

directie waterhuishouding en waterbeweging  
district kust en zee  
adviesdienst vlissingen

**nota** WWKZ-83.V002

Beschrijving getij- en  
zoutregime Westerschelde  
omgeving Land van Saef-  
tinge.

| projectcode |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------|---|---|---|---|---|---|---|
| V           | 8 | 2 | 2 | 6 | B | 1 | 5 |

**auteur(s) :** Ir. J.W. Daamen, ing. D.C. van Maldegem en H. de Jong

**datum :** november 1983

**bijlagen :** -

**samenvatting :** In deze nota wordt een beschrijving gegeven van het getij- en zoutregime van de Westerschelde in de omgeving van het Land van Saeftinge. Deze beschrijving is gemaakt om de invloed van de zoetwaterlozing van het Zoommeer op het zoutgehalte nabij het Land van Saeftinge te kunnen bepalen.

behoort bij: nota                      WWKZ    nr. 83.V002  
 datum:           november 1983  
 bladnr:           i

Inhoudsopgave

|                                                                          | <u>blz</u> |
|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1.        Inleiding.                                                     | 1          |
| 2.        Waterbeweging.                                                 | 2          |
| 2.1.    Stroomsnelheden.                                                 | 2          |
| 2.2.    Stroombanen geloosd water.                                       | 2          |
| 2.3.    Eb- en vloeddebieten.                                            | 3          |
| 2.4.    Herkomst van het water dat het Land van<br>Saeftinge overspoelt. | 5          |
| 2.5.    Overspoeling.                                                    | 5          |
| 3.        Zoutbeweging.                                                  | 8          |
| 3.1.    Zoutconcentratie als functie van het getij.                      | 8          |
| 3.2.    Zoutconcentratie van het overspoelingswater.                     | 9          |
| 4.        Verspreiding zoetwaterlozing Bathse Spuisluis.                 | 12         |
| 4.1.    Inleiding.                                                       | 12         |
| 4.2.    Verspreiding over de lengterichting van de<br>rivier.            | 12         |
| 4.3.    Verspreiding over het dwarsprofiel.                              | 13         |
| 4.3.1. Verspreiding over de verticaal door turbulente<br>diffusie.       | 13         |
| 4.3.2. Verspreiding over de verticaal door entrainment.                  | 17         |
| 4.3.3. Verspreiding over de breedte van het dwarsprofiel.                | 22         |

- vervolg -

# rijkswaterstaat

behoort bij: nota

WWKZ nr. 83.V002

datum: november 1983

bladnr: ii

blz

|      |                                           |    |
|------|-------------------------------------------|----|
| 5.   | Effect lozing Zoommeer.                   | 26 |
| 5.1. | Effect van één lozingsperiode.            | 26 |
| 5.2. | Effect van afvoerreeks (proefberekening). | 28 |
| 6.   | Conclusies.                               | 30 |
|      | Literatuuropgave.                         | 31 |
|      | Bijlagenlijst.                            | 33 |

behoort bij. nota                      WWKZ    nr.   83.V002  
datum:           november 1983  
bladnr:           1

. 1.        INLEIDING.

De Directie Zeeland heeft middels brief nr. AXW 15700 d.d. 19 november 1981 de Adviesdienst Vlissingen verzocht om te adviseren omtrent de lozingsdebieten van de Bathse Spuisluis in die zin dat inzicht wordt verkregen in de relatie tussen de verschillende spuiprogramma's en het verloop van het zoutgehalte in de Westerschelde.

Deze nota geeft een beschrijving van het getijregime in de omgeving van het Land van Saeftinge. Deze beschrijving kan dienen als basis voor het onderzoek naar de invloed van de zoetwaterlozing van het Zoommeer via het Spuikanaal Bath op het zoutgehalte van het water, dat het Land van Saeftinge overspoelt.

Het getij- en zoutregime nabij het Land van Saeftinge wordt geschetst            aan de hand van bestaande gegevens. Allereerst wordt aandacht besteed aan de waterbeweging nabij het Land van Saeftinge (hoofdstuk 2). Vervolgens wordt de zoutbeweging in het betreffende gebied behandeld (hoofdstuk 3). In hoofdstuk 4 wordt een poging gedaan om iets te zeggen over de verspreiding van het zoete water in de Westerschelde, terwijl hoofdstuk 5 middels een proefberekening het effect beschrijft die de lozing van het Zoommeer zal hebben op het zoutgehalte. De nota wordt besloten met enkele conclusies en aanbevelingen (hoofdstuk 6).

behoort bij: nota                      WWKZ nr. 83.V002  
datum:            november 1983  
bladnr:           2

2. WATERBEWEGING.

2.1. Stroomsnelheden.

De bijlagen 1 en 2 geven een beeld van de stroomsnelheden en -richtingen volgens [1] in het oostelijk deel van de Westerschelde over de waterlaag 0 tot 5 m beneden het wateroppervlak. Uit deze stroomkaartjes wordt duidelijk dat het water tijdens de vloed via het Speelmansgat, IJskelder en Hondegat\*) het Land van Saeftinge met relatief lage stroomsnelheden binnendringt. De hoogste vloodsnelheid, gemeten tijdens springtij in het Speelmansgat bedraagt 1,7 zm/uur (= 0,82 m/s).

2.2. Stroombanen geloosd water.

Bijlage 3 geeft globaal de eb- en vloedwegen van een waterdeeltje dat zich om 3 uur voor L.W.-Bath (aanvang lozing) respectievelijk op L.W.-Bath ter plaatse van de Bathse Spuisluis bevindt. De stroombanen zijn samengesteld aan de hand van beschikbare drijfvermetingen en [1] en [2]. Vastgesteld kan worden dat de grootste hoeveelheid water door de diepere delen van de rivier gaat. Het water dat geloosd wordt om 3 uur vóór L.W.-Bath kentert in de Bocht van Walsoorden, terwijl het water dat geloosd wordt op het tijdstip van L.W.-Bath kentert in de Overloop van Valkenisse.

In [3] wordt de theoretische afgelegde weg van de waterdeeltjes volgens metingen uit de jaren 1930 en 1932 over hetzelfde traject gegeven. Vastgesteld kan worden dat deze vrijwel overeenkomt met de eb- en vloedweg op bijlage 3.

Op bijlage 4 is de eb- en vloedweg weergegeven van het water dat op respectievelijk 3 uur, 2 uur, 1 uur en 0 uur vóór L.W. wordt geloosd. Hieruit blijkt dat alleen het omstreeks 3 uur en 2 uur vóór L.W. geloosde water in één getijperiode het Land van Saeftinge kan bereiken.

- Uit -

\*) voor situatie: zie bijlage 5

Uit de drijfvermetingen is verder af te leiden dat vanuit de Zimmerman-geul het water bij springtij de Plaat van Saeftinge overstroomt. Deze waterstroom blijft echter buiten het Land van Saeftinge en wordt derhalve buiten beschouwing gelaten.

Opgemerkt dient te worden dat bij de berekening van de stroombanen is uitgegaan van een startpunt van het waterdeeltje in de hoofdgeul (Vaarwater boven Bath). In werkelijkheid ligt het startpunt van de stroombaan in de Appelzak, d.w.z. dat het waterdeeltje in werkelijkheid later in de hoofdstroom terecht komt dan volgens de berekening van bijlage 4 is gesuggereerd.

Dit betekent dat in werkelijkheid de deeltjes in één getijperiode minder ver westwaarts verplaatst worden dan volgens bijlage 3; ten aanzien van de beïnvloeding van het Land van Saeftinge door in dezelfde getijperiode geloosd water is dus een veilige aanname gehanteerd.

### 2.3. Eb- en vloeddebieten.

Informatie omtrent het eb- en vloeddebiet van de geulen kan uit een tweetal debietmetingen worden gehaald, te weten:

- debietmeting nr. 02.15.S.80 uitgevoerd d.d. 11 en 12 juni 1980;
- debietmeting nr. 01.06.S.71 uitgevoerd d.d. 11 en 12 augustus 1971.

De plaats van de meetpunten tijdens beide metingen is aangegeven op bijlage 5. In tabel 2.1 worden de eb- en vloedvolumes van het hoofdvaarwater nabij het Land van Saeftinge gegeven, verdeeld over de diverse geulen.

# rijkswaterstaat

behoort bij: nota

WWKZ nr. 83.V002

datum: november 1983

bladnr: 4

Tabel 2.1.: Eb- en vloeddebiet gemeten d.d. 11 en 12 juni 1980  
(omgerekend naar gemiddelde getij-omstandigheden).

|                                           | ebvolume<br>in $10^6 \text{ m}^3$ | %    | vloedvolume<br>in $10^6 \text{ m}^3$ | %    |
|-------------------------------------------|-----------------------------------|------|--------------------------------------|------|
| Speelmansgat                              | 6,8                               | 2,6  | 6,8                                  | 2,7  |
| Overloop van Valkenisse                   | 199,7                             | 75,6 | 189,1                                | 75,0 |
| Zimmermangeul en Platen<br>van Valkenisse | 57,6                              | 21,8 | 56,2                                 | 22,3 |
| Totaal                                    | 264,1                             | 100  | 252,1                                | 100  |

De vulling en lediging van het Land van Saeftinge geschiedt via Speelmansgat, IJskelder en Hondegat; de eb- en vloedvolumes in deze geulen zijn op 11 en 12 augustus 1971 (meting nr. 01.06.S.71) gemeten.

Tabel 2.2.: Eb- en vloeddebiet gemeten in geulen van het Land van Saeftinge d.d. 11 en 12 augustus 1971 (omgerekend naar gemiddelde getij-omstandigheden).

|              | ebvolume<br>in $10^6 \text{ m}^3$ | %   | vloedvolume<br>in $10^6 \text{ m}^3$ | %   |
|--------------|-----------------------------------|-----|--------------------------------------|-----|
| Speelmansgat | 6,8                               | 44  | 6,8                                  | 47  |
| IJskelder    | 5,8                               | 38  | 5,3                                  | 36  |
| Hondegat     | 2,8                               | 18  | 2,5                                  | 17  |
| Totaal       | 15,4                              | 100 | 14,6                                 | 100 |

Op bijlage 4 en 6 zijn de eb- en vloeddebieten uitgezet als functie van de tijd.

- Uitgaande -

behoort bij: nota WWKZ nr. 83.V002  
datum: november 1983  
bladnr: 5

Uitgaande van de tabellen 2.1. en 2.2. kan worden vastgesteld dat van het totale volume ( $252,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ) dat bij vloed door de raai Speelmansgat - Overloop van Valkenisse - Zimmermangeul gaat, ongeveer 6% ( $14,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ) via Speelmansgat, IJskelder en Hondegat het Land van Saeftinge binnenstroomt.

2.4. Herkomst van het water dat het Land van Saeftinge overspoelt.

De stroomkaartjes van het oostelijk deel van de Westerschelde (bijlage 1 en 2) laten zien dat het water vanuit de Overloop van Valkenisse het Land van Saeftinge binnendringt en overspoelt.

In [4] werd reeds geconcludeerd dat de overspoeling hoofdzakelijk tijdens de laatste fase van de vloed plaatsvindt. Dit komt overeen met hetgeen opgemaakt kan worden uit de debietmetingen die werden uitgevoerd d.d. 11 en 12 augustus 1971.

Op bijlage 7 worden in percentages van het totaal vloeddebiet de hoeveelheden water gegeven die gemiddeld per 2 uur het Land van Saeftinge binnenstromen. Tevens zijn de plaatsen aangegeven waar de betreffende hoeveelheden water zich tijdens de voorafgaande laagwaterkentering bevonden. Deze plaatsen van herkomst van het instromende water zijn globaal bepaald uit het verloop van de stroomsnelheid.

Het zwaartepunt van het vloeddebiet ligt op 01.15h vóór H.W. Het merendeel van het water dat het Land van Saeftinge binnendringt bevindt zich tijdens de voorafgaande laagwaterstroonkentering dus in het Zuidergat ong. ter hoogte van Perkpolder.

2.5. Overspoeling.

In de geulen van het Land van Saeftinge bevindt zich op L.W. nagenoeg geen Westerscheldewater, afgezien van het zout/brak grondwater. Tijdens de vloed stroomt het water de geulen binnen. Telkens verdringt het instromend water het eerder ingestroomde water naar achteren.



Achterin de geulen zal zich dus het water bevinden dat direct na het tijdstip van L.W. is binnengestroomd. Het water voorin de geulen is het laatst binnengestroomd.

Bijlage 8 is een hoogte- en dieptekaart van het Land van Saeftinge, naar een opneming van juli 1979. Uit oppervlakteberekeningen aan de hand van deze kaart blijkt dat 52% van de totale oppervlakte van het Land van Saeftinge (2730 ha incl. de geulen) een hoogte heeft van N.A.P. +2,5 m of hoger, en 24% een hoogte van N.A.P. +3,0 m of hoger. Volgens overschrijdingslijnen van de hoogwaterstand [15] over de periode 1971 - 1980 (bijlage 9) wordt de waterstand N.A.P. +2,5 m bij Baalhoek\*) 350 à 400 keer per jaar overschreden. De waterstand N.A.P. +3,0 m wordt volgens deze lijnen 60 à 70 maal per jaar overschreden. Geconcludeerd kan worden dat  $\pm$  50% van de totale oppervlakte van het Land van Saeftinge 350 à 400 keer per jaar wordt overstroomd en dat  $\pm$  75% 60 à 70 keer per jaar wordt overstroomd. De hoge overspoeling zal voornamelijk plaatsvinden in het winterseizoen [5].

In tabel 2.3 wordt de overspoelde oppervlakte in relatie tot de dikte van de waterschijf gegeven boven een waterstand van N.A.P. +3 m. Deze waterstand komt nagenoeg overeen met de H.W.-stand bij gemiddeld springtij (slotgemiddelde 1971.0).

- Tabel 2.3. -

---

\*) Voor het station Baalhoek (nabij het Land van Saeftinge) is steeds rechtlijnig geïnterpoleerd tussen de lijnen van het station Bath en het station Hansweert (bijlage 9).

Tabel 2.3.: Dikte van de waterschijf in m die het Land van Saeftinge bedekt bij een waterstand van N.A.P. +3,0 m.

| dikte van de waterschijf in m | oppervlakte in % die door water wordt bedekt |
|-------------------------------|----------------------------------------------|
| 0,5 m of dikker               | 48% van de totale oppervlakte                |
| minder dan 0,5 m              | 28% van de totale oppervlakte                |
| 0 m                           | 24% van de totale oppervlakte                |

Bij een waterstand van N.A.P. +2,5 m (ongeveer H.W.-stand gemiddeld getij 1971.0) zal dus 48% van de totale oppervlakte, hoofdzakelijk bestaande uit de geulen en lager gelegen schorren, bedekt worden met een schijf water variërend van enkele centimeters tot 3,5 m (52% zal dus niet met water worden bedekt).

Boven de hoogteligging N.A.P. +3,0 m bevindt zich nog 24% van de totale oppervlakte. Gedeeltelijke overspoeling hiervan vindt plaats bij een hoog springtij (0 à 10 maal per jaar).

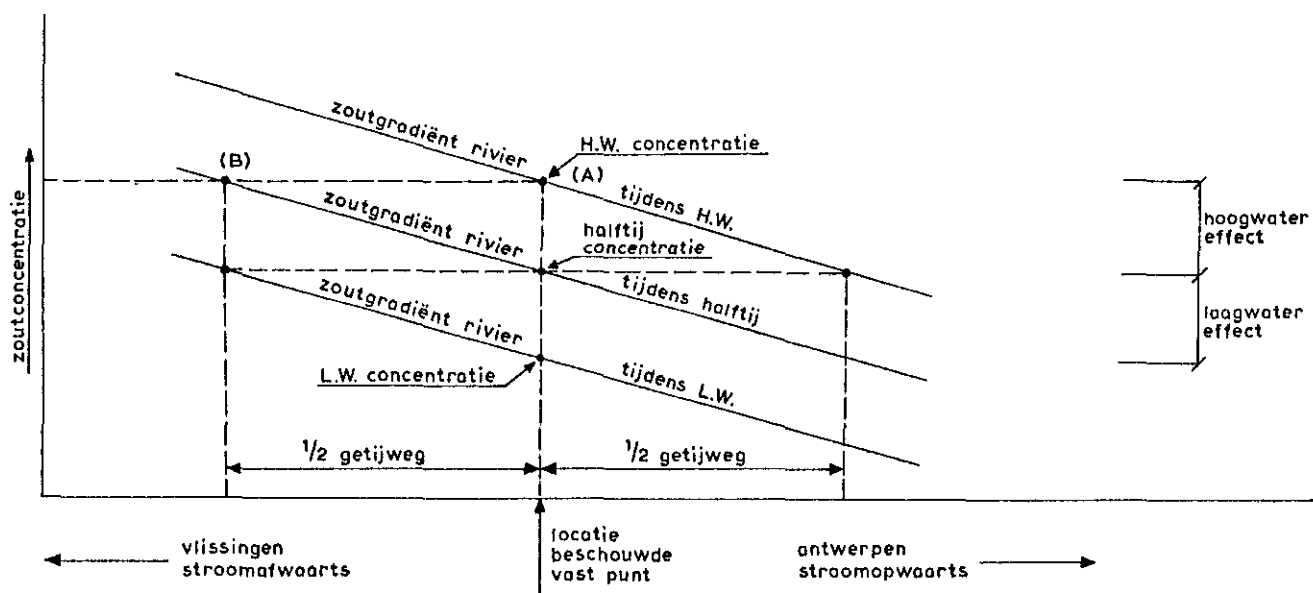
### 3. ZOUTBEWEGING.

#### 3.1. Zoutconcentratie als functie van het getij.

In dit hoofdstuk wordt behandeld hoe de zoutconcentratie\*) kan worden bepaald van het water, dat het Land van Saeftinge (LvS) overspoelt. Het Land van Saeftinge wordt hoofdzakelijk overspoeld in de laatste 2 uur voor plaatselijk hoogwater (hoofdstuk 2). In deze periode stroomt 85% van het totale vloedvolume het LvS binnen (bijlage 7).

- Uit [6] blijkt dat de zoutconcentratie in een estuarium op een bepaalde plaats op een willekeurig tijdstip kan worden afgeleid uit de concentratiegradiënt tijdens halftij. De filosofie achter deze benadering is dat gedurende een getijperiode het water in een estuarium ten opzichte van een vast punt heen en weer pendelt over de afstand van een halve getijweg (figuur 3.1.).

Figuur 3.1.: Schematische voorstelling van de invloed van de getijbeweging op de zoutconcentratie.



\*) Onder "zoutconcentratie" wordt in deze nota verstaan: de chlorideconcentratie in  $\text{kgCl}^-$  per  $\text{m}^3$ .

behoort bij: nota                      WWKZ    nr. 83.V002  
 datum:           november 1983  
 bladnr:           9

Op basis van stroomsnelheidsgegevens kan de plaats worden bepaald, waar het water dat het Land van Saeftinge tijdens vloed overstroomt zich bevindt tijdens halftij (+ 3 uur na stroomkentering). De zoutconcentratie tijdens halftij kan identiek worden gesteld aan de getijgemiddelde zoutconcentratie (bijlage 10). De zoutconcentratie van het water op deze plaats kan dus worden berekend met een getijgemiddeld ééndimensionaal dispersiemodel. Het bovenstaande geldt onder de voorwaarde dat het geloosde water niet zodanige tijd blijft bestaan als ongemengde zoete bovenlaag, dat het in ongemengde toestand het Land van Saeftinge kan bereiken. In hoofdstuk 4 wordt nagegaan of dit laatste het geval kan zijn.

### 3.2. Zoutconcentratie van het overspoelingswater.

De getijgemiddelde zoutconcentratie langs de Westerschelde is berekend met een ééndimensionaal rekenmodel over de periode 1971 - 1975 [7]. In de situatie op bijlage 11 zijn enkele vakken van dit model aangegeven. De zoutconcentratie van het overspoelingswater komt overeen met de getijgemiddelde concentratie in vak 10 en 11 van het model. Volgens bijlage 11 ligt het zwaartepunt van de locatie van het overspoelingswater tijdens halftij in vak 11. Op bijlage 12 is de in [7] berekende getijgemiddelde zoutconcentratie in vak 11 weergegeven over de periode 1971 - 1975. Hieruit volgt dat de gemiddelde concentratie van het overspoelingswater ca. 10 kg/m<sup>3</sup> bedraagt, terwijl de laagste concentratie 2,4 kg/m<sup>3</sup> bedraagt. Op bijlage 13 is een onderschrijdingsfrequentie van de zoutconcentratie in vak 11 gepresenteerd. In tabel 3.1. zijn de afgelezen concentraties voor enkele lage en hoge onderschrijdingsfrequenties vermeld.

behoort bij: nota                      WWKZ nr. 83.V002  
 datum:        november 1983  
 bladnr:        10

Tabel 3.1.: Getijgemiddelde zoutconcentraties in vak 11 voor de onderschrijdingsfrequenties 5, 10, 20, 80, 90 en 95% (berekende periode: 1971 - 1975).

| onderschrijdingsfrequentie<br>[% van de tijd] | zoutconcentratie<br>[kg/m <sup>3</sup> ] |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------|
| 5                                             | 7,0                                      |
| 10                                            | 8,2                                      |
| 20                                            | 9,4                                      |
| 80                                            | 13,8                                     |
| 90                                            | 14,4                                     |
| 95                                            | 15,0                                     |

Voor de boeien SSVH (Vlissingen), ZG 49 (Hansweert) en VbB 87 (grens) is de onderschrijdingsfrequentie van de gemeten getijgemiddelde zoutconcentratie over de periode 1971 - 1975 vergeleken met de onderschrijdingsfrequentie voor de periode 1971 - 1979 (bijlage 14). De onderschrijdingsfrequenties voor met name boei 49 en boei 87 (zie voor de locaties de situatie op bijlage 11) vertonen een redelijke overeenkomst voor de lage zoutconcentraties. Bij de hoge zoutconcentraties ligt de frequentielijn van de 10-jarige periode ca. 1 kg/m<sup>3</sup> hoger. Hieruit volgt dat de overschrijdingsfrequentie voor de lage zoutconcentratie in vak 11 ook voor een periode van ca. 10 jaar een redelijk beeld geeft.

Het verschil tussen de zoutconcentratie achterin het Land van Saeftinghe en de zoutconcentratie van het overspoelingswater is onderzocht met behulp van een natuurmeting op 24 juni 1982. Tijdens deze meting is gedurende een getijperiode de zoutconcentratie gemeten op enkele locaties in de (hoofd)geulen en in de Overloop van Valkenisse (bijlage 11). De oppervlakteconcentratie in de monding van de hoofdgeulen en achterin de geulen bleek gemiddeld ca. 0,2 kg/m<sup>3</sup>, respectievelijk 0,8 kg/m<sup>3</sup> lager te zijn dan de over de verticaal gemiddelde concentratie in de

behoort bij: nota

WWKZ nr. 83.V002

datum: november 1983

bladnr: 11

Overloop van Valkenisse. De oppervlakteconcentratie in de Overloop van Valkenisse was gemiddeld  $0,2 \text{ kg/m}^3$  lager dan gemiddeld in de verticaal. Dit verschil blijkt ook uit de resultaten van transportmetingen in de Overloop van Valkenisse. Indien aangenomen wordt dat voornamelijk water uit de bovenste waterlaag het Land van Saeftinge overspoelt, kan het volgende worden geconcludeerd:

De zoutconcentratie van het overspoelingswater = de getijgemiddelde zoutconcentratie in vak 11 min  $0,2 \text{ kg/m}^3$ . Achterin het Land van Saeftinge is de zoutconcentratie van het overspoelingswater nog ca.  $0,6 \text{ kg/m}^3$  lager; het is niet bekend in hoeverre dit verschil toegeschreven moet worden aan neerslagoverschot.

behoort bij: nota                      WWKZ nr. 83.V002  
datum:            november 1983  
bladnr:           12

#### 4. VERSPREIDING ZOETWATERLOZING BATHSE SPUISLUIS.

##### 4.1. Inleiding.

In dit hoofdstuk wordt de verspreiding van het geloosde zoete water bij de Bathse Spuisluis afgeschat.

Het zoete Zoommeerwater wordt in de omgeving van Bath in de Westerschelde geloosd.

De verspreiding van het zoete water vindt plaats in de lengterichting van de rivier en over de diepte en over de breedte van het dwarsprofiel.

##### 4.2. Verspreiding over de lengterichting van de rivier.

De getijstroom neemt na verloop van tijd het zoete water mee over ongeveer een halve getijweg. De lengte van de getijweg bedraagt ca. 20 km (hoofdstuk 2). In geval van een puntlozing wordt het zoete water door turbulente diffusie over een afstand van ca.  $\sqrt{\frac{T \cdot D}{0,4}}$  m langs de rivier opgemengd [10]. De getijgemiddelde diffusiecoëfficiënt (D) bedraagt ca. 150 m<sup>2</sup>/s [7, 14] en de getijperiode T bedraagt ca. 44700 s. De afstand waarlangs een momentlozing na één getijperiode is opgemengd in de lengterichting van de rivier wordt zodoende geschat op 4 km. Hieruit kan worden afgeschat dat de totale gedurende één lozingsperiode geloosde hoeveelheid water van  $4,5 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> in de lengterichting verspreid is over ca. 14 km (½ getijweg door advectie + 4 km longitudinale turbulente diffusie). Wanneer we aannemen dat het water in dwarsrichting gedurende die periode over ongeveer het halve dwarsprofiel is opgemengd (hoofdstuk 4.3) met een totale inhoud van ca.  $90 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> zout water, dan bedraagt de invloed van één lozing na één getijperiode in die hoeveelheid water, uitgaande van een oorspronkelijk chlorideconcentratie van 10 kg/m<sup>3</sup> in de Westerschelde en 0,2 kg/m<sup>3</sup> in het Zoommeer:

$$10 - \frac{4,5 \cdot 0,2 + 90 \cdot 10}{94,5} = 0,46 \text{ kg/m}^3 = 460 \text{ mg/l}$$

4.3. Verspreiding over het dwarsprofiel.

Voor het bepalen van de verspreiding van het zoete water over het dwarsprofiel dient te worden nagegaan of het zoete water zich als een zoete vlek boven het zoute water in de geul handhaaft en door het effect van dichtheidsstromingen in korte tijd de overkant van het estuarium (het Land van Saeftinge) bereikt. In dat geval zou met het ééndimensionale getijgemiddeld rekenmodel een veel te lage verzoeting van het Land van Saeftinge worden voorspeld.

In de volgende subparagrafen is globaal nagegaan of het aannemelijk is dat zoet water aan de oppervlakte ongemengd het Land van Saeftinge zou kunnen bereiken. Subparagraaf 4.3.1. en 4.3.2. behandelen de verspreiding over de verticaal. Subparagraaf 4.3.3. gaat in op de verspreiding over de breedte van de rivier.

4.3.1. Verspreiding over de vertikaal door turbulente diffusie.

In deze subparagraaf wordt nagegaan hoe snel de verticale menging verloopt in geval het mengingsproces beschreven kan worden als turbulente diffusie. De getijbeweging veroorzaakt turbulentie in het water door de wrijving met de bodem. Door deze turbulentie wordt de beschouwde stof opgemengd. Dit proces wordt turbulente diffusie genoemd.

De tijdschaal van opmenging in verticale richting is uitgedrukt in de volgende formule [10, 11 en 12]:

$$T_z \approx h^2 / E_z \quad (4.1)$$

waarin:

|       |   |                                                      |                     |
|-------|---|------------------------------------------------------|---------------------|
| $T_z$ | = | tijdschaal van opmenging in verticale richting       | [s]                 |
| $h$   | = | waterdiepte                                          | [m]                 |
| $E_z$ | = | turbulente diffusiecoëfficiënt in verticale richting | [m <sup>2</sup> /s] |

- Volgens -



Volgens [10] kan de turbulente diffusiecoëfficiënt in verticale richting in estuaria zonder dichtheidsverschillen ( $E_{zo}$ ) worden benaderd met de formule:

$$E_{zo} = 0,067 \cdot h \cdot u_* \quad (4.2)$$

waarin:

$$u_* = \text{schuifspanningssnelheid} \quad [\text{m/s}]$$

verder geldt:

$$u_* = |\bar{u}| \cdot \sqrt{g/C} \approx 0,08 |\bar{u}| \quad (4.3)$$

waarin:

$$\bar{u} = \text{gemiddelde stroomsnelheid in de stroom-} \quad [\text{m/s}]$$

richting

$$C = \text{Chezycoëfficiënt (} \approx 40 \text{)} \quad [\text{m}^{1/2}/\text{s}]$$

$$g = \text{versnelling van zwaartekracht} \quad [\text{m/s}^2]$$

zodat globaal gerekend kan worden met de formule:

$$E_{zo} = 0,005 h |\bar{u}| \quad (4.4)$$

In de gevallen dat er wèl dichtheidsverschillen over de verticaal aanwezig zijn, dient de waarde van  $E_{zo}$  (formule 4.4) gecorrigeerd te worden. De correctie vindt plaats aan de hand van de waarde van het Richardson getal [12]:

$$Ri = \frac{g}{\rho} \frac{\frac{\partial \rho}{\partial z}}{\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2} \quad (\text{zie bijlage 15})$$

- waarin -

waarin:

$\rho$  = dichtheid van het water [kg/m<sup>3</sup>]

$z$  = dikte grenslaag [m]

Afschatting van de waarden van  $Ri$  voor het onderhavige geval geeft:

a) Appelzak:

$$\text{stel } \frac{\partial \rho}{\partial z} \approx 13 \text{ kg/m}^4$$

( $\Delta \rho = 13 \text{ kg/m}^3$  over een grenslaag van 1 m)

$$\text{stel } \frac{\partial u}{\partial z} \approx 0,5 \text{ s}^{-1}$$

( $\Delta u = 0,5 \text{ m/s}$  over een grenslaag van 1 m)

$$\text{dan is } Ri = \frac{9,81}{1000} * \frac{13}{0,25} = 0,5$$

d.w.z.  $E_z = 0,1 \text{ à } 0,8 * E_{zo}$  (bijlage 15)

ingevuld in formules 4.4 en 4.1 met  $h = 6 \text{ m}$  en  $\bar{u} = 0,5 \text{ m/s}$   
geeft dit:

$$\text{voor: } \frac{E_z}{E_{zo}} = 0,1 : T_z \approx \frac{6^2}{0,1 * 0,005 * 6 * 0,5} \approx 6^{u40} \text{ min}$$

$$\text{voor: } \frac{E_z}{E_{zo}} = 0,8 : T_z \approx \frac{6^2}{0,8 * 0,005 * 6 * 0,5} \approx 50^{\text{min}}$$

Dus volledige menging over de verticaal na 1 à 7 uur. Het water komt daarna in het Vaarwater boven Bath.

- b) -

b) Vaarwater boven Bath:

$$\text{stel } \frac{\partial \rho}{\partial z} \approx 13 \text{ kg/m}^4$$

(veilige aanname, gezien de menging die reeds in de Appelzak is opgetreden)

$$\text{stel } \frac{\partial u}{\partial z} \approx 1 \text{ s}^{-1}$$

( $\Delta u = 1 \text{ m/sec}$  over een grenslaag van 1 m)

$$\text{dan is } Ri = \frac{9,81}{1000} * \frac{13}{1} = 0,13$$

$$\text{d.w.z. } E_z \approx 0,9 E_{zo} \quad (\text{bijlage 15})$$

ingevuld in de formules 4.4 en 4.1 met  $h = 16 \text{ m}$  en  $\bar{u} = 1 \text{ m/s}$  geeft dit:

$$T_z \approx \frac{16^2}{0,9 * 0,005 * 16 * 1} = 60^{\text{min}}$$

Hieruit kan worden afgeleid dat - voor het geval de verticale menging kan worden beschreven als verticale turbulente diffusie met invloed van dichtheidsverschillen - het geloosde zoete water in de Appelzak in 1 à 7 uur over de verticaal opmengt; zodra het water in het Vaarwater boven Bath komt (waar een gemiddelde stroomsnelheid van 1 m/sec is aangenomen) duurt de menging nog ca. 1 uur. Volgens deze benadering kan het geloosde zoete water niet als zoete bovenlaag zo lang in stand blijven dat het als zodanig de instromende kreken van het Land van Saef-tinge bereikt.

behoort bij: nota WWKZ nr. 83.V002  
 datum: november 1983  
 bladnr: 17

4.3.2. Verspreiding over de verticaal door entrainment.

In subparagraaf 4.3.1. is de tijdsschaal voor de verticale menging ten gevolge van de turbulente diffusie bepaald. Bij de lozing van het Spuikanaal is de toestand van een tweelagensysteem niet ondenkbaar. Bij een dergelijk systeem is de beschrijving van de verticale menging als turbulente diffusie niet van toepassing, omdat een gedeelte van de getij-energie dan zal worden gebruikt om het tweelagensysteem af te breken [10]. Wanneer de lozing zich als een gelaagde stroming in de riviergeul zou handhaven, zou het zoete water (gering verdund) toch binnen één getijperiode het Land van Saeftinge kunnen bereiken.

In deze subparagraaf is afgeschat of dit mogelijk zou zijn. Bij het lozingspunt (breedte  $b = 100$  m en waterdiepte  $h = 8$  m) wordt maximaal  $400 \text{ m}^3/\text{s}$  afgevoerd. De maximale gemiddelde uitstroomsnelheid ( $\bar{v}$ ) bedraagt dus  $\approx 0,5 \text{ m/s}$ . De dichtheid van het zoete water wordt gesteld op  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ . De dichtheid van het Westerscheldewater wordt gesteld op  $\rho_w = 1000 + 1,32 * C \approx 1013 \text{ kg/m}^3$ .  $C = \text{chlorideconcentratie } [\text{kg/m}^3]$ . Het dichtheidsverschil  $\Delta\rho$  bedraagt dus ca.  $13 \text{ kg/m}^3$ .

Jet of pluim.

Op basis van [10] is nagegaan of de lozing als jet of als pluim moet worden gekenschetst en tevens in welk stadium het geloosde zoete water zich boven het ontvangende zoute water zal gaan verspreiden (in geval van een gelaagd systeem).

De karakteristieke lengteschaal voor de tweedimensionale jet ( $L_Q$ ) wordt bepaald door de volgende formule:

$$L_Q = Q^2 / M \quad (4.5)$$

waarin

$$\begin{aligned} Q &= \text{lozingsdebiet per m' verticaal} &= b * \bar{v} \approx 50 \text{ m}^2/\text{s} \\ M &= \text{hoeveelheid beweging per m' verticaal} &= b * \bar{v}^2 \approx 25 \text{ m}^3/\text{s}^2 \end{aligned}$$

- hieruit -

hieruit volgt:

$$L_Q = 100 \text{ m} \approx \text{breedte lozingsmiddel}$$

De karakteristieke lengteschaal voor de afstand van de oorsprong, naar de lozing zich ten gevolge van de dichtheidsverschillen als pluim gaat manifesteren wordt bepaald door de formule:

$$L_M = M/B^{2/3} \quad (4.6)$$

waarin:

$B$  = de effectieve "buoyancy flux"

$$= g * \frac{\Delta \rho}{\rho} * Q$$

$$= 9,81 * \frac{13}{1000} * 50 = 6,4 \frac{\text{m}^3}{\text{s}^3}$$

hieruit volgt:

$$L_M = 7,2 \text{ m}$$

D.w.z. dat de zoetwaterstraal zeer snel na het lozingspunt door de dichtheidsverschillen van de bodem wordt losgedrukt en zich verder radiaal zal verspreiden onder invloed van de dichtheidsverschillen, dat het effect van de initiële snelheid  $\bar{v}$  binnen korte tijd is uitgewerkt en de lozing verder als pluim kan worden behandeld. Dat de straal snel naar de oppervlakte wordt gevoerd kan ook op een andere wijze aannemelijk worden gemaakt:

Stel dat de zoete lozing in 8 m diep zout water ( $\rho = 1013 \text{ kg/m}^3$ ) zou geschieden, dan zou ten gevolge van het dichtheidsverschil een interne golf worden opgewekt met een snelheid van:

-  $v_d$  -

$$v_d = 0.5 * \left( \frac{\Delta \rho}{\rho} * g * h \right)^{0.5} = 0.5 * \left( \frac{13}{1000} * 9,81 * 8 \right)^{0.5} = 0.5 \text{ m/s}$$

Deze snelheid is van dezelfde orde van grootte als de uittredesnelheid uit het lozingsmiddel ( $\bar{v} = 0.5 \text{ m/s}$ ) d.w.z. dat van het lozingspunt af het dichtheidseffect snel invloed krijgt op de initiële hoeveelheid van beweging van het geloosde water.

Op grond van het bovenstaande wordt aangenomen dat de lozing op zeer korte afstand van het uitlaatwerk als zoete laag aan het wateroppervlak radiaal zal verspreiden.

#### Dikte zoete bovenlaag.

Een eerste schatting van de dikte van de zoete bovenlaag volgt uit de aanname dat de gelaagdheid ontstaat zodra het intern Froudegetal 1 bedraagt, op het moment dat de snelheid van het zoete water nog  $\bar{v} = 0.5 \text{ m/s}$  bedraagt, d.w.z.:

$$Fri = \frac{\bar{v}}{g * \frac{\Delta \rho}{\rho} * a_o} = 1 \quad (4.7)$$

waarin:

$Fri$  = intern Froude getal

$a_o$  = dikte bovenlaag [m]

hieruit volgt:

$$a_o = \frac{\bar{v}}{g * \frac{\Delta \rho}{\rho}} = \frac{0.5}{9,81 * \frac{13}{1000}} \approx 4 \text{ m}$$

behoort bij: nota WWKZ nr. 83.V002  
 datum: november 1983  
 bladnr: 20

De omvang van de pluim R (half cirkelvormig) is in dat geval als volgt te schatten:

$$a_0 \cdot \pi \cdot R = A \quad (4.8)$$

R = straal van de pluim [m]  
 A = natte doorsnede lozingsmiddel [m<sup>2</sup>]

dus:

$$4 \times \pi \times R = 100 \times 8$$

hieruit volgt:

$$R \approx 64 \text{ m}$$

Dat wil zeggen dat de pluim met een laagdikte van 4 m en een gemiddelde uittreesnelheid van 0.5 m/s niet meer in stand kan blijven zodra de straal groter wordt dan ca. 64 m. De snelheid aan de rand van de pluim zal afnemen en daarmee tevens de laagdikte, gezien de relatie tussen de snelheid van de interne golf en de laagdikte volgens de volgende formule:

$$v_d = \left( \frac{\Delta \rho}{\rho} * g * \frac{a_1 * a_2}{h} \right)^{0.5} \quad (4.9)$$

waarin:

$a_1$  = dikte bovenlaag [m]  
 $a_2$  = dikte onderlaag [m]  
 $a_1 + a_2 = h$

Dit betekent dat de aanname van een laagdikte van 4 m in het Vaarwater bovengenoemd aan de veiligekant is.

- Illustratie -

Illustratie:

Welke omvang heeft een cirkelvormig aangenomen pluim op het moment dat de laagdikte 1 m is geworden?

$a_1 = 1$  m, dus  $a_2 = 7$  m, dit geeft  $v_d \approx 0,33$  m/s.

Continuïteit geeft (voor volledig cirkelvormige pluim):

$$a_o \cdot 2\pi \cdot R \cdot v_d = A \cdot \bar{v} \quad (4.10)$$

dus

$$R = \frac{A \cdot \bar{v}}{2 \cdot a_o \cdot v_d} = \frac{800 \cdot 0,5}{2 \cdot 1 \cdot 0,33} \approx 200 \text{ m}$$

D.w.z. dat de laagdikte van de zoete oppervlaktelaag al fors is gereduceerd, vóórdat het water het Vaarwater boven Bath bereikt en dat de snelheid van menging door entrainment in de volgende fase aan de veilige kant wordt ingeschat (er wordt n.l. uitgegaan van een laagdikte van 4 m).

#### Entrainment.

Entrainment is een turbulentieproces tussen twee lagen, waarbij de minst turbulente laag wordt geërodeerd door de meest turbulente laag. De entrainmentsnelheid is daarbij de snelheid waarmee het grensvlak van de twee lagen in verticale richting verplaatst. De entrainmentsnelheid kan worden beschreven met de volgende formule [13]:

$$W_e \approx 2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{(\Delta u)^3}{g \cdot \frac{\Delta \rho}{\rho} \cdot a_o} \quad (4.11)$$

waarin:

$W_e$  = entrainmentsnelheid [m/s]



behoort bij: nota WWKZ nr. 83.V002  
 datum: november 1983  
 bladnr: 22

$\Delta u$  = verschil in stroomsnelheid [m/s]; stel  $\Delta u \approx \bar{u}$

$\Delta \rho = 13 \text{ kg/m}^3$

$a_o = 4 \text{ m}$

$\bar{u}$  = gemiddelde stroomsnelheid in de onderlaag

Voor het Vaarwater boven Bath en de Bocht van Bath met een gemiddelde ebsnelheid van 1 m/s geeft dit  $W_e = 0,004 \text{ m/s}$ ; d.w.z. dat een laagdikte van 4 m in ca. 15 minuten is opgemengd.

N.B. Teneinde de realiteit van de conclusies af te schatten is tevens een globale berekening gemaakt, waarin de lozing als zuivere jetstroom (met behoud van hoeveelheid van beweging) is beschouwd. In dat geval kan gerekend worden op een aanzienlijke verdunning van het geloosde water vóórdat het Vaarwater boven Bath bereikt. De gelaagdheid, die daarna in het Vaarwater boven Bath ontstaat wordt vanwege het geringe dichtheidsverschil nog sneller opgemengd dan de in het voorgaande geschatte 15 minuten.

#### Conclusies.

In het Vaarwater boven Bath blijft de zoete bovenlaag maximaal ca. 1 uur in stand; het water kan niet als zoete bovenlaag de instromende krekken van het Land van Saeftinge bereiken. Tegen het einde van de ebperiode wanneer de stroomsnelheid vermindert kan de laag wellicht langer in stand blijven, doch ten aanzien van de beïnvloeding van de schorren aan de overkant van het vaarwater moet bedacht worden dat de waterstand dan ca. N.A.P. -2 m bedraagt en van de beïnvloeding van het Speelmansgat e.d. geldt dat dit water niet meer ver stroomafwaarts getransporteerd wordt omdat de kentering na korte tijd volgt.

#### 4.3.3. Verspreiding over de breedte van het dwarsprofiel.

Uit de voorgaande subparagrafen blijkt dat het Zoommeerwater niet als zoete bovenlaag binnen één getijperiode het Land van Saeftinge kan be-

- reiken -



behoort bij: nota                      WWKZ      nr. 83.V002  
 datum:           november 1983  
 bladnr:           24

Invulling van de waarden die gemiddeld gelden voor het Vaarwater  
 boven Bath ( $h = 13$  m,  $b = 1000$  m en  $|\bar{u}| \approx 1$  m/s) geeft:

$$T_y = \frac{(1000)^2}{(0,5 \text{ à } 1,5) * 13 * 0,08 * 1} = 7,4 \text{ à } 22,3 \text{ dag}$$

Ofschoon de waarde van  $E_y$  (formule 4.13) afkomstig is van natuurmetingen in buitenlandse estuaria is de gevonden tijdschaalwaarde toch onwaarschijnlijk hoog.

Bedacht moet worden dat turbulente laterale diffusie ter plaatse niet het enige mengingsmechanisme is. Vooral de effecten van rest-circulaties (ebgeul en vloodschaar) en het effect van onderlopen en leeglopen van plaatgebieden kunnen in estuaria een menging veroorzaken die ordes sneller is dan de turbulente diffusie.

In dit kader is nog afgeschat hoe groot de laterale menging als gevolg van de bochtstromingseffecten in het Nauw van Bath kunnen zijn.

Bij de stroming door het Nauw van Bath ontstaat als gevolg van de verschillen in centripetale versnelling een radiale stroomsnelheidsverdeling, de zogenaamde spiraalstroom. Deze stroomsnelheidsverdeling kan worden uitgedrukt in de volgende formule [14]:

$$v_r(z) = b.h. (2z/h-1) \bar{u}/r \quad (4.14)$$

hierin is:

|           |                                        |       |
|-----------|----------------------------------------|-------|
| $v_r(z)$  | = radiale stroomsnelheid op hoogte $z$ | [m/s] |
| $h$       | = waterdiepte                          | [m]   |
| $z$       | = hoogte boven de bodem                | [m]   |
| $\bar{u}$ | = gemiddelde stroomsnelheid            | [m/s] |
| $r$       | = bochtstraal                          | [m]   |

Nabij de bodem ( $z=0$ ) geldt:  $v_z = -6h\bar{u}/r$

Nabij het oppervlak ( $z=h$ ) geldt:  $v_z = 6h\bar{u}/r$

behoort bij: nota                      WWKZ                      nr. 83.V002  
 datum:                      november 1983  
 bladnr:                      25

De straal van de rivierbocht in het Nauw van Bath bedraagt ca. 2000 m. Bij een gemiddelde diepte  $h$  van 13 m en een gemiddelde stroomsnelheid van 1 m/s bedraagt de maximum spiraalstroomsnelheid  $v_r \approx 0,04$  m/sec. De totale lengte van de bocht is ca. 4000 m (d.w.z. dat deze bocht bij  $u = 1$  m/sec in 4000 sec doorlopen wordt). Nadat de bocht is doorlopen, is een waterdeeltje aan bodem en oppervlak over ca.  $4000 * 0,04 = 160$  m in horizontale richting verplaatst.

Alleen door dit effect (doorstromen van het Nauw van Bath) zou een waterdeeltje in ca. 3 volledige getijden de overkant van de geul (breedte 1000 m) kunnen bereiken.

Wanneer daarnaast in beschouwing genomen wordt het verwachte effect op de menging door het stromingsbeeld bij de Zimmermangeul en het effect stroomopwaarts bij de vloodschaar van Ouden Doel dan mag aangenomen worden dat een lozing van het Zoommeer naar verwachting na 1 tot hoogstens 2 getijperioden volledig over het dwarsprofiel zal zijn opgemengd.

De hoofdconclusie die uit hoofdstuk 4 wordt getrokken is dat het effect van het Zoommeer op het Land van Saeftinge mag worden berekend met een ééndimensionaal getijgemiddeld verspreidingsmodel. Uit een analyse van de mogelijk optredende mengingsverschijnselen blijkt dat de menging van het geloosde water over het dwarsprofiel van de Schelde niet veel langer dan 1 getijperiode kan duren.

De benadering met het ééndimensionale model is dus een veilige aanname ten aanzien van het te berekenen effect op het Land van Saeftinge. Gezien de resultaten van de afschatting van de relevante verschijnselen is het schematiseren van een tweedimensionaal waterkwaliteitsmodel voor dit probleem niet zinvol.

behoort bij: nota                      WWKZ    nr.   83.V002  
 datum:           november 1983  
 bladnr:           26

5.     Effect lozing Zoommeer.

5.1.   Effect van één lozingsperiode.

Het grootste gedeelte van het geloosde water uit het Zoommeer kan in dezelfde getijperiode het Zuidergat niet bereiken (bijlage 4). Het merendeel van het water dat bij vloed het Land van Saeftinge binnendringt is echter wel afkomstig uit het Zuidergat (paragraaf 2.4). Slechts het water dat tussen 4 uur en 2 uur vóór H.W. Bath het Land van Saeftinge binnendringt zal Zoommeerwater kunnen bevatten. Het percentage Zoommeerwater in de Westerschelde is berekend uit de verhouding tussen het ebdebiet van het Nauw van Bath/Schaar van de Noord en het lozingsdebiet van de Bathse Spuisluis (bijlage 16). Bij deze berekening is er vanuit gegaan dat:

- a) De Bathse Spuisluis tijdens de getijperiode loost met alle spuimogelijkheden (getijgemiddeld  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ ), uitgaande van een Zoommeerpeil van N.A.P. en de gemiddelde getijkromme te Bath.
- b) Effecten van eerdere lozingsperiodes buiten beschouwing worden gelaten.
- c) Het geloosde water volledig over het dwarsprofiel van de rivier is opgemengd.

Op bijlage 7 zijn de gemiddelde percentages voor de tijdstappen van 2 uur gegeven.

Aan de hand van deze percentages is de maximale hoeveelheid Zoommeerwater berekend die (gemiddeld) per uur het Land van Saeftinge via het Speelmansgat, IJskelder en Hondegat binnenstroomt. Dit Zoommeerwater is geloosd tijdens de voorafgaande laagwaterperiode.

behoort bij: nota · WWKZ nr. 83.V002  
datum: november 1983  
bladnr: 27

Tabel 2.3.: Maximale hoeveelheid Zoommeerwater die gemiddeld per uur het Land van Saeftinge binnenstroomt (uitgaande van één lozingsperiode van de Bathse Spuisluis).

| tijdstap                                       | vloed-debiet<br>Land van<br>Saeftinge<br>in % | vloed-debiet<br>Land van<br>Saeftinge<br>in m <sup>3</sup> | percen-<br>tage<br>Zoommeer-<br>water<br>in % | hoeveelheid<br>Zoommeer-<br>water<br>in m <sup>3</sup> | hoeveelheid<br>overige<br>water<br>in m <sup>3</sup> |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 4 <sup>h</sup> tot 3 <sup>h</sup><br>vóór H.W. | 3                                             | 438.000                                                    | 4,5                                           | 19.710                                                 | 418.290                                              |
| 3 <sup>h</sup> tot 2 <sup>h</sup><br>vóór H.W. | 7                                             | 1.022.000                                                  | 2                                             | 20.440                                                 | 1.001.560                                            |
| 2 <sup>h</sup> tot 1 <sup>h</sup><br>vóór H.W. | 31                                            | 4.526.000                                                  | 0                                             |                                                        | 4.526.000                                            |
| 1 <sup>h</sup> tot tijd-<br>stip H.W.          | 54                                            | 7.884.000                                                  | 0                                             |                                                        | 7.884.000                                            |
| H.W. tot 1 <sup>h</sup><br>na H.W.             | 5                                             | 730.000                                                    | 0                                             |                                                        | 730.000                                              |
|                                                | 100                                           | 14.600.000                                                 |                                               | 40.150                                                 | 14.559.850                                           |

(0,28%) (99,72%)

Geconcludeerd kan worden dat het water dat bij vloed Saeftinge binnenstroomt maximaal\*) 0,3% Zoommeerwater bevat, afkomstig van de lozing in dezelfde getijperiode en bij volledige menging. Dit percentage geldt voor een lozingsdebiet van 100 m<sup>3</sup>/s en kan variëren afhankelijk van de grootte van de lozingsdebieten. Het effect bedraagt dus bij een zoutconcentratie van 10 kg/m<sup>3</sup> ca. 0,03 kg/m<sup>3</sup>. Het effect van lozingen in voorafgaande getijperioden is hierin niet opgenomen!

- 5.2. -

\*) maximaal betekent bij gebruik van alle spuinmogelijkheden van de Bathse Spuisluis

. 5.2. Effect van afvoerreeks (proefberekening).

Uit paragraaf 5.1. blijkt dat het effect van één lozingsperiode als gevolg van de grote verdunning zeer gering is. Dat wil niet zeggen dat het effect van een lange reeks van lozingsperioden gering is: het geloosde water blijft nog geruime tijd in de omgeving van het lozingsmiddel circuleren. Men dient dus rekening te houden met het gecumuleerde effect van een groot aantal voorafgegane lozingsperioden. Het in voorafgegane getijperioden geloosde water is uiteraard wél volledig gemengd over het dwarsprofiel.

Door de Projectgroep WAZOOM wordt o.a. studie verricht naar de afvoerreeks van het Zoommeer over de gefingeerde periode 1975 t/m 1980. Met de oude lozingsreeks volgens model C3-IV zijn proefberekeningen gemaakt voor de Westerschelde. Hiervoor is de Bathse Spuisluis als lozingspunt in het ééndimensionale rekenmodel VEDWAM opgenomen [7]. Het gesimuleerde verloop van de getijgemiddelde zoutgradiënt in vak 11 is o.a. gebaseerd op de aanname dat het Zoommeerwater volledig gemengd is met het Westerscheldewater (bijlage 12). In hoofdstuk 3 is vermeld dat de getijgemiddelde zoutconcentratie in vak 11 de zoutconcentratie benadert van het water dat het Land van Saeftinge overspoelt. De gemiddelde zoutconcentratie in vak 11 met lozing Zoommeer zou gedurende de periode 1971 - 1975 ca.  $7,5 \text{ kg/m}^3$  bedragen en de laagste concentratie  $1,8 \text{ kg/m}^3$ . De overschrijdingsfrequentie van de getijgemiddelde zoutconcentraties volgens de proefberekening is eveneens berekend (bijlage 13).

In tabel 5.1 zijn ter illustratie voor enkele overschrijdingspercentages van de zoutconcentratie de waarden vermeld voor de huidige situatie en de situatie met lozing Zoommeer (proefberekening).

behoort bij: nota                      WWKZ    nr. 83.V002  
 datum:           november 1983  
 bladnr:           29

Tabel 5.1.: Effect Zoommeer voor zoutconcentratie overspoelingswater  
 Land van Saeftinge - proefberekeningen [kg/m<sup>3</sup>].

| frequentie van de<br>zoutconcentratie | zonder Zoommeer | met Zoommeer |
|---------------------------------------|-----------------|--------------|
| gemiddeld                             | 10              | 7,5          |
| minimaal                              | 2,2             | 1,8          |
| minder dan 5% van de tijd             | 7,0             | 5,2          |
| minder dan 10% van de tijd            | 8,2             | 5,9          |
| minder dan 20% van de tijd            | 9,4             | 6,8          |
| minder dan 80% van de tijd            | 13,8            | 10,2         |
| minder dan 90% van de tijd            | 14,4            | 11,1         |
| minder dan 95% van de tijd            | 15,0            | 11,8         |

Uit de proefberekening volgt dat ten gevolge van de lozing van het Zoommeer de zoutconcentratie van het overspoelingswater aanmerkelijk zal dalen (gemiddeld 2,5 kg/m<sup>3</sup>).



6. Conclusies.

- 1) De getijweg van het Westerscheldewater in de omgeving van het Land van Saeftinge is ca. 20 km lang.
- 2) Het Land van Saeftinge wordt hoofdzakelijk overspoeld door Westerscheldewater, dat zich tijdens halftij bevindt in het Zuidergat nabij Baalhoek (bijlage 11).
- 3) Ca. 50% van de totale oppervlakte van het Land van Saeftinge wordt vrijwel dagelijks overspoeld.
- 4) Grove berekeningen geven aan dat de opmenging van zoet water, geloosd via de Bathse Spuisluis in de richting van het Land van Saeftinge zo intensief is dat het Land van Saeftinge alleen te maken krijgt met de invloed van volledig opgemengd zoet water.
- 5) Uit een analyse van de mengingsverschijnselen blijkt tevens dat de beïnvloeding van het Land van Saeftinge door de lozingen van het Zoommeer berekend kan worden met een ééndimensionaal waterkwaliteitsmodel (Vedwam).
- 6) Berekeningen met het Vedwam-model geven de mogelijkheid het effect van de zoetwaterlozing van het Zoommeer voor het chloridegehalte van het Land van Saeftinge te voorspellen. Volgens de proefberekening (gerekend met een voorlopige lozingsreeks) zou het chloridegehalte van het Land van Saeftinge ten gevolge van de zoetwaterlozingen van het Zoommeer met gemiddeld 2.5 kg/m<sup>3</sup> dalen.

behoort bij: nota                      WWKZ nr. 83.V002  
datum: november 1983  
bladnr: 31

Literatuuropgave

- [1] Stroomatlas Westerschelde.  
Gemiddelde stroom in de laag van 0 - 5 m beneden het wateroppervlak.  
Dienst der Hydrografie van de Koninklijke Marine 1981.
- [2] Ing. P. Roelse.  
De kentertijden op de Westerschelde.  
Studiedienst Vlissingen. Nota WWKZ-78.V012.
- [3] Dr. J.J. Dronkers en ir. J. van Malde.  
Nautische, waterloopkundige en rivierkundige aspecten van een door-  
steek door het Land van Saeftinge.  
Studiedienst Vlissingen. Nota 71.4.
- [4] Ir. E.H. Ebbens.  
De gevolgen van het lozen van het doorspoeldebiet van het Zoommeer  
op de zoutgehalten van de Westerschelde.  
Adviesdienst Vlissingen. Memo Vl. 77.10.
- [5] Ir. I. Coen en ir. J. Theuns.  
Tijdschrift der Openbare Werken in België.  
Ministerie van Openbare Werken 3 - 1972/1973.
- [6] Dr. J. Dronkers.  
Kwalitatieve interpretatie van zoutmetingen in de Oosterschelde  
bij constante zoetwateraanvoer op het Volkerak.  
Conceptnota DDWT-80.
- [7] Ir. J.W. Daamen en F.O.B. Lefèvre.  
Berekeningen naar het effect van verdiepingswerken en lozingen van  
het Zoommeer op chloridegehalten op de Westerschelde.  
Adviesdienst Vlissingen. Nota WWKZ-82.V009.

behoort bij: nota                      WWKZ    nr. 83.V002  
 datum:           november 1983  
 bladnr:           32

- [8] Coastal Engineering. Volume 1.  
 TH Delft 1976.
  
- [9] Lozingsmiddel Zoommeer.  
 Verificatie en aanpassing ontwerp.  
 Bepaling afvoer karakteristieken.  
 Rekenmodel spuisluis met vrije waterspiegel.  
 Waterloopkundig Laboratorium M1711/R1372, februari 1982.
  
- [10] Fischer, Hugo B. e.a.  
 Mixing in Inland and Coastal Waters.  
 Academic Press 1979.
  
- [11] Dr. J. Dronkers en ir. J.I.F. Zimmerman.  
 Principle of mixing in tidal basins in the Netherlands.  
 Deltadienst. Nota DDWT-82.015.
  
- [12] Toepasbaarheid ééndimensionaal model een literatuurstudie.  
 Waterloopkundig Laboratorium Delft.  
 Rapport M896-41, deel 1, juli 1982.
  
- [13] Zuurstofmodel Zoommeer tijdens ontzilting.  
 Verslag onderzoek R1318 april 1978.
  
- [14] Prof. ir. L. van Bendegom.  
 Rivieren en Rivierwerken F8.  
 Technische Hogeschool Delft, 1978.
  
- [15] Ir. J.G. de Ronde.  
 Grenspeilen 1981.0.  
 Bepaling van nieuwe grenspeilen voor de kuststations.  
 Conceptnota WW-WH 82.12 Rijkswaterstaat,  
 Directie Waterhuishouding en Waterbeweging.

Bijlagenlijst

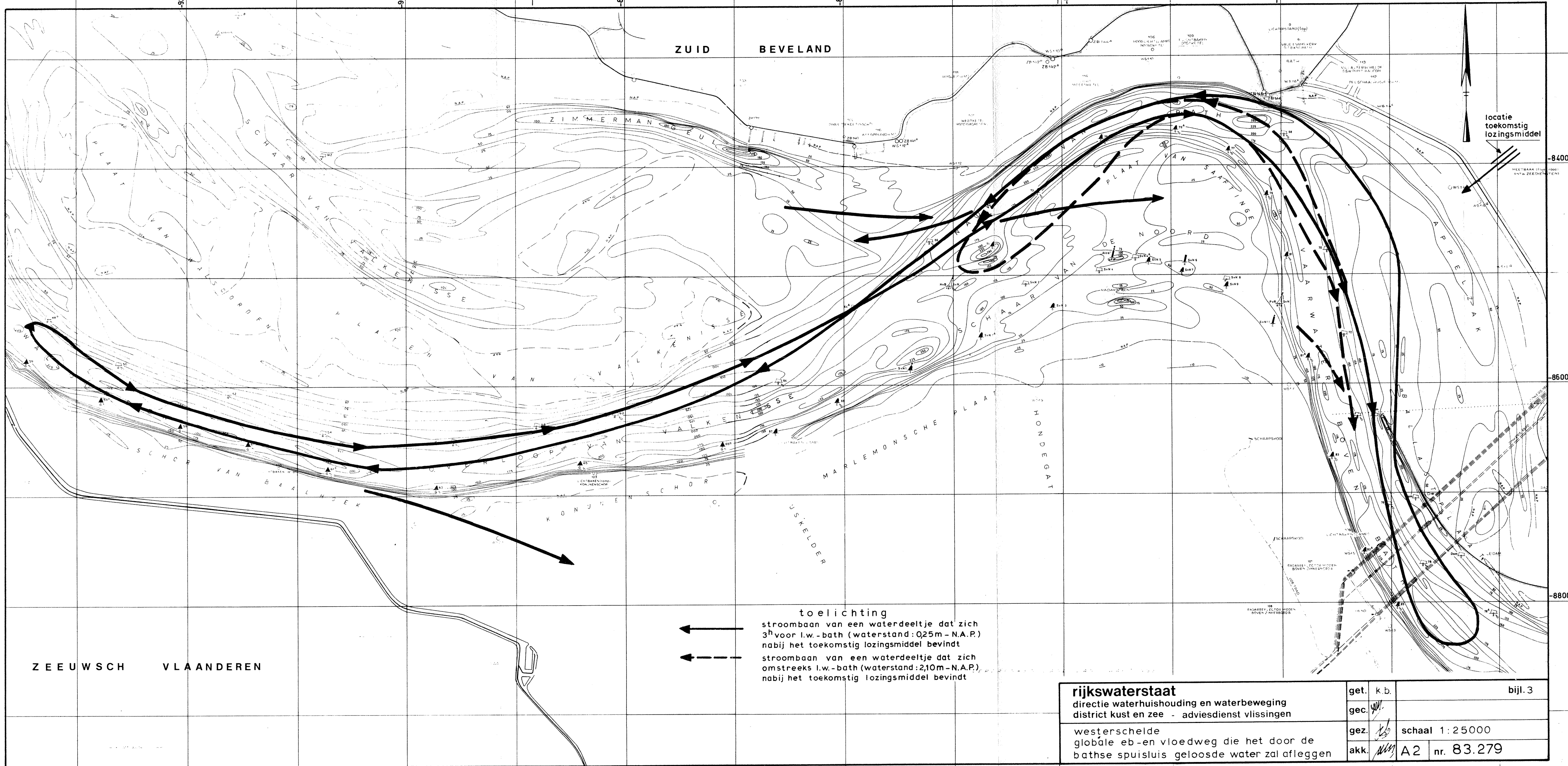
| bijlage<br>nr. | omschrijving                                                                                                                                       | tekening<br>nr. |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1              | Westerschelde, stroombeeld oostelijk deel over de waterlaag 0 tot 5 m - wateropp.                                                                  | A4-83.277       |
| 2              | Westerschelde, stroombeeld oostelijk deel over de waterlaag 0 tot 5 m - wateropp.                                                                  | A4-83.278       |
| 3              | Westerschelde, globale eb- en vloedweg die het door de Bathse spuisluis geloosde water zal afleggen.                                               | A2-83.279       |
| 4              | Westerschelde, weg die het geloosde water aflegt (schematisch weergegeven).                                                                        | A3-83.280       |
| 5              | Westerschelde, debietmetingen uitgevoerd d.d. 11 en 12 augustus 1971 en d.d. 11 en 12 juni 1980.                                                   | A4-83.281       |
| 6              | Westerschelde, debiet van resp. de Overloop van Valkenisse, de Zimmermangeul en Plaat van Valkenisse, het Speelmansgat, IJskelder en het Hondégat. | A4-83.282       |
| 7              | Westerschelde, vloeddebiet Land van Saeftinge met plaats van herkomst van het water tijdens de voorafgaande H.W.-stroomkentering.                  | A4-83.283       |
| 8              | Westerschelde, Verdrongen Land van Saeftinge, hoogte- en dieptekaart.                                                                              | A3-83.284       |

behoort bij: nota                      WWKZ    nr. 83.V002  
 datum:            november 1983  
 bladnr:            34

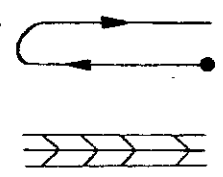
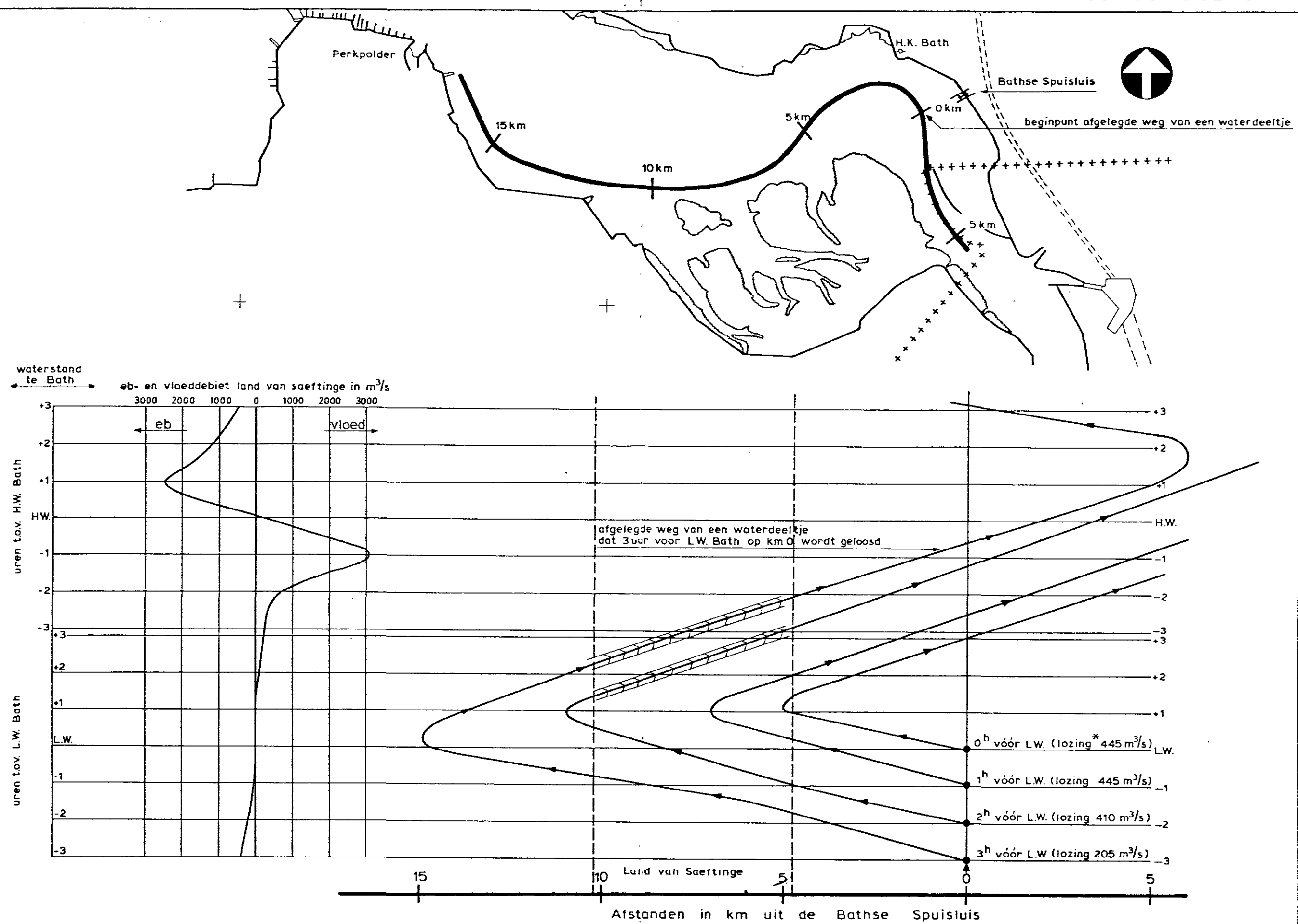
| bijlage<br>nr. | omschrijving                                                                                                                                    | tekening<br>nr. |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 9              | Westerschelde, overschrijdingslijnen hoogwater-stand Bath en Hansweert over de periode 1971 - 1980.                                             | A4-83.285       |
| 10             | Westerschelde, correlatie tussen halftij concentratie en getijgemiddelde zoutconcentratie boei 76.                                              | A4-83.286       |
| 11             | Westerschelde, procentuele verdeling vloeddebiet dat Land van Saeftinge binnenstroomt, locatie van het (binnenstromende) water tijdens halftij. | A4-83.287       |
| 12             | Westerschelde berekende getijgemiddelde zoutconcentraties in vak 11 over de periode 1971 - 1975.                                                | A3-83.288       |
| 13             | Westerschelde, onderschrijdingsfrequentie getijgemiddelde zoutconcentratie vak 10 en vak 11 volgens VEDWAM-resultaten periode 1971 - 1975.      | A4-83.289       |
| 14             | Westerschelde, onderschrijdingsfrequentie getijgemiddelde zoutconcentratie boeien SSVH, 4G(ZG) en 87(VbB) natuurmetingen 1971-1975 / 1971-1979. | A4-83.290       |
| 15             | De invloed van gelaagdheid op de turbulente uitwisselingscoëfficiënt van massa in verticale richting.                                           | A4-83.291       |
| 16             | Westerschelde, debiet van het Nauw van Bath, Schaar van de Noord en het lozingsdebiet van de Bathse Spuisluis.                                  | A4-83.292       |







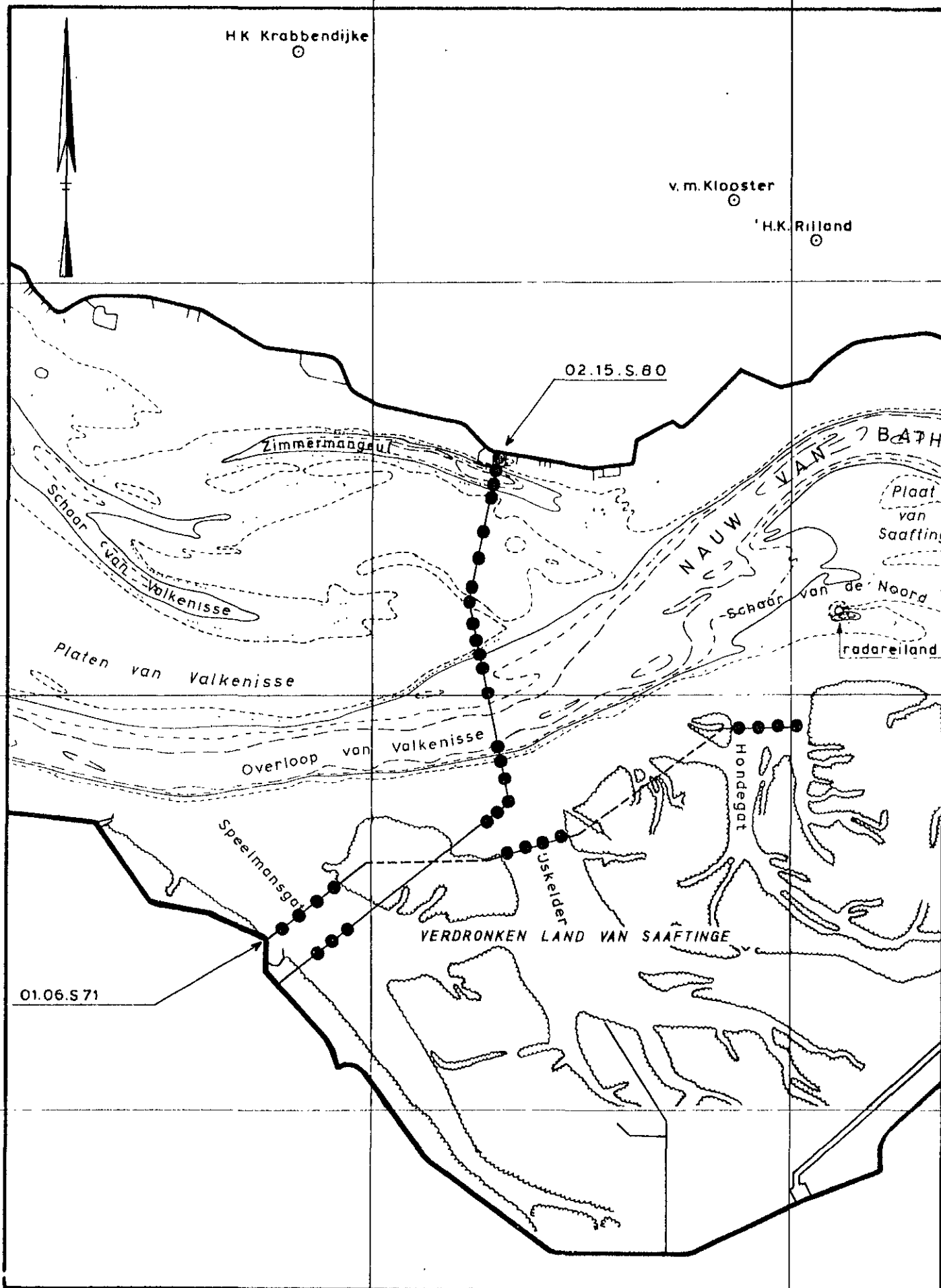




Weg die wordt afgelegd door een waterdeeltje geloosd op resp. 3<sup>h</sup>, 2<sup>h</sup>, 1<sup>h</sup> en 0<sup>h</sup> vóór L.W.-Bath t.p.v. de Bathse Spuisluis periode waarin het geloosde water het land van Saetfinge passeert en voor een deel binnendringt

\*) aangegeven is het lozingsdebiet i.g.v een getijgemiddelde lozing van 100 m<sup>3</sup>/s

|                                                                                                                         |  |      |      |        |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------|------|--------|------------|
| <b>rijkswaterstaat</b><br>directie waterhuishouding en waterbeweging<br>district kust en zee - adviesdienst vliissingen |  | get. | k.b. | bijl.4 |            |
| westerschelde<br>weg die het geloosde water aflegt<br>(schematisch weergegeven)                                         |  | gec. |      |        |            |
|                                                                                                                         |  | gez. |      | schaal |            |
|                                                                                                                         |  | akk. |      | A3     | nr. 83.280 |


**rijkswaterstaat**

directie waterhuishouding en waterbeweging  
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde

debietmetingen uitgevoerd

d.d. 11 en 12 aug. 1971 en d.d. 11 en 12 juni 1980

get. a.d.

gec. *HM*

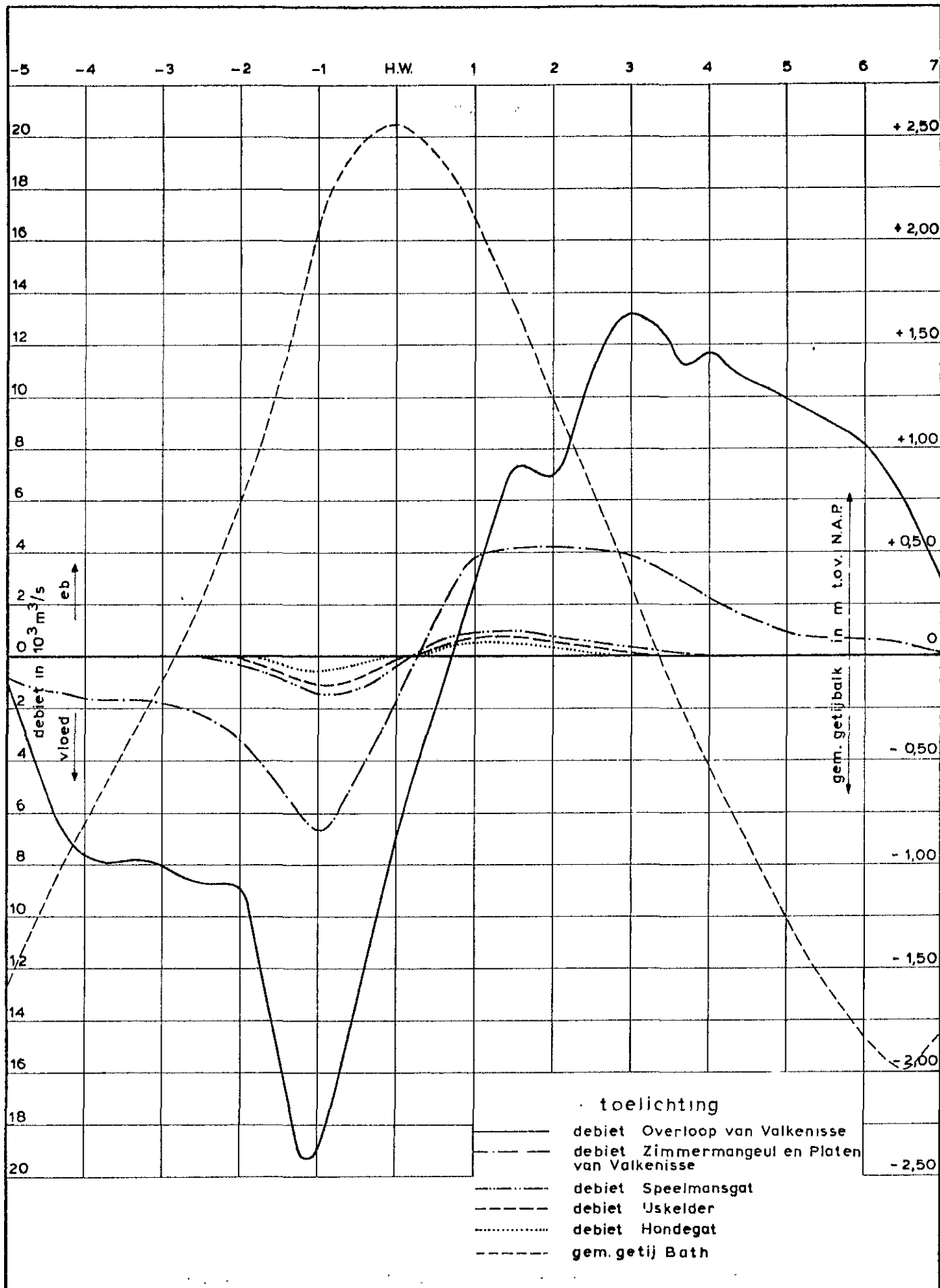
gez. *AF*

akk. *HM*

bijl. 5

schaal 1:50000

A4 nr. 83.281


**rijkswaterstaat**

directie waterhuishouding en waterbeweging  
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde debit van resp de overloop van  
valkenisse de zimmermangeul en pl.v.valkenisse  
het speelmansgat, ijskelder en het hondégat

get. k.b.

bijl. 6

gec.

gez.

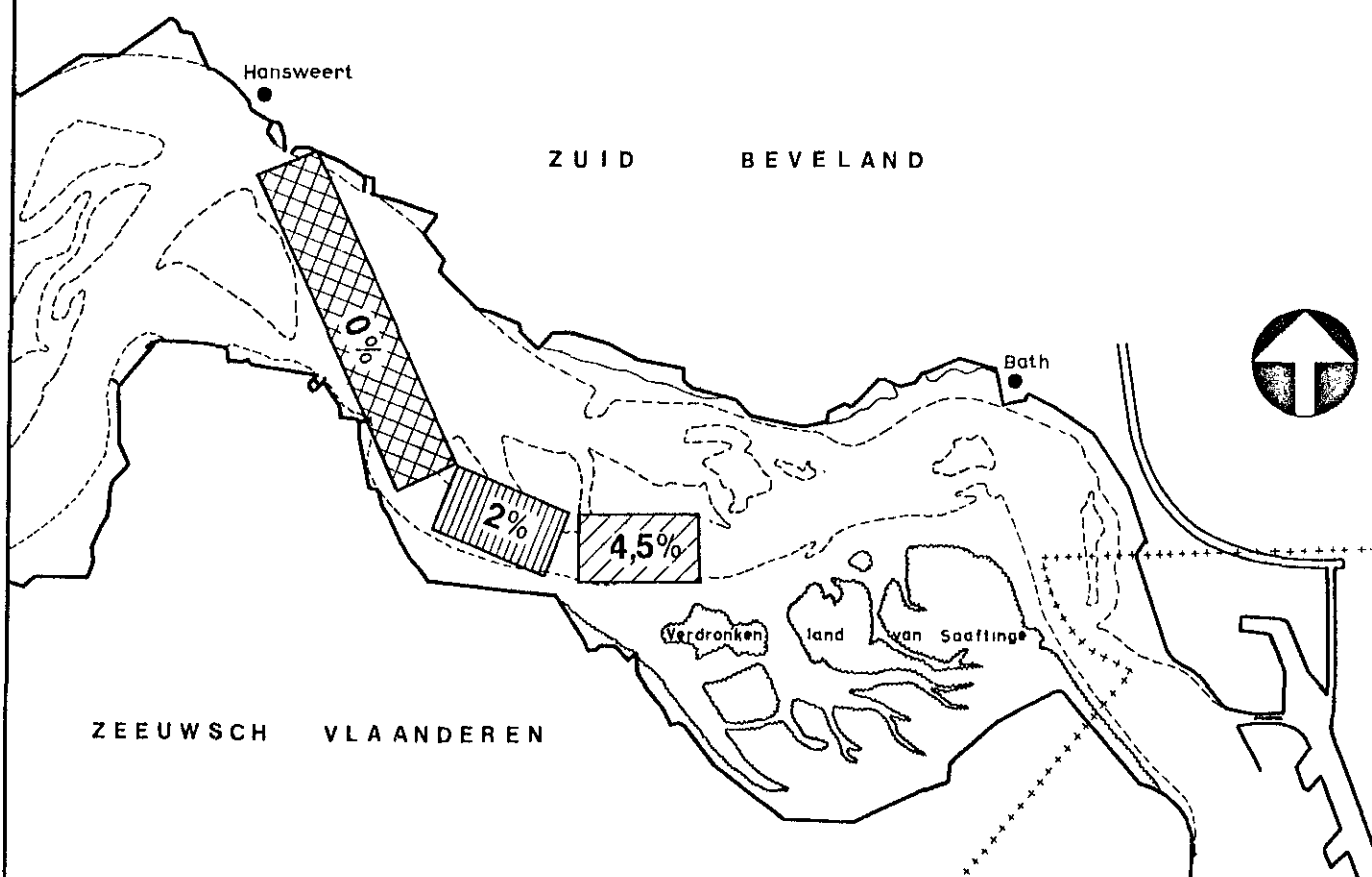
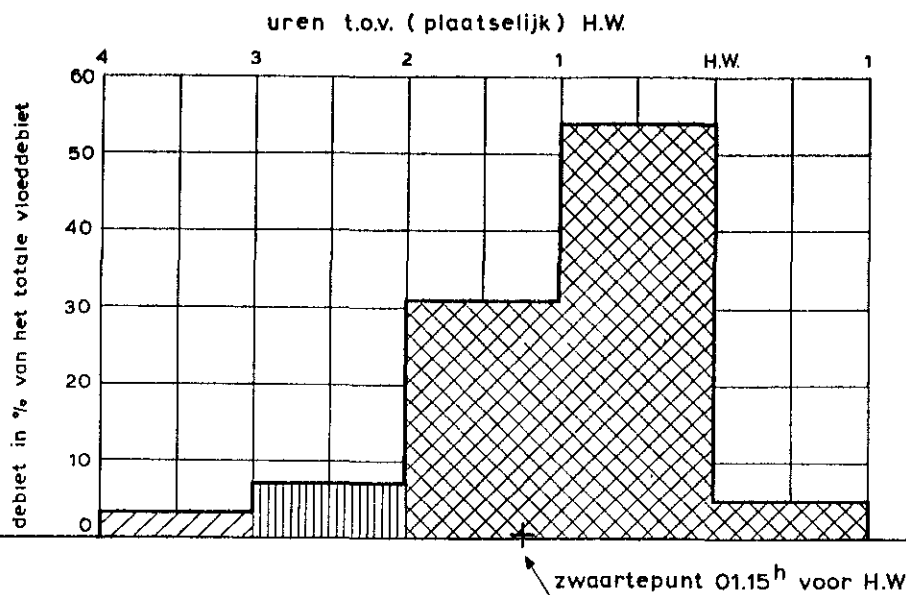
schaal

akk.

A4

nr. 83.282

procentuele verdeling vloeddebiet dat via het Speelmansgat,  
Uiskelder en Hondégat binnenstroomt in het land van Saftinge



4,5%

**Toelichting**  
Locatie van het water dat tussen 4<sup>h</sup> en 3<sup>h</sup>  
voor H.W. het land van Saftinge  
binnenstroomt  
percentage Zoommeerwater  
bedraagt 4,5%.

# rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging  
district kust en zee - adviesdienst vlissingen

westerschelde  
vloeddebiet land van saftinge met plaats van her-  
komst van het water tijdens de voorafgaande  
l.w. stroomkentering

get. k.b.

bijl. 7

gec. *[Handwritten signature]*

gez. *[Handwritten signature]*

schaal

akk. *[Handwritten signature]*

A4

nr. 83.283



# Toelichting

- gebied liggend boven N.A.P. + 2,5 m
- gebied liggend boven N.A.P. + 3 m

Verkleining van een kaart samengesteld door de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat in samenwerking met de Deltadienst afd. Milieuonderzoek. Opname luchtfoto's : K.L.M. Aerocarto d.d. juli 1979

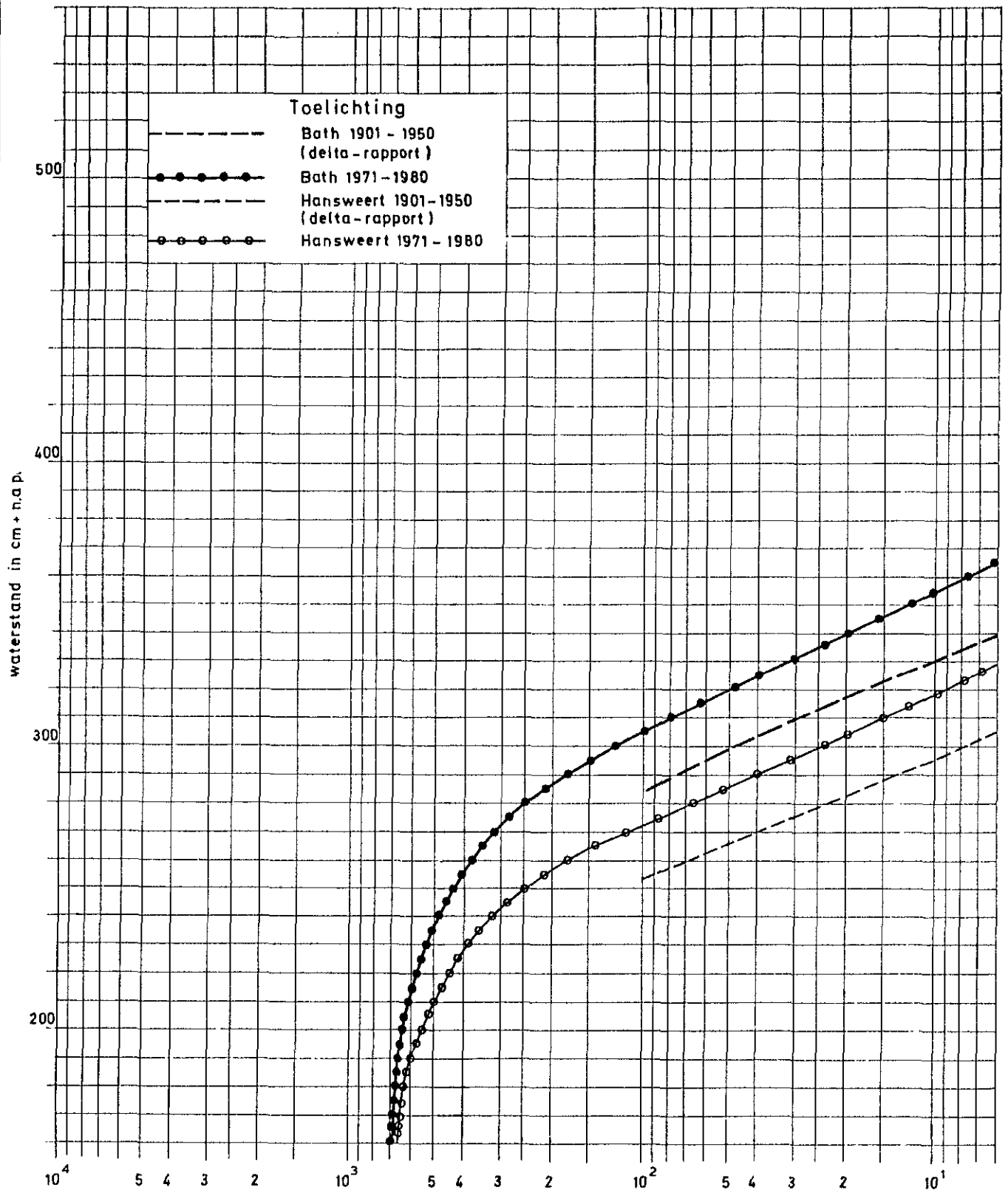
EMMADORP

## rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging  
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerscheide  
verdrongen land van soaftinge  
hoogte- en dieptekaart

|      |                      |                 |
|------|----------------------|-----------------|
| get. | k.b.                 | bijl. 8         |
| gec. | <i>[handwritten]</i> |                 |
| gez. | <i>[handwritten]</i> | schaal 1: 25000 |
| akk. | <i>[handwritten]</i> | A3 nr. 83.284   |

**rijkswaterstaat**directie waterhuishouding en waterbeweging  
district kust en zee - adviesdienst vliissingenwesterschelde  
overschrijdingslijnen hoogwaterstand bath en  
hansweert over de periode 1971 - 1980

get. k.b.

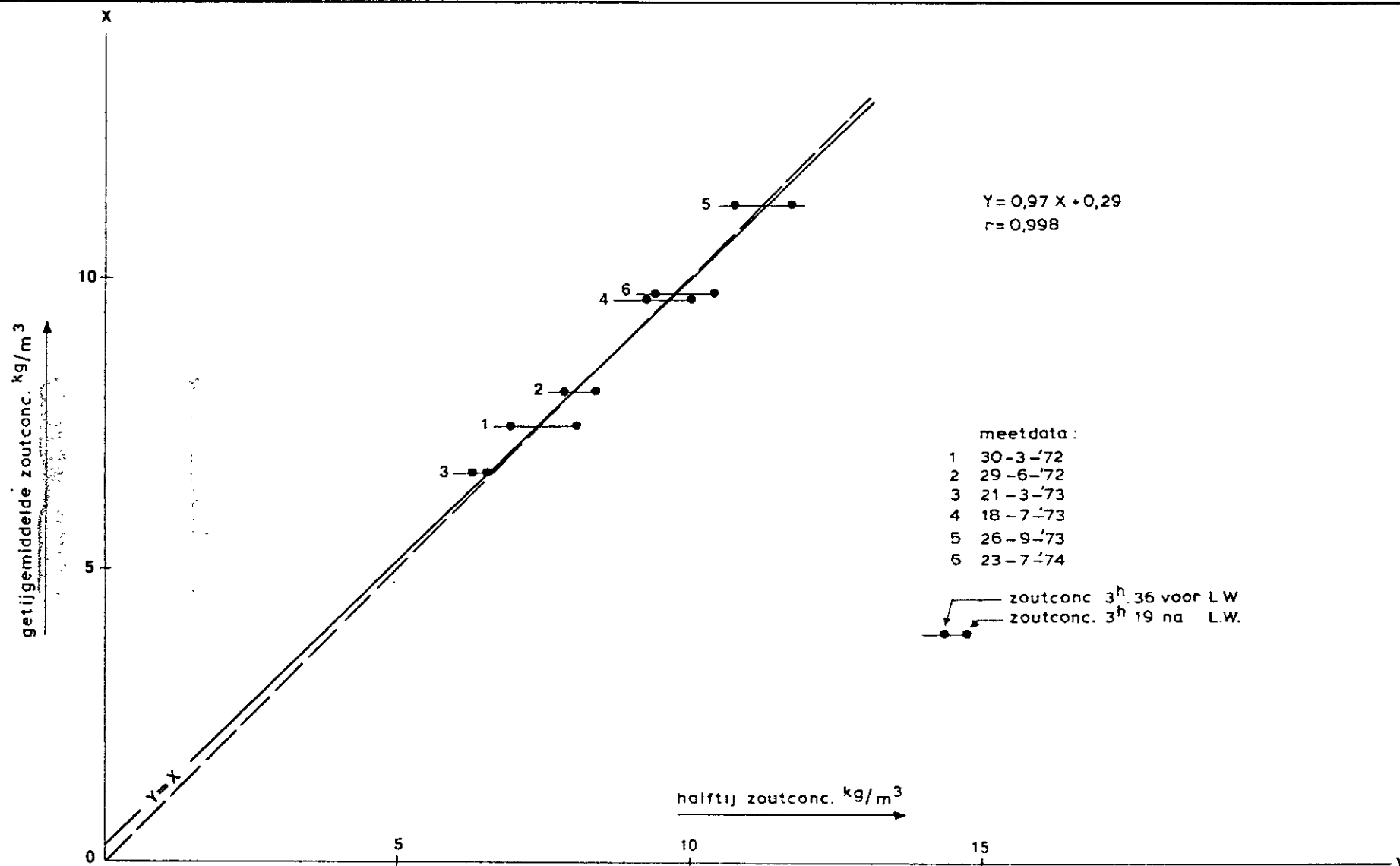
gez. *[Handwritten signature]*akk. *[Handwritten signature]*

bijl. 9

schaal

A4

nr. 83.285



# rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging  
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde

correlatie tussen halftij zoutconcentratie  
en getijgemiddelde zoutconcentratie boei 76

get. k.b

gec. *[handwritten signature]*

gez. *[handwritten signature]*

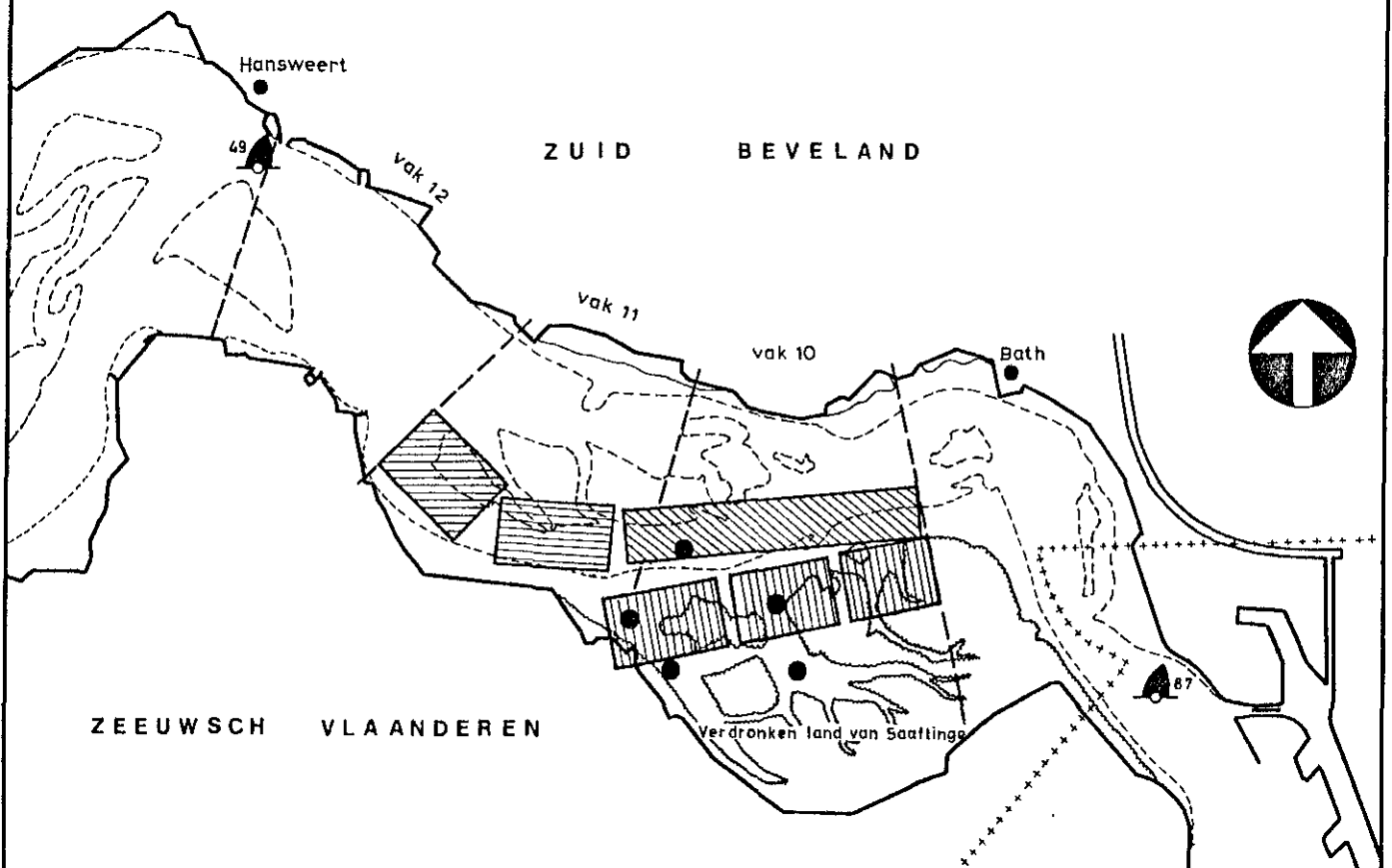
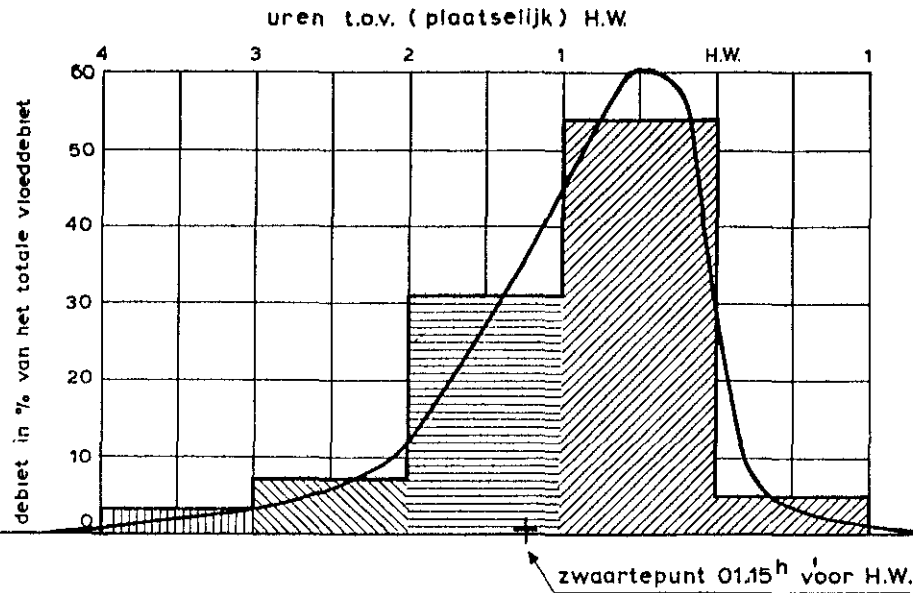
akk. *[handwritten signature]*

bijl.10

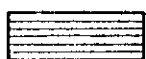
schaal

A4 nr. 83.286

procentuele verdeling vloeddebiet dat via het Speelmansgat,  
Ujkelder en Hondégat binnenstroomt in het land van Saftinge



# Toelichting



Locatie van het water dat tussen bv. 2<sup>h</sup> en 1<sup>h</sup>  
voor H.W. het land van Saftinge  
binnenstroomt tijdens half-tij  
boei



meetpunten d.d. 24-6-'82

## rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging  
district kust en zee - adviesdienst vlissingen

westerscheide  
procentuele verdeling vloeddebiet dat land van  
saftinge binnenstroomt, locatie van het ( binnen-  
stromende) water tijdens half-tij

get. k.b.

bijl. 11

gec.

gez.

schaal

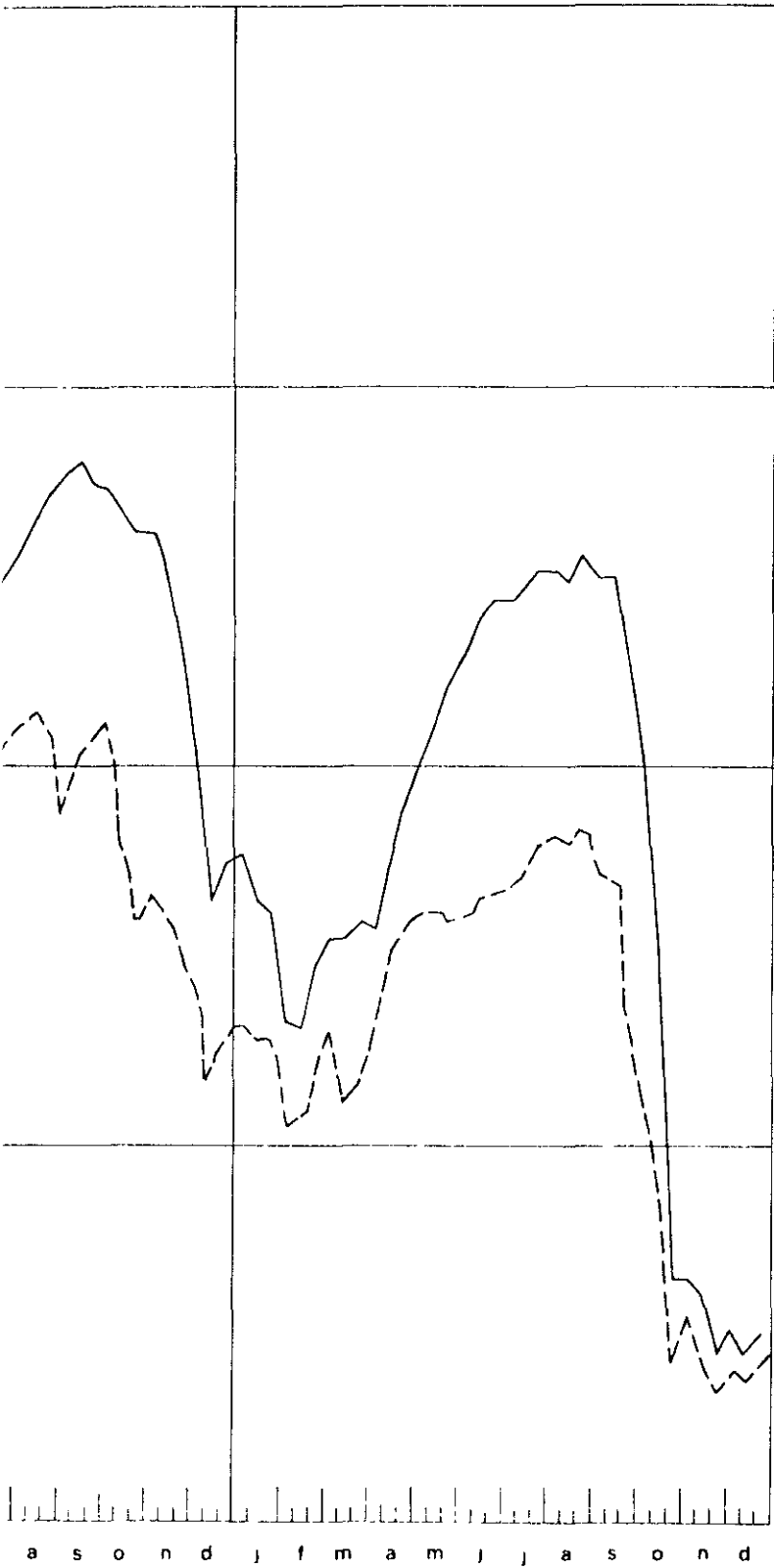
akk.

A4

nr. 83.287



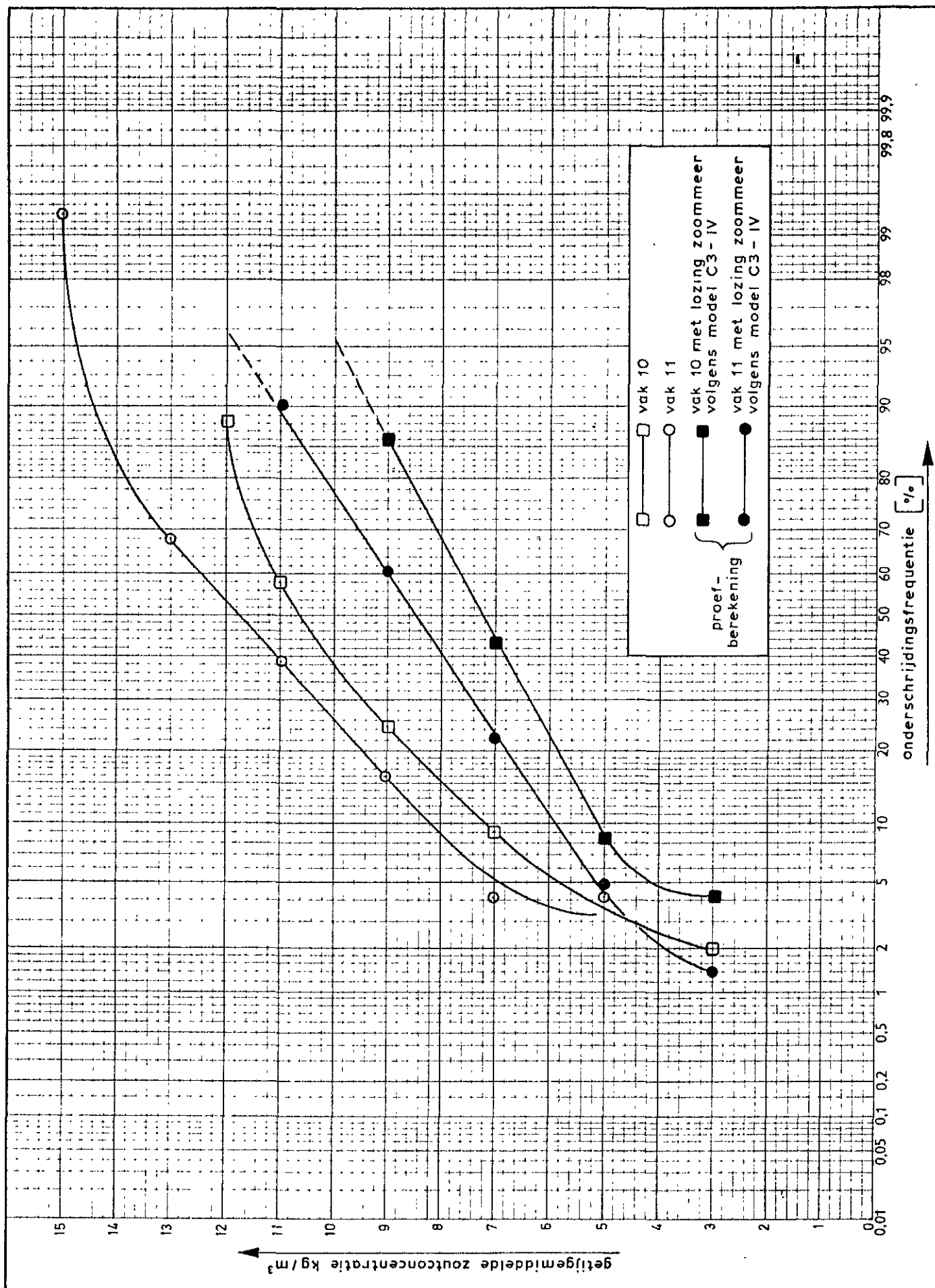
e 1971-1975



Toelichting  
 ————— zonder lozing Zoommeer  
 - - - - - met lozing Zoommeer volgens  
 mode: C-3 IV (proefbereke-  
 ning)

3  
 1974

|                                                                                                                                                                                                                               |      |                           |         |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------|---------|------------|
| <b>rijkswaterstaat</b><br>directie waterhuishouding en waterbeweging<br>district kust en zee - adviesdienst vliissingen<br>westerschelde<br>berekende getijgemiddelde zoutconcentratie<br>in vak 11 over de periode 1971-1975 | get. | k b.                      | bijl.12 |            |
|                                                                                                                                                                                                                               | gec. | <i>[handwritten mark]</i> |         |            |
|                                                                                                                                                                                                                               | gez. | <i>[handwritten mark]</i> | schâal  |            |
|                                                                                                                                                                                                                               | akk. | <i>[handwritten mark]</i> | A3      | nr. 83.288 |



# rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging  
district kust en zee - adviesdienst vllssingen

westerschelde - onderschrijdingsfrequentie  
getijgemiddelde zoutconcentratie vak 10 en 11  
volgens vedwam resultaten periode 1971 - 1975

get. l.p.

gec. *[signature]*

gez. *[signature]*

akk. *[signature]*

l.p.

*[signature]*

*[signature]*

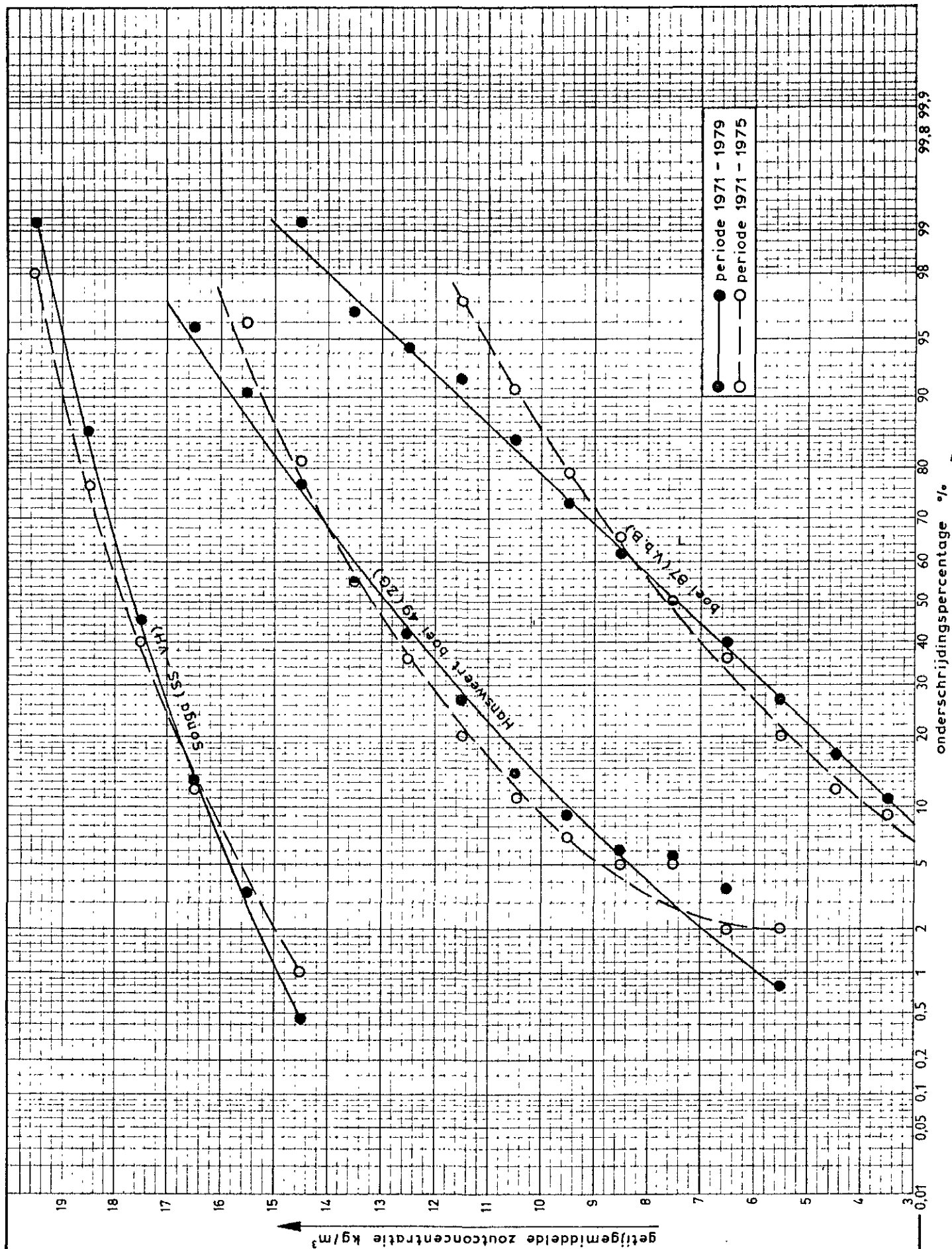
*[signature]*

bijl. 13

schaal

A 4

nr. 83.289


**rijkswaterstaat**

directie waterhuishouding en waterbeweging  
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - onderschrijdingsfrequentie  
getijgemiddelde zoutconcentratie boeien ss-vh,  
49(zg) en 87(v.b.b.) natuurmetingen '71-'75 / '71-'79

get. l.p

gec. *[handwritten signature]*

gez. *[handwritten signature]*

akk. *[handwritten signature]*

l.p

*[handwritten signature]*

*[handwritten signature]*

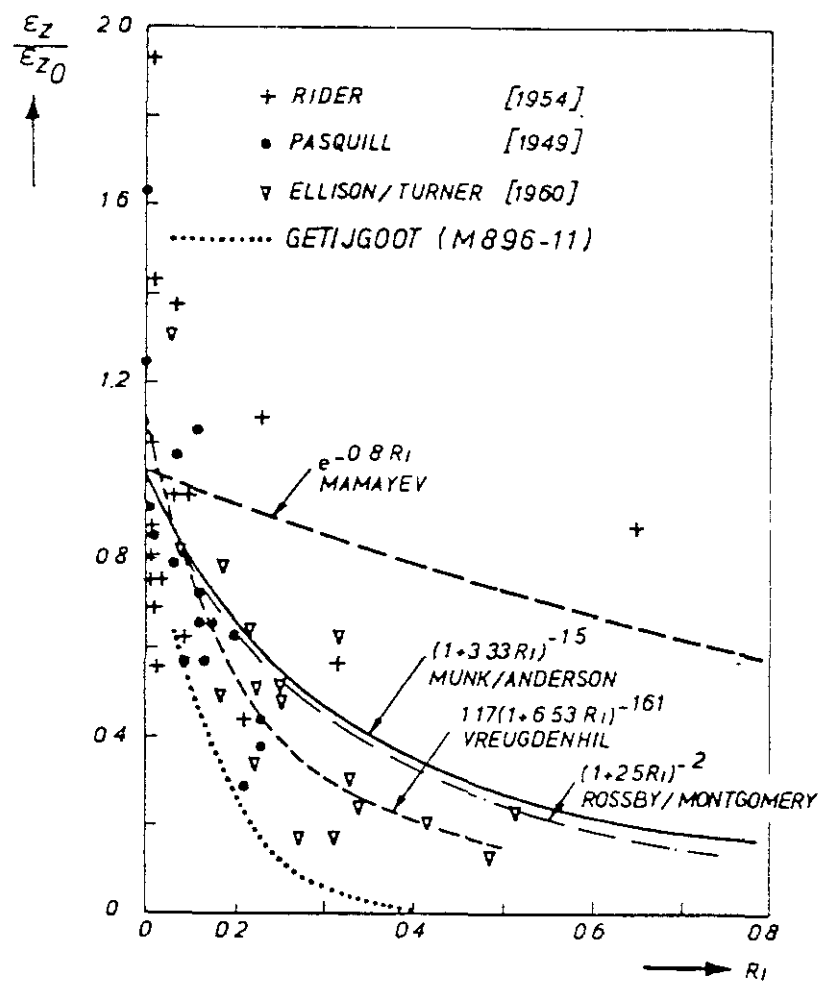
*[handwritten signature]*

bijl. 14

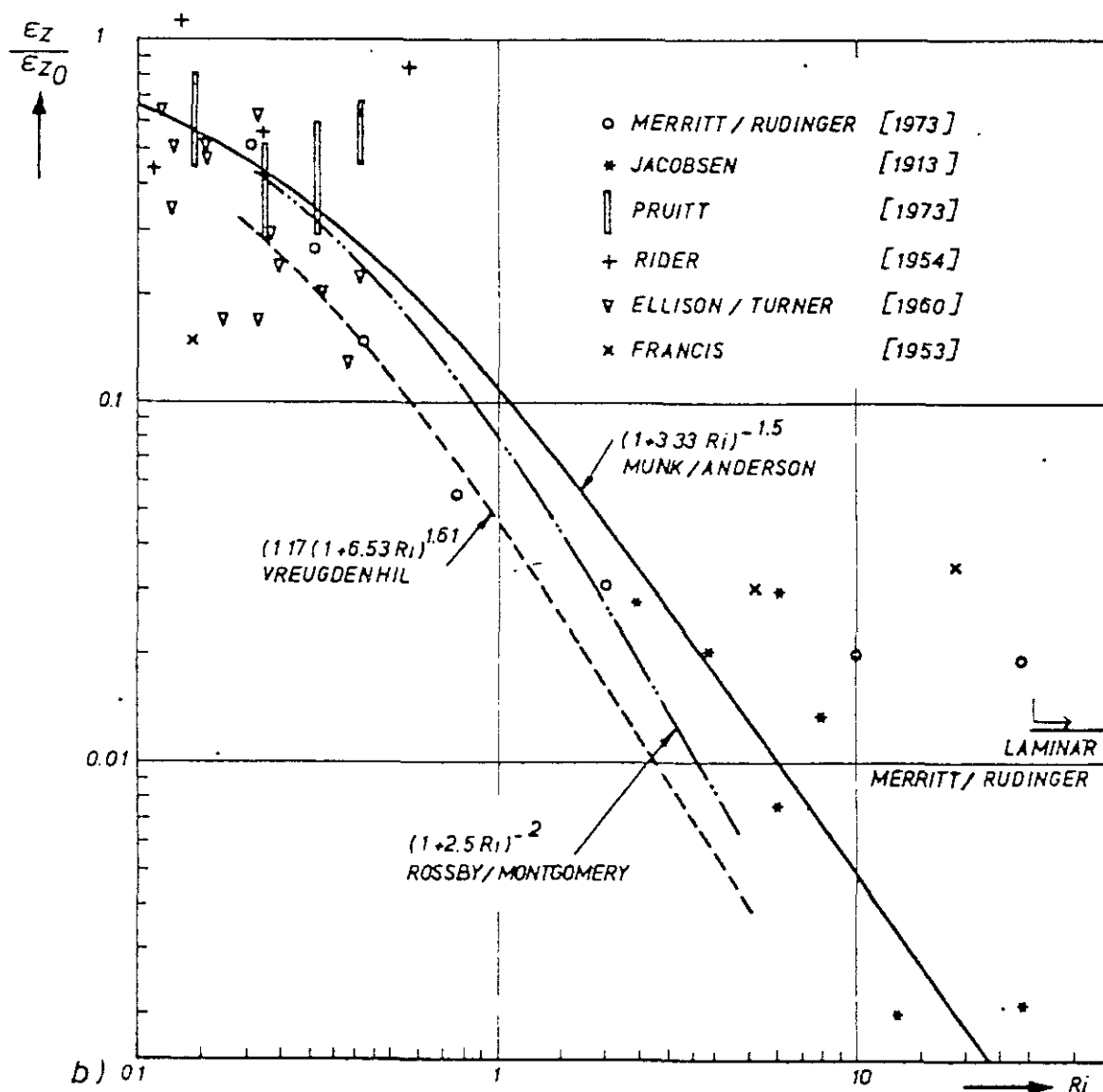
schaal

A4

nr. 83.290



a)



b)

toelichting:

$$Ri = \frac{g}{\rho} \frac{\partial \rho / \partial z}{(\partial u / \partial z)^2}$$

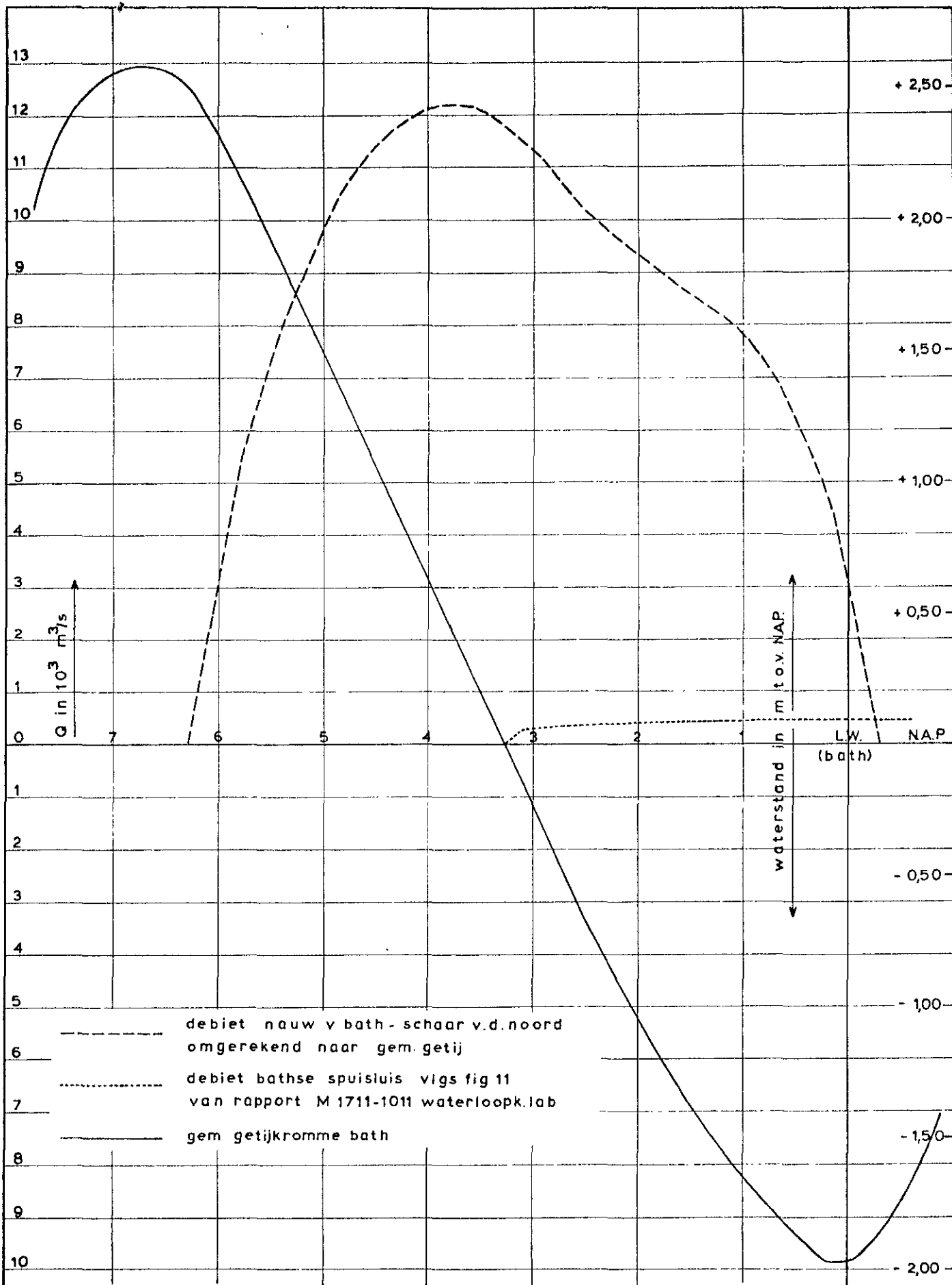
bron: WL nota M896-41 deel I

### rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging  
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

de invloed van gelaagdheid op de turbulente uitwisselingscoëfficiënt van massa in verticale richting

|      |                      |                |
|------|----------------------|----------------|
| get. |                      | bijl. 15       |
| gec. | <i>[handwritten]</i> |                |
| gez. | <i>[handwritten]</i> | schaal         |
| akk. | <i>[handwritten]</i> | A 4 nr. 83.291 |

**rijkswaterstaat**

directie waterhuishouding en waterbeweging  
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde

debiet van het nauw v bath-schaar v/d noord  
en het lozingsdebiet van de bathse spuisluis

get. a.d.

gec. *[handwritten signature]*

gez. *[handwritten signature]*

akk. *[handwritten signature]*

a.d.

*[handwritten signature]*

*[handwritten signature]*

bijl. 16

schaal

A 4

nr. 83.292