

bibliotheek
rijkswaterstaat
adviesdienst hoorn

no: C 2093

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee
adviesdienst vlissingen

nota WWKZ-82.V003

Onderzoek oppervlakte-
bemonstering slib in
de Westerschelde
periode '69 - '80.

projectcode									
V	8	1	0	5	P	2	5		

auteur(s): J.P. Swart

datum: mei 1982

bijlagen: 24

samenvatting: Het routinematig oppervlakte bemonsteringsprogramma, uitgevoerd met hulp van het Loodswezen en de Rijkshavendienst (thans D.G.S.M.), omvat de bemonstering van een 9-tal meetpunten, verdeeld over de Westerschelde en het mondingsgebied. Bij dit bemonsteringsprogramma worden aan het wateroppervlak de volgende gegevens ingewonnen: slibgehalte, watertemperatuur en golfhoogte. Deze tot maandgemiddelde verwerkte parameterwaarden met hieraan toegevoegd de afvoer van de Schelde en de windsnelheid, vormen de gegevens voor de berekeningen in deze nota.

In eerste instantie zijn de parameters in grafiek- en tabelvorm over de periode '69 - '80 gepresenteerd. Aan de hand van enkelvoudige en meervoudige correlatieberekeningen is naar het verband gezocht tussen de diverse parameters en het slibgehalte. Tevens is gekeken naar de invloed van eventuele tijds-effecten.

Het verband van het slibgehalte tussen de meetpunten onderling en de verhouding tussen het slibgehalte aan de oppervlakte en het gemiddelde in de verticaal zijn als laatste onderzocht.

Uit de berekeningen blijkt dat het maandgemiddeld slibgehalte aan het wateroppervlak statistisch het best gecorreleerd kan worden aan de watertemperatuur (correlatiecoëfficiënten tussen 0,68 en 0,83); de correlatie met de rivierafvoer is minder sterk. Bij meervoudige correlatieberekeningen van slibgehalte met watertemperatuur en afvoer stijgen de correlatiecoëfficiënten tot 0,74 à 0,84. Tussen de meetpunten onderling zijn de slibgehalten sterk gecorreleerd (correlatiecoëfficiënt 0,7 à 0,94).

Het waarnemingsmateriaal geeft aan dat in de meeste gevallen het slibgehalte aan het wateroppervlak ten opzichte van het gemiddeld slibgehalte in de verticaal in de winter hoger is dan in de zomer.

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V003
 datum: mei 1982
 bladnr: i

Inhoudsopgave

	<u>blz</u>
1. Inleiding.	1
1.1 Probleemstelling.	1
1.2 Indeling van het rapport.	2
2. Presentatie oppervlaktemetingen.	3
2.1 Slib.	3
2.2 Afvoer.	3
2.3 Maandgemiddelde golfhoogten.	4
2.4 Watertemperatuur en chloridegehalte als functie van de tijd.	4
3. Voortschrijdend gemiddelde van het slibgehalte.	5
4. Statistische verbanden.	6
4.1 Enkelvoudige correlaties tussen het gemiddeld slibgehalte en de overige parameters.	6
4.2 Meervoudige correlatie tussen het gemiddeld slibgehalte en de overige parameters.	7
4.2.1 Meervoudige correlatie zonder tijdseffecten.	7
4.2.2 Meervoudige correlatie met tijdseffecten.	8
4.2.3 Beschouwing van de regressieberekeningen.	9
4.3 Het verband tussen de gemiddelde slibgehal- ten in de meetpunten onderling.	11
5. Verband slibgehalte oppervlakte en gemiddeld in de verticaal.	13
6. Conclusies.	14
Literatuurlijst.	16
Appendix A.	17
Lijst van bijlagen.	20

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V003
datum: mei 1982
bladnr: 1

1. Inleiding.

1.1 Probleemstelling.

Het slibonderzoek in de Westerschelde en mondingsgebied houdt rechtstreeks verband met de advisering ten aanzien van:

- bochtafsnijding(en)
- aanslibbing van bekkens en havens
- aanslibbing van sleuven
- milieuproblematiek.

Een onderdeel van het slibonderzoek omvat het oppervlaktebemonsteringsprogramma. Hierbij zijn slibgehalte, chloridegehalte en watertemperatuur van aan de oppervlakte genomen watermonsters gemeten en golfhoogten geschat. De uitvoering van dit in 1969 gestarte routinematig bemonsteringsprogramma is mogelijk dankzij de medewerking van het Nederlands Loodswezen te Vlissingen en de Rijkshavendienst Westerschelde (thans D.G.S.M.). De bemonsteringsfrequentie varieert van enkele malen per week tot 1x per twee weken onder willekeurige getijomstandigheden. Hierbij worden de volgende meetpunten bemonsterd:

- a) Mondingsgebied Westerschelde:
 - meetpunt 1, Midden Steenbank boei
 - meetpunt 2, Oostgat boei 1
 - meetpunt 3, Rede te Vlissingen
- b) Westerschelde:
 - meetpunt 4, Breskensboei SS-VH
 - meetpunt 5, Pas van Terneuzen boei 10,
 - meetpunt 6, Gat van Ossenissee boei G.v.O.2
 - meetpunt 7, Zuidergat boei 49
 - meetpunt 8, Zuidergat boei 59a
 - meetpunt 9, Vaarwater boven Bath boei 76.

Op bijlage 1 is een overzicht van de meetpunten gegeven.

Om een mogelijke relatie te vinden tussen het slibgehalte aan de oppervlakte en het gemiddelde gehalte in de verticaal worden in de reeds genoemde meetpunten tevens regelmatig 13-uurs bemonsteringen in de verticaal uitgevoerd. Hierbij worden behalve slib- en chloridemetingen ook stroommetingen verricht.

In deze nota worden de resultaten van het onderzoek naar de relatie van het gemiddelde slibgehalte met de parameters watertemperatuur, afvoer, chloridegehalte, golfhoogte en windsnelheid vermeld.

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V003
datum: mei 1982
bladnr: 2

. 1.2 Indeling van het rapport.

In hoofdstuk 2 worden de meetgegevens over de periode 1969/1973 - 1980 gepresenteerd. In hoofdstuk 3 is gezocht naar een trend in het gemiddelde slibgehalte. In hoofdstuk 4 is het verband tussen het gemiddelde slibgehalte en de overige parameters en het verband van de gemiddelde slibgehalten tussen de meetpunten onderling vastgelegd. In hoofdstuk 5 is het verband tussen het slibgehalte aan de oppervlakte en gemiddeld in de verticaal aangegeven. Tenslotte worden in hoofdstuk 6 de belangrijkste bevindingen samengevat.

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V003
datum: mei 1982
bladnr: 3

2. Presentatie oppervlakte metingen.

In dit hoofdstuk wordt een presentatie van de slibgehalten, temperatuurwaarden, chloridegehalten en golfhoogten gegeven. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen het mondingsgebied (meetpunten 1 t/m 3) en de Westerschelde (meetpunten 4 t/m 9). Het basismateriaal voor deze presentatie bestaat uit gemiddelde waarden per maand van de bovengenoemde parameters.

2.1 Slib.

Onder slib wordt verstaan het materiaal $\leq 50 \mu m$. De oppervlakte monsters worden genomen met behulp van een puts of emmer, waaruit na goed roeren literflessen worden gevuld. In het laboratorium wordt de inhoud van de fles in een zogenaamde slibscheitoe-stel gegoten. In dit toestel bevindt zich bovenin een $50 \mu m$ zeefje en onderin filtreerpapier (gemiddeld $1 \mu m$) beide met bekend gewicht. Na doorgieten en doorspoelen met gedestilleerd water worden zeefje en filtreerpapier gedroogd (droogstoven bij $105^\circ C$ tot constant gewicht) en gewogen, waarmee de hoeveelheid zand (korreldiameter $> 50 \mu m$) en slib (diameter tussen $50 \mu m$ en $1 \mu m$) en dus de concentratie per liter bekend zijn.

Gemiddeld slibgehalte als functie van de tijd.

Op bijlage 2 en 3 zijn de maandgemiddelde slibgehalten als functie van de tijd per meetpunt uitgezet. Hierbij zijn duidelijk de seizoenvariatiën te onderscheiden. De tabel 1 op bijlage 4 geeft een overzicht van de maandgemiddelde slibgehalten van de meetpunten 1 t/m 9; in tabel 2 (bijlage 5) zijn de gemiddelde waarden per seizoen vermeld.

Gemiddeld slibgehalte als functie van de plaats.

De bijlagen 6 en 7 geven een overzicht van de gemiddelde slibgehalten als functie van de plaats over de periode 1969 - 1980/1973 - 1980, waarbij onderscheid in seizoenen is gemaakt. De seizoenen zijn onderverdeeld in de perioden april t/m september en oktober t/m maart. Duidelijk zijn de reeds eerder genoemde seizoenvariatiën te onderscheiden.

2.2 Afvoer.

Voor de afvoer is de maandgemiddelde afvoer van de rivier de Schelde te Schelle aangehouden [1]. Bijlage 8 toont duidelijk de seizoenvariatiën met hoge afvoeren in de winter en lage afvoeren in de zomer.

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V003
datum: mei 1982
bladnr: 4

. 2.3 Maandgemiddelde golfhoogten.

Tijdens de monsternamen wordt de golfhoogte ter plaatse geschat in eenheden van 0,5 m. De geschatte maandgemiddelde golfhoogten ter plaatse van de meetpunten zijn op bijlagen 9, 10 en 11 weergegeven. Seizoeninvloeden zijn niet groot, dit geldt in het bijzonder voor het oostelijk deel van de Westerschelde.

2.4 Watertemperatuur en chloridegehalte als functie van de tijd.

Op bijlage 12 en 13 zijn de maandgemiddelde watertemperatuur en chloridegegevens als functie van de tijd in één grafiek weergegeven. Tabel 4 en 5 op bijlagen 14 en 15 geven de gemiddelde waarden over de gehele periode.

De gemiddelde watertemperatuur over de meetpunten is vrij constant met duidelijke seizoenvariaties. Voor het gemiddelde chloridegehalte geldt: hoe verder het meetpunt zich oostwaarts bevindt, des te lager het gemiddelde gehalte is; ook wordt hier de seizoeninvloed merkbaar. Een verklaring hiervoor is de seizoenafhankelijke afvoer van de rivier de Schelde, die het gemiddelde chloridegehalte beïnvloedt.

3. Voortschrijdend gemiddelde van het slibgehalte.

Een methode om het verloop in een tijdreeks te verduidelijken, is het bepalen van het voortschrijdend gemiddelde. Om seizoen-variatiën te elimineren is met jaargemiddelde waarden gewerkt. Op bijlage 16 is het 3-jaarlijks voortschrijdend gemiddelde van het slibgehalte getekend. Uit bijlage 16 blijkt het volgende:

Mondingsgebied (mp 1 t/m 3)

De volgende perioden zijn te onderscheiden¹⁾:

- 1970 - 1972 daling gemiddeld slibgehalte
- 1972 - 1975 constant gemiddeld slibgehalte
- 1975 - 1976 stijging gemiddeld slibgehalte
- 1976 - 1979 constant gemiddeld slibgehalte

Westerschelde (mp 4 t/m 9)

De volgende perioden zijn te onderscheiden:

- meetpunt 4
 - 1974 - 1976 daling gemiddeld slibgehalte
 - 1976 - 1979 stijging gemiddeld slibgehalte
- meetpunt 5, 6, 7 en 8
 - 1974 - 1979 stijging gemiddeld slibgehalte
(respectievelijk 10, 5, 10 en 10 mg/l)
- meetpunt 9
 - 1974 - 1975 stijging gemiddeld slibgehalte
 - 1975 - 1977 daling gemiddeld slibgehalte
 - 1977 - 1979 stijging gemiddeld slibgehalte

¹⁾ In hoeverre de gevonden stijgingen en dalingen een significante trend aangeven is niet verder onderzocht.

4. Statistische verbanden.

Met behulp van het programmapakket SPSS [2] dat op de Univac computer beschikbaar is, zijn een aantal berekeningen uitgevoerd om de verbanden tussen de gemeten parameters te onderzoeken.

De correlatieberekeningen in het programmapakket van SPSS beperken zich tot lineaire relaties. Om naar vermoeden niet lineaire relaties te correleren is bij een aantal berekeningen een functieparameter ingevoerd.

Uitgangspunt voor de in de berekeningen gebruikte parameterwaarden, zijn de maandgemiddelden van de oppervlaktetellingen over de periode 1969 - 1980.

Voor de correlatieberekeningen is aan deze parameters de maandgemiddelde windsnelheid toegevoegd; hiervoor zijn de gegevens van het K.N.M.I. station Vlissingen gebruikt.

4.1 Enkelvoudige correlaties tussen het gemiddeld slibgehalte en de overige parameters.

Door middel van correlatieberekeningen (Pearson) is het enkelvoudig verband tussen het gemiddelde slibgehalte en de overige parameters zowel lineair als niet lineair onderzocht.

Voor de afvoer van de rivier de Schelde zijn 3 parameters gehanteerd n.l. de gemiddelde afvoer (Q), de natuurlijke logaritme van Q ($\ln Q$) en de gemiddelde afvoer van de vorige maand (Q1). Op bijlage 18 zijn de berekende correlatiecoëfficiënten in tabel 6 weergegeven. Uit tabel 6 volgt ten aanzien van de relaties:

Slib-watertemperatuur.

Tussen het gemiddelde slibgehalte en de watertemperatuur bestaat een relatief hoge correlatie (correlatiecoëfficiënt tussen -0,67 en -0,83).

Slib-afvoer.

Van de drie verbanden van het slibgehalte met Q, respectievelijk $\ln Q$ en Q1 geeft, zoals blijkt uit bijlage 18, het verband tussen het gemiddelde slibgehalte en de natuurlijke logaritme van de afvoer de hoogste correlatie (correlatiecoëfficiënt tussen 0,49 en 0,64). Ook in memo 75.10 [3] werd opgemerkt dat bij debieten $> 90 \text{ m}^3/\text{sec}$. het gemiddelde slibgehalte nauwelijks toeneemt. Op grond hiervan is in het verdere onderzoek als parameter voor de afvoer steeds zowel de parameter Q als $\ln Q$ in beschouwing genomen.

- Slib-chloride -

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V003
 datum: mei 1982
 bladnr: 7

Slib-chloride.

Het verband tussen gemiddeld slibgehalte en chloridegehalte is voor de meetpunten 1 t/m 5 zeer gering (correlatiecoëfficiënt tussen 0.0483 en -0.3352). De correlatiecoëfficiënten voor de meetpunten 6 t/m 9 lopen op van -0.4366 tot -0.6056. Het verband wordt sterker naarmate het meetpunt meer oostwaarts ligt.

Slib-golfhoogte.

De meetpunten 1 en 2 vertonen een beter verband dan de overige meetpunten (correlatiecoëfficiënt meetpunten 1 en 2 respectievelijk 0.5388 en 0.4035, meetpunten 3 t/m 9 tussen -0.0591 en 0.2786). Dit laatste geeft aan dat er duidelijk geen verband is tussen het gemiddelde slibgehalte en de gemiddelde locale golf in de Westerschelde. De hogere correlatiecoëfficiënten van de meetpunten 1 en 2 kunnen duiden op opwerveling in het buitengebied. Opgemerkt wordt dat gewerkt is met maandgemiddelden van geschatte golfhoogten. Wanneer met gemeten dagwaarden zou zijn gewerkt, zou vermoedelijk een hogere correlatie met de gemeten dagwaarden van de slibgehalten zijn gevonden.

Slib-windsnelheid.

De correlatiecoëfficiënten van de meetpunten 1 t/m 3 zijn hoger dan voor de andere meetpunten (respectievelijk 0.4762, 0.4842 en 0.4295). Overigens is, daar de correlatiecoëfficiënten laag zijn, geen duidelijk verband af te leiden. Gesteld kan worden dat de windgegevens van het meetstation Vlissingen geen goede correlatie vertonen met de slibgehalten in de Westerschelde; dit alles op basis van maandgemiddelden.

4.2 Meervoudige correlatie tussen het gemiddeld slibgehalte en de overige parameters.

4.2.1 Meervoudige correlatie zonder tijdseffecten.

Uit hoofdstuk 4.1 blijkt een redelijke correlatie tussen het maandgemiddelde slibgehalte aan het wateroppervlak en de parameters watertemperatuur, afvoer en chloride.

Allereerst is nagegaan in hoeverre deze correlaties verbeterd zouden kunnen worden met behulp van meervoudige regressie. Tabel 7 op bijlage 19 geeft de correlatiecoëfficiënten die bij deze meervoudige regressieberekeningen werden gevonden; het blijkt dat de correlatiecoëfficiënten toenemen tot maximaal 0,70 à 0,82.

Daarna is met behulp van partiële correlatieberekeningen nagegaan in hoeverre de parameters afvoer, temperatuur en chloridegehalte elkaar onderling beïnvloeden. De belangrijkste partiële

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V003
 datum: mei 1982
 bladnr: 8

correlatiecoëfficiënten zijn vermeld in tabel 8 op bijlage 19. Ter toelichting zij vermeld dat de partiële correlatiecoëfficiënt de simultane kansverdeling van twee variabelen geeft, na eliminatie van de invloed van andere parameters (de controlerende variabelen genoemd). Dat wil zeggen dat de partiële correlatiecoëfficiënt een maat is voor de verbetering die men in de totale correlatie kan verkrijgen door het betrekken van een extra variabele nadat reeds een aantal variabelen (de controlerende variabelen) in de regressievergelijking is opgenomen (zie Appendix A).

Uit tabel 8 (bijlage 19) blijkt het volgende:

- De relatie slibgehalte - chloridegehalte wordt in zeer sterke mate beïnvloed door de afvoer ($\ln Q$) en de watertemperatuur (T). Uit kolom 1 en 2 blijken zeer lage partiële correlatiecoëfficiënten.
- De relatie slibgehalte - watertemperatuur wordt in relatief geringe mate beïnvloed door de parameters afvoer ($\ln Q$) en chloridegehalte (Cl^-) (kolom 3 en 4).
- De relatie slibgehalte - afvoer wordt duidelijk beïnvloed door de watertemperatuur (kolom 5).

Op grond hiervan is geconcludeerd dat de parameter chloridegehalte in ieder geval geen onafhankelijk verklarende variabele is voor het slibgehalte. De lage partiële correlatiecoëfficiënt tussen slibgehalte en afvoer (bijlage 19, tabel 8, kolom 5) wijst naar een conclusie dat er een statistisch verband zou bestaan tussen slibgehalte en watertemperatuur, en dat de afvoer in dat verband een ondergeschikte rol speelt. De vraag is of er ook in werkelijkheid een fysisch verband zou kunnen bestaan tussen slibgehalte en watertemperatuur (zie ook hoofdstuk 4.2.3). Mede om deze reden is in de verdere analyse zowel de watertemperatuur als de afvoer als onafhankelijk verklarende variabele meegenomen.

4.2.2 Meervoudige correlatie met tijdseffecten.

Uit eerdere studies is bekend dat het chloridegehalte op een bepaalde plaats en tijd in de Westerschelde niet alleen door de afvoer op het betreffende tijdstip, maar ook door de afvoeren in de voorafgaande periode beïnvloed worden [5]. Nagegaan is of dit voor het slibgehalte ook het geval was, en in hoeverre hiermede een verbetering van de correlatiecoëfficiënten bereikt zou worden.

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V003
datum: mei 1982
bladnr: 9

Hiertoe zijn meervoudige regressieberekeningen uitgevoerd met als onafhankelijke variabelen de watertemperatuur en de afvoer volgens de volgende basisformules:

$$S_i(x) = S_0(x) + \sum_{k=0}^n \beta_k(x) Q_{i-k} \quad (1)$$

$$S_i(x) = S_0(x) + \alpha(x) T_i(x) + \sum_{k=0}^n \beta_k(x) Q_{i-k} \quad (2)$$

Hierin is:

$S_i(x)$ = slibgehalte op plaats x in maand i
 $S_0(x)$ = constante
 $\alpha(x)$ en $\beta_k(x)$ = regressieparameters op plaats x
k = "geheugen" van het systeem in maanden
(k is maximaal 3 genomen, d.w.z. n = 3)
 Q_{i-k} = afvoer Schelde in maand (i-k)

Uit de berekeningen bleek al snel dat er nauwelijks verschil was tussen de uitkomsten bij toepassen van de parameter Q en bij toepassen van $\ln Q$. Gepresenteerd zijn daarom alleen de uitkomsten van de zuiver lineaire regressie met de parameter Q.

De berekeningsresultaten zijn gepresenteerd op bijlage 20, tabel 9 en tabel 10. Duidelijk blijkt dat door het inbrengen van een "geheugen" van totaal 4 maanden een wezenlijke verbetering van de correlatiecoëfficiënten bereikt wordt.

4.2.3 Beschouwing van de regressieberekeningen.

Uit de correlatieberekeningen blijkt dat er geen significant verband bestaat tussen de maandgemiddelde slibgehalten en de parameters maandgemiddelde golfhoogte en maandgemiddelde windsnelheid. Tevens blijkt dat het chloridegehalte geen onafhankelijk verklarende variabele is voor het slibgehalte.

Het verband tussen slibgehalte en afvoer wordt in sterke mate beïnvloed door de watertemperatuur; daarnaast blijkt bij de enkelvoudige correlatieberekeningen dat het verband slibgehalte-

- watertemperatuur -

watertemperatuur de hoogste correlatiecoëfficiënt heeft (bijlage 18). Ook blijkt dat de meervoudige regressie tussen slibgehalte, temperatuur en afvoer nauwelijks betere correlatiecoëfficiënten geeft dan de enkelvoudige regressie tussen slibgehalte en temperatuur (bijlage 21, tabel 11, kolom 1 en 2).

Dit alles wijst op een statistisch verband tussen het gemiddeld slibgehalte aan het wateroppervlak en de plaatselijke gemiddelde temperatuur.

Het is moeilijk een fysische verklaring voor dit statistisch verband te vinden. In het kader van deze verslaglegging is niet expliciet gezocht naar een verklaring, doch wordt volstaan met enige kanttekeningen:

- Een mogelijke verklaring kan zijn gelegen in invloed van de viscositeit op de bezinksnelheid van zwevend slib. De valsnelheid van een bolvormig deeltje in water is omgekeerd evenredig met de kinematische viscositeit. In het temperatuurgebied van 0-20°C wijzigt de kinematische viscositeit van 1,79 tot $1,01 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, dat wil zeggen dat de valsnelheid bij 0°C ca. 75% lager is dan bij 20°C.
- In verband daarmee staat wellicht het verschijnsel dat de verticaalmetingen (hoofdstuk 5) erop wijzen dat de vorm van de concentratieverticaal van het slibgehalte in de zomer anders is dan in de winter. De beschikbare gegevens doen vermoeden dat in het algemeen in de zomer een sterkere verticale gradiënt in de slibconcentratie aanwezig is dan in de winter. Gezien het feit dat de behandelde slibwaarnemingen uit oppervlaktewaarnemingen bestaan kan hier wellicht een deel van de verklaring voor de temperatuursafhankelijkheid uit volgen.
- Indien er een fysische verklaring voor het gevonden verband tussen temperatuur en slibgehalte zou bestaan, dan zou de gevonden trend in het slibgehalte (bijlage 15) in het trendmatig verloop van de temperatuur terug moeten keren. Het meerjarig gemiddelde van de gemeten oppervlakte-watertemperaturen is op bijlage 17 weergegeven. Vergelijking van de bijlagen 16 en 17 geeft inderdaad een aanwijzing dat het verloop van de gemiddelde watertemperatuur een trend heeft die tegengesteld is aan de trend in het gemiddeld slibgehalte (de correlatie slib-temperatuur is negatief). Uit deze bijlagen blijkt in ieder geval niet dat een fysisch verband onwaarschijnlijk zou zijn.

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V003
datum: mei 1982
bladnr: 11

Op grond van de gevonden correlatiecoëfficiënten is geconcludeerd dat het maandgemiddeld slibgehalte aan de oppervlakte in eerste orde beschreven kan worden door de plaatselijk aanwezige watertemperatuur (bijlage 22, tabel 12). Een verbetering van de voorspelling van het slibgehalte ontstaat bij het in beschouwing nemen van de afvoer over de drie voorafgaande maanden. De relaties die hierbij voor elk punt gelden zijn vermeld op bijlage 22, tabel 13).

In tabel 13 valt op dat de waarden van de coëfficiënten $\beta_k(x)$ moeilijk van een fysische verklaring zijn te voorzien. Allereerst is het voorkomen van negatieve waarden voor β in het kader van een oorzaak-gevolg beschouwing onwaarschijnlijk: dit zou betekenen dat als gevolg van hogere afvoeren lagere slibgehalten optreden. Ook verder is in de waarden van de coëfficiënten $\beta_k(x)$ weinig systeem te ontdekken. Dit geeft helaas wel aan dat de statistische verbanden van tabel 13, ondanks de bevredigende correlatiecoëfficiënten, zeker nog geen antwoord geven op de vraag naar de oorzaak van de variaties in het slibgehalte op de Westerschelde.

Tenslotte dient ten aanzien van de lage correlatie met golfhoogte en windsnelheid nog het volgende vermeld. Op basis van waarnemingen tijdens en na stormachtige perioden zou men een hoge correlatie tussen golven/windsnelheid en slibgehalte verwachten. Het waarnemingsmateriaal bestaat echter uit maandgemiddelde waarden en de daarbij geldende lage correlatiecoëfficiënten wijzen er op dat het effect van stormen op het slibgehalte van zeer tijdelijke aard zijn, dat wil zeggen dat het bij storm opgewervelde slib weer spoedig bezinkt. Vermoedelijk zal men veel hogere correlaties tussen slibgehalte en golven/windsnelheid vinden wanneer niet met maandgemiddelden, doch met dagwaarden gewerkt zou worden.

4.3 Het verband tussen de gemiddelde slibgehalten in de meetpunten onderling.

Ook het verband tussen de slibgehalten in de verschillende meetpunten is nagegaan. De berekende correlatiecoëfficiënten zijn in tabel 14 op bijlage 23 weergegeven. De correlatiecoëfficiënten variëren tussen 0,65 en 0,93.

Tevens is nagegaan of er een relatie aanwezig was in het slibgehalte op een bepaald punt en de slibgehalten van stroomopwaarts gelegen punten in de voorafgaande maanden. De hierbij gevonden correlatiecoëfficiënten waren veel lager dan de bovengenoemde.

behoort bij: nota

WWKZ nr. 82.V003

datum: mei 1982

bladnr: 12

Uit tabel 14 valt op dat het verband tussen de meetpunten 3-4 en 4-5 minder sterk is. De oorzaak hiervan is dat de meetpunten 3 en 4 respectievelijk worden beïnvloed door het bankengebied en de geulen langs het Oostgat en het bankengebied langs de Wielingen.

De hier gepresenteerde gegevens zullen in een later stadium worden gebruikt bij het beantwoorden van de vraag of en op welke wijze het bemonsteringsprogramma voortgezet zal worden; het aantal meetpunten kan wellicht verminderen.

5. Verband slibgehalte oppervlakte en gemiddeld in de verticaal.

In de periode 1969 - 1980 zijn de meetpunten 1 t/m 9 een aantal 13-uurs verticaal metingen verricht. Aan de hand van deze metingen is de verhouding tussen het slibgehalte aan het wateroppervlak en het gemiddelde slibgehalte in de verticaal bepaald.

Hierbij is, gezien de resultaten van eerder onderzoek [4] onderscheid gemaakt naar seizoen en naar getijfase (eb of vloed).

De resultaten zijn vermeld op bijlage 24 in tabel 16; daar waar onvoldoende gegevens beschikbaar waren is geen verhoudingsgetal bepaald.

Uit tabel 16 blijkt dat de verhouding slibgehalte oppervlak/gemiddeld slibgehalte in de winter meestal hoger is dan in de zomer. Dit zou betekenen dat de verticale gradiënt in het slibgehalte in de zomer een steiler verloop heeft dan in de winter. Dit zou mede een oorzaak kunnen zijn van de gevonden correlatie tussen temperatuur en oppervlakte-slibgehalte.

Om na te gaan of de verhouding slibgehalte oppervlak/gemiddeld slibgehalte in winter en zomer inderdaad significant verschilt zijn de gegevens van tabel 16 met behulp van de u-toets voor populatiegemiddelden met bekende variantie onderzocht. In de tabel is aangegeven in welke gevallen tot een significant verschil tussen de verhoudingsgetallen in zomer en winter kon worden besloten¹⁾. Van de 7 gevallen waarin een significant verschil is geconstateerd zijn 6 gevallen met een hoger verhoudingsgetal in de winter, hetgeen enige bevestiging geeft van de verwachting dat de correlatie oppervlakte slibgehalte - watertemperatuur deels veroorzaakt kan worden door het verschil in de vorm van de slibverticaal in zomer en winter.

¹⁾ Nulhypothese: geen significant verschil van de steekproefgemiddelden.

$$\text{Toetsingsgrootte: } u = \frac{(m_A - m_B)}{\sigma_A^2/n_A - \sigma_B^2/n_B}$$

m_A en m_B = steekproefgemiddelden
 σ_A^2 en σ_B^2 = steekproefvariantie
 n_A en n_B = steekproefomvang

Betrouwbaarheid: $\alpha = 0,05$, tweezijdig. H_0 wordt verworpen als $u \geq 1,96$.

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V003
datum: mei 1982
bladnr: 14

6. Conclusies.

- 1) Het maandgemiddelde slibgehalte aan het wateroppervlak is in de Westerschelde duidelijk seizoenafhankelijk, met hogere gehalten in de winter en lagere in de zomer.
- 2) De trend in het verloop van het gemiddelde slibgehalte per meetpunt is:
 - Meetpunt 1 t/m 4 (1969/1973 t/m 1980). Hierbij is geen duidelijke trend te onderscheiden, het gemiddelde gehalte is aan schommelingen onderhevig (voor overzicht meetpunten zie bijlage 1).
 - Meetpunt 5 t/m 8 (1973 t/m 1980). Hierbij is een duidelijke stijging van het gemiddelde slibgehalte te constateren (tussen de 1 en 2 mg/l per jaar).
 - Meetpunt 9 (1973 t/m 1980). Hierbij is na een dalende lijn een lichte stijging te constateren.De significantie van deze trends is niet nagegaan.
- 3) Uit de correlatieberekening volgt:
 - de lineaire correlatie tussen slibgehalte en watertemperatuur is hoog (correlatiecoëfficiënt tussen -0.68 en -0.83);
 - het verband slib/chloride wordt door de afvoer van de rivier de Schelde beïnvloed;
 - het verband slib/golfhoogte en slib/windsnelheid is te verwaarlozen (indien men maandgemiddelden beschouwt);
 - de hoogste correlatiecoëfficiënten worden bereikt bij de meervoudige correlatie van het slibgehalte, de variabele watertemperatuur en de afvoer van de beschouwde maand en de voorafgaande 3 maanden (correlatiecoëfficiënten tussen 0,74 en 0,85).
- 4) De correlatie tussen de gemiddelde slibgehalten van de meetpunten onderling is groot (correlatiecoëfficiënt tussen 0,70 en 0,93).
- 5) De verhouding tussen het slibgehalte aan het wateroppervlak en het gemiddeld slibgehalte in de verticaal is in de winter anders dan in de zomer. In de meeste beschouwde gevallen is het slibgehalte aan het wateroppervlak in de winter relatief hoger dan in de zomer.
- 6) Het gevonden statistisch verband tussen het slibgehalte aan de oppervlakte en de plaatselijke watertemperatuur is beschreven in de tabel 12 van bijlage 22.

rijkswaterstaat

behoort bij: nota

WWKZ nr. 82.V003

datum: mei 1982

bladnr: 15

- 7) Het gevonden statistisch verband tussen het slibgehalte aan de oppervlakte, de plaatselijke watertemperatuur en de afvoer van de rivier de Schelde te Schelle is beschreven in tabel 13 van bijlage 22.
- 8) Opgemerkt wordt dat de bovengenoemde conclusies (met uitzondering van punt 5) gelden voor de maandgemiddelde waarden van de beschouwde parameters.

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V003
datum: mei 1982
bladnr: 16

Literatuurlijst

- [1] Antwerpse Zeediensten.
Debieten van het Scheldebekken (tiendaagse gemiddelden).
Ministerie van Openbare Werken, Bestuur der Waterwegen.
- [2] Nie, Hull, Jenkins, Steinbrenner en Bent.
Statistical Package for the Social Sciences (manual
second edition).
- [3] Ir. W.Th.J.N.P. Bakker.
Het huidige slibgehalte en slibtransport in het ooste-
lijk deel van de Westerschelde (tweede bericht).
Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging,
Studiedienst Vlissingen, Memo Vl. 75.10.
- [4] Ir. E.P. Kooiker.
Het slibgehalte in het oostelijk deel van de Westerschelde.
Eerste bericht.
Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging,
Studiedienst Vlissingen, Memo Vl. 75.2.
- [5] Ir. M. Meulenberg.
De zoutgehalten in de Westerschelde en het mondingsgebied
en de veranderingen ervan ten gevolge van de Deltawerken.
Eerste bericht.
Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging,
Studiedienst Vlissingen, Nota 74.2.

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V003
datum: mei 1982
bladnr: 17

APPENDIX A

De partiële correlatiecoëfficiënt.

Stel een afhankelijke variabele Y (slib) en twee onafhankelijke variabelen X_1 (temperatuur) en X_2 (afvoer).

Allereerst wordt de lineaire enkelvoudige regressie van Y en X_1 , bepaald (Pearson correlatie). De uitkomst is:

$$Y_{c1} = a_1 + b_1 X_1 \quad (1)$$

met een determinatiecoëfficiënt (d.i. het kwadraat van de correlatiecoëfficiënt r):

$$r_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{c1i} - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (2)$$

verklaring:

$\bar{Y}$ = gemiddelde van alle waarden Y
 Y_{c1} = berekende waarden van Y volgens de vergelijking
 $Y_{c1} = a_1 + b_1 X_1$
 Y_i = gemeten Y-waarden
n = aantal waarnemingen ($i = 1 \dots n$)

De determinatiecoëfficiënt geeft de verhouding weer van het deel van het totale residu dat wordt verklaard door de regressie, tot het totaal residu $\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$.

Dit is te zien in de volgende formules in combinatie met (2):

$$\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{c1i})^2 + \sum_{i=1}^n (Y_{c1i} - \bar{Y})^2 \quad (3)$$

totaal residu = onverklaard deel residu + verklaard deel residu

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V003
datum: mei 1982
bladnr: 18

De determinatiecoëfficiënt r_1^2 , is op te vatten als volgt:

$$r_1^2 = \frac{\text{verklaarde deel van het residu door de relatie } Y_{c1} = a_1 + b_1 X_1}{\text{totaal residu}}$$

Teneinde een verbetering in de gevonden regressie te bereiken wordt nu de tweede onafhankelijke variabele X_2 in beschouwing genomen in de multiple regressievergelijking:

$$Y_{c12} = a_2 + b_2 X_1 + c_2 X_2 \quad (4)$$

de determinatiecoëfficiënt is:

$$r_{12}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{c12i} - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (5)$$

de multiple correlatiecoëfficiënt is:

$$\sqrt{r_{12}^2}$$

De verbetering in de verklaring van Y door inbreng van de tweede variabele X_2 is gelijk aan:

$$\sum_{i=1}^n (Y_{c12i} - \bar{Y})^2 - \sum_{i=1}^n (Y_{c1i} - \bar{Y})^2 \quad (6)$$

De verbetering in de verklaring van Y door inbreng van de tweede variabele X_2 is ook uit te drukken in relatieve zin ten opzichte van het residu dat na inbreng van X_1 nog moet worden verklaard.

De variabele X_1 wordt in dit verband aangeduid met de term "controleerende variabele". Dit nog te verklaren deel van het residu bedraagt:

$$\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 - \sum_{i=1}^n (Y_{c1i} - \bar{Y})^2$$

Dit wordt tot uitdrukking gebracht in de partiële determinatie coëfficiënt:

$$- r_{1.2}^2 -$$

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V003
 datum: mei 1982
 bladnr: 19

$$r_{1.2}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{c12i} - \bar{Y})^2 - \sum_{i=1}^n (Y_{c1i} - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 - \sum_{i=1}^n (Y_{c1i} - \bar{Y})^2} \quad (7)$$

in woorden:

$$r_{1.2}^2 = \frac{\begin{array}{l} \text{verklaarde deel residu} \\ \text{door multiple regressie} \end{array} - \begin{array}{l} \text{verklaarde deel residu} \\ \text{door enkelvoudige regressie} \end{array}}{\begin{array}{l} \text{totaal residu} \end{array} - \begin{array}{l} \text{verklaarde deel van het} \\ \text{residu door enkelvoudige} \\ \text{regressie} \end{array}}$$

De partiële correlatiecoëfficiënt $r_{1.2}$ geeft zodoende een aanwijzing over de verbetering in de verklaring van Y welke door de inbreng van de variabele X_2 wordt verkregen.

Lijst van bijlagen

Bijlage nr.	Omschrijving	Tekening nr.
1	Situatie meetpunten.	A1-82.41
2	Maandgemiddelde slibgehalten als functie van de tijd.	A1-82.42
3	Maandgemiddelde slibgehalten als functie van de tijd.	A1-82.43
4	Maandgemiddelde slibgehalten, tabel 1.	
5	Seizoengemiddelde slibgehalten, tabel 2.	
6	Seizoengemiddelde slibgehalten als functie van de plaats.	A1-82.44
7	Seizoengemiddelde slibgehalten als functie van de plaats.	A1-82.45
8	Maandgemiddelde afvoer te Schelle.	A1-82.46
9	Maandgemiddelde golfhoogten, tabel 3.	
10	Maandgemiddelde golfhoogten als functie van de tijd.	A1-82.47
11	Maandgemiddelde golfhoogten als functie van de tijd.	A1-82.48
12	Maandgemiddelde watertemperatuur als functie van de tijd.	A1-82.50
13	Maandgemiddelde watertemperatuur als functie van de tijd.	
14	Maandgemiddelde watertemperatuur, tabel 4.	
15	Maandgemiddelde chloridegehalten, tabel 5.	
16	Drie-jaarlijks voortschrijdend gemiddelde slibgehalte.	A1-82.51
17	Drie-jaarlijks voortschrijdend gemiddelde	A1-82.147

behoort bij: nota

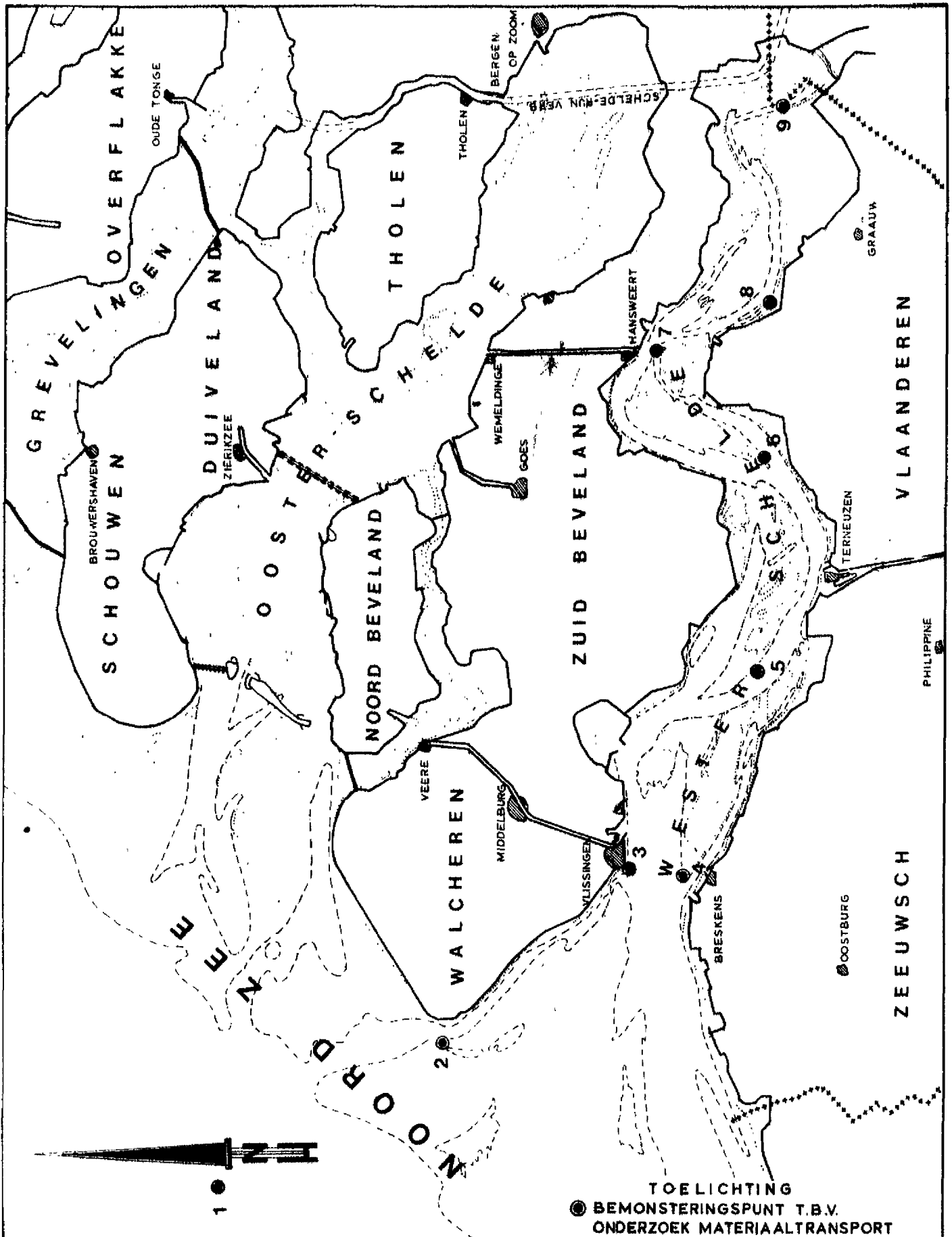
WWKZ nr. 82.V003

datum: mei 1982

bladnr: 21

Vervolg lijst van bijlagen:

Bijlage nr.	Omschrijving	Tekening nr.
18	Correlatiecoëfficiënten, slib-overige parameters, tabel 6.	
19	Multiple- en partiële correlatiecoëfficiënten, tabellen 7 en 8.	
20	Correlatiecoëfficiënten bij lineaire regressie, tabellen 9 en 10.	
21	Samenvattend overzicht correlatiecoëfficiënten, tabel 11.	
22	Regressievergelijkingen gemiddeld slibgehalte oppervlakte, tabellen 12 en 13.	
23	Correlatiecoëfficiënten voor het onderling verband tussen de slibgehalten in de meetpunten, tabel 14.	
24	Verhouding tussen slibgehalte aan het wateroppervlak en slibgehalte gemiddeld in de verticaal, tabel 15.	


rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vlissingen

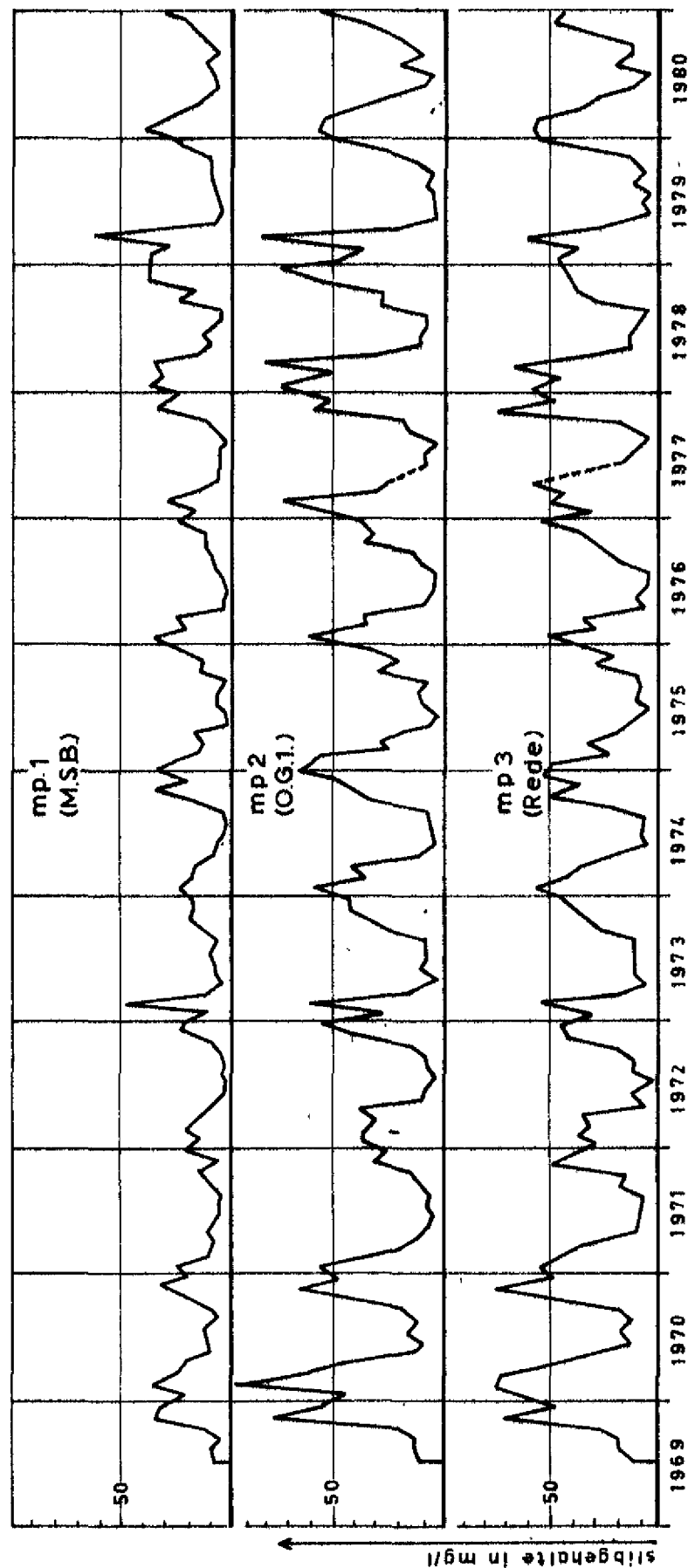
oppervlakte bemonstering westerschelde
situatie meetpunten

get.	a.d.
gez.	8.
gez.	
akk.	

schaal 1:300 000

A1 nr 82.41

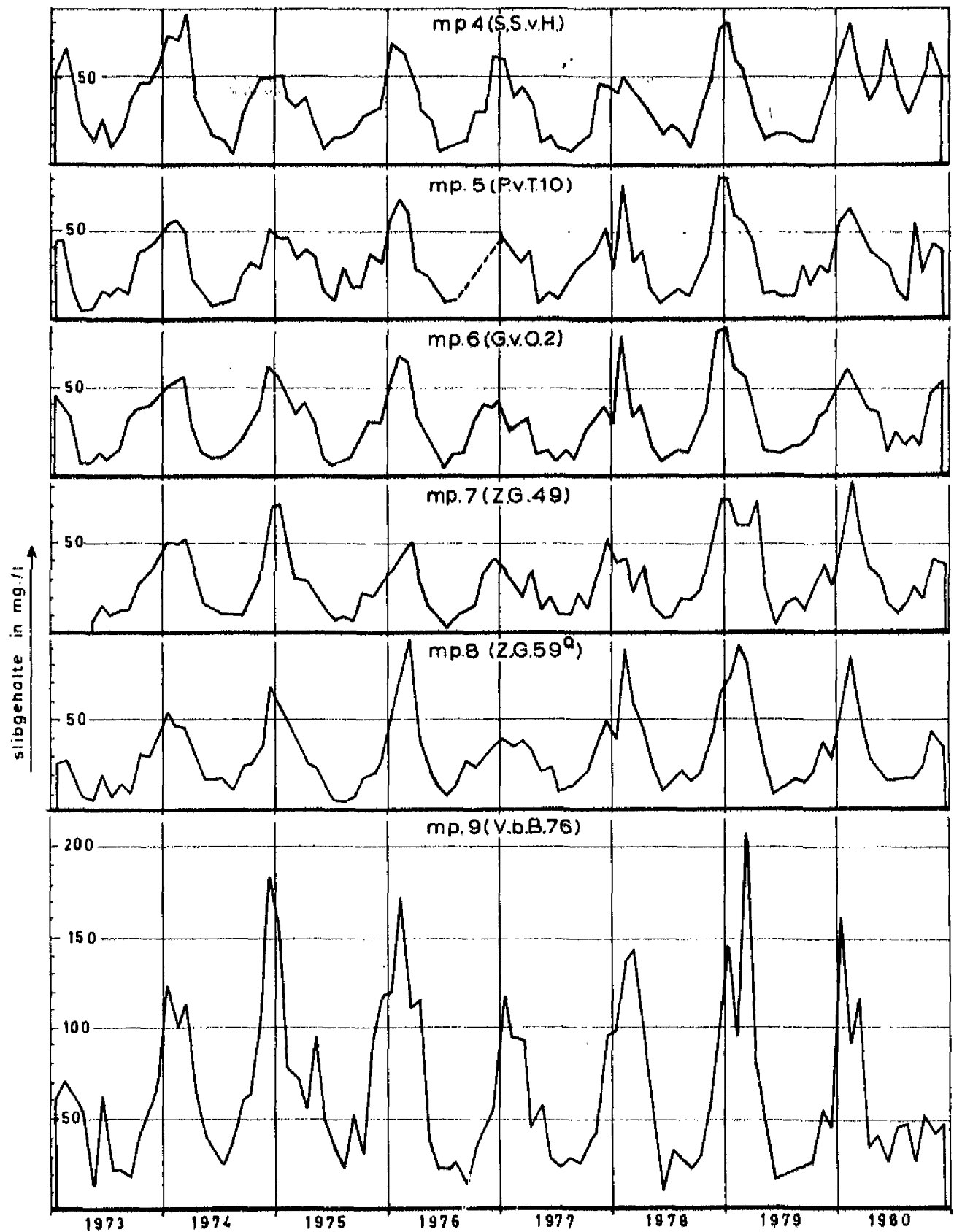
bijl. 1


rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vlielingen

oppervlakte bemonstering westerschelde
maandgem. slibgehalten als functie v/d tijd

get.	a.d.	bijl.2	
gec.	E		
gez.		schaal	
akk.		A1	nr. 82.42


rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

oppervlakte bemonstering westerschelde
maandgem. slibgehalten als functie v/d tijd

get. a d.

gec. ξ

gez.

akk.

a d.

ξ

gez.

akk.

bijl. 3

schaal

A1 nr. 82.43

TABEL 1: Maandgemiddelde slibgehalten (mg/l) periode '69-'80 / '73-'80.

meetpunt maand	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ
januari	25.7	9.8	52.2	12.9	50.4	22.9	61.2	12.3	51.5	11.6	50.0	14.8	52.3	15.3	49.5	14.4	134.1	27.2
februari	25.9	10.7	49.0	21.5	42.9	13.8	61.8	15.1	54.7	11.8	52.0	16.4	52.5	17.5	62.8	26.2	104.1	32.9
maart	21.7	15.1	43.0	24.0	41.0	16.2	50.1	14.7	40.9	14.3	42.9	13.0	40.6	15.4	53.9	25.2	114.8	47.0
april	9.9	5.6	21.8	12.8	26.2	15.5	33.7	8.6	30.1	12.3	31.2	11.4	37.6	15.2	32.7	12.7	66.4	25.4
mei	5.0	2.1	8.4	4.0	10.3	6.8	25.0	13.3	19.1	11.0	18.2	10.7	16.4	8.2	20.0	6.1	46.5	24.2
juni	5.0	2.8	6.2	2.6	8.2	3.7	26.9	22.2	15.1	6.7	10.4	2.3	11.2	4.9	15.2	6.0	30.5	20.2
juli	6.2	2.8	8.6	5.3	8.4	5.5	18.0	10.3	10.9	3.1	10.0	6.5	8.8	3.6	11.8	4.5	26.5	8.9
augustus	4.8	1.7	8.6	2.7	9.4	4.3	16.5	7.7	15.3	6.4	12.8	3.3	12.0	4.4	14.0	4.7	28.1	9.1
september	9.7	5.5	16.3	8.8	15.5	6.9	21.3	10.2	25.2	13.4	16.1	6.3	14.2	7.0	17.1	6.7	29.2	16.5
oktober	15.2	7.4	25.9	10.2	27.2	12.1	30.5	11.1	28.5	7.9	24.7	5.0	19.8	4.4	23.2	4.5	38.1	12.4
november	22.0	10.1	45.5	17.7	44.9	18.0	39.4	13.6	41.2	17.1	35.8	5.5	33.1	8.2	33.6	7.0	60.2	24.1
december	26.7	7.4	50.3	14.4	49.6	17.5	49.5	12.1	45.4	18.6	46.4	16.0	48.0	16.5	44.2	15.1	88.5	45.9
jaargemiddelde	14.8	6.8	28.0	11.4	27.8	11.9	36.2	12.6	31.5	11.2	29.2	9.3	28.9	10.1	31.5	11.1	63.9	24.5

Verklaring:

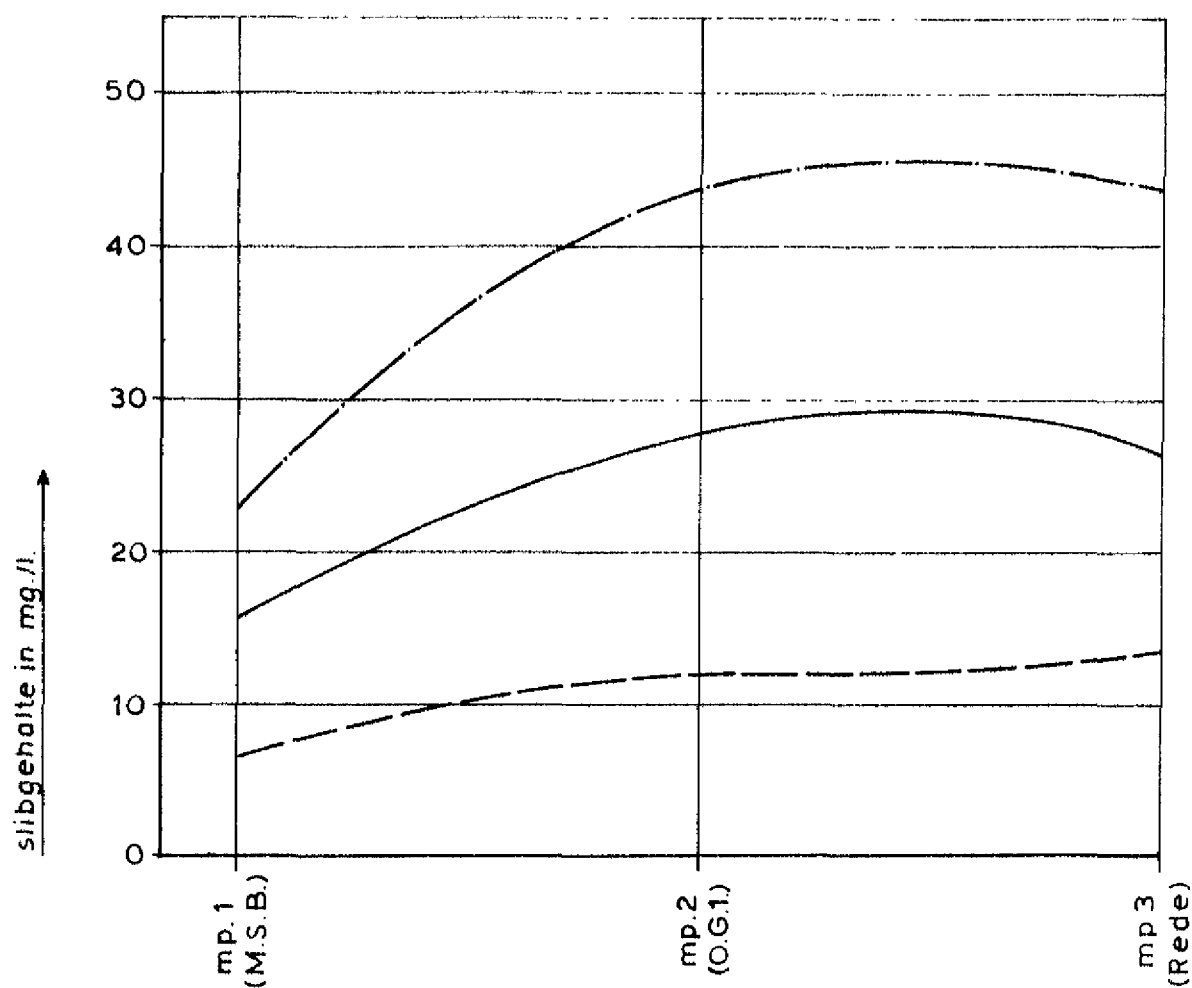
M = maandgemiddelde (mg/l)

σ = standaardafwijking (mg/l)

TABEL 2: Seizoengemiddelde slibgehalten (mg/l) periode '69-'80 / '73-'80.

seizoen meetpunt	april - september			
	gem.	σ	max.	min.
1	6.7	2.0	13.0	4.1
2	11.6	4.0	25.9	6.8
3	12.2	5.5	29.1	8.8
4	21.5	8.4	41.8	15.8
5	19.0	6.0	29.9	11.0
6	16.4	3.9	24.7	11.6
7	16.0	5.3	23.8	9.0
8	18.5	3.8	21.8	11.7
9	36.5	8.4	52.5	32.2

seizoen meetpunt	oktober - maart			
	gem.	σ	max.	min.
1	22.9	5.6	35.5	14.5
2	44.2	9.2	60.2	29.3
3	42.2	10.0	65.0	31.3
4	42.3	7.8	60.8	36.0
5	44.7	6.0	64.2	36.0
6	42.0	6.3	43.8	33.3
7	38.6	8.8	54.6	28.8
8	45.2	8.6	60.7	34.9
9	87.1	22.1	108.2	46.0



————— gemiddeld slibgehalte seizoen okt./mrt. periode '69-'80
 ————— " " periode '69-'80 (jaargemiddelde)
 - - - - - " " seizoen apr./sept. periode '69-'80

rijkswaterstaat

 directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vlissingen

 oppervlakte bemonstering westerschelde
 seizoengem. slibgehalten als functie v/d plaats

get. a.d.

gec. E.

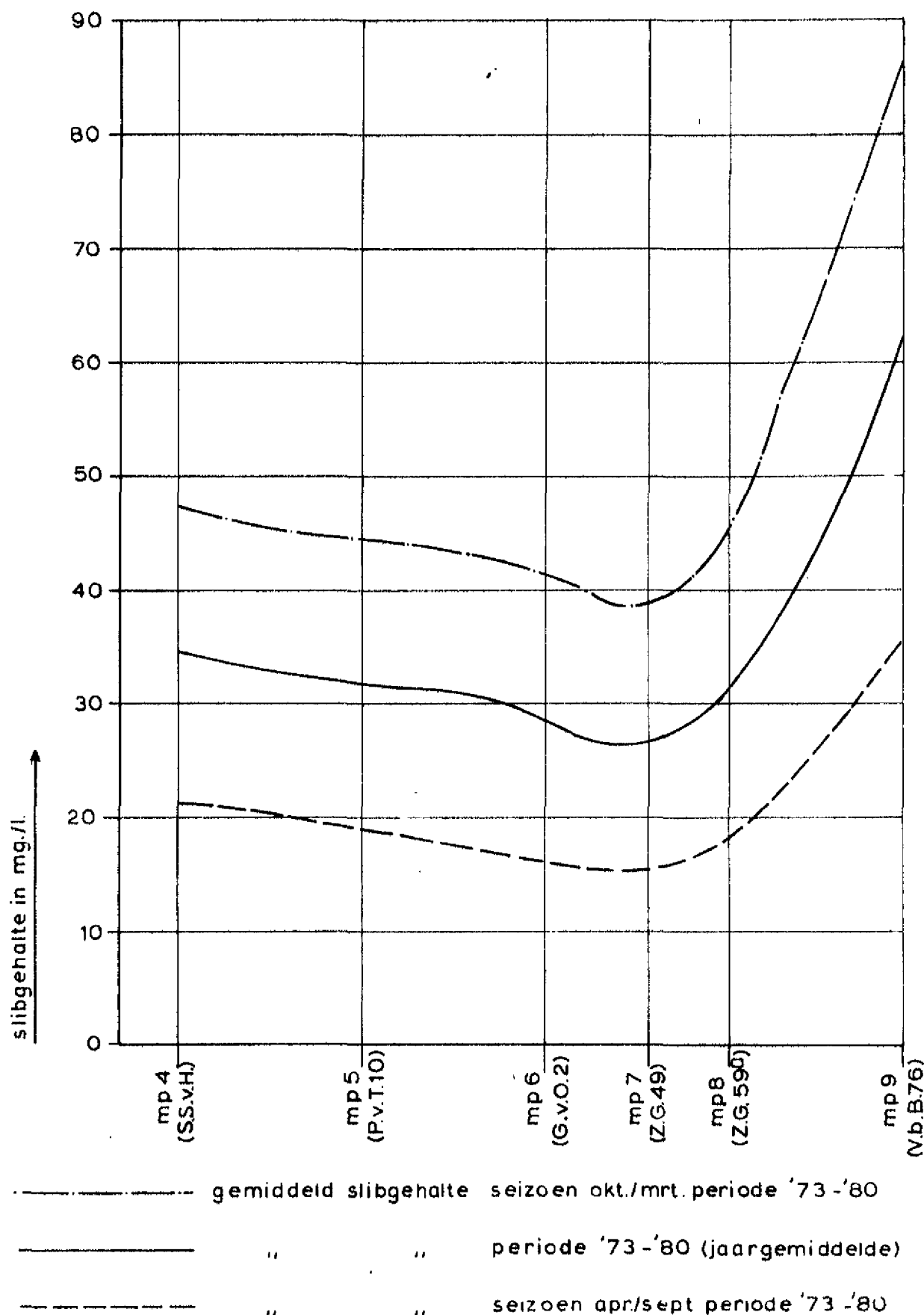
gez.

akk.

bijl.6

schaal

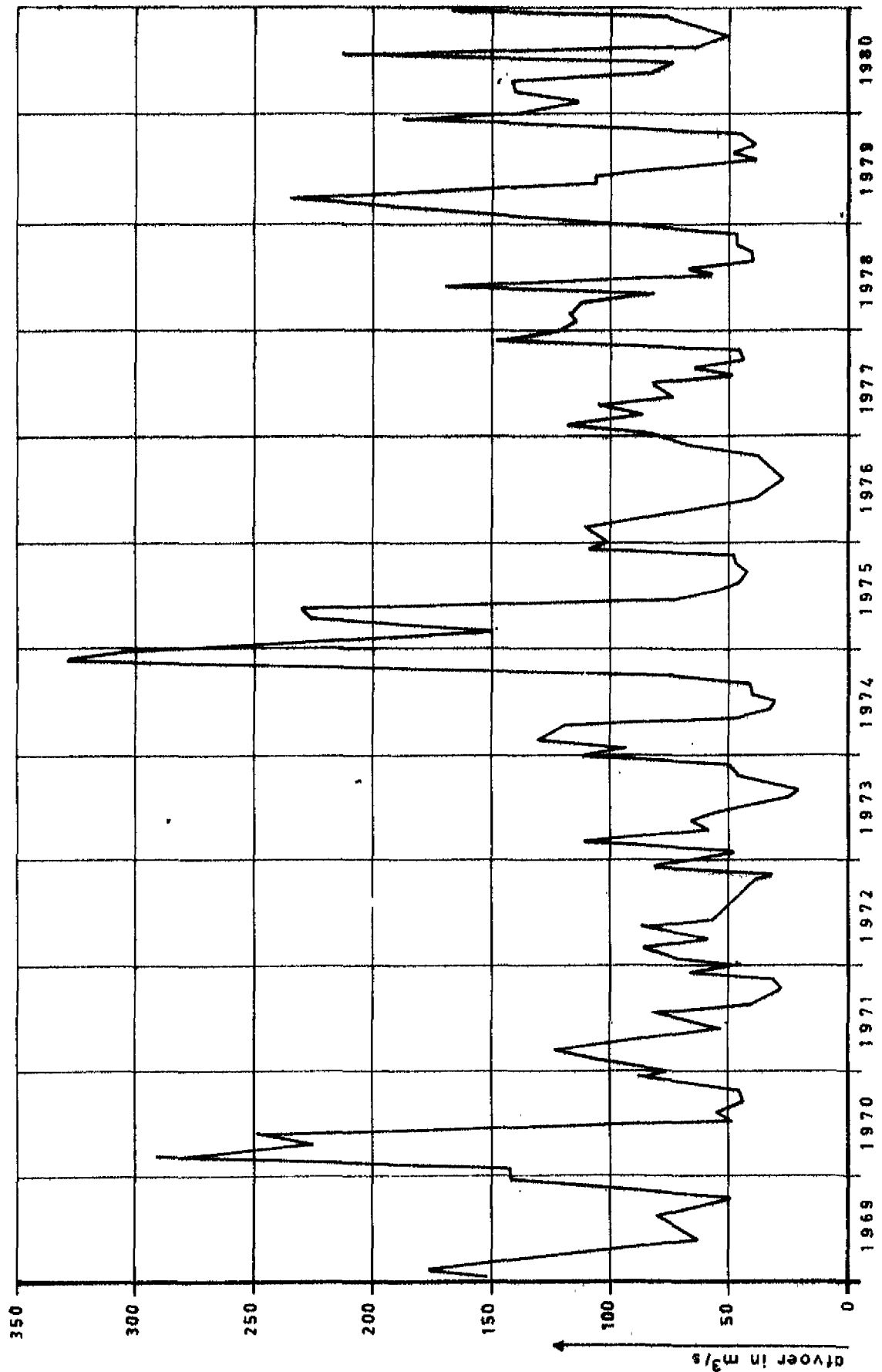
A 1 nr. 82.44


rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vlissingen

oppervlakte bemonstering westerschelde
seizoengem slibgehalten als functie v/d plaats

get.	a.d.	blijl. 7	
gec.	E ₁		
gez.		schaal	
akk.		A 1	nr. 82.45


rijkswaterstaat

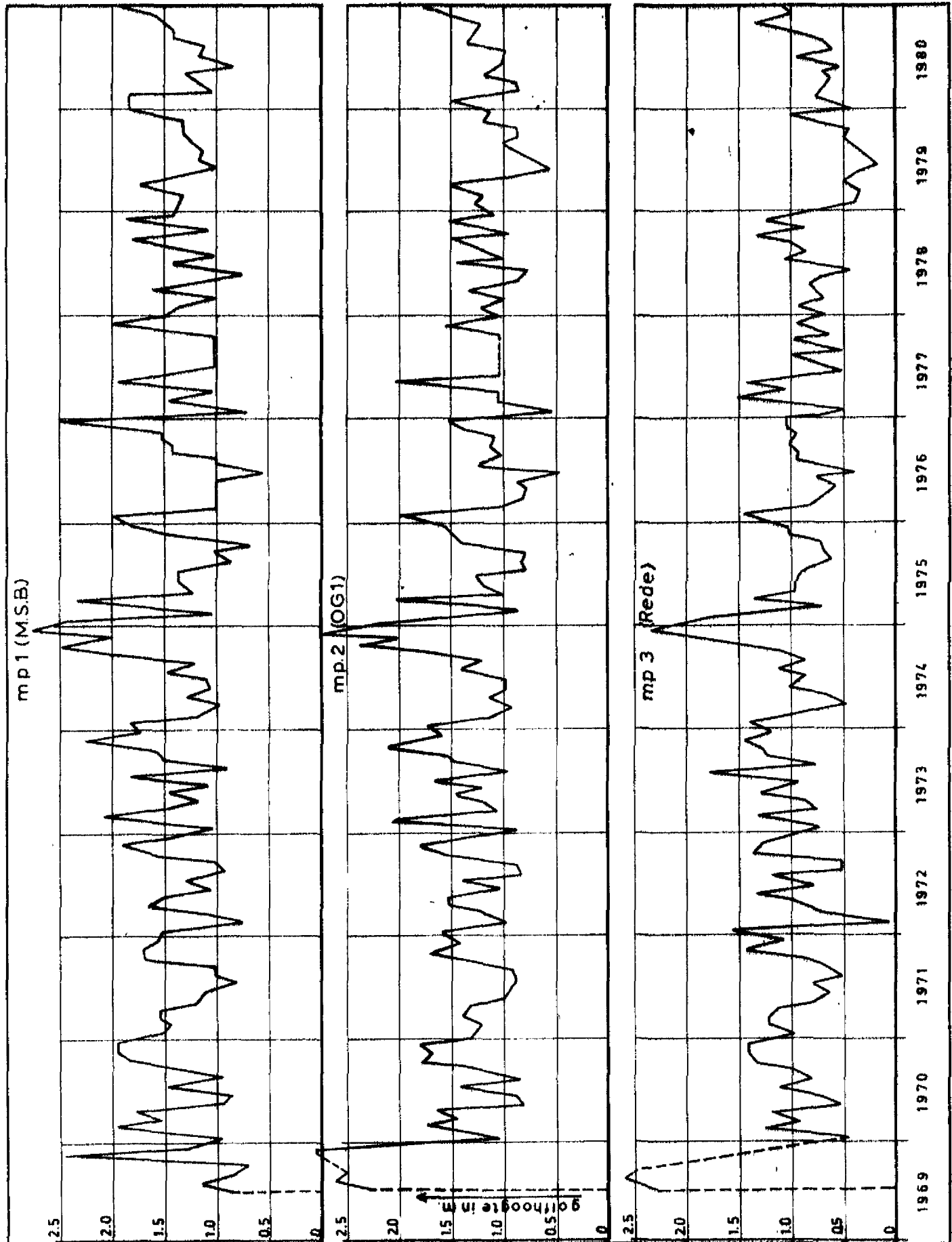
directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

oppervlakte bemonstering westerschelde
maandgem. afvoer te schelle

get.	a.d.	bijl. 8	
gec.	E.		
gez.		schaal	
akk.		A1	nr. 82.46

TABEL 3: Maandgemiddelde golfhoogten (in m) periode '69 - '80.

maand	meetpunt								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
januari	1.49	1.36	0.99	0.23	0.12	0.16	0.22	0.12	0.18
februari	1.30	1.16	0.84	0.25	0.07	0.11	0.08	0.11	0.11
maart	1.39	1.21	0.81	0.19	0.19	0.12	0.10	0.16	0.07
april	1.38	1.21	0.86	0.28	0.12	0.12	0.11	0.17	0.23
mei	1.10	0.98	0.76	0.16	0.19	0.09	0.08	0.04	0.06
juni	1.07	0.98	0.72	0.14	0.17	0.09	0.17	0.03	0.06
juli	1.13	1.11	0.94	0.23	0.16	0.09	0.03	0.11	0.06
augustus	1.09	1.00	0.69	0.11	0.11	0.07	0.11	0.04	0.08
september	1.30	1.13	0.87	0.16	0.08	0.13	0.08	0.08	0.15
oktober	1.52	1.34	1.03	0.26	0.13	0.05	0.12	0.13	0.09
november	1.78	1.58	1.23	0.46	0.24	0.13	0.21	0.09	0.15
december	1.80	1.49	1.03	0.31	0.19	0.13	0.23	0.17	0.14
<u>gemiddelde</u>	1.36	1.21	0.90	0.23	0.15	0.11	0.13	0.10	0.12
σ	0.25	0.20	0.15	0.09	0.05	0.03	0.06	0.05	0.06


rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

oppervlakte bemonstering westerschelde
maandgem. golthoogten als functie v/d tijd

get. a.d.

gec. ϵ_2

gez.

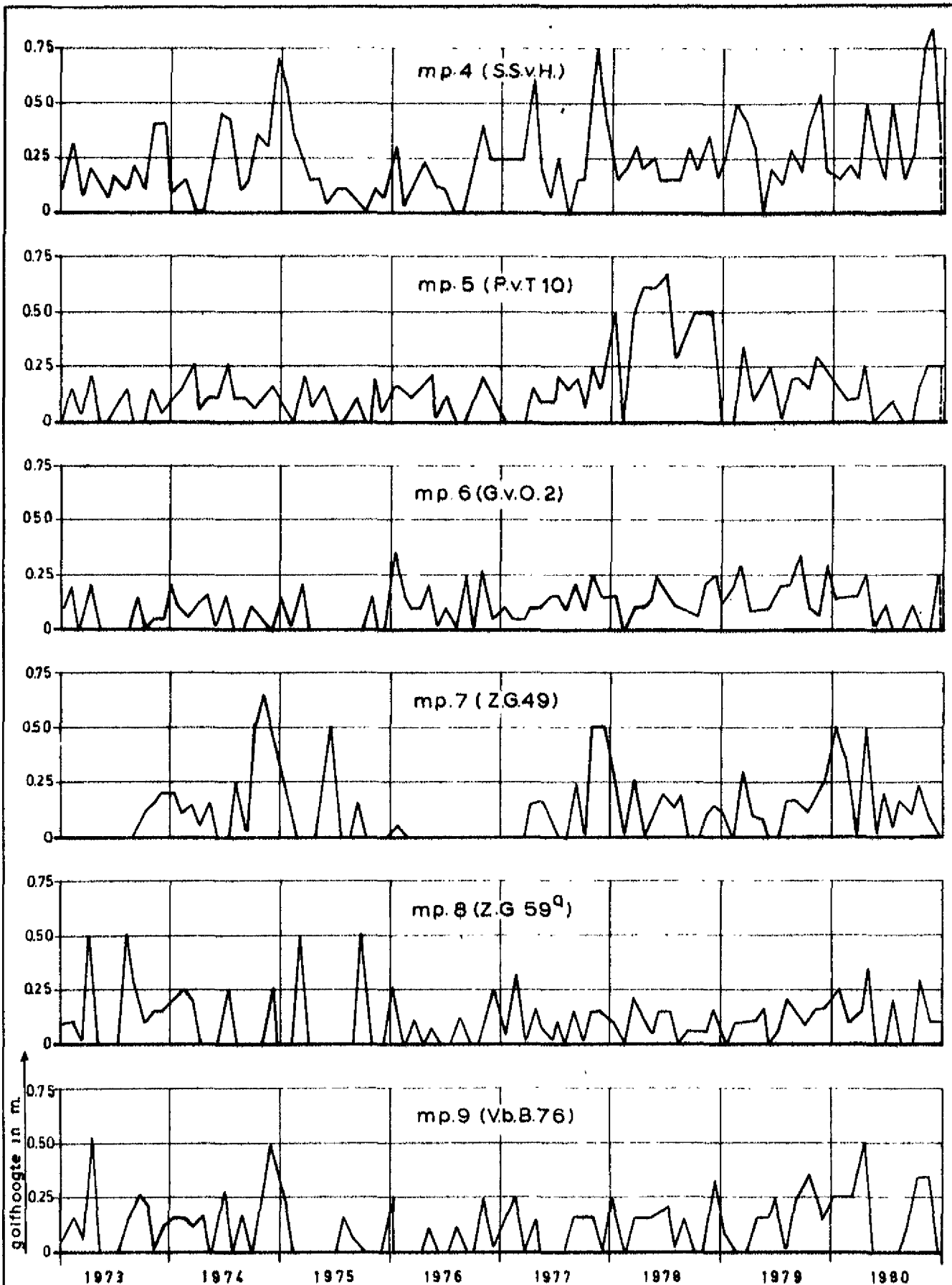
akk.

bijl. 10

schaal

A1

nr. 82.47


rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

oppervlakte bemonstering westerschelde
maandgem. golp hoogten als functie v/d tijd

get. a.d

gec. E

gez.

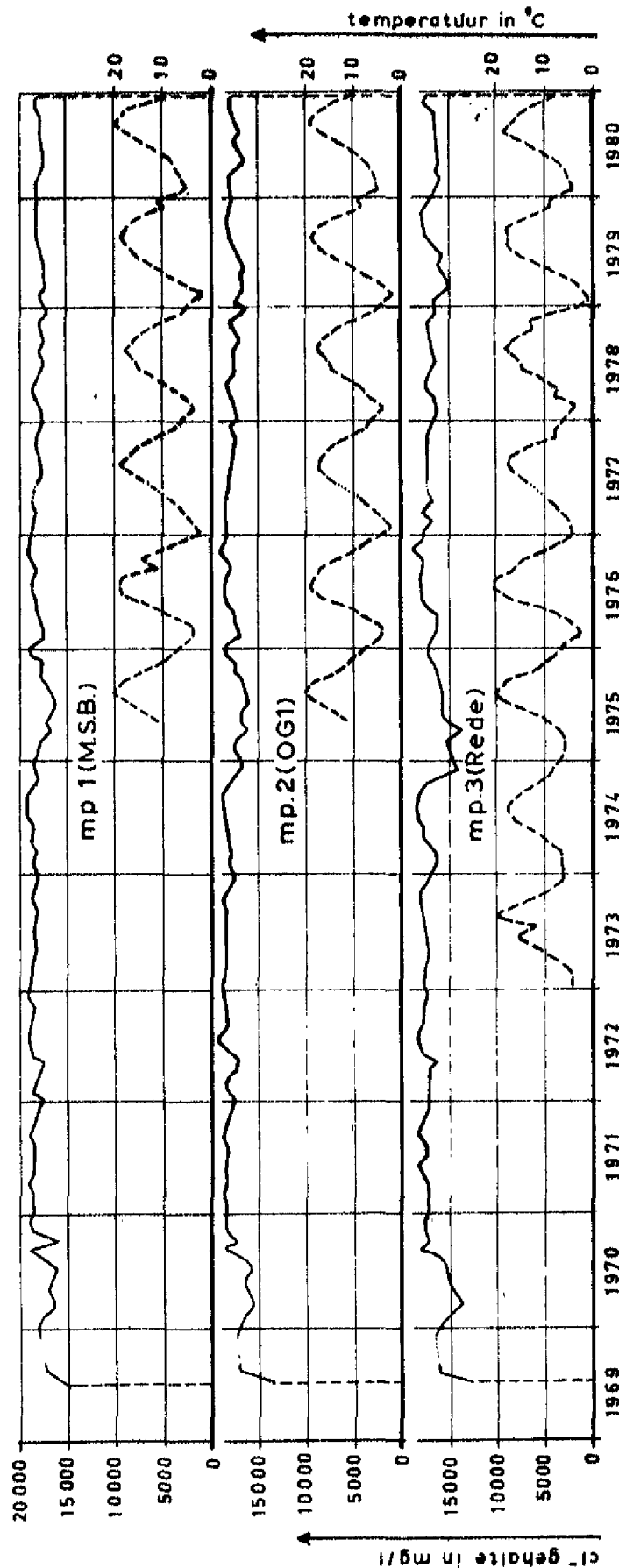
akk.

bijl. 11

schaal

A1

nr. 82. 48



— Cl⁻ gehalte in mg/l
 --- water temperatuur in °C

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vlissingen

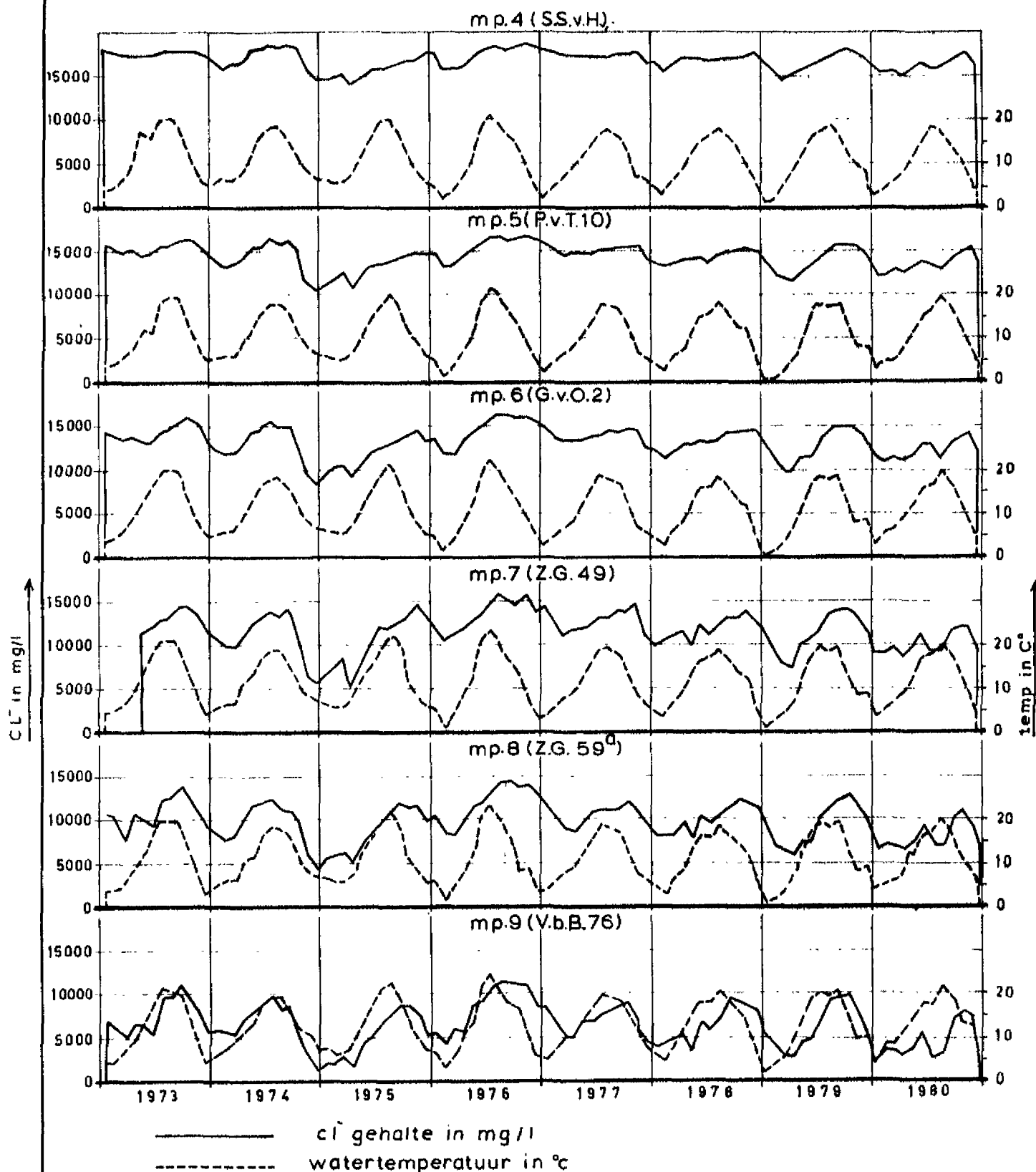
oppervlakte bemonstering westerschelde
 maandgem. water temp en Cl⁻ gehalten als functie v.d. tijd

get. a d
 gec. 2.
 gez.
 akk.

bijl.12

schaal

A1 nr.82.49


rijkswaterstaat

 directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vliissingen

oppervlakte bemonstering westerschelde

 maandgem watertemp en Cl⁻ gehalten als functie vd. tijd

get.

o.d.

gec.

E

gez.

akk.

bijl. 13

schaal

A1

nr. 82.50

TABEL 4: Maandgemiddelde watertemperatuur ($^{\circ}\text{C}$) periode '73-'80.

meetpunt maand	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ
januari	4.4	1.5	4.1	1.3	4.4	1.7	4.6	1.1	4.4	1.7	4.4	1.8	4.4	1.8	5.0	1.7	5.5	1.7
februari	3.5	1.5	3.1	1.2	4.1	1.6	4.4	1.5	4.2	1.8	4.2	1.8	4.4	1.7	4.8	1.6	5.7	1.9
maart	5.3	1.2	5.4	1.1	5.6	1.4	6.0	0.5	5.6	1.2	5.6	1.4	6.1	1.3	6.4	1.2	7.7	1.5
april	7.9	0.5	7.8	0.4	7.8	0.8	8.4	0.4	8.0	0.8	8.3	0.9	8.7	0.9	9.0	0.9	10.1	0.9
mei	11.1	0.5	11.2	0.6	11.1	0.7	12.7	2.0	11.8	0.7	11.8	0.7	12.6	0.8	12.9	0.5	14.0	0.6
juni	15.0	1.1	14.9	1.0	15.1	1.2	15.3	0.4	15.6	2.1	16.4	1.2	16.8	1.6	17.2	1.4	18.3	1.4
juli	17.3	1.2	17.2	1.2	18.0	1.6	17.3	0.9	18.1	1.0	18.6	1.8	19.2	2.0	19.4	2.0	20.3	2.1
augustus	18.8	0.9	18.7	0.9	18.5	1.2	18.4	0.8	19.0	1.1	19.2	1.2	19.3	1.3	19.6	1.3	20.7	1.2
september	16.5	2.7	17.2	0.9	16.7	1.4	16.7	1.1	17.5	1.1	17.5	1.2	17.6	1.3	17.8	1.3	19.0	1.1
oktober	14.4	0.6	14.2	0.6	12.8	0.9	13.5	1.0	13.0	0.9	12.8	0.8	12.8	0.9	12.4	1.6	14.4	1.2
november	10.2	0.4	9.7	1.1	8.9	1.6	9.5	1.1	9.1	1.4	9.1	1.4	9.0	1.5	9.0	1.4	10.1	1.4
december	7.5	1.7	6.9	1.5	6.2	1.3	6.9	1.0	6.0	1.2	6.0	1.3	6.0	1.5	6.3	1.5	7.0	1.7
jaargemiddelde	11.0	4.2	10.9	1.0	10.8	1.3	11.1	1.0	11.0	1.3	11.2	1.3	11.4	1.4	11.7	1.4	12.7	1.4

Verklaring:

M = maandgemiddelde ($^{\circ}\text{C}$)

σ = standaardafwijking ($^{\circ}\text{C}$)

TABEL 5: Maandgemiddelde chloridegehalten (mg/l) periode '69-'80.

meetpunt maand	1		2		3		4	
	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ
januari	18299	487	17833	636	16758	870	16316	958
februari	18289	610	17729	695	16300	895	15752	968
maart	18017	696	17555	903	16330	1206	15741	831
april	18002	847	17408	934	16267	1220	15919	1217
mei	17946	677	17462	964	16618	1056	16192	966
juni	17953	760	17664	808	16923	1044	16580	709
juli	17744	1242	17339	1528	17083	1109	16810	1035
augustus	18107	741	17821	747	17249	860	16876	865
september	18273	761	18033	754	17438	802	17010	632
oktober	18161	786	18006	537	17586	495	17211	520
november	18279	458	17998	477	17482	806	16988	952
december	18248	602	17720	726	16809	1040	16506	1044
jaargemiddelde	18110	722	17714	809	16904	950	16492	891

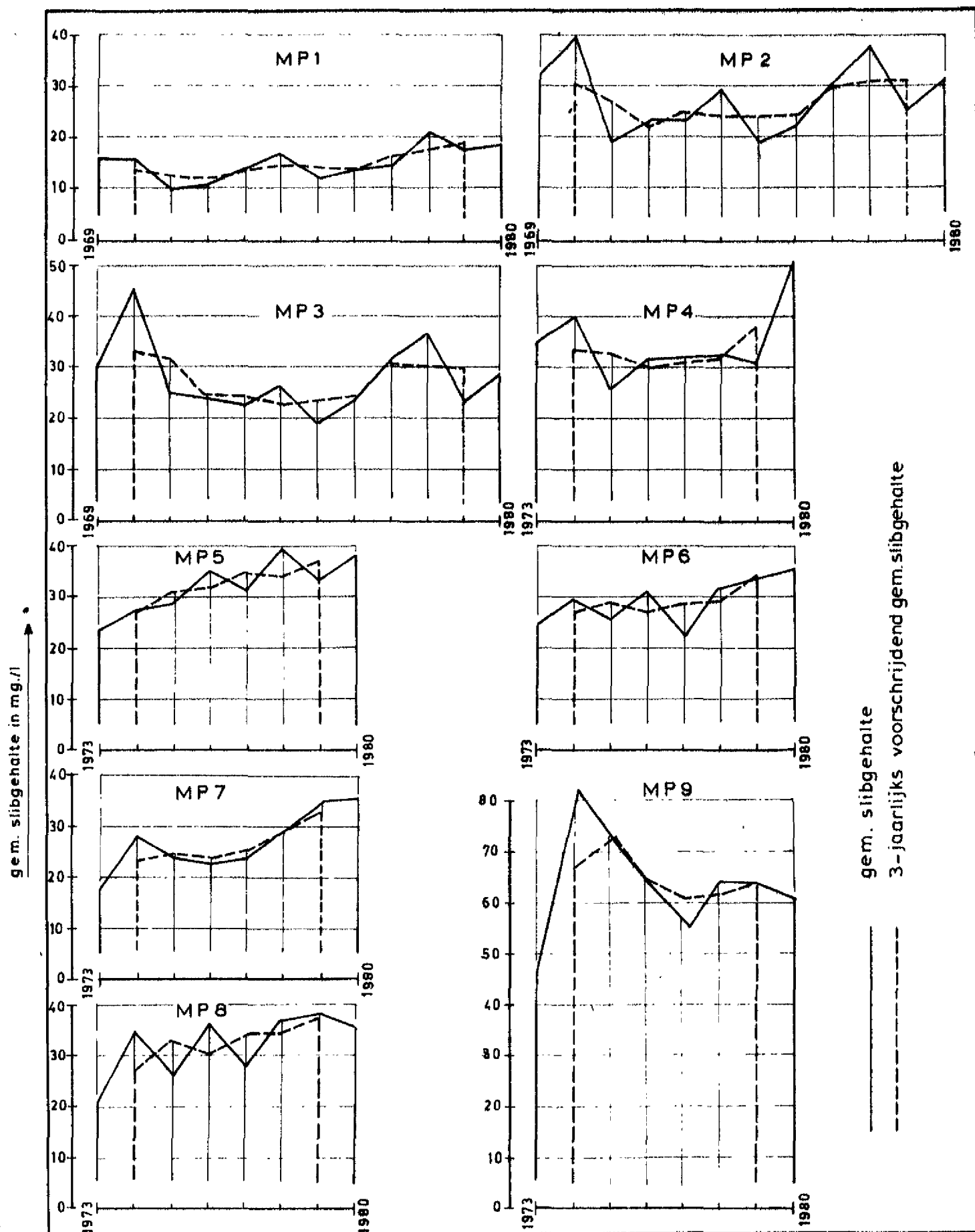
meetpunt maand	5		6		7		8	
	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ
januari	13937	1440	12542	1719	9990	2699	8940	1949
februari	13324	1328	11751	1383	9003	1128	8193	1514
maart	13435	873	11688	1242	9472	1229	7864	986
april	13556	1621	12063	1759	9456	2640	8388	2121
mei	14072	1170	12600	1358	10474	1441	9229	1803
juni	14474	867	13204	1063	11638	1120	9804	1484
juli	14789	1298	13794	1154	11951	1640	10817	1968
augustus	15001	1160	13941	1498	12444	1813	11214	2010
september	15407	868	14488	1051	13259	1085	12237	1280
oktober	15493	685	14437	970	12926	1289	12031	1282
november	15236	1426	13968	1896	12685	2741	10905	2411
december	14286	1758	12817	2107	10630	2668	9371	2588
jaargemiddelde	14418	1208	13108	1433	11161	1791	9916	1783

meetpunt maand	9	
	M	σ
januari	4977	2198
februari	4418	1285
maart	4491	1217
april	4610	2012
mei	5744	1944
juni	6263	1500
juli	7611	2535
augustus	8089	2317
september	9253	1367
oktober	8689	1744
november	7647	2297
december	5109	2406
jaargemiddelde	6408	1902

Verklaring:

M = maandgemiddelde (mg/l)
 σ = standaardafwijking (mg/l)

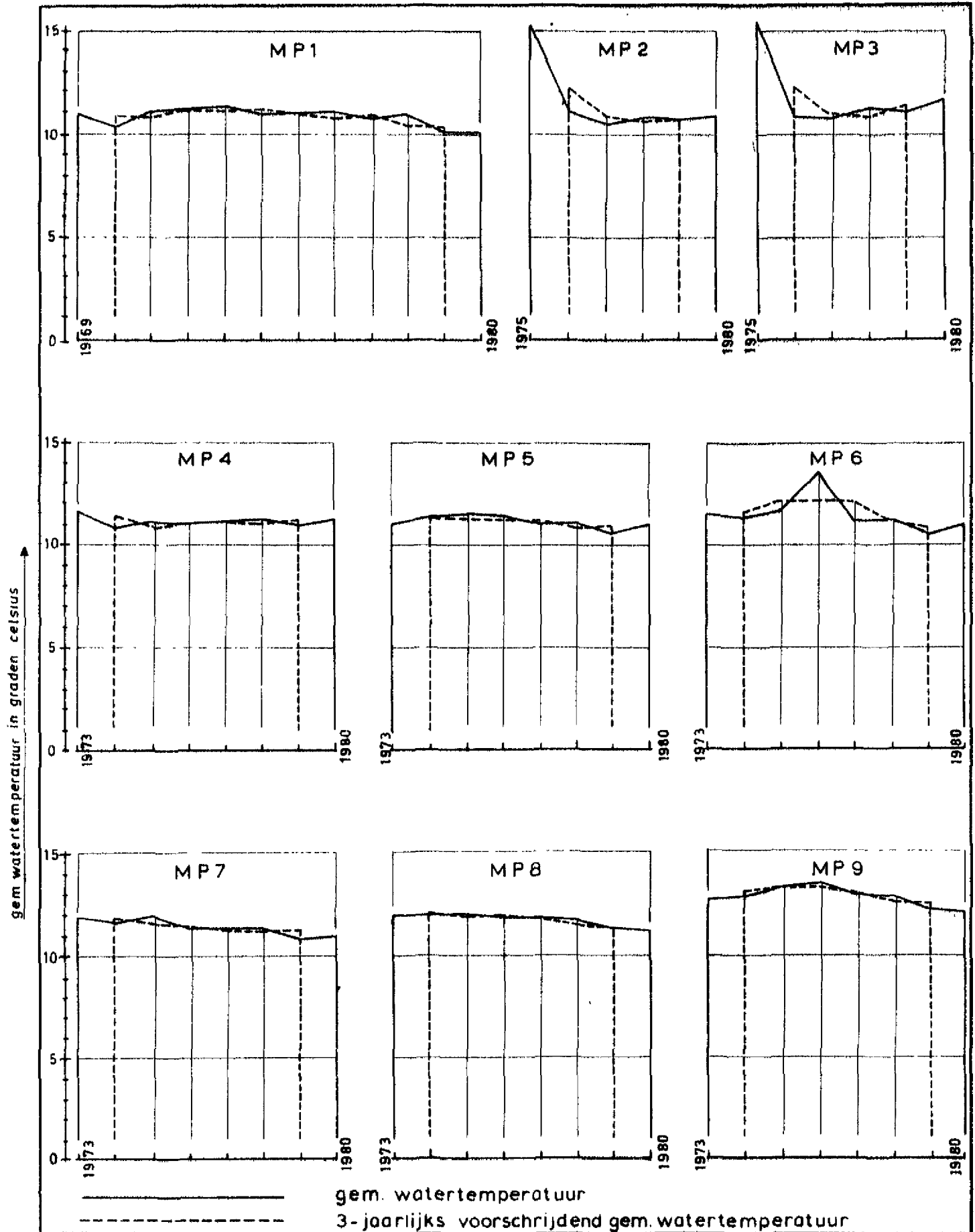
Nota WWKZ-82.V003
 Bijlage 15


rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

oppervlakte bemonstering westerschelde
3 jaarlijks voortschrijdend gemiddelde slijb

get.	a.d	bijl. 16	
gec.	g.		
gez.		schaal	
akk.		A1	nr. 82.51


rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

oppervlakte bemonstering westerschelde
3 jaarlijks voortschrijdend gem. watertemp.

get.	a.d.	bijl. 17	
gec.	Σ.		
gez.		schaal	
akk.		A1	nr. 82.147

TABEL 6: Correlatiecoëfficiënten, slib- en overige parameters.

variabelen meetpunt	slib watertemp.	slib Q	slib $\ln(Q)$	slib Q1	slib chloride	slib golfh.	slib windsn.
1	-0.6755	0.6000	0.5901	0.2425	0.0631	0.5388	0.4762
2	-0.7375	0.5852	0.6035	0.2254	0.0483	0.4035	0.4842
3	-0.6826	0.4905	0.5706	0.2384	-0.1573	0.2786	0.4295
4	-0.7682	0.4364	0.5534	0.2962	-0.2382	0.1954	0.2708
5	-0.7304	0.3777	0.4982	0.2967	-0.3352	-0.0591	0.1732
6	-0.8301	0.5062	0.5960	0.4157	-0.4366	0.1616	0.2791
7	-0.8077	0.4791	0.5748	0.5276	-0.4923	0.2780	0.3300
8	-0.7744	0.5031	0.5828	0.4657	-0.5130	0.0869	0.2707
9	-0.7546	0.5821	0.6392	0.5565	-0.6056	0.1587	0.3166

Verklaring:

Q = maandgemiddelde afvoer te Schelle

Q1 = maandgemiddelde afvoer te Schelle van de voorafgaande maand

TABEL 7: Multiple correlatiecoëfficiënten.

variabelen meetpunt	slib T + ln (Q)	slib ln (Q) + Cl ⁻	slib T + ln (Q) + Cl ⁻
1	0.7000	0.5980	0.7000
2	0.7475	0.6354	0.7517
3	0.6991	0.6169	0.7248
4	0.7702	0.5644	0.7741
5	0.7304	0.4943	0.7321
6	0.8313	0.5961	0.8342
7	0.8088	0.5813	0.8248
8	0.7803	0.5911	0.7919
9	0.7758	0.6548	0.7898

TABEL 8: Partiële correlatiecoëfficiënten.

variabelen meetpunt	slib Cl ⁻	slib Cl ⁻	slib T	slib T	slib ln(Q)
	controlerende variabelen				
	ln(Q)	T	ln(Q)+Cl ⁻	ln(Q)	T
1	0.1201	-0.0583	-0.4539	-0.4663	0.2488
2	0.2495	0.0441	-0.5201	-0.5532	0.1806
3	0.2856	0.1087	-0.5167	-0.4920	0.2069
4	0.1335	0.0601	-0.6418	-0.6432	0.0867
5	-0.0137	-0.0569	-0.6213	-0.6187	-0.0051
6	-0.0145	-0.1477	-0.7269	-0.7218	-0.0809
7	-0.1063	-0.2470	-0.7191	-0.6953	-0.0697
8	-0.1209	-0.2582	-0.6534	-0.6384	-0.1505
9	-0.1847	-0.3545	-0.5843	-0.5718	-0.2747

Verklaring:

T = watertemperatuur

Cl⁻ = chloridegehalte

ln(Q) = ln (afvoer)

TABEL 9: Correlatiecoëfficiënten bij lineaire regressie volgens:

$$S_i(x) = S_0(x) + \sum_{k=0}^n \beta_k(x) \cdot Q_{i-k} \quad (\text{par. 4.2.2})$$

geheugen in maanden	0	1	2	3
variabelen	slib Q	slib Q+Q1	slib Q+Q1+Q2	slib Q+Q1+Q2+Q3
meetpunt				
x = 1	0.5951	0.6009	0.6414	0.6984
2	0.5852	0.5868	0.6231	0.6886
3	0.4790	0.5277	0.5435	0.6008
4	0.4364	0.4365	0.4509	0.4972
5	0.4143	0.5831	0.5923	0.5924
6	0.5062	0.5177	0.5224	0.5616
7	0.4791	0.5513	0.5525	0.6232
8	0.5031	0.5365	0.5369	0.5535
9	0.5821	0.6321	0.6369	0.6559

TABEL 10: Correlatiecoëfficiënten bij lineaire regressie volgens:

$$S_i(x) = S_0(x) + \alpha(x) T_i(x) + \sum_{k=0}^n \beta_k(x) Q_{i-k} \quad (\text{par. 4.2.2})$$

geheugen in maanden	Q	0	1	2	3
variabelen	slib T	slib T+Q	slib T+Q+Q1	slib T+Q+Q1+Q2	slib T+Q+Q1+Q2+Q3
meetpunt					
x = 1	-0.6755	0.7204	0.7293	0.7561	0.7731
2	-0.7375	0.7565	0.7681	0.7888	0.8044
3	-0.6855	0.7143	0.7380	0.7531	0.7734
4	-0.7682	0.7691	0.7736	0.7820	0.7867
5	-0.7304	0.7306	0.7307	0.7307	0.7398
6	-0.8301	0.8332	0.8343	0.8359	0.8387
7	-0.8077	0.8093	0.8347	0.8365	0.8540
8	-0.7744	0.7832	0.7953	0.7960	0.7968
9	-0.7546	0.7844	0.8190	0.8198	0.8217

TABEL 11: Samenvattend overzicht correlatiecoëfficiënten.

variabelen meetpunt	slib T	slib T+ln(Q)	slib T+Q+Q1+Q2+Q3
1	-0.6755	0.7000	0.7731
2	-0.7375	0.7475	0.8044
3	-0.6826	0.6991	0.7734
4	-0.7682	0.7702	0.7867
5	-0.7304	0.7304	0.7398
6	-0.8301	0.8313	0.8387
7	-0.8077	0.8088	0.8540
8	-0.7744	0.7803	0.7968
9	-0.7546	0.7758	0.8217

Verklaring:

T = watertemperatuur

Q = maandgemiddelde afvoer

Q1 = maandgemiddelde afvoer 1-maand terug

Q2 = maandgemiddelde afvoer 2-maanden terug

Q3 = maandgemiddelde afvoer 3-maanden terug

TABEL 12 : Regressievergelijkingen voor gemiddeld slibgehalte oppervlaktewater met parameter watertemperatuur volgens:

$$S_i(x) = S_0(x) + \alpha(x) \cdot T_i(x)$$

meetpunt	$S_0(x)$	$\alpha(x)$	$\sigma(\text{mg/l})$	correlatiecoëfficiënt
x=1	34.4	-1.647	9.5	0.6755
2	63.2	-3.136	15.5	0.7375
3	53.6	-2.506	14.3	0.6826
4	67.2	-2.869	12.5	0.7682
5	57.9	-2.391	12.6	0.7304
6	59.2	-2.692	10.2	0.8301
7	59.7	-2.746	11.3	0.8077
8	65.8	-2.912	13.5	0.7744
9	136.5	-5.769	29.2	0.7546

TABEL 13 : Regressievergelijkingen voor gemiddeld slibgehalte oppervlaktewater met parameters watertemperatuur en afvoer volgens:

$$S_i(x) = S_0(x) + \alpha(x) \cdot T_i(x) + \sum_{k=0}^n \beta_k(x) \cdot Q_{i-k}$$

meetpunt	$S_0(x)$	$\alpha(x)$	$\beta_0(x)$	$\beta_1(x)$	$\beta_2(x)$	$\beta_3(x)$	$\sigma(\text{mg/l})$	corr. coëff.
x=1	26.2	-1.074	0.101	0.003	-0.031	-0.050	8.4	0.7731
2	55.9	-2.386	0.138	-0.012	-0.046	-0.087	14.1	0.8044
3	46.8	-1.981	0.106	-0.032	-0.0002	-0.074	11.9	0.7734
4	68.6	-2.763	0.031	-0.001	-0.021	-0.037	12.4	0.7867
5	59.1	-2.335	-0.001	-0.008	-0.035	-0.047	12.7	0.7398
6	55.2	-2.465	0.014	0.031	-0.0001	-0.028	10.2	0.8387
7	52.5	-2.417	-0.032	0.067	0.075	-0.071	10.2	0.8540
8	55.4	-2.571	-0.110	0.050	0.029	-0.018	13.2	0.7968
9	99.6	-4.571	0.045	0.245	0.006	-0.061	25.9	0.8217

Verklaring:

- $S_i(x)$ = slibgehalte op meetpunt x in maand i (mg/l)
 $S_0(x)$ = constante op meetpunt x (mg/l)
 $T_i(x)$ = watertemp. op meetpunt x in maand i (mg/l)
 k = "geheugen" van het systeem in maanden (max. 3)
 $\alpha(x)$ en $\beta_k(x)$ = regressieparameter op meetpunt x
 Q_{i-k} = afvoer Schelde in maand (i-k) (m³/sec.)

TABEL 14: Correlatiecoëfficiënten voor het onderling verband tussen de slibgehalten in de meetpunten.

meetpunt	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.0000	0.9271	0.8412	0.6599	0.7082	0.7101	0.6720	0.7300	0.6774
2		1.0000	0.9134	0.7128	0.7219	0.7177	0.6923	0.7335	0.7043
3			1.0000	0.6987	0.7197	0.7350	0.6972	0.7024	0.6046
4				1.0000	0.7932	0.8229	0.7504	0.7416	0.6516
5					1.0000	0.8867	0.8255	0.8222	0.6833
6						1.0000	0.8783	0.9011	0.7624
7							1.0000	0.8731	0.7039
8								1.0000	0.8251
9									1.0000

TABEL 15: Verhouding tussen slibgehalte aan het wateroppervlak en slibgehalte gemiddeld in de verticaal¹⁾.

meetpunt	eb-periode		significant verschil ²⁾
	april t/m september	oktober t/m maart	
1	0.63 $\pm$ 0.25 (n=13)	-	-
2	0.36 $\pm$ 0.20 (n=13)	-	-
3	0.68 $\pm$ 0.21 (n=11)	-	-
4	0.58 $\pm$ 0.19 (n=12)	-	-
5	0.56 $\pm$ 0.31 (n= 5)	0.75 $\pm$ 0.31 (n=42)	nee
6	-	0.92 $\pm$ 0.14 (n= 5)	-
7	0.50 $\pm$ 0.19 (n=16)	0.66 $\pm$ 0.17 (n=10)	ja
8	0.83 $\pm$ 0.15 (n=25)	0.76 $\pm$ 0.18 (n=12)	nee
9	0.53 $\pm$ 0.24 (n=28)	0.66 $\pm$ 0.20 (n=20)	ja

meetpunt	vloed-periode		significant verschil ²⁾
	april t/m september	oktober t/m maart	
1	0.67 $\pm$ 0.35 (n= 7)	0.57 $\pm$ 0.12 (n= 5)	nee
2	0.48 $\pm$ 0.20 (n= 8)	0.43 $\pm$ 0.14 (n= 5)	nee
3	0.48 $\pm$ 0.19 (n= 5)	0.71 $\pm$ 0.12 (n=15)	ja
4	0.61 $\pm$ 0.27 (n=13)	0.66 $\pm$ 0.30 (n= 6)	nee
5	0.60 $\pm$ 0.19 (n= 5)	0.41 $\pm$ 0.17 (n=14)	ja
6	-	0.67 $\pm$ 0.30 (n=23)	-
7	0.43 $\pm$ 0.17 (n=31)	0.69 $\pm$ 0.21 (n=17)	ja
8	0.67 $\pm$ 0.21 (n=39)	0.76 $\pm$ 0.14 (n=26)	ja
9	0.55 $\pm$ 0.21 (n=28)	0.74 $\pm$ 0.24 (n=53)	ja

¹⁾ Gebaseerd op metingen t/m 1976.

²⁾ 95% betrouwbaarheid.

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee
adviesdienst vliissingen

expedite		rijkswaterstaat adviesdienst hoorn	
aantal	nr. 2219	dd:	10 AUG 1982
brief	bijlage	geadresseerde	i.v.m. zijn/mijn nr.
		minuut	van 19
		aan Bibliotheek	
		dist. kust en zee	
		onderzoek- en advies afd.	
		behandeling	
		technische- en instrumentatie afd.	
		creatie	
afschrift om bericht en raad/ter kennis- neming/uitvoering en naleving			

uw kenmerk:

uw brief van:

projectcode									
V	8	1	0	5	P	2	5		

in behandeling bij

onderwerp

Ir. J.W. Daamen
Slibbemonsteringen
Westerschelde.

AAN: geadresseerde

bibliotheek
rijkswaterstaat
adviesdienst hoorn

no: C 2093

11. AUG. 1982

vliissingen.

ons kenmerk:

1896

verzonden:

bijlagen

nota WWKZ-82.V003

Hierbij zend ik U een exemplaar van de nota WWKZ-82.V003,
"Onderzoek oppervlaktebemonstering slib in de Westerschelde,
periode 1969 - 1980".

In de nota zijn de resultaten van het bemonsteringsprogramma naar slib-, chloride- en temperatuurwaarden op de Westerschelde, zoals dat de afgelopen jaren door de Adviesdienst is uitgevoerd, vastgelegd.

Het ligt in de bedoeling om in een tweede rapport met behulp van deze gegevens en gegevens van 13-uurs metingen een benadering van de slibtransporten in de Westerschelde vast te leggen.

Het Hoofd van de Adviesdienst Vliissingen,

(ir. A. Hoekstra)

lylase bibl
SA
signaleren

Bratema

Adressenlijst

Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater,
t.a.v. ing. L.A. v.d. Kooij,
Postbus 17,
8200 AA LELYSTAD.

District Kust en Zee in de directie Waterhuishouding
en Waterbeweging, t.a.v. ir. H.W. Brunsveld van Hulten,
Van Alkemadelaan 400,
2597 AT 'S-GRAVENHAGE.

Het Hoofd van de Adviesdienst Hoorn in de directie
Waterhuishouding en Waterbeweging,
Postbus 601,
1620 AR HOORN.

Het Hoofd van de Afdeling Hellevoetsluis in de directie
Waterhuishouding en Waterbeweging,
Postbus 3,
3220 AA HELLEVOETSLUIS.

Het Hoofd van de Adviesdienst Delfzijl in de directie
Waterhuishouding en Waterbeweging,
Duurswoldlaan 2,
9936 HA DELFZIJL.

Het Hoofd van de Afdeling WTZ van de Deltadienst,
Van Veenlaan 1,
4301 NN ZIERIKZEE.

Deltadienst, Afdeling Kustonderzoek (WTK),
t.a.v. dr. J. Dronkers,
Van Alkemadelaan 400,
2597 AT 'S-GRAVENHAGE.

Deltadienst, Afdeling Kustonderzoek,
t.a.v. drs. L.H.M. Kohsiek,
Van Alkemadelaan 400,
2597 AT 'S-GRAVENHAGE.

Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, Fysische
Afdeling, t.a.v. ir. C.J. Louisse,
Postbus 20907,
2500 EX 'S-GRAVENHAGE.