

directie flevoland



Met afz. 1 bylage  
bestaand uit 42 losse  
figuren

# flevobericht

nr. 312

## abiotische kenmerken van de drooggevalen gebieden in de grevelingen

door h. slager en j. visser

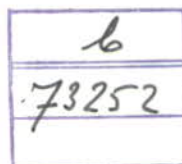
rapporten inzake de inrichting en ontwikkeling van de ijsselmeerpolders en andere landaanwinningwerken.

flevoberichten zijn bedoeld als communicatiemiddel t.b.v. degenen die betrokken zijn bij het werkterrein van de directie flevoland; de conclusies kunnen van voorlopige aard zijn, omdat het onderzoek nog niet kan zijn afgesloten.

1990  
ISBN 90-369-1065-X

postbus 600  
8200 AP leijstadijck

smedinghuis  
zuidewagenplein 2  
tel. (03200) 99111  
telex 40115  
telefax (03200) 34300





*Luchtfoto van de Veermansplaat, april 1983.  
Kenmerkend is de brede strook ondiep water aan de oostzijde en de diepe geul aan de westzijde. De stuifschermen en de plassen erachter (donkere plekken) zijn zeer opvallend. Op de noordelijke kop is het inzaai patroon zichtbaar (vierkantspatroom).*

## Referaat

De abiotische kenmerken van de drooggevallen gebieden in de Grevelingen / door H. Slager en J. Visser; Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie Flevoland. - Lelystad: RWS, FL, 1990. - 47 p.: fig., tab.; 30 cm. - (Flevobericht; 312) Lit. opg. - ISBN 90-369-1065-X.

Op de drooggevallen zandplaten en slikken in het voormalige getijdengebied De Grevelingen is na de afsluiting in 1971 onderzoek gedaan naar de abiotische kenmerken. Deze kenmerken bepalen de biotische ontwikkelingen. Kennis daarvan is noodzakelijk voor de inrichting en het beheer van het gebied.

Op basis van de kenmerken vochtvoorziening, voedselrijkdom en zouttoestand, zijn abiotische milieutypen-kaarten gemaakt.

## Abstract

The abiotic factors of the emerged land in the Grevelingen

by H. Slager and J. Visser

In 1971 the tidal gully Grevelingen was dammed off from the sea. After the closure of the dam research into the abiotic factors was started.

There is a relation between biotic developments (vegetation) and abiotic factors. Research into this relation is vital for the development and the management of these emerged lands.

With the abiotic factors watersupply (groundwaterlevel), richness in nutrients of the soil and saltconcentration of the groundwater, maps of the abiotic types have been drawn.

## Inhoud

1.	SAMENVATTING - SUMMARY	13
2.	INLEIDING	17
3.	GEBIEDSBESCHRIJVING	19
3.1	Algemeen	19
3.2	Hoogte en diepte	20
4.	BODEM	21
4.1	Geologie	21
4.2	Opbouw van de ondergrond	21
4.3	Samenstelling van de bovengrond	21
4.4	Geomorfologie	23
5.	HET MEERPEIL EN OVERSPOELING	31
6.	HET GRONDWATERREGIME	35
6.1	Werkwijze	35
6.2	Grondwaterstandsverloop in de tijd	36
6.3	Grondwaterstroming	36
6.4	De grondwaterstandskarten	39
7.	DE ZOUTHUISHOUDING	45
7.1	Algemeen	45
7.2	Materiaal en methoden	45
7.3	Veranderingen in de tijd	46
8.	MILIEUTYPERING	53
8.1	De kenmerken van de indeling	53
8.2	De milieutypenkaarten	56
9.	TE VERWACHTEN VERANDERINGEN	73
	LITERATUURLIJST	75



10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100

Lijst van figuren (de met \* aangegeven figuren zijn in een aparte map toegevoegd)

- \* Figuur 1 Het Grevelingengebied, drooggevallen gebieden en waterdiepten
- \* Figuur 2 De geologische opbouw van het Holoceen in de Grevelingen en de omliggende eilanden
- \* Figuur 3 De doorlatendheid van de ondergrond
- Figuur 4 Het verband tussen het lutumgehalte in de bovenlaag van de grond en de productie van de vegetatie (kg vers gewicht per ha) in de Grevelingen; niet ingezaaid; beheer: niets doen
- \* Figuur 5 De samenstelling van de bovenlaag (0-22 cm) naar lutumgehalte en zandgrofheid
- Figuur 6 Het calciumgehalte in het grondwater, bepaald in maart 1984 op 3 plekken op de Slikken van Flakkee op verschillende afstand van het water
- Figuur 7 Het intergetijdgebied vóór de afsluiting (naar Buysrogge e.a. 1979)
- Figuur 8 Ingezaaide gebieden en geplaatste stuifschermen
- \* Figuur 9a De hoogteligging ten opzichte van NAP in 1974 (naar gegevens van de Meetkundige Dienst), op de Kabellaarsbank
- \* Figuur 9b De hoogteligging ten opzichte van NAP in 1974 (naar gegevens van de Meetkundige Dienst), op de Punt
- \* Figuur 9c De hoogteligging ten opzichte van NAP in 1974 (naar gegevens van de Meetkundige Dienst), op de Stampersplaat en Dwars in de Weg
- \* Figuur 9d De hoogteligging ten opzichte van NAP in 1974 (naar gegevens van de Meetkundige Dienst), op de Hompelvoet
- \* Figuur 9e De hoogteligging ten opzichte van NAP in 1974 (naar gegevens van de Meetkundige Dienst), op de Slikken van Flakkee
- \* Figuur 9f De hoogteligging ten opzichte van NAP in 1974 (naar gegevens van de Meetkundige Dienst), op de Veermansplaat
- \* Figuur 9g De hoogteligging ten opzichte van NAP in 1974 (naar gegevens van de Meetkundige Dienst), op de Slikken van Zonnemaire
- \* Figuur 9h De hoogteligging ten opzichte van NAP in 1974 (naar gegevens van de Meetkundige Dienst), op Markenje en de Slikken van Sirjansland
- \* Figuur 9i De hoogteligging ten opzichte van NAP in 1974 (naar gegevens van de Meetkundige Dienst), op Strand Grevelingendam
- Figuur 10 Doorsnede van schorrand-kom en van kreek-oeverwal met hoogteligging en bodemopbouw
- Figuur 11 Aangebrachte oeverbescherming, 1-1-1986
- Figuur 12 Waterstandsfluctuatie op de oever van de Slikken van Flakkee in 1979 (voor situering van raai C zie figuur 13)
- \* Figuur 12a De overspoelingskaart

- Figuur 13 De meetraaien voor de grondwaterstanden
- Figuur 14 Het grondwaterstandsverloop over 1972-1983 op twee plekken op de Slikken van Flakkee (voor situering van de plekken C3 en A4 zie figuur 13)
- Figuur 15 Het grondwaterstandsverloop in 1975 en 1982 en de neerslag per decade op plek C3 op de Slikken van Flakkee (voor de situering van plek C3 zie figuur 13)
- Figuur 16 Schematische doorsnede van een plaat met een goed en een slecht doorlatende grond
- Figuur 17 Het verband tussen de hoogteligging boven meerpeil en de grondwaterstanden (G.H.G. en G.L.G.) in verschillende gebieden
- \* Figuur 18a De gemiddelde hoogste grondwaterstand op de Kabbelaarsbank
- \* Figuur 18b De gemiddelde hoogste grondwaterstand op de Punt
- \* Figuur 18c De gemiddelde hoogste grondwaterstand op de Stampersplaat en Dwars in de Weg
- \* Figuur 18d De gemiddelde hoogste grondwaterstand op de Hompelvoet
- \* Figuur 18e De gemiddelde hoogste grondwaterstand op de Slikken van Flakkee
- \* Figuur 18f De gemiddelde hoogste grondwaterstand op de Veermansplaat
- \* Figuur 18g De gemiddelde hoogste grondwaterstand op de Slikken van Zonnemaire
- \* Figuur 18h De gemiddelde hoogste grondwaterstand op Markenje en de Slikken van Sirjansland
- \* Figuur 18i De gemiddelde laagste grondwaterstand op Strand Grevelingendam
- \* Figuur 19a De gemiddelde laagste grondwaterstand op de Kabbelaarsbank
- \* Figuur 19b De gemiddelde laagste grondwaterstand op de Punt
- \* Figuur 19c De gemiddelde laagstegrondwaterstand op de Stampersplaat en Dwars in de Weg
- \* Figuur 19d De gemiddelde laagste grondwaterstand op de Hompelvoet
- \* Figuur 19e De gemiddelde laagste grondwaterstand op de Slikken van Flakkee
- \* Figuur 19f De gemiddelde laagste grondwaterstand op de Veermansplaat
- \* Figuur 19g De gemiddelde laagste grondwaterstand op de Slikken van Zonnemaire
- \* Figuur 19h De gemiddelde laagste grondwaterstand op Markenje en de Slikken van Sirjansland
- \* Figuur 19i De gemiddelde laagste grondwaterstand op Strand Grevelingendam
- Figuur 20 Doorsnede op de Slikken van Flakkee met maaiveldshoogte en grondwaterstand bij goed en slecht doorlatende ondergrond (voor situering van de raaien C en F zie figuur 13)

- Figuur 21 De ontziltingssnelheid van de bovengrond (totale zouthoeveelheid in de laag 0-0,4 m) op plekken met een goed doorlatende grond op de Slikken van Flakkee (voor situering van de plekken zie figuur 13)
- Figuur 22 De ontzilting van de ondergrond (zoutgehalte in het grondwater) op een plek met een goed doorlatende grond op de Slikken van Flakkee (voor situering van de plek zie figuur 13)
- Figuur 23A De invloed van de hoogteligging op de ontzilting, zichtbaar in het verloop van het zoutgehalte in het grondwater op 1 m diepte, op plekken met een goed doorlatende ondergrond op de Slikken van Flakkee (voor situering van de plekken zie figuur 13)
- Figuur 23B De invloed van de hoogteligging op de ontzilting, zichtbaar in het verloop van de zouthoeveelheid in de laag 0-0,4 m, op plekken met een slecht doorlatende ondergrond op de Slikken van Flakkee (voor situering van de plekken zie figuur 13)
- Figuur 24 Het niet ontzilten en het verzilten door overspoeling van een slecht doorlatende grond, zichtbaar in het verloop van het zoutgehalte in het grondwater op 1 m diepte, op plekken op de Slikken van Flakkee (voor situering van de plekken zie figuur 13)
- \* Figuur 25 Diepte van de brak/zout grens (9000 mg Cl/l) in meters beneden maaiveld op de Veermansplaat in 1980
- \* Figuur 26 Diepte van de brak/zout grens (9000 mg Cl/l) in meters beneden maaiveld op de Stampersplaat in 1980
- Figuur 27 Zoetwaterbelvorming onder de vooroever op de Stampersplaat
- Figuur 28 Verloop van de ontzilting met de diepte op plek F9 op de Hompelvoet
- Figuur 29 Het zoutgehalte in het grondwater bij zeer frequente overspoeling (A) tot geen overspoeling (D) op de Slikken van Flakkee
- Figuur 30 De invloed van het microreliëf op de ontzilting, zichtbaar in het zoutgehalte in het grondwater onder vlak maaiveld en onder stuifbultjes op de Slikken van Flakkee
- Figuur 31 Legenda bij de milieutypenkaart
- Figuur 32 Indeling van de grondwaterstanden (G.H.G. en G.L.G.) naar vochtvoorziening
- \* Figuur 33a Milieutypenkaart van de Kabellaarsbank
- \* Figuur 33b Milieutypenkaart van de Punt
- \* Figuur 33c Milieutypenkaart van de Stampersplaat en Dwars in de Weg
- \* Figuur 33d Milieutypenkaart van de Hompelvoet
- \* Figuur 33e Milieutypenkaart van de Slikken van Flakkee
- \* Figuur 33f Milieutypenkaart van de Veermansplaat
- \* Figuur 33g Milieutypenkaart van de Slikken van Zonnemaire
- \* Figuur 33h Milieutypenkaart van Markenje en de Slikken van Sirjansland

\* Figuur 33i Milieutypenkaart van Strand Grevelingendam

Figuur 34 Schematische doorsnede van een plaat met een zoetwaterbel

*Slikken van Bommenede en Slikken van Zonnemaire zijn benamingen voor hetzelfde gebied.*



## 1. Samenvatting

Bij de afsluiting van de Grevelingen met de Brouwersdam in 1971 verdween de getijbeweging in het gebied. Het meer kreeg een streefpeil van 0,20-N.A.P. Bij dat peil is er 11.000 ha water, waarvan ca. 8.000 ha dieper dan 1,5 m. Aan drooggevallen schorren, slikken en zandplaten is er ca. 3.000 ha.

Voor de inrichting en het beheer van het gebied werden plannen gemaakt. Bepalend voor het gebruik en dus voor de inrichting is wat er uitvoerbaar is en hoe de biotische ontwikkelingen zullen zijn. Dat wordt voornamelijk bepaald door de abiotische factoren.

De verandering van getijdewater naar een meer met een vast peil gaf een grote verandering. Er moest zich een geheel nieuw evenwicht instellen, ook al bleef het water in het meer zout.

Om inzicht te krijgen in de in geding zijnde processen kwam er onderzoek op gang naar de bodem, de waterhuishouding en de zouthuishouding. In grote lijnen was bekend hoe de bodem was opgebouwd. Maar een detaillering was nodig om de veranderingen in water en zouthuishouding te kunnen verklaren.

Het Grevelingengebied heeft de kenmerken van een voormalige zeearm. Er liggen diepe stroomgeulen naast zandplaten en slikken. De opbouw van de afzettingen is vooral bepaald door de ligging van de plek. Dat houdt verband met de stroomsnelheden van het water bij de getijdewisselingen. Vanaf de monding van de zeearm neemt de zandgrofheid af en de lutumhoudendheid toe. Op luwe plekken is slib afgezet. Van de samenstelling van de grond is de voedselrijkdom afhankelijk en eveneens de doorlatendheid en zo de grondwaterstand, de vochthoudendheid, de percolatie en de zouttoestand.

Het meer is en blijft zout. Het kan worden doorgespoeld met zeewater. Het streefpeil is 0,20 m-N.A.P., maar vooral door wind komen peilschommelingen voor waardoor grote oppervlakten laagliggende gebiedsdelen overspoeld worden met zout water. Dat veroorzaakt op minder goed doorlatende grond een accumulatie van zout.

Voor de vochtvoorziening van de vegetatie is de samenstelling van de grond en de hoogteligging bepalend. De samenstelling bepaalt de mogelijkheid voor capillair transport. Die is in grofzandige grond het minst groot. Verschil in hoogteligging veroorzaakt dan een groot verschil in vochtvoorziening. De platen en slikken hebben oorspronkelijk een vrij vlakke ligging. Daarin is vooral door verstuiving kort na het droogvallen nog al wat veranderd. Micro-reliëf ontstond door het instuiven van zand in aangespoelde plantenresten en in pollen Engels slijkgras. Door het plaatsen van stuifschermen op de platen is duinvorming opgetreden.

De gemiddelde hoogste en laagste grondwaterstanden zijn vastgesteld door metingen. Ze zijn op kaarten vastgelegd. De zouthuishouding is onderzocht door bemonstering van grond en grondwater en door geoëlektrische metingen. Door de neerslag die percoleert wordt onder de platen een zoetwaterbel gevormd. Deze groeit nog jaarlijks. Op slecht doorlatende grond is alleen op de hogere delen en bultjes ontzilting opgetreden. Op de vlakke en relatief lage delen is nog nauwelijks ontzilting opgetreden omdat er geen regenwater percoleert.

De voedselrijkdom wordt bepaald door het lutumgehalte. Hoe meer lutum, des te voedselrijker is de grond.

De drie factoren vochtvoorziening, zouttoestand en voedselvoorziening vormen de kenmerken van het abiotische milieu. Op basis van de abiotische kenmerken is van alle gebieden een milieutypen-kaart gemaakt. De grenzen tussen de typen zijn mede gebaseerd op relatielegend onderzoek tussen bodem, grondwater en vegetatie in oudere, al langer geleden drooggevallen, natuurgebieden.

Er zijn duidelijke gradiënten aanwezig in alle abiotische kenmerken. Die zullen biotische differentiatie tot gevolg hebben. Evenwel zullen er ook nog veranderingen optreden in de abiotische situatie, zoals ontzilting, bodemvorming, uitloging van voedingsstoffen waarbij vooral kalk van belang is. Ontkalking is op de van oorsprong kalkrijke grond een langdurig proces. Op natte gedeelten kan veengroei plaatsvinden. Door het dikker worden van de veenlaag kan op de lange duur een zure situatie ontstaan.



De ontwikkelingen kunnen met het beheer in zekere mate gestuurd worden. Zo kan een bepaalde biotische structurering gestimuleerd of afgeremd worden.

## Summary

After closure of the Brouwersdam in 1971 the tidal movement of the Grevelingen estuary was finished. The target waterlevel of the new lake was set on 0.2 metre below Ordnance Datum. At this level the area of the lake is 11,000 hectares. Approximately 8,000 ha being deeper than 1.5 metre. Due to the low lake level approximately 3,000 hectares of land emerged from the sea. The emerged land mainly consists of marches, mud flats and sand flats.

Transforming a tidal estuary into a lake with a permanent waterlevel caused a drastic change. Notwithstanding the lasting salty character of the Grevelingen, nature has to restore a new equilibrium.

Soil profile, salt concentration and watersupply determine the type of flora on the marches and flats. To gain a better knowledge of the processes which influence the development, research has been carried out into soil profile, water supply and saltconcentration.

The area of the Grevelingenbasin bears the mark of a former estuary. There are deep gullies along sandflats and mudlands. The type of soil is dependent on the position of the plot. It is related on the speed of the flow at tidal movement. From the seaside to the gully the sand becomes finer and the percentage of loam becomes higher. On plots with low flowrates more clay is deposited. High clay contents mostly caused a bad conductivity, a high rate of nutrition, a high salt concentration and a high water content.

Due to the inlet of sea water the lake will remain saline. The target level of the lake is 0,2 m below Ordnance Datum. However, in some parts of the Grevelingen the lake level will rise at high windspeeds. Low lying and flat areas along the shore of the lake will than be inundated with salt water, causing an accumulation of salt in soils with a bad conductivity.

The average highest and lowest groundwaterlevels were calculated after the collection of groundwaterdata during many years. Maps of groundwaterlevels are given in this report. The watersupply to the plants in the higher parts of the Grevelingen is dependent on the capillary rise of the groundwater. The capillary rise of the coarse sandy soils is less than that of fine sandy soils. Differences in altitude above the groundwatertable give considerable differences in the water supply to the plants.

Directly after the closure of the Brouwersdam the mudlands along the shore of the lake were flat. As soon as the land run dry a micro-relief occurred, which was caused by drift-sand that was blown into and behind the (dead) vegetation. In order to get dunes on the sandflats wires were made.

Research into the movement of salt in the subsoil has been carried out by the analysis of soil and water samples and the measurements of the electric conductivity. Percolation of rain results in a freshwater layer in the soil, which grows deeper every year. In soils with a bad hydraulic conductivity the desalinisation gets on very slowly. In this type of soil only a high elevation above the groundwaterlevels can give some desalinisation. In flat and relatively low parts there has hardly been any desalinisation, due to the lack of percolation of rain.

Three factors have been important for the development of the marches, mudlands and sandflats after the closure of the dam: the amount of nutrients, the watersupply and the salinity. They are called the abiotic factors. With these three factors maps of abiotic types have been drawn. The gradations in the abiotic types are based on research carried out in nature reserves emerged before.

The abiotic types are liable to changes. Due to soil ripening, desalinisation, percolation of nutrients (like lime) and the growing of peat the abiotic type of a soil can transform. In some cases developments in abiotic factors can be influenced, acting as a stimulus or a brake on certain biotic structures.

## 2. Inleiding

Door het sluiten van de Brouwersdam in mei 1971 is de Grevelingen van de zee afgesloten. Deze ingreep veranderde het gebied van getijdewater in een meer met een vast peil. Dat had grote gevolgen. Een grote oppervlakte aan zandplaten en slikken kwamen permanent boven water te liggen en kreeg een volledig andere water- en zouthuishouding dan voorheen. De veranderingen zijn in de eerste tijd na de afsluiting het grootst, maar zullen zich over een lange periode uitstrekken. Een nieuw evenwicht zal er pas na vele jaren komen.

De planvorming in het gebied kent de volgende geschiedenis.

In 1966 is het eerste inrichtingsplan gemaakt, voornamelijk gericht op recreatie en natuur (Commissie Inrichting Deltawerken, 1967). Dit plan is in 1975 aangepast aan de maatschappelijke ontwikkelingen en de inmiddels opgedane kennis van het gebied (Werkgroep Herziening Inrichtingsschets Grevelingenbekken, 1975). In 1986 zijn de plannen opnieuw bijgesteld (Evaluatie Nieuwe Inrichtingsschets, 1986).

Voor de inrichting en het beheer van het gebied is kennis nodig over abiotische kenmerken, de invloeden daarop en de veranderingen daarin. Daar is onderzoek naar gedaan. Hiermee is echter veel tijd gemoeid. Eerst doorloopt het abiotisch milieu een veranderingsproces, waarmee vele jaren gemoeid zijn; op afstand in de tijd volgt het biotische milieu deze veranderingen.

Het onderzoek is vóór de afsluiting begonnen. Al in 1953 is een bodemverkenning gedaan naar de mogelijkheden van landbouwkundige exploitatie in het gebied (Verhoeven en Wiggers, 1957). Na de afsluiting is op de drooggevallen platen en slikken het bodemkundig onderzoek voortgezet en is er onderzoek begonnen naar de water- en zouthuishouding.

De resultaten van het onderzoek naar de abiotische kenmerken in het Grevelingengebied komen in dit rapport ter sprake. Daarmee wordt voor de drooggevallen gronden in het gehele gebied de abiotische situatie circa 15 jaar na de afsluiting samenvattend beschreven en in kaartbeelden weergegeven.



### 3. Gebiedsbeschrijving

#### 3.1. Algemeen

Het Grevelingengebied ligt tussen de vroegere eilanden Goeree-Overflakkee en Schouwen-Duiveland. Er liggen een aantal voormalige zandplaten in en langs de randen slikgebieden met plaatselijk schorren. Situering en benamingen zijn weergegeven in figuur 1. In tabel 1 is de oppervlakteverdeling gegeven.

Vóór 1971 was de Grevelingen een zeearm waar tweemaal per dag het zoute zeewater in- en uitstroomde. Platen en slikken lagen wisselend onder en boven water. Het getijverschil vóór de afsluiting bedroeg gemiddeld 2,60 m (N.A.P. + 1,35 m N.A.P. -1,25 m).

Deze waterbeweging bepaalde het dierenleven in de grond en zo het voedselaanbod voor vogels. Vegetatie was er alleen op de lutumrijkere ondiepere bodems waar zee gras en zeesla groeide, en op de hoogliggende schorren.

Na de afsluiting met de Grevelingendam aan de oostzijde en de Brouwersdam aan de westzijde werd het Grevelingenmeer een stagnant en voorlopig zout meer. In 1986 is besloten dat het zout blijft. Zowel in de Brouwersdam als in de Grevelingendam is een doorlaat gebouwd, zodat met zout water doorgespoeld kan worden.



*Gedeelten van de begroeide slikken worden nu beweid.*

Het gebied beslaat een oppervlakte van 14.000 ha, dat na de afsluiting bestaat uit 11.000 ha water en 3.000 ha drooggevallen gronden. Voorheen was er circa 6.500 ha intergetijde gebied.

Tabel 1. De oppervlakteverdeling in het Grevelingengebied

Vormeenheid	Oppervlakte in ha
Schorren	± 400)
Slikken	1250) ± 2850 drooggevallen grond
Platen	1200)
Ondiep water 0,2 - 1,5-N.A.P.	± 3000
Diep water 1,5 - 5-N.A.P.	± 2000) bevaarbaar
Zeer diep water > 5 m-N.A.P.	± 6000)

Drooggevallen deelgebied	Oppervlakte in ha
Slikken van Flakkee	1450
Veermansplaat	370
Hompelvoet	360
De Punt	150
Stampersplaat	150
Kabellaarsbank	100
Dwars in de Weg	85
Slikken van Zonnemaire	85
Strand van Grevelingendam	90
Slikken van Sirjansland	10
Markenje	15

### 3.2. Hoogte en diepte

Het patroon van geulen, platen en slikken is ontstaan onder invloed van de getijdebeweging. Op figuur 1 is de globale hoogte en diepte aangegeven. De platen zijn over het algemeen vrij vlak. Vanaf de waterlijn (het meerpeil is 0,20 m-N.A.P.) loopt het maaiveld geleidelijk op naar 0,50 à 1,0 m +N.A.P. Slechts op enkele plekken is de hoogte meer dan 1m +N.A.P. Langs de platen en de slikken liggen grote gedeelten met ondiep water. De geulen zijn grotendeels dieper dan 5 m. Plaatselijk zijn ze dieper dan 15 m. Soms lopen die diepe geulen vlak langs de plaatranden.

De diepte van de geulen is van belang voor de grondwaterbeweging. Bij de diepste geulen is de sterkste waterstroom geweest. In de omgeving daarvan is grof materiaal bezonken, dat goed doorlatend is.

Er zijn weinig schorren in het gebied. Alleen op de Slikken van Flakkee en op de Punt liggen schorren langs de dijk. Op de Hompelvoet ligt een klein stukje schor, ontstaan in een vroegere periode, toen deze plaat nog uit twee delen bestond, gescheiden door een geul.



## 4. Bodem

### 4.1. Geologie

De Grevelingen vormde een onderdeel van het Maas-Schelde estuarium. In de Romeinse tijd stroomde de Schelde nog van zuid naar noord langs de Brabantse Wal, vertakte in noord- en westelijke richting en ontmoette daar de vertakkingen van de Maas. Rond 800 na Christus brak de Schelde door de pleistocene Rug bij Bath en vanaf toen ging de hoofdafvoer van de Schelde door de Westerschelde naar zee (De Jongh e.a., 1960).

Het op het pleistocene zand ontstane veenlandschap (basisveen) werd dus doorsneden met rivierarmen en getijdegeulen. Door stijging van de zeespiegel kreeg de zee steeds grotere invloed. Op het veen werd klei en zand afgezet (afzettingen van Calais), waarop later weer veen groeide (Hollandveen). Tijdens stormvloed en ging er ook land verloren. Het volume van de getijdegeulen werd steeds groter; ook de Grevelingen werd steeds breder en dieper. Op het Hollandveen werd zand en klei afgezet (Duinkerke-afzettingen); geulen en rivierarmen werden opgevuld met zandig materiaal.

Figuur 2 geeft de geologische opbouw van het holoceen van de Grevelingen en de hieraan grenzende eilanden. De Duinkerke-geulen markeren de ligging van het vroegere Schelde-Maas-estuarium. Het klei op veenlandschap van Goeree-Overflakkee zet zich in min of meer geïrodeerde vorm voort tot ver in de onderwater-oever van de Grevelingen. De diep ingesneden getijgeulen lopen er vlak langs en vormen scherpe overgangen.

### 4.2. Opbouw van de ondergrond

De opbouw van de platen en de slikken en de ligging ten opzichte van de diepe getijgeulen is bepalend voor de waterbeweging. Grof zand laat gemakkelijk water door maar fijn, slibhoudend materiaal is slecht doorlatend. Dat is van invloed op de waterstanden en op de vochtvoorziening van de vegetatie. Ook de zouthuishouding wordt er sterk door beïnvloed, omdat de doorlatendheid de percolatie bepaalt. De zo pas besproken geologische opbouw is daarin zeer belangrijk. De drooggevallen gebieden langs de oude eilanden (b.v. Slikken van Flakkee, Slikken van Zonnemaire) hebben gedeeltelijk een bodem waarin de oude veen- en kleilagen nog aanwezig zijn. Vroegere erosiegeulen die daar tussen door lopen zijn opgevuld met zandiger en dus doorlatender materiaal (figuur 2).

In de zeearm de Grevelingen zijn tussen de diepe geulen zandplaten ontstaan. In de monding van de zeearm is het grofste materiaal afgezet. Des te verder van de monding vandaan des te fijner zand is er afgezet. Op luwe en beschutte gedeelten, zoals het Springersgors, het Dijkwater, de vroegere uitmonding van de Gouwe bij Bommenede en de Slikken van Flakkee is meer slibhoudend materiaal afgezet (Verhoeven en Wiggers, 1957).

Op figuur 3 is de doorlatendheid van de ondergrond weergegeven. Zeer goed doorlatend is de ondergrond in het westelijk deel van de Grevelingen, waar grof zand is afgezet. De ondergrond is slecht doorlatend waar veen en jong slib voorkomen. De Veermansplaat en de geulopvulling op de Slikken van Flakkee zijn redelijk goed doorlatend. Het zand is daar lutumhoudender en fijner dan in het westen van de Grevelingen en er komen plaatselijk sliblenzen voor.

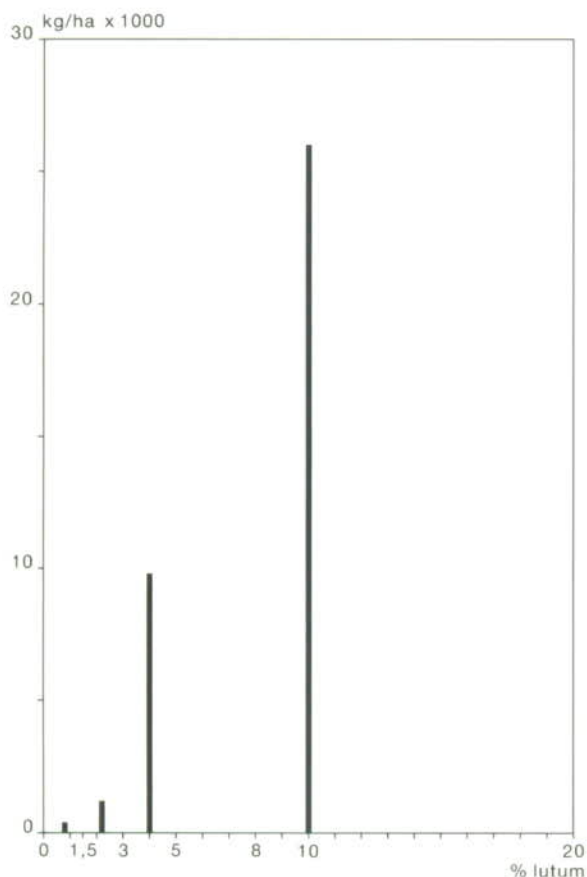
In het centrale deel van de Hompelvoet komen in de ondergrond sliblenzen voor ter plaatse van de vroegere Mosselkreek. Deze kreek liep tussen de Paardeplaat en de Hompelvoet. De achteruitwandelede Hompelvoet heeft zich verheeld met de Paardeplaat. Door afzetting van sliblenzen is de ondergrond hier matig doorlatend.

### 4.3. Samenstelling van de bovengrond

Is de ondergrond van groot belang voor de waterbeweging en zo voor de vegetatie, de bovenlaag (tot 0,2 m) is belangrijk omdat daar de voedselvoorziening van afhangt. Bij onderzoek van de vegetatie op droogvallende gronden in de Grevelingen en het Lauwerszeegebied is gebleken dat de plantaardige produktie sterk toeneemt bij oplopende lutumgehalten (figuur 4). De sterkste stijging doet zich voor tussen 1½ en 5%. Bij meer dan 5% lutum maakt het voor de biomassa- en produktie niet zoveel uit of het lutumgehalte nu 8% of 30% is. Pas op langere termijn



kunnen verschillen binnen het voedselrijke traject van belang worden. Nutriënten in de bovenlaag, afkomstig van afgestorven mariene organismen zijn vrij snel uitgespoeld.



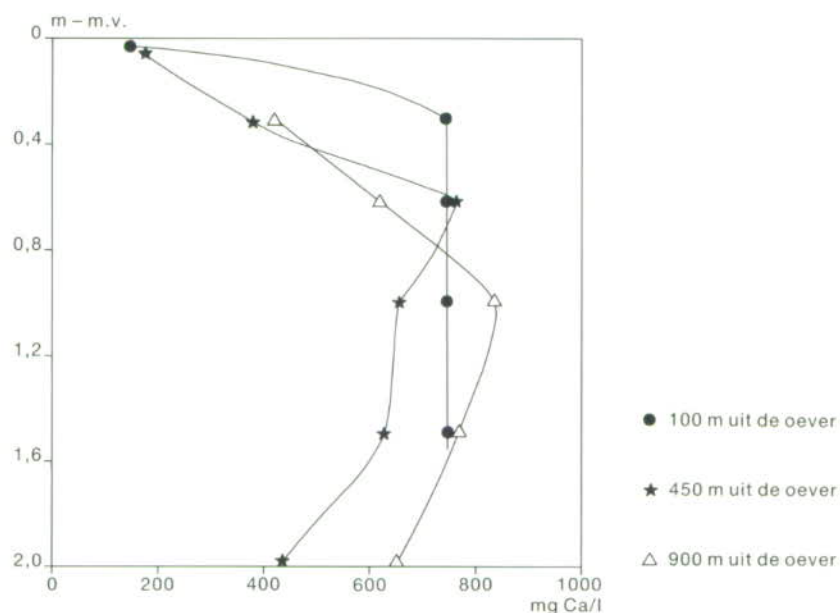
*Figuur 4 Het verband tussen het lutumgehalte in de bodemlaag van de grond en de produktie van de vegetatie (kg vers gewicht per ha) in de Grevelingen; niet ingezaaid; beheer: niets doen*

Figuur 5 geeft de verbreiding van de relevante bodemtypes van de bovenlaag weer. In het algemeen wordt het sediment van de slikken naar het oude land toe geleidelijk iets fijner. Op de platen zijn door golfwerking de hoogste delen het sterkst uitgewassen. De lagere delen en dan vooral de wat meer beschutte noordoostelijke gedeelten van de platen hebben een fijner sediment. In de Grevelingen zijn deze gedeelten echter voor een belangrijk deel onder water komen te liggen.

Lutumrijke schorren liggen er langs de dijk op de Slikken van Flakkee, rond de inham ten noordoosten van de Punt en een klein stukje op de Hompelvoet (Bij de Vaate, 1981).

Het lutumgehalte is vooral in de grofzandige gronden laag, kleiner dan 0,5%. Het gehalte aan  $\text{CaCO}_3$  hangt samen met de zwaarte van de grond. Des te hoger het lutumgehalte des te meer  $\text{CaCO}_3$ . Over het geheel is het koolzure-kalkgehalte hoog, voor het overgrote deel 4 à 6%. Op de meest grove zanden is het gehalte circa 3%; op de lutumrijkere delen kan het hoger dan 10% zijn. Op oude schorgedeelten op de Slikken van Flakkee is er in de humusrijke zodelaag ontkalking opgetreden tot circa 3%  $\text{CaCO}_3$ . Ontkalking van de grond is een zeer langzaam proces, zeker daar waar slechts weinig percolatie optreedt. Er kan door percolatie wel direct oplosbare kalk uitspoelen van de bovenlaag naar diepere lagen (figuur 6). Maar er blijft voorlopig voldoende kalk over.

Gemakkelijk oplosbare nutriënten kunnen vooral op de zandgronden uitspoelen.



Figuur 6 Het calciumgehalte in het grondwater, bepaald in maart 1984 op 3 plekken op de Slikken van Flakkee op verschillende afstand van het water

Na het droogvallen waren de kale zandgebieden stuifgevoelig. Grote gedeelten van deze gebieden zijn toen ingezaaid om het wegstuiven tegen te gaan. Ook zijn er stuifschermen geplaatst om het zand op te vangen. Op andere plaatsen is juist gebruik gemaakt van de stuifgevoeligheid door het maken van stuifketels. Het zand is daar afgestoven tot er een schelpenlaagje boven lag (Feitsma en Deelman, 1974, v. Dord 1977). Door deze ingrepen is het reliëf versterkt en plaatselijk de bodem veranderd. Het voedselaanbod veranderde er ook iets van. Het meest voedselrijke deel, waarin nutriënten voorkwamen uit mariene planten en dieren, stootte weg.

#### 4.4. Geomorfologie

De geomorfologie houdt zich bezig met het bestuderen van de vormen van het aardoppervlak, zowel op grote als op kleine schaal en zowel in dynamische als in statische zin (Buysrogge e.a., 1979). De geomorfologie is een te herkennen aspect in het landschap. De geomorfologie wordt sterk beïnvloed door de bodemopbouw en er is een wederzijdse beïnvloeding van geomorfologie en hydrologie.

Het Grevelingengebied is ook wat betreft de geomorfologie een dynamisch gebied. De Grevelingen heeft in de loop der eeuwen zijn vorm gekregen door de zee-inval en het menselijk gevecht daartegen in bedijkingen e.d. Vóór de afsluiting in 1971 waren grote gedeelten tweemaal per dag wisselend onder en boven water. Het getij in de Grevelingen bewoog zich tussen NAP-1,25 m (eb) en NAP+1,35 m (vloed). Er waren bepaalde vormen ontstaan van diepe stroomgeulen, zandplaten, slikken en schorren die afhankelijk van hun hoogteligging langer of korter onder of boven water lagen (figuur 7). Op het moment dat de afsluiting plaatsvond was er een bepaalde situatie in het oppervlak waarop vanaf toen andere invloeden speelden. Door het vaste meerpeil kwamen sommige delen niet meer boven water maar vormden ondiepe watergebieden. Andere delen bleven permanent droog.

Onder de gewijzigde omstandigheden begonnen onder andere op de drooggevallen gebieden nieuwe processen op te treden die geomorfologische veranderingen teweeg brachten. Daarbij is een onderscheid te maken in natuurlijke factoren en invloed van de mens.



*Een stuifscherm  
van wilgetenen*

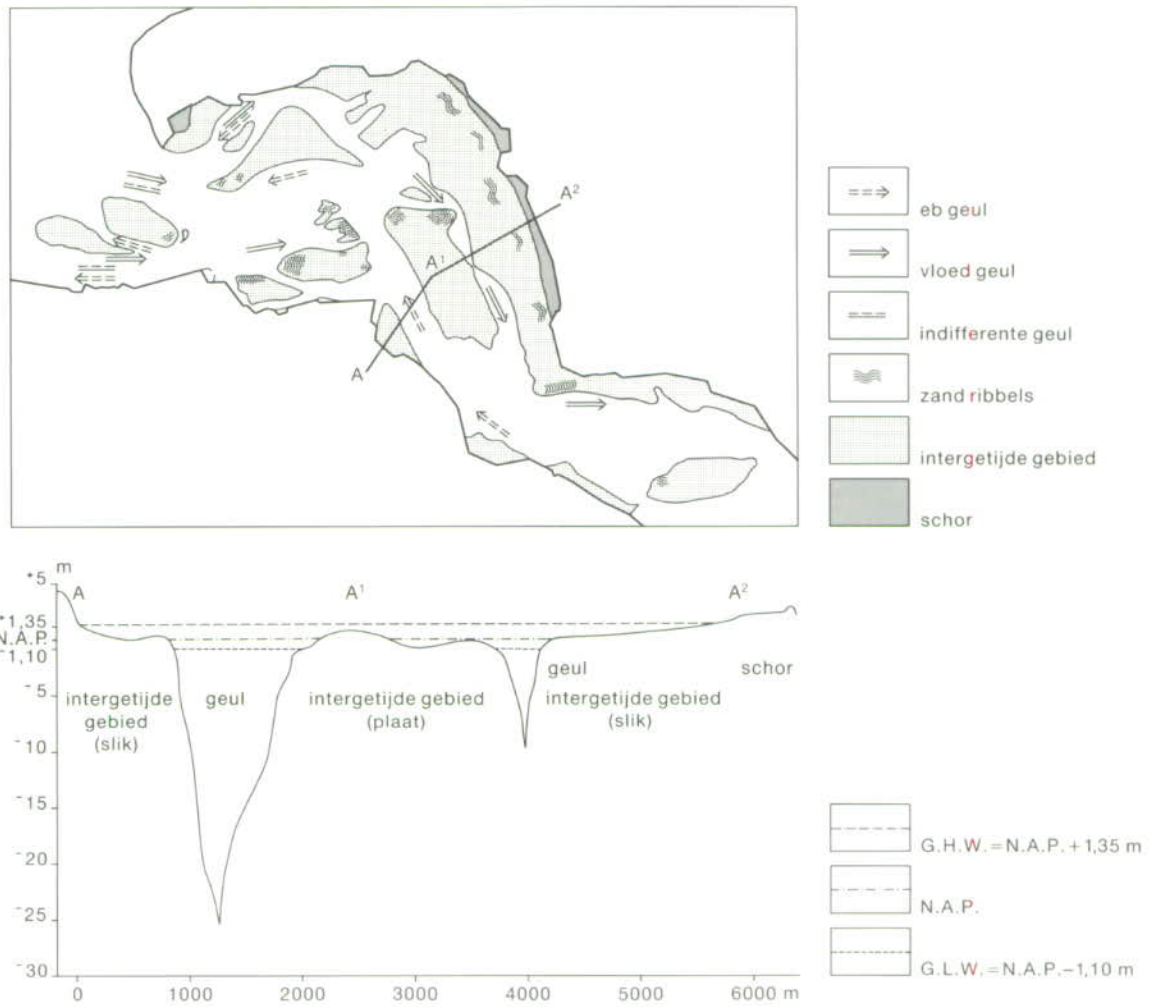


*Later beplant  
met helm*



*Stuifvlakte  
op de Hompelvoet.  
De schelpenlaag  
remde het verstuiven*





Figuur 7 Het intertijdegebied vóór de afsluiting (naar Buysrogge e.a. 1979)



Overgang van slik naar schor in de beginperiode.

Als natuurlijke factoren kunnen genoemd worden: golfwerking, wind, oppervlakkig afstromend water, bodemrijping en vegetatie, waarbij de invloed van golven en wind de belangrijkste zijn. De invloed van de mens heeft zich voornamelijk geuit in egalisatie-werkzaamheden, het plaatsen van schermen, het inzaaien en het aanbrengen van oeververdedigingen. Deze werkzaamheden beïnvloeden de natuurlijke processen in meerdere of mindere mate en hebben daarmee invloed op het ontstaan van de geomorfologische patronen.

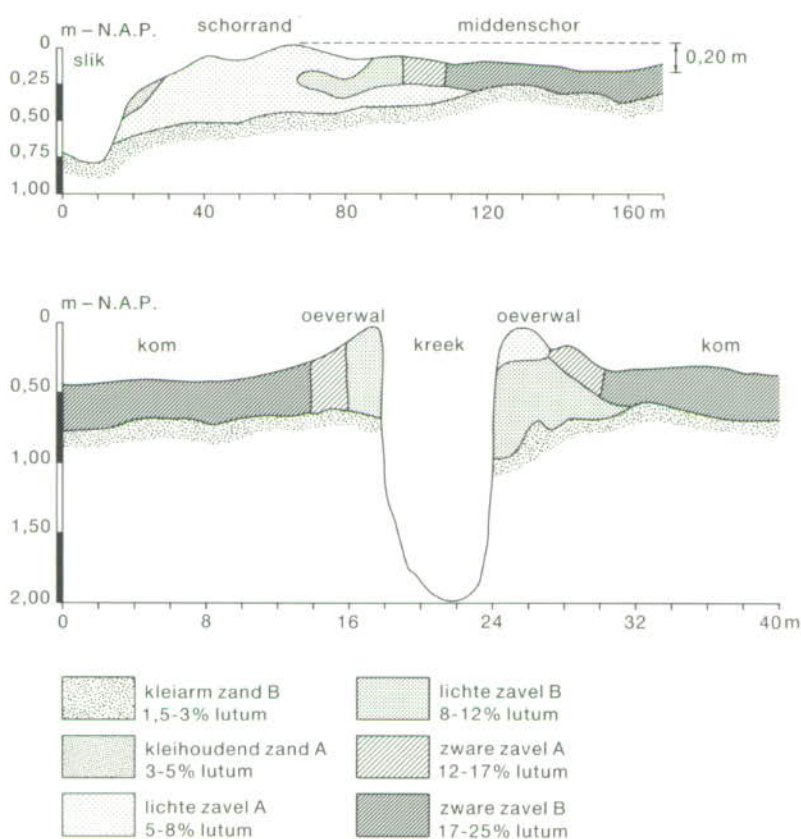
Al direct na de afsluiting en het droogvallen van zandplaten begon de wind zijn invloed te doen gelden. Het droge zand ging stuiven. Om dit tegen te gaan of te sturen en er soms gebruik van te maken werden gedeelten ingezaaid en werden stuifschermen geplaatst (figuur 8). Onder invloed daarvan ontstonden lage stuifrichels en duinen en er tussenin plaatselijk stuifketels. Zandinstuiving vond ook plaats in vegetatiepollen en in aangespoelde vegetatieresten. Deze



Figuur 8 Ingezaaide gebieden en geplaatste stuifschermen

opgestoven randen en uitgestoven laagtes geven een sterke gradiënt aan de waterhuishouding. Hoge, zandige richels zijn droog maar er achter kunnen plassen ontstaan doordat de afstroming van oppervlaktewater stagneert.

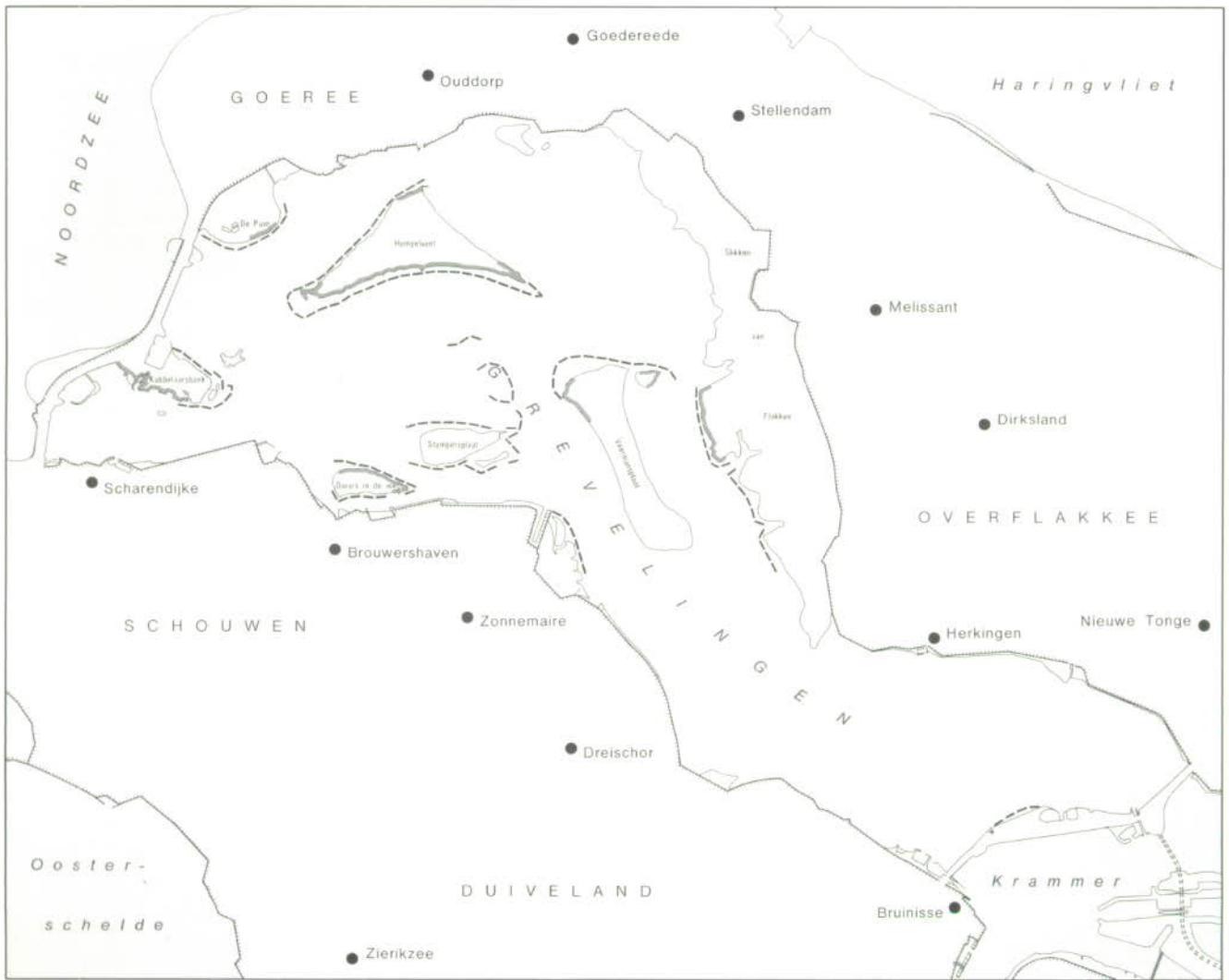
Enkele jaren na de afsluiting is de hoogteligging van alle drooggevallen gebieden vastgelegd. Op dat moment waren er al stuifschermen geplaatst. Van ieder gebied is de hoogteligging in een kaart gegeven (figuren 9a-9i), naar de situatie in 1972-1973. Er is daarna nog wel eens wat veranderd in de vorm van de platen en plaatselijk in de hoogteligging. De platen zijn in het centrum het hoogst en lopen met een geringe helling af, aan de luwe zijde tot ver onder water, maar aan de windzijde iets sterker dalend tot in de steile helling van diepe geulen. De slikken hellen ook langzaam af naar het water. Op de Slikken van Flakkee ligt er tegen de dijk een strook schorren. Deze zijn doorsneden met afwateringskreeken. Gedeeltelijk zijn deze schorren geëgaliseerd. Langs de nog bestaande kreeken liggen oeverwallen en daarachter liggen de lagere kommen (figuur 10).



Figuur 10 Doorsnede van schorrand-kom en van kreek-oeverwal met hoogteligging en bodemopbouw

Langs de oevers van het meer zijn in de 15 jaar na het droogvallen plaatselijk oeverwallen ontstaan van zand, schelpen en/of angespoeld zeegras. Deze kunnen de waterafvoer over het oppervlak belemmeren. Op andere plaatsen treedt oeverafslag op ten gevolge van de voortdurende golfslag op het grote meer. Als deze afslag ongelimiteerd door zou gaan zouden over enkele tientallen jaren de platen zijn verdwenen en ondiep water zijn geworden. Om de afslag te voorkomen is op veel plaatsen een oeverbescherming aangebracht in de vorm van grinddammen e.d. (figuur 11). Omdat het meer zout is ontbreekt een natuurlijke bescherming met rietzones.





Figuur 11 Aangebrachte oeverbescherming, 1-1-86



*Schorbegroeiing van struweel en ruigtekruiden*



## 5. Het meerpeil en overspoeling

Het streefpeil van het Grevelingenmeer is 0,2 m-NAP. Het peil kan gereguleerd worden met de in- en uitlaatwerken in de Brouwersdam en de Grevelingendam. Via deze in- en uitlaatwerken wordt 's winters doorgespoeld met zeewater om het zoutgehalte op het gewenste peil te houden. Er zou anders een langzame verzoeting optreden door de aanvoer van het neerslagoverschot. In het meerpeil treden over- en onderschrijdingen van het streefpeil op onder invloed van weersomstandigheden (droog-nat). Wat echter nog belangrijker is, is de variatie die binnen het meer kan optreden onder invloed van windkracht en windrichting. Op het grote wateroppervlak van het meer heeft de wind grote invloed door opstuwing van het water. Hoe sterker de wind en hoe groter de strijklengte over het water des te hoger wordt het water opgestuwd. Opstuwing van het peil aan de ene zijde van het meer houdt in een verlaging van het peil aan de andere zijde van het meer. Opstuwing zal het sterkst optreden aan de noord-oostzijde van het meer, omdat de overheersende windrichting, zeker bij storm, uit het zuid-westen is. Dat houdt in dat langs de Slikken van Flakkee het peil het sterkst schommelt (figuur 12). Op de laagliggende, flauw hellende oevers wordt het water in een dunne laag over de oever



Figuur 12 Waterstandsfluctuatie op de oever van de Slikken van Flakkee in 1979 (voor situering van raai C zie figuur 13)

opgestuwd, vaak tot een veel hoger peil dan in het meer. Bij zware storm kan opwaaiing plaatsvinden tot circa 0,50 m + NAP, 0,3 à 0,4 m hoger dan op de oever (tabel 2; Slager e.a., 1986).

Tabel 2. Waterstanden t.o.v. NAP op twee plekken op Slikken van Flakkee op verschillende afstand van de oeverlijn, gemeten bij zuidwester storm.

datum	op de oeverlijn maaiveld 0,2 m-NAP	600 m uit de oever maaiveld 0,36 m+NAP
25-03-'79	0,03 m+	0,39 m+
13-12-'79	0,11 m+	0,44 m+
14-11-'80	0,09 m+	0,42 m+
02-02-'81	0,14 m+	0,43 m+
26-11-'83	--	0,52 m+

Op figuur 12a is aangegeven op welke gebiedsdelen regelmatig overspoeling optreedt. De frequentie is van belang voor de gevolgen. Het water in het meer is zout, dus worden de gebieden overspoeld met zout water. Ook de golfslag van het water laat zijn invloed gelden.

Het gevolg van de waterbeweging en de overspoeling is:

- a. het deponeren van aanspoelsel;
- b. verzilting van oeverzones;
- c. overafslag.



Oeverafslag

#### ad a.

Met het overspoelende water worden vaak vegetatieresten meegevoerd, die blijven liggen op de uiterste grens van de overspoeling op dat moment. In de beginjaren na de afsluiting waren de oevers nog kaal. De overspoeling ging toen ver de oever op. Het meegevoerde aanspoelsel werd in droge perioden met zand overstoven. Zo ontstonden verhoogde richels en bulten, een microreliëf op de aanvankelijk zeer vlakke oevergebieden. Dit micro-reliëf en ook de begroeiing hebben tot gevolg dat de overspoeling later minder ver ging dan in de beginjaren. De richels en bulten remmen de afstroming van regenwater. Plaatselijk ontstaat daardoor plasvorming. Het aanspoelsel veroorzaakt ter plaatse een verrijking van de bodem.



ad b.

Het overspoelende water is zout (ca. 16 g Cl<sup>-</sup>/l). De laagliggende oevergedeelten die ook 's zomers vaak overspoeld worden en waar weinig of geen waterbeweging naar beneden toe plaatsvindt, verzilten. Door verdamping in de zomer daalt de grondwaterstand en ontstaat capillair transport waarmee zout water aangevoerd wordt. Het grondwater wordt dan vrijwel altijd weer aangevuld met overspoelend zout water. Zo ontstaat een verhoging van het zoutgehalte in de laag boven de diepste zomergrondwaterstand.

ad c.

De voortdurende waterbeweging en vooral de golfslag bij hoog waterpeil veroorzaken afslag van de zandoevers. Op sommige plaatsen ontstaan schelpenbanken of oeverwallen. De steeds doorgaande afslag maakte bescherming van oevers noodzakelijk. Anders zou na verloop van een aantal jaren er van de platen niet meer overblijven dan een ondiepte. De bescherming wordt aangebracht door het leggen van grinddammen kort voor of op de oevers.



*Schelpenbank die de oppervlakkige afstroming kan belemmeren waardoor plaatselijk plassen blijven staan.*

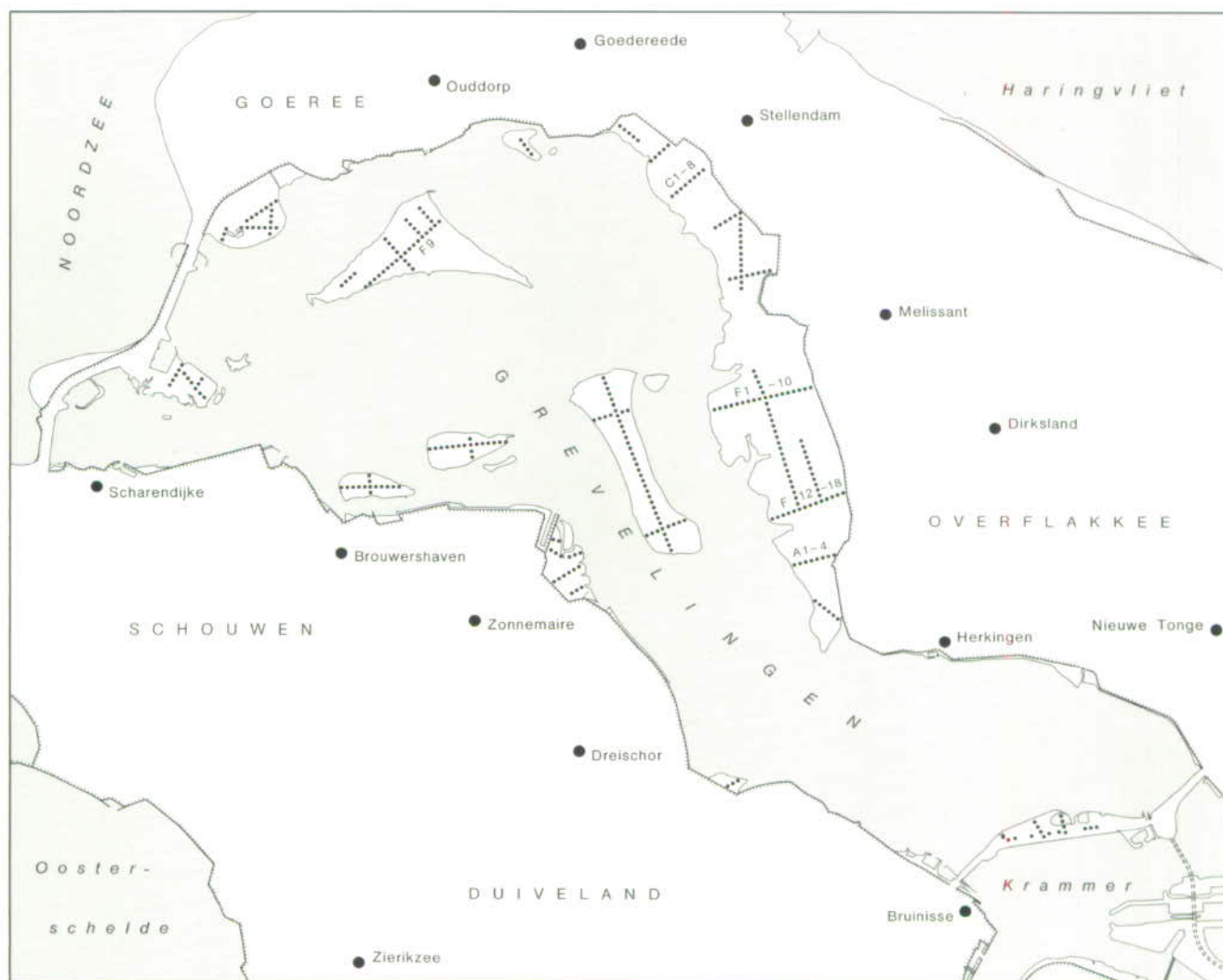




## 6. Het grondwaterregime

### 6.1. Werkwijze

De waarnemingen naar de grondwaterstanden zijn gedaan in de periode 1971-1984. De metingen werden gedaan in raaien die meestal haaks op het hoogteverloop stonden. Op figuur 13 zijn de meetraaien aangegeven.



Figuur 13 De meetraaien voor de grondwaterstander

Er is in al die jaren niet even vaak en op evenveel plekken gemeten. De waarnemingspiek ligt in de jaren 1973-1976. Vanaf 1976 is het aantal plekken sterk verminderd. Aan de hand van de kennis van het grondwaterregime en lineaire regressieberekeningen tussen meetplekken is toen een aantal representatieve plekken uitgezocht. De opnamefrequentie is meestal 1x per 2 weken geweest. In de eerste jaren is vaker gemeten, 1x per week en soms zelfs 2x per week. Op enkele plekken is met een zelfregistrerende meter gemeten. Van alle plekken is de hoogte van het maaiveld ten opzichte van NAP gemeten. Door zandverstuiving op de onbegroeide slikken

in de beginjaren veranderde de hoogteligging plaatselijk soms nogal sterk. Van de meeste plekken zijn ook de coördinaten ingemeten.

Hydrologisch wordt een jaar verdeeld in een winterseizoen (1 oktober - 31 maart) en een zomerseizoen (1 april - 30 september). Van iedere meetplek is de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) en de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) berekend uit de meetcijfers. Naar TNO-normen bestaat een GHG uit het gemiddelde van de drie hoogst gemeten grondwaterstanden per winterperiode over de periode van ten minste acht jaar. De GLG is het gemiddelde van de drie laagste grondwaterstanden per zomerperiode eveneens over een periode van ten minste acht jaar. De metingen dienen te zijn verricht met een meetfrequentie van eenmaal per twee weken.

Voor de berekening van de GHG en de GLG per plek was niet steeds aan de TNO-normen te voldoen, zeker niet wat het aantal meetjaren betrof. Nagegaan is in hoeverre het gemiddelde van een driejarige periode afweek van het gemiddelde van een minstens achtjarige periode. Dat is gedaan bij buizen die acht jaar of langer gemeten zijn. Het driejarig gemiddelde wijkt weinig af van het achtjarige gemiddelde. Op grond van dit gegeven is ook van de plekken die drie à vijf jaar gemeten zijn een GHG en een GLG berekend. Seizoenen met minder dan zes metingen zijn voor deze berekening buiten beschouwing gelaten.

## **6.2. Grondwaterstandverloop in de tijd**

Bij de interpretatie van de meetgegevens moet bedacht worden dat we te maken hebben met een gebied in ontwikkeling. Door neerslag zal het gebied grotendeels zoet worden, maar dat is voor de gedeelten met een slechte natuurlijke ontwatering een langdurig proces.

Ten tijde van de afsluiting was het gebied op de schorren na onbegroeid. Vanaf 1972 is het slik geleidelijk begroeid geraakt, eerst met zoutminnende vegetatie en naarmate er ontzilting optrad met meer zoutmijdende planten.

De schorren zijn na de afsluiting sterker begroeid geraakt.

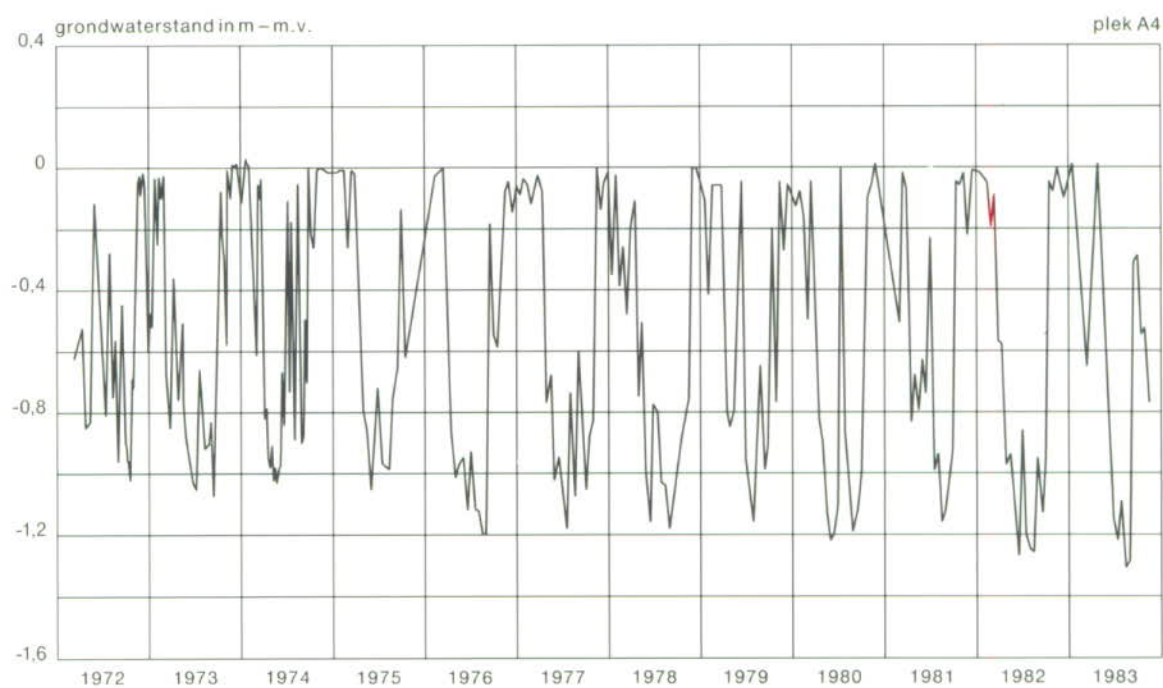
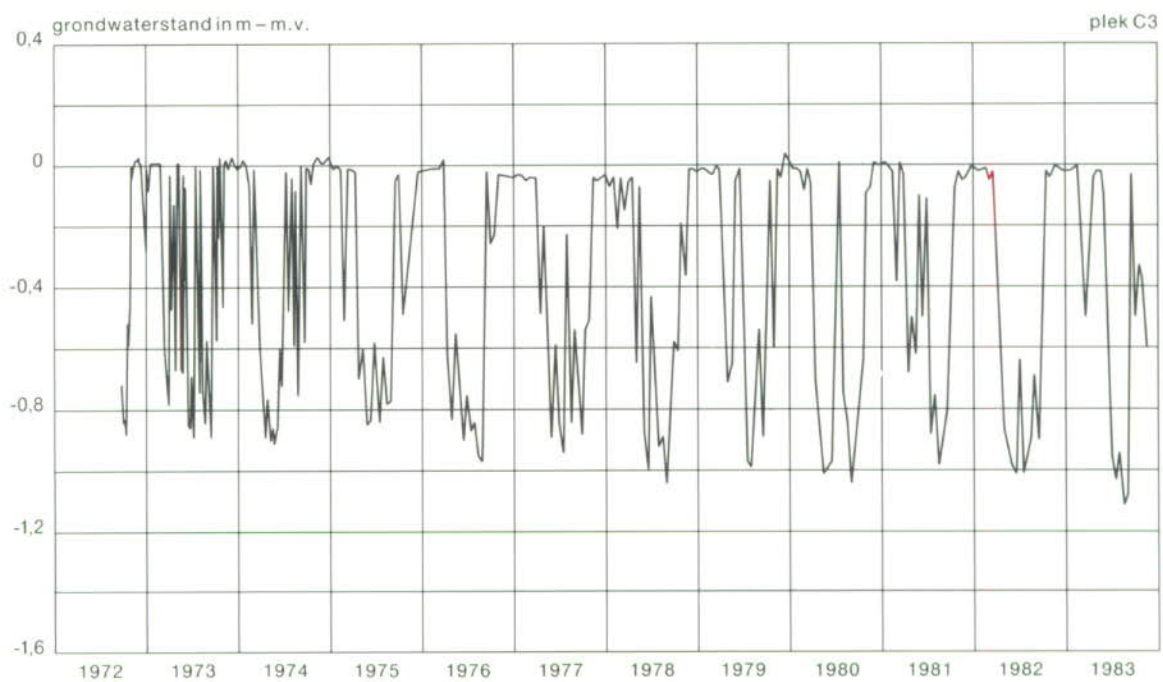
Het proces van ontzilting, begroeiing en verandering in plantensoorten is nog volop in gang en zal nog heel lang duren. Het beïnvloedt de grondwaterstanden. Wel of geen vegetatie geeft een groot verschil in het onttrekken van vocht, maar ook in het vasthouden ervan.

Van enkele langjarig gemeten plekken zijn langjarige grondwaterstandsverlopen gemaakt (figuur 14). Het blijkt dat in de loop van 12 jaar de diepste grondwaterstand 0,2 - 0,3 m dieper is geworden. Dat is toe te schrijven aan de invloed van de vegetatie. Op plekken waar door de zoute toestand geen vegetatie stond was er geen verlaging. Door de invloed van de vegetatie is de grondwaterstand in de loop van de jaren minder gaan fluctueren (vergelijk figuur 15a en 15b) en is bergingscapaciteit in de grond toegenomen.

## **6.3. Grondwaterstroming**

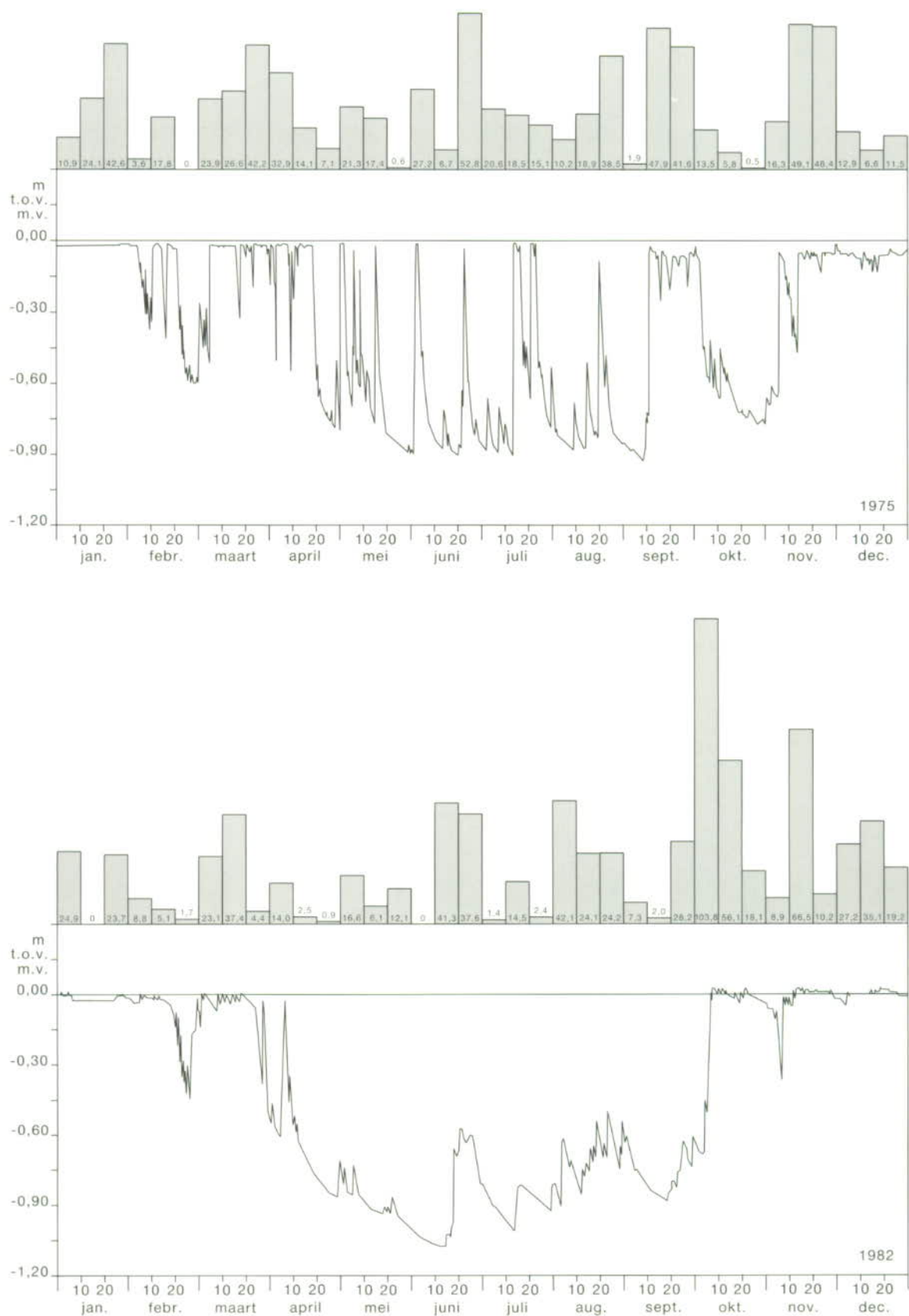
De grondwaterstanden zijn sterk afhankelijk van de doorlatendheid van de bodem. Des te grover het zand, des te beter doorlatend het is. Te verwachten is dat de grondwaterstand bij een grote doorlatendheid vrijwel gelijk is aan het meerpeil. De hoogteligging is dan bepalend voor de grondwaterstand t.o.v. het maaiveld. Neerslag wordt dan snel via de grond afgevoerd en verlies door verdamping wordt vanuit het meer gemakkelijk weer aangevuld. De grondwaterstanden verschillen dan in de zomer en de winter in maar geringe mate. Het grondwaterregime is dan stabiel.

Uiteraard is de afstand tot het meer daarin van invloed. Fijn zand, dat vaak ook lutumhoudender is, is slecht doorlatend. Dat betekent een grote invloed van neerslag en verdamping op de grondwaterstand, dus veel fluctuatie en grote verschillen tussen de zomer- en winterwaterstand.

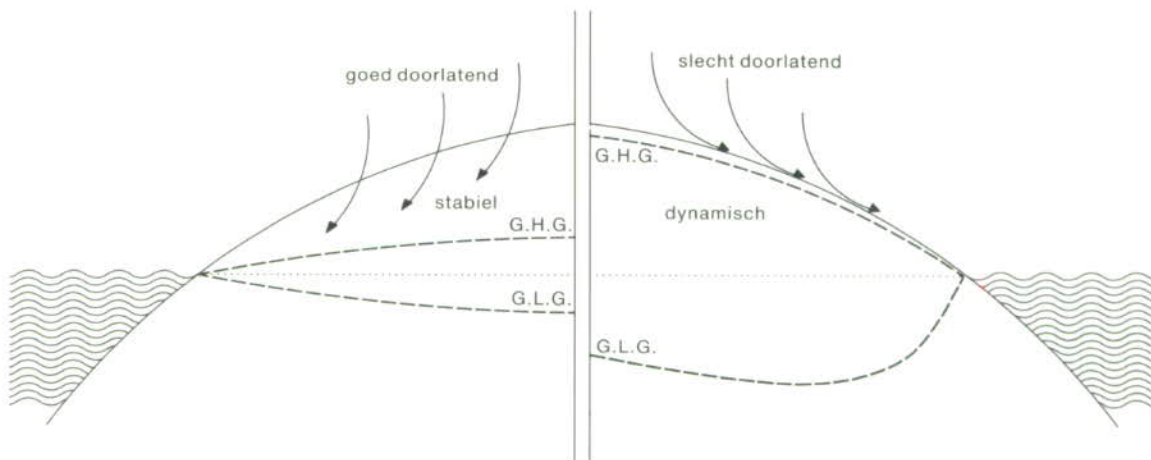


Figuur 14 Het grondwaterstandsverloop over 1972-1983 op twee plekken op de Slikken van Flakkee (voor situering van de plekken C3 en A4 zie figuur 13)





Figuur 15 Het grondwaterstandsverloop in 1975 en 1982 en de neerslag per decade op plek C3 op de Slikken van Flakkee (voor de situering van plek C3 zie figuur 13)



*Figuur 16 Schematische doorsnede van een plaat met een goede en een slecht doorlatende grond*

In figuur 16 is het bovenstaande schematisch in beeld gebracht. De platen die in het mondingsgebied van de Grevelingen liggen zijn grofzandig en hebben een goede doorlatendheid (Kabbelaarsbank, Hompelvoet, Stampersplaat). De relatie tussen de hoogteligging boven het meerpeil en de grondwaterstand ligt dan dicht bij de 45 graden-lijn (figuur 17). Des te slechter de doorlatendheid, des te meer wijkt het verband af van de 45 graden-lijn (figuur 17), zoals op de Veermansplaat, Slikken van Flakkee en Slikken van Zonnemaire. Van de doorlatendheid hangt de percolatie van regenwater af en daardoor ook de snelheid van ontzilting.

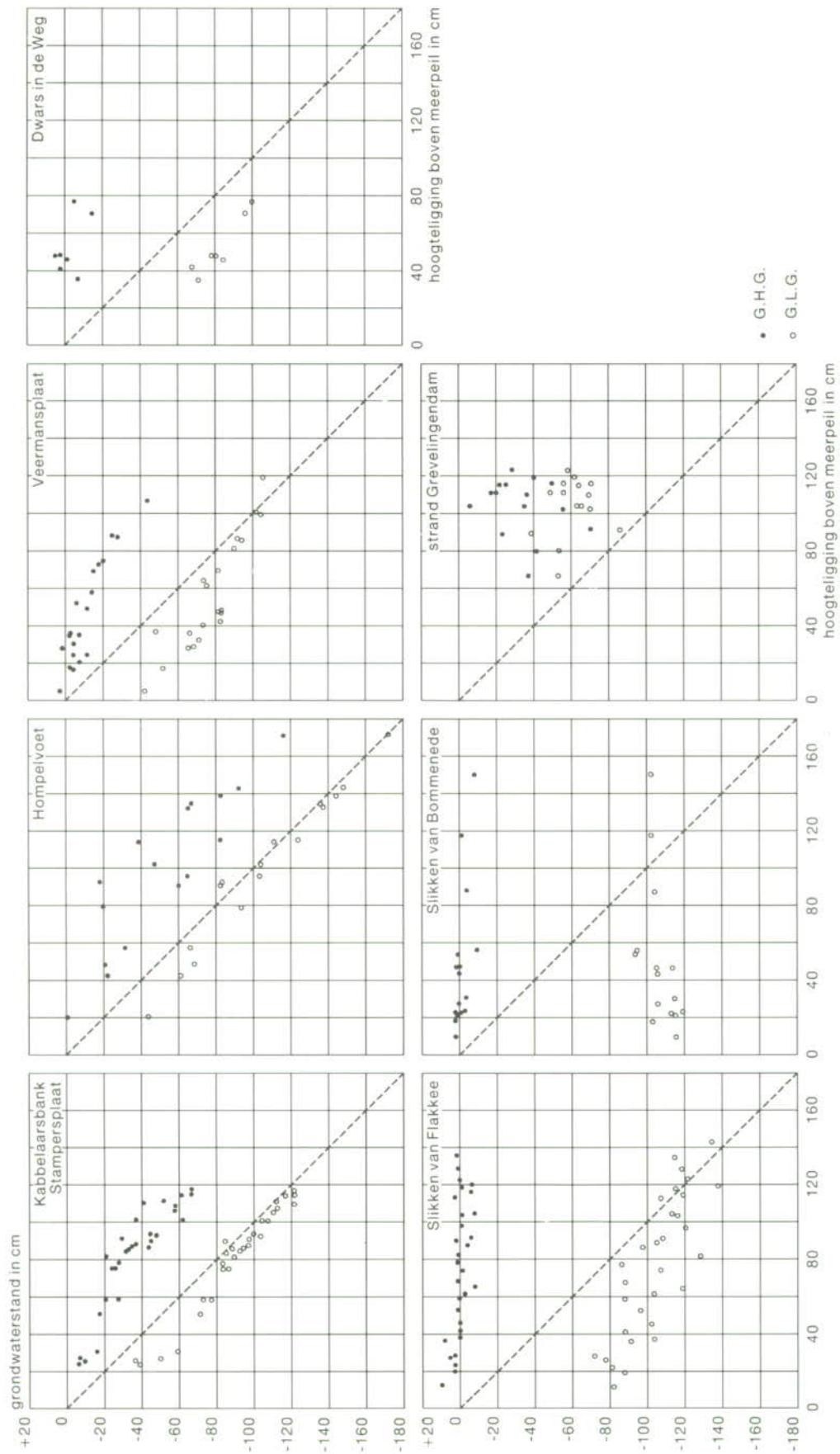
In een drietal gebieden is er sprake van een kwelstroom. Op de Punt van Goeree komt water uit de naastliggende duinen ondergronds tot afstroming naar het meer. Op de Slikken van Flakkee is er rond het hoge zanddepot een kwelzone van uittredend zoet water. Op het strand Grevelingendam is er sprake van ondergronds afstromend water uit het brede lichaam van de dam. Dit is deels neerslagwater, deels water uit de Krammer dat bij hoog water door het damlichaam dringt.

Grondwaterstroming van beneden naar boven (capillair transport) is ook afhankelijk van de bodemopbouw. In grof zand is dit capillair transport slechts over een korte afstand mogelijk, maar in fijner materiaal met kleinere poriën over een grotere afstand. Dat is van belang voor de vochtvoorziening in droge perioden.

#### 6.4. De grondwaterstandskarten

Per gebied is met behulp van hoogtekaarten en de per plek berekende gemiddelde hoogste en laagste grondwaterstand een GHG- en een GLG-kaart gemaakt. Op die kaarten zijn in een aantal klassen de gemiddelde grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld aangegeven (figuren 18 en 19).

De grenzen zijn anders dan bij de door Stiboka gehanteerde grondwatertrappen. Vooral in het natte gedeelte. Uit waarnemingen uit andere gebieden (Slager en Smit 1987; Smit en Visser, 1987) is namelijk gebleken dat het voor de vegetatie uitmaakt of er in de winter wel of net geen water op het maaiveld staat. Voor de gemiddelde hoogste grondwaterstanden (GHG) zijn de volgende klassegrenzen aangehouden:



Figuur 17 Het verband tussen de hoogteligging boven meerpeil en de grondwaterstanden (G.H.G. en G.L.G.) in verschillende gebieden



Grondwaterstanden:	>+ 2 cm	t.o.v. maaiveld
	+2- 5 cm	
	5- 20 cm	
	20- 40 cm	
	40- 60 cm	
	60-100 cm	
	100-150 cm	
	> 150 cm	

Voor de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) zijn de volgende klassegrenzen aangehouden:

Grondwaterstanden:	>+ 2 cm	t.o.v. maaiveld
	+2- 5 cm	
	5- 20 cm	
	20- 50 cm	
	50- 80 cm	
	80-100 cm	
	100-120 cm	
	120-150 cm	

De diepte van de zomergrondwaterstand is bepalend voor de vochtvoorziening van de vegetatie. Omdat het capillair transport afhankelijk is van de zandgrofheid zijn de klassen nauwer gekozen. In een grofzandige grond kan een verschil van 0,2 m in de grondwaterstand een groot verschil in vochtvoorziening geven.

In het volgende worden per gebied de kaarten kort besproken.

#### **Kabellaarsbank**

De Kabellaarsbank is ingericht als recreatiegebied. Daarvoor zijn stranden en inhammen gemaakt. De hoogteligging is bepalend voor de grondwaterstand, zowel in de zomer als in de winter. Het vrij grove zand is zo doorlatend dat de grondwaterstand altijd dicht in de buurt van het meerpeil ligt. Het verschil tussen GHG (neerslagoverschot) en GLG (neerslagtekort) is daarvoor ook maar 0,5 m.

Het hoogste gedeelte is dus het droogst. Het lage oostelijke deel is altijd nat. Overspoeling is er maar op een klein gedeelte en op het eilandje.

#### **Stampersplaat**

Op de relatief vrij vlak liggende Stampersplaat geven de stuifrichels reliëf. Dat geeft ook de gradiënten in de GHG en de GLG. Op de hoogste duinen is het zeer droog. De verschillen tussen GHG en GLD zijn niet groot, circa 0,5 m, waaruit af te leiden is dat de doorlatendheid goed is. Langs de zuidelijke oever is het hoogtereverloop vrij sterk. De grondwatertrappen liggen daar op korte afstand van elkaar. Aan de westkant is nog overspoeling, evenals op het eilandje.

#### **De Punt**

De Punt ligt aan de voet van een duinuitloper van waaruit er een waterstroom is naar het meer. Daardoor is er onder het bos een aflopende GHG en GLG naar het meer. Plaatselijk is er een natte wintersituatie. Op het strandgedeelte worden de waterstanden sterk bepaald door de gegraven duinmeren en de stuifduinen/zandbulten.

's Winters vormen de duinmeren een groot meer: 's zomers zijn het enkele kleinere meren die hun invloed rondom hebben.

Langs de inham in het noordoosten komt nog overspoeling voor. De minder goede doorlatendheid van de slibrijke grond daar geeft een natte wintersituatie.

#### **Dwars in de Weg**

Dwars in de Weg is een vrij laag liggend eiland, dat 's winters grotendeels plas-dras staat. Overspoeling komt voor aan de noord-west oever en aan de zuidzijde op de lage gedeelten. 's Zomers is de waterstand veel dieper. Dat komt omdat de doorlatendheid veel minder is.





*Luchtfoto's van de Hompelvoet, april 1983.  
Rond de Hompelvoet ligt weinig ondiep water. Sterk opvallend is de klaverbladvormige  
stuifketel op het hoge centrum van de plaat.  
Midden in de stuifketel is het 's winters nat (donkere vlekken).*

### Hompelvoet

De Hompelvoet is het hoogste eiland. Het centrum ligt vrij hoog en is daardoor 's zomers droog. In de winter is het gevarieerder. Op het centrum ligt een stuifketel waarin 's winters een plas-dras situatie heerst. Dat komt mede doordat de verticale waterbeweging beperkt is door kleilaagjes in de ondergrond (1 à 2 m diep). Achter stuifrichels komt ook plasvorming voor. Ten zuiden van de stuifketel is het droger. Daar is de grond doorlatender. Op de noord-west oever en de zuid-west punt komt overspoeling voor. Het geheel is gradiëntrijk in de winter.

### Markenje

Markenje is een kleine, laagliggende plaat. 's Winters wordt de plaat grotendeels overspoeld. Achter de schelpenbank blijft na overspoeling enige tijd zout water staan. 's Zomers daalt de waterstand op het middengedeelte tot ca. 0,6 m beneden maaiveld. Rondom de plaat ligt een groot gebied zeer ondiep water.

### Veermansplaat

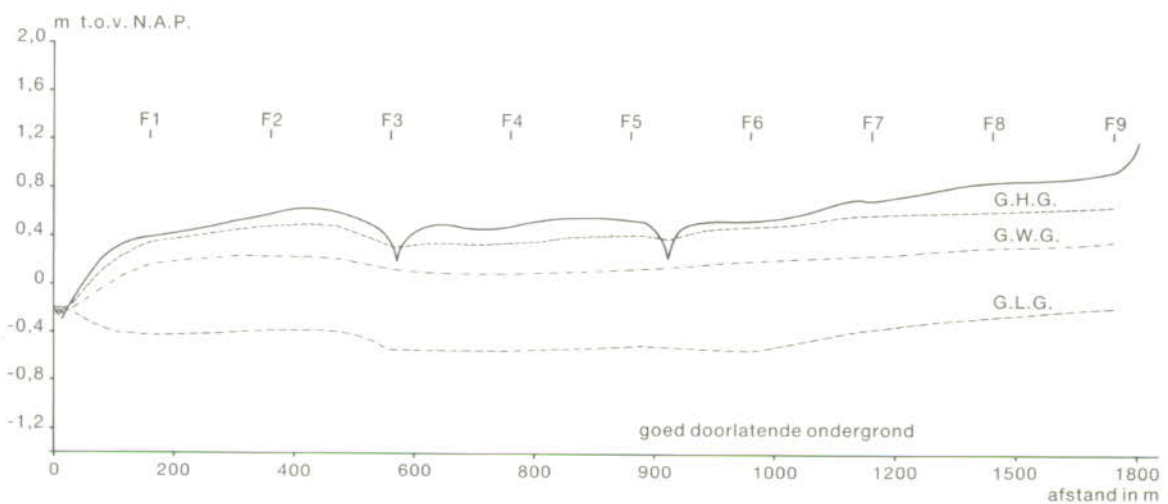
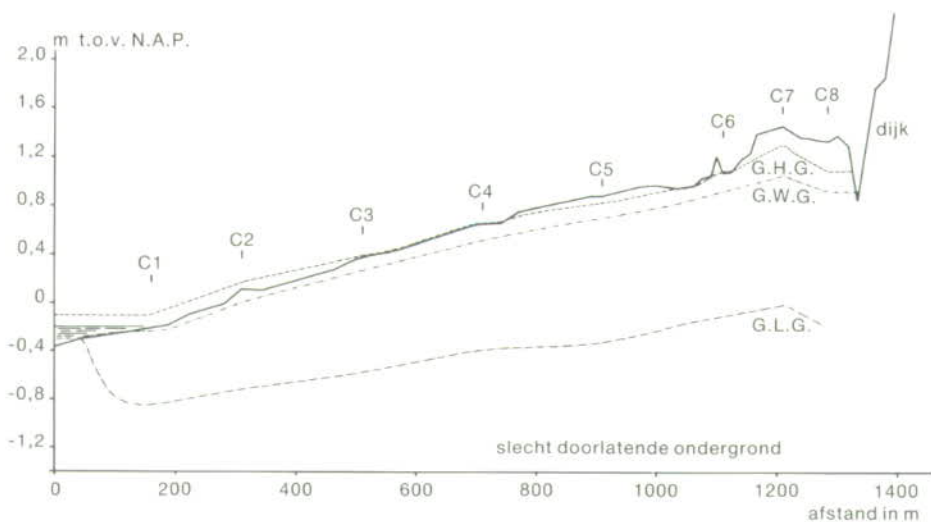
Op de Veermansplaat zijn de hoogste stuifduinen in de zomer zeer droog. Buiten de stuifduinen daalt de waterstand nauwelijks dieper dan 1 m beneden maaiveld. In de winter is er een plas-dras situatie op bijna de hele plaat, behalve op de stuifduinen en -richels. Achter de stuifrichels blijft veel regenwater staan. Overspoeling is er langs de randen behalve aan de westzijde waar het tot aan het water iets hoger ligt.

### Slikken van Flakkee

Op de hoge schorren van de Slikken van Flakkee zijn de waterstanden in de zomer diep, maar door de vochthoudende bovengrond is er weinig vochttekort. Op de schorgedeelten waar de krekens zijn dichtgeschoven is het 's winters vaak langdurig nat. Op de slikken is de waterstand minder diep naarmate men dichterbij het water komt. Op het middengedeelte, waar de grond goed doorlatend is, is de GLG vlakker t.o.v. NAP dan op de slecht doorlatende gedeelten (figuur 20). 's Winters is het op de goed doorlatende grond minder nat. Daar waar de oever langzaam helt, komt 's winters vaak en over grote oppervlakten overspoeling voor.



*Een afwateringskreek in het al begroeide schor.*



Figuur 20 Doorsnede op de Slikken van Flakkee met maaiveldhoogte en grondwaterstand bij goed en slecht doorlatende ondergrond (voor situering van de raaien C en F zie figuur 13)

#### Slikken van Bommenede

De Slikken van Bommenede hebben een lutumhoudende, slecht doorlatende en laagliggende bodem. 's Winters zijn grote delen rond de geulen regelmatig overspoeld. In de rest van het gebied is het dan plas-dras, behalve op een opgespoten rand langs de dijk. 's Zomers daalt de waterstand in het centrum tot ruim een meter beneden maaiveld. Langs de geulen daalt het minder diep.

#### Slikken van Sirjansland

Behalve een rand langs de dijk worden de Slikken van Sirjansland regelmatig overspoeld in de winter. 's Zomers daalt de waterstand niet zo diep. Er staat vanwege het zoute karakter ook weinig vegetatie zodat de verdamping gering is. Op de vooroever ontstaat een schelpenbank.

#### Strand Grevelingendam

De zandgrond van het Strand van de Grevelingendam is goed doorlatend. 's Winters komen er alleen plaatselijk plas-dras situaties voor. 's Zomers daalt de waterstand niet zo diep dat er verdroging optreedt. Zowel zomer als winter is er een waterstroom vanaf de Grevelingendam naar de Grevelingen. Dat komt door ondergronds afstromend regenwater uit het zandlichaam van de dam.



## 7. Zouthuishouding

### 7.1. Algemeen

Vóór de afsluiting in 1971 werden de zandplaten en oeverlanden tweemaal per dag overspoeld met zeewater. Het grondwater bestond daardoor ook uit zout water.

Na de afsluiting was het met deze dagelijkse overspoeling afgelopen. Er begon een proces van ontzilting. Het Nederlandse klimaat heeft een jaarlijks neerslagoverschot. Als die neerslag in de grond kan dringen en naar beneden zakt wordt het gemakkelijk oplosbare zout meegenomen. Zo vormt zich een laag zoet grondwater op het van oorsprong zoute grondwater.

Het onderzoek naar het verloop van de zouthuishouding is in de eerste jaren na de afsluiting gedaan vanuit de vraagstelling wanneer er ingezaaid kon worden om het verstuiven tegen te gaan. Later is het onderzoek meer gericht geweest op de ruimtelijke verschillen die er ontstonden met het oog op de vegetatieve ontwikkelingen. Door dit alles heen speelde de beschrijving van het proces van ontzilting en de factoren die er op van invloed waren.

### 7.2. Materiaal en methoden

Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van een vast meetnet, bestaande uit 140 meetpunten. Op deze meetpunten is het grondwaterniveau gemeten en op een aantal ervan is het zoutgehalte in het grondwater bepaald. Er zijn waarnemingen boven het grondwaterniveau gedaan door van de bodem het zoutgehalte te bepalen (60 plekken) en waarnemingen tot beneden het grondwaterniveau om de ontwikkeling van de zoetwaterlens te volgen (80 plekken).

Het zoutgehalte van het grondwater is bepaald in watermonsters. Deze watermonsters zijn verkregen in filterbuizen, waarvan het onderste gedeelte (10 cm) was geperforeerd. Vaak is gewerkt met een serie filterbuizen, zodat het zoutgehalte van het grondwater op verschillende diepten kon worden bepaald. In de eerste 10 jaar na afdamming zijn filters gebruikt vanaf 1,00 m beneden maaiveld en toenemende diepten van 1,0 m. In deze filters is hoofdzakelijk het verloop van de ontzilting gevolgd. In de laatste twee jaar zijn ook filters geplaatst tot vlak onder het maaiveld. In deze filterbuizen, door ons ook wel orgeltjes genoemd, is de verzilting door overspoeling gemeten.

Op één van de zandplaten waar zich een zoetwaterlens ontwikkelt, het eiland Hompelvoet, is het zoutgehalte bepaald door het meten van de elektrische weerstand in het grondwater. De meting vond plaats met behulp van geo-elektrische meetkabels die verticaal in de grond gebracht werden met contactpunten op verschillende diepten. Met dit systeem is het elektrisch geleidingsvermogen van het grondwater periodiek gemeten. IJkingen hebben plaatsgevonden via watermonsters uit bijgeplaatste filterbuizen, waarmee de gemeten weerstanden in zoutgehalten kunnen worden vertaald.

Op de eilanden Hompelvoet, Veermansplaat en Stampersplaat zijn 8 à 10 jaar na het droogvalen éénmalige karteringen uitgevoerd naar de dikte van de zich vormende zoetwaterlens met behulp van geo-elektrische metingen aan de oppervlakte. Voor het meten van de bodemweerstand zijn vier elektroden in de grond gebracht. Tussen de buitendste elektroden is een stroom door de grond gestuurd. Het spanningsveld dat daarbij ontstond is gemeten over de binnenste elektroden en is een maat voor de bodemweerstand. Door de onderlinge afstand van de elektroden te variëren kan het weerstandsverloop met de diepte worden gemeten. Bij een homogene grond, zoals op de zandplaten het geval is, kunnen de weerstandsveranderingen worden geïnterpreteerd als veranderingen in het zoutgehalte. Hieruit is de diepteligging van het zoet/zout grensvlak bepaald en hiermede de dikte van de zoetwaterlens.

In de grondmonsters zijn het A, B en C-cijfer bepaald.

A = grammen water per 100 gram droge grond

B = grammen NaCl per 100 gram droge grond

C = grammen NaCl per liter bodemvocht.

Uit deze cijfers kan het Z-cijfer (= totale hoeveelheid NaCl in grammen) per laag of cumulatief over enkele lagen worden berekend.



Z-cijfer =  $10 \times v.g. \times B \times d$

Daarin is: v.g. = volumegewicht van de grond. Voor de Slikken is dat op grond van analyses gesteld op 1,6

B = gram NaCl per 100 gram grove grond

d = laagdikte in dm

Een vaak gebruikte maat is Z 0-40, dat is de totale hoeveelheid NaCl in grammen in de laag 0-40 beneden maaiveld per dm<sup>2</sup>. Het Z 0-40 cijfer is van belang omdat het gaat over de laag waarin zich ook de beworteling bevindt.

Bij het afsluiten van de Grevelingen was het B-cijfer in de grond gemiddeld 0,7. Dat komt overeen met een Z 0-40 cijfer van ca. 45. De grond is ontzilt als het Z 0-40 cijfer kleiner is dan 1,3. Het B-cijfer is dan kleiner dan 0,02.

De planten reageren op de zoutconcentratie in het bodemvocht. Vóór de afsluiting bevatte het grondwater op de Slikken 16.000-18.000 mg Cl per liter. Dat is de concentratie die er in het zeewater in de Grevelingen voorkwam. Aangenomen is dat de grond ontzilt is bij een concentratie van minder dan 1.000 mg Cl per liter bodemvocht.

Het tijdstip waarop het gehalte in het bodemvocht wordt bepaald is het voorjaar. Op dat tijdstip is de concentratie in de bovengrond het laagst door de uitspoeling met de regen in de winterperiode. Door verdamping en capillaire opstijging wordt de zoutconcentratie in de zomer hoger.

### 7.3. Veranderingen in de tijd

De snelheid waarmee veranderingen in de zouthuishouding in de bodem plaatsvinden is afhankelijk van een aantal factoren (Deelman, 1975; De Glopper, 1985)

- het weer: des te groter het neerslagoverschot des te meer zoet water er in de grond kan percoleren;
- de bodem: de doorlatendheid van de bodem is bepalend voor de hoeveelheid water die percoleert. Een grofzandige grond is beter doorlatend dan een fijnzandige en een lutumhoudende grond. (Deelman, 1975; k-factoren). Aanwezigheid van slecht doorlatende lagen werkt remmend op de verticale waterbeweging.
- de hoogteligging ten opzichte van het meerpeil, de ontwateringsbasis. Des te hoger des te groter is het drukhoogteverschil en des te sneller is de grondwaterstand beneden maaiveld. Op laagliggende gedeelten daalt de grondwaterstand weinig en kan er weinig water percoleren;
- afstand tot het meer; afstand en hoogteligging bepalen het verhang. Laagliggende vlakke oevers worden vaak overspoeld met zout meerwater. Hoe dichter bij het meer des te vaker overspoeling.

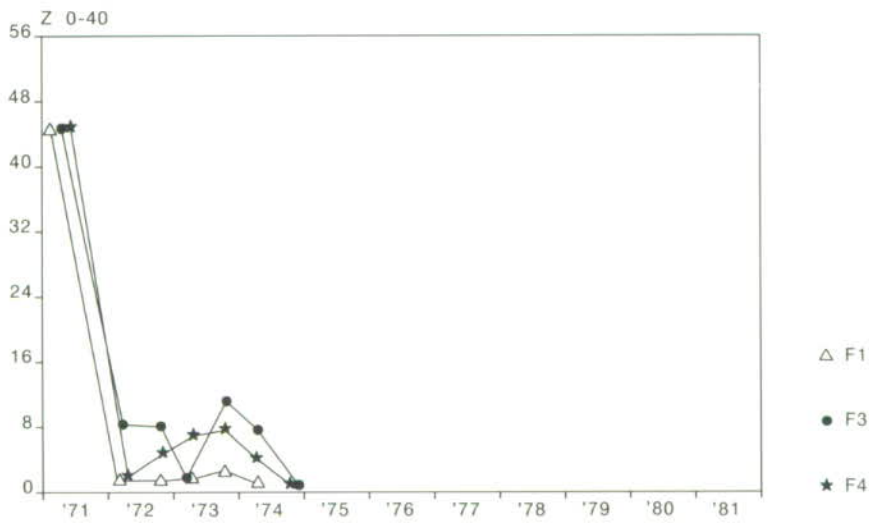
#### Verschil van jaar tot jaar

Er kan van jaar tot jaar verschil zijn in de zouthuishouding. Dat is afhankelijk van neerslag en verdamping. Normaal is de situatie dat er 's winters een neerslagoverschot is dat kan bijdragen aan de vergroting van de zoetwaterlaag. 's Zomers is er een neerslagtekort wat betekent dat er dan door de verdamping capillair transport optreedt. Als de zoetwaterlaag dun is kan er herverziltting optreden. In een natte zomer zal dat veel minder zijn dan in een droge.

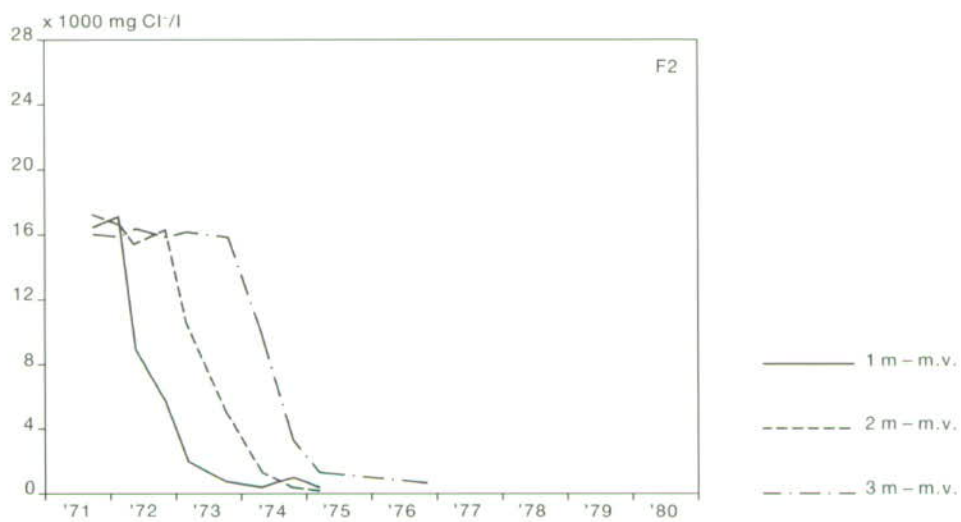
#### Invloed van bodem en hoogteligging

In een aantal grafieken is de invloed van de bodem zichtbaar. Een goed doorlatende zandgrond zonder ondoorlatende lagen was in de bovenlaag tot 0,4 m diepte al na een jaar ontzilt (figuur 21). Op die plekken ging de ontziltting ook snel door tot grotere diepte (figuur 22). Daarbij speelt de hoogteligging een belangrijke rol (figuur 23). Des te hoger het maaiveld, des te sneller gaat de ontziltting doordat de grondwaterstand sneller beneden maaiveld staat en alle neerslag kan percoleren. Bij een lagere ligging stroomt een deel van de neerslag oppervlakkig af.

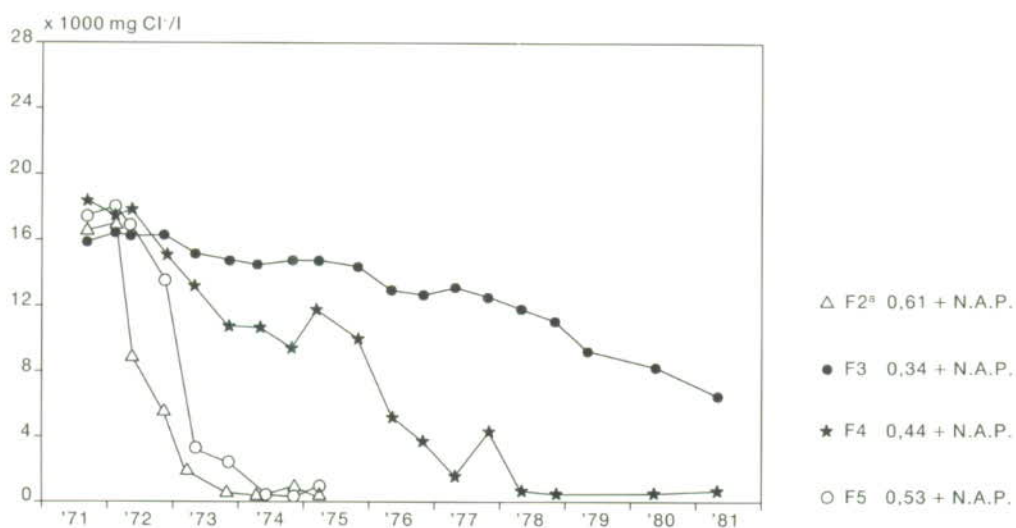
Een slecht doorlatende bodem (fijnzandige en ondoorlatende lagen) ontzilt heel langzaam of niet. Ook dan speelt de hoogteligging een rol. Op de lage oevers die overspoeld worden begon het na enkele jaren al extra zout te worden (figuur 24).



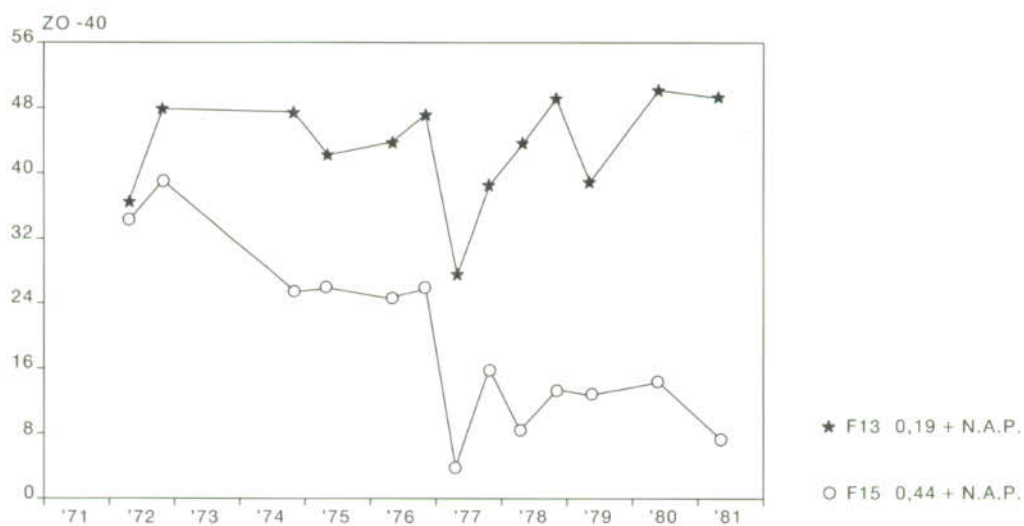
Figuur 21 De ontziltingssnelheid van de bovengrond (totale zouthoeveelheid in de laag 0-0,4 m) op de plekken met een goed doorlatende grond op de Slikken van Flakkee (voor situering van de plekken zie figuur 13)



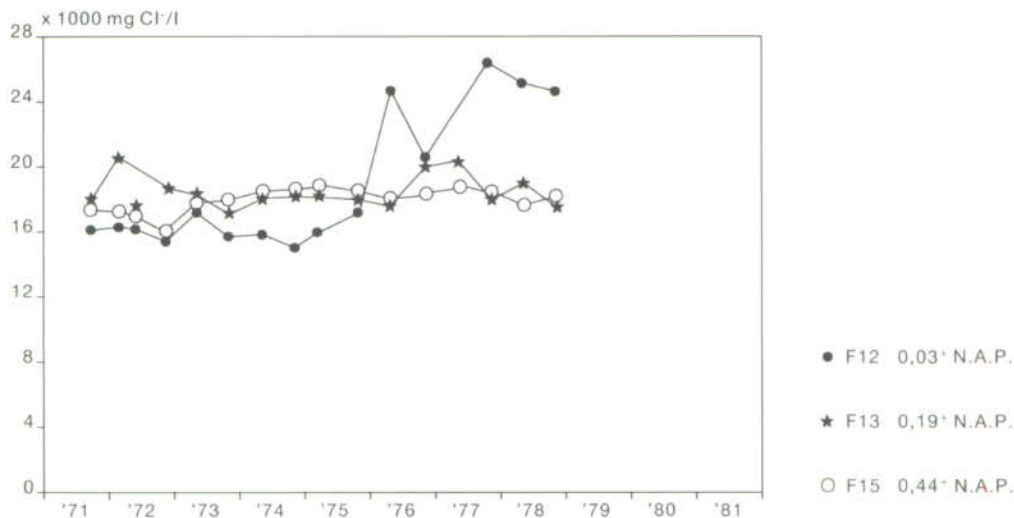
Figuur 22 De ontzilting van de ondergrond (zoutgehalte in het grondwater) op een plek met een goed doorlatende grond op de Slikken van Flakkee (voor situering van de plek zie figuur 13)



Figuur 23A De invloed van de hoogteligging op de ontzilting, zichtbaar in het verloop van het zoutgehalte in het grondwater op 1 m diepte, op plekken met een goed doorlatende ondergrond op de Slikken van Flakkee (voor situering van de plekken zie figuur 13)



Figuur 23B De invloed van de hoogteligging op de ontzilting, zichtbaar in het verloop van de zouthoeveelheid in de laag 0-0,4 m, op plekken met een slecht doorlatende ondergrond op de Slikken van Flakkee (voor situering van de plekken zie figuur 13)

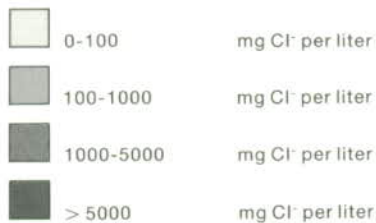
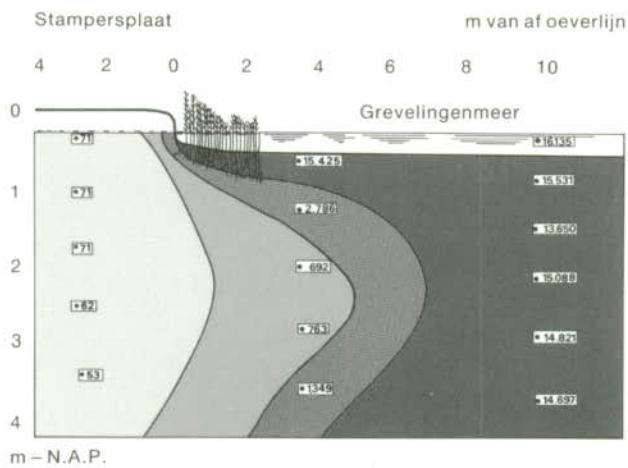


Figuur 24 Het niet ontzilten en het verzilten door overspoeling van een slecht doorlatende grond, zichtbaar in het verloop van het zoutgehalte in het grondwater op 1 m diepte, op plekken op de Slikken van Flakkee (voor situering van de plekken zie figuur 13)

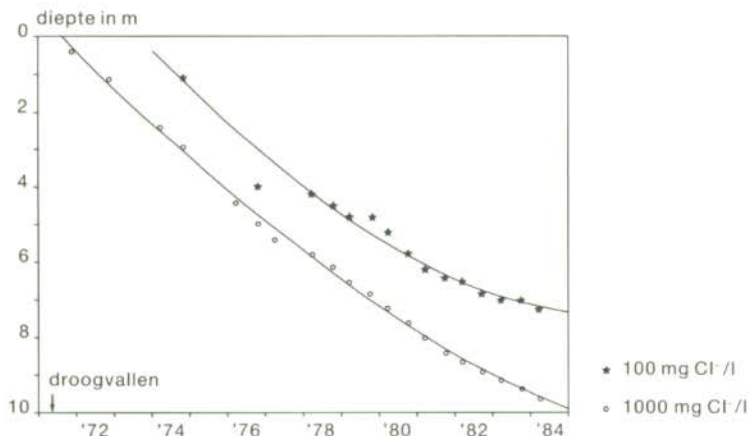
Door middel van geo-elektrische metingen is in 1979/1980 de ontzilingsdiepte op de Veermansplaat en de Stampersplaat in kaart gebracht (figuren 25 en 26). In het midden van de Veermansplaat en de Stampersplaat is het brak/zout grensvlak in 1979 (8 jaar na droogvallen) op enkele plaatsen tot meer dan 6 m diepte uitgezakt. De lager gelegen gronden aan de westzijde van de Stampersplaat en aan de noordwest en zuidoostzijde van de Veermansplaat zijn nog helemaal niet ontzilt. De grondwaterstanden zijn hier erg ondiep. Regenwater kan hier nauwelijks in de grond dringen en stroomt voor het grootste deel oppervlakkig af. Door de lage ligging treedt regelmatig overspoeling met zout zeewater op.

Aan de westzijde van de Veermansplaat en aan de zuidzijde van de Stampersplaat is de grond op enkele plaatsen bij de oever tot enkele meters diepte ontzilt. Op die plaatsen komt de zoetwaterlens voor tot onder het zoute meerwater. Dat is gemeten op de Stampersplaat met behulp van filters tot verschillende diepte (orgeltje), waaruit watermonsters zijn genomen (figuur 27 Visser e.a., 1985). Op deze plaatsen zal zoet grondwater afstromen naar het Grevelingenmeer. Door dit afstromen van zoet water zal de voorraad zoet grondwater minder snel toenemen dan voorheen.





Figuur 27 Zoetwaterbelvorming onder de vooroever op de Stampersplaat



Figuur 28 Verloop van de ontzilting met de diepte op plek F9 op de Hompelvoet

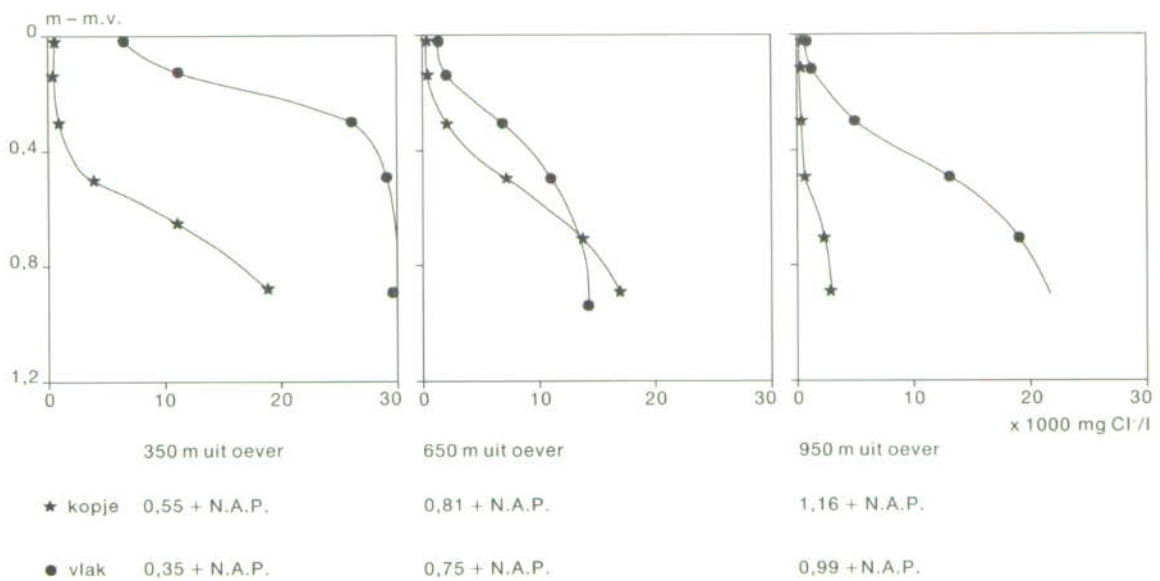
Op de Hompelvoet is met behulp van een verticale meetkabel de ontziltingsdiepte gevolgd op een plek midden op het eiland, op het hoogste deel. De 1.000 mg grens is in 1984 op bijna 10 m diepte gemeten; de 100 mg grens op 7 m diepte (figuur 28). De snelheid waarmee de zoetwaterlaag groeit neemt langzamerhand af. Er is ook gemeten aan de rand van de plaat. Hier wordt een ander beeld waargenomen. Na eerst een aantal jaren met helemaal geen ontzilting, is er opeens na 12 jaar ontzilting tot 6 m diepte. Dat is een gevolg van de zich zijwaarts uitbreidende zoetwaterbel (figuur 34).

#### Micro-reliëf

Een belangrijk aspect bij de ontzilting is het micro-reliëf. Dat komt vooral voor op de Slikken. Het is ontstaan door het instuiven van zand in aangespoelde plantenresten. Het blijkt dat de 10



Micro-reliëf veroorzaakt vegetatieverschillen



Figuur 30 De grote invloed van het microreliëf op de ontzilting, zichtbaar in het zoutgehalte in het grondwater onder vlak maaiveld en onder stuifbultjes op de Slikken van Flakkee

à 20 cm hogere liggende bultjes en richels dieper zijn ontzilt dan het vlakke maaiveld (figuur 30). Door de iets hogere ligging is de waterstand in de winter iets dieper en kan er regenwater percoleren. In de aangespoelde vegetatieresten is het vochtgehalte hoger, zodat de onttrekking uit de ondergrond in de zomer lager is. Plaatselijk komen er veel van dergelijke kleine stuifbultjes voor. Er is al een verschil ontstaan in vegetatie tussen de bultjes en het vlakke maaiveld.

#### Zanddepot

Het zanddepot op de Slikken van Flakkee ligt hoog boven het oorspronkelijke maaiveld. In het goed doorlatende zand percoleert regenwater heel gemakkelijk. Alle zout is daar uitgespoeld. Het water dat zijdelings uittreedt is dan ook zoet. Er doet zich daardoor de situatie voor dat er

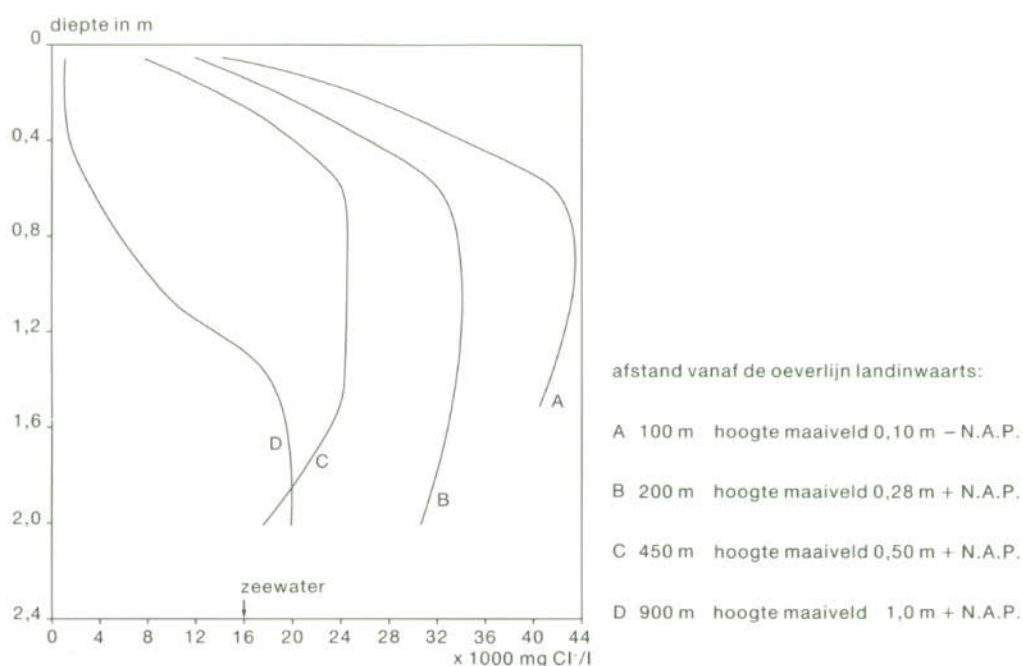
aan de rand van het zanddepot zoete kwelplassen staan in een gebied dat verder nog groten- deels zout is.

### Overspoelingsinvloed

In de periode 1982-1984 is op de Slikken van Flakkee de invloed van de overspoeling nage- gaan. In de raai komt op 1 à 1,5 m diepte een ondoorlatende laag voor waardoor er vrijwel geen waterbeweging naar beneden plaatsvindt. Op vier plekken in de raai is het chloridegehal- te in het grondwater op verschillende dieptes gemeten. Deze vier plekken lagen op toenemen- de afstand van het water en daarmee ook op toenemende hoogte. Daardoor loopt de over- spoelingsfrequentie uiteen van circa éénmaal per week tot geen overspoeling.

Dat heeft grote gevolgen voor de zoutconcentratie in het grondwater (figuur 29). Hoe vaker overspoeling optreedt des te hoger wordt het chloridegehalte. Het wordt zelfs veel hoger dan het was. Er cumuleert dus zout in het profiel. Dat is een tweeledig proces: er is aanvoer van zout door capillair transport en door overspoeling. In de zomer daalt dicht bij de waterlijn het grondwater regelmatig beneden maaiveld (figuur 12). Die daling wordt veroorzaakt door ver- damping. Door capillair transport komt er dan zout water uit de ondergrond omhoog. Het zout- gehalte in de bovenlaag (0-0,1 m) kan daardoor tot grote hoogte oplopen. Hoe dichter bij het water des te vaker wordt door overspoeling de daling teniet gedaan. De aanvulling vindt dan plaats met zout Grevelingenwater dat een chloridegehalte heeft van 10.000-14.000 mg Cl per liter. Met dit water spoelt het zout in het bovenlaagje uit naar het grondwaterniveau en daar treedt cumulatie van zout op. Na de winterperiode is het zoutgehalte bovenin lager dan in de laag 0,6-1,2 m. Op de plekken die vaak overspoeld worden is het Cl-gehalte gelijk aan het meerwater. Is de overspoeling minder vaak dan heeft zoet regenwater ook invloed en is het Cl- gehalte bovenin het profiel lager (figuur 29).

Op de hoger liggende delen, waar geen overspoeling met zout water optreedt, vindt de aanvul- ling van het verdampte water plaats met zoet regenwater. Door de diepe zomergrondwater- stand is het capillair transport niet zo groot. Per saldo is er over een jaar een neerslagoverschot waardoor er zich een zoetwaterlaag vormt. De dikte van de zoetwaterlaag is hier nog maar beperkt. Ook op de plek die op 1 m + N.A.P. ligt is de ontzilting nog maar 0,5 m diep. Het gaat op deze slecht doorlatende grond dus erg langzaam.



Figuur 29 Het zoutgehalte in het grondwater bij zeer frequente overspoeling (A) tot geen overspoeling (D) op de Slikken van Flakkee



## 8. Milieutypen

### 8.1. De kenmerken en de indeling

Het gaat in het onderzoek uiteraard niet om de kennis van de abiotische kenmerken zonder meer, maar om de uitwerking ervan in biotische kenmerken, de flora en fauna (Verkaar e.a., 1983). De abiotische kenmerken hebben invloed op die biotische kenmerken. Des te groter de gradiënten in de abiotische factoren des te groter is ook de variatie in de biotische kenmerken (Londo, 1971; Polman 1978). De abiotische kenmerken staan niet los van elkaar maar hebben invloed op elkaar. De bodemopbouw is afhankelijk van de situatie in het gebied. De stroomsnelheid van het water is bepalend geweest voor de grofheid van het zand en de hoeveelheid slib dat afgezet is. Deze bodemopbouw bepaalt de doorlatenheid en de bergingscapaciteit. Daarvan zijn weer de grondwaterstanden afhankelijk en de indringing van regenwater en zo de verdringing van zout grondwater door een zoetwaterbel. De hoogteligging t.o.v. het meerpeil is in de eerste plaats bepalend voor de overspoelingsfrequentie met zout meerwater. Maar ook: des te grover het zand des te sterker is de hoogte bepalend voor het capillair transport en dus voor de vochtvoorziening.



*Overgang in vegetatie van zout en vrijwel kaal slik naar een hogere begroeide plek.*

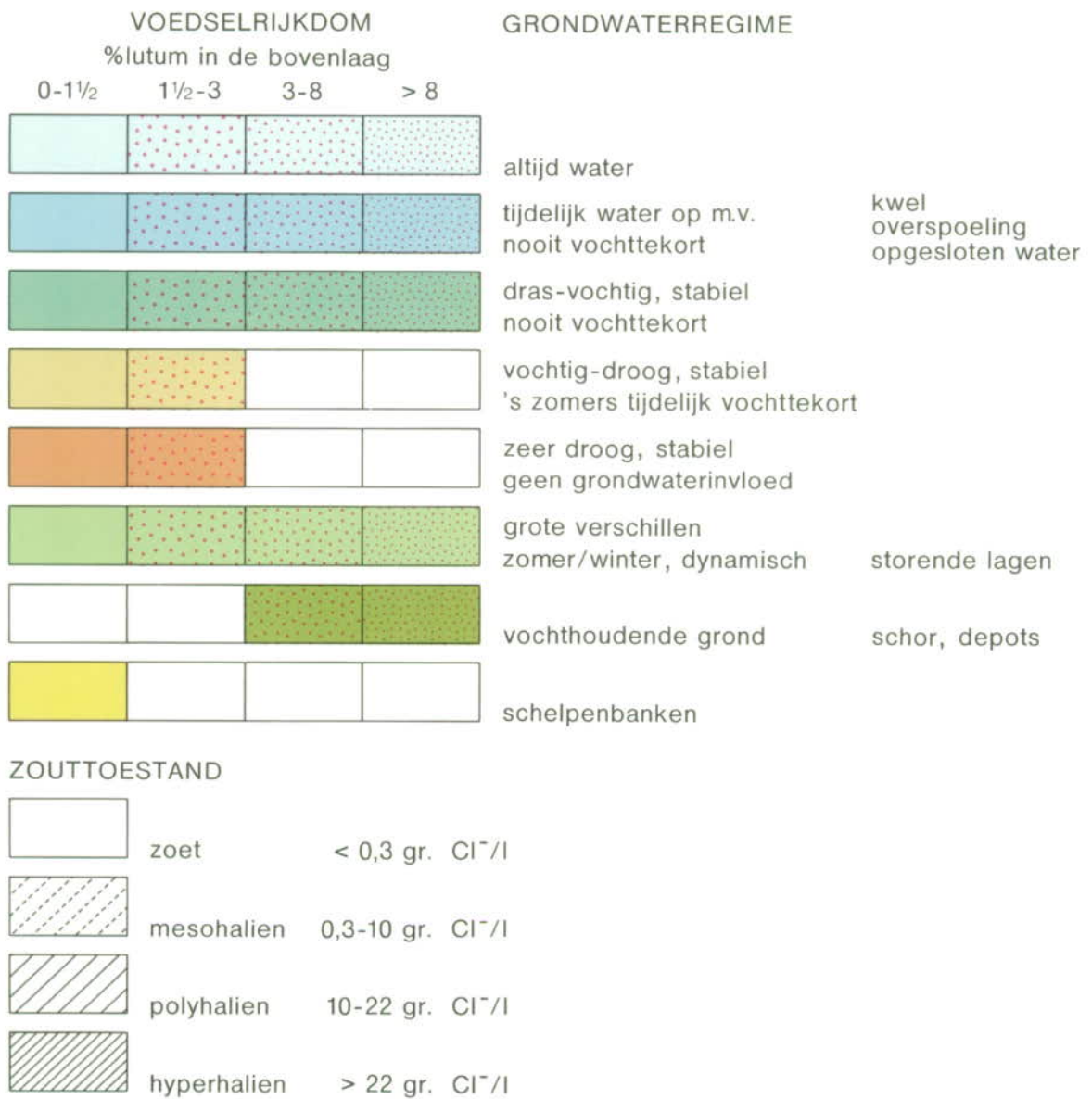
Het abiotisch milieu is in hoofdzaak te kenschetsen met de volgende factoren:

- de vochtvoorziening;
- de voedselrijkdom;
- de zouthoudding.

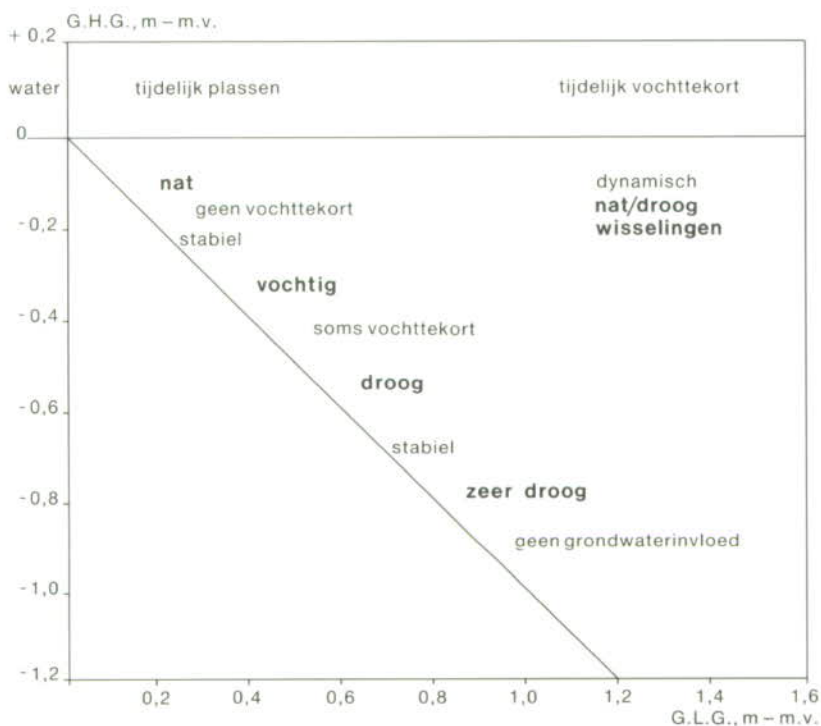
Van alle gebieden is een milieutypenkaart gemaakt waarvoor de legenda is opgesteld aan de hand deze drie factoren (figuur 31).

Voor de **vochtvoorziening** zijn de zomer- en wintergrondwaterstanden bepalend. Deze zijn in het voorgaande aangeduid met de GLG en de GHG. In een grafiek zijn deze twee samen te voegen (figuur 32). Daaruit volgt een indeling naar de vochtvoorziening nat, vochtig, droog. Afhankelijk van de plaats in de grafiek is een grondwaterregime op een bepaalde plek stabiel of dynamisch te noemen. Zijn er grote verschillen tussen de GHG en de GLG dan is het grondwaterregime dynamisch. Droog en nat wisselen dan sterk en er is dan vrijwel altijd sprake van vochttekort in de zomer (Drost en Visser, 1981). Stabiel is het grondwaterregime als er geen grote wisselingen zijn. Het kan wel uiteenlopen van nat, vochtig naar droog. De grenzen voor nat of droog zijn echter niet voor iedere grondsoort dezelfde. Zoals al eerder is uiteengezet is daarvoor de mogelijkheid voor capillair transport bepalend en die is afhankelijk van de bodemsamenstelling, vooral van de zandgrofheid (tabel 3).





Figuur 31 Legenda bij de milieutypenkaart



Figuur 32 Indeling van de grondwaterstanden (G.H.G. en G.L.G.)

Tabel 3. De afstand in cm, waarover capillair transport van water mogelijk is in zandgrond van verschillende grofheid, bij verschillen in aanvoersnelheid (Rijtema, 1969).

Aanvoersnelheid in mm/dag	50	U-cijfer 80	100
4	56	80	110
3	57	84	117
2	59	90	127
1	62	101	150
0,5	65	115	180

Bij hantering van deze cijfers is de aanvoersnelheid mee bepalend. Aangenomen kan worden dat er bij een aanvoer van 4 mm per dag geen vochttekort zal zijn. Dat niveau is daarom gekozen als ondergrens voor 'nat'. Is de aanvoer kleiner dan 1 mm per dag dan zal er een groot vochttekort optreden. Dat is daarom gekozen als bovengrens voor 'droog'. Voor ieder gebied afzonderlijk zijn de grenzen vastgesteld, rekening houdend met de zandgrofheid en de slibhoudendheid.

De **voedselrijkdom** wordt vooral bepaald door het lutumgehalte in de bovenlaag. (0-0,25 m). Des te meer lutum des te meer voedsel. Er is een indeling gemaakt in vier klassen, 0-1½%, 1½-3%, 3-8% en > 8% lutum. Bij de lage gehalten liggen de grenzen dicht bij elkaar omdat daar een klein verschil in lutum al grote gevolgen kan hebben.

Voor de **zouthuishouding** is een indeling gemaakt in vier klassen. Dat geldt voor de bovenste meter van het profiel. Als er namelijk binnen een meter nog brak of zout water aanwezig is dan kan dat door capillair transport invloed hebben op de vegetatie. De klassen zijn:

zoet	<0,3 g	Cl-/liter
mesohalien	0,3 - 10 g	"
polyhalien	10 - 22 g	"
hyperhalien	> 22 g	"

## 8.2. De milieutypenkaarten

Opvallend is dat door de stuifduinen en -ruggen er duidelijk gradiënten zijn ontstaan van nat naar droog. Dat komt door het verschil in hoogteligging. Achter de stuifruggen blijft vaak regenwater staan dat niet kan afstromen.

Echt dynamische grondwaterregimes met een natte wintersituatie en grote vochttekorten in de zomer komen vrij weinig voor.

Vochttekorten treden vooral op de hoge stuifduinen op, waar het altijd droog is.

Langs de lage randen is het vaak nat door overspoeling met zout meerwater. Is dan de grond slecht doorlatend dan kan het zoutgehalte oplopen tot ver boven het gehalte in zeewater.

Natte situaties met lange tijd water op het maaiveld komen dus voor in twee zeer verschillende vormen, namelijk zoet (stagnerend regenwater) en zout (overspoeling). Een zoute situatie komt ook nog voor daar waar geen overspoeling is maar de grond zo slecht doorlatend is dat er geen waterbeweging naar beneden is.

In de voedselsituatie is er vrij veel verschil. Voedselrijkdom komt voor in de gebieden waar in wat rustiger water slib is afgezet en op de lutumrijke schorren.

De milieutypenkaarten zijn gegeven in de figuren 33a-33i. De kaarten worden in het volgende per gebied kort besproken. Van ieder gebied is ook een tabel gemaakt met de oppervlakteverdeling naar de milieutypes die zijn onderscheiden op grond van de abiotische kenmerken (tabellen 4 t/m 14). De oppervlakteverdeling van alle gebieden samen is gegeven in tabel 15.



*Uitgestrekte, laagliggende slikken met enkele ondiepe afwateringsgeultjes (Slikken van Flakkee).*





*Zeekraal op het zoute slik.*

#### **Kabellaarsbank (33a)**

Door de goed doorlatende zandgrond is het grondwaterregime op de Kabellaarsbank stabiel. Afhankelijk van de hoogteligging kan het uiteenlopen van nat naar droog. Het hele gebied is voedselarm. De oostelijke rand en het eilandje zijn nog zout doordat ze laag liggen en dus worden overspoeld.

De oppervlakten zijn gegeven in tabel 4.

#### **De Punt (33b)**

Op de Punt heeft het zandige gedeelte aan de voet van het duin een stabiel grondwaterregime, maar afhankelijk van de hoogteligging varieert het van nat naar droog. De hoogteligging is door de aanleg van meren en duinen kunstmatig veranderd. Op enkele plekken in het bos stagneert het water door een plaatselijk slechte doorlatendheid. Het gedeelte rond de inham is voedselrijk. De lage oever rond de inham wordt nog regelmatig overspoeld en is daardoor zout.

De oppervlakten zijn gegeven in tabel 5.

#### **Stampersplaat (33c)**

Over het geheel kent de Stampersplaat een stabiel grondwaterregime. Op de stuifruggen is het daardoor droog. Plaatselijk komt er achter de stuifruggen plasvorming voor van zoet regenwater. Het gebied is voedselarm. Langs de west- en noordzijde zijn er nog zoutinvloeden, gedeeltelijk door overspoeling, gedeeltelijk capillair opstijgend zout grondwater op lage plekken die door een schelpenbank beschermd worden tegen overspoeling. Het eilandje ligt laag en is daardoor zout.

De oppervlakten zijn gegeven in tabel 6.

#### **Dwars in de Weg (33c)**

De plaat Dwars in de Weg is vrij nat door de lage ligging en de minder goede doorlatendheid. Het waterregime is echter nog niet dynamisch. Het is er voedselarm. Er is nog veel zoutinvloed. De oppervlakten zijn gegeven in tabel 7.



### Hompelvoet (33d)

De Hompelvoet is een plaat met veel variatie in milieutypen. Grotendeels een stabiel grondwaterregime, maar plaatselijk bij aanwezigheid van kleilaagjes in de bodem ook dynamisch. Enkele depôts van uitgegraven grond bevatten door de kleilaagjes ook lutum en zijn zodoende vochthoudend. Hoge stuifduinen zijn droog. Achter stuifruggen blijft regenwater langdurig op het maaiveld staan. Een klein stukje schor is voedselrijk. Ook de noordoostelijke oever bevat slib en heeft daardoor meer voedsel. Op die lage oever is het ook nog zout. Zout is het ook op de zuidwestelijke punt.

De oppervlakten zijn gegeven in tabel 8.

### Markenje (33h)

Markenje is een laagliggende plaat die veelvuldig overspoeld wordt. Het middengedeelte is bovenin wel zoet maar de zoetwaterlaag is niet dik. Achter de schelpenbank blijft na overspoeling vaak water staan. De oppervlakten zijn gegeven in tabel 9.



*Luchtfoto van Markenje, april 1983.*

*Een klein plaatje met er omheen een uitgestrekte oppervlakte ondiep water. Het witte randje is een schelpenrand.*

### Slikken van Flakkee (33e)

De schorren op de Slikken van Flakkee zijn vochthoudend. De slikken hebben gedeeltelijk een stabiel en gedeeltelijk een dynamisch grondwaterregime. Het microreliëf veroorzaakt plaatselijk een mozaïekpatroon door verschillen in vochtigheid en ontzilting. De grond is hier voedselhoudend en op de schorren voedselrijk. Op de uitgestrekte lage oevergedeelten is er regelmatig overspoeling. Daar is op een brede strook een extra zoute toestand ontstaan. Op het middengedeelte is het zoet. Dat ligt iets hoger en de grond is er beter doorlatend.

De oppervlakten zijn gegeven in tabel 10.

### **Veermansplaat (33f)**

Op de Veermansplaat heeft het deel tussen de hoge stuifruggen een dynamische grondwaterregime. Alleen op de hoge stuifruggen is het droog. Deze stuifruggen geven variatie in het gebied. Ze stagneren en het afstromen van regenwater waardoor er langdurige en uitgestrekte plasvorming voorkomt. Op de lage oevers is er veel overspoeling en hierdoor een zoute toestand. De voedselrijkdom is laag.

De oppervlakten zijn gegeven in tabel 11.

### **Slikken van Zonnemaire (33g)**

De Slikken van Zonnemaire hebben een slecht doorlatende grond en daardoor een dynamisch grondwaterregime. Het gebied is nog grotendeels zout; het is langs de geuloevers extra zout door de regelmatige overspoeling. De bodem is voedselrijk.

De oppervlakten zijn gegeven in tabel 12.



*Luchtfoto van de Slikken van Zonnemaire, april 1983.  
Het smalle witte randje is een schelpenrand. De lichte delen langs de geulen zijn zoute en vrijwel kale oevergedeelten.*

### **Slikken van Sirjansland (33h)**

De Slikken van Sirjansland kennen een grondwaterregime zonder vochttekorten, een voedselrijke bodem en grotendeels nog een zoute situatie.

De oppervlakten zijn gegeven in tabel 13.

### **Strand Grevelingen**

Het grondwaterregime op Strand Grevelingen is stabiel. Op de westelijke helft wat droger dan op de oostelijke helft. De grond is voedselarm. Er zijn geen zoutinvloeden meer op de vegetatie.

De oppervlakten zijn gegeven in tabel 14.

Tabel 4. De oppervlakteverdeling in ha naar milieutypes op basis van de abiotische kenmerken: waterhuishoudkundige toestand, voedselrijkdom en zouttoestand op de Kabbelaarsbank (100 ha)

voedselrijkdom zouttoestand	0-1 1/2% lutum		1 1/2-3% lutum		3-8% lutum		>8% lutum	
	zoet brak zout zout	extra	zoet brak zout zout	extra	zoet brak zout zout	extra	zoet brak zout zout	extra
waterhuishoudkundige toestand								
altijd water; vijvers, meren, geultjes	2	12						
tijdelijk water op m.v.; nooit vochttekort		4						
dras-vochtig; nooit vochttekort, stabiel	4	8						
vochtig-droog; 's zomers tijdelijk vochttekort; stabiel	50							
zeer droog, geen grondwaterinval; stabiel	20							
grote verschillen zomer/winter; dynamisch								
vochthoudende grond								
schelpenbanken								





Tabel 6. De oppervlakteverdeling in ha naar milieutypes op basis van de abiotische kenmerken: waterhuishoudkundige toestand, voedselrijkdom en zouttoestand op De Stampersplaat (150 ha)

waterhuishoudkundige toestand	voedselrijkdom		zouttoestand	
	0-1 1/2% lutum	1 1/2-3% lutum	3-8% lutum	>8% lutum
altijd water; vijvers, meren, geultjes	1			
tijdelijk water op m.v.; nooit vochttekort	4	18		
dras-vochtig; nooit vochttekort, stabiel	58	20		
vochtig-droog; 's zomers tijdelijk vochttekort; stabiel	35			
zeer droog, geen grondwaterinval; stabiel	10			
grote verschillen zomer/winter; dynamisch				
vochthoudende grond				
schelpenbanken	4			

Tabel 7. De oppervlakteverdeling in ha naar milieutypes op basis van de abiotische kenmerken: waterhuishoudkundige toestand, voedselrijkdom en zouttoestand op De Dwars in de Weg (85 ha)

voedselrijkdom zouttoestand	0-1 1/2% lutum		1 1/2-3% lutum		3-8% lutum		>8% lutum	
	zoet brak	zout zout	zoet brak	zout zout	zoet brak	zout zout	zoet brak	zout zout
waterhuishoudkundige toestand	1							
	10	6	8					
	50	3						
	6							
altijd water; vijvers, meren, geultjes								
tijdelijk water op m.v.; nooit vochttekort								
dras-vochtig; nooit vochttekort, stabiel								
vochtig-droog; 's zomers tijdelijk vochttekort; stabiel								
zeer droog, geen grondwaterinvoer; stabiel								
grote verschillen zomer/winter; dynamisch								
vochthoudende grond								
schelpenbanken	1							

Tabel 8. De oppervlakteverdeling in ha naar milieutypes op basis van de abiotische kenmerken: waterhuishoudkundige toestand, voedselrijkdom en zouttoestand op De Hompelvoet (360 ha)

voedselrijkdom zouttoestand	0-1 1/2% lutum		1 1/2-3% lutum		3-8% lutum		>8% lutum	
	zoet brak	zout	zoet brak	zout	zoet brak	zout	zoet brak	zout
altijd water; vijvers, meren, geultjes	5							
tijdelijk water op m.v.; nooit vochttekort	3	6	6	8	12			
dras-vochtig; nooit vochttekort, stabiel	48	10	6	6				
vochtig-droog; 's zomers tijdelijk vochttekort; stabiel	120							
zeer droog, geen grondwaterinval; stabiel	75							
grote verschillen zomer/winter; dynamisch	30							
vochthoudende grond								20
schelpenbanken	5							





Tabel 10. De oppervlakteverdeling in ha naar milieutypes op basis van de abiotische kenmerken: waterhuishoudkundige toestand, voedselrijkdom en zouttoestand op Slikken van Flakkee (1450 ha)

voedselrijkdom zouttoestand	0-1 1/2% lutum		1 1/2-3% lutum		3-8% lutum		>8% lutum	
	zoet brak zout zout	extra	zoet brak zout zout	extra	zoet brak zout zout	extra	zoet brak zout zout	extra
waterhuishoudkundige toestand								
altijd water; vijvers, meren, geultjes								
tijdelijk water op m.v.; nooit vochttekort			80	320				
dras-vochtig; nooit vochttekort, stabiel	20		160	130	100	50		
vochtig-droog; 's zomers tijdelijk vochttekort; stabiel	40		20					
zeer droog, geen grondwaterinval; stabiel	30							
grote verschillen zomer/winter; dynamisch			100	20		30		
vochthoudende grond						100		250
schelpenbanken	1							

Tabel 11. De oppervlakteverdeling in ha naar milieutypes op basis van de abiotische kenmerken: waterhuishoudkundige toestand, voedselrijkdom en zouttoestand op de Veermansplaat (370 ha)

voedselrijkdom zouttoestand	0-1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> % lutum		1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -3% lutum		3-8% lutum		>8% lutum	
	zoet	brak zout zout	extra	extra	zoet brak zout zout	extra	extra	zoet brak zout zout
waterhuishoudkundige toestand								
altijd water; vijvers, meren, geultjes	1							
tijdelijk water op m.v.; nooit vochttekort	39	10 15		20				
dras-vochtig; nooit vochttekort, stabiel	180	40		5				
vochtig-droog; 's zomers tijdelijk vochttekort; stabiel	15							
zeer droog, geen grondwaterinval; stabiel	10							
grote verschillen zomer/winter; dynamisch	30							
vochthoudende grond								
schelpenbanken	5							

Tabel 12. De oppervlakteverdeling in ha naar milieutypes op basis van de abiotische kenmerken: waterhuishoudkundige toestand, voedselrijkdom en zouttoestand op de Slikken van Zonnemaire (85 ha)

waterhuishoudkundige toestand	voedselrijkdom		0-1 1/2% lutum		1 1/2-3% lutum		3-8% lutum		>8% lutum	
	zouttoestand		zoet brak zout zout		zoet brak zout zout		zoet brak zout zout		zoet brak zout zout	
altijd water; vijvers, meren, geultjes			4		4					
					5 3		8			
tijdelijk water op m.v.; nooit vochttekort					8 7		15 15		4	
			6							
dras-vochtig; nooit vochttekort, stabiel										
			5							
vochtig-droog; 's zomers tijdelijk vochttekort; stabiel										
zeer droog, geen grondwaterinval; stabiel										
grote verschillen zomer/winter; dynamisch										
vochthoudende grond										
schelpenbanken										
			1							



Tabel 13. De oppervlakteverdeling in ha naar milieutypes op basis van de abiotische kenmerken: waterhuishoudkundige toestand, voedselrijkdom en zouttoestand op de Slikken van Sirjansland (11 ha)

voedselrijkdom zouttoestand	0-1 1/2% lutum		1 1/2-3% lutum		3-8% lutum		>8% lutum	
	zoet brak	extra zout	zoet brak	extra zout	zoet brak	extra zout	zoet brak	extra zout
waterhuishoudkundige toestand								
altijd water; vijvers, meren, geultjes								
tijdelijk water op m.v.; nooit vochttekort			3	2				
dras-vochtig; nooit vochttekort, stabiel			1	4				
vochtig-droog; 's zomers tijdelijk vochttekort; stabiel								
zeer droog, geen grondwaterinval; stabiel								
grote verschillen zomer/winter; dynamisch								
vochthoudende grond								
schelpenbanken		1						

Tabel 14. De oppervlakteverdeling in ha naar milieutypes op basis van de abiotische kenmerken: waterhuishoudkundige toestand, voedselrijkdom en zouttoestand op het Strand Grevelingendam (90 ha)

voedselrijkdom zouttoestand	0-1 1/2% lutum		1 1/2-3% lutum		3-8% lutum		>8% lutum	
	zoet brak zout zout	extra	zoet brak zout zout	extra	zoet brak zout zout	extra	zoet brak zout zout	extra
waterhuishoudkundige toestand								
altijd water; vijvers, meren, geultjes								
tijdelijk water op m.v.; nooit vochttekort		5						
dras-vochtig; nooit vochttekort, stabiel	20	5	20	20				
vochtig-droog; 's zomers tijdelijk vochttekort; stabiel	30			10				
zeer droog, geen grondwaterinval; stabiel								
grote verschillen zomer/winter; dynamisch								
vochthoudende grond								
schelpenbanken								

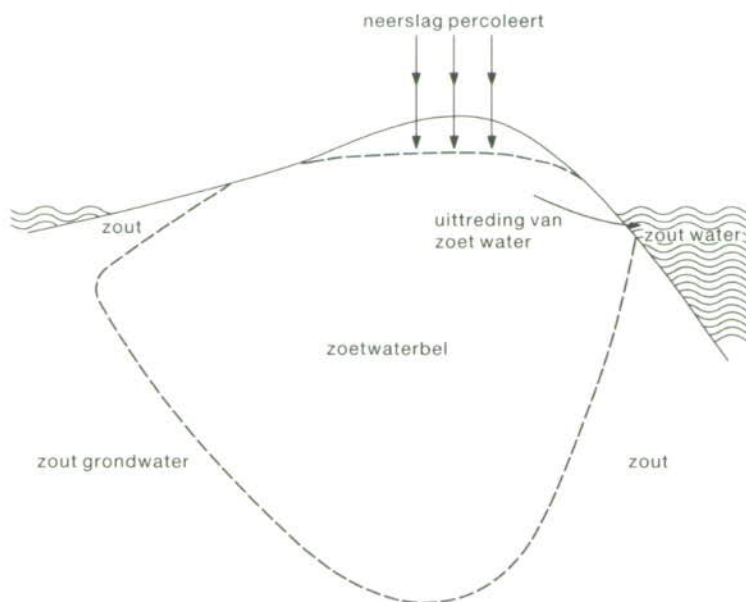


## 9. Te verwachten veranderingen

Het Grevelingengebied is nog in ontwikkeling. Na 15 jaar is er nog geen evenwicht gekomen in de abiotische factoren, laat staan in de biotische.

De ontzilting van de drooggevallen gebieden zal nog doorgaan, al is het langzaam, omdat het die gebieden betreft die een slecht doorlatende bodem hebben. De gebieden met een goed doorlatende grond zijn al ontzilt. De daar ontstane zoetwaterbel zal nog groter worden.

Maar als de zoetwaterbel aan de oeverlijn al enkele meters diep is treedt zoet water uit naar het meer (figuur 34). Dat is al het geval op de iets hogere en steilere oevergedeelten aan de zuidzijde van de Stampersplaat en de noordwestzijde van de Hompelvoet. Geleidelijk zal de komende jaren een steeds groter deel van het neerslagwater via het grondwater afstromen naar het Grevelingenmeer. Uiteindelijk zal een situatie ontstaan waarbij de laag zoet grondwater niet meer groeit en al het overtollige neerslagwater afstroomt. Deze eindsituatie is echter voorlopig nog niet bereikt. Verwacht wordt dat deze evenwichtssituatie op deze platen pas bereikt wordt bij een ontziltingsdiepte van 15 m.



Figuur 34 Schematische doorsnede van een plaat met een zoetwaterbel

Er is tijdens de groei van de zoetwaterbel geen stroming in dat water omdat er geen zoet water uittreedt. Dat heeft gevolgen voor de waterkwaliteit. Het neerslagoverschot waardoor de bel groeit neemt bij de percolatie stoffen mee (b.v. van mest van vogels of grazende dieren) die er in blijven zitten.

Lage oevers worden regelmatig overspoeld. De frequentie waarin dat gebeurt is afhankelijk van de positie t.o.v. de meest heersende windrichting. Die oevers blijven zout. Er kan dan de situatie ontstaan dat er onder de zoute overspoelde bovengrond zoet water zit (figuur 34).

Oevers die op de wind liggen kunnen afkalven. De mate, waarin dit gebeurt is mede afhankelijk van de grondsoort. Afslag is er al veel opgetreden en er zijn al veel maatregelen getroffen om de oevers te beschermen. Op den duur zullen alle oevers moeten worden verdedigd.

Er zijn verder een tweetal processen in het abiotisch milieu, die op de lange duur grote gevolgen voor de vegetatie hebben. Deze processen zijn ontkalking en veenvorming.

Door uitspoeling zal op den duur het kalkgehalte in de grond lager worden. Ontkalking is echter een langzaam proces dat plaatsvindt door toevoer van koolzuur door planten en neerslag. Nu is de grond in de Grevelingen in het algemeen kalkrijk (Verhoeven, 1962).

Het  $\text{CaCO}_3$ -gehalte is het laagst op lutumarme, grofzandige gronden. Daar is de kans op uitspoeling ook het grootste omdat het regenwater daar het snelst percoleert. Dat houdt in dat op





*Uitgestrekte lage en natte gedeelten die door overspoeling zout blijven of zelfs verzilten.*

de hoogste delen van de grofzandige platen de ontkalking het snelst zal gaan (Hompelvoet, Kabbelaarsbank, Stampersplaat). Een indruk van de snelheid van ontkalking en de reacties van de planten geven enkele resultaten uit oudere gebieden. Zo is in de Braakman, 35 jaar na droogvallen, een ontkalking opgetreden van slechts enkele millimeters (Smit en Visser, 1987). In de minder kalkrijke grond op de waarden langs de Friese IJsselmeerkust is 50 jaar na droogvallen een ontkalking opgetreden tot circa 10 cm (Slager en Smit, 1987).

De vegetatie reageert daarop. Al bij een ontkalking van enkele millimeters kunnen ondiep wortelende planten reageren. In een later tijdstip vestigen zich planten die dieper wortelen.

Bovendien ontstaat er een kalkarm milieu door humus- en veenvorming. Vergelijken wij de snelheid van de ontkalking met de groeisnelheid van de veenlaag in de Braakman en aan de Friese IJsselmeerkust, dan is de veenvorming een in dikte sneller verlopend proces. Beide processen zijn van belang voor de vestiging van planten met een voorkeur voor een "zuur" milieu.

Langs de plaatranden kan zich een waardevol milieu ontwikkelen. Deze gebieden zullen kalkrijk blijven omdat ondergronds afstromend grondwater van de hogere delen, dat uittreedt op de lagere randen, kalk meeneemt. Door periodieke overspoeling is er ook aanvoer van zout. In de Braakman komt er op deze contactzone een waardevolle vegetatie met onder andere *Parnassia* voor (Smit en Visser, 1987). In de Grevelingen kan zich langs plaatranden ook een dergelijke zone ontwikkelen mits het meerpeil niet wijzigt.

Ten slotte nog een enkele opmerking over humus- en veenvorming.

Vijftig jaar na droogvallen is op gronden langs de Friese IJsselmeerkust met slecht doorlatende lagen in de ondergrond en met het beheer "niets doen", een begin van hoogveenvorming waargenomen (Slager en Smit, 1987). Op de Slikken van Flakkee noord is het beheer ook "niets doen", terwijl er tevens ondoorlatende lagen in de ondergrond voorkomen. Daar zou zich dit proces ook kunnen gaan voltrekken op de strook tussen de overspoelingsgrens en het schor.

## Literatuur

- Buysrogge, R.A.,  
J.J. Sierveld en  
J. Visser Geomorfologische kartering van drooggevallen gebieden in de Grevelingen.  
Nota DD/MI, 79.09.
- Commissie Inrichting  
Deltawateren Inrichtingsschets voor het Grevelingenbekken. 1967.
- Deelman, C. De ontzilting van de drooggevallen zandgronden in het Grevelingenbekken t/m voorjaar 1973.  
C.T. jg 14 (1975), 185-198.
- Dord, H. van Natuurbouw in het Grevelingenbekken.  
RIJP-rapport 1977-11 Abg.
- Drost, H.J. en J. Visser Het grondwater als structurerende factor voor de begroeiing in afgesloten estuaria met een toepassing in het Grevelingenbekken.  
Flevobericht 163, pg 201-216, 1981.
- Feitsma, K.S. en  
C. Deelman Het optreden van verstuiwingen op de drooggevallen zandgronden in het Grevelingenbekken.  
RIJP-overdruk nr. 87, 1974.
- Glopper, R.J. de Vijftien jaar afgesloten Lauwerszee.  
Flevobericht 247, 1985.
- Jongh, J.A. de  
B.P. Hageman en  
F.F.F.E. v. Rummelen De holocene afzettingen in het Deltagebied.  
Geologie en Mijnbouw jg 39 (1960), 654-660.
- Loenen, M. en  
M. Pinkers De ontwikkeling van het Grevelingenbekken natuur- en recreatiegebied.  
Flevobericht nr. 156, 1979.
- Loenen, M. en  
J. Visser Visie op de natuurontwikkeling in de Grevelingen.  
RIJP-rapport 1987-10 cba.
- Londo, G. Patroon en proces in duinvalleivegetaties langs een gegraven meer in de Kennemerduinen.  
RIN-rapport, 1971.
- Polman, G.K.R. Duinvalleivegetaties in het Grevelingenbekken  
Vakblad voor Biologen 1, (58), 1978, 2-8
- Rijtema, P.E. Soil moisture forecasting.  
I.C.W. nota 513, 1969.
- Slager, H. en  
G.F.J. Smit De buitendijkse natuurgebieden langs de Friese IJsselmeerkust; bodem, grondwater en vegetatie.  
Flevobericht nr. 287, 1988.
- Slager, H., D.J. Fluyt en  
G.J. Rook Waterhuishouding en zouthuishouding van de Slikken van Flakkee.  
RIJP-rapport 1986-24 Abw.
- Smit, G.F.J. en  
J. Visser De samenhang tussen bodem, hydrologie en vegetatie in het Veerse Meer en de Braakman.  
Flevobericht nr. 289; 1988.

Vaate, S.J., bij de	De bodemkundige codekaart van slikken en platen in het Grevelingebekken. RIJP-rapport 1981-39 Abw.
Verhoeven, B. en A.J. Wiggers	Over de bodemgesteldheid en de bestemmingsmogelijkheden van de gronden in Grevelingen en Brouwershavense Gat. Rapport RIJP (v.h. Directie v/d Wieringermeer) Kampen 1957.
Verkaar, D. B. Schenkeveld en H.J. Drost	Prognose van de vegetatie-ontwikkelingen op de drooggevallen gronden in het Deltagebied, in het bijzonder in de Grevelingen. RIJP-rapport 1983-27 Abw.
Visser, J., G.J. Rook en D.J. Fluijt	Ontziltings- en verziltingsprocessen op de oevers in het Grevelingenmeer Landschap 2 (1985), nr. 3.
Werkgroep Herziening Inrichtingsschets Grevelingenbekken	Nieuwe Inrichtingsschets voor het het Grevelingen bekken. RIJP-rapport, Lelystad, april 1975
Werkgroep	Evaluatie Nieuwe Inrichtingsschets Grevelingen RIJP, afd. Delta, 1986.



In de reeks Flevoverichten zijn na 1985 verschenen:

250. WAL, C. VAN DER. Dorpen in de IJsselmeerpolders. Lelystad, 1986.
251. BRUINSHORST, J.A. en M.A. VIERGEVER. Statische proefbelastingen. Lelystad, 1985.
252. Wadden en landaanwinning: voordrachten, gehouden voor de wetenschappelijke bijeenkomst in mei 1985. Lelystad, 1985.
253. NAGTEGAAL, P. De beroepsvisserij in het IJsselmeergebied. Lelystad, 1985.
254. Jaarverslag 1984 van de onderzoeksafdelingen van de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders. Lelystad, 1985.
255. IEDEMA, C.W., en P. KIK. Habitatgebruik en voedselkeuze van grauwe ganzen in de Oostvaardersplassen. Lelystad, 1985.
256. NOUTA, R. De voorgeschiedenis, afsluiting, ontginning en de verbouw van cultuurgewassen gedurende de tijdelijke exploitatie in de jaren 1971 t/m 1978 in de Lauwerszee. Lelystad, 1986.
257. KRUITWAGEN, P.G. De invloed van verontreinigde neerslagafvoer op de oppervlaktewaterkwaliteit: een modelbenadering. Lelystad, 1986.
258. ENTE, P.J., J. KONING en R. KOOPSTRA. De bodem van Oostelijk Flevoland. Lelystad, 1986.
259. IEDEMA, C.W. en P. KIK. Het zoetwatermoeras de Oostvaardersplassen. Lelystad, 1986.
260. Actualisering van het verkavelingsplan voor het oostelijk deel van Zuidelijk Flevoland eindredactie ir. F.W. Alberts. Lelystad, 1987.
261. Verslag studiedag 14 maart 1986 gehouden in het expositiecentrum "Nieuw Land" te Lelystad met als thema "met het oog op de toekomst"/samenstelling J.E. Smid. Lelystad, 1986.
262. VIERGEVER, M.A. De ondergrond van Almere: grondmechanische en funderingstechnische gegevens. Lelystad, 1986.
263. LEGET, M. De economische ontwikkeling en structuur van de Zuidelijke IJsselmeerpolders. Lelystad, 1987.
264. HAAR, E. TER, en A. VAN STRATEN. Verblijfsrecreanten in Flevoland: een inventariserend en evaluerend onderzoek naar het gedrag van verblijfsrecreanten, in relatie tot inrichtingskenmerken op 15 verblijfsterreinen in Flevoland in augustus 1983, Lelystad, 1987.
265. ACHT, W.H.M. VAN, T.J. KAMPHORST en L. TIGELAAR. Beleving, waardering en kennis van natuur bij inwoners van Almere en Huizen. Lelystad, 1986.
266. ZIJLSTRA, M. De weidevogelbevolking van de Kievitslanden in de periode 1966-1982. Lelystad, 1986.
267. BOELENS, J.J. en E. KONING. Grondverbetering in de IJsselmeerpolders. Lelystad, 1986.
268. BERGER, C., e.a. De kans op blauwalgenbloei in de randmeren van de Markerwaard. Lelystad, 1986.
269. Wording en opbouw van de Noordoostpolder: geschiedenis van de ontginning en eerste ontwikkeling (1940-ca. 1960). Lelystad, 1986.
269. Wording en opbouw van de Noordoostpolder: geschiedenis van de ontginning en eerste ontwikkeling (1940-ca. 1960). Deel 2; Het in cultuur brengen der drooggevalen gronden. Lelystad, 1988.
269. Wording en opbouw van de Noordoostpolder: geschiedenis van de ontginning en eerste ontwikkeling (1940-ca. 1960). Deel 3; De inrichting en ontwikkeling van het landbouwgebied Lelystad, 1990.
269. Wording en opbouw van de Noordoostpolder: geschiedenis van de ontginning en eerste ontwikkeling (1940-ca. 1960). Deel 4; De ontwikkeling der dorpen (nog niet verschenen).
271. KONING, J., en P.J. ENTE. De bodemkundige code- en profielenkaart van Zuidelijk Flevoland, schaal 1:25000, kaartbladen, toelichting, Lelystad, 1986.
272. Ervaringen met spuitvrije akkerbouw op bedrijf NZ 27. Lelystad, 1986.
273. EERDEN, M.R. Van en M. ZIJLSTRA. Natuurwaarden van het IJsselmeergebied: prognose van enige natuurwaarden in het IJsselmeergebied bij aanleg van de Markerwaard. Lelystad, 1986.
274. FRIELING, D.H. De IJsselmeerpolders: een voorbeeld van ruimtelijke ordening in Nederland = The IJsselmeerpolders: an example of physical planning in the Netherlands. Lelystad, 1986.
275. Studie naar de inpassing van geluidshinderaspecten voor weg- en railverkeer in de bestemmingsplannen van Almere/W.F. Landheer, J.E. Smid, C.G.M. Willems (et al.) Lelystad, 1986.
276. ACHT, W.M.N. VAN. Natuurbouw in stadsrandgebieden. Lelystad, 1987.
277. ROZENDAAL, H. en H.A. VAN MANEN. Het grondwater in het ondiepe pleistocene pakket in Zuidelijk Flevoland (stijghoogte, kwel en kwaliteit), over de periode april 1981-april 1984. Lelystad, 1987.
278. Bodemkundig en waterhuishoudkundig onderzoek ten behoeve van de inrichting van het militaire oefenterrein in de Marnewaard (Lauwerszee/eindred. R.J. de Glopper. Lelystad, 1988.
279. NOUTA, R. De voorgeschiedenis, afsluiting, ontginning en de verbouw van cultuurgewassen gedurende de tijdelijke exploitatie in de Lauwerszee 2e verbeterde druk. Lelystad, 1988.
280. Raakvlakken tussen scheepsarcheologie, maritieme geschiedenis en scheepsbouwkunde: inleidingen gehouden tijdens het Glavimans Symposium 1985/red. R. Reinders. Lelystad, 1987.
281. Jaarverslag 1985 van de onderzoeksafdelingen van de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders/eindred. ir. A.J. Hebbink.
282. Ontwikkelingsvisie Oostvaardersplassen / Beheerscommissie Oostvaardersplassen; eindred. G.K.R. Polman en S. Schmidt-ter Neuzen. Lelystad, 1987.
283. New Land: push to mechanization: Amsterdam, 20 to 23 January 1986, congress papers/compiled by A.W. Berkers and H.J. Nijland. Lelystad, 1987.
284. MEBIUS, J.E. Zetting voor historische processen in de holocene lagen in het Noord-Hollandse randgebied van de Markerwaard. Lelystad, 1987.
285. Jaarverslag 1986 van de onderzoeksafdelingen van de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders/eindred. ir. A.J. Hebbink. Lelystad, 1988.
286. VOSLAMBER, B. Visplaatskeuze, fourageerwijze en voedselkeuze van aalscholvers in het IJsselmeergebied in 1982. Lelystad, 1988.
287. SLAGER, H., en G.F.J. SMIT. De buitendijkse natuurgebieden langs de Friese IJsselmeerkust: bodem, grondwater en vegetatie. Lelystad, 1988.
288. KLOOSTER, E.W. Arbeidsmarkt en uitgaande pendel Almere 1987. Lelystad, 1988.
289. SMIT, G.F.J. en J. VISSER. Voormalige zandplaten in het Veerse Meer: grondwater en vegetatie. Lelystad, 1988.
290. KLOOSTER, E.W. Arbeidsmarkt en uitgaande pendel gemeente Lelystad 1987. Lelystad, 1988.
291. SCHOLTEN, J. Vijfentwintig jaar drainagematerialenonderzoek bij de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders. Lelystad, 1988.
292. ZWIERS, P.B. en K. VLIERMAN. De Lutina, een Overijssels vrachtschip vergaan in 1888: het onderzoek van een vrachtschip gevonden op kavel H 48 in Oostelijk Flevoland. Lelystad, 1988.
293. Polderlandschap als cultuuruiting: symposiumverslag Genootschap Flevo. Lelystad, 1988.
294. ZWARTS, L. De Bodemfauna van de Fries-Groningse Waddenkust. Lelystad, 1988.
295. CONSTANDSE, A.K. Boeren in Flevoland 2: nieuwe beschouwingen over plattelandscultuur in de nieuwe IJsselmeerpolders. Lelystad, 1988.



296. KLOOSTER, E.W. Arbeidsmarkt en uitgaande pendel gemeente Zeewolde 1987. Lelystad, 1989.
297. Jaarverslag 1987 van de onderzoeksafdelingen van de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, eindredactie ir. H.J. Winkels. Lelystad, 1989.
298. NAWIJN, K.E. Almere hoe het begon: achtergronden, herinneringen en feiten uit de eerste ontwikkelingsjaren van Almere. Lelystad, 1988.
299. KLOOSTER, E.W. Arbeidsmarkt en uitgaande pendel in drie plattelandsgemeenten: Dronten, Noordoostpolder en Urk. Lelystad, 1989.
300. 't Blijft mensenwerk. Een bundel opstellen aangeboden aan Prof.dr. R.H.A. van Duin i.i. bij zijn ambtelijk afscheid/eindred. A.K. Constandse, J.H. van Kampen en S. Schmidt-ter Neuzen. Lelystad, 1989.
301. NIP, J., en A. Arnoldussen. Ontwikkelingsplan Horsterwold (nog niet verschenen).
302. HABEKOTTÉ, A. Invloed van de zaaitijd op opbrengst en ontwikkeling van winterkoolzaad en granen (nog niet verschenen).
303. BEEMSTER, N., H. DROST en M.R. VAN EERDEN. Evaluatie van het beheer in het natuurgebied in het Lauwersmeer in de periode 1982-1987. Lelystad, 1989.
304. LEMKES-STRAVER, E.P.J. De starterscompetitie Flevoland 1982/1983: een nabeschouwing. Lelystad, 1990.
305. Richtlijnen voor veldwerkzaamheden bij de afdeling Waterhuishouding: eindredactie H. de Roo (nog niet verschenen).
306. GLOPPER, R.J. de. Land subsidence and soil ripening. Lelystad, 1989.
307. Randmerensymposium. Verslag van inleiding en discussie van het symposium over de Randmeren van Flevoland, Genootschap Flevo 9-6-1989 (nog niet verschenen).
308. Op stap in het Zuiderzeeproject. Publikatie van lezigen, gehouden tijdens de HLI-woensdagochtendbijeenkomst 17 mei 1989, ter gelegenheid van het afscheid van dr. J.H. van Kampen als directeur landinrichting. Eindredactie: E. ten Berge. Lelystad, 1990.
309. Jaarverslag 1988 van de onderzoeksafdelingen van de RIJP (RWS directie Flevoland i.o.), Eindredactie: H.J. Winkels. Lelystad, 1990.
310. Beheersvisie Krammer-Volkerak, Eendracht en Zoommeer (nog niet verschenen).
311. CONSTANDSE, A.K., M.K. Schonk en H.J. VAN HAPEREN. Leven in Lelystad 1988: voortgezet onderzoek naar de kwaliteit van het bestaan in een nieuwe stad. Lelystad, 1990.
312. SLAGER, H., en J. VISSER. Abiotische kenmerken van de drooggevallen gebieden in de Grevelingen (nog niet verschenen).
313. LINDEN, M.J.H.A. VAN DER. Nitrogen and phosphorus economy of reed vegetation in the polder Zuidelijk Flevoland (The Netherlands) (nog niet verschenen).
314. HEBBINK, A.J. en G.A.M. MENTING. Praktijkproef infiltratieput: achtergronden en resultaten (nog niet verschenen).
315. MANEN, H.A. VAN. Geohydrologisch meetnet Noord-Hollandse randgebied van de Markerswaard, periode 1948-1986 (nog niet verschenen).