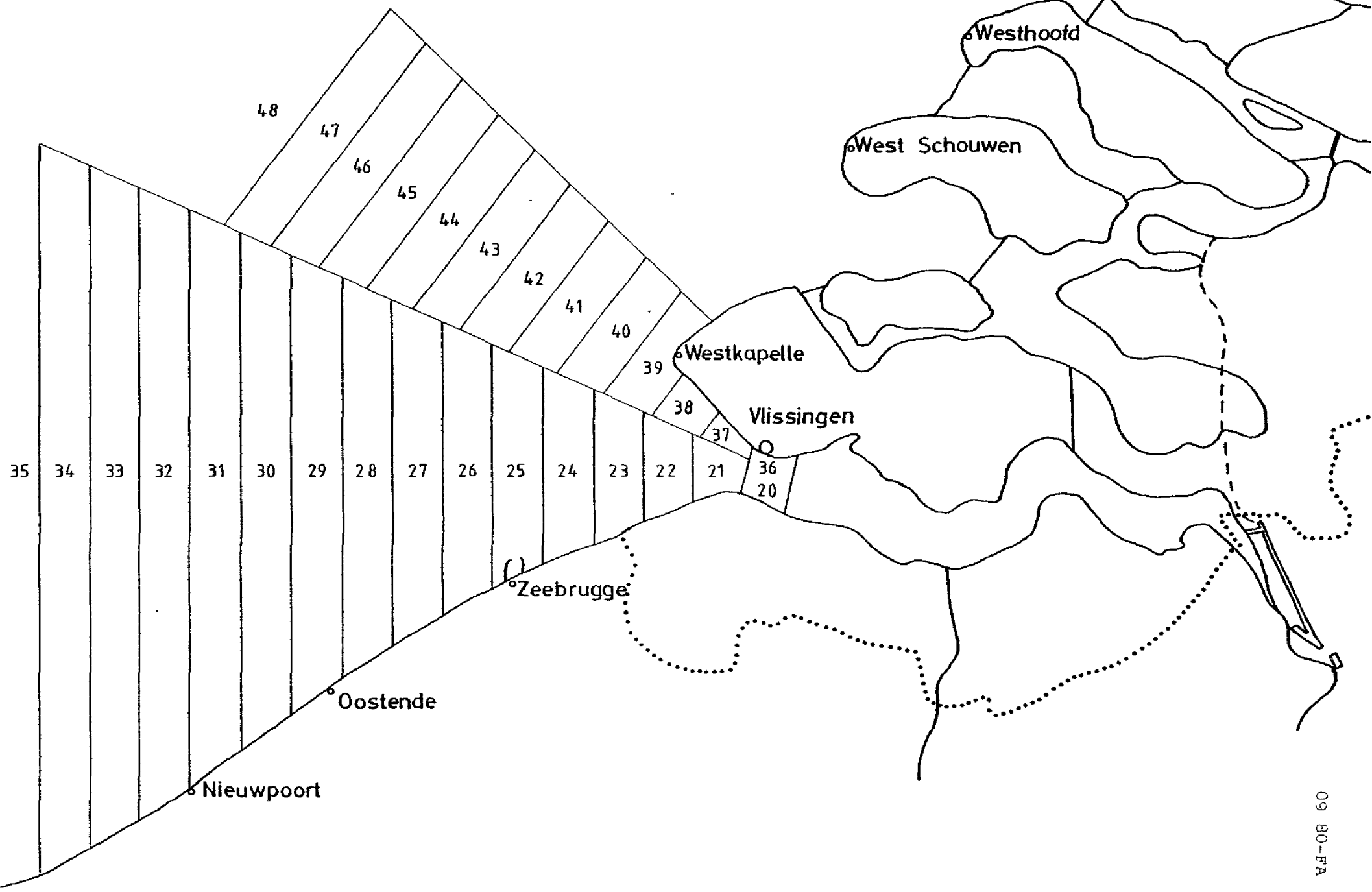
INFORMATIE MEETPUNT		VAK INDELING					METING		TJDSVER- SCHIL PLAAT- SELYK HALFTY		TJDS TIP PLAATSELYK HALFTY = t_2		$t_1 - t_2$		VERZEIL - RICHTING		VERZEILDE AFSTAND						DOOR INTER- POLATIE VER- KREGEN NIEUW C_d GEHALTE (g/l)	
NAAM	RELATIEVE PLAATS (KM)	VAK NR.	LENGTE (KM)	LIGGING (KM)	MAXIMALE VERZEIL- AFSTAND (KM)	INWAARTS	UITWAARTS	C_d (g/l)	Tijdstip = t_1 h min	minus HW Vlissingen h min.	h min	h min	h min	h min	IN WAARTS	UIT WAARTS	V AK	km	V AK	km	V AK	km	TO- TAAL (km)	
3	0	9	>12,6	... - 12,6	12,6	"∞"			3	25														
38	11,8	9	>12,6	... - 12,6	0,8	"∞"			3	45														
28	23,6	8	16,0	12,6 - 28,6	5,0	11,0			3	52														
10	32,6	7	13,8	28,6 - 42,4	9,8	4,0			4	01														
14	38,3	7	13,8	28,6 - 42,4	4,1	9,7			4	08														
15	46,6	6	13,1	42,4 - 55,5	8,9	4,2	7.30	11.14	4	24	8.05	3.09	X				6	6.75					6.75	10.0
34	51,0	6	13,1	42,4 - 55,5	4,5	8,6	6.40	11.30	4	20	8.01	3.29	X				6	4.5	5	3.45			7.95	8.55
17	55,4	6	13,1	42,4 - 55,5	0,1	13,0			4	26														
18	58,7	5	10,9	55,5 - 66,4	7,7	3,2			4	31														
21	66,4	4	5,0	66,4 - 71,4	5,0	0			4	43														
25	72,6	3	4,8	71,4 - 76,2	3,6	1,2			4	48														
Boudewijn- sluis	82,8	2	14,6	76,2 - 90,8	8,0	6,6			4	57														
Loodsweert	95,0	1	>11,5	90,8 - ...	"∞"	4,2			5	07														

Titels van de bijlagen

Bijlage nr.	Titel
1.	Indeling van het Westerschelde-estuarium in modelvakken.
2.	Vakindeling van het model stroomafwaarts van Vlissingen.
3.	Geometrische gegevens en uitwisselingscoëfficiënten.
4.	Afvoeren van de Schelde te Schelle (decade- en maandgemiddelden).
5.	Posities van de bemonsteringspunten.
6.	Onverzeilde saliniteit-gegevens van ZLN-meting 7901.
7.	Chloride-gegevens in Wielingen en Oostgat.
8.	IJkingsresultaten voor Wielingen en Oostgat.
9.a, b, c	Chloride-gegevens van de stations in de Westerschelde tot aan Vlissingen.
10.a, b, c	IJkingsresultaten voor het "lange model".
11.a, b, c	IJkingsresultaten voor enkele meetpunten voor het "korte model".
12.a, b, c	IJkingsresultaten voor enkele meetpunten in geval van een variabele zoutconcentratie als randvoorwaarde bij Vlissingen.
13.a, b, c	IJkingsresultaten voor enkele meetpunten bij toepassing van decadecijfers voor de afvoer van de Schelde ("lang model").
14.a	IJkingsresultaten voor enkele meetpunten bij toepassing van decadecijfers voor de afvoer van de Schelde in geval van een variabele zoutconcentratie als randvoorwaarde bij Vlissingen.
14.b	Idem als 14.a met uitwisselingscoëfficiënten $K' = 1,5K$ in de periode oktober 1974 t/m april 1975.
15.	Uitwisselingscoëfficiënten als funktie van de afstand langs de lengteas van het estuarium.
16.	$A \times K$ als funktie van de afstand langs de lengteas van het estuarium.
17.	Vergelijking van het gedrag van het zoutgehalte in een fiktief lang en kort model bij wijzigingen in het zoetwaterdebiet.
18.	Koncentratieverloop in een lang estuarium (50 vakken) met uniforme doorsnede t.g.v. abrupte veranderingen van het zoetwaterdebiet.

Bijlage nr.	Titel
19.	Idem 18; in een kort estuarium (30 vakken).
20.	Idem 18; in een lang estuarium (50 vakken) met lineair toenemende doorsnede vanaf vak 20.
21.	Idem 20; in een kort estuarium (30 vakken).
22.	Invloed van de keuze van de vaklengte op de berekende concentraties.
23.	Zoutgehalten en ijkingsresultaten voor twee meetpunten voor 1976.
24.a	Simulaties van stikstofgehalten bij Valkenisse.
24.b	Simulaties van stikstofgehalten bij Hansweert.
25.	Lozing conservatieve stof bij Terneuzen; vergelijking lang en kort model.
26.	Lozing conservatieve stof bij Doel; vergelijking lang en kort model.
27.	Lozing afbreekbare stof bij Terneuzen; vergelijking lang en kort model.
28.	Warmtelozing bij Terneuzen; vergelijking lang en kort model.



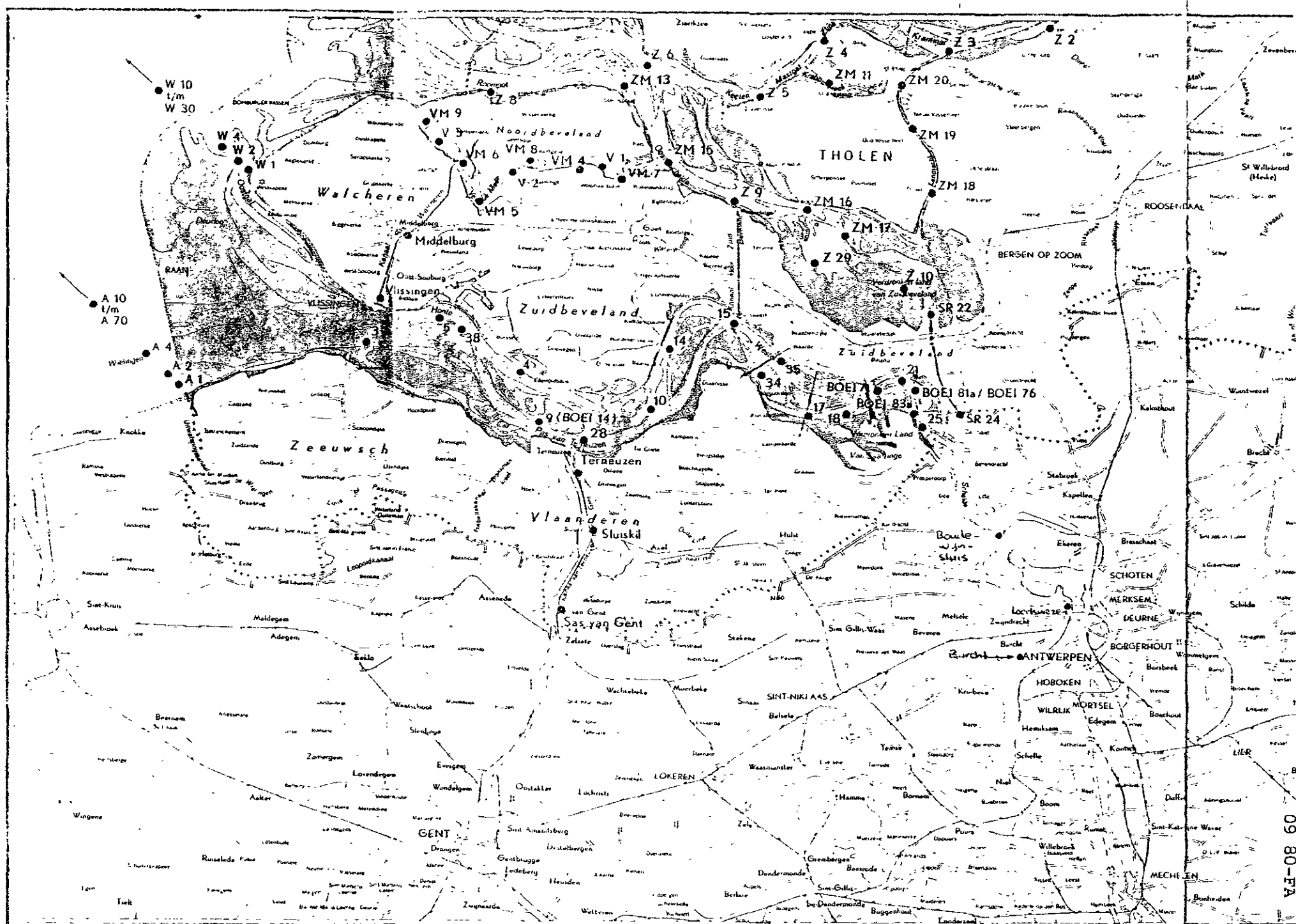


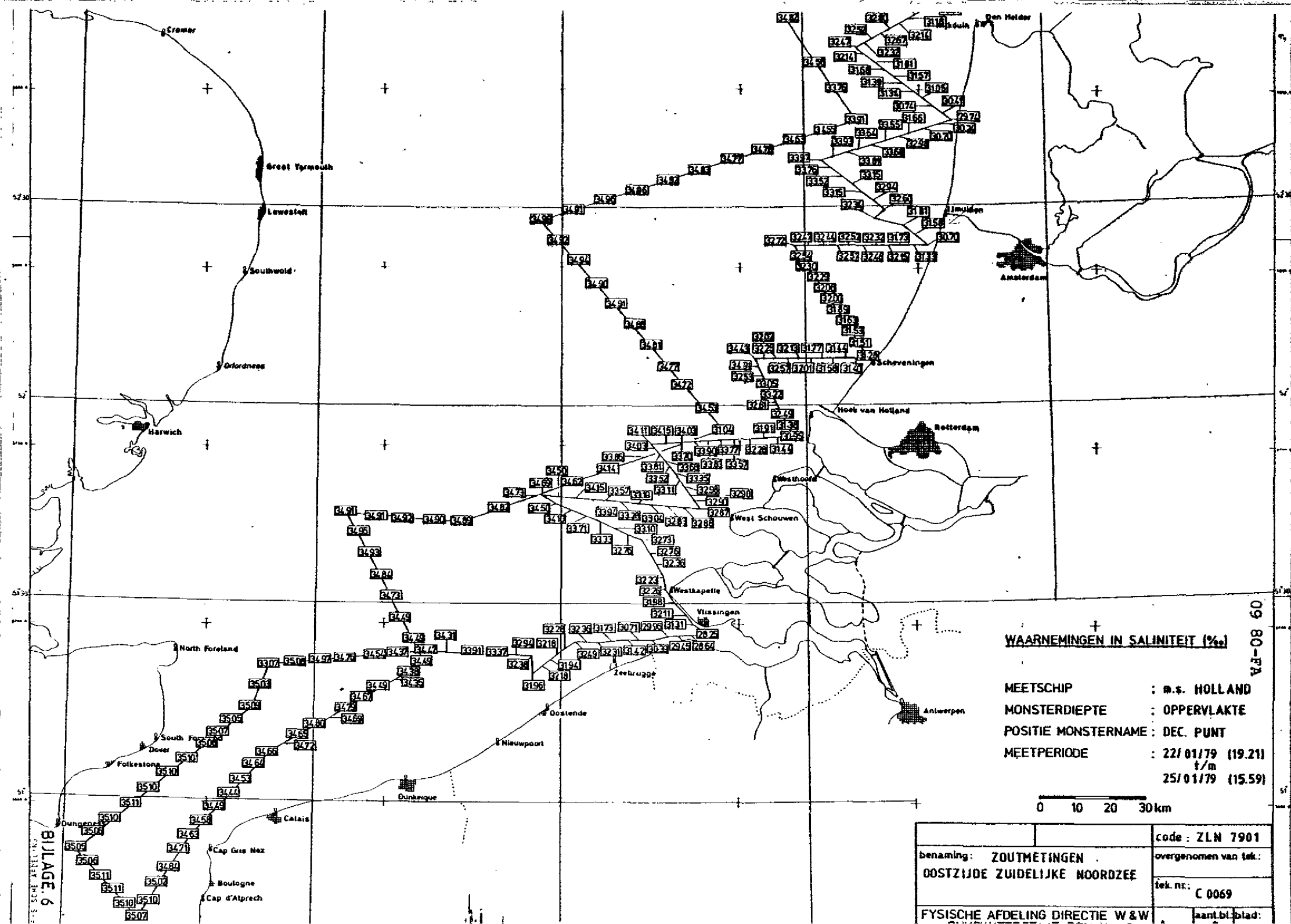
Vaknr. n	Volume v	Natte door- snede	K waarde
1			
2	14,1.10 ⁶	2800	23
3	16,3.10 ⁶	3000	33
4	20,3.10 ⁶	3700	81
5	24,3.10 ⁶	4500	111
6	28,9.10 ⁶	5300	132
7	35,7.10 ⁶	6500	154
8	42,0.10 ⁶	7800	154
9	60,8.10 ⁶	10100	149
10	77,8.10 ⁶	14200	176
11	83,9.10 ⁶	16900	154
12	11,8.10 ⁷	16650	162
13	18,6.10 ⁷	30400	95
14	20,9.10 ⁷	43800	75
15	20,5.10 ⁷	39800	101
16	23,2.10 ⁷	42100	119
17	28,4.10 ⁷	50600	119
18	34,8.10 ⁷	62800	119
19	40,3.10 ⁷	76300	131
20	36,4.10 ⁷	85000	165
21	38,9.10 ⁷	60600	200
22	52,4.10 ⁷	95000	200
23	62,1.10 ⁷	114500	174
24	78,3.10 ⁷	134000	154
25	121.10 ⁷	179000	120
26	188.10 ⁷	306000	72
27	257.10 ⁷	448000	50
28	328.10 ⁷	580000	40
29	396.10 ⁷	733000	33
30	460.10 ⁷	852000	29
31	561.10 ⁷	989000	26
32	659.10 ⁷	1257000	21
33	707.10 ⁷	1381000	19
34	797.10 ⁷	1449000	19
zee		1739000	16

Vaknr. n	Volume v	Natte door- snede	K waarde
36		12000	200
37	10.10 ⁷	28000	200
38	16,5.10 ⁷	38000	174
39	38.10 ⁷	114000	88
40	89,9.10 ⁷	245600	60
41	168.10 ⁷	424600	42
42	214.10 ⁷	432500	50
43	249.10 ⁷	561700	40
44	302.10 ⁷	644300	36
45	338.10 ⁷	705500	33
46	371.10 ⁷	779400	31
47	409.10 ⁷	858000	28
zee			

AFVOERCIJFERS VAN DE SCHELDE TE SCHELLE

	1972				1973				1974				1975				1976
	dec.1	dec. 2	dec. 3	maand	dec.1	dec. 2	dec. 3	maand	dec. 1	dec 2	dec. 3	maand	dec. 1	dec. 2	dec. 3	maand	maand
januari					42	46	58	48	62	115	100	92	172	150	286	205	105
februari					56	140	138	110	161	141	78	130	177	142	120	148	110
maart					76	55	46	59	82	158	117	119	133	154	366	222	75
april					91	65	50	69	58	42	41	47	340	224	122	229	51
mei					80	48	42	57	36	35	36	35	92	76	60	76	39
juni					75	31	25	43	29	28	42	33	52	49	63	55	33
juli					25	28	32	29	50	37	35	41	58	43	40	46	29
augustus	62	53	33	48	24	16	17	19	47	52	30	43	37	48	47	44	29
september	33	57	35	41	23	25	45	31	62	49	117	76	39	49	51	47	35
oktober	30	30	42	34	40	50	52	47	132	191	453	266	53	48	43	48	37
november	37	123	116	81	41	56	54	50	216	314	440	324	47	133	155	108	50
december	65	101	48	71	102	174	68	114	276	370	266	303	163	74	69	100	69

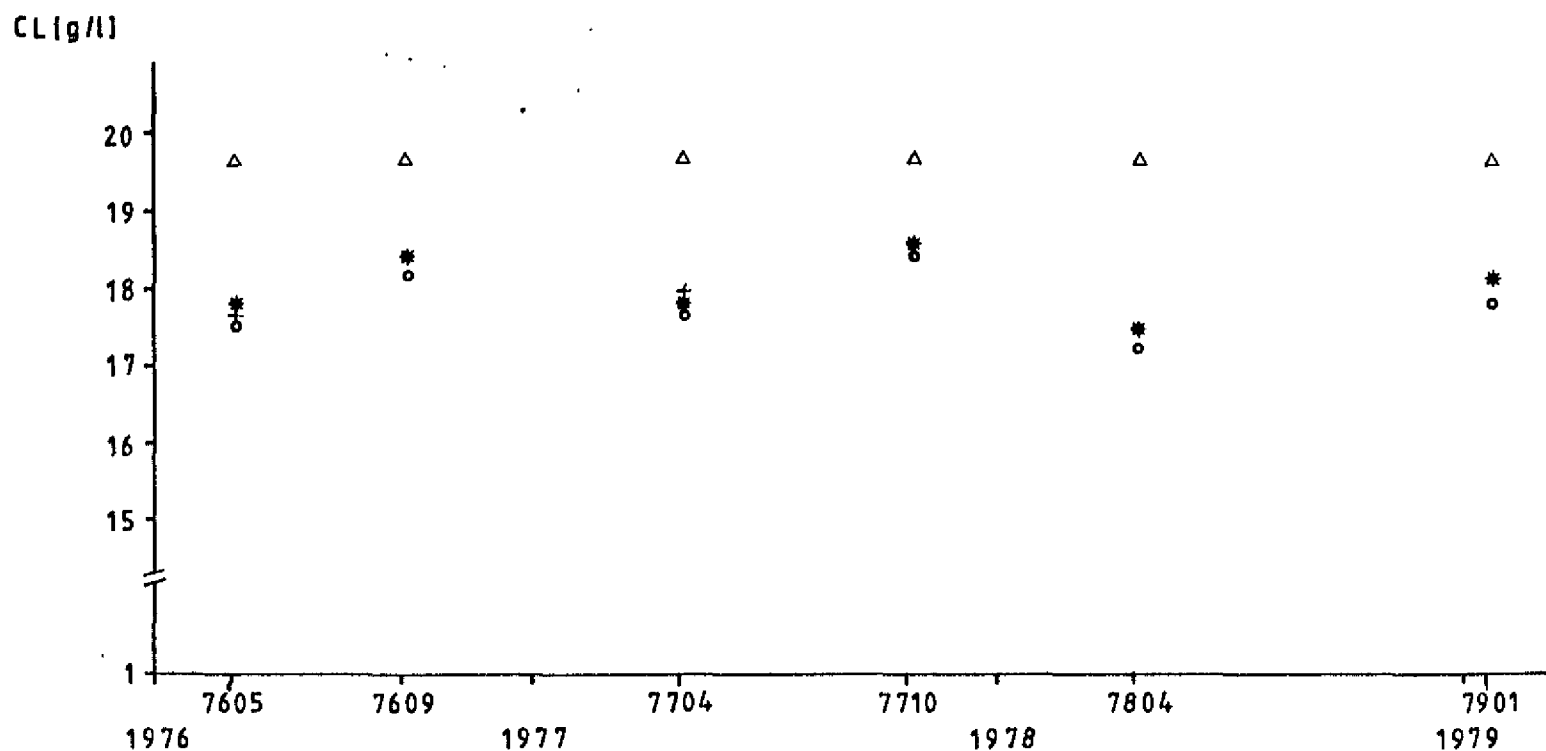




09 80-FA

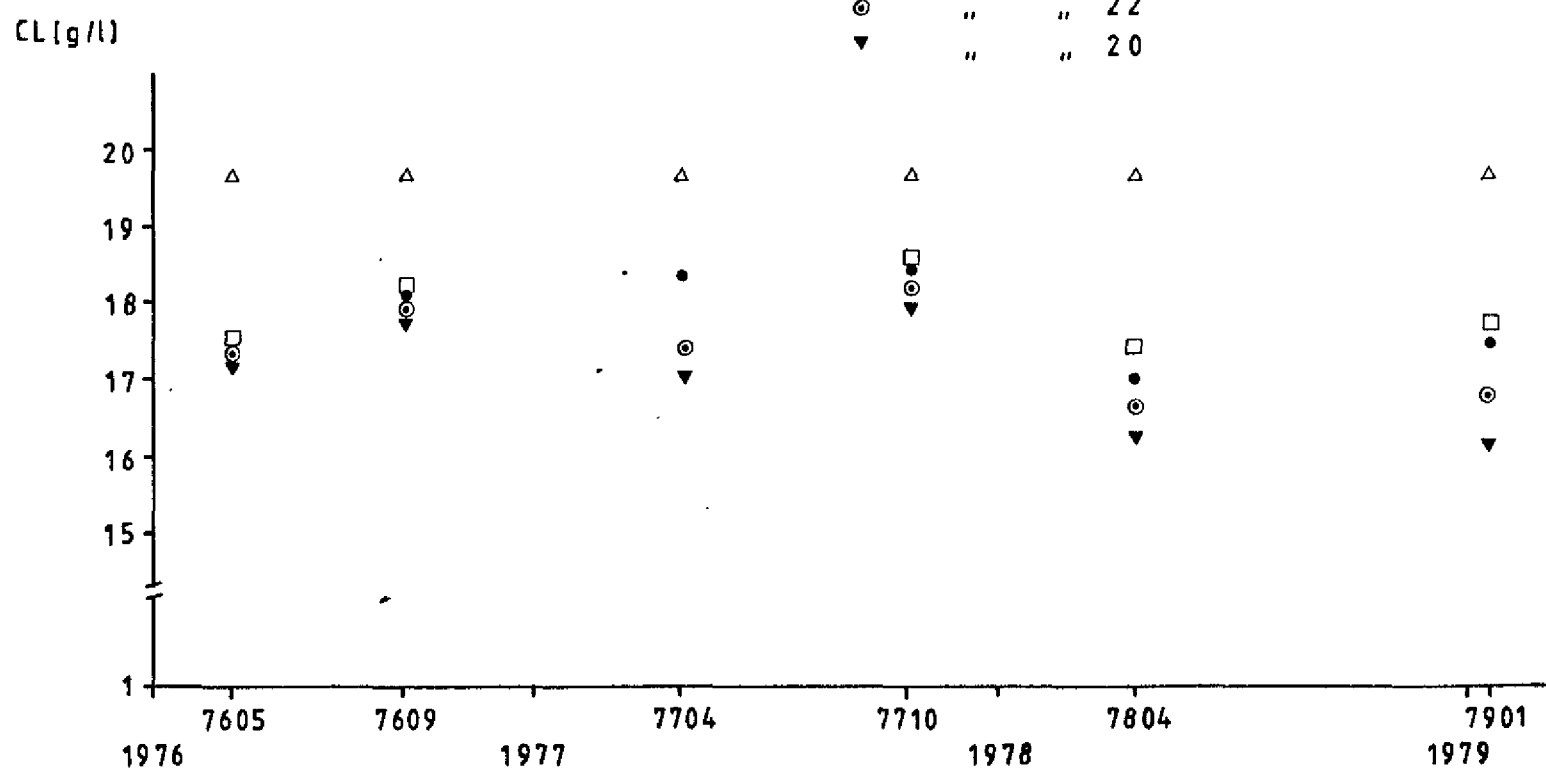
BILAGE.6

Δ zeevak
 + midden vak 38
 * " " 37
 ° " " 20/36



IJKING VAN DE W-SCHELDEMONDING : OOSTGAT

Δ zeevak
 □ midden vak 25
 • " " 24
 ⊙ " " 22
 ▼ " " 20

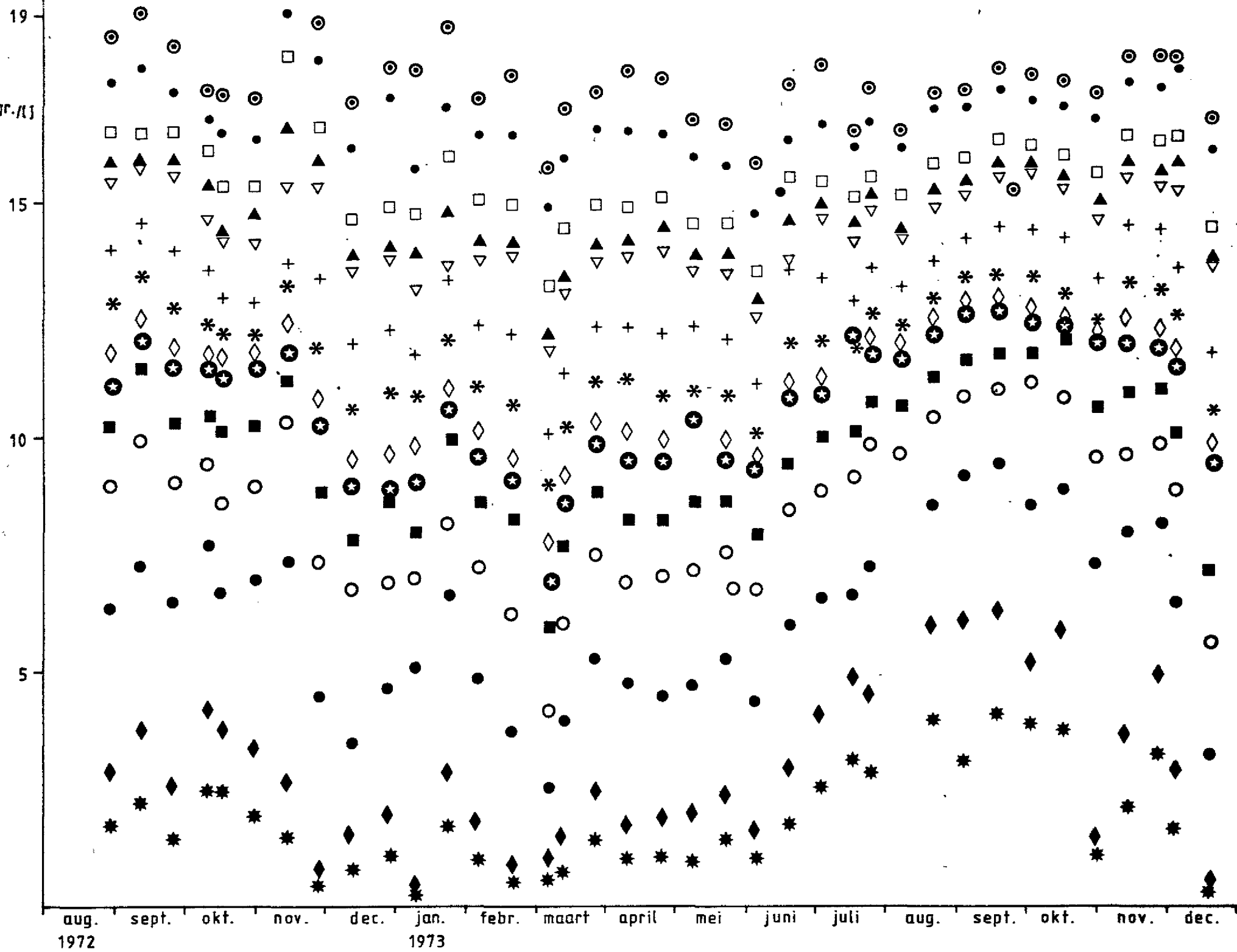


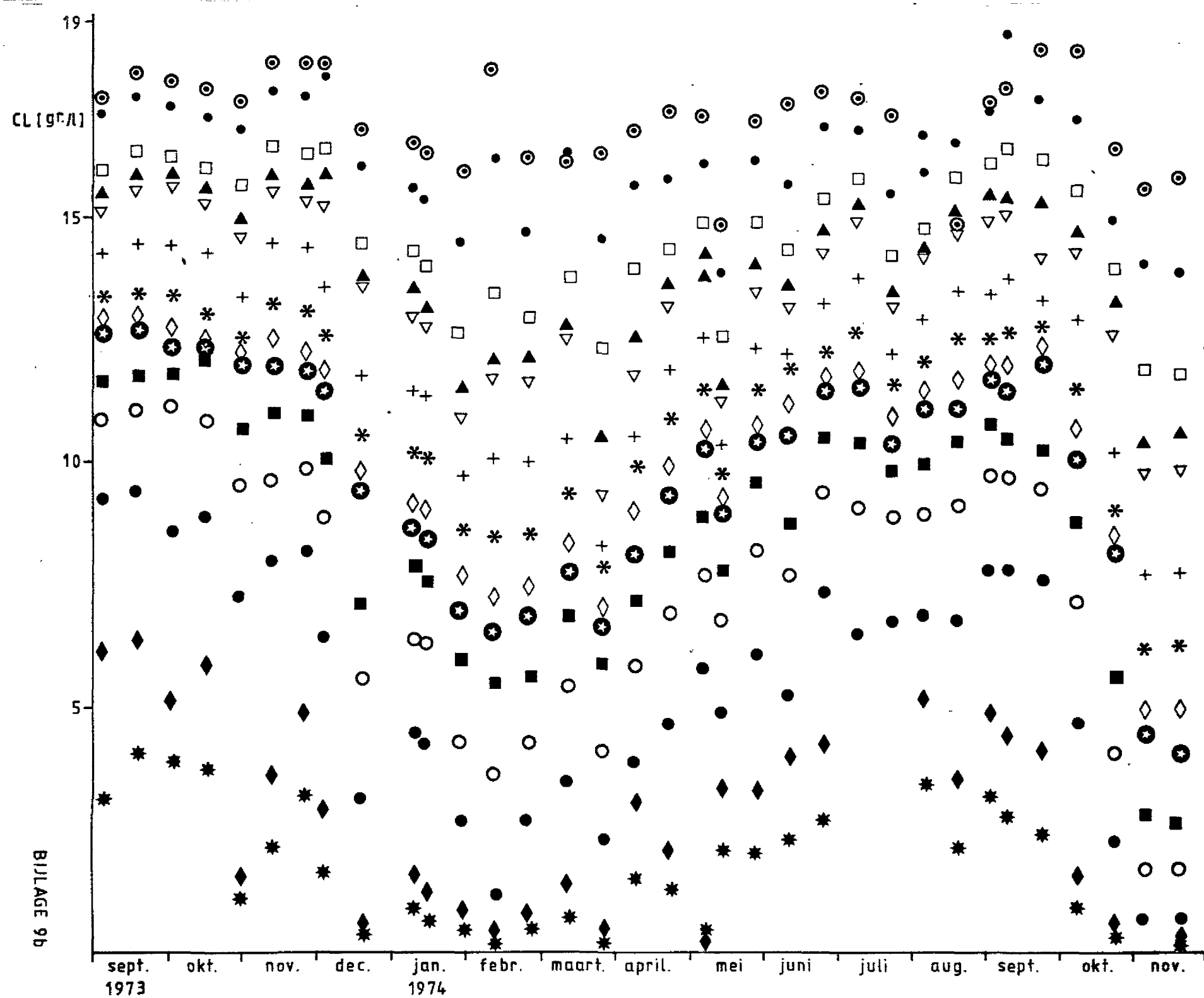
IJKING VAN DE W-SCHELDEMONDING : WIELINGEN

BIJLAGE 7.

CL (96-11)

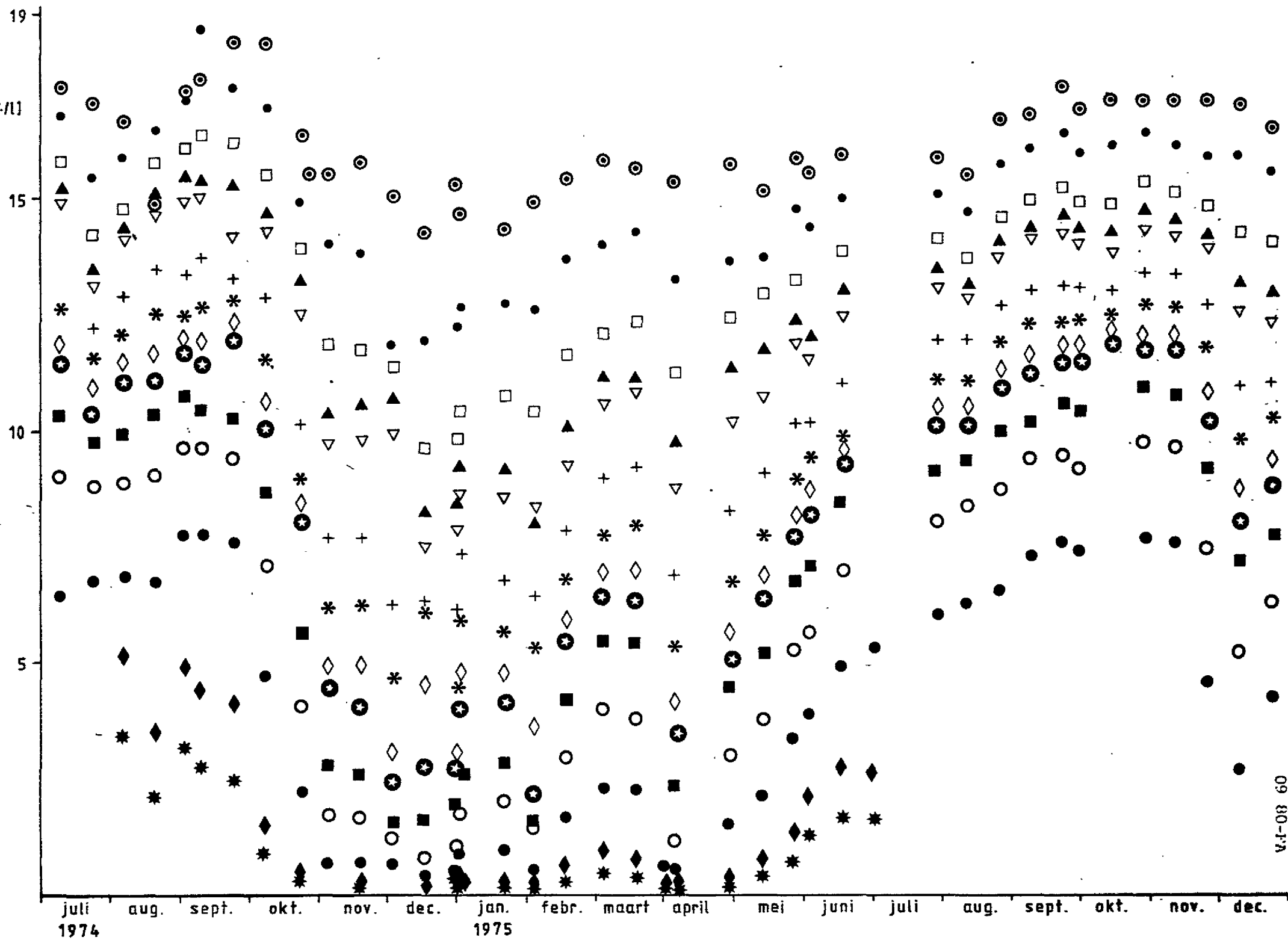
BIJLAGE 9a

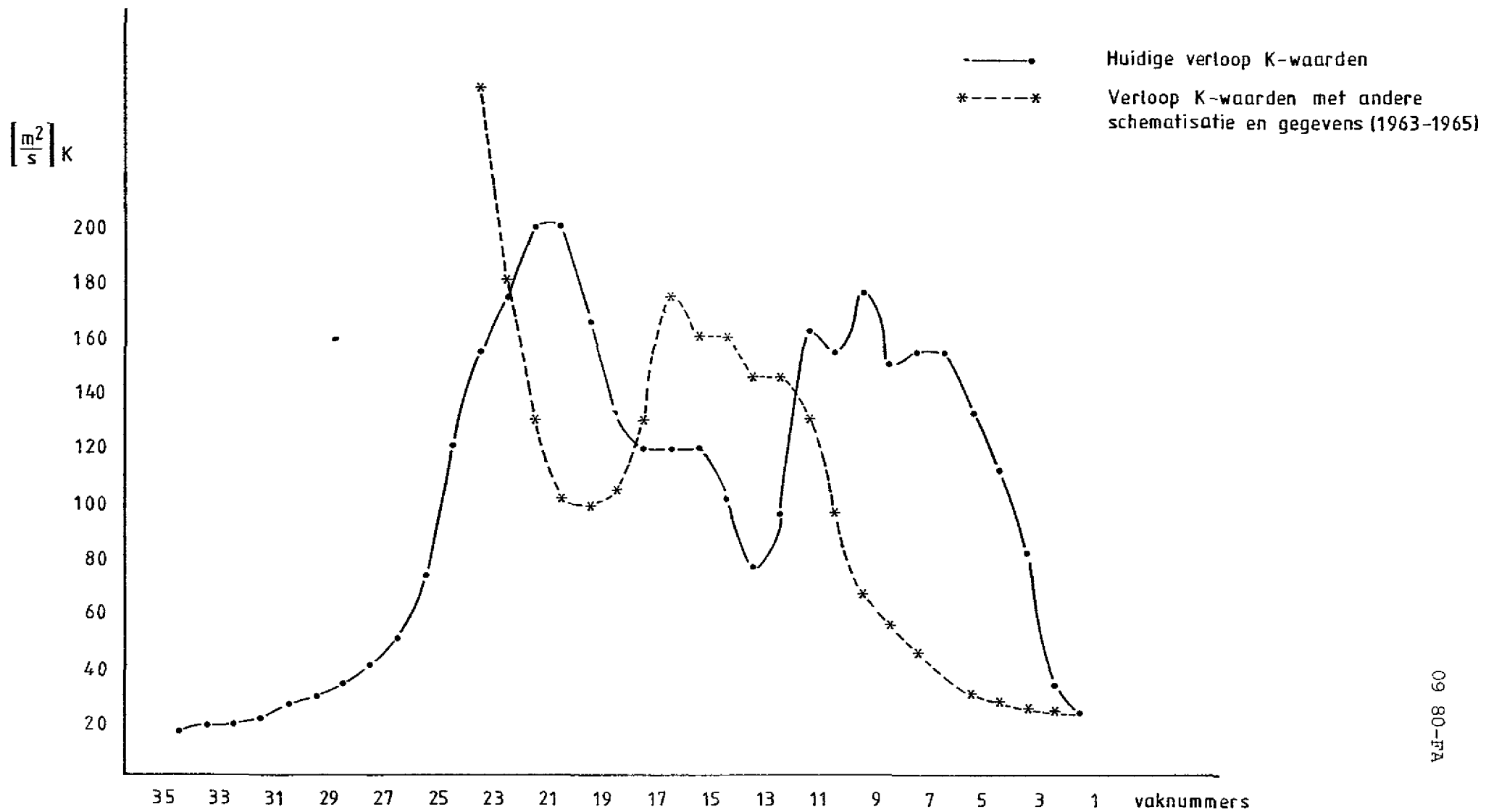


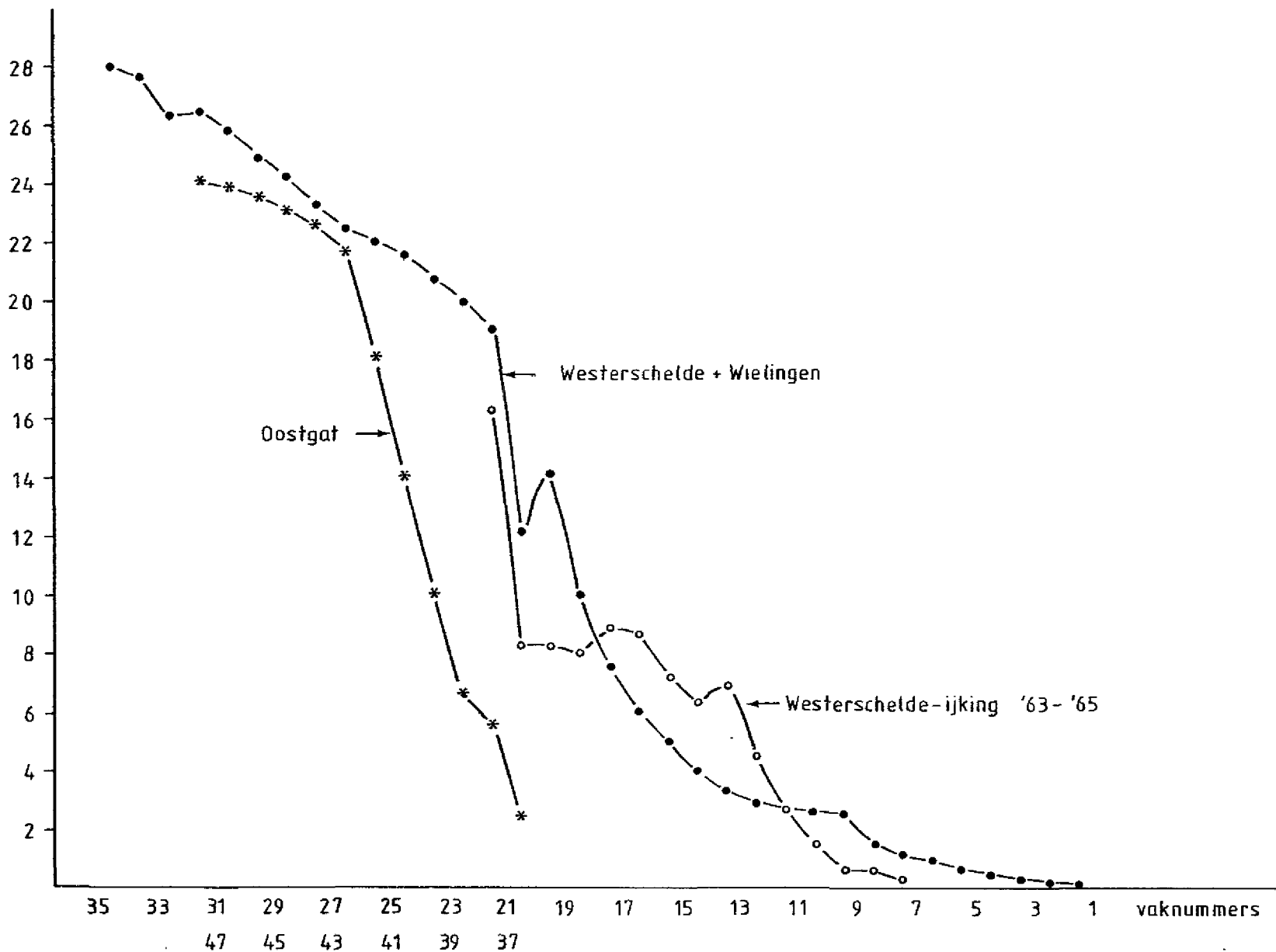


L[gr/l]

BILAGE 9c





$$\frac{A \times K}{10^6} \left[\frac{m^4}{s} \right]$$


zoutcon-
centratie
CL [g/l]

zeewaartse randvoorwaarde lang model

zeewaartse randvoorwaarde kort model

koncentratieverloop na
wijziging afvoer in $R_2=300\text{ m}^3/\text{s}$
van lange model

berekend concentratie-
verschil van de vakken
25 en 15 in beide modellen

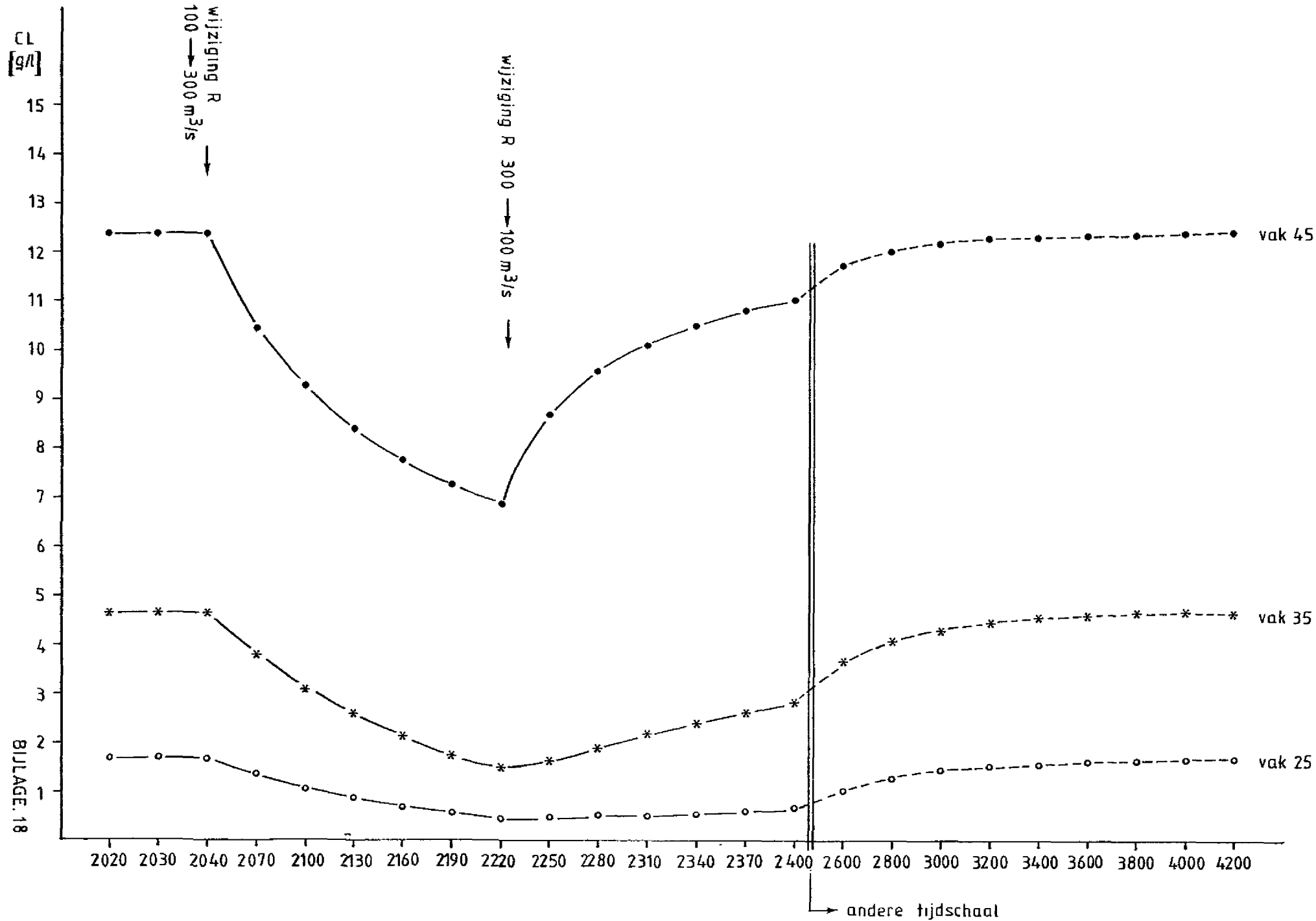
koncentratieverloop na wijziging
afvoer in $R_2=300\text{ m}^3/\text{s}$ van korte model

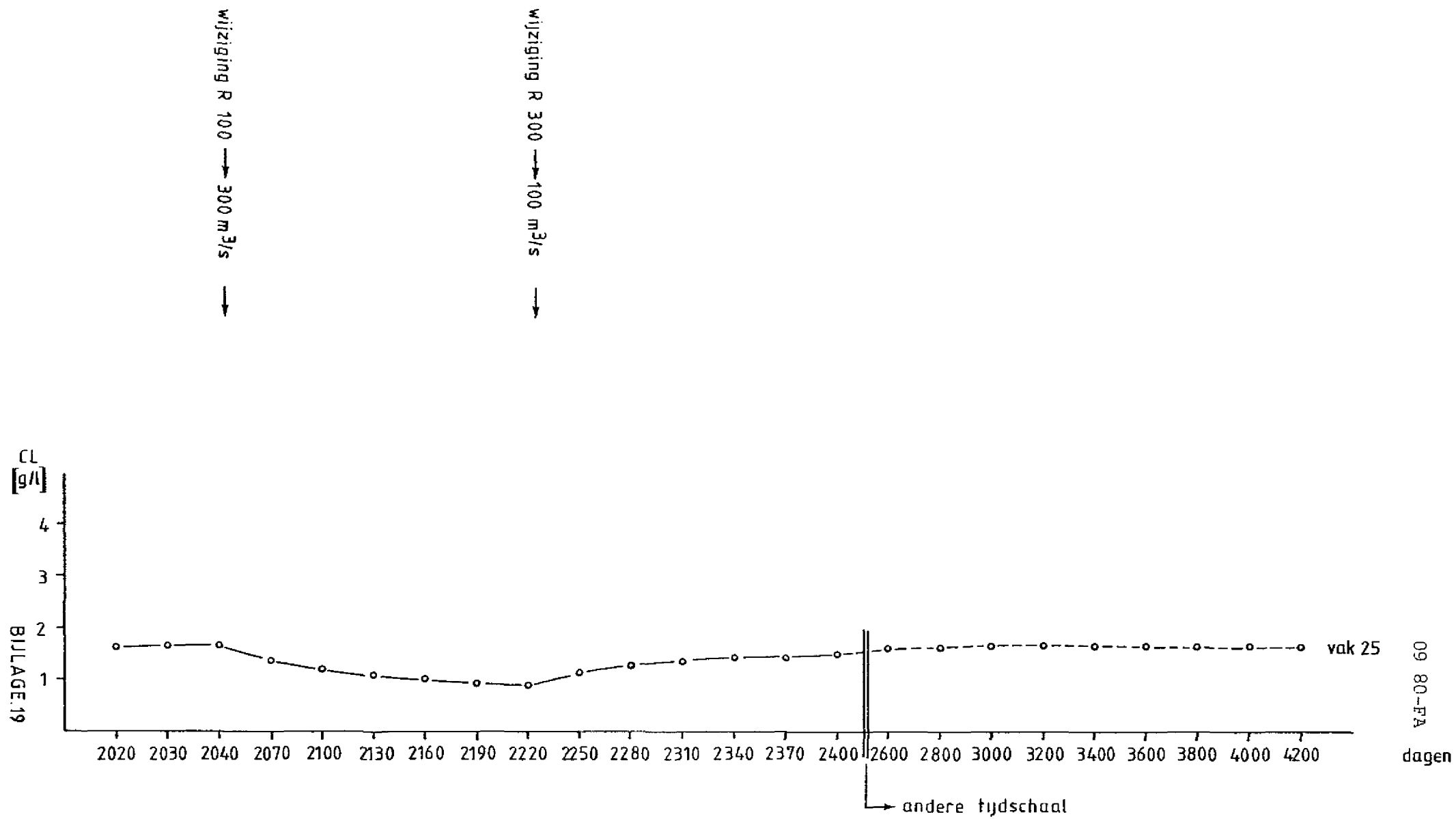
stationaire toestand bij
afvoer $R_1=100\text{ m}^3/\text{s}$

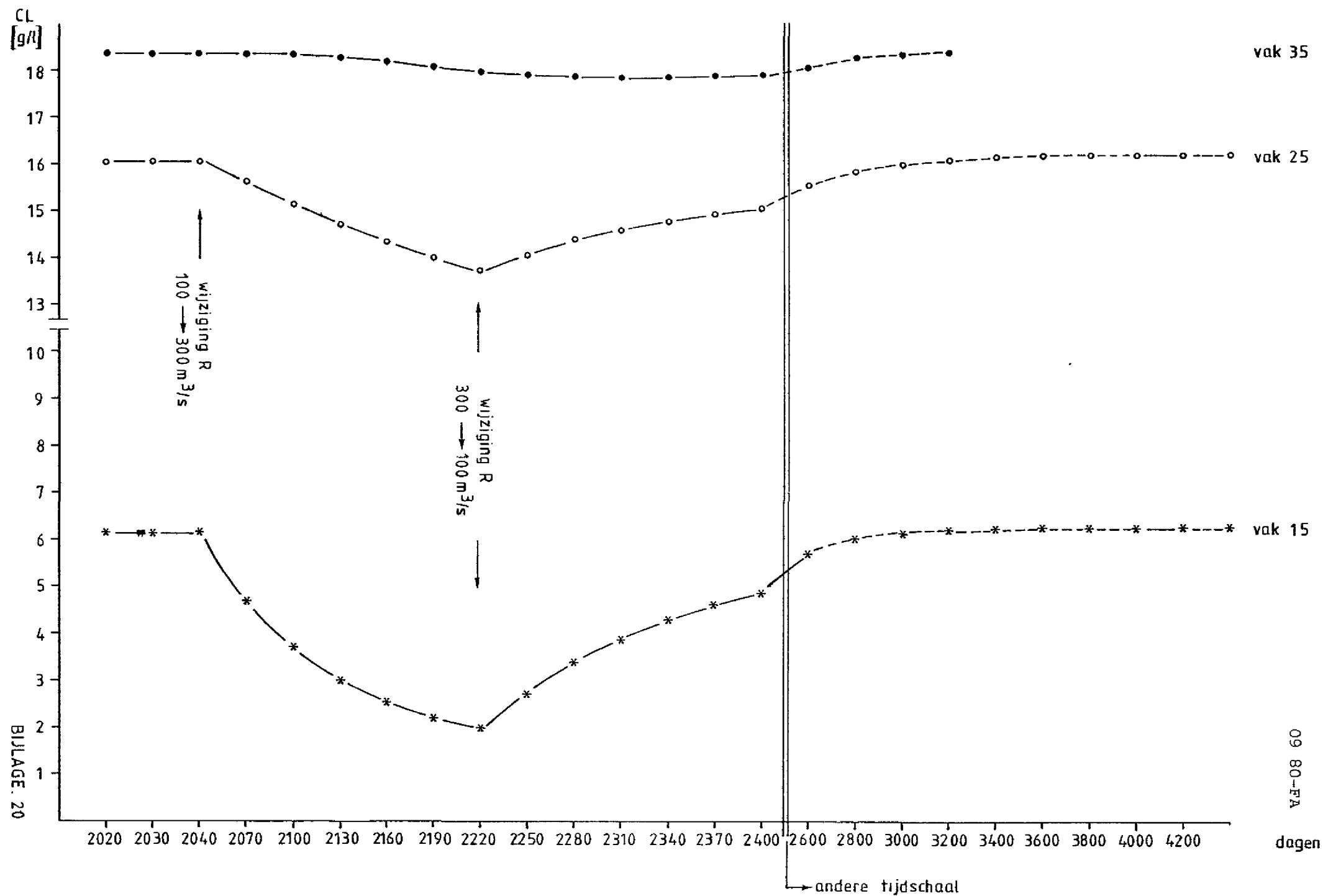
randvoorwaarde
rivier

50 48 46 44 42 40 38 36 34 32 30 28 26 25 24 22 20 18 16 15 14 12 10 8 6 4 2 1

vaknummers







[g/l] CL

BIJLAGE. 21

2020 2030 2040 2070 2100 2130 2160 2190 2220 2250 2280 2310 2340 2370 2400 2600 2800 3000 3200 3400 3600 3800 4000 4200

vak 25

vak 15

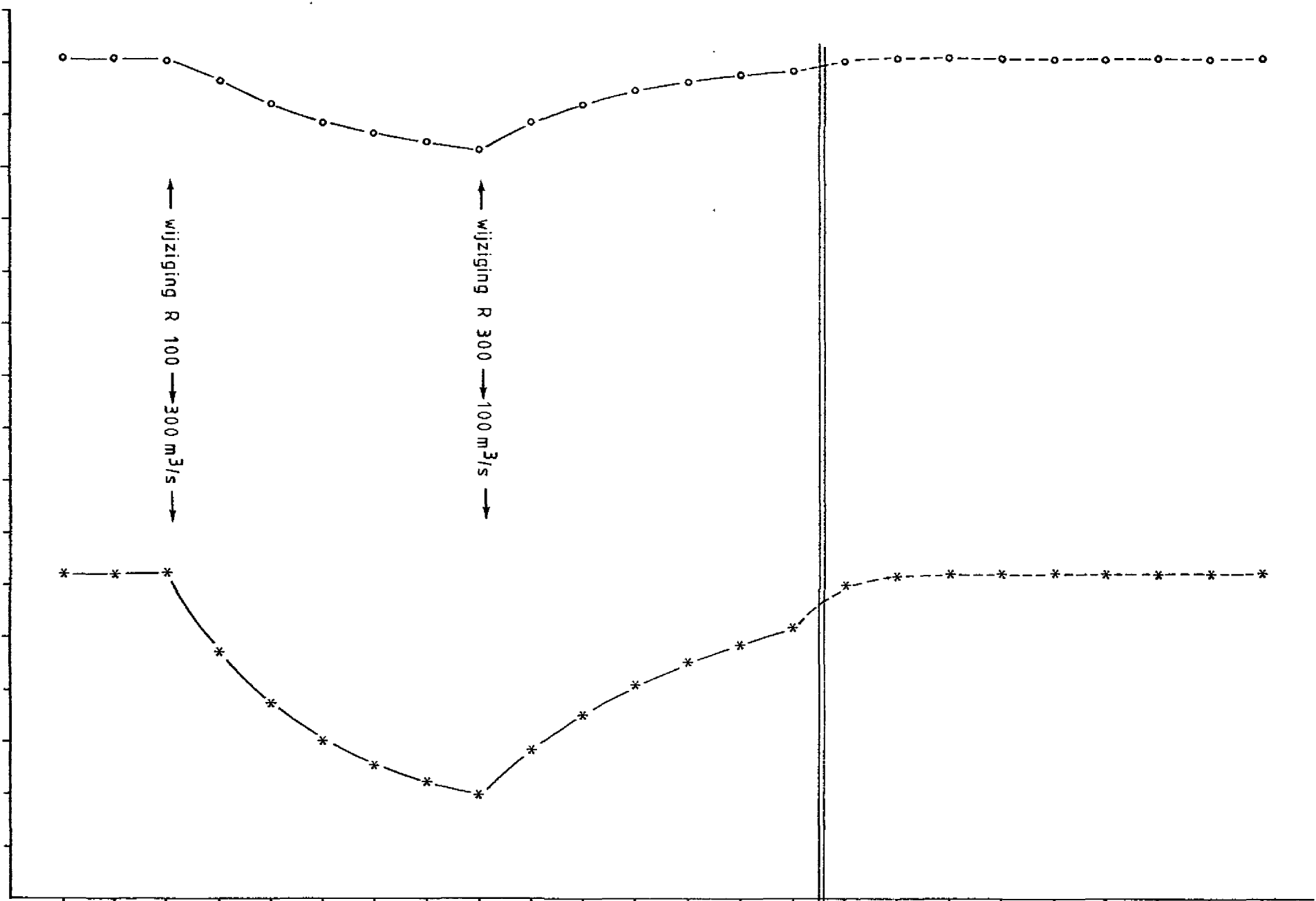
09 80-FA

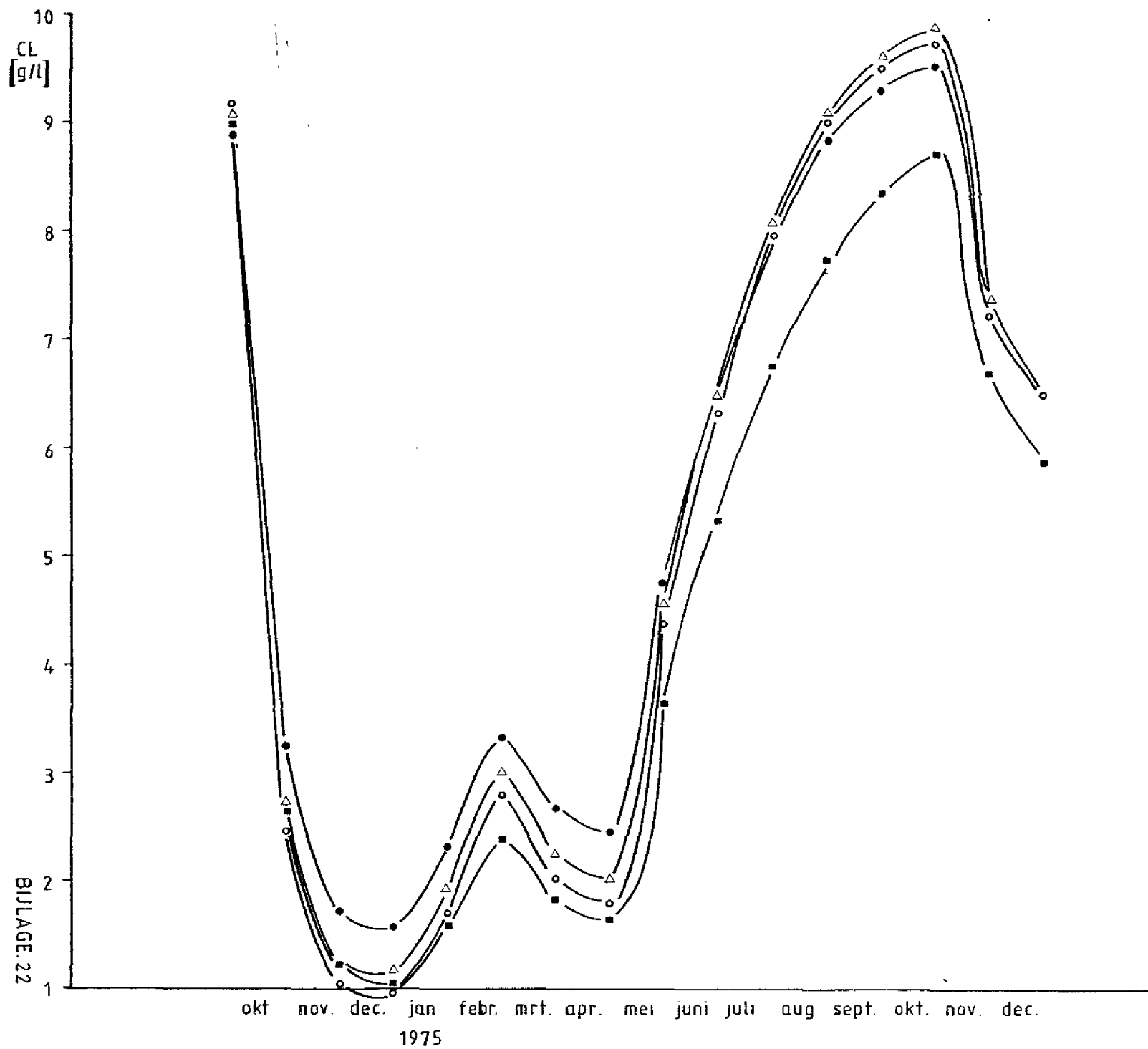
dagen

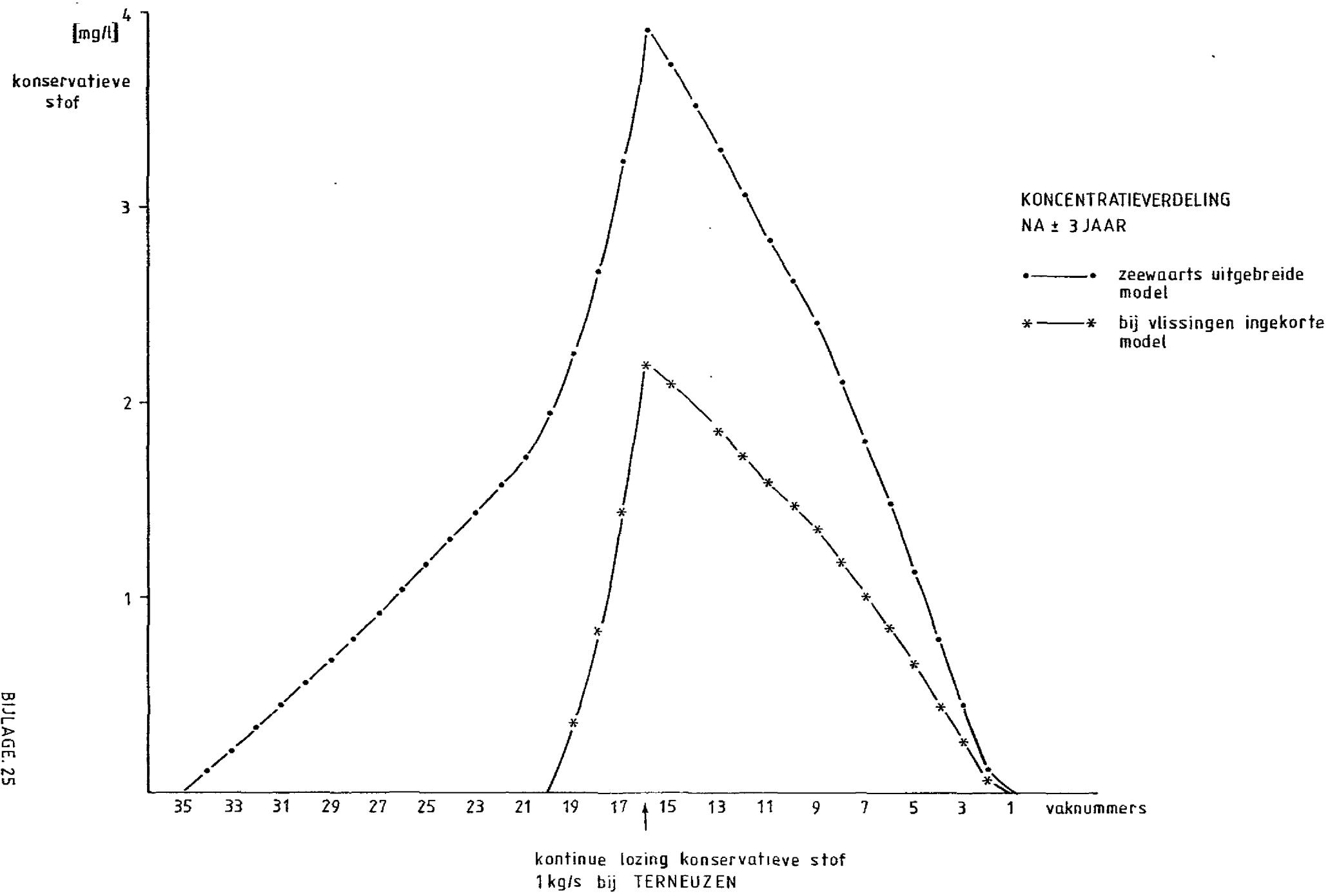
wijziging R 100 → 300 m³/s

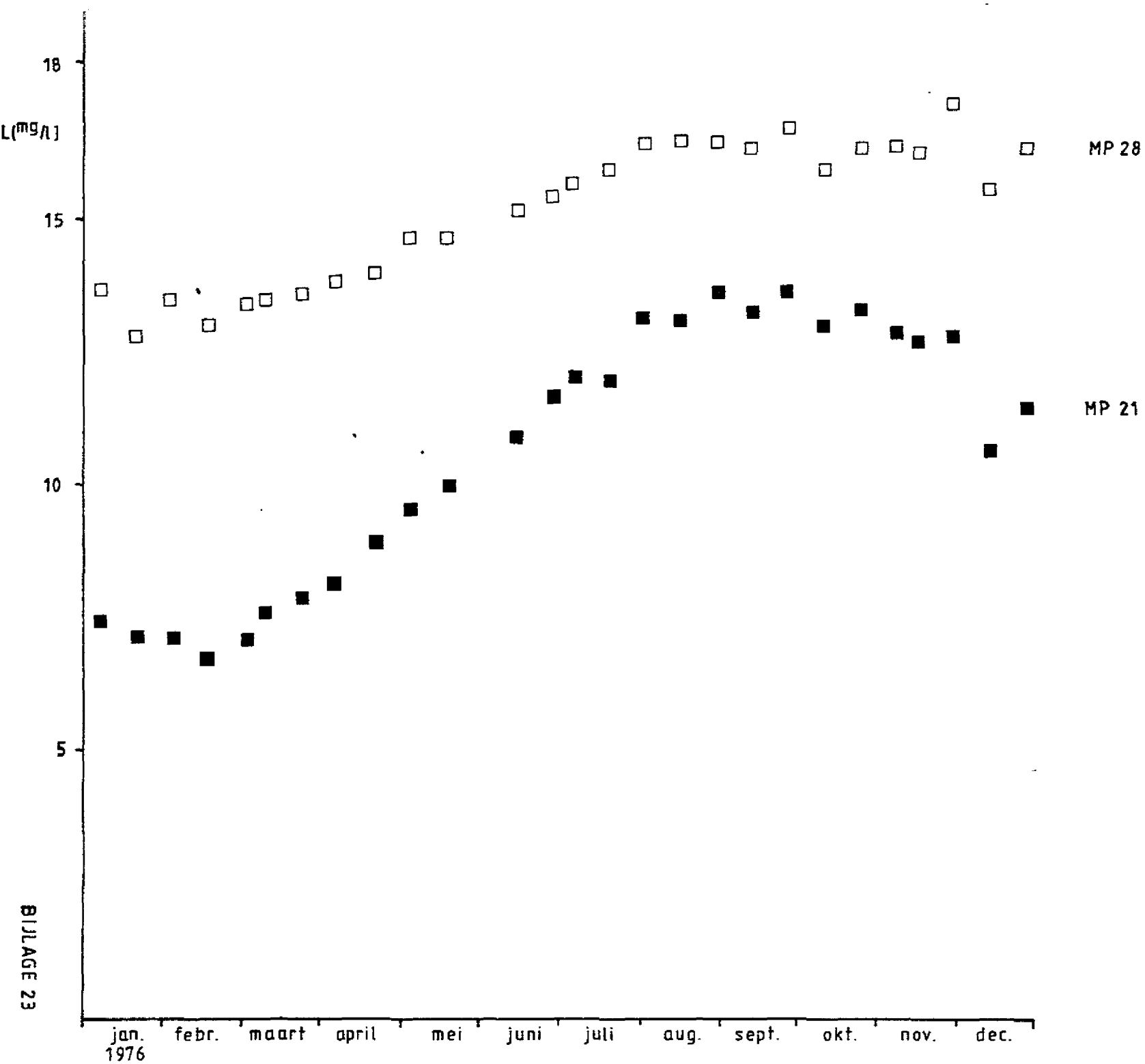
wijziging R 300 → 100 m³/s

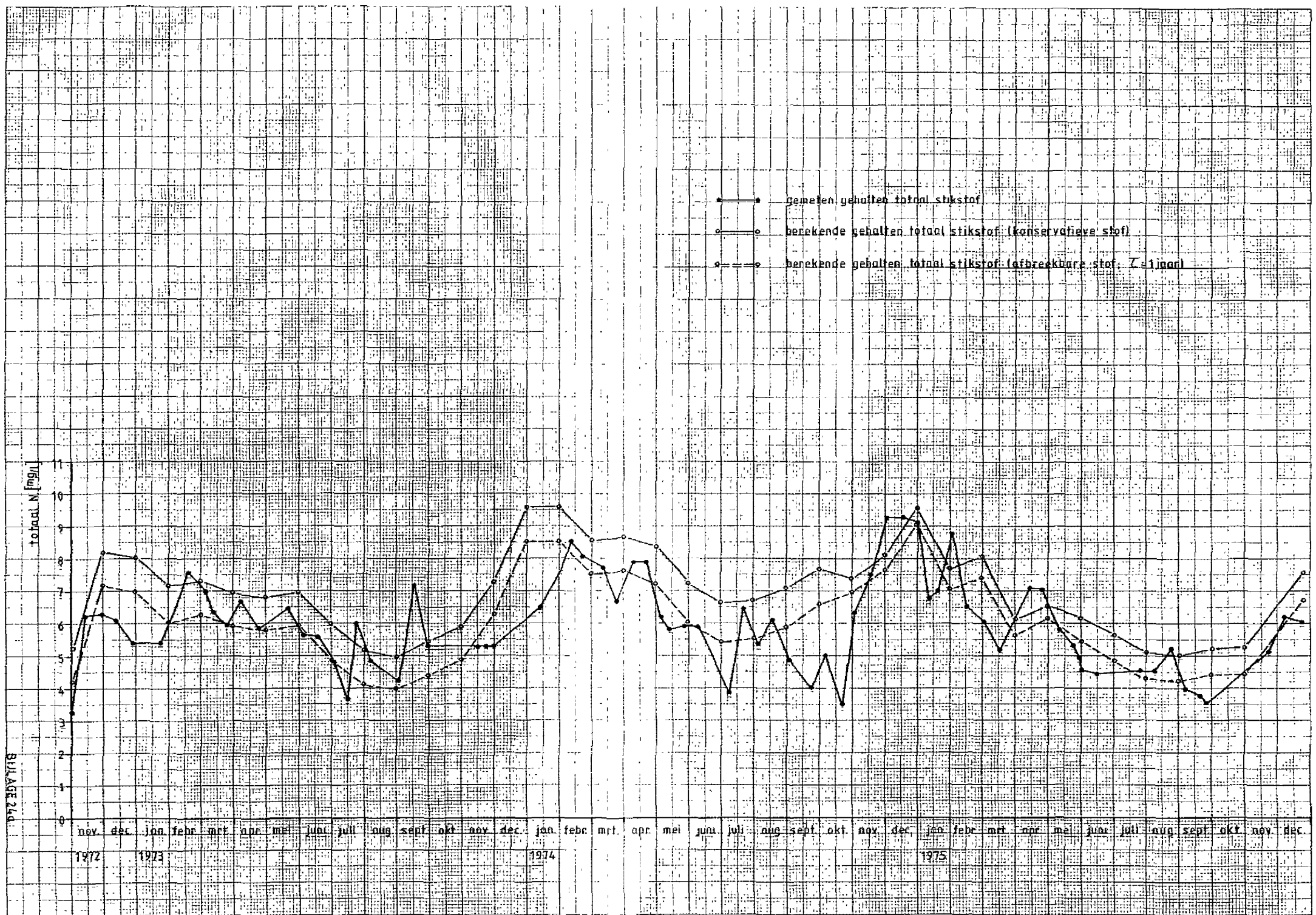
andere tijdschaal

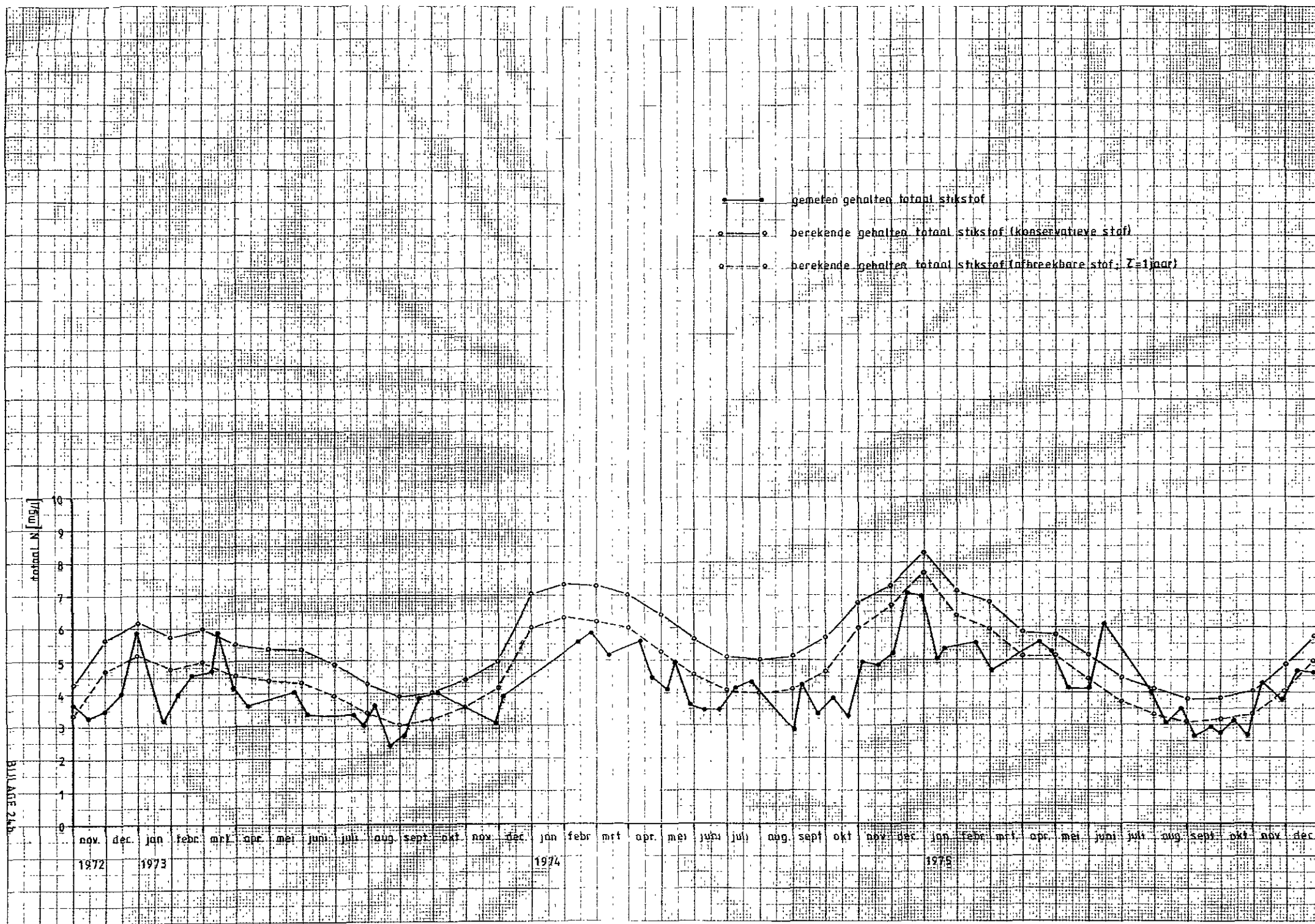


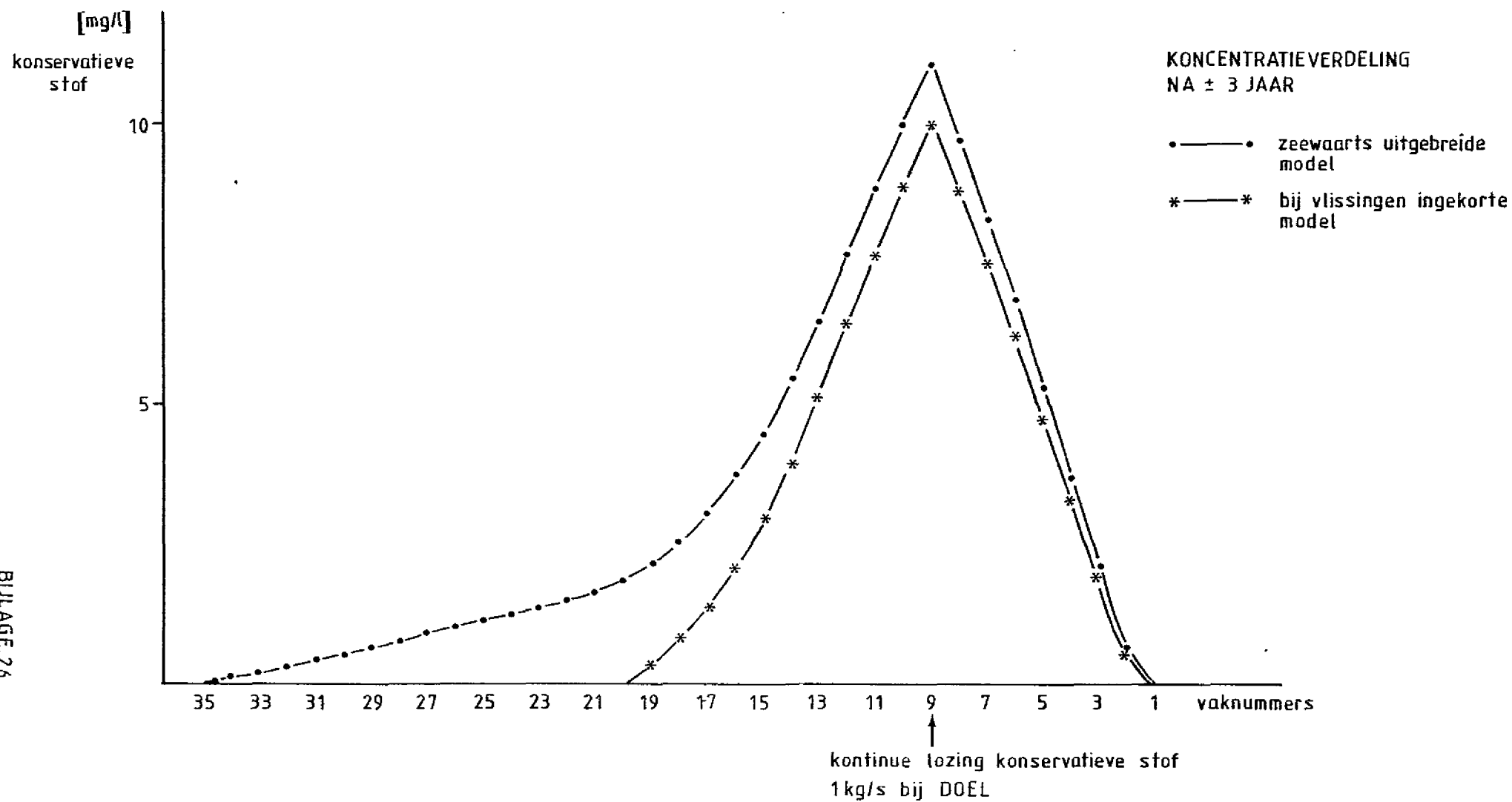


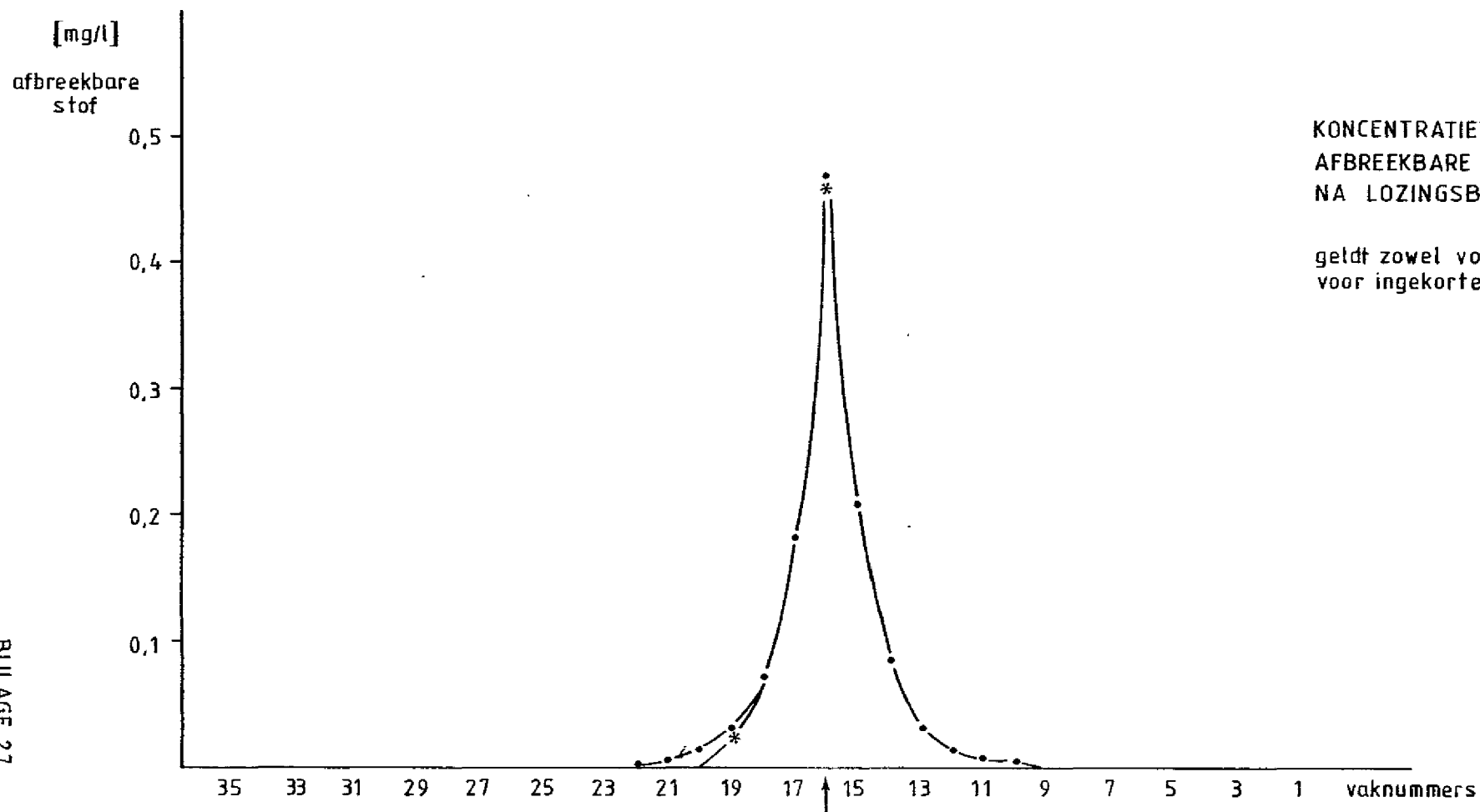












KONCENTRATIEVERDELING
AFBREEKBARE STOF ± 3 JAAR
NA LOZINGSBEGIN

geldt zowel voor uitgebreide, als
voor ingekorte model

continue lozing afbreekbare stof 1kg/s ($\tau = 300.000$ sek.)
bij TERNEUZEN

