

NX
B 1129

enkundig Milieu van het Intergetijdegebied

van de Westerschelde

Rijksuniversiteit Utrecht

Instituut voor Aardwetenschappen
Afdeling Bodemkunde

Rijkswaterstaat

Deltadienst
Hoofdafdeling Milieu en Inrichting

Directie Waterhuishouding en
Waterbeweging

Adviesdienst Vlissingen

HET BODEMKUNDIG MILIEU VAN HET INTERGETIJDGEBIED
VAN DE WESTERSCHELDE

Onder redactie van: J.J. Reynders
met bijdragen van R. Steneker, H. Pronk, H. Rikaart,
A. Molenaar, J. Miltenburg, J. Kool

februari 1985



Instituut voor Aardwetenschappen Rijksuniversiteit
Utrecht, 3598 TA Utrecht.
Instituut voor Bodemkunde

Inhoudsopgave

	Blz.
1. Inleiding	1
2. Werkwijze	2
3. Geologisch overzicht	3
4. Fysische-chemisch karakter van het Westerscheldewater	4
5. Vegetatie	10
6. De bodemfauna van het intergetijdegebied	15
7. De Pedogenese van buitendijkse gronden	21
8. Redoxpotentialen	26
9. Het ¹³ C/-onderzoek	30
10. De bodemkaart	33
11. De Textuurkaart	39
12. De Kalkkaart	41
13. De Zuurgraad	42
14. De Zoutkaart	42
15. Het soortelijk volume	44
16. De organische stof en de koolstof	46
17. De stikstof	50
18. Zwavel	53
19. De Fosfor	54
20. Kleimineralen	57
21. De Zware metalen: Co, Cr, Zn, Cu, Ni, Pb, Cd.	59
22. Radio-activiteit	67
23. Aanbevelingen	68
24. Geraadpleegde literatuur	69
25. Samenvatting	72

Bijlage 1: bodemprofielen

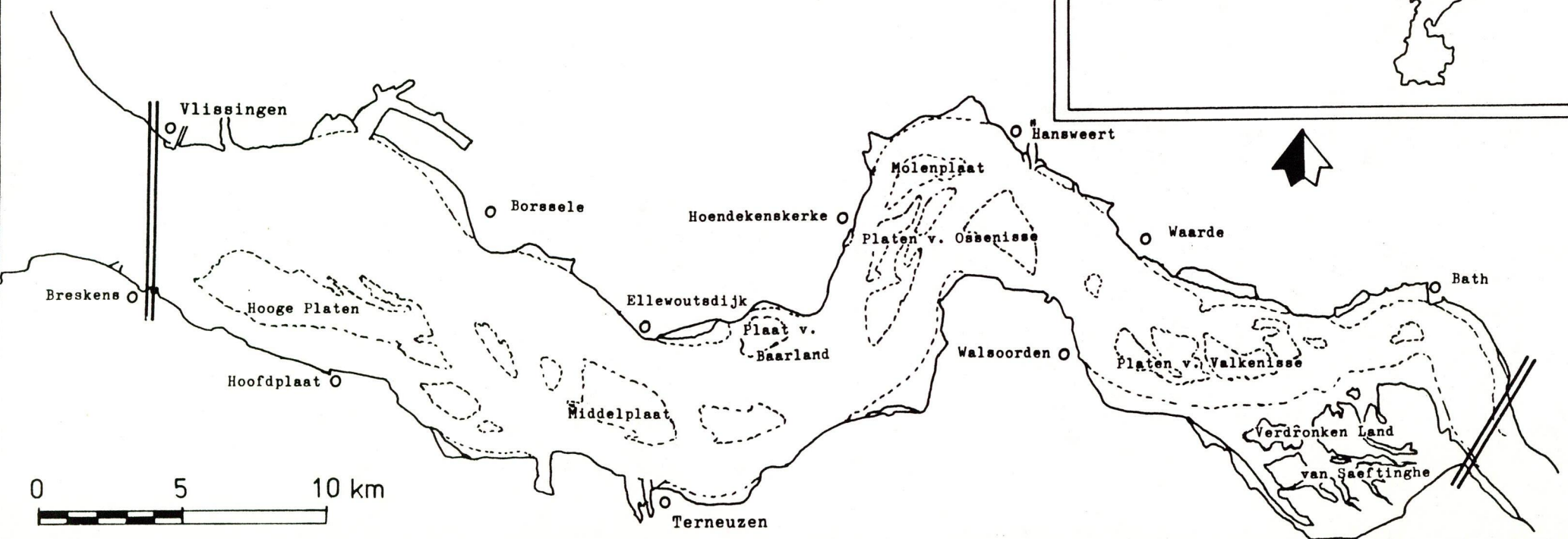
2: kaarten 1 : 50.000

- | | |
|-----------------------------------|------------------|
| 3. kaarten: 1. monsterpuntenkaart | 8. chroomkaart |
| 2. bodemkaart | 9. zinkkaart |
| 3. textuurkaart | 10. koperkaart |
| 4. kalkkaart | 11. nikkelkaart |
| 5. zoutkaart | 12. loodkaart |
| 6. bodemfaunakaart | 13. cadmiumkaart |
| 7. kobaltkaart | |

Figuur 1: LIGGING EN OVERZICHTSKAART VAN DE WESTERSCHELDE

- ==== gebiedsafbakening
- gebieden boven GLW

NEDERLAND



1. Inleiding

Tijdens de zomer van 1984 vond gedurende zes weken in opdracht van en in samenwerking met Rijkswaterstaat Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, Adviesdienst Vlissingen en de Hoofdafdeling Milieu en Inrichting van de Deltadienst te Middelburg een bodemkundige verkenning plaats van het intergetijde gebied van de Westerschelde.

De bedoeling was een inventarisatie van het bodemkundige milieu, waarbij het maken van een bodemkaart, het globaal opnemen van flora en fauna, het nagaan van een aantal relevante bodemkundige milieufactoren, benevens het onderzoeken van gehalte van een aantal zware metalen centraal stonden. Mogelijk konden uit de opname een aantal punten voor verder onderzoek aangegeven worden.

De Westerschelde maakt deel uit van het deltagebied van zuidwest Nederland. De buitendijkse gebieden omvatten 5668 ha platen, 2572 ha slikken en 2775 ha schorren, in totaal 11.035 ha. Het opnamegebied is begrensd in het westen door de lijn Vlissingen-Breskens en in het oosten door de Nederlands-Belgische grens.

De opnamen zijn geschied door zes studenten in de Bodemkunde en Fysische Geografie aan de Rijksuniversiteit te Utrecht.

Een algemeen overzicht van de Westerschelde is gegeven in een nota van Rijkswaterstaat "Een milieukundige probleemschets van de Westerschelde" door J. Stronkhorst in 1983. Hierin worden uiteraard algemene zaken aangestipt. De bodem wordt alleen terzijde genoemd. De nota gaat vergezeld van een literatuuroverzicht van 122 titels.

In twee nota's "Kartering van de bodemsamenstelling van de oostelijke en westelijke Westerschelde" in 1978 en 1980 geeft D. de Looff een overzicht van zeer veel analyse van humus-, kalk-, slib-, zandpercentages en medianen van de zandfracties. De gegevens zijn op kaarten verwerkt die zowel de onderwaterdelen als de intergetijdegebieden omvatten. Zij zijn vrij schetsmatig. Het leek ons dienstig deze gegevens niet in eerste instantie in de onderhavige opname te verwerken maar dit in een later stadium te doen.

Een gedetailleerd overzicht van het Verdrongen Land van Saeftingen wordt gegeven in "Saeftinghe", 1972, vegetatiekaart 1 : 10.000 door J. Leemans en B. Verspaandonk. Hoewel de vegetatie in deze publicatie centraal staat worden ook bodemkundige gegevens vermeld. De vegetatie op de kaart geeft een detail aan die thans niet geheel meer met de huidige toestand overeenkomt. Interessant is de groei of opwas van de Saeftingen-eilanden, waarbij men goed kan zien dat vooral de noordwesthoek sinds 1935-36 geheel gevormd is.

2. Werkwijze

Voorafgaande aan het veldonderzoek zijn in het kort de bestaande rapporten, luchtfoto's en kaarten bestudeerd. Aan de hand van getijde tafels is een werkschema gemaakt. Hierbij is ervoor gezorgd dat de platen en slikken (langs de oevers) tijdens laagwater en de schorren alsmede het Land van Saeftinge gedurende hoogwater zijn gekarteerd. Voor de opname van de platen werd een meetvaartuig, meestal het M.S. "De Swaelinge" met bemanning door R.W.S. beschikbaar gesteld. De plaatsbepaling op slikken en schorren kon eenvoudig geschieden met behulp van luchtfoto's en gedetailleerd kaarten. Daar de platen, vooral de oppervlakte beelden, deels eentoning zijn, deels sneller veranderen, is voor de plaatsbepaling gebruik gemaakt van radar aan boord van "De Swaelinge". Middels een baken en mobilifoons kon op deze wijze de waarnemingen nauwkeurig in kaart worden gebracht. Hoewel, voor de platen de nieuwste zogenaamde vakkaarten van de Westerschelde, nrs. 1 t/m 6 zijn gebruikt bleek dat door afslag, dijkval of aanwas soms waarnemingen "in het water vielen". De noord- en zuidoevers werden over land middels eigen transportmiddelen bereikt. In het Verdrongen Land van Saeftingen is onder de hoede van een gids in dit gevaarlijke terrein geopereerd.

Bij de opname zijn standaardformulieren gebruikt waar de belangrijkste opname criteria in kolommen of tabellen in categorieën op vermeld staan. De gebruikte luchtfoto's dateren van 1980-1982 en zijn opgenomen op een schaal 1 : 10.000.

De bodemkundige waarnemingen zijn voor het merendeel met een spade en een bodemguts opgenomen. Afhankelijk van de bodem en het vochtgehalte werd de bovenste decimeters met de spade bestudeerd terwijl diepere delen gegutst werden. Opname van gronden (zanden) dieper dan 60 tot 80 cm was vrijwel niet mogelijk daar het materiaal zeer snel vervloeid. Totaal zijn ongeveer 500 bodemkundige waarnemingen gedaan.

Er zijn totaal 286 monsterringen verzameld, waarvan de meesten in twee of drievoud, voor zoutbepalingen en andere analyses. Verder zijn ca. 190 grondmonsters verzameld voor allerlei bodemkundige analyses. De resultaten zijn in bijlage op een tabel gegeven.

De monsters zijn op vier verschillende plaatsen geanalyseerd, t.w.:

- het laboratorium Directie Waterhuishouding en Waterbeweging van RWS Adviesdienst Vlissingen
- het laboratorium van de Hoofdafdeling Milieu en Inrichting van de Deltadienst Middelburg
- het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewassenonderzoek te Oosterbeek,
- het laboratorium van de Afd. Bodemkunde der RU te Utrecht.

De gegevens zijn in het kort in de volgende hoofdstukken samengevat. Van de bodemtypen en van een aantal andere grootheden zijn kaarten op een schaal 1 : 50.000 gemaakt.

3. Geologisch overzicht

In de geologische geschiedenis van Zeeland is een opeenvolging van verlandingen en overstromingen vast te stellen. De huidige vormen van Zeeland hangen samen met de trans- en regressies en aanslibbingen in het Kwartair.

In het Pleistoceen lagen gedurende lange perioden grote delen van Zuid Nederland droog. De pré-Schelde stroomde langs het Massief van Brabant noordwaarts en werd door het landijs en afzettingen van Rijn en Maas westwaarts gedwongen. In het Weichselien werden grote complexen dekzanden afgezet, deze vormen soms ruggen w.o. de Rug van Hulst. Deze laatste ligt in de huidige ondergrond in ZW-NO-richting

en heeft er lange tijd toe bijgedragen dat de Schelde loop meer noordelijker bleef.

Vanaf het begin van het Holoceen ontstond onder invloed van de zeespiegelstijging het Basisveen en later het Hollandveen. In het oostelijk deel van het estuarium ligt het veen direct op het dekzand. Meer naar het westen en noorden werd over het dekzand ander materiaal gesedimenteerd: de Calais-afzettingen. Deze waren aanvankelijk zandig doch later (hoger) meer kleiig. Deze vormen op vele plaatsen de ondergrond van de Zeeuwse eilanden of zijn zijn weggeërodeerd. De latere Duinkerken afzettingen, voornamelijk D-II en D-III, vormen thans de gronden van Zeeland.

De oudere D-II zijn deels ontkalkt. Transgressies sloegen lokaal mariene sedimenten en veen weg, in plaats waarvan, vooral in de zeearmen later zandigen en kleiige D-III werden afgezet. Grote ingressies vielen in 1357, 1375, 1404 (St. Elizabeths-vloed), in 1531 (wegslaan van het Land van Saeftinge) en tenslotte de ramp van 1953. De jongere afzettingen, ingedijkt als "Nieuwland" bestaan uit kalkrijke zavels tot kleien.

De Schelde stroomde vermoedelijk tot in het begin van de jaartelling nog door het huidige Oosterschelde estuarium. Door latere ingressies in Zeeland en verzandingen van het Oosterscheldegebied is zijn afvoer door de Westerschelde komen te liggen.

De Westerschelde is diep ingesneden in de Pleistocene afzettingen, Calais-afzettingen, en Hollandveen. Lokaal dagzomen de hoogste formaties aan de oevers. De platen of banken bestaan uit de jongste Duinkerken afzettingen. Deze banken bestaan echter, zoals uit de kartering bleek, niet uitsluitend uit zand maar hebben soms sterk kleiige lagen, waardoor klifachtige oevers ontstaan. Ten gevolge van afslag en aanwas veranderen de platen voortdurend over kleine afstanden.

4. Fysisch-chemisch karakter van het Westerscheldewater

De afzettingen in het Westerscheldegebied zijn afkomstig uit het water van het estuarium en zullen een relatie met de samenstelling van het water hebben. Het is daarom zinvol een overzicht van de voornaamste fysische en chemische eigenschappen van het Westerscheldewater te geven.

De Pauw (1975) geeft een inzicht van het milieu over de periode 1967-1969. Hieruit wordt hieronder voor het gebied tussen Vlissingen en Antwerpen een overzicht gegeven.

Hydrografisch omvat het gehele Scheldebekken met zijrivieren een oppervlakte van 19.141 km². De totale lengte van de Schelde vanaf Vlissingen tot aan de bron is 160 km. De afstand van Vlissingen tot aan de Nederlands-Belgische grens volgens de stroomdraad is ca. 50 km, die tot de stad Antwerpen ca. 75 km. Een estuarium is een nabij de kust gelegen half ingesloten waterbekken dat met de zee in verbinding staat en waarin het zeewater op merkbare wijze verdund wordt.

De gemiddelde getijdebeweging bij Vlissingen is 3.80 m (4.37 m gemiddeld bij springtij en 2.98 m bij doodtij); nabij Antwerpen bedraagt deze 4.77 m. In het estuarium ontstaat dus stuwning. De waterverplaatsing in de Schelde is bij vloed ca. 10 km en bij eb ca. 15 km. Het water beweegt zich per getijde gemiddeld ca. 5 km zeewaarts.

De temperatuur van het water varieert van de periode jan-febr. tot juli-aug. voor Vlissingen en Antwerpen respectievelijk tussen 3.9 tot 20.2°C en 2.8 tot 23°C.

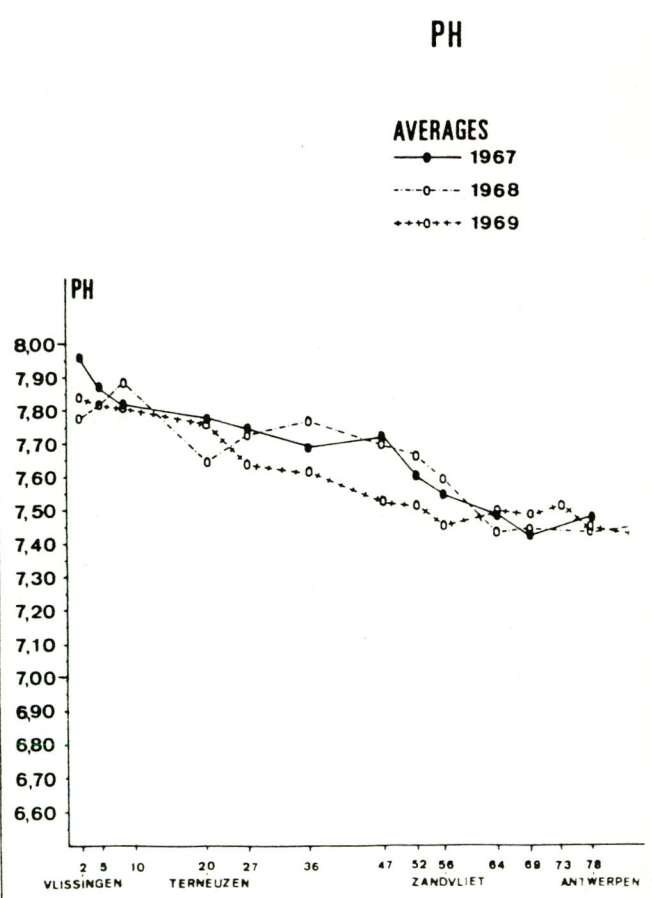
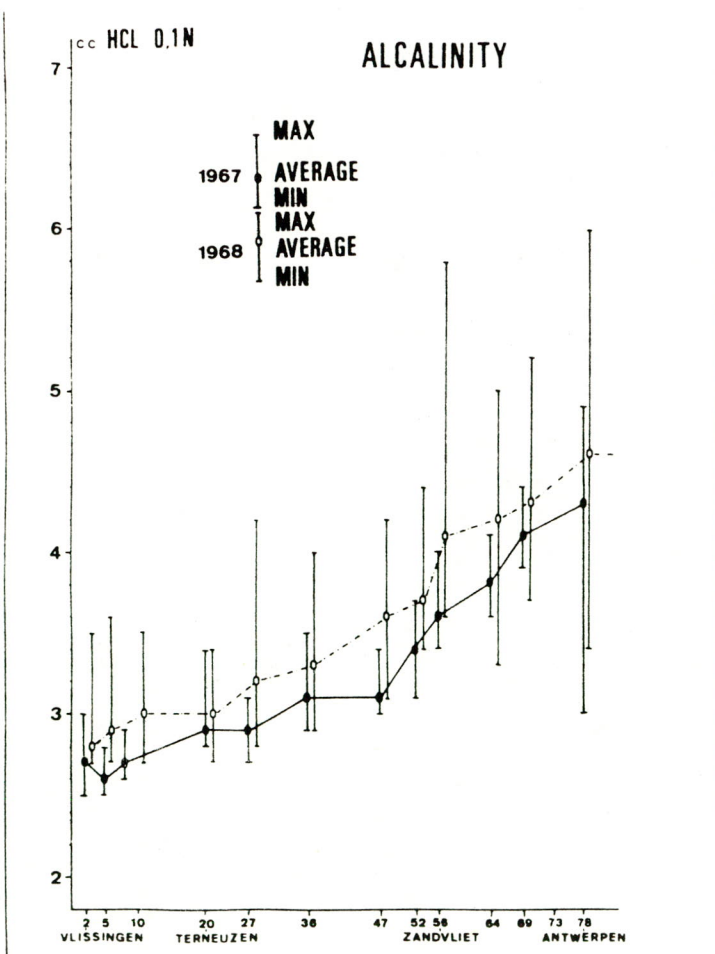
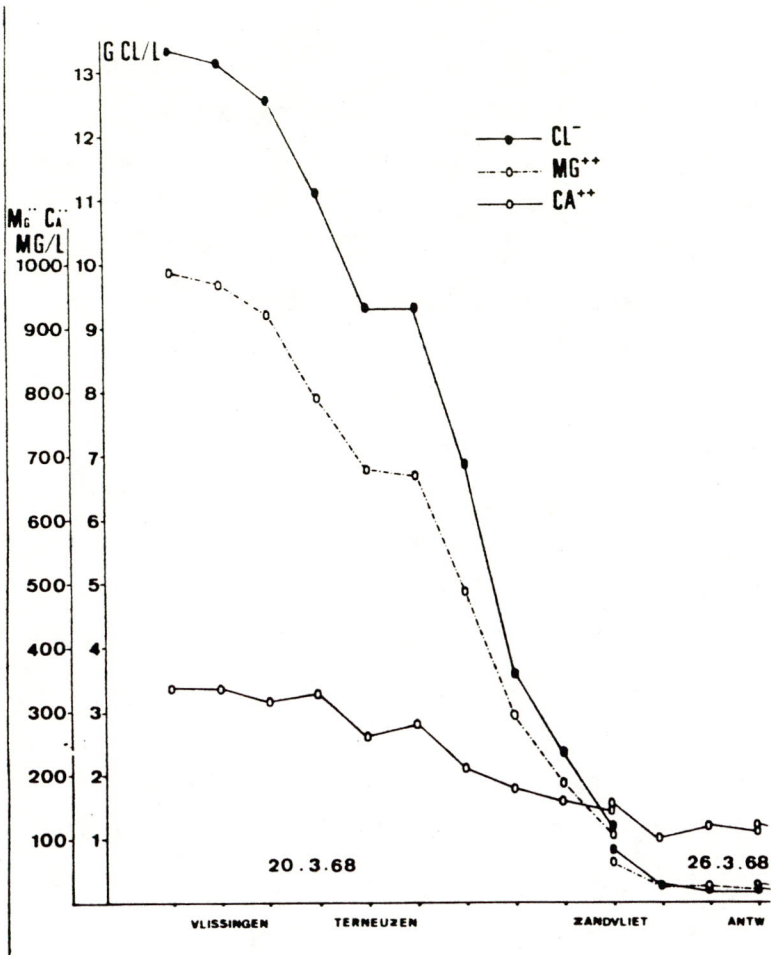
Van andere grootheden worden hierbij enige figuren gegeven van gegevens ontleend aan De Pauw tussen Vlissingen en de grens (zie blz. 6, 7 en 8). De chloriditeit, en daarmee het zoutgehalte, neemt van Vlissingen tot de grensoverschrijding van ca. 16.5 g Cl/l tot 3.5 g Cl/l af, hetgeen overeen komt met saliniteiten van resp. 27.2 en 5.8 gr. NaCl/liter. De Noordzee bevat gemiddeld ca. 32 gr. NaCl per liter. De relatief grootste afname geschiedt stroomopwaarts na Hansweert.

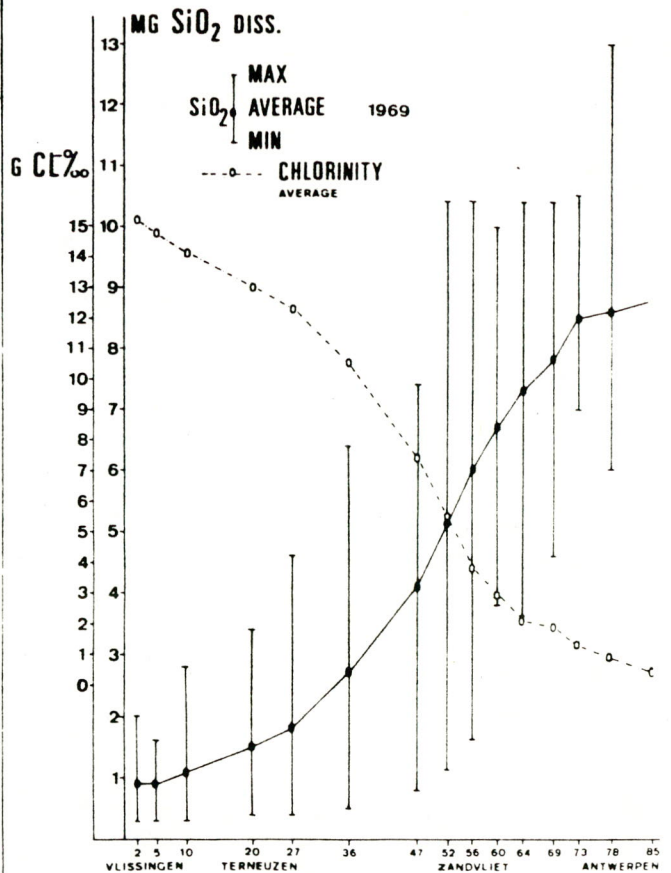
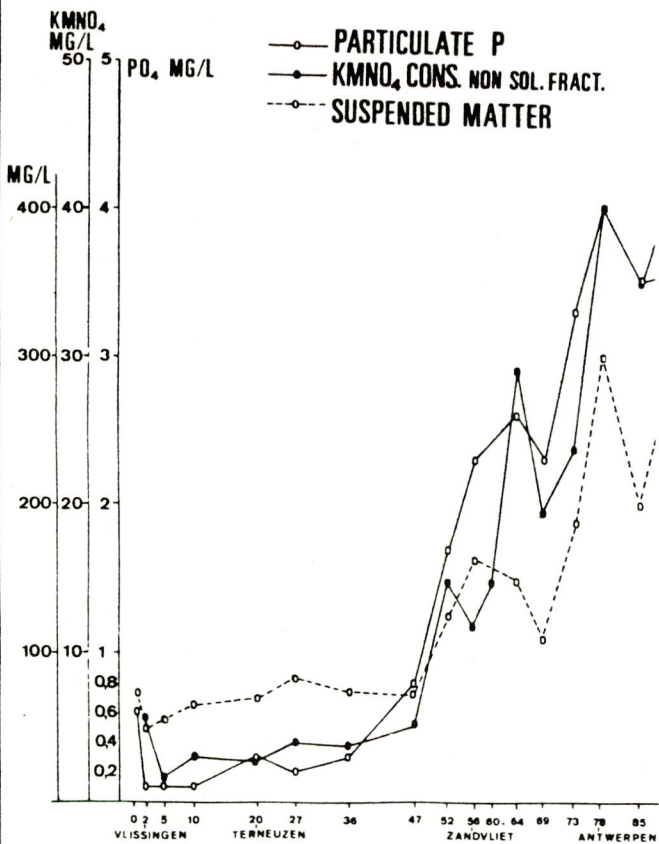
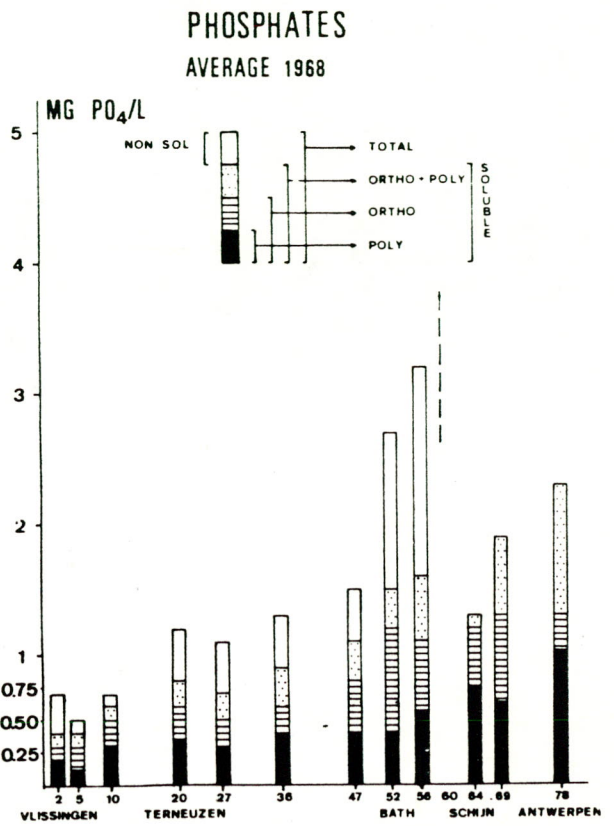
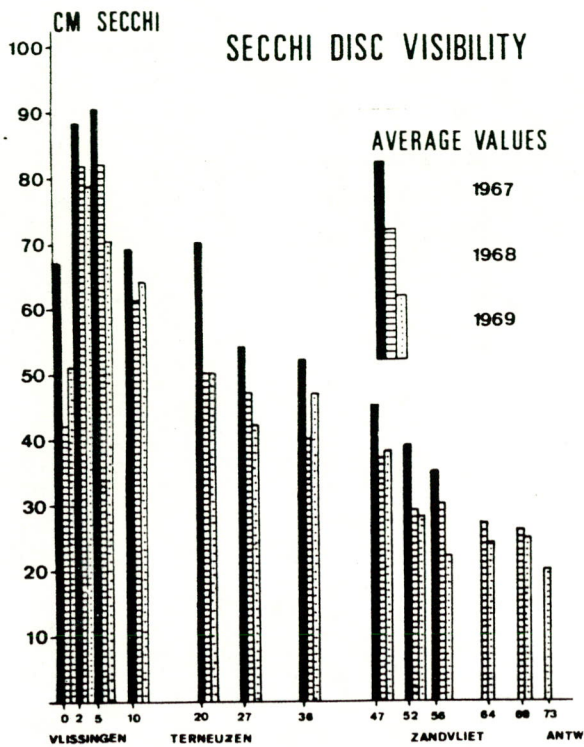
De magnesiumconcentratie in het water neemt over het betrokken traject af van ca. 1000 mg/l tot ca. 110 mg/l; het gehalte aan calcium over dezelfde afstand van 330 mg/l tot 150 mg/l. Bij calcium is de aanvoer vanuit België met het rivierwater van groter belang dan dat van magnesium.

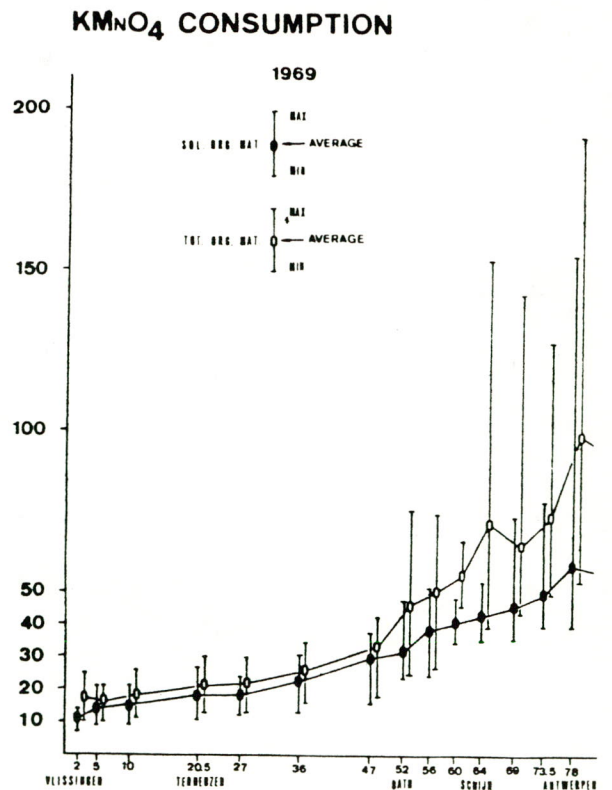
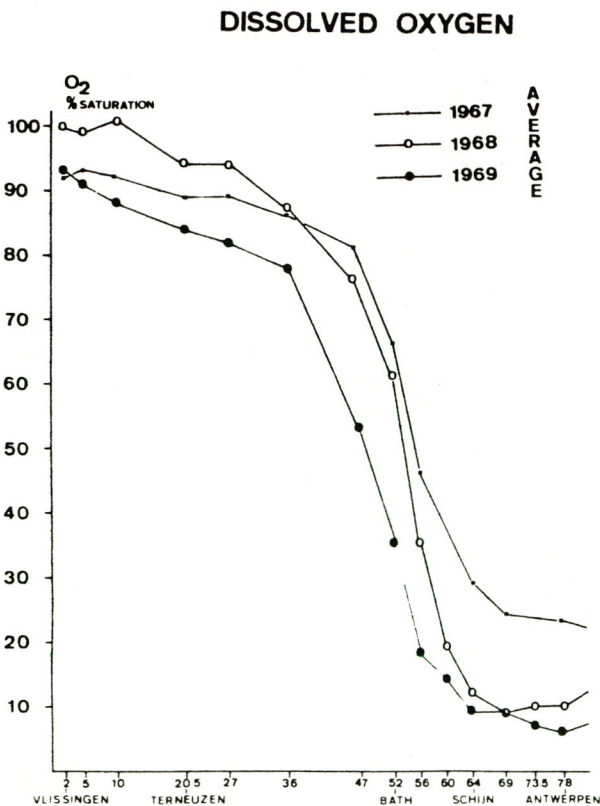
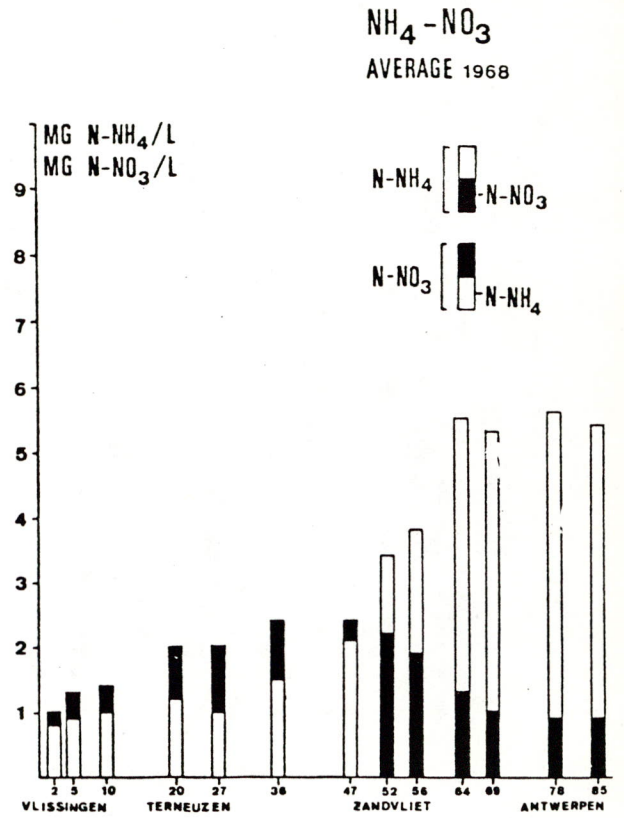
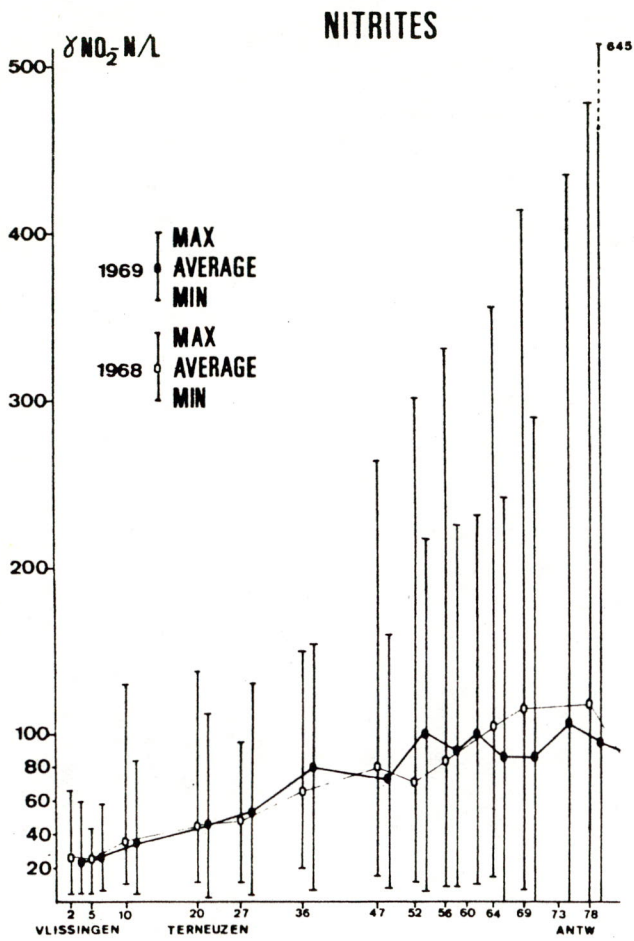
De zuurgraad verloopt van Vlissingen tot de grens (nabij Zandvliet) van een pH = 7.8 tot 7.9 naar pH = 7.5 tot 7.6. Fluctuaties van 0.5 pH-eenheid zijn in dit traject niet ongewoon.

De alkaliniteit of hoeveelheid opgeloste carbonaat en bicarbonaat loopt stroomopwaarts op van ca. 2.7 tot 3.7 ml HCl 0.1 N/l.

De waterdoorzichtigheid en het gehalte aan slib zijn omgekeerd evenredig met elkaar. Het gehalte aan gesuspendeerde stoffen neemt geleidelijk naar Antwerpen toe van 50 mg/l tot 300 mg/l. De toename is het sterkst in het oostelijke derde deel van het estuarium. Dit stemt overeen met de verdunning van het zeewater zoals in de chloriditeit tot uiting komt. Eveneens blijkt er een positieve relatie te bestaan tussen de in







suspensie zijnde hoeveelheid slib en het organische stof en het fosfaatgehalte. De fosfaat neemt stroomopwaarts toe van ca. 0.5 tot 4.0 mg PO₄ per liter.

De hoeveelheid oplosbaar kiezelzuur neemt eveneens in dezelfde richting toe van ca. 1 mg SiO₂/l tot ca. 8 à 10 mg/l.

Het opgeloste zuurstof percentage in het water neemt van Vlissingen naar de grens van ca. 100% tot 10% af. De sterkste afname valt wederom met het oostelijke derde deel van het estuarium samen. Het afnemen van de zuurstof speelt in de reductie in de stikstofhuishouding een duidelijke rol.

Door mineralisatie van organische stof wordt NH₄ gevormd.

In aerob milieu wordt nitraat gevormd. Stroomopwaarts neemt voor Hansweert het gehalte aan NH₄ eerst geleidelijk af en er na snel toe.

Het gedrag van het nitraatgehalte is tegengesteld hieraan. Het nitrietgehalte loopt parallel ~~aan~~ dat van NH₄. Duidelijk is dat er een positieve samenhang bestaat tussen het zuurstofgehalte, de organische stof en de reduceerbare stoffen in dit milieu.

Het verdient aanbeveling de verschillende relaties in modellen na te gaan en eveneens daarbij te bestuderen in hoeverre bepaalde gradienten met de verdunning van het Scheldewater met zeewater samenhangen.

De Pauw trekt de conclusie dat uit de hoge waarden van de meeste nutriënten afgeleid kan worden dat de Schelde een sterk eutroof milieu heeft.

Alleen het silikaatgehalte kan tijdens zomerbloei limiterend voor de diatomeeën-ontwikkeling zijn.

Bodemkundige parameters kunnen in de toekomst met overeenkomstige gegevens van het water vergeleken worden.

Literatuur: C. de Pauw. 1975. Bijdrage tot de kennis van het Milieu en Plankton in het Westerschelde-estuarium. 3 delen pp. 344, R.U. Gent.

5. Vegetatie

Tijdens de bodemkundige opname is steeds rondom de opnamepunten de vegetatie opgenomen, waarbij de verschillende soorten en de bedekkingsgraad zijn genoteerd. Hoewel er geen vegetatiekaart is gemaakt zijn deze gegevens samengevat in tabel 5.1 en 5.2.

In deze tabellen zijn verschillende deelgebieden genoemd. Er is een onderverdeling gemaakt in slik, laagschor en hoogschor. In het veld is niet specifiek op de grens tussen laag- en hoogschor gelet, noch later ingemeten. Een kenmerk van een hoogschor is het duidelijk onderscheid in hoogte en vegetatie tussen oeverwallen en kommen. Indien dit laatste het geval is is dit apart vermeld. De genomen 5% grens van de bedekkingsgraad is gehanteerd omdat dit percentage in het veld regelmatig werd genoteerd.

De volgorde van de plantensoorten is dusdanig gekozen omdat van boven naar beneden:

- soorten alleen in het westelijk deel zijn waargenomen,
- soorten op alle schorren voorkomen, maar waarvan het accent westelijk ligt,
- soorten eveneens gelijkmatig verspreid zijn, maar het zwaartepunt in het oosten ligt,
- soorten alleen in het oosten zijn waargenomen.

Eveneens zijn van de lagere planten de bruine kiezelwieren in de tabel genoemd, hoewel de ontwikkeling aan andere factoren dan die bij hogere planten te wijten kan zijn.

TABEL 5.1

VERSPREIDINGSTABEL VAN DE VEGETATIE OP DE NOORDOEVER VAN DE WESTERSCHELDE

Deelgebieden Noordoever W→O vegetatie	slikken tussen Vlissingen en Sloehaven				slikken tussen Sloehaven en Ellewoutsdijk				slikken en schor bij Ellewoutsdijk en Baarland				slikken van Hoedekenskerke tot Hansweert				slik en schor voor Emanuel-polder				slik en schor bij Bath				slikken en schorren van Ossendrecht						
	S	L	K	O	S	L	K	O	S	L	K	O	S	L	K	O	S	L	K	O	S	L	K	O	S	L	K	O	S	L	K
Zeekraal																															
Zeewegbree																															
Lamsoor																															
Gerande schijnspurrie																															
Schorrekruid																															
Gewoon kweldergras																															
Zoutmelde																															
Schorrezoutgras																															
Zeealsem																															
Spiesmelde																															
Engels slijkgras																															
Kiezelwier																															
Zeeaster																															
Strandkweek																															
Zeebies																															
Riet																															
Zandhaver																															

TABEL 5.2

VERSPREIDINGSTABEL VAN DE VEGETATIE OP DE ZUIDOEVER VAN DE WESTERSCHELDE

Deelgebieden Zuidoever W→O vegetatie	slikken en schor van Breskens tot Hoofdplaat				slik en schor bij Paulinapolder				slikken tussen Terneuzen en Eendracht				schor voor Hellegatspolder				slikken en schor van Perkpolder tot Baalhoek				slikken en schor ten noorden van Paal				schorren van west Saeftingen				schorren van midden Saeftingen				schorren van oost Saeftingen			
	S	L	K	O	S	L	K	O	S	L	K	O	S	L	K	O	S	L	K	O	S	L	K	O	S	L	K	O	S	L	K	O	S	L	K	O
Zeedsem																																				
Lamsoor																																				
Zoutmelde																																				
Kiezelwier																																				
Gerande schijnspurrie																																				
Gewoon kweldergras																																				
Zeewegbree																																				
Schorrezoutgras																																				
Schorrekruid																																				
Engels slijkgras																																				
Zeeaster																																				
Zeekraal																																				
Spiesmelde																																				
Strandkweek																																				
Zeebies																																				
Riet																																				

S = Slik
 L = Laagschor
 K = Kom van de hoogschor
 O = Oeverwal van de hoogschor

▨ = bedekking < 5%
 ■ = bedekking > 5%

De meest voorkomende soorten zijn:

- Engels slijkgras	: <i>Spartina anglica</i>
- Gerande schijnspurrie	: <i>Spergularia media</i>
- Gewone zoutmelde	: <i>Halimione portulacoïde</i>
- Gewoon kweldergras	: <i>Puccinellia maritima</i>
- Kiezelwier	: <i>Pleurosigma</i>
- Lamsoor	: <i>Limonium vulgare</i>
- Nopjeswier	: <i>Vaucheria compacta</i>
- Riet	: <i>Phragmites australis</i>
- Schorrekruid	: <i>Suaeda maritima</i>
- Schorrezoutgras	: <i>Triglochin maritima</i>
- Spijesmelde	: <i>Atriplex hastata</i>
- Strandkweek	: <i>Elytrigia pungens</i>
- Zandhaver	: <i>Leymys arenarius</i>
- Zeealsem	: <i>Artemisia maritima</i>
- Zeeaster	: <i>Aster tripolium</i>
- Zeebies	: <i>Scirpus maritimus</i>
- Zeekraal	: <i>Salicornia europaea</i>
- Zeeweegbree	: <i>Plantago maritima</i>

5.1. Conclusie.

Op de noordelijke oever zijn vier schorren onderscheiden.

De vegetatie op het schor bij Ellewoutsdijk en Baarland is gevarieerd.

Met name de zouttolerante soorten als Zoutmelde en Lamsoor zijn goed vertegenwoordigd. Engels slijkgras komt vrijwel op alle schorren voor. Oostwaarts treft men zoetere soorten zoals Zeebies en riet aan.

De Zeebies wordt stroomopwaarts "voor het eerst" op het schor voor Emanuelpolder aangetroffen, terwijl riet "pas" op het schor bij Bath te vinden is. Het riet heeft een ondergroei van Spijesmelde en Zeeaster. Het aantal soorten neemt oostwaarts sterk af.

Op de zuidoever is Lamsoor minder ver oostelijk doorgedrongen. Het zeekraal, een pioniersplant op het slik, treft men in Seaftinge herhaaldelijk aan. In oostelijke richting neemt de Zeebies vaak de dominante positie van *Spartina* op het laagschor over. Strandkweek is een typische oeverwal begroeiing. Het neemt in oostelijke richting in betekenis toe, waarbij het in het oosten een veel breder begroeiings-areaal heeft dan alleen de hogere oeverwallen. Vergeleken met de Ooster-

schelde ziet men daardoor een andere oeverwallen vegetatie dan in de Westerschelde.

Zoals reeds opgemerkt verandert de soortensamenstelling van west naar oost. Zoutere soorten worden vervangen door zoetere soorten.

De afname van het soorten aantal treft men zowel op de noord als de zuidoever. De zuidoever vertoont geografisch gezien een hiaat in de overgang van zout naar zoete soorten. De schorbegroeiing bij Baalhoek is namelijk zoeter van karakter dan de NW-punt van Seaftinge (Konijnschor). Dit laatste neemt een nogal extreme positie in, het bezit zowel zeer zoete als zeer zoute planten. Van kreek naar kom ziet men de volgende sequenties: Zoutmelde; Strandkweek; Kweldergras; Spiesmelde en Schorrezoutgras; Spartina en Speismelde; Spartina en Zeebies.

De vegetatie op de platen verdient speciale aandacht (figuur 5.3.). Vanzelfsprekend is het soorten aantal minimaal. Op alle zandplaten, behalve op de Suikerplaat, de Middelplaat en de plaat ten noorden van Terneuzen, komen Spartina en Kiezelwier voor. Het voorkomen van Kiezelwier is wel seizoensgebonden, zodat niet meer dan een momentopname in de maand augustus, met enige voorzichtigheid moet worden geïnterpreteerd. Op de Hooge Springer is goed te zien dat het Engels slijkgras een beschermende functie biedt ten opzichte van de overige gesignaleerde soorten. Westelijk van de Spartina komen achtereenvolgens Zeekraal, Zeeaster en het Schorrekruid voor. Westelijk van de Spartina is de bodem tevens iets hoger en droger. Deze gradiënt is verder nergens aangetroffen, alleen wat kleine pollen Spartina. Is deze plant goed aangeslagen dan worden de pollen soms 5 meter in doorsnede.

Op de zandplaten is het groeien van Spartina duidelijk aan hoogte gebonden. Deze plant wordt globaal gezien van 1.10 - 2.30 meter + NAP aangetroffen. Op de Hooge Plaat wordt de Spartina rond de 2 meter + NAP aangetroffen, dit in tegenstelling tot de platen in het oosten van het estuarium, waar de Spartina gemiddeld 1 meter lager reeds groeit. Dit kan te maken hebben met de zoetere omstandigheden dat waarschijnlijk voor een verschuiving van de pionierszone zorgt. In eerste instantie zorgt de Spartina voor zandaccumulatie in de wortel- en stengelzone, waardoor een relatief snelle ophoging van 10-20 cm van het lokale maaiveld optreedt. Tussen de Spartinapollen op de slikken is de bodem, in vergelijking met het overige slik, vaak al beter gedraineerd, zandiger, en vertoont initiële scheuring. In de pol is de Go-horizont,

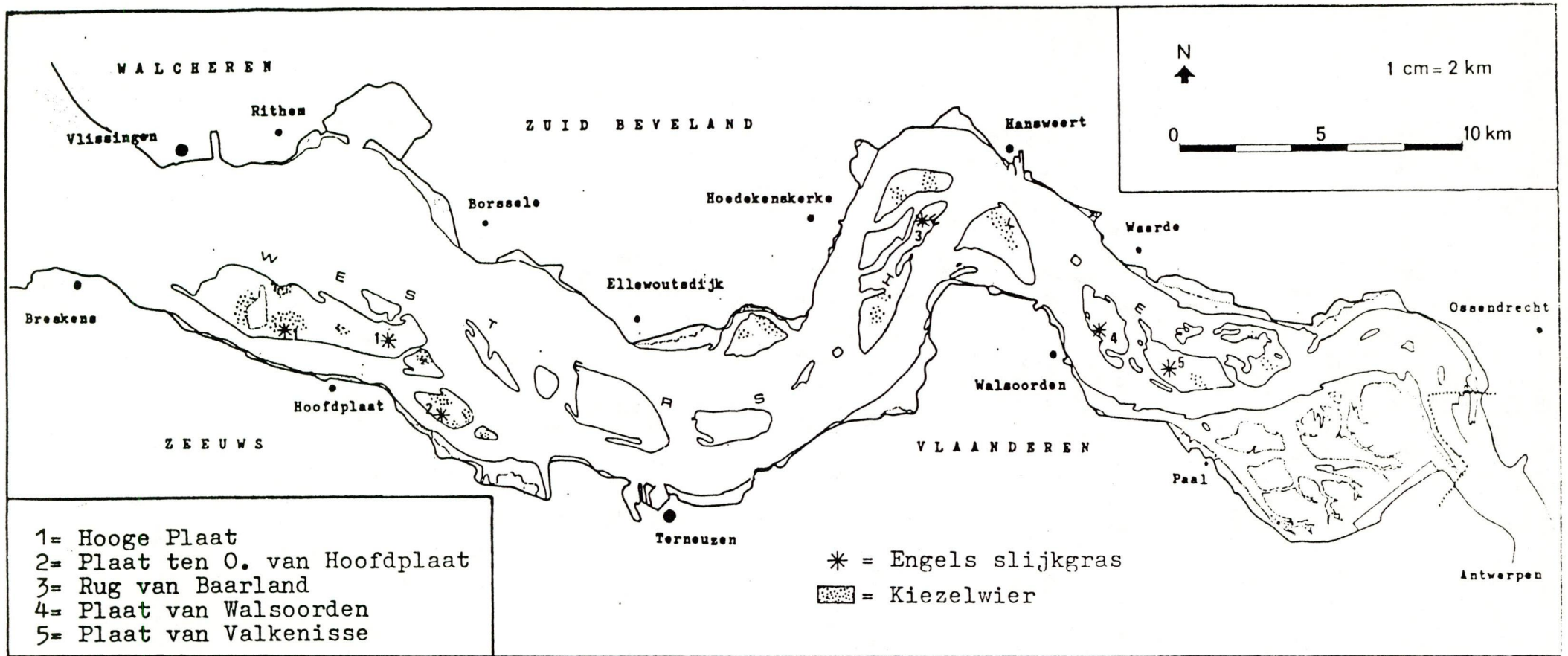


Fig.5.3 De verspreiding van Engels slijkgras en Kieselwier op de zandplaten in de Westerschelde.

die zich bovenin in het profiel bevindt, meestal dikker dan van de bodem in de directe omgeving (bodemtype 7), afhankelijk van de ouderdom kan men het profiel gelaagd noemen. Na verloop van tijd kan men van een A-horizont spreken, de bovenlaag wordt lutumrijker en er is oxidatie langs de wortelgangen zichtbaar (bodemtype 10). De A-horizont is door het wortelstelsel meestal gehomogeniseerd zodat niet meer van gelaagdheid gesproken kan worden. Na een aantal jaren kan er sprake zijn van een primair schor, er wordt dan meer slib opgevangen, waardoor de bovengrond zwaarder wordt. Behalve dat de bodem lutumrijker is, is deze ook minder gerijpt, ten oosten van Paal is zelfs een ongerijpte bovengrond onder de Spartina aangetroffen (bodemtype 2b).

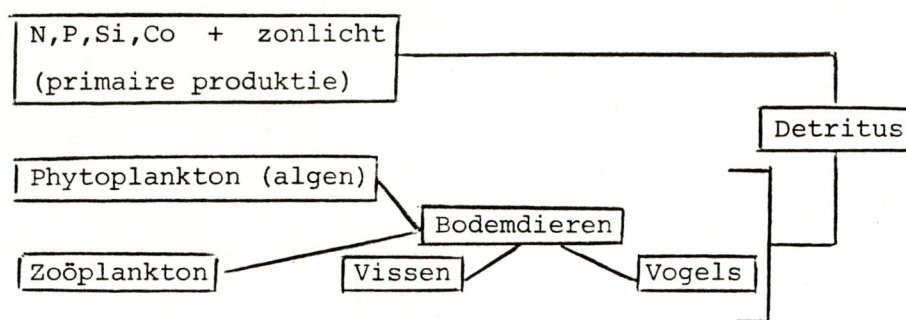
Voor nadere informatie omtrent de vegetatie in de Westerschelde wordt gewezen op het bestaan van gedetailleerde vegetatiekaarten van verschillende schorren.

Samengevat:

- In de soorten samenstelling is van west naar oost een zout-zoet gradiënt te zien.
- De zoute soorten dringen relatief ver oostelijk door, de zoetere soorten komen op hun beurt niet ver richting het westen.
- Voorbij de lijn Konijnenschor-Paulinapolder neemt het aantal soorten plotseling af.
- Op alle zandplaten wordt Spartina en Kiezelwier aangetroffen, behalve op de platen ten noorden van Terneuzen (Middelplaat, Suikerplaat en de Plaat ten noorden van Terneuzen).
- Er is op de zandplaten waarschijnlijk in verband met het chloride gehalte van het water van west naar oost een verlaging van de hoogte waarop initiële begroeiing begint.
- Bij de plantendistributie speelt mogelijk naast de normale zoutgradiënt ook de getijde stromen een rol.

6. De Bodemfauna van het intergetijdegebied

De bodemfauna bestaat uit de marcozoobenthos en de meio- of microbenthos. Deze laatste groep bestaat uit dierlijke organismen die 0.05-2 mm groot zijn. Hier zal verder alleen de macrozoöbenthos behandeld worden, bestaande uit wormen, schelpdieren en geleedpotigen. Deze dieren vormen een onmisbare schakel in de voedselkringloop, die er sterk vereenvoudigd zo uitziet:



De bodemdieren zorgen er dus voor dat de primaire produktie ten goede kan komen aan vissen en vogels.

De primaire produktie is in de Westerschelde in verhouding tot andere ondiepe kustwateren vrij klein. Er zijn voldoende voedingsstoffen, maar door de troebelheid van het water kan het zonlicht niet diep doordringen. Bodemdieren komen vnl. boven de 5m-NAP lijn voor. Ze voelen zich het best thuis bij 70% overspoelingsduur d.w.z. tussen 1.5 en 0.5 m-NAP. In het sediment zoeken ze bescherming tegen uitdroging, harde stroming en vijanden.

Tijdens hoogwater worden de bodemdieren door vissen bedreigd, terwijl de vogels bij laagwater op jacht gaan.

Bepalend voor de verspreiding van de macrozoöbenthos zijn het zoutgehalte van het water en de textuur van de bodem. Het afnemend zoutgehalte neemt ook de soortenrijkdom af; de kokkel (*Cardium edule*) bijvoorbeeld komt niet meer voor bij een chloridegehalte kleiner dan 10 gram Cl^- per liter. Op een zandplaat waar slechts grove deeltjes sedimenteren zal weinig fijn organisch materiaal bezinken; dieren die van dit organisch materiaal moeten leven zullen hier dus niet voorkomen. Uit het oogpunt van voedselrijkdom zal men de grootste hoeveelheid dieren verwachten op de slikken. Dit hoeft echter niet het geval te zijn, daar dit milieu erg vijandig kan zijn. Bij gebrek aan vrije zuurstof in de bodem zetten bacteriën sulfaten om in sulfiden en zuurstof.

Optimaal zijn gemengde bodems: slibrijk zand.

Er is een onderverdeling te maken in de manier waarop bodemdieren aan hun voedsel zkomen.

1. Suspensie-eters; deze dieren filtreren water en halen daar hun voedsel uit (zoöplankton, fytoplankton, organisch afval); ze gebruiken de bodem slechts als bescherming. Voorbeelden zijn *Cardium edule* en *Mya arenica*.

2. Sediment-eters; hiertoe behoren dieren die ofwel al het sediment inslikken en bruikbaar voedsel opnemen (*Arenicola marina*) ofwel alleen het eetbare bezinksel eten (*Hydrobia ulvae*). Het voedsel bestaat uit detritus, meiobenthos, bacterien en diatomeeën. Deze groep dieren leeft noodzakelijkerwijs in de slibrijkere delen. Omdat bruikbaar voedsel gemiddeld slechts 0.05 gewichtsprocent van het sediment uitmaakt moeten de sediment-eters heel wat zand en klei verwerken (5-10 gram/dag). Bij een toename van de sedimentatie bijv. door verandering in het stromingsregime, is er ook een toename van de sediment-eters te verwachten.

De volgende dieren zijn sediment-eters; *Arenicola marina*, *Hydrobia ulvae*, *Corophium volutator*, *Scrobicularia plana*, *Macoma balthica* en *Littorina neritoides*.

3. Vlees/aas-eters: hieronder vallen vnl. krabben, kreeftachtigen en bepaalde soorten garnalen en wormen. Deze dieren graven zich bij laagwater in of trekken zich terug in de geulen (getijden-migreerders) en gaan bij hoogwater op jacht.

6.1. Invloed van de bodemfauna op de bodem

De invloed van deze dieren op de structuur van de bodem is slechts merkbaar wanneer het om grote aantallen gaat. Dan houden ze door hun graaf en voedingsgedrag de bodem los, homogeniseren deze en verwijderen aanzienlijke hoeveelheden organisch materiaal. Bovendien zorgen suspensie-eters, via hun uitwerpselen voor een aanrijking aan klei die anders nooit mogelijk was geweest. Hiermede kunnen ook andere stoffen vastgelegd worden. Naast invloed op de bodemstructuur hebben de bodemdieren ook invloed op het oxidatie- en reductiepatroon. Wormen die in gangen leven houden een konstante stroom van zuurstofrijk water in stand, zodat de wanden van deze gangen bruinig geoxideerd afsteken tegen een eventueel zwart grijs gereduceerde omgeving.

Schelpdieren hebben veelal een hoeveelheid zwart, kleilig bodemmateriaal om zich heen. Dit is het gevolg van het voorkomen van grote aantallen bacteriën die sulfiden produceren, vooral na het afsterven van het schelpdier. De toevoeging van klei aan het sediment door suspensie-etende schelpdieren zal aan deze zwarting ook bijdragen.

De schelpen van afgestorven schelpdieren kunnen in de bodem schelpplagen vormen; bij de juiste stroming in het water soms ook schelpenbanken.

De meest gevonden soorten zijn:

Zeepier (*Arenicola marina*),
Kokkel (*Cardium edule*),
Platte slijkgaper (*Scrobicularia plana*),
Nonnentje (*Macoma balthica*),
Strandgaper (*Mya arenica*),
Wadkreeftje (*Corophium volutator*),
Zeeduizendpoot (*Nereis diversicolor*),
Draadwormen (*Scoloplos armiger*),
Zagers (*Nephtys*)
Wadslakje (*Hydrobia*).

Door het voorkomen van grote aantallen bodemdieren zijn estuaria, zoals de Westerschelde onontbeerlijk voor de voeding van zowel de vogels als voor de visstand.

6.2. Bodemfauna-kaart

Tijdens het onderzoek zijn bij de boorpunten ook de bodemdieren opgenomen. Veelvuldig zijn aangetroffen: kokkels, zeepiëren en draadwormen. Lokaal is het wadkreeftje in grote getalen gevonden. Het nonnetje, de strand- en slijkgapers, het wadslakje en zagers zijn minder frequent waargenomen. Van de mossel (*Mytilus*, de slikruik (*Littorina*) en oester (*Ostrea*) zijn slechts lege schelpen gevonden.

Voor de bodemfaunakaart is het aantal bodemdieren per m² geschat en ingedeeld:

- klasse 1: geen tot weinig
- klasse 2: gemiddeld
- klasse 3: veel tot zeer veel

Hierbij zijn echter voor verschillende dieren verschillende maatstaven gehanteerd, t.w.:

soort	klasse 1	klasse 2	klasse 3	
schelpen	0 - 10	10 - 100	100	per m ²
wadpieren	0 - 10	10 - 100	100	
draadwormen	0 - 100	100 - 1000	1000	
wadkreeftjes	0 - 100	100 - 1000	1000	

Deze klassen zijn op de bodemfaunakaart als gebieden aangegeven.

Daarnaast is bij elk opname punt op slik of plaat een code geplaatst die aangeeft welke dieren op die plaats binnen bovengenoemde gebieden gevonden zijn. De code is als volgt:

dieren	geen-weinig	gemiddeld	veel-zeer veel:
zeepieren (W1)	-	W1	2W1
wormen (W) draadwormen (W2)	-	W2	2W2
beiden (W)	-	W	2W
schelp- kokkels (S1)	-	S1	2S1
dieren(S) gapers/nonnetjes (S2)	-	S2	2S2
beiden (S)	-	S	2S
wadkreeftjes (G)	-	S	2S

(Het cijfer voor het symbool bij het opnamepunt verschuift t.o.v. de algemene klasse. Dit is gedaan om kortere symbolen op de kaart te geven.)

Voorbeelden:

1. Wanneer geen bodemdieren voorkomen is niets aangegeven.

2: bijv. 2W2G betekent dus: veel draadwormen, geen schelpdieren en enige wadkreeftjes.

6.3. Resultaten

Uit de bodemfaunakaart valt af te leiden dat, wanneer we letten op de aantallen dieren, aan de randen van de platen weinig activiteit is. Dit komt vermoedelijk door een samengaan van factoren. Langs de randen verplaatst het materiaal zich vrij snel of zelfs aanzienlijk per getijde. Het materiaal zal o,a, sterk zandig zijn. Verder zal voor een grotere populatie de soort er langer moeten leven en zich voortplanten. Op de hogere delen van de platen komen veelal grotere aantallen dieren voor. Dit kan samenhangen met voedseltoestand, kortere overstromingsduur doch toch steeds vochtige toestand en wellicht stromingssnelheid van het water.

Op de zuid- en noordoever is er over het algemeen een grote dierlijke activiteit, die echter naar het oosten toe afneemt. Deze afname naar het oosten, die ook op de planten merkbaar is, kan een gevolg zijn van het afnemend zout- en zuurstofgehalte in die richting.

Ten W van Ossensisse heeft een deel van het slik een lage dierlijke activiteit; hier ligt veen aan het oppervlak. Op het slik ten W van Borssele zijn opmerkelijk weinig bodemdieren aangetroffen. Dit valt slechts voor een deel te verklaren door het voorkomen van een harde klei grond punt 9.

Als we de verspreiding van de soorten bekijken valt op dat:

- het wadkreeftje, op een uitzondering na, slechts voorkomt ten O van Hoedekenskerke,
- de kokkel en de zeepier ten O van de lijn Hansweert-Walsoorden niet meer voorkomen.

Tussen de bodemkaart en de faunakaart bestaat over het algemeen weinig correlatie; eenzelfde bodemtype kan op verschillende plaatsen een geheel ander aantal dieren herbergen. Wel is het op een aantal plaatsen zo dat de grenzen op beide kaarten overeenkomen. Dit betekent dat het bodemtype wel enige invloed heeft op het voorkomen van bodemdieren, maar dat andere factoren zoals voedselaanbod, zuurstofgehalte, overstromingsduur, zoutgehalte echt differentiërend zijn.

Lokaal (o.a. slikken voor Walsoorden, Hooge Platen) werden grote accumulaties van dode schelpdieren (schelpen) gevonden. Soms in een dikke laag op enige diepte, elders in de vorm van hoge schelpenbanken.

Een verband tussen de verschillende bodemkundige parameters en de bodemfauna zal nader onderzocht moeten worden. In recente zandige afzettingen worden geen bodemdieren aangetroffen. Verder blijkt de variatie tussen textuur en in bodemdieren zeer groot te kunnen zijn. Men krijgt de indruk dat het P-gehalte samen kan hangen met de aanwezigheid van bodemfauna. Mogelijk accumuleren bodemdieren tijdens het leven of na afsterven materiaal waardoor een aanrijking in fosfor ontstaat.

7. Pedogenese van buitendijkse gronden.

Algemeen. In semi-terrestrische gronden, waartoe het merendeel van de bodems van het intergetijde gebied behoren, wisselen geogenetische, morfogenetisch en pedogenetische processen elkaar af, overlappen elkaar, beïnvloeden elkaar of volgen elkaar op. De fysische en chemische rijping, de ontkalking, verandering van het adsorptiecomplex, accumulatie van organische materiaal, e.a. behoren tot de bodemvormende processen. De op- en aanwas van een plaat, slik of schor, voor zo ver dit de sedimentatie van materiaal betreft (zand en klei), dient men als geogenese of morfogenese te zien. Tegelijkertijd met de afzetting beginnen echter bepaalde bodemkundige processen. Deze kunnen tot typische semi-terrestrische bodems leiden, terwijl in een later stadium, bijv. bij begroeiing of na ontwatering processen een rol gaan spelen, die de bodem in de richting van een terrestrische grond omvormen. De classificatie typen van de Vaaggronden zijn hier voorbeelden van.

De rijping van een bodem wordt in drie vormen onderverdeeld, t.w.: fysische, chemische en biologische rijping. Ook hier blijkt dat deze drie vormen meestal tegelijkertijd of met bepaalde overlappingen optreden.

De Morfogenese

De vorming van een plaat, slik of schor kan men als volgt voorstellen. Indien op een bepaalde plaats in het estuarium de aanvoer van materiaal (sedimentatie) de afvoer (afslag of erosie) overheerst treedt er aanwas of opwas op. Aanwas treedt op bij slikken liggende langs dijken en men spreekt van opwas indien dit verhoging van een plaat, aan alle kanten omgeven door water, betreft. Beide oppervlakten zijn kussenvormig of convex.

Deze opwassen en aanwassen zullen, indien het betrokken gebied op een beschermde plaats ligt, d.w.z. ten opzichte van waterstromingen en heersende harde winden, verder verhogen. Hoe langer een gebied "droog" komt te liggen en hoe vlakker het is, des te eerder zal naast zand ook kleine hoeveelheden lutum worden afgezet. Hierdoor worden slikken gevormd, maar ook oudere platen kunnen grote oppervlakten kleiig materiaal hebben of een gelaagde afzetting vertonen. Deze klei-houdende zanden, die bij eb lang droog liggen vormen een uitnemend gebied voor de bodemfauna en -flora van deze semi-terrestrische bodems van het intergetijde gebied. Tussen de brede, vlakke tot convexe gebieden liggen prielen, die voor de aan- en afvoer van het water zorgen.

Het kritische punt wordt bereikt, hoewel dat ook afhankelijk is van het zoutgehalte van het water, wanneer de overstromingsduur minder wordt dan 50%. Zoutverdragende pioniersplanten krijgen dan een kans. Vooral het Engels slijkgras speelt in het getijde gebied een belangrijke rol. Zodra dit zich vestigt breidt het zich snel uit met een hoge bedekkingsgraad. Door de begroeiing wordt de snelheid van het water geremd en neemt de sedimentatie toe. Het water verliest bij het overstromen van het gebied zijn snelheid, waardoor grover en zwaarder materiaal langs de kreken sedimenteert. Hierdoor wordt de textureel lichtere oeverwal gevormd. Op grotere afstand van de kreek is de sedimentatie in het zeer langzaam of stilstaande water minder en alleen bezinkt kleiig materiaal. Ten gevolge hiervan vormen zich textureel zwaardere kommen. Hoewel de oeverwallen, ook ten gevolge van de lichtere textuur op de kreken afwateren, zijn de kommen doorgaans slecht ontwaterd. Het schor dat aldus ontstaat heeft een concave vorm.

Het opslibbingsproces gaat in de loop van jaren verder waardoor de gronden steeds zwaarder worden. Alleen bij sterke stormen kan zandiger materiaal op het hoge schor geworpen worden.

De hogere oeverwallen onderscheiden zich van de kommen niet alleen door vorm en hoogte, maar ook door vegetatie en bodemvorming.

De microbiologische activiteit kan ook bij de sedimentatie een rol spelen. Indien er op grote vlakten gedurende korte tijde een sedimentatie van slib kan optreden kunnen de draadvormige fototrofe organismen het sediment vastleggen, waardoor een micro-organismenmat ontstaat (Stal

et.al., 1984). Hoe langer de plaat of slik boven water ligt hoe minder kans er is dat deze mat door macro-organismen geconsumeerd wordt. Wel zullen andere micro-organismen die meer anaeroob leven de door de hiervoor genoemde vastgelegde organische stof weer gebruiken, w.o. de sulfaatreducerende bacteriën. Indien voldoende microorganismen aanwezig dan zal op deze wijze een slibhoudende toplaag ontstaan die betrekkelijk stabiel is. Het tegendeel is waargenomen in recente zandribbels. Ook hier sedimenteert tijdens eb in de dalen kleine hoeveelheden slib, die echter door de wind die over het ondiepe water in de ribbel (bv. 0.5 cm diep) strijkt tot een losse vlok samengebundeld worden. Deze vlokjes worden bij opkomende vloed direct weer in het zeewater opgenomen en gesuspendeerd, wat niet met het slik op de slibhoudende toplaag op de vlakke plaat geschiedt. Wellicht speelt deze microbiologische activiteit niet alleen een rol bij het sedimentatieproces doch ook bij het vastleggen van nutriënten en zware metalen.

De platen in de Schelde "wandelen", d.w.z. aan het ene einde treedt afslag of erosie op, aan het andere einde kunnen ze aangroeien. Waargenomen is dat er op vele platen langs de randen in oost-west richting strandwallen ontstaan. Indien veel schelpen aanwezig kunnen door afslag en omwerking ter plekke grote schelpenwallen gevormd worden. Dit werd voornamelijk aan de oostzijde van de banken waargenomen. Afslag aan kleiige banken geeft steile klifvormige oevers, zoals o.a. bij de Hoge platen aan de zuidzijde gezien kan worden. Verschillende platen blijken een recente meso-ribbel patroon te bezitten van ca. 40 tot 60 cm dik, wat slechts één getijde oud is.

7.1. De Pedogenese

Het bodemmateriaal wordt in met water verzadigde toestand afgezet. Dit betekent dat de kleiige delen zeer waterrijk zijn. Het gesedimenteerde zand bevat minder water, hoewel diepere delen die onder de laagwater lijn liggen soms wel slap en structuurloos blijven.

Rijping. De eerste vorm van rijping betreft het onttrekken van water van de kleidelen. Dit geschiedt door drainage (ten gevolge van eb), klink, wateronttrekken door planten, verdamping, e.a. Er ontstaat dan een grotere dichtheid van het bodemmateriaal en er kunnen bodemstructuren ontstaan. De indeling van de fysische rijping in klassen: ongerijpt tot

gerijpt, is gebaseerd op de mate van vormverandering door weerstand die de bodem ten gevolge van waterverlies ondervindt.

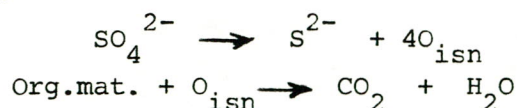
Langs prielen en krekten kan men door ontwatering in het slik of op onbegroeide welvende delen reeds spoedig zeer grote "prismatische", structuren waarnemen, 40 to 60 cm in doorsnede en 10 tot 20 cm diep.

Langs deze scheuren treedt in het aanvankelijk ongerijpte en gereduceerde materiaal oxidatie op. Dit is duidelijk waar te nemen aan de bruinkleuring van de vlakken door ijzerhydroxiden die daar accumuleren. Lokaal kan men waarnemen dat op dergelijke plaatsen ten gevolge van ondiepe oppervlakkige erosie van de bodem, smalle, vaak dubbele, ijzerhydroxide richels blijven staan.

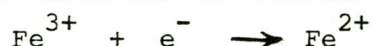
De biologische rijping manifesteert zich duidelijk op de schorren waar vooral in de bovengrond een grotere dichtheid en een sterk gestructureerde bodem ontstaat. Tevens ziet men dat op de aggregaatvlakken en later ook in de aggregaten roestvlekken ontstaan. Dit ziet men ook langs wortelkanalen. Het blijkt dat bij de fysische en biologische rijping de oxidatie processen, chemische rijping, weldra parallel loopt.

Een deel van de chemische rijping is ondenkbaar zonder biologische, i.c. bacteriologische, processen. Het kleihoudende sediment heeft, zoals men later zal zien (zie sectie 16: organische stof) een betrekkelijk vaste verhouding lutum-organisch materiaal. De porositeit en de diffusie in de kleiige delen is gering. Daardoor treedt bij overstroming of ten gevolge van drukverschillen tussen waterniveau's tussen vloed en eb geen zuurstofhoudend water in deze kleiige afzettingen. In de grond levende bacteriën hebben weldra de aanwezige zuurstof verbruikt. Daarna gebruiken de aanwezige bacteriën organische stof en anorganische zouten als redox-koppel voor hun energievoorziening. De organische stof wordt daarbij geoxideerd en de anorganische verbindingen gereduceerd.

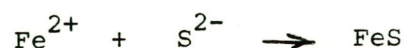
In het zeewater wordt constant sulfaat aangevoerd door de twee dagelijkse overstromingen. Hierbij spelen zich in de bodem de volgende (vereenvoudigde) reacties af:



In dit milieu wordt ook het aanwezige ferri gereduceerd.

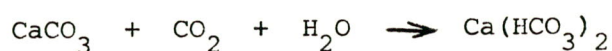


Hierbij wordt dan het zwarte FeS of Mackinawiet, gevormd:



Deze Mackinawiet geeft de kleiige grond een zwarte tint. Is dit niet of onvoldoende aanwezig dan is de grond in gereduceerde toestand grijs gekleurd door de ferro-verbindingen.

Door de ontwikkeling van koolzuur wordt een deel van de vrije kalk, bv. schelpengeruis, omgezet en opgelost:



Uiteraard draagt de aerobe omzetting van organische stof ook aan deze reactie bij.

De Mackinawiet is in de bodem alleen stabiel bij een lage redox-potentiaal, nl. onder ca. 50 mVolt. Ten gevolge van de reactie van FeS met S gaat de Mackinawiet in het ook bij hogere redoxpotentialen stabielere FeS₂, of Pyriet over.

Uit het voorgaande volgt dat in de bodem van het intergetijde gebied in kleiige lagen met voldoende organische stof en aanvoer van sulfaat door bacteriologische activiteit zwartgekleurde lagen ontstaan die afwisselend voorkomen met zandige grijze of ook grijze lagen met oxidatievlekken.

Op het hogere schor treden omgekeerde reacties op in dien zin dat het aanvankelijk gevormde FeS en FeS₂ door de aeratie volgende op de rijping tot sulfaat en ferrihydriet geoxideerd worden. Ook de door de wortels geproduceerde humus wordt in het semi-aerobe milieu omgezet.

Het gevolg is dat er enerzijds de redoxkoppels zoals hierboven genoemd tijdens vloed doorgaan en dat tijdens eb oxidatie optreedt. De aanwezige vrije kalk wordt in beide milieus opgelost. Bovendien kan in door oxidatie gevormde sulfaat naar diepere horizonten uitspoelen. De ferrihydriet zet zich op structuurvlakken af en is duidelijk zichtbaar.

Het Bodemmilieu. Het bovengeschetste bodemmilieu wordt door vele factoren beheerst, doch de voornaamste hierbij zijn de pH en Eh (zuurgraad en redoxpotentiaal). Uit het voorgaande moge tevens blijken dat het bodemmilieu ten aanzien van de bodemvormende processen in het hydromorfe

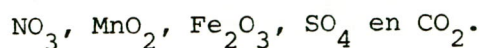
milieu door de Eh sterk beheerst wordt. Daarnaast geeft deze redox-potentiaal het milieu aan waarin de planten en fauna leven. Deze belangrijke parameter is in het veld bepaald, zie sectie Redoxpotentiaal-metingen, paragraaf 8. Voor de zuurgraad, zie paragraaf 13.

8. Redoxpotentiaal metingen

De redoxpotentiaal, Eh, van de bodem geeft een maat van de reductie- en oxidatietoestand van dat deel van de bodem waar deze gemeten wordt. De Eh wordt uitgedrukt in Volt of mV en weergegeven door de Wet van Nernst, waarin naast een Eo of standaardpotentiaal de verhouding van de deelnemende actieve ionen in geoxideerde toestand tot die in gereduceerde toestand wordt gegeven.

Daar de praktijk heeft uitgewezen dat de Eh van de grond tijdens het nemen van monsters meestal sterk veranderd, zijn de redoxpotentialen in het veld op slikken en platen gemeten. Als elektroden zijn steek-electroden van 10 cm Pt gebruikt. De meeste metingen zijn in duplo gemaakt.

De afzettingen in het intergetijdegebied zijn gelaagd, waarbij de lagen wisselende zand en kleigehaltes bezitten. De zandige afzettingen hebben een grotere permeabiliteit en diffusie van water. In de kleiige afzettingen zijn deze grootheden veel kleiner en zij hebben bovendien een hoger organische stof gehalte. Het gevolg hiervan is dat de bacterologische activiteit in zand doorgaans kleiner is dan in kleiig materiaal, en dat in het laatste materiaal de aanwezigheid van zuurstof sneller geconsumeerd zal zijn en slecht kan worden aangevoerd. Reductieverschijnselen zullen derhalve zich sneller in kleiig materiaal manifesteren dan in zandig materiaal. Verder zullen de bacteriën zelf in de lagere reductie-toestand overgaan tot het reduceren van anorganische verbindingen. De volgorde van stoffen die bij dalende redoxpotentialen worden gereduceerd is achtereenvolgens:



In de bodem in het intergetijdegebied kunnen de volgende zichtbare fasen optreden:

1. voldoende zuurstof aanwezig, geen reductie, de bodem is bruinachtig tot gelig gekleurd: C-horizont in recent afgezet zand.
2. begin fase van reductie, lokaal nog oxidatieverschijnselen, gereduceerde ijzerverbindingen kleuren de grond grijs, lokaal zijn er nog geoxideerde ijzerverbindingen die de grond bruin kleuren (oxide vlekken): Go-horizont. Indien in deze gronden mangaanreductie en oxidatie een rol speelt loopt deze parallel aan die van ijzer.
3. de bodem geheel gereduceerd, waarbij het reductie-niveau of de dominerende verbindingen voornamelijk op ferro-verbindingen terug te voeren zijn; de grond is egaal grijs: Gr-horizont.
4. de bodem is geheel gereduceerd, ook het sulfaat wordt gereduceerd waarbij het zwarte Mackinawiet ontstaat, dat de bodem zeer donker-grijs tot zwart kleurt; Gsu-horizont.

Zolang sulfaat aanwezig is zijn de bacteriën niet genoodzaakt een lager redoxniveau op te zoeken zodat omzettingen van organische verbindingen en koolzuur tot methaan, CH_4 , niet of erg weinig optreedt.

Ten gevolge van gelaagdheid kunnen bovenvermelde horizont sequenties elkaar afwisselen.

In het kleiige materiaal is veel microbentos aanwezig, zodat in kleiige gronden binnen zeer korte afstand (1 mm tot 1 cm) door de activiteit van deze organismen sterke reductie en/of daardoor zwarting kan optreden. De zandige lagen kleuren ten gevolge van de mogelijke zuurstofdiffusie dieper of langzamer grijs, zodat kleurveranderingen van geel of grijs-geel naar grijs zich over een diepte van 10 to 50 cm kan afspelen. Ook de rijping kan een rol spelen. Erg sterk verzadigde onrijpe modder kan in dit milieu een iets hogere redoxpotentiaal hebben dan half rijpe kleiige bodems.

In lensjes rijk aan organisch materiaal in zandige lagen kunnen zwarte vlekken ontstaan. In kleiig zand kunnen rondom ter plekke gestorven (schelp) dieren zwarte plekken gevormd worden door sterke lokale bacteriologische activiteit.

Tijdens de veldperiode zijn redoxpotentiaal metingen gedurende een aantal dagen gedaan aan verschillende bodemprofielen. Een meer gedetailleerde studie van dit onderwerp zou kunnen geschieden op representatieve plaatsen waar langere tijd bepaalde profielen en de relatie/invloed van biologische activiteiten kunnen worden nagegaan (rijping, wortel- invloed, graafgangen, gelaagdheid en textuur). Hierbij kunnen kortere

electrodes gebruikt worden om per eenheid (kleur, horizont, e.d.) specifieke metingen te doen.

8.1. Resultaten en conclusies

Het valt op dat binnen bepaalde grenzen de morfologische indeling van horizonten op textuur en kleur in de grootte van de redoxpotentiaal valt terug te vinden. Gelige, grijze en zwarte tinten in deze hydro-morfe estuarium gronden stemmen met een eigen Eh-traject overeen. Een aantal in het veld genomen waarden zijn in figuur 8.1. weergegeven. In recente gelig gekleurde natte zandafzettingen, C-materiaal, t.w. in mesoribbels gevormd in de laatste vloed periode zijn Eh-waarden tussen +300 en +400 mV gemeten, zie o.a. profiel e. Dit is een profiel in een hoogste opwas op een plaat middenin een Spartina-pol. Op een diepte van 40 to 50 cm ligt het oorspronkelijke plaatoppervlak bestaande uit lemig zand met oxidatievlakken, Go. Dieper ligt gelig zand. De waarnemingen in profiel f zijn genomen in een zandige horizont, Go tussen 50 en 70 cm, in een oeverwal in een schor. Voorgaande profielen worden weliswaar bij vloed geïnundeerd maar hebben een redelijke aeratie. Profiel a toont de redoxwaarden van een profiel in een kleilig zand met een Go-horizont van ca. 2 mm, waaronder een diep zwart gekleurde Gsu-horizont ligt die naar beneden geleidelijk aan grijzer wordt. Profiel b is een bodem met een 1 mm dikke oppervlakte laag gelig van kleur met een redoxpotentiaal van 100 tot 0 mV, dieper treft men een Gsu-horizont tot ca. 30 cm met redoxpotentialen beneden 0 Volt, dieper stijgt deze weer in de Gr-horizont. In slappe, ongerijpte, donkergrijs tot zwarte bovengronden, zie c, zijn Eh-waarden tussen 0 en +100 mV gemeten. Mogelijk is de diffusie van zuurstof in de "suspensie" van een dergelijke bovengrond toch groter dan in een meer gedehydrateerde bijna ongerijpte tot half gerijpte zwarte horizont. Profiel d geeft het redox-verloop van een profiel met een 2 mm dikke kleilige Gsu-toplaag, liggende op een zandig laagje met roestvlekken op 3 tot 5 mm diepte, daaronder ligt een zandige grijze Gr-horizont. In dit profiel springt de redox-potentiaal over korte afstanden resp. van -50 mV, via ca. +200 mV naar +100 mV.

Fig. 8.1 Redoxpotentialen in intergetijde gronden
in het Westerschelde estuarium

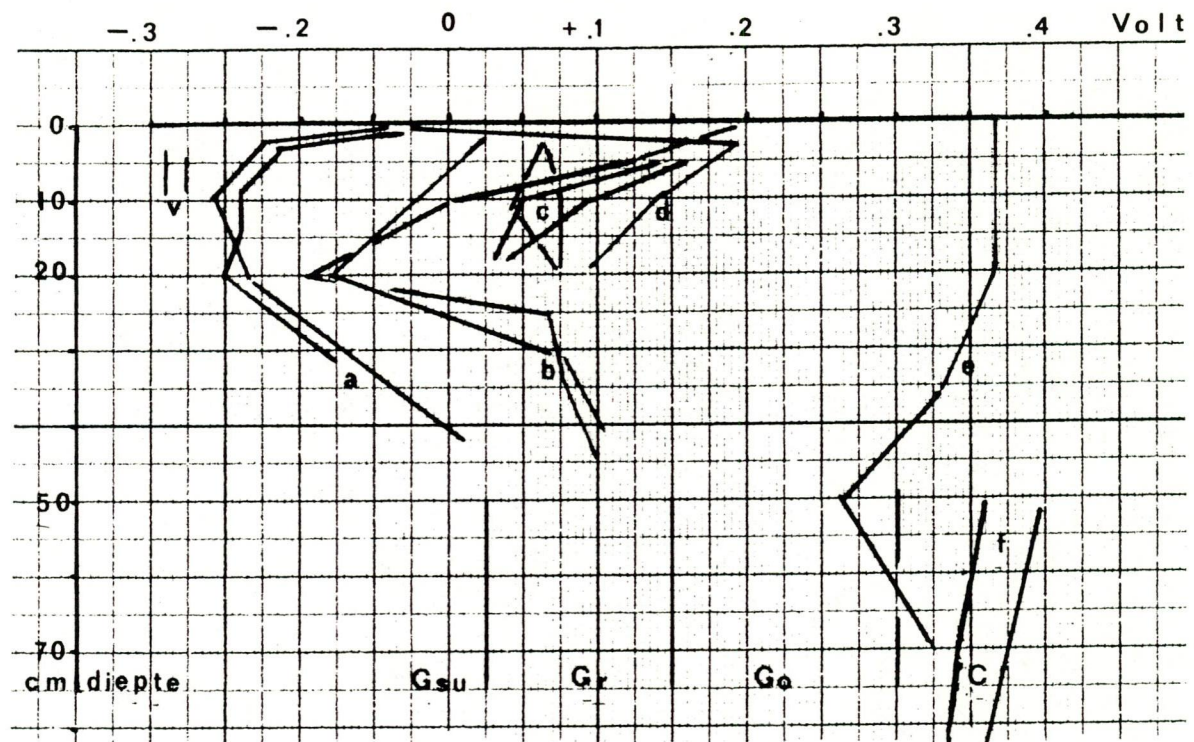
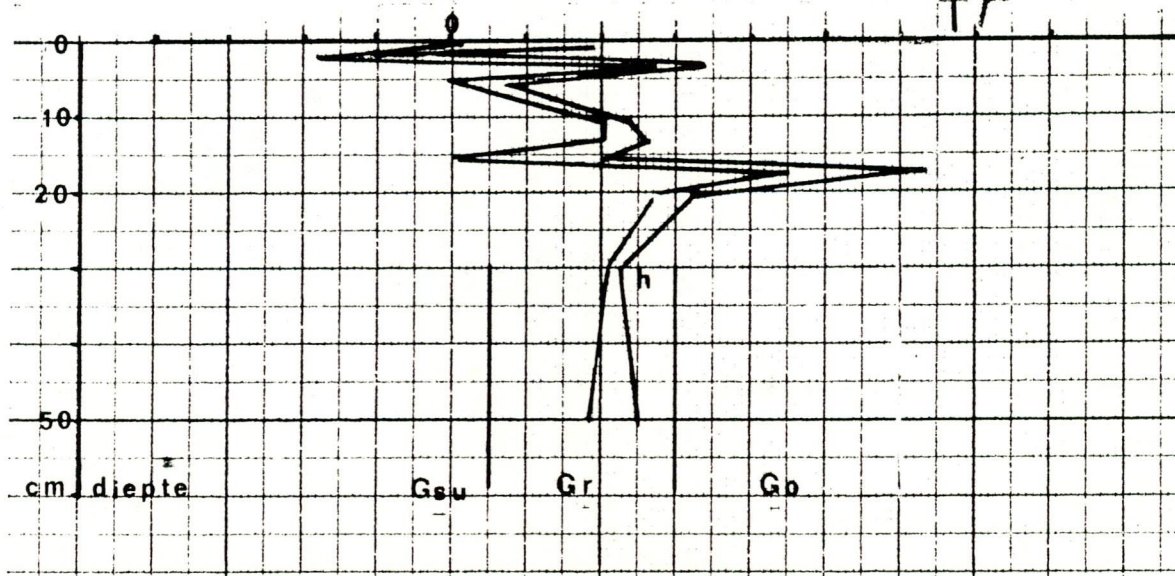


Fig. 8.2



In figuur 8.1. is bovendien nog de redoxpotentialaal in de lokaal aange- troffen grotere (20 cm Ø) veenbollen gegeven. Binnenin is het milieu sterk gereduceerd, nl. -250 tot -300 mV.

In figuur 8.2. is een typisch gelaagd profiel h gegeven. Dit profiel heeft afwisselend dunne grijs tot gelig met roestvlekken gekleurde zandige laagjes, afgewisseld met zwart gekleurde kleiige laagjes. De redox- potentialen volgen deze morfologie en kleuren, waarbij de roest- kleurige laagjes redoxpotentialen boven +100 mV hebben, de zwarte lagen redoxpotentialen beneden + 50 mV en de grijze lagen hebben waarden er tussen. Het voorgaande samennemende kan men concluderen dat in de inter- getijde gebieden de gele zanden, C, redoxpotentialen boven +300 mV bezitten, in gereduceerde lagen of horizonten met roestvlekken zijn waarden tussen + 150 mV en 300 mV gemeten, in grijs geheel gereduceerde lagen zijn waarden tussen +25 mV en 150 mV waargenomen, in zwarte lagen zijn waarden beneden +25 mV gemeten.

De donkergrijs tot zwart gekleurde lagen of horizonten komen meestal met kleiige zanden of kleien overeen. In lichtere texturen worden lichtere tinten en hogere redox-waarden gevonden.

De redoxpotentialaal is ook een aantal malen gemeten in ondiepe plasjes die op de grijsgeel gekleurde oppervlakte van platen blijft staan. De waarden hiervan ligt tussen +200 tot 300 mV.

Schelpdieren leven vaak in donker tot zwart gekleurd kleiig materiaal. Hun organen voor voedsel- en wateropname zorgen ervoor dat zij in dit ongunstige milieu, m.b.t. zuurstof, maar niet m.b.t. nutriënten, kunnen leven.

Wadwormen hebben dezelfde eigenschap. In het bovenste deel van een graaf- kanaal kan men vaak bruingekleurde wanden, door ferrihydroxide aantreffen. In kleiige, zwarte tot donkergrijze, afzettingen ziet men soms roestpijpjes uitgeprepareerd boven het oppervlak uitsteken.

Oude graafgangen van schelpdieren in kleiig materiaal zijn opgevuld met grijs zandig materiaal.

9. ^{13}C -Onderzoek

In de lucht komt CO_2 -voor. De C bestaat voor 98.9% uit de isotoop ^{12}C en daarnaast uit de zwaardere isotopen ^{13}C en ^{14}C .

Het blijkt dat landplanten koolzuur dusdanig geselecteerd opnemen dat het gehalte aan ^{13}C veel lager is dan dat in de lucht.

In de oceanen nemen algen en phototrofe bacteriën uit de in het water opgeloste lucht en koolzuur relatief meer ^{13}C op.

Indien men van de in zeewater aanwezige koolstof de isotopenverhouding $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ meet, uitgedrukt in ^{13}C kan men op deze wijze nagaan in hoeverre de aanwezige koolstof van de oceanen dan wel van het land, middels rivieren, afkomstig is (zie Waterloopkundig Lab. 1984). In het laboratorium van het Instituut voor Aardwetenschappen der R.U.U. zijn de isotopenverhoudingen bepaald. Deze zijn bepaald aan 5 monsters van platen verdeeld over het estuarium van de Westerschelde. Deze waarden zijn:

Monsternummer	^{13}C -waarde	%C*	%C**	NaCl%
120	$-22,8 \pm 0,1$	0,20	0,3	2,5
101	$-20,0 \pm 0,2$	0,12	0,5	2,3
94	$-24,1 \pm 0,1$	0,33	0,3	2,2
78	$-22,8 \pm 0,1$	0,15	0,1	2,1
71	$-24,6 \pm 0,2$	0,30	1,1	1,8

* bepaling te Utrecht

** bepaling te Middelburg

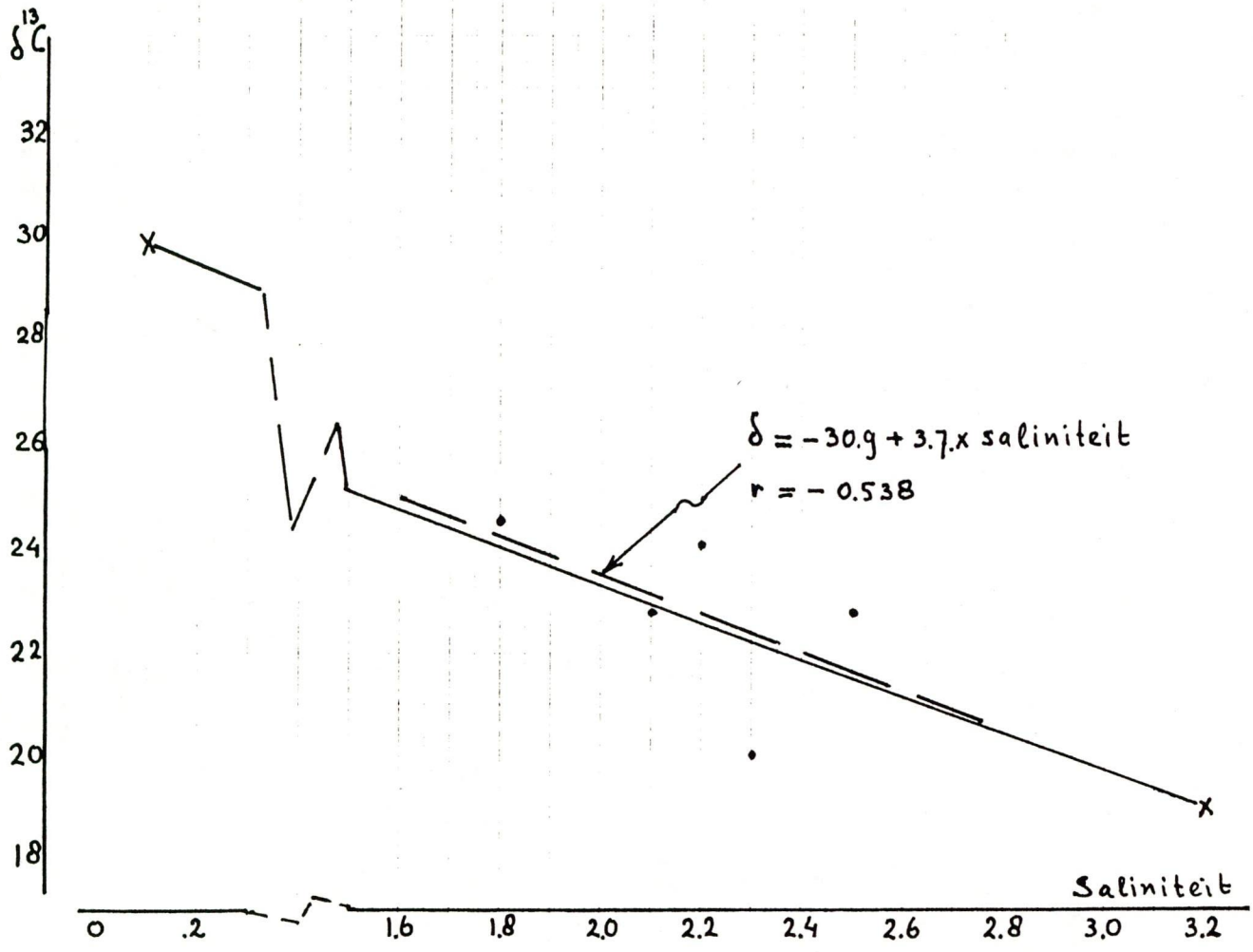
In de laatste kolom is de saliniteit van het bodemwater bij de monsterplaatsen gegeven.

De monsters werden snel gedroogd. De voorbehandeling geschiedde met zoutzuur zodat vrije kalk verwijderd werd en niet in de bepaling betrokken werd.

Met de computer is de correlatie tussen de ^{13}C -waarden en de saliniteit berekend. Deze is met de bijbehorende rechte getekend in figuur 9.1. Tevens is inde figuur bij de lijn getrokken die men tussen de Noordzee met organisch oceaana materiaal en het in de Schelde met continentaal organisch materiaal krijgt.

Helaas is de correlatiecoëfficiënt $r = -0.538$. Hoewel de lijnen elkaar praktisch bedekken dient men er alleen een waarde aan te geven dat er inderdaad een menging van organisch materiaal uit beide milieus gerelateerd aan het saliniteitsverloop valt waar te nemen.

Fig. 9.1 Relatie $\delta^{13}\text{C}$ -waarden en de saliniteit in het Westerschelde-estuarium.



Teneinde een meer gefundeerde uitspraak te doen dienen meer monsters onderzocht te worden.

10. De Bodemkaart

Er is uitgegaan van het feit dat op de hogere niveaus, volgens het systeem van de Nederlandse bodemclassificatie moet worden gewerkt. Het invoeren van een ander systeem zou verwarring kunnen scheppen en het rapport niet in een groter geheel inpasbaar maken. Wel is er ten aanzien van dit systeem kritisch gewerkt. Daar waar zo noodzakelijk zijn aanvullingen of veranderingen aangebracht.

Het op de hogere niveaus toepassen van het Nederlandse bodemclassificatiesysteem houdt voor de buitendijkse gebieden van de Westerschelde in dat we te maken krijgen met de order van de vaaggronden. Tot de vaaggronden worden gerekend de gronden die niet voldoen aan de criteria die gesteld worden bij de overige orden (Veen-, Podzol-, Brik-, en Eerdgronden).

Dit komt neer op het volgende:

- een Vaaggrond: - bestaat voor niet meer dan de helft van de dikte uit moerig materiaal
- vertoont geen duidelijke podzol-B en A1 (dunner dan 50 cm)
 - vertoont geen briklaag
 - heeft geen minerale eerdlaag

De Vaaggronden worden onderscheiden in drie suborden: Initiale-, Xero-, en Hydro-Vaaggronden.

Gronden die de initiële alluviale- of mariene bodemvorming nog geheel of vrijwel geheel moeten ondergaan worden Initiale Vaaggronden genoemd (De Bakker, et.al. 1966). Kenmerkend is dat een deel van het profiel fysisch ongerijpt of bijna ongerijpt is.

Hydro- en Xero-vaaggronden worden onderscheiden aan de hand van het al dan niet voorkomen van hydromorfologische kenmerken (o.a. oxidatie en reductie verschijnselen). Hiertoe behoren:

- gronden die de initiële alluviale bodemvorming vrijwel geheel doorlopen hebben (ontwaterde initiale vaaggronden)
- gronden die nooit Initiale vaaggronden geweest zijn (bijv. eolische afzettingen)

- zandgronden; 'ongerijpt zand verschilt fysisch niet veel van gerijpt zand; bovendien is de rijpingstoestnad door de meestal lage water-, lutum- en humusgehalten moeilijk te meten. Zand wordt in het systeem dan ook als fysisch gerijpt beschouwd'. (De Bakker en Schelling, 1966) Door waarnemingen tijdens het veldwerk zijn er enige vraagtekens geplaatst bij het als fysisch gerijpt beschouwen van zand.

Zowel de Hydro- als Xero-vaaggronden worden op grond van textuurverschil ingedeeld in groepen. Bij de Initiale vaaggronden gebeurt dit niet. Deze laatste suborde wordt aan de hand van de mate en diepte van de fysische rijping direct onderverdeeld in subgroepen.

5.1. Initiale vaaggronden	5.1.1. Initiale vaaggronden	5.1.1.1. Gorsvaaggronden
		5.1.1.2. Slikvaaggronden

5.2. Hydrovaaggronden	5.2.1. Hydrozandvaaggronden	5.2.1.1. Vlakvaaggronden
	5.2.2. Hydrokleivaaggronden	5.2.2.1. Drechtvaaggronden
		5.2.2.2. Nesvaaggronden
		5.2.2.3. Poldervaaggronden

5.3. Xerovaaggronden	5.3.1. Xerozandvaaggronden	5.3.1.1. Duinvaaggronden
		5.3.1.2. Vorstvaaggronden
	5.3.2. Xerokleivaaggronden	5.3.2.1. Ooivaaggronden

Voor het aan de hand van de veldgegevens benoemen van de gronden is het volgende klassificatie-systeem ontworpen.

In eerste instantie wordt onderscheid gemaakt tussen de Veengronden en de Vaaggronden; de veengronden worden niet verder onderverdeeld.

In de orde van de vaaggronden wordt in de eerste plaats gekeken naar de rijping van de bovengrond, waaronder we hier een laag van minimaal 5 cm verstaan. Is deze laag (bijna) ongerijpt, klasse 4 en 5, dan spreken we van een Slikvaaggrond.

Wanneer dit niet het geval is vormt de texturele samenstelling het criterium waarop de gronden verder worden onderscheiden. Als meer dan de helft van de bovenste 40 cm een lutum-percentages kleiner dan 8% heeft, hebben we te maken met een zandgrond. In de orde van de Vaaggronden

een Vlakvaaggrond. Zoniet, dan hebben we te maken met een kleigrond. Deze worden aan de hand van de fysische rijping verder ingedeeld in Gors-, Nes- en Poldervaaggronden.

Op het volgende niveau worden alle hierboven beschreven bodem-typen ingedeeld in een klasse die aangeeft op welke diepte zich de permanent gereduceerde ondergrond bevindt. Dit is een maat voor de chemische rijping. Vervolgens wordt aangegeven of zich al dan niet een su-laag in het profiel bevindt. Als laatste wordt het textuurverloop met de diepte aangegeven.

Een tabellarisch overzicht wordt op de volgende bladzijde gegeven.

Bodem ten gevolge van het storten van specie

De gronden van het intergetijde gebied zijn op korte termijn aan veranderingen onderhevig. Slikken en schorren en platen kunnen in een betrekkelijke korte tijd ten gevolge van aan- of opwas veranderen. In de nabijheid van de stroomdraad treedt dijkval op, waardoor een opwas ondergraven wordt en plotseling voor een groot deel in de diepte verdwijnt. Anderzijds wordt er lokaal baggerspecie uit havens en het op diepte houden van de vaargeul in de Westerschelde gestort of gespoten. De opslibbing die hierdoor lokaal ontstaat zijn in tegenstelling met terrestische bodems niet altijd te herkennen. Op sommige plaatsen zijn tijdens de opname wel grote veranderingen geconstateerd. Zo is ten oosten van de oude haven van Hoofdplaat een slik ontstaan dat veel kleiiger is dan een tiental jaren geleden. Ook is daar een zandige welving gevormd, momenteel als schor te herkennen, die er vóór het afsluiten van de Braakman niet was. Ten gevolge van speciestortingen zijn de slikken van Ossendrecht binnen een jaar sterk veranderd. In 1982 bestonden deze nog grotendeels uit een zandig sediment. Zomer 1984 was dit met een dikke laag ongerijpe klei bedekt.

Grond die tussen 0 en 80 cm diepte voor meer dan de helft van de dikte uit moerig materiaal bestaat

VEENGROND

rijping bovengrond tot minimaal 5 cm diepte klasse 4 of 5

SLIKVAAGGROND

meer dan de helft van de bovenste 40 cm bevat meer dan 8% lutum (kleigrond)

meer dan de helft van de bovenste 40 cm bevat minder dan 8% lutum (zandgrond)

VLAKVAAGGROND

fysische rijpingsdiepte:

0 - 20 cm	20 - 40 cm	
2,3	2,3,4,	<u>GORSVAAGGR.</u>
1	3,4,5,	<u>NESVAAGGR.</u>
1	1,2	<u>POLDERVAAGGR.</u>

chemische rijping: diepte van de permanent gereduceerde laag (Gr/Gsu)

diepte	klasse
0 - 20	1
20 - 40	2
40 -	3

voorkomen van su: niet N

Grsu R

Gsu S

textuurverloop met de diepte: homogeen	h	
	aflopend	a
	oplopend	o
	textuur bult	b
	gelaagd	g

Op de bodemkaart worden in de bodemeenheden symbolen gebruikt die aanduiden: eerste hoofdletter: bodem eenheid op het vierde niveau onderscheiden zoals hiervoor aangegeven,

cijfer op tweede plaats: klasse van de chemische rijping zoals in de tabel genoemd.

Het textuurverloop bleek in de intergetijde gronden niet afzonderlijk aan te geven op een schaal 1 : 50.000, hoewel de meeste profielen dieper zandiger worden (aflopend), of reeds zandig zijn.

10.1. Horizont benaming

In het intergetijdegebied van de Westerschelde komen slechts Vaaggronden en Veengronden voor. Ter onderverdeling van de Vaaggronden worden criteria gehanteerd op het gebied van textuur, rijping, oxidatie en reductie. ontwikkeling van een A-horizont. Dit laatste is in kommen niet altijd van zwarte, gereduceerde (rijk aan FeS) horizonten te onderscheiden. Het optreden van dode en levende wortels van de vegetatie geeft dan de doorslag. Doorgaans bestaan de profielen uit sediment lagen, deze zijn vaak fijn of smal en niet altijd in het veld te herkennen. Wanneer er in een profiel binnen één horizont een grote textuursprong aanwezig is wordt dit met een Romeinse twee aangegeven, bv. 40 - 60 cm; Gr. 60 - 80 cm: II Gr.

Zandig materiaal in min of meer zuurstof houdend water recent afgezet heeft nog geen reductie of oxidatie verschijnselen. Dit "blonde" zand, hoewel geheel nat en soms verzadigd met water, wordt als C gekenmerkt.

Hieronder volgen verschillende horizont benamingen:

- C onveranderd moedermateriaal, meestal recent afgezet zand, waarin nog geen bodemvorming is opgetreden.
- Go bodemmateriaal wat grotendeels gereduceerd is, waarin oxidatie verschijnselen optreden. "Roestvlekken of -vlakken" kunnen zowel in horizontale lagen, langs verticale vlakken als tengevolge van dierlijke activiteit optreden.
- Gr bodemmateriaal dat geheel gereduceerd is, egaal grijs en zonder bruine oxidatievlekken.
- Gsu bodemmateriaal dat geheel gereduceerd is, doch egaal gitzwart tot zeer donker grijs is gekleurd vanwege FeS.
- Grsu en Gosu bodemmateriaal waarin reductie optreedt en waarin naast grijze tinten, resp. oxidatievlekken ook zwarte vlekken zichtbaar zijn.
- A oppervlakte horizont, bruin van kleur en bevat humus en plantenresten.
- AG A-horizont met reductieverschijnselen, Go met oxidatie verschijnselen, Gsu met zwarte delen.
- A3 overgangshorizont tussen een A-horizont en een er onderliggende horizont die eigenschappen van beiden heeft.

In de hydromorfe mariene bodems is de Gsu-horizont dermate specifiek dat deze apart onderscheiden dient te worden.

De horizontsymbolen worden in de hierna volgende bodemtypen gebruikt.

De kaarteenheden zijn op de gekarteerde schaal niet nader onder te verdelen. De oorzaak hiervan is de wijze van opnamen in raaien, het sedimentaire vaak sterk wisselende karakter ten opzichte van gelaagdheid, bodemvorming en textuurverloop, waarbij het morfologisch beeld (bv. te zien op luchtfoto's) van deze initiële bodems te egaal is of door oppervlakte verschijnselen (ribbels) gemaskeerd wordt. Bovendien is vanwege de waterverzadiging meestal in het zandige materiaal niet dieper dan 60 tot 80 cm te gutsen of boren. Wel worden bijna alle profielen dieper zandiger.

In de bodemtypen wordt de profielopbouw verder gedetailleerd. Het optreden van Gr en/of Gsu horizonten wordt aangegeven. Er wordt beschreven waar deze typen voorkomen.

10.2. De Bodemtypes

Zoals reeds vermeld is de legenda gebaseerd op het classificatiesysteem. De legenda eenheden zijn vereenvoudigde klassificatieeenheden. Dit heeft tot gevolg dat de legenda eenheden complexen zijn, d.w.z. éénzelfde eenheid bestaat uit meerdere bodemtypes.

Er is naar gestreefd de legenda eenheden zodanig te kiezen, dat er een optimale beeldvorming op de kaart verkregen wordt. Hierbij spelen schaal en de doelstelling van het onderzoek (zie boven) een belangrijke rol. Bij de systematische bespreking van de bodemtypen is in de eerste plaats een scheiding tussen zandgronden en kleigronden aangebracht.

De behandeling van de bodemtypes is als volgt:

- de naam van de grond, volgens legenda. Hierbij wordt de textuur, fysische en chemische rijping in beschouwing genomen.
- de codering, waarbinnen het betreffende type valt. Gegeven tussen haakjes
- de profielopbouw, d.w.z. de kenmerken horizontsequenties
- de kleuren van de belangrijke horizonten
- belangrijke aspecten betreffende flora en fauna van het profiel
- overigen van belang zijnde opmerkingen.

11. De Textuurkaart

De textuurkaart is gebaseerd op veldwaarnemingen, ondersteunt door analyse resultaten genomen monsters. De waarden die in de kaart staan zijn de lutumgehalten (fractie van 0-2 μ , in procenten) van de bovenste 10 cm van de bodem. De legenda is als volgt:

<u>code in kaart</u>	<u>lutumgehalte</u>	
1	0 - 5%	} zandfractie
2	5 - 8	
3	8 - 12	} kleifractie
4	12 - 17.5	
5	17.5 - 25	
6	25 - 35	
7	> 35	

Bij de bodemklassificatie vormt de textuur een belangrijke differentiërend kenmerk. De textuurkaart zal dus overeenkomst vertonen met de bodemkaart. Door het beperkte aantal analyses is bij de totstandkoming van de textuurkaart geextrapoleerd aan de hand van de bodemkaart. Bij de monsterpunten zijn de in het laboratorium bepaalde kleigehalten geschreven.

Wanneer men de textuurkaart beziet valt op dat het oppervlak van de meeste platen uit zand bestaat. In vele gevallen kan wel een dun 1 mm tot 1 cm dik sliklaagje of kleihoudend laagje onderscheiden worden, doch het overgrote deel van de bovengrond van de platen heeft een textuur met een lutumgehalte tussen 3 en 10%. In vele gevallen voelt de bovenlaag kleiiger aan, doch dit moet ook aan de aanwezigheid van microbentos activiteit geweten worden.

Lokaal komen dieper kleilagen voor. Aan de oppervlakte komen dikkere kleilagen voor, vaak afwisselend met zandig materiaal, aan de zuidrand van de Hoge Platen ten noorden van Hoofdplaat. Op deze plaats treft men betrekkelijk steile klifwanden aan.

De noord- en zuidoever geven wat meer differentiatie te zien. Het verschil tussen Slik-, Nes-, Gors- en Poldervaaggronden is niet expliciet terug te vinden in de kleigehalten. Wel is het verschil in klei- en zandgronden duidelijk. Tevens is te zien dat schorren meestal een

zeer hoog kleigehalte hebben, dit als gevolg van de lage stroomsnelheden bij overstroming van deze delen van de buitendijkse gebieden.

Er zijn 2 punten met waarden die op het eerste gezicht vreemd aandoen: nl. 25.9% met 36.9% lutum ten Z. van Baarland waar een kleiklif is bemonsterd en punt ten NO van Terneuzen waar het monster is genomen in een opgevulde geul in een gebied waar veen aan de oppervlakte ligt.

In het Verdronken land van Saeftinge komt het verschil tussen kom en oeverwal duidelijk naar voren. In de kommen is het kleigehalte erg hoog, steeds boven de 35%. Op de oeverwallen varieert dit tussen 5% en 15%. Van de kreken zijn geen waarden geanalyseerd, maar in het veld is waargenomen dat de bodem vaak zandig is, waarbij het kleipercentage landinwaarts toeneemt, zodat lokaal zandige kleistroken optreden.

Over het gehele Westerschelde estuarium genomen blijken de zwaarste bovengronden, nl. 35 tot 55% lutum, in het Verdronken Land van Saeftinge te vinden te zijn. Verder speelt de lokale aanwas een rol. Naar de dijken toe neemt hierbij het lutumgehalte van de bovengrond toe, waarbij geen speciale oost-west gradiënt in het estuarium valt waar te nemen.

Een vergelijking van de veldschattingen met de laboratoriumwaarden geeft het volgende resultaat. De zwaardere kleigronden, w.o. Saeftinge, zijn veelal 10 tot 20% te laag geschat. Het is merkwaardig dat de ervaring van buitendijkse gronden in de Oosterschelde leerde dat men in het veld over het algemeen te hoog schatte. Op de medium of kleiige zand texturen komen de veldschattingen en de lab-bepalingen beter overeen. Op de zandige platen is het lutumgehalte vaak op 0 tot 2% geschat, terwijl de analyse-resultaten vaak lutumwaarden tussen 3 en 6% gaven. Deze genoemde schattingsverschillen hebben nauwelijks invloed gehad op de juistheid van de textuurkaart.

De geanalyseerde monsters blijken een groot aantal met een relatief hoog kleigehalte te hebben ($> 25\%$ lutum) of zij hebben juist een laag kleigehalte ($< 8\%$ lutum). Neemt men aan dat de bemonstering toch relatief regelmatig over alle bodemtypen verspreid is, dan dienen deze verschillen door twee typische sedimentatie milieus verklaard te worden, nl. sedimentatie

in stilstaand water op schorren en sedimentatie gedurende korte tijd in langzaam stromend water op slikken en platen.

N.B. Bij een aantal zanden is het gehalte kleiner dan 50 μm gegeven in plaats van een onderverdeling in de fracties tussen 0 en 50 μm . De getallen geven aan dat het hier om zandgronden gaat met erg lage lutumfracties.

12. De Kalkkaart

Tijdens het veldwerk is gebleken dat alle gronden met uitzondering van venen, kalkhoudend zijn. Verspreid over het gehele estuarium zijn een aantal grondmonsters genomen van de bovengrond tussen 0 en 10 cm diepte op vrije kalk geanalyseerd.

Volgens de Nederlandse bodemklassificatie zijn gronden met een vrije kalkgehalte groter dan 2.5% kalkrijk. De buitendijkse gronden van het Westerschelde estuarium hebben een vrije kalkgehalte tussen 1.5 en 25%. Daarom is een indeling gekozen die vooral op de hogere gehalten betrekking heeft, als volgt: 0 - 2%, 2 - 5%, 5 - 10%, 10 - 15%, 15 - 20% en hoger dan 20% vrije kalk.

De oorsprong van de vrije kalk is een gevolg van het slib dat vrije kalk bevat en de skeletten van de scheldieren die op de sedimenten leven. De verandering of afbraak van de vrije kalk geschiedt door pedogenetische processen, zie hoofdstuk 7. Deze processen treft men voornamelijk op de hogere en beter gerijpte gronden. Vergelijkt men de verschillende Slik-, Gors- en Poldervaaggronden dan blijkt, afgezien van lokale uitzijdende waarden, dat:

de Poldervaaggronden vrije kalkgehalten hebben tussen 5 en 12.5%,
de Gorsvaaggronden vrije kalkgehalten hebben tussen 7.5 en 20% en
de Slikvaaggronden vrije kalkgehalten hebben tussen 12.5 en 25%.
Alle waarden hebben betrekking op de bovengronden.

Wanneer men de slikken en platen beschouwd blijkt er een bepaalde trend te bestaan waarbij het vrije kalkgehalte stroomafwaarts toeneemt. Dit hangt samen met de bodemfauna, zie hoofdstuk 6. Tevens speelt de stabiliteit van de bovengrond van de platen hierin een rol.

De hoogste kalkgehalten worden ook daar aangetroffen waar afslag of erosie

plaats vindt en waar grote hoeveelheden schelpen en schelpfragmenten aan de randen van platen worden opgeworpen. Lokaal kan dit meters hoge schelpenwallen vormen, zie bodemkaart.

Relaties tussen verschillende parameters dient nog nader te worden uitgewerkt met vermelding van de middelbare fouten van de waarnemingen.

13. De zuurgraad

Uit de kalkgehalten van de intergetijde gronden blijkt dat alle oppervlakte gronden op enige veenafzettingen na, kalkrijk zijn. De zoutgehalten, waarvoor in dit milieu de natriumchloride concentraties genomen worden, liggen tussen 1 en drie procent. De humuspercentage in de gronden zijn afgezien van een aantal komgronden laag.

Ten gevolge van pedochemische evenwichten mag men verwachten dat de pH hoger dan 7 ligt en over het algemeen nabij de 8 ligt. Dit beeld stemt met de werkelijkheid overeen.

De pH van de gronden kan men globaal als volgt indelen:

- de meeste zandgronden hebben een pH die domineert in waarden tussen 8.0 en 8.4. Lagere waarden tussen 7.5 en 8.0 komen lokaal voor.
- de kleiige bodems van slikken en platen hebben een iets hogere zuurgraad met pH tussen 7.5 en 8.0, hoewel ook hier menige waarde iets hoger ligt.
- een aantal veengronden of venen hebben pH tussen 6 en 7.
- de zwaardere gronden van het Verdronken Land van Saeftinge hebben zuurgraden met een pH tussen 7.5 en 8.0.

Het verloop van de zuurgraad in de bodem ten gevolge van de pedogenetische processen kan uit de genomen en de geanalyseerde monsters niet verkregen worden. Hiertoe zouden een aantal volledige profielen geanalyseerd moeten worden.

14. De Zoutkaart

Teneinde de chloor en zoutgehalten van de gronden te bepalen zijn in het veld per waarnemingspunt op een diepte van 10 cm onder maaiveld twee of drie zogenaamde pF-ringen gestoken. Deze hebben een inhoud van 100 ml. In het laboratorium zijn van deze monsters de vochtgehalte en de drooggewichten bepaald, waarna het volume gewicht berekend kan worden: drooggewicht 100.

De gedroogde kernen zijn opnieuw in 200 ml gedestilleerd water in suspensie gebracht en afgefiltreerd. In het vocht is door middel van titratie het chloorgehalte bepaald. Uit het chloorgehalte, gegeven in promilles, is vervolgens het zoutpromilage berekend (atoomgewicht NaCl/atoomgew. Cl). Dit laatste getal is omgerekend in het gewicht in grammen NaCl in het monster, waarna het werkelijke zoutgehalte, NaCl in het bodemvocht is berekend. Dit laatste getal is als procenten in de tabel in bijlage gegeven. De waarden van de op een plaats genomen monsters zijn gemiddeld.

In de Westerschelde vindt verdunning plaats van zout Noord-Zeewater met zoet Scheldewater. Het gevolg is een zoutgradiënt zoals ook in hoofdstuk is aangegeven. Het Scheldewater staat op een bepaalde wijze in relatie tot het poriënwater in de bodem. In de bovenste bodemlagen wordt dit weerspiegeld door de verkregen analyse-resultaten. De monsternummers en de saliniteitscijfers in de Westerschelde zijn als volgt:

noordoever, nrs. 2 t/m 62: 3.0% tot 1.2% NaCl,
platen, nrs. 125 t/m 63: 2.9% tot 1.6% NaCl,
zuidoever, nrs. 127 t/m 189: 2.1% t/m 1.6% NaCl.

In het Verdronken Land van Saeftinge liggen de saliniteiten als volgt: In de bovengronden van de meeste gebieden of eilanden van Saeftinge liggen de zoutgehalten tussen 1 en 1.5% NaCl, waarvan de meeste waarden tussen 1.1 en 1.2% NaCl. In de centra van kommen van grotere eilanden liggen lagere waarden, nl. 0.6 tot 0.7% NaCl. Hiermede hangt vermoedelijk de lokale ontwikkeling van rietvelden samen. Op de oeverwallen treft men ook lagere NaCl-waarden aan, t.w. 0.6 tot 0.7%. Mogelijk is dit ten gevolge van de betere uitspoeling in de daar aanwezige zandige texturen. Binnen de lage dijken of kaden in het zuiden van het Verdronken Land van Saeftinge (zie nrs. 184 en 185) is het zoutgehalte erg laag, nl. 0.1% NaCl. In dit gebied zal normaal geen inundatie optreden zodat uitspoeling door neerslag hier zal domineren.

Aan de noordelijke slikken, die bij elk opkomend getijde onderlopen door het Schelde water is de saliniteit ca. 1.6% NaCl.

De zoutgehalten in ‰NaCl zijn aangegeven op de zoutkaart; een klassificatie is niet gemaakt.

De bemonstering voor het zoutgehalte van de bovengronden is gedurende zes weken in de periode juli-augustus 1984 geschied. Hierdoor is het

verloop van het zoutgehalte enigszins onregelmatig, zie bijgaande figuur 14. De chloriditeit kan men afleiden door de NaCl-waarden met 0.61 te vermenigvuldigen. Indien met op grond van gegeven grafiek de NaCl-waarden te Vlissingen, Terneuzen, Waarde en nabij de grens op resp. 2.5, 2.2, 1.9 en 1.2% schat dan geven deze cijfers na omrekening resp. 1.5, 1.3, 1.2 en 0.7% chloor.

Deze globale waarden komen niettemin vrij goed overeen met de in de Westerschelde gevonden saliniteit, zie hoofdstuk.

15. Het soortelijk volume

Het soortelijk volume van de gronden is bepaald, doordat de betrokken getallen beschikbaar kwamen bij de berekening van het zoutgehalte.

Doordat het bepalen van het zoutgehalte aan bovengronden geschiedde, regelmatig verdeeld over noord- en zuidoever en de platen door middel van pF-ringen, is de monsternamen hiervoor niet tegelijkertijd met die voor andere bodemkundige parameters m.n. de textuur, geschied.

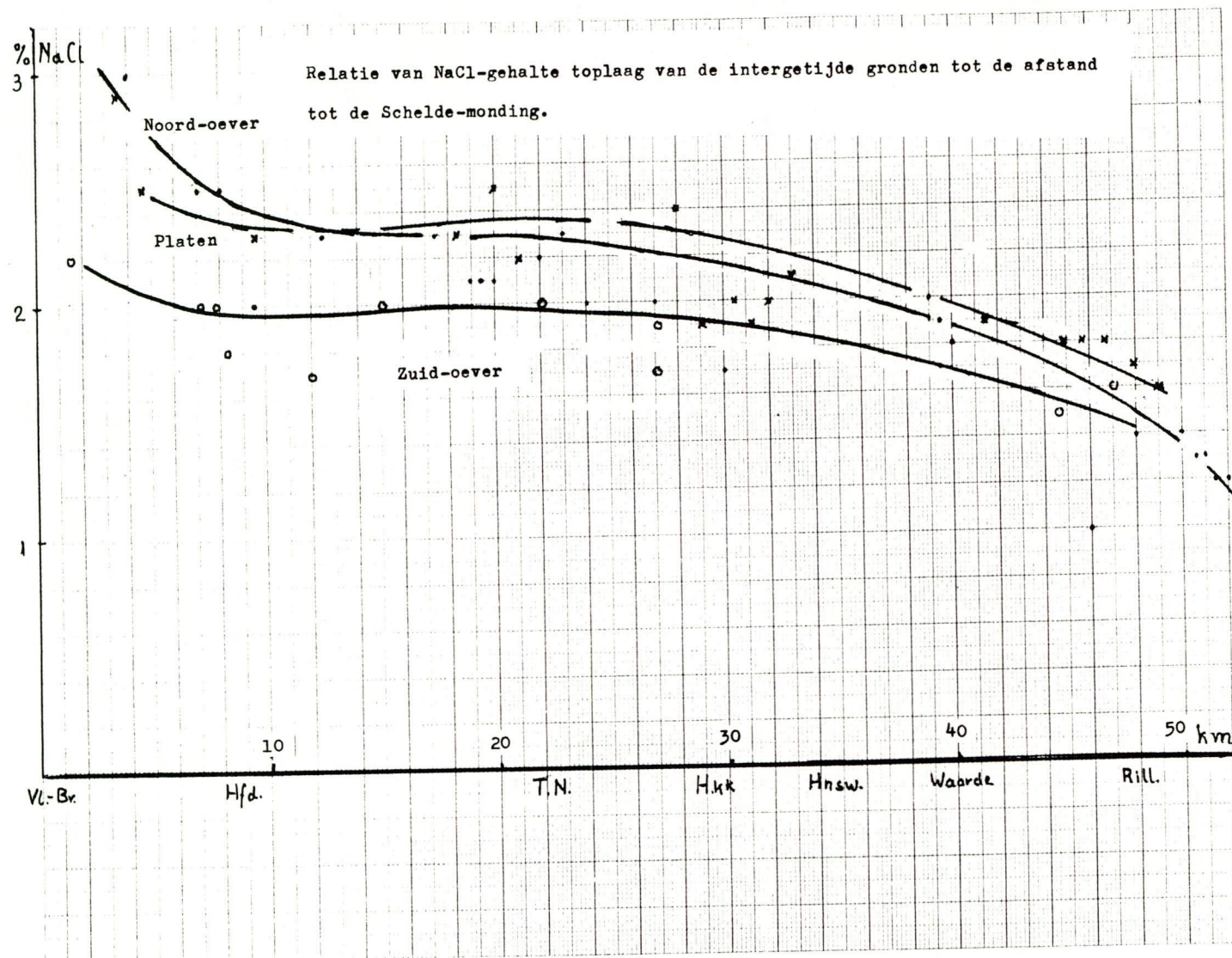
Teneinde de soortelijke volumina met de texturen te vergelijken is een indeling gemaakt van deze waarden in vergelijking met de ligging van de monsterplaatsen en de textuurkaart.

Een vergelijking van de textuurklassen met de soortelijke volumina van de daarin voorkomen bovengronden is als volgt:

textuur- klasse	lutum gehalte %	aantal	gemiddeld soortelijk volume met middelbare fout
1	0 - 4	16	1.51 ± 0.08
2	4 - 8	23	1.41 ± 0.16
2 Saeftinge		4	1.06 ± 0.11
3	8 - 12	5	1.27 ± 0.55
3 Saeftinge		3	1.33 ± 0.03
4	12 - 17	-	----
5	17 - 25	4	1.35 ± 0.50
6	25 - 35	4	1.08 ± 0.42
7	> 35	5	0.86 ± 0.31
7 Saeftinge		21	0.59 ± 0.15

In de bovenstaande tabel zijn de waarnemingen in het Verdronken Land van Saeftinge apart vermeld.

Figuur 14.



In de eerste plaats valt op dat de zandige monsters, klasse 1 en 2, een soortelijke volume bezitten dat dat van de gerijpte grond, nl. 1.5 tot 1.6 dicht benadert. De waarden van de licht kleiige zanden in de krekken en de slikken van Saeftinge zijn blijkbaar lossier van bouw.

De lichte kleien hebben minder vertegenwoordigers en het watergehalte kan sterk variëren ten gevolge van verschillende rijpingsgraden.

Echter is het duidelijk dat bij een hoger kleigehalte in het intergetijde gebied de rijping minder groot is en daardoor een kleiner soortelijk volume wordt gevonden. Dit spreekt het meeste bij de zware kleigronden met een lutumgehalte boven 35%. De soortelijke volumina hiervan liggen nabij 0.6. De middelbare fout die bij deze waarden in Saeftingen wordt gevonden toont aan dat deze waarden significant zijn.

16. Organische stof en koolstof

De organische stof in de grond is een belangrijke bodemvormend element. Het speelt een rol bij een aantal bodemgenetische processen en het vormt een voedingsbron voor tal van organismen.

Voor de bepaling van organische stof en koolstof zijn twee methoden gebruikt t.w.:

1. de natte oxidatie met bichromaat en zwavelzuur. Hierbij worden gemakkelijk oxideerbare organische stof afgebroken. Bepaald wordt de C-elementair, C_e , die vermenigvuldigt met 1.7 representatief voor het humuspercentage is. De niet gehumificeerde organische bestanddelen zijn bij deze bepaling niet betrokken.
2. de bepaling door middel van gloeiverlies. Dit geschiedt bij 500°C daarbij deze temperatuur nog geen ontleding van vrije kalk geschiedt. De totale organische stof, O.S., wordt berekend door: gloeiverlies - 6% van de fractie kleiner dan 16 μ m.

Uit de tweede methode volgen uiteraard hogere waarden dan uit de eerste methode. Enige aantekeningen kunnen wel bij deze methoden geplaatst worden. De vraag doet zich voor of gebruikte berekeningsconstanten wel voor semiterrestrische bodems van toepassing zullen zijn. De factoren 1.7 zowel als de reductie met 6% van de fractie kleiner dan 16 micron geeft goede resultaten bij terrestrische gronden. Voorts worden bij natte oxidatie ook de sulfiden geoxideerd. Dan dient nog vermeld te worden dat de monsters voor beide analyses reeds in een vroeg stadium

verdeeld werden en niet na drogen, malen en homogeniseren. Verder kunnen er analysefouten gemaakt zijn of afwijkingen bestaan doordat in de monsters schelpdieren aanwezig waren. In vergelijking met andere cijfers zijn bepaalde waarden discutabel, bv. C/N-quotienten kleiner dan 5 of groter dan 40, C/klei-verhoudingen groter dan 20. Zonodig zal op deze waarden gewezen worden.

De C-elementair percentages variëren in de slikken en platen van 0.1 tot 4%. In de gronden van de noordoever treft men waarden van 0.1 tot 3% en 4% op een schor. De platen hebben doorgaans lagere waarden, nl. lager dan 0.8%. Op de Hooge Platen zijn waarden tussen 1 en 2% gemeten. Niet alleen het hoge kleigehalte maar ook de biologische activiteit kan hierbij een rol spelen.

De gronden van de zuidoever vertonen hetzelfde beeld, waarbij de meeste een waarde beneden 1% bezitten. Lokaal treft men 4 à 5%. In het Verdronken Land van Saeftinge hebben de bovengronden doorgaans een Ce-percentage tussen 4 en 5%, soms lokaal tot 8.5% oplopend. De hoogste gehalten worden in de textureel zwaardere komgronden aangetroffen, terwijl de waarden van 1 tot 2% Ce op lichtere gronden gevonden worden. De organische stofcijfers bepaald door gloeiverlies vertonen meer variatie. Zij liggen tussen ca. 1 en ca. 15%. Op de noordoever treft men waarden tussen 2 en 12%, waarbij de hogere cijfers op kleirijke bodems getroffen worden. Op de platen is de spreiding minder groot namelijk van 1.7 tot 4% met enkele uitschieters tot 6 à 8% in de zwaardere gronden. Op de zuidoever liggen deze percentages tussen 3 en 5%, met enkele uitschieters zowel naar boven als naar beneden. In het Verdronken Land van Saeftinge liggen deze organische stofgehalten in twee trajecten, nl. van 12 tot 14 en van 2 tot 5%. De hogere waarden treft men in komgronden. Blijkbaar is hier de mineralisatie in het doorgaans hydromorfe milieu minder snel, terwijl de humificatie wel groot is, waardoor organische stof accumulatie ontstaat.

In figuur 16.1 zijn zowel de Ce-percentages als de O.S.-percentages uitgezet tegen de kleigehaltes. De regressielijn van Ce tegen de klei heeft een formule van $Ce = 1/11 \cdot \text{klei } \%$. Dit betekent dat er een redelijke constante verhouding bestaat in het Westerschelde-estuarium tussen de lutumfractie en de gemakkelijk te oxideren organische stof, van

Fig. 16.1 Relatie Organische Stof en Koolstof met het Kleipercentage
van de Westerschelde

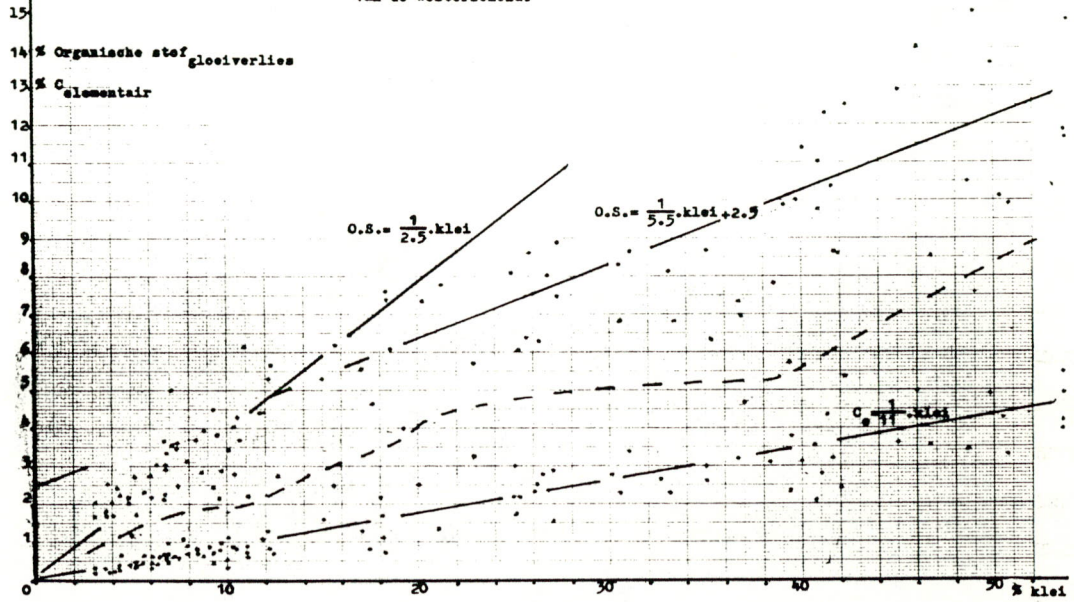
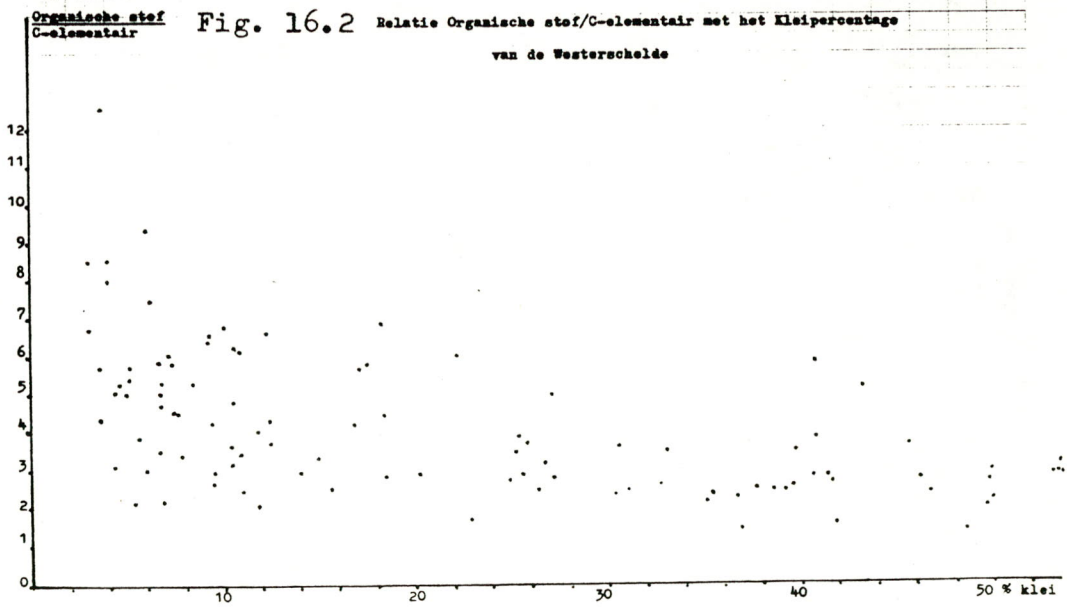


Fig. 16.2 Relatie Organische stof/C-elementair met het Kleipercentage
van de Westerschelde



1:11. De relatie tussen de O.S. en de lutumfractie ligt anders. De zandige of lichtere gronden hebben een regressielijn met een waarde van: $O.S. = 1/2.5. \text{ klei\%}$ en de zwaardere gronden hebben een regressielijn van $O.S. = 1/5.5. \text{ klei\%} + 2.5$.

Dit betekent dat er in lichtere gronden t.o.v. klei blijkbaar relatief meer organische materiaal aanwezig is dan bij zwaardere gronden.

Een vergelijking van de aantallen monsters met verschillende kleipercentsages is hierbij illustratief. Hoewel de aantallen analyses in de verschillende textuurklassen niet geheel representatief zijn valt wel op dat het aantal analyses van gronden van 0 tot 12% lutum gelijk is aan 46%, van 12 tot 25% lutum aan 15% en het aantal gronden met een lutumgehalte groter dan 25% is 39%. Deze tendens geeft aan dat er twee afzettingmilieus zijn, nl. één in langzaam stromend of stilstaand water en één waar grotere stroomsnelheden heersen, die tijdelijk sterk gereduceerd kunnen zijn. Deze twee milieus werken blijkbaar ook op de soort van het organisch materiaal door. Men kan hier denken aan gehumificeerde organische stof dat een complex vormt met de lutumfractie en grovere delen (houtdelen, verslagen veenresten, e.d.) die separaat met het zand getransporteerd worden.

Het snijpunt van bovengenoemde twee regressielijnen ligt nabij het kleigehalte van 12%. Het is niet uitgesloten dat met kennis van deze achtergrond er ook een flauwe knik in de regressielijn voor Ce en de lutumpercentsages gevonden kan worden.

De verhoudingen tussen O.S. en C-elementair, Co/Ce , zijn eveneens nagegaan.

Aan de noordoever treft men onregelmatige waarden tussen 2 en 6. Op de platen liggen deze waarden tussen 4 en 6 met enkel hogere waarden op de Hooge Platen. De zuidoever varieert sterker tussen 2 en 8.5, waarbij de tendens bestaat dat hogere cijfers bij zandige gronden worden aangetroffen. In het Verdronken Land van Saeftinge liggen de meeste waarden in een nauwer traject, nl. tussen 2 en 4, waarbij bovendien minder verschillen tussen zware en lichte gronden worden gevonden.

Dit betekent bovendien dat bij de gevolgde berekeningen in zware bodems de O.S. of Co-waarden die van de humuspercentages of $Ce \times 1.7$ dicht benaderen.

Wanneer men de verhoudingen tussen Co en Ce tegen de lutumpercentages uitzet, zie figuur 16.2 dan ziet men afgezien van sterke uitbijters, dat er een bredere spreiding van de Co/Ce-verhoudingen bestaat bij de lichtere gronden dan bij de zwaardere bodems. In de laatste milieus komen deze waarden dicht bij elkaar en wel tussen 2 en 4, terwijl in onder minder rustige milieus waarden die zowel hoger als lager zijn worden gevonden.

Een berekening gebaseerd op bovenstaande relaties tussen lutumpercentages en de Ce en Co geeft als resultaat:

$$\begin{aligned} 1. \text{ O.S.} &= \text{Co} = 1/2.5. \text{ klei \% }) \\ &\text{Ce} = 1/11. \text{ klei \% }) \quad \text{Co/Ce} = 4.4. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ C.S.} &= \text{Co} = 1/5.5. \text{ klei\%} + 2.5) \\ &\text{Ce} = 1/11. \text{ klei\%} \quad) \quad \text{Co/Ce} = 2 + 2.5/\text{Ce} \end{aligned}$$

Dit betekent dat bij zandige gronden (sub 1) er minder organisch materiaal gehumificeerd is (zie opmerkingen hogerop) en dat er bij zwaardere gronden een grotere humificatie is opgetreden. Deze formule toegepast (sub 2) geeft voor gronden met een lutumpercentage van 40 tot 50% (Verdronken Land van Saeftingen) Co/Ce-waarden van 2.7 tot 2.6.

17. Stikstof

De stikstofbepaling volgens Kjeldahl is evenals die van elementaire koolstof een natte oxidatie methode. De stikstofcijfers zijn dan ook in hoge mate aan die van het humeuze organische materiaal gebonden. Als maat hiervoor wordt het C/N-quotiënt gegeven. Is het oorspronkelijke organische materiaal rijk aan nutriënten dan ontstaat door afbraak een rijkere of mildere humus met een laag C/N-quotiënt. Is het uitgangsmateriaal arm aan nutriënten dan ontstaat een soort humus met een hoog C/N-quotiënt. Lagere waarden bijv. 8 tot 12 zijn representatief voor een rijker milieu.

De stikstof vormt evenals koolstofverbindingen een voedingsbron voor micro- en macro-organismen.

De C/N-quotiënten van de noordoever, platen en zuidoever hebben over het algemeen waarden tussen 10 en 15. In Saeftinge liggen deze ver-

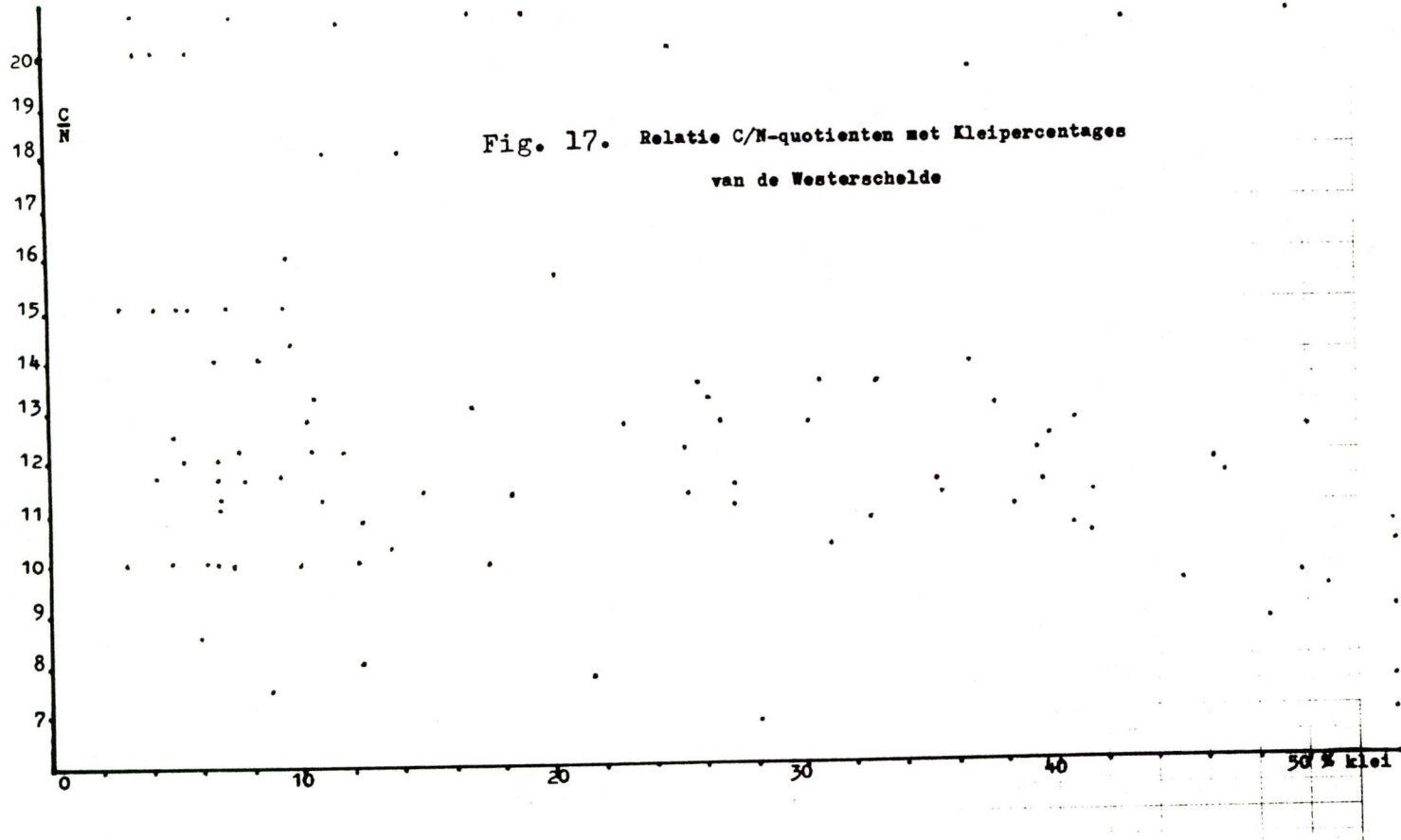
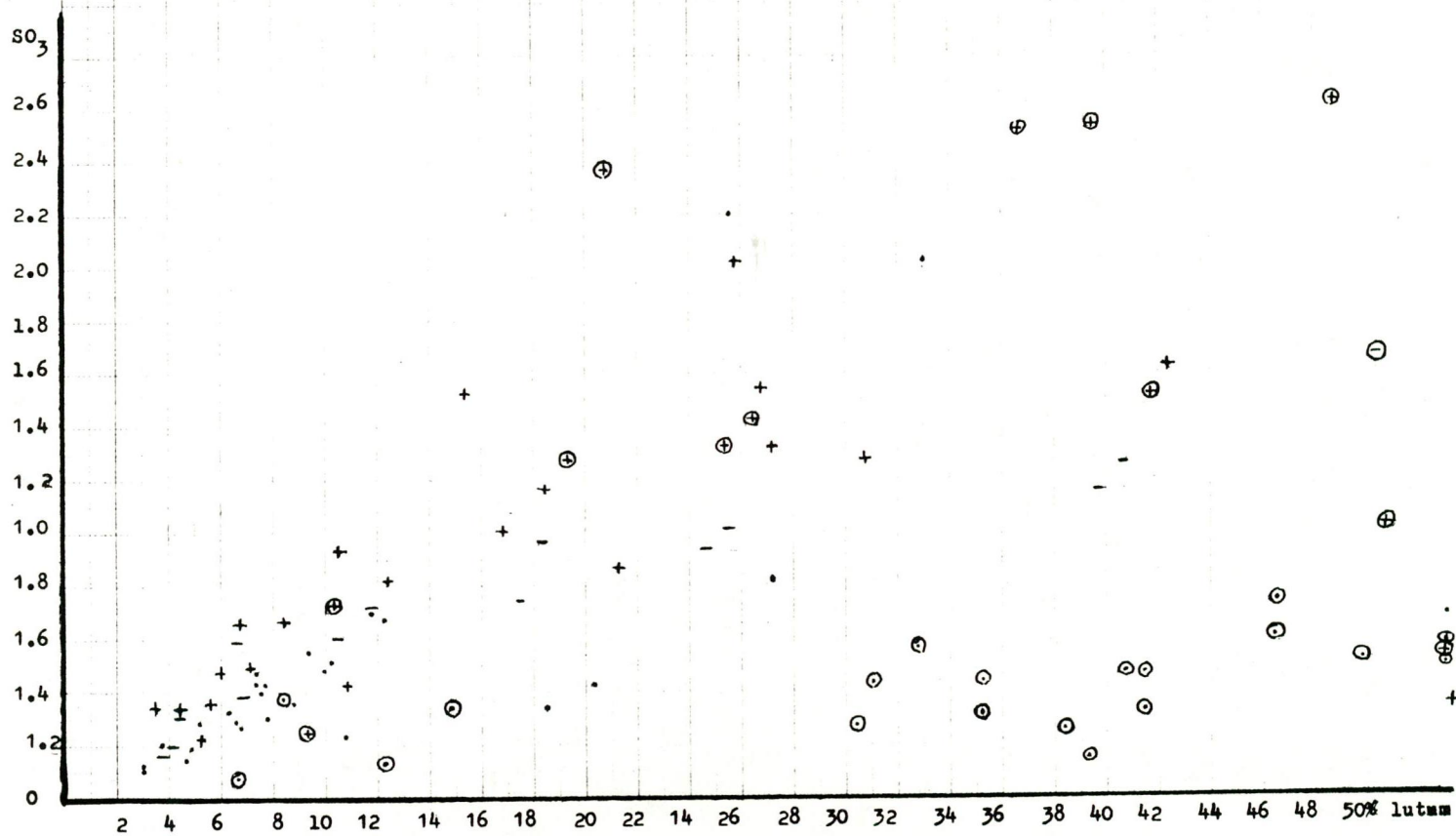


Fig. 18.1 Relatie tussen SO_3 -gehalte en lutumpercentage van horizonten.

- . = G_o -horizont
- + = G_{su} -horizont
- = G_r -horizont
- o = horizonten in schorren van Saeftingen.



21

houdingen tussen 10 en 13. Lokaal treft men zeer hoge waarden, die merkwaardig genoemd kunnen worden, ook als men deze in relatie tot andere cijfers ziet. Mogelijk hangen sommige zeer lage cijfers samen met NH_4 -fixatie en hoge waarden met aanwezige houtdelen.

In figuur 17.1 zijn de C/N-verhoudingen uitgezet tegen de lutum-percentages. Hierbij blijkt dat in kleiige gronden een kleinere spreiding aanwezig is dan in zandige gronden. In kleigronden liggen de C/N-waarden tussen 9 en 13, waarbij in de zwaarste kleien deze waarden dalen tot 11 en lager. In zandige gronden is de spreiding groter, nl. tussen 8 en 15. Extreme waarden boven 20 komen lokaal in alle texturen voor. Uit het voorgaande moge blijken dat de gronden met hogere koolstof of humusgehalten ook rijker aan stikstof zijn. Verder is het humusgehalte aan het kleigehalte gebonden, zodat er ook een verband tussen het stikstofgehalte en de zwaarte van de gronden bestaat. De zandgronden, o.m. van de platen, hebben een stikstofgehalte dat onder 0.1% ligt. De kleiige gronden hebben hogere waarden. In het Verdronken Land van Seaftinge treft men in de zware kleien, d.i. met meer dan 25% lutum, stikstofgehalten van 0.20 tot 0.50% aan.

18. Zwavel

In het zeewater is zwavel als SO_4 -ion aanwezig. Het intergetijde gebied wordt twee maal per dag door de zee overspoeld zodat er een continue aanvoer van sulfaat bestaat. In het anaerobe milieu wordt door micro-organismen zwavel als sulfide vastgelegd. Daar de sulfiden een zeer laag oplosbaarheidsproduct hebben kan zich veel S accumuleren, speciaal in de Gsu-horizonten.

De zwavelcijfers zijn als zwaveltotaal geanalyseerd door het monster met koningswater te behandelen: HNO_3 en HCl . De cijfers zijn als SO_3 -waarden gegeven.

In het algemeen zijn de SO_3 -waarden hoog. In zanden en licht kleiige zanden ligt het SO_3 percentage onder 0.5%. In kleigronden lopen deze op tot 2.5%. Deze hoger waarden zijn in kleiige gronden te verwachten vanwege de Mackinawiet vorming in deze sterk anaerobe gronden.

In de onderstaande tabel zijn de gemiddelde SO_3 -waarden van de Go, Gsu en Gr-horizonten berekend. De meeste van deze horizonten zijn bovengronden zodat een verband in een profiel, onder elkaar liggen, hier niet de bedoeling is. Uit de cijfers van de noordoever, van de platen en van de zuidoever

blijkt dat de Gsu-horizonten de hoogste waarden bezitten. De waarden van het Land van Saeftinge moet apart beoordeeld worden. Deze gronden zijn schorren en worden niet door elke vloed overspoeld. Een gevolg hiervan is dat de normale profielopbouw wel in de volgorde Go, Gsu en Gr gevonden wordt. Daar deze bodems een overgang tussen semi-terrestrische en terrestrische bodem vormen (Gorsvaaggronden - Poldervaaggronden) treedt in de bovengronden aeratie op, Go, waardoor daar gevormde sulfide weer oxideren en naar een lagere Gsu-horizont uitspoelen en aldaar weer als sulfide worden vastgelegd. Er valt dan ook een duidelijke accumulatie van S in deze horizont waar te nemen. De onderliggende Gr-horizont bevat minder zwavel.

horizont	Noordoever		Platen		Zuidoever		Saeftinge	
	gem. SO ₃ %	n	gem. SO ₃ %	n	gem. SO ₃ %	n	gem. SO ₃ %	n
Go	0.64	10	0.28	9	0.48	6	0.40	19
Gsu	1.61	9	0.44	6	0.76	2	1.48	11
Gr	0.41	19	0.34	5	-	-	0.77	7

In figuur 18.1 is de relatie tussen de SO₃-gehalten en het lutumgehalten gegeven. De hierboven aangegeven gemiddelden zijn als tendenzen in de grafiek waar te nemen. Verder blijkt dat er een duidelijke toename van de zwavelwaarden met de kleigehalten is te zien. De bovengronden, zijn de Go-horizonten, van het Verdronken Land van Saeftinge vallen daar buiten. Deze hebben een lage SO₃-waarde, terwijl de meeste SO₃-waarden van de Gsu-horizonten hoog zijn.

19. Fosfor

In een aantal bodemeenheden zijn monsters genomen om het fosfaatgehalte te bestuderen. Daar fosfor belangrijk is als voedingselement is het interessant om na te gaan in hoeverre dit bij de biologische activiteit een rol speelt. Voorts kan men nagaan hoe de verschillen in fosfaat tussen diverse bodemtypen ligt.

Het fosforgehalte is uitgedrukt als P₂O₅ in mg per 100 gram grond. De P-Al bepaling is een extractie met 0.1 N Ammoniumlaktat in 0.4 N Azijnzuur bij een pH = 3.75 gebufferd. Met deze extractie wordt het voor de plant beschikbare fosfaat bepaald.

Normaal komt fosfaat in de grond voor in gehalten tussen 0.02 en 0.08% en het is grotendeels gebonden aan organische stoffen. Een deel van het fosfaat kan in verbindingen met calcium en ijzer worden vastgelegd.

Volgens de bovenstaande methodiek geanalyseerde gronden in het Schelde estuarium hebben een P-gehalte tussen 10 en 130 mg/100 gram grond of 0.01 tot 0.13%. Dit wijst op een redelijke tot goede fosfaatvoorziening. Globaal kan men in de Westerschelde de volgende gehalten treffen, zie figuur 18.1.

Op de noordoever loopt het P-gehalte geleidelijk aan op van ca. 30 tot 120 mg P_2O_5 per 100 gram grond. Op de platen liggen deze waarden over het algemeen iets lager. In het westen treft men overeenkomst met de noordoever, ca. 30 mg/100 g. grond; in het midden worden lagere waarden gemeten van ca. 10 mg tot oostwaarts oplopend tot 30 mg/100 gram grond. De laagste waarden worden gevonden op zandbanken waarvan de bovengrond recent in beweging is en minder biologische activiteit heerst. Op de zuidoever is het aantal monsters beperkt, doch het beeld komt met dat van de noordoever overeen.

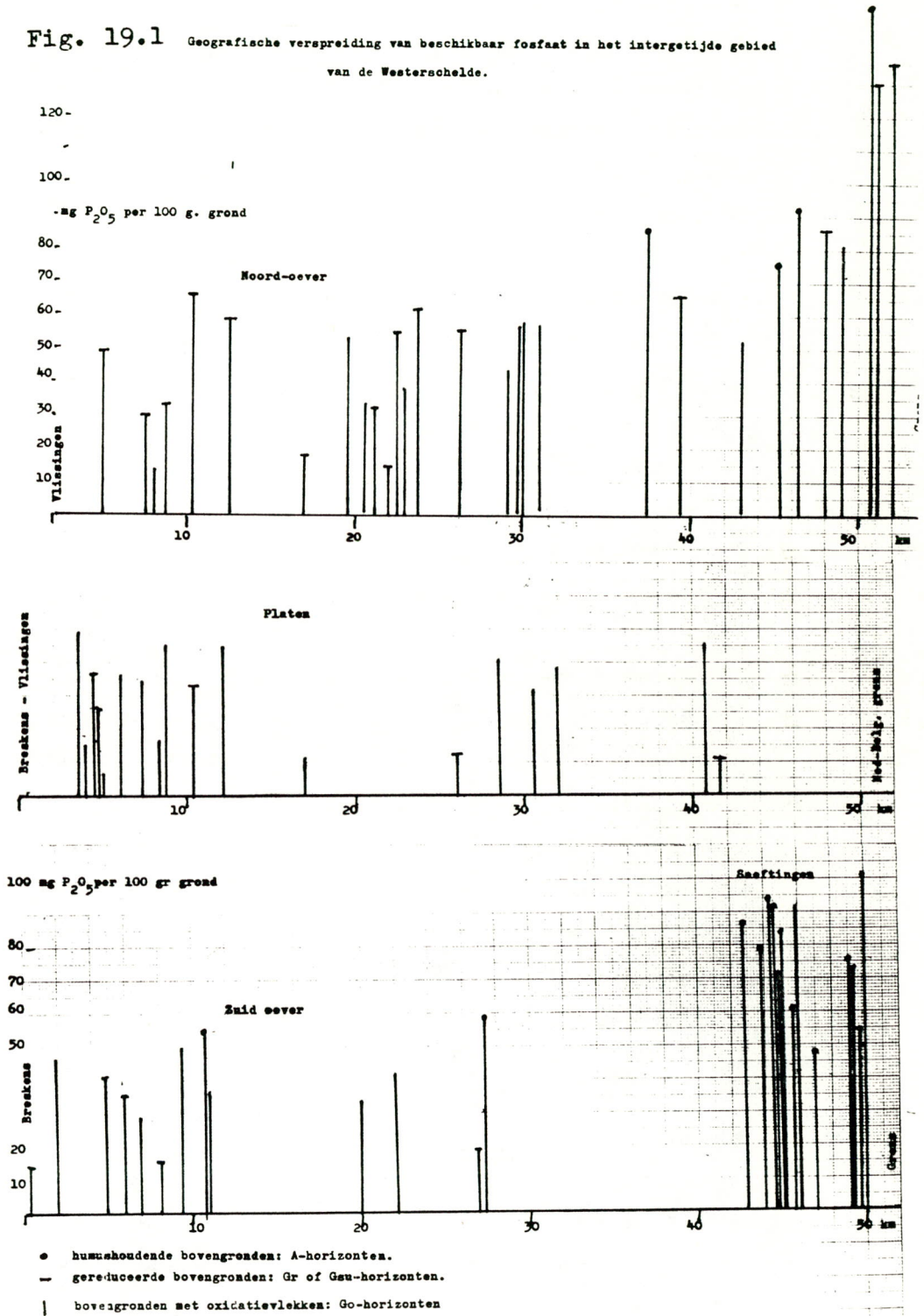
In het algemeen kan men stellen dat de fosfaatgehalten naar het oosten toenemen wat overeenkomt met de toename van het fosfaatgehalte in het Scheldewater.

Getracht is een correlatie met het kleigehalte te vinden. Deze is over het algemeen slecht. Wel hebben zandige gronden geringe hoeveelheden fosfaat dan kleiige gronden, doch de variatie in fosfaat t.o.v. de kleigehalten is niet regelmatig.

Een relatie met het koolstofgehalte is lokaal aanwezig elders niet.

In het schorregebied van Saeftinge blijken de P-cijfers en de C-cijfers vrij regelmatig met de diepte af te nemen. Dit kan er op wijzen dat veel fosfaat aan organisch materiaal gebonden is. De afname van fosfaat met de diepte komt niet met het verloop van de kleigehalten overeen. De profielen in dit gebied blijven tot een diepte van ca. 1 m vaak sterk kleiig. Er kunnen andere oorzaken zijn voor het verloop van de fosfaat-cijfers: zij kunnen in deze deels gerijpte bodems anders gebonden zijn, bv. aan Fe-verbindingen, of de fosfaat-aanvoer door de Schelde kan de laatste decennia gewijzigd zijn.

Fig. 19.1 Geografische verspreiding van beschikbaar fosfaat in het intergetijde gebied van de Westerschelde.



Vergelijkt men de P-cijfers met de profielopbouw dan blijkt dat er een tendens bestaat dat bovengrondmonsters met humusaccumulatie, A-horizonten, meer fosfor bezitten dan andere bovengrondmonsters. De betrokken monsters zijn helaas te weinig in aantal voor een systematische vergelijking. Uit vergelijking tussen Co-, Gr- en Gsu-horizonten blijkt dat er geen opvallend verband gevonden wordt tussen deze horizonten en de P-waarden. In dit stadium speelt oxidatie of reductie blijkbaar nog geen doorslaggevende rol.

Tenslotte blijkt dat op platen en slikken waar grotere biologische activiteit heerst grotere hoeveelheden fosfaat bezitten. Hoewel het niet uitgesloten geacht wordt dat microorganismen en algen door groei en afsterven en hun stofwisseling aan de fosfaatvastlegging bijdragen kunnen er ook andere relaties een rol spelen. Meer systematisch onderzoek is in deze geboden.

20. Kleimineralen

Monsterplaatsen. In de Westerschelde werden op een 20-tal plaatsen de kleimineralen van de gronden onderzocht. De verspreiding van de monsters is verdeeld over het gehele estuariumgebied, t.w.:

- monsterplaatsen 5, 12, 23, 32 en 41 aan de noordoever,
- de plaatsen 120, 116, 101, 83, 73 en 71 op de platen, en
- de plaatsen 173, 174, 178 in het Verdronken Land van Saeftinge en de nummers 130, 138 en 148 op de zuidoever.

De kleigehaltes van deze gronden variëren van 3 tot 45%. De meeste monsters zijn bovengronden, in het Verdronken Land van Saeftinge werden naast bovengronden ook ondergrondmonster genomen.

Voorbehandeling. Na een voorbehandeling met H_2O_2 en 0.1 N HCl werden de 2 μm fracties afgescheiden. Deze werd met K verzadigd en daarna de helft hiervan opnieuw met Mg verzadigd. De K- en Mg-kleien werden op zeer fijn gesinterde schijfjes opgebracht (afgezogen) en er werd een röntgendiffractie-opname van verricht. Vervolgens werden de K-kleischijfjes op 500°C gedurende twee uur gegloeid en de Mg-kleien werden op 50°C geglycoleerd. Daarna werden deze Mg-glycol- en K-500-monsters wederom opgenomen. Totaal 80 röntgendiffractie opnamen.

Resultaten. Het resultaat van de opnamen is dat de samenstelling van de kleifractie is: $S^{++} I^{++} C^{++} K^{+}$, waarbij bij naast kleien in de kleifractie tevens kwarts werd aangetroffen en bij sommige ook ijzersulfide,

smythite of FeS. De röntgendiffractieopnamen zijn in bijgaande figuur 19.1 weergegeven. De smectieten (S) en de illieten (I) zijn dominant.

De smectieten vertonen bij de Mg-verzadigde monsters een 001-spacing van 15 en 16 Å, dus een dubbele plek. Voor de Mg-glycol zwelt deze piek tot 17 en 18 Å, en na gloeien op 500°C ontstaat een scherpe plek bij 10 Å (gesuperponeerd op die van illiet).

De illiet vertoont een 10 Å piek, die bij alle opnamen aanwezig is.

Bij 500°C is de piek verhoogd door de additie van de smectiet reflectie.

In kleinere hoeveelheden is chloriet (C) en kaolinit (K) aanwezig.

De 14 Å piek van chloriet is bij bijna alle opnamen bij de Mg-kleien gemaskeerd door de hogere smectiet-reflecties. Hij is wel zichtbaar bij de andere voorbehandelingen. Bij de 500°C vindt een kleine contractie naar 13.8 Å plaats. Een hogere reflectie is aanwezig bij 7 Å, gemaskeerd door de kaolinit reflectie, en verder bij 4.7 Å en 3.5 Å, welke overigens bij gloeien verdwijnen.

Kaolinit geeft een duidelijke reflectie bij 7.15 Å, die eveneens bij de Mg- en K-verzadigde opnamen zijn terug te vinden. Deze opnamen vertonen ook de reflectie bij 3.57 Å. Bij de opname van 500°C zijn de genoemde reflecties verdwenen.

Kwarts reflecties worden bij alle monsters gevonden bij 3.34 Å en 4.26 Å.

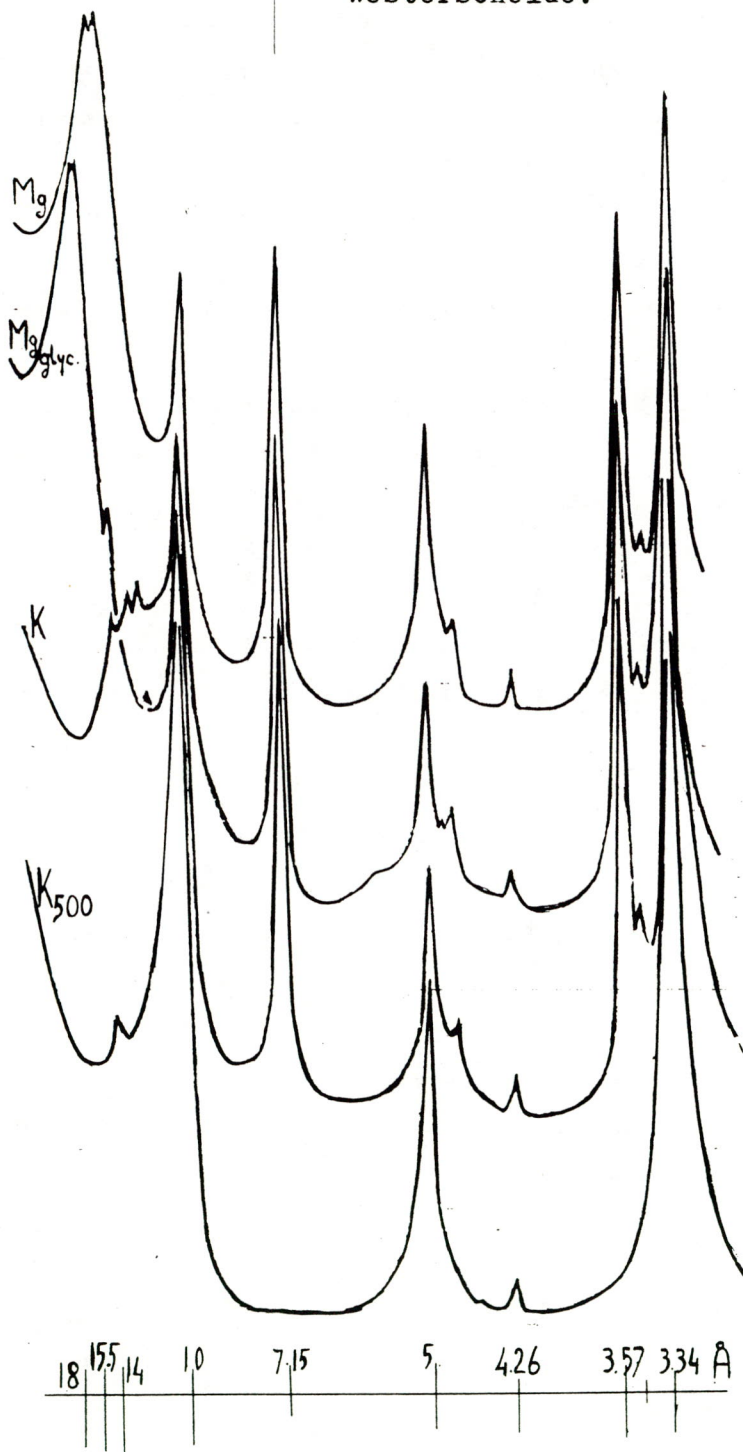
Een aantal monsters vertoont een kleien piek bij 11.5 Å ten gevolge van het FeS mineraal smythite (of een variant ervan).

Conclusie

In het estuariumgebied van de Westerschelde blijkt de samenstelling van de kleifraction uniform te zijn. Er treden ook in de grootte van de pieken en hun onderlinge verhoudingen geen systematische verschillen op. Ook in diepere horizonten waarin er sulfiden zijn gevormd (Gsu-horizonten) of er reeds een rijping plaatsgevonden heeft (Saeftinge) worden geen significante verschillen gevonden. Smectiet en illiet zijn dominant, chloriet en kaolinit treden in kleine hoeveelheden op.

Wel bestaan de smectieten vermoedelijk uit echt montmorillonieten die een hoge spacing bij 15 en 16 Å bezitten. Dit kan niet alleen aan de isomorfe vervanging in de octaedrische mineraallaag te wijten zijn maar ook aan een bouw waarbij bij deze ongerijpte kleien nog een minimale stapeling van elementaire plaatjes aanwezig is. Mogelijk zijn er ook mixed-layered montmorilloniet variëteiten aanwezig.

Fig. 20. Röntgenreflexties van klei van de Westerschelde.



21. Zware Metalen

In het Westerschelde estuarium zijn van een honderdvijftigtal monsters de concentraties aan zware metalen bepaald. Deze monsters zijn op enkele uitzonderingen na afkomstig van de bovenste tien cm van de bodem. De bepalingen van de zware metalen omvatten de elementen kobal (Co), chroom (Cr), lood (Pb), zink (Zn), nikkel (Ni), koper (Cu) en Cadmium (Cd). Deze elementen kunnen in de bodem als verontreiniging optreden. In hoge gehalte kunnen zijn storende of toxische verschijnselen veroorzaken voor flora, fauna en de mens. Met de resultaten is getracht een beeld te krijgen van de actuele spreiding van de zware metalen in het Westerscheldegebied. Hiertoe zijn per metaal een viertal klassen gemaakt gebaseerd op een drietal normwaarden. Deze waarden komen overeen met de in Nederland regelmatig gebruikte criteria, t.w.:

- de overgang van klasse 1 naar 2 is vastgesteld met behulp van de saneringswaarde, waarbij volgens de geldende normen in Nederland gronden met klasse 1 afgegraven dienen te worden.
- bij de overgang van klasse 2 naar klasse 3 is de toetsingswaarde voor wel of niet verontreinigd zijn van de grond gehanteerd.
- klasse 4 omvat de gronden met concentraties die beneden de gemiddelde waarden van zand- en zavelgronden in natuurlijke voorkomens in Nederland liggen.

De zware metalen zijn geanalyseerd volgens de methode van Sørensen, d.w.z. dat van de grond-extracties bij een pH = 1 zijn gemaakt. Deze extracties bij pH = 1 zijn met 24 monsters vergeleken met een zogenaamde totaalontsluiting van de zware metalen. Met behulp van deze twee reeksen zijn regressielijnen opgesteld, waarmee de bovengenoemde normwaarden voor totaalontsluitingen in de extracties bij pH = 1 omgerekend zijn. In onderstaande tabel zijn de normwaarden alsmede de omgerekende waarden voor het bepalen van de klassificatie bij pH = 1 gegeven.

Relatie totaalontsluiting en extractie bij pH = 1 tussen normwaarden

element	natuurlijk voorkomen		toetsings- waarde		sanerings- waarde	
	tot.	pH=1	tot.	pH=1	tot.	pH = 1
Zink	110	55	500	270	3000	1600
Koper	30	12	100	45	500	240
Lood	40	18	150	60	600	240
Cobalt	5	2	50	17	300	100
Nikkel	12	1	100	20	500	110
Cadmium	0.5	0.3	5	2.7	20	13.4
Chroom	55	2.5	250	15	800	50

Daar de klassen-grootte zeer ruim zijn en de gevonden waarden meestal in twee of drie klassen terecht komen is een splitsing gemaakt in de klassen 2 en 3. De overgangswaarden zijn gelegd op 3/5 van de grootte der klasse gerekend van 2 naar 3 en van 3 naar 4. Hierdoor is het kaart-beeld meer gedifferentieerd en zijn bovendien bij de gebieden met klasse 2a als waarschuwing extra aangegeven.

De op deze wijze gemaakte klassificatie is in onderstaande tabel weer-gegeven. Met behulp van de analysecijfers zijn de zware metaal-kaarten schaal 1 : 50.000 van het Westerscheldegebied ontworpen.

Klassificatienormen Westerschelde getijde gronden
(extractie bij pH=1)

	Zn	Cu	Pb	Ni	Co	Cr	Cd
klasse 1	1600	240	240	110	100	50	13,4
klasse 2a	1600-800	240-125	240-130	110- 60	100-50	50-30	13,4-7,0
klasse 2b	800-270	125-45	130-60	60- 20	50-17	30-15	7,0-2,7
klasse 3a	270-140	45-26	60-35	20- 9	17-8	15-7,5	2,7-1,3
klasse 3b	140-55	26-12	35-18	9- 1	8-2	7,5-2,5	1,3-0,3
klasse 4	< 55	< 12	< 18	< 1	< 2	< 2,5	< 0,3

Bij het samenstellen van de zware metalen-kaarten is vanuit de bodemkaarten geëxtrapoleerd. De relatie tussen het lutumgehalte en de verontreiniging is meestal zeer duidelijk.

Kobalt

Kobalt heeft over het gehele Westerscheldegebied ongeveer dezelfde waarde, en de verontreiniging valt in klasse 3b. Hogere waarden vallende in klasse 3a treft men rond Hoofdplaat, op de Hooge Platen, in het Land van Saeftinge en op de slikken van Ossendrecht en Emanuelpolder. Op deze plaatsen zijn waarden van 12 en 14 ppm gevonden. Geen enkele plaats overschrijdt de toetsingswaarden.

Chroom

Chroom blijft over het gehele Westerscheldegebied onder de toetsingswaarde van 15 ppm. Alleen twee monsters in het jongste deel van het Verdrongen Land van Saeftinge overschrijden deze waarde. Hoge concentraties van chroom liggende in klasse 3a doen zich voor op de slikken van Hoofdplaat tot Breskens, op de Hooge Platen, en op de schorren van Emanuelpolder, Kapellebank en Ossendrecht.

Het chroomgehalte is voornamelijk afkomstig van galvanische-, grafische-, en kunstmest industrie. Ook de productie van titaanoxide levert chroom als afvalproduct op.

Zink

De zinkconcentraties zijn over grote gebieden in de Westerschelde gelegen onder de bovengrens van natuurlijke voorkomens, t.w. 55 ppm. Aan de zuidzijde van de Hooge Platen en de slikken bij Hoofdplaat treft men hogere waarden. Deze verschillen komen overeen met de textuurwaarden. Eveneens hoge waarden, vallende in de klassen 3a en 3b treft men in het oostelijk deel van de Westerschelde in kleiige sedimenten. In de jongere delen van het Verdrongen Land van Saeftinge vindt men hoge concentraties van 300 tot 370 ppm liggende in klasse 2b.

De noordoever heeft in westelijke richting een duidelijke dalende gradiënt. Hoge waarden zijn aangetroffen bij:

- tegen de Belgische grens (het industriegebied van Antwerpen)
- op de hogere buitendijkse delen ter hoogte van Rilland, in de Bieze-
lingse Ham en op de slikken van Everdingen,
- aan de monding van het Sloe-gebied.

Waarden uit het veldwerk van 1983 tonen een overschrijding van de toetsingswaarden in het schor van de Emanuelpolder.

Belangrijke bronnen voor de aanvoer van zink zijn de galvanische, grafische en staalindustrieën en een deel zal afkomstig zijn van de grote steden (bv. dakgoten, verf).

Koper

Ten westen van de lijn Hoedekenskerke-Ossensisse zijn bij de bepaling van de koperconcentraties geen waarden gevonden die de natuurlijke toetsingsgrens overschrijden. Opvallend is het punt op de Rug van Baarland met een concentratie van 20 ppm te midden van veel lagere waarden. Op de Biezelingse Ham en de Kapellebank liggen weinig hogere waarden. Hoge waarden in de klassen 3a en 3b treft men op het schor van Ossendrecht en het Land van Saeftinge. Het totaal beeld van de Westerschelde is een snelle afname van de koperconcentraties ten westen van de lijn Rilland-Paal.

Belangrijke bronnen zijn de electrotechnische-, galvanische- en kunstmest-industrie.

Nikkel

In het Westerscheldegebied liggen de nikkelconcentraties over het algemeen tussen 1 en 9 ppm in klasse 3b. Plaatsen met hogere waarden dan het toetsingscriterium zijn opnieuw te vinden in het Land van Saeftinge en de schorren van Ossendrecht.

Een belangrijke bron voor nikkelcontaminatie is de galvanische industrie.

Lood

Het loodgehalte op de platen is alleen op de Hooge Platen boven de grens van het natuurlijk voorkomen gevonden. De verdeling op deze plaat sluit aan op het beeld van de zuidoever tussen Terneuzen en Breskens. Een stukje van de plaat bij Hulst heeft eveneens een iets hogere waarde. In het Verdronken Land van Saeftinge treft men wederom hogere loodconcentraties, nl. in het oudere zuidelijke deel in klasse 3a en b en in de jongere noordelijke delen in klasse 2b. In de kreek is het gehalte laag. Op de noordoever ziet men hetzelfde beeld als bij de andere zware metalen. De schorren van Ossendrecht zijn plaatselijk sterk verontreinigd. Hogere slikken hebben eveneens hogere loodgehalten. In de Biezelingse Ham is het toetsingscriterium oververschreden.

Bronnen zijn de staalindustrie. Andere bronnen kunnen de pigment-industrie en verkeer zijn.

Cadmium

De cadmiumconcentraties in de Westerschelde liggen tussen de 0 en 10.8 ppm. Deze laatste waarde ligt gevaarlijk dicht bij de buurt van de saneringswaarde (13.4 ppm). In de kleihoudende bodems tussen Breskens en Ossensisse treft men cadmiumconcentraties tussen de waarden van natuurlijk voorkomen en de toetsingswaarden.

Het probleemgebied van Saeftinge bezit aanzienlijke hoeveelheden cadmium en is met klasse 2a het sterkst verontreinigd. Dit is wederom vooral het geval in het noordwestelijke jongste deel.

Op de noordoever is het beeld meer gecompliceerd. In het westen komen incidenteel hoge waarden voor, in het oosten wordt de toetsingswaarde frequent overschreden. Ook hier zijn de lutumrijkere buitendijkse gebieden het sterkst verontreinigd.

Cadmium is een afvalproduct bij de superfosfaatfabrikage en het concentreren van ertsen.

IJzer en Mangaan

Op dezelfde wijze als de hiervoor genoemde metalen zijn de ijzer en mangaanconcentraties van de bovengronden geanalyseerd. Deze cijfers zijn in dit rapport nog niet verwerkt. Enerzijds zijn zij als metaal minder gevaarlijk dan de hiervoor genoemde metalen. Zij komen in de bodem algemeen voor. Het gedrag van de metalen is sterk gebonden aan de profielontwikkeling. Een bespreking heeft meer zin na de analyse van diepere horizonten.

Totaalbeeld

De zware metalen zijn in het Westerschelde water aan klei- en humusdelen of complexen van deze gebonden.

Zodra de zwevende delen sedimenteren kan de binding en vorm van voorkomen veranderen. Ten gevolge van de sulfide-vorming in anaeroob milieu kunnen de zware metalen als sterk onoplosbare verbindingen bij de heersende zuurgraden, pH tussen 7 en 8.5, neerslaan. Deze sulfiden worden bij analyses uitgevoerd met een extractie bij pH=1 weer opgelost. Ook kan opname geschieden ten gevolge van biologische en stofwisselingsprocessen in planten en door dieren.

Opvallend is dat de hogere concentraties aan zware metalen overeenstemmen met de hogere lutumpercentages in de sedimenten. De totale verontreiniging is door het gegeven kaartbeeld voor deze overzichtskartering goed geschetst en zal hieronder in tabelvorm nogmaals worden weergegeven. Hoe echter de verontreiniging plaats vindt en waaraan deze het meest gebonden is zal nog nader berekend moeten worden. In de literatuur geeft men verbanden met de lutumfractie ($< 2 \mu\text{m}$) of met de fractie kleiner dan $16 \mu\text{m}$. Er zijn ook onderzoeken bekend waaruit volgt dat een binding door micro- en andere organismen een rol speelt. Hierbij dient men de rol van de organische stof, primair of secundair in beschouwing te nemen.

Hoewel er een aantal berekeningen zijn gemaakt waaruit blijkt dat er een sterk positief verband bestaat tussen de zware metaal-gehalten en de lutumfractie willen wij in een volgend rapport hierop terug komen, waarin wij alle cijfers door middel van computer-berekeningen willen betrekken.

Uit deze berekeningen kan volgen of lokaal de verhouding van zware metalen tot een bepaalde textuur of lutumfractie anders ligt. Hier kan mogelijk uit geconcludeerd worden waar "infectie" bronnen liggen.

Voor een totaal overzicht van de thans gevonden waarden en klassen is het Westerschelde gebied in drie geografische eenheden verdeeld, waarbij verder een onderverdeling van het Verdronken Land van Saeftinge is gemaakt. Om een inzicht te geven in de verontreiniging is de overgang van klasse 3a en 3b als scheidingslijn genomen. Het aantal malen dat dit scheidingscriterium is overschreden is in de laatste kolom (8) gegeven. Op de zandplaten doen zich weinig sterke verontreinigingen voor. Alleen aan de zuidrand van de Hooge Platen treft men hogere kobalt, cadmium en chroomwaarden aan.

De noordoever heeft over het algemeen in het oosten wel hogere waarden dan in het westen, doch plaatselijk treft men grote verschillen. In het Sloegebied en op het slik van Rammekenshoek liggen zink, nikkel, cadmium, lood en chroomoverschrijdingen. Nabij Borssele en het slik ten westen van Borssele treft men alleen bij cadmium hogere waarden. Opvallend is de sterke differentiatie ten aanzien van de andere zware metalen.

De zuidoever tussen Hoofdplaat en Paal zijn niet sterk verontreinigd. Tussen Breskens en Hoofdplaat treedt wel verontreiniging op ten aanzien van chroom en kobalt.

Het Verdrongen Land van Saeftinge met uitzondering van de kreken heeft de zwaarste verontreinigingen. Het noordwestelijk deel overschrijdt voor alle metalen het gemaakte scheidingscriterium.

Als probleemgebied moeten van de buitendijkse gebieden het schor van Ossendrecht en het noordelijke deel van het Verdrongen Land van Saeftinge genoemd worden.

Een algemeen overzicht is gegeven in bijgaandetabel 21.1.

In een opvolgend onderzoek zou als gevolg van de inventarisatie van zomer

Totaaloverzicht van de metaalcontaminatie van het intergetijdegebied van
de Westerschelde

Gebied:	Co	Zn	Cu	Ni	Cd	Pb	Cr	X
Slikken bij Hoofdplaat	3a	3b	4	3b	3b	3a	3a	2
Plaat van Hulst	3b	4	4	3b	3b	4	3b	0
Schor van Baalhoek	3b	4	4	3b	4	4	3b	0
NW-Saeftinge	3a	2b	3a	3a	2a	2b	2b	7
NO-Saeftinge	3a	3a	3a	3a	2b	3a	3a	7
Z-Saeftinge	3a	3b	3b	3b	3a	3b	3b	2
Hoge Plaat	3a	3b	4	3b	3a	3a	3a/3b	2-3
Middelplaat	3b	4	4	3b	3b	4	3b/4	0
Rug van Baarland	3b	4	4	3b/4	3b	4	3b	0
Plaat van Valkenisse	3b	4	4	3b/4	3a/3b	4	3b/4	0-1
Slik bij Rammekenshoek	3a	3a/3b	4	3a/3b	2b/3b	3a/3b	3a/3b	1-5
Slik W van Borssele	3b	3b/4	4	3b	3a/3b	3b/4	3b/4	0-1
Plaat van Baarland	3b	3b/4	4	3b	3a/3b	4	3b	0-1
Kapellebank	3a	3b/4	3b/4	3b	2b/3a	3a/3b	3a/3b	2-4
Slikken W van Bath	3a/3b	3a/3b	3b/4	3b	2b/3a	3a/3b	3b	1-4
Schor van Ossendrecht	3a/3b	2b/4	3a/4	3a/3b	2a/2b	2b/4	3a/3b	1-7

X = aantal malen verontreiniging in klassen 3a, 2a en 2b