



235663

Alice A

Weer

INSTITUUT VOOR MARIEN EN ATMOSFERISCH ONDERZOEK UTRECHT

MORFOLOGISCHE PARAMETERISATIE WESTERSCHELDEMOND
Oostgat / Deurloo geulencomplex

drs M.J. van der Slikke

R 98-07

VOORWOORD

Het hier gepresenteerde onderzoek is door de faculteit Ruimtelijke Wetenschappen van de Universiteit Utrecht uitgevoerd in het kader van het product K2000*WS bij het RIKZ Middelburg in opdracht van Directie Zeeland.

Voorafgaand aan dit onderzoek zijn in het kader van K2000*WS onderzoeken uitgevoerd naar o.a. de morfologie, de hydraulica en de geologie van de Westerscheldemond. De studies, die het meest verwant zijn aan de huidige studie, zijn de "Grootschalige en interne zandbalans Westerscheldemonding" (van der Slikke, 1998) en "Onderzoek naar de oorzaken van de erosie aan de zuidwestkust van Walcheren" (Croqué, 1998). Het huidige onderzoek is gericht op het parameteriseren van de geulparameters in de tijd en ruimte.

Deze studie is voornamelijk gericht op de ontwikkeling het Oostgat en het Deurloo-oost & de Geul van de Rassen, omdat dit aansluit op de discussierapportage. Door de afdeling advies en beleid van het RIKZ Middelburg (ABD) wordt op dit moment een discussierapportage over de problematiek van de zuidwest kust van Walcheren opgesteld (in opdracht van Directie Zeeland). Op basis van de veranderingen van de geulas, zal in het discussie-hoofdstuk een beschouwing gegeven worden over de ontwikkeling van deze twee geulsystemen. Om na te gaan of de resultaten betrouwbaar zijn, is verder naar een onnauwkeurigheidsmarge gekeken, welke ook in het methodiek-hoofdstuk beschreven zal worden.

Hierbij wil ik een aantal mensen bedanken die bij dit huidige onderzoek en het product K2000*WS betrokken zijn of zijn geweest; Ad Langerak (begeleider RIKZ), Daan Dunsbergen (productleider K2000*WS), Saskia Huijs (opdrachtgever Directie Zeeland en productbegeleider K2000*WS), Jan Rik van den Berg (begeleider Universiteit Utrecht) en Piet Roelse, Aline Arends, Tobias Walhout en Kees van der Male (ABD, RIKZ). En verder Maarten Jansen (Svašek) Janine Croqué (stagiaire Universiteit Utrecht) en alle andere mensen die hebben meegewerkt en nog niet genoemd zijn.

Middelburg, september 1998

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	4
2. ONDERZOEKSGBIED.....	7
2.1. INLEIDING	7
2.2. MORFOLOGIE.....	7
2.3. HYDRAULICA.....	8
2.4. GEOLOGIE	10
2.5. MENSELIJK INGRIJPEN.....	10
2.6. OOSTGAT-SYSTEEM EN DEURLOO-SYSTEEM.....	10
3. METHODIEK.....	12
3.1. INLEIDING	12
3.2. GEGEVENS.....	12
3.2.1. Benodigde gegevens	12
3.2.2. Interpolatie JARKUS-gegevens	12
3.2.3. Samenstelling van de bodemgegevens.....	14
3.3. BEREKENING EN VERWERKING GEULPARAMETERS	14
3.3.1. Berekenen van de parameters.....	14
3.3.2. Verwerking van de gegevens.....	15
4. RESULTATEN	16
4.1. INLEIDING	16
4.2. GEULPARAMETERS	16
4.2.1. Inleiding.....	16
4.2.2. Situatie van 1994.....	16
4.2.3. Veranderingen van geulparameters in de tijd	18
4.3. VERPLAATSING DIEPTELIJNEN	19
4.3.1. Verschuiving van de kustlijn.....	19
4.3.2. Verschuiving van de NAP -7m lijn.....	20
4.3.3. Verschuiving van de geulas.....	21
5. DISCUSSIE.....	22
5.1. INLEIDING	22
5.2. GEBRUIKTE METHODIEK	22
5.3. GEULPARAMETERS	23
5.3.1. Inleiding.....	23
5.3.2. Geulas.....	23
5.3.3. De breedte/diepte verhouding.....	25
5.3.4. Doorstroomoppervlak	25
5.4. HYPOTHESE	26
6. CONCLUSIES.....	27
7. AANBEVELINGEN.....	29
8. LITERATUURLIJST	30

BIJLAGEN

A1A LOCATIES

A2B UITGEVOERDE SUPPLETIES

A3 BODEMHOOGTE VERSCHILKAARTEN

B1 OVERZICHT BESCHIRKBARE LODINGEN

B2 LIGGING PROFIELEN

B3 BEREKENING PARAMETERS

C1 SITUATIE GEULPARAMETERS 1994

C2 VERANDERING GEULPARAMETERS

C3 VERPLAATSING KUSTLIJN

C4 VERPLAATSING NAP -7M LIJN

C5 VERPLAATSING VAN DE GEULAS

1. INLEIDING

In 1997 is, als onderdeel van het programma KUST2000, het product K2000*WS gestart. Dit product richt zich op de morfologische ontwikkelingen van de verschillende eilandkoppen, waaronder de Westerscheldemond. De verschillende onderzoeken, die in het kader van K2000*WS in de Westerscheldemonding worden uitgevoerd, leveren een bijdrage aan het algemene begrip over de lange termijn ontwikkeling van de Westerscheldemonding (Svašek, 1995). De kennis zal worden gebruikt om een antwoord te geven op de vraag wat de oorzaken zijn van de erosie aan de zuidwestkust van Walcheren en de kust van Zeeuwsch-Vlaanderen en op de vraag wat de effecten van de bagger- en stortactiviteiten in de Westerscheldemond op lange termijn zijn.

Het algemene doel van dit huidige onderzoek is de morfologische hoofdstructuren van de Westerscheldemond te kwantificeren met behulp van diverse geulparameters. Op basis van de resultaten kan de verandering van de hoofdstructuur van de Westerscheldemond beschreven worden.

Deze algemene vraag is ruimtelijk ingeperkt, waarbij dit onderzoek voornamelijk is gericht op de ontwikkeling van het Oostgat en de Deurloo-oost en Geul van de Rassen.

Voordat de gegevens worden bestudeerd is het belangrijk te weten welke waarde de resultaten hebben, daarom zijn de volgende vragen gesteld.

- Welke onnauwkeurigheden worden veroorzaakt door de gebruikte methodiek?
- Subjectiviteit van het leggen van profielen?
- Verandering van de hoek van het profiel ten opzichte van de geulas in de loop der tijd?
- Wat is het verschil tussen de geulas gebaseerd op de punten met de maximale diepte en de geulas gebaseerd op de zwaartepunten?

Nadat de verschillende parameters zijn beschreven, zowel in de tijd als in de ruimte, zal getracht worden een verklaring te geven van de ruimtelijke en temporele variatie van de geulparameters. Daarnaast zullen de onderstaande hypothesen worden getoetst. Deze hypothesen zijn opgesteld op basis van literatuur, erosie-sedimentatie kaarten en migratie van de dieptelijnen.

De hypothese zijn:

- Het gemiddelde doorstroomoppervlak van de Deurloo-oost & Geul van de Rassen is in de loop der tijd toegenomen. Het gemiddeld doorstroomoppervlak van het Oostgat is afgenomen.
- Waar de geulas dicht tegen de kust aan ligt komt erosie voor.
- Er is een omslagpunt in de verplaatsing van de geulas ter hoogte van Zoutelande. Noordelijk hiervan verplaatst de geul zich van de kust af, terwijl ten zuiden van Zoutelande de geul zich juist richting de kust toe migreert.

De werkwijze die gevolgd is, wijkt af van wat gebruikelijk is. Veel onderzoeken zijn namelijk gericht op koppeling tussen de hydraulica en de morfologie. De bedoeling was niet om de resultaten te koppelen aan de hydraulische gegevens, maar aan de kenmerken van de geometrie zelf. Doordat er verder weinig literatuur beschikbaar is over de morfologische veranderingen in tijd en ruimte van andere gebieden, is het nu nog niet mogelijk om een goede vergelijking met andere gebieden te maken. Hiervoor zou dus een zelfde analyse van de morfologie van de gehele Westerscheldemonding, de Westerschelde en eventueel de Oosterschelde uitgevoerd moeten worden. Op basis van de resultaten van de parameterisatie zal dus een beeld van de morfologische

ontwikkelingen in het gebied van zuidwest kust van Walcheren geschetst worden. De parameters die beschreven zullen worden zijn;

- de breedte
- de diepte
- het doorstroomoppervlak
- de breedte/diepte verhouding
- geulas op basis van de zwaartepunten en op basis van de maximale diepte




Het zwaartepunt van een profiel is daarbij gedefinieerd als dat punt in het profiel waar aan de linker- en rechterkant het doorstroomoppervlak even groot is.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de morfologie van het onderzoeksgebied beschreven. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de methodiek en de nauwkeurigheid van de gegevens en methodiek beschreven. In dit hoofdstuk zijn ook de resultaten de korte nauwkeurighedsanalyse beschreven. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van de berekeningen gepresenteerd. In hoofdstuk 5 volgt een beschouwing van de resultaten, een toetsing van de hypothese en een korte discussie over de nauwkeurigheid. De conclusie en de aanbevelingen worden respectievelijk in hoofdstuk 6 en 7 beschreven.

**ONDERZOEKS-
GEBIED**
Westerscheldemonding
Iodingen 1997

Legenda

-  Stortlocaties
-  Baggerlocaties
-  Zandwinlocaties

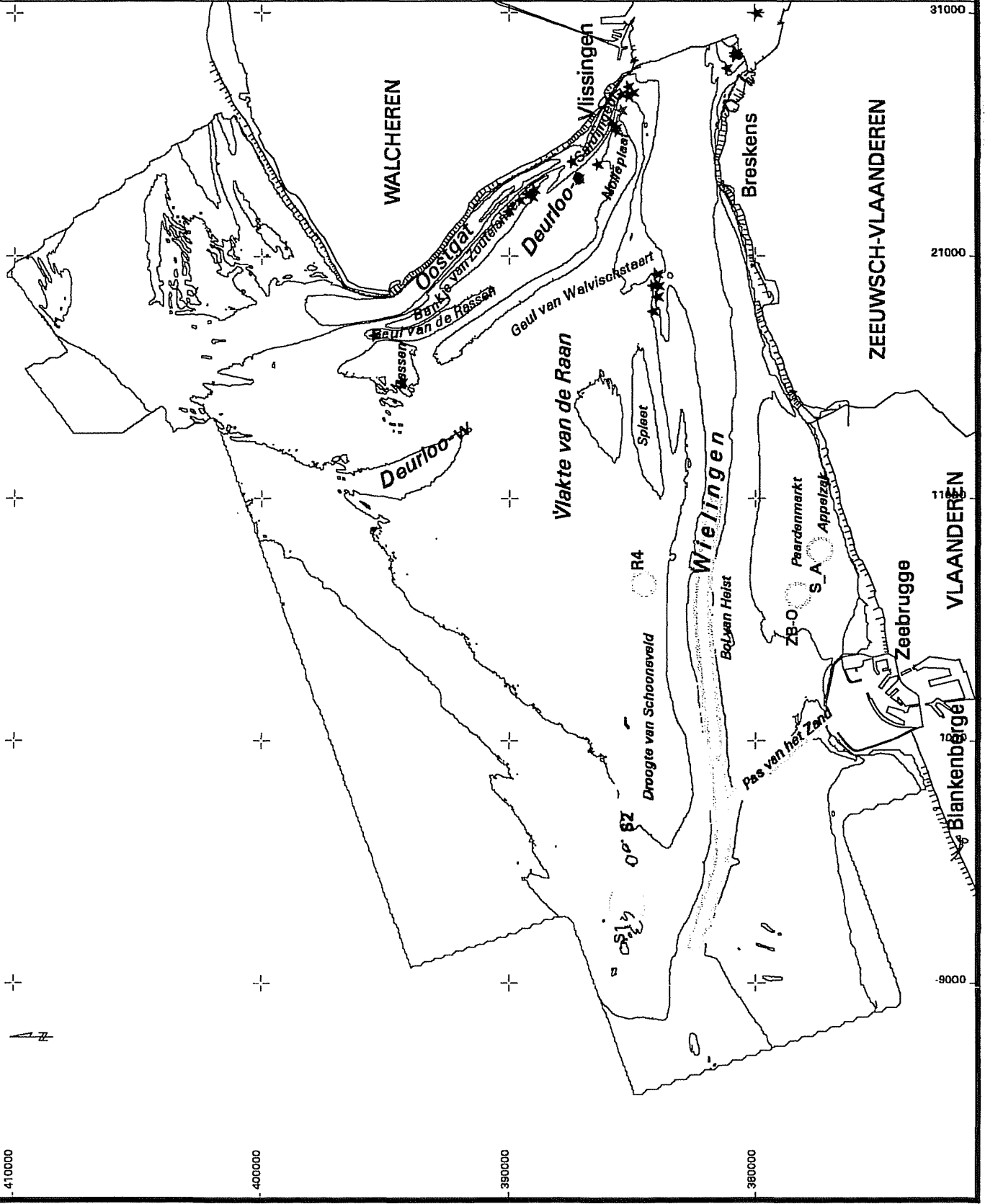
FIGUUR 2.1

Bron: RWS vaklodingen.

Schaal 1:225.000



Anneke van der Slikke
Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Rijkswaterstaat voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg



2. ONDERZOEKSGBIED

2.1. Inleiding

In dit hoofdstuk zullen in het kort een aantal aspecten van de Westerscheldemonding besproken worden. Voor het grootste deel is dit hoofdstuk nagenoegen gelijk aan een gelijknamig hoofdstuk uit een voorgaand verslag (van der Slikke, 1998). De huidige studie is in tegenstelling tot de vorige studie voornamelijk toegespitst op de geulen aan de kust van Walcheren en niet zo zeer op de gehele Westerscheldemond. De laatste paragraaf (2.6) is toegespitst op het Oostgat/Deurloo geulensysteem. Maar allereerst zal een beschrijving volgen van de morfologie van de gehele Westerscheldemonding (paragraaf 2.2). Vervolgens komen de hydraulica, de geologie en de menselijke ingrepen aanbod, respectievelijk paragraaf 2.3, 2.4 en 2.5.

2.2. Morfologie

Voordat de morfologie van de Westerscheldemond besproken worden, zal het gebied eerst afgebakend worden.

De Westerscheldemond is de zuidelijkste buitendelta van Nederland en is gelegen tussen de kust van Walcheren en Zeeuwsch-Vlaanderen (zie figuur 2.1). Voor de oostgrens wordt de lijn Vlissingen-Breskens genomen (deze grens komt overeen met de westgrens van het lodingsvak 6). Tussen Breskens en Blankeberge wordt de grens van de Westerscheldemond gelegd aan de voet van de dijk of aan de duinen. De meest zuidelijke grens staat loodrecht op de kust bij Blankenberge, waar de delta geleidelijk overgaat in de Vlaamse Banken. Voor de scheiding tussen de Noordzee en de Monding wordt de NAP-20m lijn gehanteerd. De Domburger Rassen, aan de noordzijde van de Monding, scheidt de Oosterscheldemond van de Westerscheldemond. De grens loopt vervolgens langs de zuidwest kust van Walcheren naar Vlissingen.

De Westerscheldemonding is in vier algemene morfologische eenheden op te delen, namelijk de geulen, de banken en de oevers en de vooroever. De onderstaande beschrijving van de morfologie is gebaseerd op de huidige situatie.

De geulen zijn op te delen in hoofd- en secundaire geulen (zie figuur 2.1). Het onderscheid tussen wordt gemaakt op basis van de bevaarbaarheid en het doorstroomoppervlak.

Onder de hoofdgeulen vallen de Wielingen/Scheur en Oostgat/Deurloo. De Wielingen/Scheur is een oost-west georiënteerde geul en ligt aan de zuidzijde van de Westerscheldemonding tussen de Zeeuwsch-Vlaamse en Vlaamse kuststrook en de Raan. De geulen Wielingen/Scheur voeren het grootste deel van het water het estuarium in en uit. De geulen zijn licht eb-georiënteerd (Svašek 1998). Het Oostgat/Deurloo systeem is een beduidend kleiner systeem (op basis van de eb- en vloedvolumes) dan de Wielingen/Scheur en is noordwest-zuidoost georiënteerd. Onder het Oostgat/Deurloo systeem vallen: Oostgat, Sardijngeul, Geul van de Rassen en Deurloo-oost. Het Oostgat ligt tegen de zuidwestkust van Walcheren en wordt aan de westzijde geflankeerd door het Bankje van Zoutelande. De Sardijngeul ligt aan de zuidkant van het Oostgat. Deze twee geulen worden door de Galgeput van elkaar gescheiden. Aan de westzijde van het Bankje van Zoutelande liggen de Geul van de Rassen (in het noorden) en Deurloo-oost (in het zuiden). Deze twee geulen sluiten respectievelijk aan op het Oostgat en op de Sardijngeul.

De secundaire geulen zijn Deurloo-west, Geul van de Walvisstaart en de Spleet. De Deurloo-west en Geul van de Walvisstaart doorsnijden de Raan van zuid naar noord. Deurloo-west ligt aan de noordzijde en sluit aan op de zeerand, de Geul van de Walvisstaart ligt ten zuiden van de Deurloo-

west en sluit aan op de Wielingen/Scheur. De Spleet is een geul die ongeveer evenwijdig aan de Wielingen/Scheur loopt (de Looff & Verhagen, 1986).

Het bankengebied kan ingedeeld worden op basis van locatie; in de banken op de Raan en de banken langs de kust van de Vlaamse en de Zeeuwsch-Vlaamse kust. Met banken wordt hier de ruime definitie gehanteerd (banken zijn ondiepten tussen de geulen of tussen geul en land). Op de Raan liggen van oost naar west, het Bankje van Zoutelande, de Rassen en de Nolleplaat, de Vlake van de Raan en de Droogte van Schooneveld. Langs de Vlaamse kust ligt de Paardemarkt.

Onder de oever wordt hier verstaan het gebied tussen de laagwaterlijn en de duin. Langs de zuidwest kust van Walcheren sluit de oever direct aan op het Oostgat, aan de landzijde van het Oostgat liggen duinen. In tegenstelling tot de kust van Zeeuwsch-Vlaanderen waar de kust voor een groot deel beschermd is door dijken.

De vooroever van de Westerscheldemond is gedefinieerd als het gebied aan de noordzijde van de Raan tussen de NAP-15m lijn en de NAP-20 m lijn. Deze dieptelijnen lopen vrijwel evenwijdig aan elkaar en hebben een zuidwest-noordoost oriëntatie. Deze oriëntatie is gelijk aan de richting van de vloedstroming van de getijgolf op de Noordzee.

2.3. Hydraulica

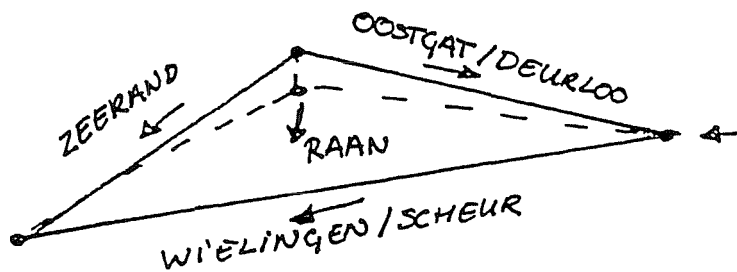
De hydraulica en de morfologie van een gebied zijn twee aspecten die elkaar beïnvloeden en dus in wezen elkaars randvoorwaarden zijn. Immers door de hydraulica verandert de morfologie van een gebied, die vervolgens weer invloed heeft op de hydraulica van dat gebied. Het is bij de interpretatie van de morfologische ontwikkeling van belang te weten hoe de hydraulica van het gebied in elkaar zit. Het onderstaande verhaal over de hydraulica is ontleend aan het rapport van Van Enckevort (1996) en het conceptrapport van Svašek (1998).

De hydraulische karakteristieken in de Westerscheldemond worden bepaald door de geometrie van het gebied, door het getij op de Noordzee, door de reactie van de Monding en de Westerschelde hierop en door de meteorologische omstandigheden, die een bepaald golfklimaat veroorzaken. Voor de karakteristieken van het golfklimaat wordt verwezen naar Van Enckevort (1996).

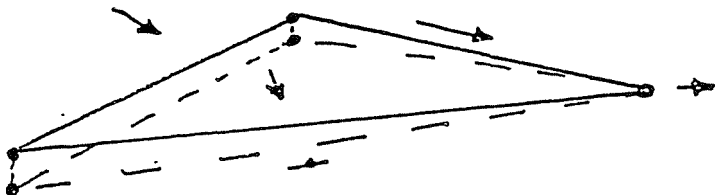
Voor de beschrijving van het getij kan de Westerscheldemond in vier delen worden opgedeeld, de zeerand, Oostgat/Deurloo, Wielingen/Scheur en de Raan. De getijgolf van de Noordzee loopt van zuid naar noord (tijdens vloed), dit veroorzaakt een fase verschil tussen de zuidgrens van de Westerscheldemond en de noordgrens. Doordat de noordgrens (Westkapelle) een belangrijke invloed heeft op de stroming in Oostgat/Deurloo en de zuidgrens een belangrijke invloed heeft op de stroming door Wielingen/Scheur, is het getij in deze twee geulen uit fase. De stromingsrichting op de Raan wordt bepaald door de zeerand, Oostgat/Deurloo en Wielingen/Scheur. Figuur 2.2 (Svašek, 1998) geeft een schematische weergave van de waterstanden en de stromingsrichting gedurende een getijcyclus weer. In dit figuur is de gestippelde lijn de referentie (de waterstand die gelijk is aan de waterstand in Vlissingen). In het eerste plaatje is te zien dat tijdens hoogwater in Vlissingen de waterstand bij Westkapelle hoger is. Dit waterstandsverschil draagt bij aan de stroming van Westkapelle naar Vlissingen.

Bij de stroming in de Westerscheldemond spelen vele facetten een rol, voor meer informatie over het getij wordt verwezen naar Svašek (1998).

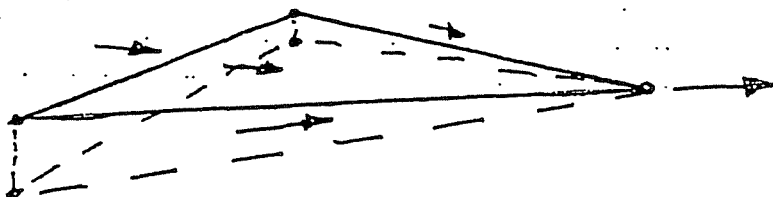
tydstip t.o.v.
HW Vlissingen:



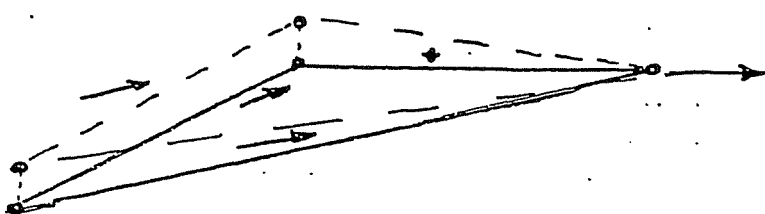
ca. 6 uur voor
en 6 uur na
LAAGWATER



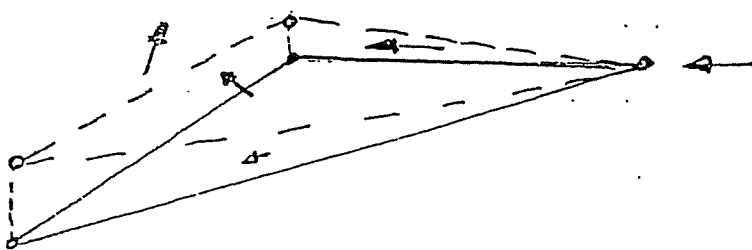
ca. 4 uur voor
BEGIN VLOED



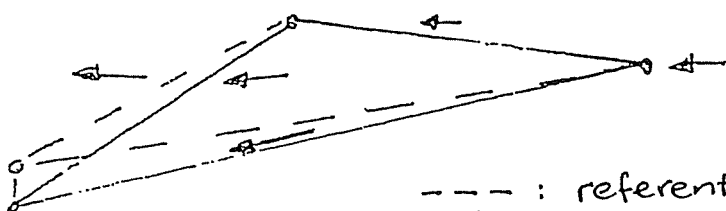
ca. 2 uur voor
EIND VLOED



HW Vlissingen
HOOGWATER



ca. 2 uur na
BEGIN EB



ca. 4 uur na
EIND EB

--- : referentievlak (waterstand bij Vlissingen)
vlak : waterstanden t.o.v. Vlissingen
pijlen : stroming

2.4. Geologie

De geologische ondergrond van een gebied kan een randvoorwaarde voor de morfologische ontwikkeling van een gebied zijn. Daarbij moet vooral gedacht worden aan resistente lagen die de ontwikkeling van een gebied kunnen vertragen. In de Westerscheldemonding komen slechts enkele resistente lagen aan het oppervlak, die de morfologische ontwikkeling kunnen beïnvloeden. Een van deze lagen is de Boomse klei, die door de Wielingen is aangesneden (van der Spek, 1997). Het is niet waarschijnlijk dat de geologische ondergrond de morfologische ontwikkelingen stuurt, wel kan de geologische ondergrond de snelheid van de morfologische veranderingen beïnvloeden (commentaar van der Spek).

2.5. Menselijk ingrijpen

In de Westerscheldemonding wordt in verband met de bevaarbaarheid van de toegangswegen van de havens Zeebrugge en Antwerpen, sinds de jaren zestig gebaggerd in de Wielingen en de Scheur. In vergelijking met deze baggerhoeveelheden, zijn de zandwin- en suppletiehoeveelheden verwaarloosbaar. Bij zandwinning wordt zand aan het systeem onttrokken wat op langere termijn, grotere gevolgen kan hebben voor het systeem dan bagger- en stortactiviteiten. Voor het Oostgat-systeem zijn juist de zandwinlocaties en de strand- en duinsuppleties van belang. In bijlage A1 staan de verschillende locaties en de hoeveelheden van de zandwinning en de suppleties weergegeven.

2.6. Oostgat-systeem en Deurloo-systeem

Onder het Oostgat-systeem vallen de geulen die tussen Westkapelle en Vlissingen tegen de kust van Walcheren liggen. Van noord naar zuid zijn dit het Oostgat en de Sardijngeul. Deze twee geulen worden gescheiden door een ondiepte, de Galgeput. De Galgeput is het punt waar het Oostgat en de Deurloo-oost samenkomen. Ten noorden van Deurloo-oost ligt de Geul van de Rassen, die in het noorden aansluit op het Oostgat (zie fig. 2.1). De Geul van de Rassen en Deurloo-oost worden van elkaar gescheiden door een ondiepte. Dit Deurloo-systeem wordt van het Oostgat gescheiden door het Bankje van Zoutelande.

De ligging van de geulen is in de loop der tijd veranderd. Het Oostgat en het Bankje van Zoutelande liggen echter al meer dan een eeuw tegen de kust van Walcheren. Heel langzaam schuiven de bank en de geul richting de kust, met de maximale migratie in het noorden van 1 m per jaar (het maximum is het gemiddelde van de maximale veranderingen in een eeuw, Roelse en Maranus, 1988 in van Enckevort, 1996). De verandering van het Bankje van Zoutelande zijn het grootst in het zuidelijk en noordelijk deel. Het middendeel van het Bankje van Zoutelande is redelijk stabiel (van Enckevort, 1996 fig. 4.3).

Het Oostgat en het Bankje van Zoutelande hebben dus in de huidige vorm al ruim een eeuw bestaan, alhoewel ze wel migreren zijn de veranderingen verder relatief gezien klein. Dit kan niet gezegd worden van het geulensysteem aan de andere zijde van het Bankje van Zoutelande. De Geul van de Rassen en Deurloo-oost bestonden ruim een eeuw geleden nog niet in de huidige vorm. In de vorige eeuw had de Westerscheldemond drie grote geulsystemen, het Oostgat, de Deurloo en de Wielingen/Scheur. De vroegere Deurloo liep van Sardijngeul naar het noordwesten, naar de huidige ligging van de Deurloo-west (zie fig. 2.1). Door veranderingen in

hydraulica is de Deurloo gesplitst in een oostelijke en een westelijk deel. Mede hierdoor heeft de Geul van de Rassen zich verder gaan ontwikkelingen tot de huidige vorm (Israël, 1988).

De morfologische ontwikkeling van de afgelopen twintig jaar zal in dit onderzoek aan de hand van parameterisatie van de geulen beschreven worden. Om al een beeld te krijgen van de ontwikkelingen, zal een korte samenvatting volgen van voorgaand onderzoek (gebruik makend van bijlage A2). In bijlage A2 is een bodemhoogteverschilkaart te zien van de periode 1972 t/m 1994. Hieruit blijkt dat de westkant van de Geul van de Rassen richting de geul migreert, de migratie van de geul aan de kant van het Bankje van Zoutelande is echter niet zo groot. Het Bankje van Zoutelande heeft naar het noorden verder ontwikkeld, waardoor een smalle uitloper is ontstaan. Het middendeel van het Bankje van Zoutelande is aan de zijde van de geul van de Rassen geërodeerd, terwijl in het zuidelijkste deel juist uitbreiding richting de geul heeft plaats gevonden. Aan de andere zijde (aan de kant van het Oostgat) van het Bankje is zand gewonnen. Verder hebben zich, in vergelijking met deze veranderingen, geen grote veranderingen voor gedaan in het Oostgat. Wel is er sprake van een toename van de diepte. Dit blijkt ook uit de zandbalans die is opgesteld voor de Westerscheldemonding. Hieruit bleek dat het zandvolume van het Oostgat in deze periode is afgenomen en het zandvolume van het Deurloo-systeem t.o.v. NAP Om is toegenomen. De verandering in zandvolume van het Bankje van Zoutelande hangt sterk samen met de veranderingen van het oppervlak van het Bankje van Zoutelande (van der Slikke, 1998).

De verschillen in getijamplitude tussen Vlissingen en Westkapelle zijn de belangrijkste factor in de bepaling van de waterstandsverschillen en niet zo zeer de verschillen in getijfase. Het faseverschil tussen Vlissingen en Westkapelle is niet zo groot, doordat het voor een getijgolf ongeveer even lang duurt om zich van Zeebrugge naar Vlissingen (door de Wielingen) te verplaatsen als van Zeebrugge naar Westkapelle (door de Noordzee) (van Enckevort, 1996 in Croqué, 1998).

Naast het getij spelen golven ook een rol in de hydraulica van het systeem. Door de vrij lage ligging van de banken hebben de golven onder normale weersomstandigheden echter weinig invloed op de sedimenttransporten in de Westerscheldemond. Tijdens storm neemt de invloed van de golven echter toe (van Enckevort, 1996 in Croqué, 1998).

3. METHODIEK

3.1. Inleiding

Voordat de berekeningen van de verschillende morfologische parameters kunnen worden uitgevoerd, moeten eerst de ruwe gegevens verwerkt worden. In dit hoofdstuk zullen de verschillende verwerkingsstappen, de nauwkeurigheid en de verwerking van de gegevens behandeld worden. De allereerste stap, na het verzamelen van de gegevens, is het interpoleren van de gegevens (paragraaf 3.2). Als de vaklodingen met de JARKUS (=jaarlijkse kustlodingen) gegevens zijn gecombineerd, kunnen de berekeningen van de parameters worden uitgevoerd (paragraaf 3.3). In deze paragraaf wordt in het kort de werking van ProfielGIS besproken. De methode van de uitwerking van de resultaten zal in de laatste paragraaf besproken worden (paragraaf 3.4). Van diverse stappen zal een korte nauwkeurighedsbeschouwing volgen.

3.2. Gegevens

3.2.1. Benodigde gegevens

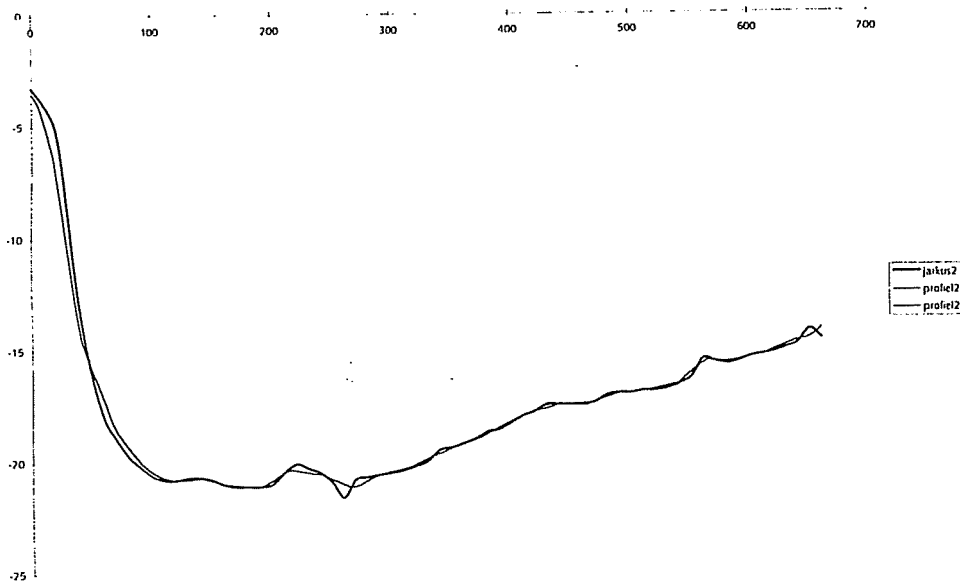
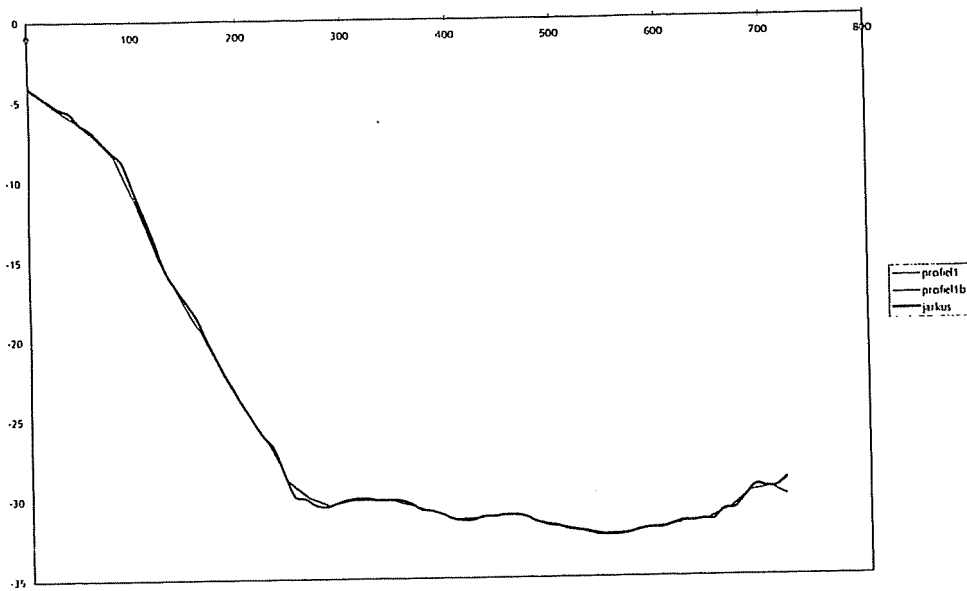
Voor de berekening van de verschillende parameters zullen de vaklodingen gecombineerd worden met de JARKUS-gegevens. De vaklodingen zijn reeds geïnterpoleerd, de JARKUS-profielen echter nog niet. Om de vaklodingen en de JARKUS-gegevens te combineren, moeten daarom als eerste stap de JARKUS-gegevens worden geïnterpoleerd. Op basis van de gecombineerde gegevens van de lodingen en de JARKUS-gegevens worden de geulparameters berekend. Voor de interpretatie van de resultaten zijn gegevens nodig over zandwinning, suppleties, baggeren en storten op de verschillende locaties (zie paragraaf 2.5 en bijlage A1).

3.2.2. Interpolatie JARKUS-gegevens

In deze paragraaf zal alleen de interpolatie van de JARKUS-gegevens worden behandeld. De vaklodingen zijn reeds volgens de standaardmethode van Rijkswaterstaat met DIGIBEELD geïnterpoleerd. Om de JARKUS-gegevens met de lodingsgegevens te kunnen combineren, moet de gridgrootte van beide data gegevens gelijk zijn. In tabel 3.1 staan de gebruikte waarde van de verschillende instelparameters van de interpolatie weergegeven.

Bij de interpolatie van de JARKUS-gegevens zijn uiteindelijk een aantal opeenvolgende stappen gebruikt, met de bedoeling om zo weinig mogelijk van het gemeten profiel af te wijken. Voor de punten in het profiel moet de zoekstraal namelijk niet te groot zijn, voor de punten tussen de profielen echter wel.

De nauwkeurigheid van de interpolatie kan worden bepaald door de geïnterpoleerde data te vergelijken met de gemeten profielen. Uit de figuur 3.1 blijkt dat verschillen tussen de gemeten profielen en de geïnterpoleerde profielen op sommige plaatsen groot zijn (in de orde van een 7 meter horizontaal, en 2 meter verticaal). Op andere plaatsen zijn de verschillen echter niet zo groot. Het verschil tussen de geïnterpoleerde profielen en het JARKUS-profiel is waarschijnlijk ontstaan doordat de geïnterpoleerde data over een gebied van 20mx20m worden geïnterpoleerd. Een groot aantal metingen in het profiel is vervangen door een geïnterpoleerde waarde per 20 meter, wat dus de verschuiving van het profiel kan verklaren.



Figuur 3.1 Vergelijking JARKUS-gegevens met de geïnterpoleerde gegevens

Tabel 3.1 Gebruikte instelparameters voor de interpolatie

		gridgrootte	zoekstraal	zoekdiepte	hoeken	max. ratio	iteraties
vakloding		20x20m	300	300	32	7	8
JARKUS	1 ^e stap	idem	75		idem	idem	idem
	2 ^e stap	idem	100		idem	idem	idem
	3 ^e stap	idem	150		idem	idem	idem
	4 ^e stap	idem	200		idem	idem	idem
	5 ^e stap	idem	300		idem	idem	idem

Om een echt gegronde conclusies te kunnen trekken over de nauwkeurigheid van de interpolatiemethode, zou een uitgebreidere studie moeten worden opgezet. Voor de

nauwkeurigheid van interpolatie wordt verwezen naar de studie van Eijnsbergen (1993) en van Storm et al. (1994).

3.2.3. Samenstelling van de bodemgegevens

Om de ontwikkeling van de Westerscheldemonnding weer te kunnen geven, zijn een drietal bodemhoogtekaarten samengesteld. Deze bodemhoogtekaarten zijn combinaties van de geïnterpoleerde JARKUS-gegevens en de vaklodingen. De JARKUS-gegevens en de vaklodingsgegevens die aan kust van Walcheren grenzen, moeten in hetzelfde jaar gemeten zijn, omdat er anders een tijdsverschil binnen de profielen ontstaat.

Bij het combineren van de gegevens hebben de JARKUS-gegevens een hogere prioriteit dan de vaklodingsgegevens. Dit betekent dat op de locaties waar zowel JARKUS- als vaklodingen beschikbaar zijn, de JARKUS-gegevens zijn gebruikt. Er is prioriteit aan de JARKUS-gegevens gesteld, omdat aangenomen wordt dat de nauwkeurigheid van deze gegevens groter is dan de nauwkeurigheid van de vaklodingsgegevens.

De bodemhoogtekaarten die voor de berekening van de parameters gebruikt zijn; 1972/1971, 1982/1981 en 1994/1993. Waarbij het eerste jaar het jaar is waarin de JARKUS-gegevens en de vaklodingen van de vakken direct langs de kust van Walcheren zijn gemeten. Het tweede jaar slaat op de vaklodingsgegevens die verder van de zuidwest Walcherse kust liggen (bijlage B1).

3.3. Berekening en verwerking geulparameters

3.3.1. Berekenen van de parameters

De berekeningen van de geulparameters zijn uitgevoerd met de ArcInfo applicatie ProfielGIS (van Uit den Bogaard, 1993). Voor deze berekeningen moeten een aantal keuzes worden gemaakt. Ten eerste moet een keuze worden gemaakt ten opzichte van welke niveaus de berekeningen uitgevoerd worden. Hierbij zijn vier niveaus gekozen; NAP +2.5m, NAP 0m, NAP -2.5m en NAP -7m. De eerste drie referentieniveaus komen overeen met de referentieniveaus, die gebruikt zijn voor de morfologische parameterisatie van de Westerschelde (Uit den Bogaard, 1994). Deze referentieniveaus komen ongeveer overeen met gemiddeld hoogwater bij springtij (Vlissingen, NAP +2.5m), gemiddeld laagwater bij springtij (Vlissingen, NAP -2.0m).

De hoogte van het laagste referentieniveau (NAP -7m) is bepaald op basis van de hoogte van het Bankje van Zoutelande en de Nolleplaat (aan de westzijde van het Oostgat en aan de oostzijde van de Deurloo/Geul van de Rassen). De resultaten van het NAP-7m niveau zijn gebruikt om de ontwikkeling van de geulparameters in tijd en ruimte te beschrijven. Er is niet voor gekozen om daarvoor het NAP 0m niveau te gebruiken, omdat hiervoor een fictieve geulwand gekozen moet worden. Als er ten opzichte van NAP 0m wordt gerekend, dan lijkt het alsof de gegevens onderling vergelijkbaar zijn met andere onderzoeken, terwijl er nog steeds sprake is van een geulwand die omhoog is getrokken.

De resultaten voor de andere referentieniveaus kunnen gebruikt worden voor de veranderingen van de kustlijn van zuidwest Walcheren vast te leggen.

De tweede keuze die gemaakt moet worden, is welke bodemhoogtekaarten gebruikt worden (zie paragraaf 3.2). Vervolgens moeten in deze bodemhoogtekaarten de profielen worden getekend, die verder in de analyse gebruikt worden. De ligging van de profielen wordt als volgt bepaald. De profielen worden zo loodrecht mogelijk op de geulas getekend. Toch zal iedereen het profiel op een andere manier ten opzichte van de geul tekenen. Door van Eijnsbergen (1993) is een

studie uitgevoerd naar de gevolgen van deze subjectiviteit voor de resultaten. Uit het onderzoek van van Eijnsbergen (1993) blijkt dat door een andere keuze van de ligging van het profiel de maximale afwijking in het natte oppervlak rond de 4 % ligt. Een andere oriëntatie van het profiel heeft een grotere invloed op de maximale diepte (7 %) en de breedte (afwijking van 5.5 %). Ook een en dezelfde persoon tekent de tweede keer een ander profiel, wat een afwijking van ongeveer 2% voor de verschillende parameters tot gevolg kan hebben. Om deze subjectiviteit van de ligging van de profielen enigszins te verminderen, zijn na het tekenen van de profielen de ligging van de profielen aan andere personen voorgelegd.

De geulen migreren in de loop der tijd, wat betekent dat de geulas niet elk jaar loodrecht op de profielen liggen. Voor deze fout is in dit onderzoek niet gecorrigeerd, omdat over zo'n korttijdsbestek de geulen redelijk stabiel zijn. Aan de hand van de resultaten, de verschuiving van de geulas, is achteraf na te gaan of de veranderingen inderdaad niet te groot zijn geweest. De veranderingen van de geulas (op basis van de zwaartepunten) zijn het grootst in het noordelijkste en zuidelijkste deel van het Oostgat en in de Deurloo-oost en Geul van de Rassen. Voor de Deurloo-oost en Geul van de Rassen is het al erg moeilijk om het profiel loodrecht op de geulas te leggen, doordat de geulen geen duidelijke oevers en diepste punten hebben.

Wanneer de profielen zijn getekend (zie bijlage B2), kunnen de parameters berekend worden. Voor de wijze van berekenen wordt verwezen naar uit den Bogaard (1993).

3.3.2. Verwerking van de gegevens

Voor de parameterisatie van het Oostgat en het Deurloo-systeem zijn in totaal 46 profielen getekend.

De resultaten van de referentieniveaus NAP + 2.5m en NAP -2.5 m zijn gebruikt om de verschuiving van de kustlijn te bepalen. De resultaten van NAP -7m zijn hier ook voor gebruikt, maar daarnaast zijn ze gebruikt om het ruimtelijk en temporeel verloop van de verschillend geulparameters weer te geven.

De geulparameters die zijn beschreven zijn;

- het natte oppervlak dwarsdoorsnede
- de maximale en de gemiddelde breedte
- de maximale en de gemiddelde diepte
- de breedte/diepte verhouding.

Voor het Oostgat is de situatie van 1994 zowel berekend ten opzichte van NAP -7m als ten opzichte van NAP Om. Hoe de parameters van NAP Om zijn berekend is uitgelegd in bijlage B3. Uit de resultaten bleek dat de verschillen tussen de parameters berekend t.o.v. NAP Om en NAP -7m in ruimtelijke trend niet groot zijn, wel verschillen ze in grootte.

De geulparameters zullen worden beschreven t.o.v. NAP -7m en niet t.o.v. NAP. Wel zullen de dimensies van de geulparameters ten opzichte van NAP Om besproken worden (in bijlage B3 en in de discussie).

4. RESULTATEN

4.1. Inleiding

In dit hoofdstuk zullen de verschillende parameters van het Oostgat, Sardijngeul, Deurloo-oost en Geul van de Rassen besproken worden. Allereerst zal de situatie van 1994 geschetst worden (paragraaf 4.2). Vervolgens zullen de veranderingen van de geulparameters tussen 1972 en 1994 besproken worden, daarbij zal eerst gekeken worden naar de verschillen tussen 1972 en 1982 en daarna de periode 1982 t/m 1994. De periode 1972 t/m 1982 zal eerst beschreven worden omdat in deze periode nog slechts weinig suppleties zijn uitgevoerd.

In paragraaf 4.3 zullen de verschuiving van de kustlijn, de NAP -7m lijn en de geulas worden besproken over de periode 1972 t/m 1994. In dit hoofdstuk worden in verband met de overzichtelijkheid alleen de grote lijnen behandeld. De gedetailleerde beschrijving van de resultaten staan in bijlage C.

4.2. Geulparameters

4.2.1. Inleiding

In deze paragraaf zullen de volgende parameters besproken worden;

- de breedte van de geul,
- de maximale en de gemiddelde diepte,
- het doorstroomoppervlak en
- de breedte/diepte verhouding.

De parameters kunnen goed beschreven worden t.o.v. NAP -7m, omdat de gehele geul beneden de NAP -7m ligt op de kust van het Oostgat na. Daarnaast heeft het referentievlak de NAP -7m niet het probleem van de fictieve geulwand, wat het referentievlak NAP 0m wel heeft (zie bijlage B3). De NAP -7m schiet alleen te kort in de zin dat de resultaten niet vergelijkbaar zijn met andere studies (die veel al t.o.v. NAP 0m zijn berekend) en dat een deel van de kust niet is meegenomen. Dit laatste wordt gecompenseerd door een beschrijving van de NAP 0m, de NAP -2.5m en de NAP +2.5m.

4.2.2. Situatie van 1994

De verschillende parameters worden beschreven aan de hand de onderstaande tabel 4.1 (zie ook bijlage C1). In deze tabel staat in het kort beschrijven hoe de verschillende parameters ten opzichte van NAP -7m in de ruimte (van noord naar zuid) veranderen. De indeling van de verschillende geulen is gemaakt op basis van de ligging van de kust en de vorm van de geulen. Het Oostgat is opgedeeld in drie secties;

- 0 t/m 8: van het noordelijkste profiel van het Oostgat tot het diepste punt van de geul
- 9 t/m 15: het rechte deel van het Oostgat
- 16 t/m 21: tussen Zoutelande en Dishoek, holle deel van de kust

Ten zuiden van het Oostgat liggen de Galgeput en de Sardijngeul;

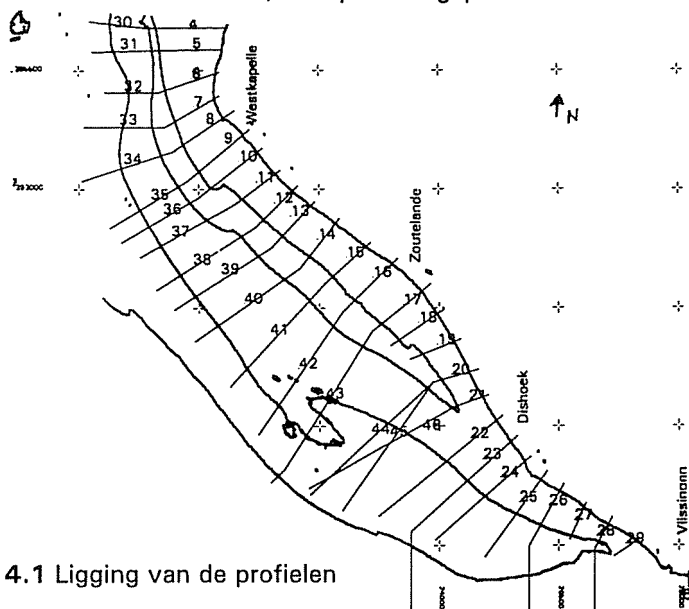
- 22 en 23: de Galgepunt, de drempel tussen het de Sardijngeul en het Oostgat
- 24 t/m 29: de Sardijngeul

Aan de andere kant van het Bankje van Zoutelande liggen van noord naar zuid de Geul van de Rassen, een ondiepte en Deurloo-oost;

30 t/m 40: de Geul van de Rassen, die in het noorden aansluit op het Oostgat

41 t/m 43: een ondiepte tussen de twee geulen

45 t/m 46: de Deurloo-oost, die op de Galgeput samenkomt met het Oostgat



Figuur 4.1 Ligging van de profielen

Tabel 4.1 beschrijving van de geulparameters van noord naar zuid, ten opzichte van NAP-7m

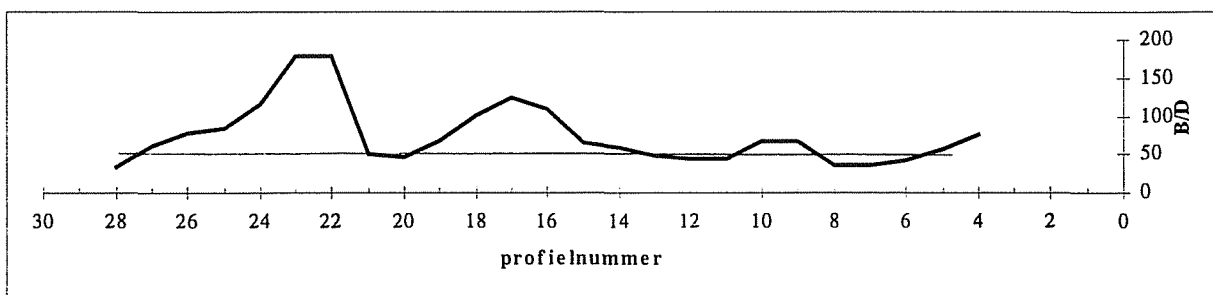
	Breedte, max	Diepte, max	Doorstroomopp.	Breedte/diepte
Oostgat	400-1500m	7 - 28 m t.o.v. NAP -7m	algemene afname 3500-19000 m ²	30 -180
0 t/m 8	neemt af naar zuiden 1470-990	toename 20 -> 30m	neemt lineair af met sprong na 8	neemt af naar zuiden (76-35)
9 t/m 15	blijft constant m.u.v. 9 + 10 (1100 m)	t/m 13 constant daarna afname (14m)	neemt lineair af	toename (45) met een sprong bij 9 + 10
16 t/m 21	neemt af naar zuiden (555)	ong. constant bij 20 toename	lineaire afname naar zuiden (4000)	neemt af piek bij 17 (125)
Galgeput				
22 + 23	breed (1,5 km)	ondiep (10m)	neemt toe t.o.v. profiel 21 (5800)	op maximum (180)
Sardijngeul				
24 t/m 29	neemt af naar zuiden (1.1-0.4km)	neemt licht toe naar zuiden (12m)	neemt licht af naar zuiden (3500)	afname (115-30)
Geul van de Rassen	500-2000m	2-6 m t.o.v. NAP -7m	1400-3500 m ²	80-1000
32 t/m 40	toename naar zuiden (0.5-1.5km)	neemt licht af naar zuiden (6-4m)	neemt toe naar zuiden (2100-3400)	toename naar zuiden (80-650)
Ondiepte				
41 t/m 44	breed (2 km)	ondiep (2m)	klein, rond 2400	piek 42 (1050), vervolgens afname
Deurloo-oost				
45 t/m 47	constant (0,5km)	constant (3m)	vrijwel constant 1500	constant (350)

In de tabel is een aantal indicaties gegevens van de grote, voor meer detail informatie zie bijlage C1

Het doorstroomoppervlak van het Oostgat neemt lineair af naar ongeveer $\frac{3}{4}$ van de oorspronkelijke (noordelijke) dwarsdoorsnede. Het doorstroomoppervlak in de Sardijngeul is redelijk constant. In vergelijking met de grote van dit oppervlak is het doorstroomoppervlak van het Deurloo-systeem erg klein. In tegenstelling tot het Oostgat neemt het doorstroomoppervlak van de Geul van de Rassen naar het zuiden toe af.

Over het algemeen kan uit de gegevens worden opgemaakt dat de diepte klein is op de brede delen van de geul. Het is echter niet zo dat de verandering in dezelfde orde van grote liggen, anders zou de breedte/diepte verhouding immers constant zijn in de ruimte. De breedte/diepte verhouding is maximaal bij de Galgeput, als gevolg van het samenkomen van de twee geulen (Oostgat en Deurloo-oost).

De fluctuaties van de breedte/diepte verhouding in het Oostgat kunnen over het algemeen toegeschreven worden aan de vorm van de kust (bochten). Om dit zichtbaar te maken, wordt uitgegaan van de breedte/diepte verhouding van profiel 12 t/m 14.



Figuur 4.2 Verloop breedte/diepte verhouding in de ruimte

De afwijkingen t.o.v. deze lijn zullen verklaard worden. In het noorden is allereerst een kleinere breedte/diepte verhouding geconstateerd, wat veroorzaakt wordt door de grote diepte van dit deel van de geul. Vervolgens is een toename van de breedte/diepte verhouding te zien bij profiel 9 en 10, als gevolg van de kleine kortsluitgeul in het Bankje van Zoutelande. In het zuidelijkste deel van het Oostgat is een toename te zien van de verhouding. Deze toename wordt veroorzaakt door de grote breedte van de geul als gevolg van de holle kust en als gevolg van de verbreding door zandwinning. Ook bij de Galgeput is de breedte vele malen groter dan de diepte, omdat hier de twee geulen (Oostgat en Deurloo-oost) bij elkaar komen. De meest zuidelijke toename van de breedte/diepte verhouding, bij de Nolleplaat, wordt mede veroorzaakt door zandwinning.

De Geul van de Rassen en de Deurloo-oost zijn in vergelijking met het Oostgat breed en ondiep, wat ook tot uitdrukking komt in de breedte/diepte verhouding (1000 versus 180).

4.2.3. Veranderingen van geulparameters in de tijd

De verandering van de geulparameters in de tijd is uitgebreid beschreven in bijlage C2. In deze paragraaf zullen alleen de hoofdlijnen van de veranderingen van de veranderingen besproken worden.

Allereerst een beschrijving van de periode 1972 t/m 1982.

De verandering in de breedte en in de diepte in het Oostgat en dus ook de breedte/diepte verhouding, zijn niet groot. Toch hebben deze kleine veranderingen geleid tot een toename van het doorstroomoppervlak. Dit in tegenstelling tot de afname van het doorstroomoppervlak van de Sardijngeul. De breedte en de diepte is in de Sardijngeul op verschillende locaties afgenomen. De diepte van het Deurloo-systeem is nagenoeg constant gebleven, terwijl de breedte over het algemeen is afgenomen. De verandering in de breedte bepaald dan ook de veranderingen in

de breedte/diepte verhouding en de verandering in het doorstroomoppervlak. Het doorstroomoppervlak van de Geul van de Rassen is toegenomen, terwijl van de Deurloo-oost het doorstroomoppervlak is afgenomen.

In de periode 1982-1994 zetten de ontwikkelingen zich niet voort, mede doordat er menselijke ingrepen in deze periode hebben plaatsgevonden.

Door zandwinning in het zuidelijke deel van het Bankje van Zoutelande en bij de Nolleplaat is de geul van het Oostgat en de Sardijngeul op deze locaties verbreedt. De diepteveranderingen zijn over het algemeen niet groot. Voor de breedte/diepte veranderingen betekent dit dat deze op de zandwinlocaties zijn toegenomen, terwijl ze verder redelijk stabiel zijn.

Ook het doorstroomoppervlak is veranderd als gevolg van de zandwinning. Op de zandwinlocaties is het doorstroomoppervlak toegenomen, maar in het noordelijk deel van het Oostgat is het doorstroomoppervlak afgenomen. Dit laatste is de omgekeerde ontwikkeling van de voorafgaande periode.

De ontwikkeling van het Deurloo-systeem wijkt in deze periode af van de voorgaande periode. De breedte is redelijk stabiel, met uitzondering van de afname van het zuidelijke deel van de Geul van de Rassen. Hierdoor is de breedte/diepte verhouding en het doorstroomoppervlak afgenomen.

Als de gehele periode wordt beschouwd, blijkt dat vooral de ontwikkeling van de laatste 10-jaar van belang zijn geweest. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de ingrepen die in deze periode zijn gedaan.

4.3. Verplaatsing dieptelijnen

4.3.1. Verschuiving van de kustlijn

In de periode 1972 t/m 1994 zijn verschillende strandsuppleties en duinverzwaringen uitgevoerd (bijlage A2b). De resultaten van de migratie van de dieptelijnen is een optelling van de natuurlijke veranderingen en de suppleties. De suppleties zijn, langs verschillende delen van de kust, voornamelijk in de periode 1982 t/m 1994 uitgevoerd. Daar waar gesuppleerd is, heeft in het verleden erosie plaatsgevonden. Bij de noordelijke profielen is meer sediment gesuppleerd, omdat verwacht werd dat dit sediment naar de zuidelijkere delen getransporteerd zou worden (persoonlijk commentaar Piet Roelse).

De veranderingen over de periode 1972 t/m 1982 zijn veranderingen als gevolg van natuurlijke processen, alleen bij Vlissingen is in deze periode gesuppleerd. In deze periode is sprake van een algemene achteruitgang van de kust. De NAP -7m lijn is redelijk stabiel, de veranderingen van de NAP -2.5m en de NAP 0m lijn zijn groter (rond de 10m kustachteruitgang).

In de periode 1982 t/m 1994 zijn de veranderingen groter dan in de voorafgaande periode. Dit is mede het gevolg van de toegenomen hoeveelheden suppleties. De veranderingen zijn het grootst in het noordelijke deel van het Oostgat (profiel 9 t/m 12) en op de NAP -2.5m lijn.

De grootste kustvoortgang is te vinden in het noordelijke deel 9 t/m 13 en 16 t/m 19 op de NAP -2.5m lijn. De laatste suppleties in dit deel zijn in 1993 op zelfs maar plaatsen (ten zuiden van Zoutelande bij 2 profielen) uitgevoerd. Deze suppletie kan daarom niet de gehele kustvoortgang verklaren. In 1992 is langs een groter deel van de kust gesuppleerd (van Zoutelande tot halverwege Dishoek-Vlissingen), maar de hoeveelheden waren niet zo groot (28 m³/m). In 1991 is het noordelijk deel (profiel 9 t/m 15) gesuppleerd, hier is een grote

hoeveelheid gesuppleerd omdat het sediment naar het zuiden getransporteerd zou worden. Blijkbaar is niet alles geërodeerd. Een deel van dit sediment is naar alle waarschijnlijkheid zuidelijker afgezet.

Om beter te kunnen verklaren, welke veranderingen aan welk jaar toe te schrijven zijn, zou van elkaar de verschuiving van de kustlijn bepaald moeten worden en gekoppeld moeten worden aan de suppletiehoeveelheden. Wat verder uit de figuren blijkt, is dat de suppleties weinig invloed hebben op de NAP -7m en de NAP Om lijn.

Uit de migratie van de dieptelijnen is ook de versteiling van het kustprofiel te halen.

In de periode 1972 t/m 1982 is sprake van een versteiling van het kustprofiel tussen de NAP -2.5m en de NAP-7m lijn. De kustprofielen langs de Sardijngeul geven tussen de NAP -2.5 en de NAP Om lijn een wisselend beeld van versteiling en verflauwing. Langs het Oostgat is voornamelijk sprake van verflauwing tussen deze twee dieptelijnen. Deze ontwikkelingen zetten zich niet voort in de daarop volgende periode.

Tussen 1982 en 1994 is er sprake van verflauwing van de helling tussen de NAP -7 en de NAP -2.5m lijn, terwijl in de periode daarvoor juist sprake was van versteiling van deze zone. Tussen de NAP Om en de NAP -2.5m is sprake van een versteiling van de kust.

Om meer uitsluitsel te kunnen geven over een eenduidige ontwikkeling, zouden de gegevens van meerdere jaargangen bestudeerd moeten worden. Voor meer detail informatie zie bijlage C3.

4.3.2. Verschuiving van de NAP -7m lijn

In de vorige paragraaf (4.2) is de verandering van de breedte van de geul in de loop der tijd besproken. Deze veranderingen zeggen echter niets over de verandering aan de kust- of de bankzijde, ze geven alleen de som van de veranderingen aan beide zijden van de geul weer. Om hier conclusies over te kunnen trekken, is gekeken naar de verschuiving van de NAP-7m lijn aan de kustzijde en de bankzijde van het Oostgat en aan de bankzijde en de zeezijde (Raan) van het Deurloo-systeem.

In de onderstaande tabel 4.2 is de gemiddelde verplaatsing van de NAP-7m lijn voor de verschillende geulen over de periode 1972 t/m 1994 weergegeven. Het gemiddelde is bepaald door de verplaatsing van de verschillende profielen te sommeren en vervolgens te delen door het aantal profielen.

Tabel 4.2 Gemiddelde verplaatsing van de NAP -7m lijn 1972-1994

	Kustlijn	Zijde BvZ		Zijde BvZ	Zijde Raan
Oostgat	-5	49	GeulvRassen	-70	-242
Galgeput	-4	-11	ondiepte	5	-152
Sardijngeul	-22	30			

negatief = verplaatsing richting de kust (m)

positief = verplaatsing richting zeezijde (m)

Over de gehele periode is sprake van een kustachteruitgang, die het grootst is bij de Sardijngeul. In de periode 1972 t/m 1982 was sprake van een kustvoortuitgang langs de Sardijngeul, wat vermoedelijk het gevolg was van de uitgevoerde suppleties.

De verplaatsing van de Nolleplaat en het Bankje van Zoutelande in westelijke richting is het gevolg van zandwinning in de periode 1982 t/m 1994. Ook in de voorafgaande periode is bij de Nolleplaat zand gewonnen. De verplaatsing van het Bankje naar het westen vindt niet langs de gehele lengte plaats, zo migreert het noordelijke deel van het Bankje van Zoutelande naar het Oostgat (zie bijlage C4).

Aan de andere zijde van het Bankje van Zoutelande is de NAP -7m lijn verder naar het westen opgeschoven dan aan de kant van het Oostgat. Dit betekent dus een versmalling van het Bankje

van Zoutelande. Hierbij moet de kanttekening geplaatst worden dat de profielen niet loodrecht op de as van het Bankje van Zoutelande staan, waardoor een minder goed beeld geven kan worden van de ontwikkeling van het Bankje.

De NAP-7m lijn is vooral aan de zeezijde van de Geul van de Rassen naar het oosten gemigreerd. Wat een versmalling van de Geul van de Rassen inhoudt. Deze veranderingen zijn in de periode 1982 t/m 1994 het grootst.

4.3.3. Verschuiving van de geulas

De twee gebruikte methodes voor het bepalen van de geulas geven verschillende resultaten voor de verplaatsing van de geulas. De verandering van de geulas op basis van het diepste punt geeft een sterker fluctuerend in de ruimte dan de verandering van de geulas op basis van het zwaartepunt. In deze paragraaf zal alleen de verandering van de geulas op basis van het zwaartepunt van de geul besproken worden.

In de periode 1972 t/m 1982 verandert de geulas van het Oostgat-systeem nauwelijks, de enige veranderingen die zijn berekend, zijn opgetreden bij de Sardijngeul en de Galgeput. In de periode van 1982 t/m 1994 is de geulas van de verschillende geulen wel verschoven (ongeveer 50 meter).

Het noordelijk deel van het Oostgat is naar het oosten (kust) verplaatst, terwijl het middendeel (profiel 9 t/m 12) niet is verplaatst. De geulas van het zuidelijk deel van het Oostgat is naar het westen verplaatst, als gevolg van de zandwinning. De geulas van de Galgeput is richting de kust verplaatst, terwijl de geulas van de Sardijngeul naar het westen is verschoven (als gevolg van de zandwinning bij de Nolleplaat). De geulas van het Oostgat roteert, ten gevolge van menselijke ingrepen en natuurlijke processen.

De geulas van het Oostgat ligt aan de kustzijde van de middenlijn van de geul. Op de Galgeput steekt de geulas naar de andere zijde van de geul over. In de Sardijngeul ligt de geulas aan de kant van de Nolleplaat.

De veranderingen van de geulas in het Deurloo-systeem zijn in de periode 1972 t/m 1982 en in de periode 1982 t/m 1994 nagenoegen gelijk. De veranderingen van de geulas zijn in het noordelijke deel van de Geul van de Rassen minder groot dan in het zuidelijke deel. Bij beide delen is er sprake van een migratie van de geul richting het Bankje van Zoutelande. De geulas van de Deurloo is in beide periodes nauwelijks veranderd.

5. DISCUSSIE

5.1. Inleiding

In dit hoofdstuk zullen allereerst een aantal aspecten van de methodiek bediscussieerd worden. Een aantal onderdelen zijn reeds in hoofdstuk 3 behandeld.

Uitgaande van de verandering van de geulas zal de ontwikkeling van de geulen besproken worden. Tot slot zal in deze paragraaf het doorstroomoppervlak van het Oostgat en de Deurloo vergeleken worden met de geulen in het westen van de Westerschelde. In de laatste paragraaf (5.4) zal in het kort de hypothesen, die in de inleiding zijn gesteld, besproken worden.

5.2. Gebruikte methodiek

In hoofdstuk 3 is reeds ingegaan op de nauwkeurigheid van een aantal gebruikte methodes. In het proces van data inwinning naar resultaten kunnen in de verschillende verwerkingsmethode fouten worden geïntroduceerd. De fouten kunnen ontstaan in:

- inwinning van data
- de interpolatiemethode
- de keuze van de ligging van de profielen
- verandering van de geulas t.o.v. het gekozen profiel
- de definitie van de parameters
- de keuze van het referentievlak

Alleen de laatste twee punten zullen hier worden besproken. De andere punten zijn reeds in hoofdstuk 3 aangekaart en zullen hier alleen in de samenvatting aan bod komen.

Definitie van de parameters

De berekening van de verschillende parameters zijn uitgevoerd met ProfielGIS. Voor de methodiek van de berekeningen wordt dan ook verwezen naar de handleiding van ProfielGIS (uit den Bogaard, 1993) en naar bijlage B3. Omdat de bepaling van de geulas op verschillende manieren berekend kan worden en ook verschillende resultaten geeft, zal die hier besproken worden.

De geulas kan bepaald worden aan de hand van de positie van de maximale diepte of op basis van de positie van het zwaartepunt van de geul. Waarbij het zwaartepunt is gedefinieerd als het punt waarbij links en recht van dit punt het doorstroomoppervlak even groot is.

De geulas gebaseerd op de maximale diepte kan beïnvloed worden door fouten in de lodingen en door het feit dat de maximale diepte op meerder locaties op het profiel voorkomt. De maximale diepte is echter niet gevoelig voor ingrepen die aan de geulwanden plaatsvinden, in tegenstelling tot de geulas op basis van de zwaartepunten. Een goed voorbeeld is hier bij de verandering van de geulas bij de profielen 16 t/m 18 (bijlage C5). In de periode 1982 t/m 1994 is zand gewonnen op het Bankje van Zoutelande. Deze verandering is terug te zien in een verplaatsing van de geulas op basis van de zwaartepunten, maar is niet terug te zien in verandering van de geulas op basis van de maximale diepte. Blijkbaar heeft de geul zich niet aan gepast aan de veranderingen die opgetreden zijn in de oever. Daarom is het bij het bestuderen van de geulas belangrijk te weten dat veranderingen in de oever niet altijd een geulasverplaatsing tot gevolg hebben. De gebruikte methode is dus voor sommige situaties bepalend voor het antwoord.

Het referentievlak

Bij de meeste studies worden de parameters berekend ten opzichte van NAP 0m, in deze studie is echter gerekend met het referentievlak NAP -7m. De ruimtelijke ontwikkeling van de geul is namelijk goed weer te geven ten opzichte van de NAP -7m lijn. Dit geldt zeker voor de parameters als de breedte en de diepte die goed zijn weer te geven t.o.v. NAP -7m. Alleen de parameters als het doorstroomoppervlak geeft dit meer problemen omdat de kustlijn niet is meegenomen. Het nadeel van het NAP 0m vlak is echter dat het aan de kant van het Bankje van Zoutelande het Oostgat niet aan een geulwand grenst (voor de Deurloo, zijn er twee geulwanden die lager liggen dan NAP 0m). Dit betekent aan de grens van de zijde van de bank een fictieve geulwand gekozen moet worden. De fictieve geulwand moet voor alle profielen eindigen op dezelfde dieptelijnen. Anders gaan variaties die hier in voorkomen meespelen in de resultaten. De keuze voor de dieptelijn is echter subjectief en kan dus problemen geven met de reproduceerbaarheid. Maar aangezien de ruimtelijke variatie van de geulparameters berekend t.o.v. NAP 0m weinig verschillen met die berekend t.o.v. NAP -7m, zal de keuze van de dieptelijn geen grote gevolgen hebben voor de ruimtelijke variatie (wel voor de absolute waarde).

Samenvattend

In de inwinning worden fouten geïntroduceerd, deze fouten worden verkleind of vergroot door de verwerkingslagen die erover heengaan. De belangrijkste fouten voor de bepaling van de verschuiving van de dieptelijnen zijn meetfouten (plaatsbepaling en dieptebeepaling) en fouten door de interpolatieslag (generaliseren van de geulhelling).

De fouten die gemaakt worden ten gevolg van de keuze van ligging van het profiel is waarschijnlijk niet zo groot, als de fouten door inwinning en interpolatie. Om alle fouten goed door te rekenen naar de effecten op de geulparameters, zou een uitgebreidere studie gedaan moeten worden.

5.3. Geulparameters

5.3.1. Inleiding

In deze paragraaf zal aan de hand van de ligging en de verandering van de geulas de ontwikkeling van het Oostgat en de Deurloo-oost/Geul van de Rassen besproken worden. Vervolgens zullen twee parameters (breedte/diepte verhouding en doorstroomoppervlak) vergeleken worden met gegevens uit de literatuur om zo een indruk te krijgen van de orde grote van het systeem.

5.3.2. Geulas

Bij de beschrijving van het Oostgat zal verdeeld worden in een aantal delen, ten eerste het meest noordelijke deel t/m profiel 9, het middendeel 10 t/m 13 en het zuidelijk deel 15 t/m 20 en de Sardijngeul (bijlage C5).

Het noordelijke deel wordt gekenmerkt door het diepste deel van het Oostgat en het grootste doorstroomoppervlak. De geulas ligt hier aan de kustzijde van de middenlijn. In de periode 1970 t/m 1994 draait de geulas richting de kust (zie bijlage C5). Deze verandering van de geulas wordt veroorzaakt door de migratie van het Bankje van Zoutelande richting het Oostgat, terwijl de NAP-7m lijn aan de kustzijde redelijk stabiel blijft. Hier (in het noordelijke deel van het

Oostgat) is dus sprake van een zanddruk van het Bankje van Zoutelande richting het Oostgat en ondersteund daarmee de hypothese van van Enckevort (1996).

Hypothese: Gedurende storm wordt sediment richt de kust getransporteerd.

Hierdoor zal het Bankje van Zoutelande richting de kust migreren en zou daarmee tegen het Oostgat drukken en haar op haar plaats houden. Een deel van de landwaartse migratie zal weer ongedaan worden door de getijstroming in het Oostgat (van Enckevort, 1996).

Deze druk van het Bankje komt in de andere delen van het Oostgat niet duidelijk naar voren en is ook niet waargenomen tijdens de meetcampagne van 1997/1998 (Croqué, 1998).

Het is belangrijk te weten wat de veranderingen van het Bankje teweegbrengt en of deze processen in de loop der tijd zullen veranderen. Uit de resultaten de huidige en voorgaande studies (van der Slikke, 1997) is gebleken dat de Rassen en de Geul van de Rassen (in het noordelijk deel) in ieder geval naar het oosten migreren. De vraag daarbij is wat de oorzaak en wat het gevolg is, de opties zijn;

- a) de geul migreert, waardoor de Rassen kunnen migreren of
- b) de Rassen drukken de geul dicht en dwingen daarmee de geul naar het oosten te migreren

Uit de resultaten is gebleken dat de NAP -7m lijn aan de zijde van de Rassen verder opschuift dan aan zijde van het Bankje van Zoutelande. Dit betekent dat de geul smaller is geworden. Blijkbaar is de stroming in de geul niet sterk genoeg om de Rassen op hun plek te houden en is het makkelijker om uit te wijken naar het Bankje van Zoutelande. Dit betekent dat stelling b het meest waarschijnlijk is. Om de ontwikkeling van het noordelijk deel van de Geul van de Rassen, het Bankje van Zoutelande en het Oostgat te kunnen voorspellen, zou de aandacht (in een vervolg onderzoek) gericht moeten worden op de Rassen.

Israël (1993) veronderstelt dat de noordelijke uitloper van het Bankje van Zoutelande uiteindelijk door de druk van de Geul van de Rassen in het Oostgat verdwijnt. Hierdoor zou de Geul van de Rassen weer een zuidelijkere aansluiting krijgen met het Oostgat.

Het noordelijke deel van het Bankje van Zoutelande is vrij dynamisch in vergelijking met het middendeel (profiel 10 t/m 13). In dit deel van het Oostgat liggen de kustlijn en het Bankje van Zoutelande evenwijdig aan elkaar. De geulas ligt ook hier aan de kustzijde van de middenlijn, maar is vrij stabiel in de tijd. Dit komt omdat de veranderingen niet zo groot zijn op de NAP -7m lijn, met uitzondering van het ontstaan van een kortsluitgeul tussen de Geul van de Rassen en het Oostgat.

Dit kortsluitgeultje is ontstaan in de begin jaren tachtig, toen de Geul van de Rassen maximaal was uitgebreid naar het noorden. Het is goed mogelijk dat als de Geul van de Rassen weer een zuidelijke uitloper krijgt, de functie van het kortsluitgeultje gaat verdwijnen. Als de noordelijke uitloper van het Bankje van Zoutelande in het Oostgat verdwijnt en de Geul van de Rassen zuidelijker kan uitstromen, is het mogelijk dat de functie van het kortsluitgeultje weer vervalst. In dit deel van het Oostgat blijft het Bankje van Zoutelande dus redelijk stabiel. Hier heeft de Geul van de Rassen ook de ruimte om te migreren, waardoor er geen druk op het Bankje van Zoutelande wordt uitgeoefend. Daarnaast heeft de Geul van de Rassen zich in dit zuidelijker deel niet zo duidelijk ontwikkeld als in het noordelijke deel.

In het zuidelijke deel van het Oostgat is weer een andere ontwikkeling te zien. De geulas ligt ook hier aan de kustzijde van de middenlijn, maar verschuift in de loop der tijd van de kustlijn af. Deze verschuiving is het gevolg van de zandwinning aan de zijde van het Bankje van Zoutelande. Aangezien de geulas van de kust weg migreert, zou verwacht worden dat de erosie hier ook

minder is geworden. Echter de geulas op basis van de Dmax is niet veranderd qua ligging, wat er op duidt dat de diepste delen van de geul zich niet heeft aangepast aan de veranderingen van de oever.

Ten zuiden van het Oostgat ligt de Galgeput, waar de geulas oversteekt van de kustzijde naar de zijde van de banken. Ook in de Sardijngeul ligt de geulas aan de zijde van de banken. Door zandwinning aan de Nolleplaat is de geul verder van de kust verschoven.

5.3.3. De breedte/diepte verhouding

De breedte/diepte verhouding is hoog in vergelijking met de breedte/diepte verhouding die door Allersma (1994) voor verschillende geulen in de Westerschelde is berekend. De breedte/diepte verhouding in dit onderzoek zijn echter berekend ten opzichte van NAP -7m en op basis van de Dmax en de Bmax. De verhoudingen van Allersma (1994) zijn berekend ten opzichte van NAP Om. De berekeningen van de breedte/diepte verhouding ten opzichte van NAP Om komen meer in de buurt van de resultaten van Allersma (1994). In het Oostgat is een breedte/diepte verhouding bepaald van 20 à 40, terwijl Allersma (1994) breedte/diepte verhoudingen voor de gehele Westerschelde heeft berekend van 10 à 50. De breedte/diepte verhouding waarnaar gerefereerd wordt, is berekend t.o.v. NAP Om met een fictieve geulwand aan de zijde van het Bankje van Zoutelande (zij bijlage B3).

De Westerschelde heeft natuurlijk wel andere karakteristieken dan de Westerscheldemonnd. Alleen als de Westerschelde-gegevens op dezelfde wijze worden berekend, dan kan er uitsluit gegeven worden of de verschillen het gevolg zijn van de verschillende systemen (Monding versus Westerschelde) of dat ze het gevolg waren van verschillende methodes.

5.3.4. Doorstroomoppervlak

Om een indicatie te krijgen van de grote van het Oostgat in vergelijking met de geul in het westen van de Westerschelde, worden doorstroomoppervlakken vergeleken. Door Svašek (1994) is onderzoek gedaan naar de drempels in de Westerschelde, in dit kader zijn ook een aantal kenmerkende parameters van verschillende geulen bepaald. In het westen van de Westerschelde liggen een aantal geulen, waaronder de Honte en de Everingen en het Vaarwater langs Hoofdplaat. De geulen liggen respectievelijk in het noorden en in het zuiden.

In plaats van het doorstroomoppervlak is door Svašek (1994) het stroomvoerend geuloppervlak berekend. Het stroomvoerend geuloppervlak is gebaseerd op het stroomvoerend deel van de geul, dat gedefinieerd is als 90% van het totale doorstroomvermogen. Dit is voor het Oostgat niet berekend, omdat;

- a) de geuldeel onder de NAP -7m lijn continue stroomvoerend is
- a) bij berekening ten opzichte van NAP Om met een fictieve geulwand gewerkt wordt, wordt het werkelijke stroomvoerend geuloppervlak ook niet berekend (want dat loopt door tot op de Raan).

Ondanks deze verschillen geeft de orde grote wel aan in welke context het Oostgat gezien moet worden. Het doorstroomoppervlak van het Oostgat ligt tussen de 5.000 m² en de 25.000 m² (resp. zuid en noord), van de Honte ligt het stroomvoerend geuloppervlak rond de 30.000 m². Het Oostgat is dus kleiner qua doorstroomoppervlak dan de Honte.

De Sardijngeul die aan de Honte grenst, levert maar een kleine bijdrage aan de toevoer van water door de Honte. Het doorstroomoppervlak en daarmee het debiet van de Honte ligt waarschijnlijk meer in de orde grote van de Wielingen/Scheur.

5.4. Hypothese

Het gemiddelde doorstroomoppervlak van de Deurloo-oost en de Geul van de Rassen is in de loop der tijd toegenomen. Het doorstroomoppervlak van het Oostgat is afgenomen.

Deze hypothese komt niet overeen met de resultaten. Het doorstroomoppervlak van zowel de Geul van de Rassen als de Deurloo-oost is afgenomen. Wel was er sprake van een toename van het doorstroomoppervlak van de Geul van de Rassen over de periode 1972 t/m 1982, maar het doorstroomoppervlak is in de periode daarna weer afgenomen. Het doorstroomoppervlak van het Oostgat is in beide periodes toegenomen, onder andere door de zandwinningen die hebben plaats gevonden. Het is blijkbaar niet zo dat rol van de Geul van de Rassen in dit geulensysteem sterk is toegenomen.

Waar de geulas dicht tegen de kust aan ligt komt erosie voor

De geulas ligt in het Oostgat overal aan de kustzijde van de middenlijn. Het is echter niet goed mogelijk om de ligging van de geulas op basis van deze gegevens te koppelen aan de erosie aan de kust. Er zijn geen plaatsen aan te wijzen waar de geulas in vergelijking met andere locaties veel dichterbij de kust ligt.

Er is een omslagpunt in de verplaatsing van de geulas ter hoogte van Zoutelande. Noordelijk hiervan verplaatst de geul zich van de kust af, terwijl ten zuiden van Zoutelande de geul juist richting de kust migreert.

Deze hypothese klopt ten dele. Er is inderdaad een omslagpunt, zelfs twee (ten zuiden van Westkapelle en ter hoogte van Zoutelande). Alleen verschuift de geulas ten zuiden van Zoutelande juist van de kust af, ten gevolge van de zandwinactiviteiten. Tussen Zoutelande en Westkapelle is de geulas redelijk stabiel in haar ligging, terwijl in het noordelijkste deel de geulas (op basis van zwaartepunt) naar de kust verschuift.

6. CONCLUSIES

Situatieschets 1994, Oostgat-systeem

- Het doorstroomoppervlak neemt in het Oostgat naar het zuiden lineair af. En blijft vervolgens in de Sardijngeul rond dezelfde waarde schommelen. Ook de diepte neemt geleidelijk af naar het zuiden. Terwijl de breedte rond de waarde van 1 kilometer blijft schommelen, daar waar de geul de ruimte krijgt (holle delen van de kust), is de geul breder. Dit weerspiegelt zich in de breedte/diepte verhouding van de kust

Veranderingen in het Oostgat-systeem

- Het doorstroomoppervlak van het Oostgat is over de periode 1972 t/m 1994 toegenomen, mede als gevolg van zandwinactiviteiten. In tegenstelling tot de Sardijngeul, waar sprake is van een afname van het doorstroomoppervlak. De veranderingen in het doorstroomoppervlak worden voornamelijk bepaald door veranderingen in de breedte. De diepte blijft vrij constant. Ook de breedte/diepte verhouding is op enkele locaties na vrij constant.

Situatieschets 1994, Deurloo-systeem

- In vergelijking met het Oostgat zijn de Deurloo-oost en de Geul van de Rassen ondiepe brede geulen. Het doorstroomoppervlak is kleiner dan het minimale doorstroomoppervlak van het Oostgat. In tegenstelling tot het Oostgat neemt het doorstroomoppervlak van de Geul van de Rassen naar het zuiden af. Het doorstroomoppervlak van de Deurloo-oost verandert weinig in de ruimte.

Veranderingen in het Deurloo-systeem

- Door een afname in de breedte van de Geul van de Rassen is ook het doorstroomoppervlak afgenomen over de periode 1987 t/m 1994. De breedte van de geul is afgenomen doordat de bank aan de westzijde naar het oosten is gemigreerd en dit niet is gecompenseerd door een migratie van de geul naar het oosten. De veranderingen in de diepte zijn het grootst in het noordelijk deel van de Geul van de Rassen (rond de 0.5m)

Migratie van de kustlijn

- In de periode 1972 t/m 1982 is sprake van een lichte kustachteruitgang (rond de 10m). Deze achteruitgang is in de periode 1982 t/m 1994 niet geconstateerd, wat te maken heeft met de uitgevoerde suppleties. Het suppletiezand is blijkbaar nog niet geërodeerd, ondanks dat de suppleties op sommige plaatsen al drie jaar geleden (in vergelijking met de gebruikte gegevens) zijn uitgevoerd. De veranderingen van de kustlijn spelen zich voornamelijk rond laagwater af.

Migratie van de geulas

- De geulas op basis van de zwaartepunten is in het Oostgat-systeem over de periode 1972 t/m 1982 stabiel. In de periode 1982 t/m 1994 is de geulas in het noorden van het Oostgat naar de kust gemigreerd, terwijl in het zuiden van het Oostgat (tussen Dishoek en Zoutelande) de geulas naar het Bankje van Zoutelande is gemigreerd. Dit laatste is het gevolg van de zandwinning bij het Bankje van Zoutelande. Deze verplaatsing is niet terug te vinden in een verplaatsing van de maximale dieptelijnen. In de Sardijngeul is de geulas ook richting het westen verplaatst.

Beperkingen

- De geulparameters zijn alle ten opzichte van NAP -7m berekend, wat wel een goed beeld geeft van de ontwikkeling van de geul, maar wat het moeilijk maakt om de gegevens met andere onderzoeken te vergelijken.
- Door meetfouten en generalisatie door de interpolatie kunnen kleine veranderingen in de breedte en dus veranderingen in het doorstroomoppervlak, breedte/diepte verhouding en migratie van dieptelijnen, niet als werkelijke veranderingen aangenomen worden.
- Door de geringe gegevens in de tijd is het moeilijk om een bepaalde trend in de ontwikkeling vast te stellen.
- Subjectiviteit van het leggen van profielen heeft wel invloed op de ruimtelijke vergelijking, maar niet zo zeer op de veranderingen in de tijd.

7. AANBEVELINGEN

- Door meerdere jaargangen te analyseren kan met meer zekerheid een trend in de ontwikkelingen vastgesteld worden. Ook een uitbreiding in de ruimte geeft een mogelijkheid om de veranderingen in het Oostgat-systeem en het Deurloo-systeem aan andere geulsystemen te koppelen.
- Uit de gegevens is gebleken dat het noordelijk deel van het Bankje van Zoutelande voor een belangrijk deel wordt aangestuurd door de ontwikkeling van de Rassen. Daarom is het belangrijk er achter te komen wat de sturende processen achter de veranderingen van de Rassen is.
- Het Bankje van Zoutelande is in dit onderzoek alleen beschouwd als bank tussen de twee geulsystemen in, maar is verder niet nadrukkelijk onderzocht. Een zelfde exercitie als voor de geulen zou ook voor het Bankje van Zoutelande uitgevoerd kunnen worden.
- Voor de verschuiving van de kustlijn is het verstandig om de originele gegevens te gebruiken en geen interpolatieslagen te maken, voordat de gegevens geanalyseerd worden.
- In dit onderzoek is niet gecorrigeerd voor migratie van de geul t.o.v. het gekozen profiel. Het sterkt ter aanbeveling om te onderzoeken hoe groot de fout in de geulparameters is als gevolg van verschuiving van de geulas in de tijd in vergelijking met de andere fouten (meetfouten en interpolatiefouten).

8. LITERATUURLIJST

- Allersma, E., 1994.** Geulen in estuaria, 1-D modellering van evenwijdige geulen, WL-rapport
- Bogaard uit den, L.A. 1993.** Morfologische parameterisatie van de Westerschelde. Deel 1: Basisgegevens, parameters en de GIS applicatie ProfielGIS.
- Bogaard uit den, L.A. 1994.** Morfologische parameterisatie van de Westerschelde. Deel 2: profielen en parameters, 1960/61, 1967/68, 1977/78, 1986, 1992. Werkdocument OS-94.807X
- Croqué, J., 1998.** Onderzoek naar de oorzaak van de erosie aan de zuidwestkust van Walcheren. Stageverslag, Werkdocument RIKZ/OS-98.876x
- Eijnsbergen van, 1993.** Nauwkeurighedsanalyse van dieptegegevens in de Westerschelde, afstudeerscriptie
- Enckevort van, I., 1996.** Morfologische onderzoek Westerschelde monding. Deel 1 en 2. . Universiteit Utrecht, Faculteit der Ruimtelijke Wetenschappen, IMAU Rapport 96-21.
- Israël C.G., 1993.** De ontwikkeling van de Westerscheldemond voor de zuid-westkust van Walcheren. afstudeerverslag
- Looff de A.P., H.J. Verhagen, 1986.** Mondingsgebied golfklimaatgegevens, bodemligging en morfologische processen Rapport GWWS-86.404 1986
- Roelse P. en Maranus, J.W., 1988.** Prognose kustontwikkeling Zeeland, 1990-2090, beschrijving methoden en resultaten fase 2. Rijkswaterstaat, nota GWWS-88.409
- Slikke van der M.J., 1997.** Grootschalige zandbalans van de Westerscheldemonding (1969-1993). Een inventarisatie van de dieptegegevens. IMAU-rapport R97-18
- Slikke van der M.J., 1998.** Grootschalige en interne zandbalans van de Westerscheldemonding (1969-1993). IMAU-rapport R98-05
- Spek van der, A., 1997.** De geologische opbouw van de ondergrond van het mondingsgebied van de Westerschelde en de rol hiervan in de morfologische ontwikkeling. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, Afdeling Geo-Marien en Kust.
- Storm, C., P. Bollebakker, J. de Jong en G. Mol, 1994.** Nauwkeurigheid zandbalans Westerschelde 1965-1990 en aanbevelingen ter optimalisatie. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Rapport RIKZ-94-008.
- Svašek, 1994,** Verklarend onderzoek Drempels Westerschelde
- Svašek, 1995.** KUST*2000. Definitiestudie: Westerscheldemond (no. 1).
- Svašek, 1997.** Getijanalyse Westerscheldemond.
- Svašek, 1998.** De rol van het getij in de morfologische ontwikkeling van de Westerscheldemond, een modelmatige onderbouwing, conceptrapport
- Vessem van P, 1994.** Overzicht suppleties Nederlandse kust 1952-1994, werkdocument RIKZ/OS-94.136x

ZANDWIN-LOCATIES

ZW-kust Walcheren bodemkaart 1992

Legenda

jaar locatie	Mm3
1974 1	0,2
1975 1	0,8
1976 2	0,1
1977 2	0,1
1980 3	0,7
1983 4	0,4
1984 4	0,5
1986 5-7	2,0
1987 8+9	0,7
1988 6,10+11	1,5
1984 12-14	1,6
1990 15-20	1,6
1991 21+22	1,0
1992 23-25	0,6
1993 12-14	1,1

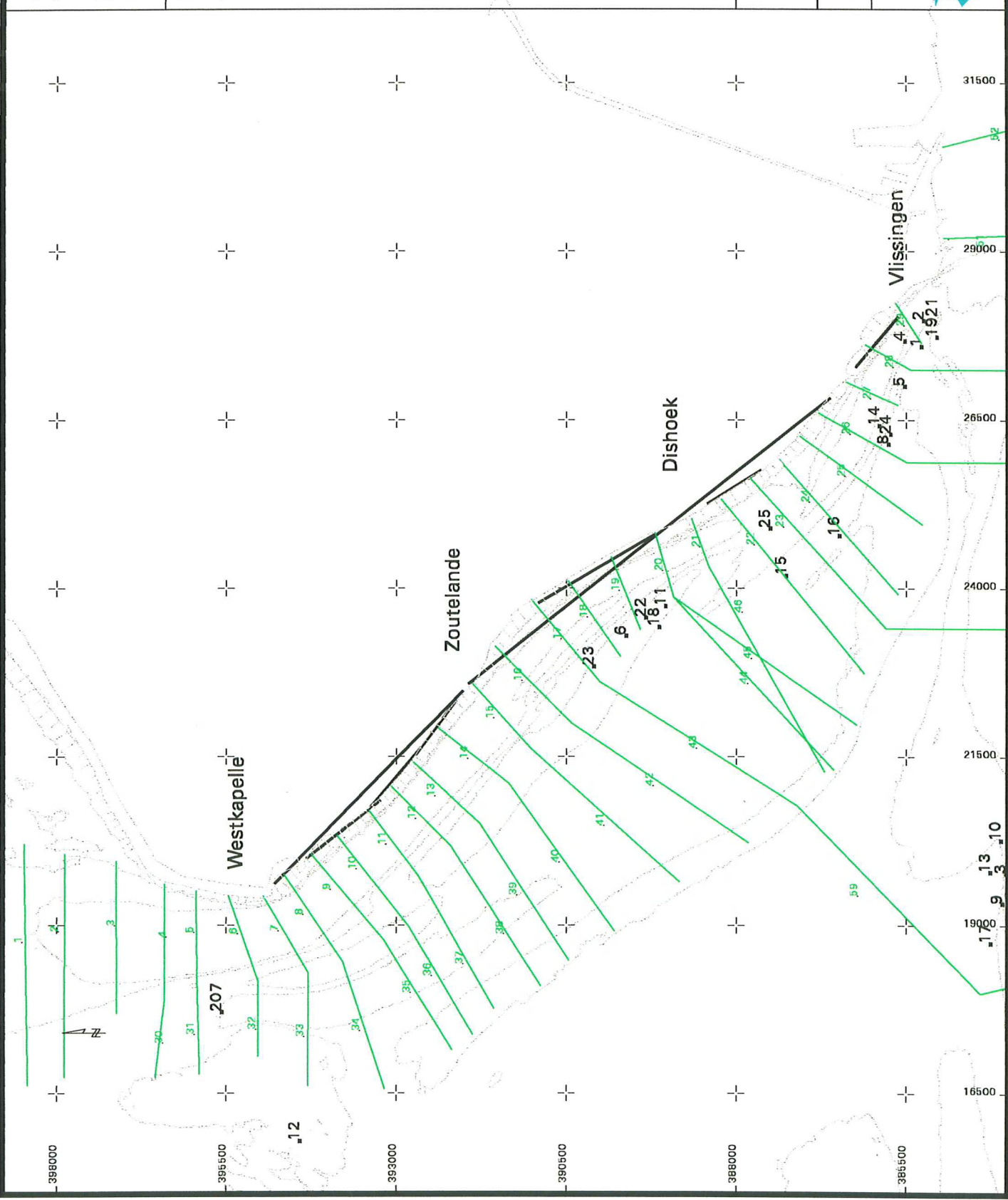
Bijlage A1a

Bron: RWS vaklodgingen.
Datum: 07-SEP-1998

Schaal 1:80.000

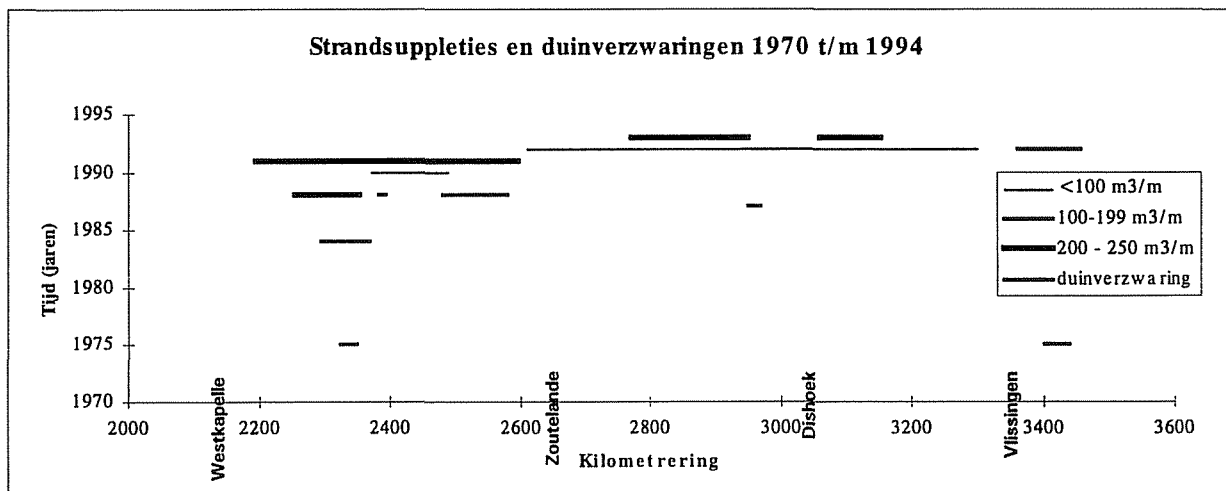


Anneemieke van der Slikke
Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Rijkswaterstaat voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg



BIJLAGE A1b

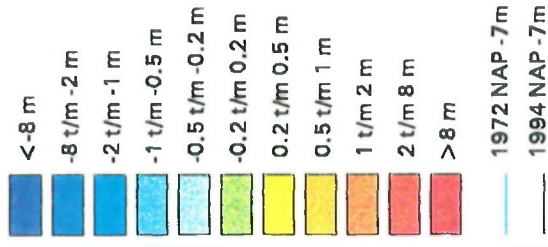
jaar	kilometering	lengte	Mm3	m3/m	zandwin	profiel	werkzaamheden
1975	34.00-34.40	400	0.045	113	Nolleplaat	28,29	strandsuppletie
1984	22.94-23.68	740	0.10	135	Nolleplaat	10	duinverzwaring
1987	18.14-21.85	3710					verzw. Zeedijk
1987	22.50-23.54	990	0.23	232		8-10	duinverzwaring
1988	23.25-23.54	290	0.0935	322		tussen 10 en 11	strandsuppletie
1988	24.80-25.80	1000	0.153	153	BvZ	14	duinverzwaring
1990	23.70-24.90	1200	0.10	83	BvZ	12,13	strandsuppletie
1991	21.95-25.97	4000	0.83	208	Nol + BvZ	8-15	strandsuppletie
1992	26.10-33.01	6910	0.192	28	Nol + BvZ	19-26	strandsuppletie
1992	33.60-34.58	980	0.169	172	Nol + BvZ	28 + 29	strandsuppletie
1993	27.70-29.50	1800				18,19	
1993	30.59-31.53	940	0.675	246		22,23	strandsuppletie



bron: van Vessem, 1994

BODEMHOOGTE VERSCHILKAART ZW-kust Walcheren 1972-1994

Legenda



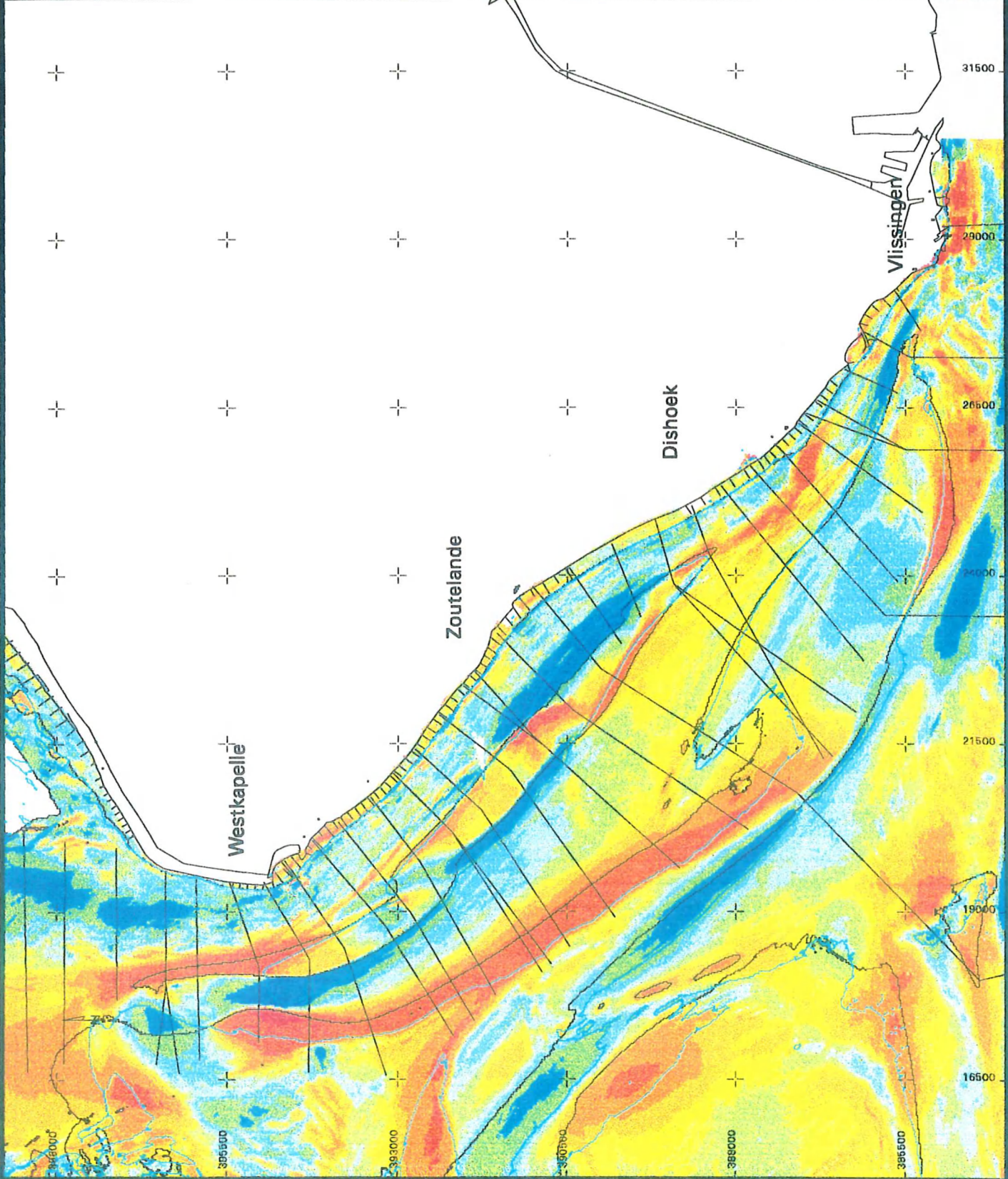
Bijlage A2

Bron: RWS vaklodgingen.
Datum: 04-SEP-1998

Schaal 1:80.000



Annemiek van der Slikke
Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Rijkswaterstaat voor Kust en Zee / RIKZ, Middelburg



BIJLAGE B1

Overzicht beschikbare grids van de Westerscheldemond

Vak Jaar	11	12	13	14	15	16	17	18	19	44	49
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	.						.		.		

■ zijn gebruikt grids

LIGGING VAN DE PROFIELEN

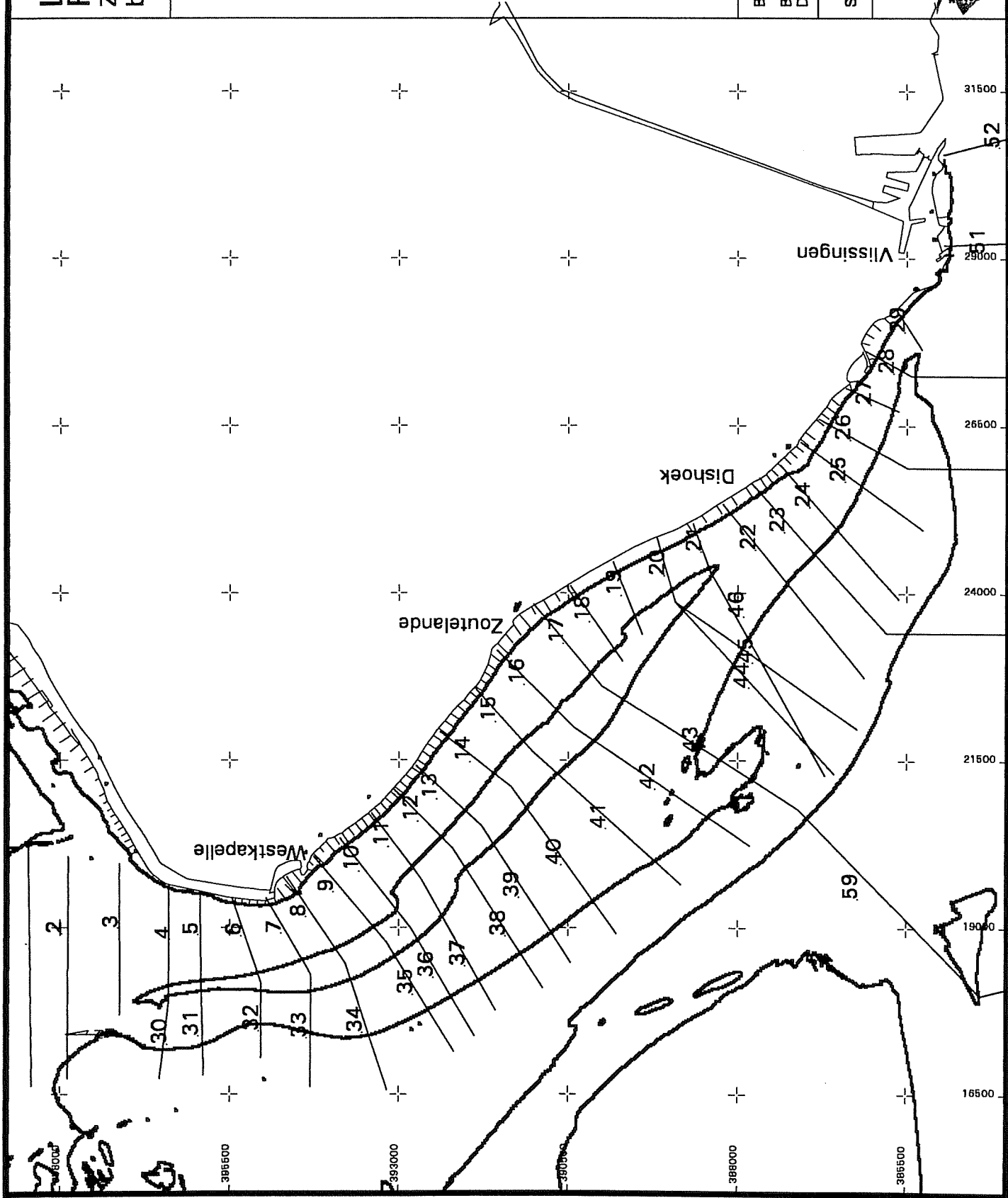
ZW-kust Walcheren
bodemkaart 1994

Bijlage B2
Bron: RWS vaklodgingen.
Datum: 10-SEP-1998

Schaal 1:80.000



Annemiek van der Silke
Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Rijkswaterstaat voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg



BIJLAGE B3

Berekeningen geulparameters

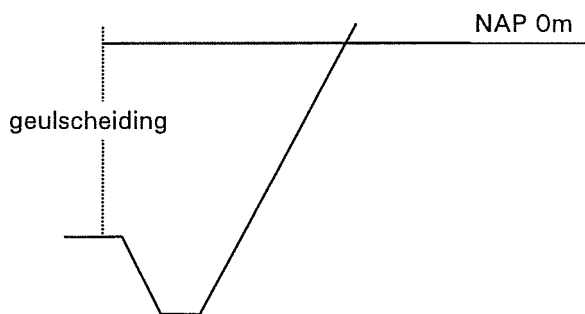
De meeste geulparameters zijn berekend met de ArcInfo applicatie van Uit den Bogaard, een aantal geulparameters zijn hier afgeleiden van;

de gemiddelde breedte: $\text{doorstroomoppervlak} / \text{maximale diepte}$
de gemiddelde diepte: $\text{doorstroomoppervlak} / \text{maximale breedte}$
de breedte/diepte verhouding: $\text{maximale breedte} / \text{maximale diepte}$
 $\text{gemiddelde breedte} / \text{gemiddelde diepte}$

Berekening van geulparameters ten opzichte van NAP Om.

De berekeningen t.o.v. NAP -7m geven een goed beeld van de geulparameters. Alleen de breedte/diepte verhouding is groter dan in werkelijkheid, door dat de breedte wel goed beschreven wordt, maar de diepte niet (de maximale diepte is 7 meter kleiner). Voor de breedte/diepte verhouding en de kwantificeren van het doorstroomoppervlak is het beter om deze parameters t.o.v. NAP Om te bepalen. Zo is het namelijk ook mogelijk om de gegevens te vergelijken met andere onderzoeken.

Voor de berekening van de geulparameters voor een profiel zijn twee wanden nodig, indien mogelijk beide geulwanden. Wanneer de geulparameters ten opzichte van NAP Om voor het Oostgat of de Deurloo/Geul van de Rassen worden berekend, dan is slechts aan één zijde van het profiel dat tot NAP Om doorloopt. Voor de andere scheiding moet een fictieve grens worden getrokken, die de begrenzing van de geul aan geeft.



Figuur B1 Schematisatie Oostgat

De keuze van deze fictieve geulscheiding is aan subjectiviteit onderhevig. De locatie van de geulscheiding heeft vooral invloed op het doorstroomoppervlak en op de breedte van de geul. In dit onderzoek is de grens gelegd op de NAP-7m dieptelijn.

De berekening zijn als volgt uitgevoerd:

De gegevens zijn berekend t.o.v. NAP -7m en t.o.v. NAP Om. Wanneer de geulparameters t.o.v. NAP -7m berekend worden dan geldt dat de parameters aan beide kanten worden begrensd door een geulwand. Dit is, zoals hierboven beschreven, niet het geval bij de bepaling van de geulparameters t.o.v. NAP Om. Daarom moet voor een berekening t.o.v. NAP Om een fictieve geulwand gekozen worden. Voor de locatie van de fictieve geulwand kan om de onderstaande

redenen het beste een vaste dieptelijn gekozen worden. Als het profiel een willekeurig einde heeft, dan zal het ruimtelijk patroon van bijvoorbeeld de breedte door de lengte van het profiel bepaald worden. Immers aan die ene kant heeft het profiel geen natuurlijk einde. Ook het doorstroomoppervlak en de breedte/diepte verhouding worden hierdoor beïnvloed. De fictieve geulwand wordt daarom gekozen op een bepaalde dieptelijn. De gegevens van de NAP -7m lijn waren al voor handen, daarom is deze dieptelijn gekozen als het punt van de fictieve geulwand. Vervolgens zijn de gegevens t.o.v. NAP Om (die al berekend waren) op de onderstaande wijze gecorrigeerd.

Om de profielen alle te laten eindigen op de NAP-7m lijn en de geulparameters ook zodanig om te rekenen, is de afstand (b) en het hoogteverschil (h) tussen het eindpunt van het profiel (aan de zijde van het Bankje) tot de NAP-7m lijn (aan de geulzijde) bepaald. Voor een aantal geulparameters is vervolgens gecorrigeerd:

breedte:	de berekenende breedte minus de afstand tussen het eindpunt en de NAP-7m lijn
doorstroomoppervlak:	het berekenende doorstroomoppervlak min $[b * 7 - (\frac{1}{2} * b * h)]$

Vervolgens zijn de gemiddelde breedte en de gemiddelde diepte t.o.v. NAP Om met het gecorrigeerde doorstroomoppervlak gemeten.

Uit de resultaten (zie bijlage C1) is gebleken dat de waarde van de verschillende geulparameter berekend t.o.v. NAP -7m en ten opzichte van NAP Om wel verschillen, maar dat het ruimtelijke verloop niet sterk verschilt.

Daarom zijn de berekeningen voor de veranderingen van de geulparameters in de tijd en voor de parameters van het Deurloo-systeem niet berekend. De beschrijving van de parameters zal berusten op de parameters berekend ten opzichte van NAP -7m

BIJLAGE C1

In deze bijlage zal de situatie van de verschillende geulparameters in 1994 worden geschetst. Dit gebeurt aan de hand van een aantal figuren. De geulen zullen van noord naar zuid beschreven worden en als eerste het Oostgat-systeem en vervolgens het Deurloo-systeem. Tussen deze geulsystemen ligt het Bankje van Zoutelande. De gegevens zullen worden beschreven t.o.v. NAP -7m. Afwijkingen tussen de geulparameters berekend t.o.v. NAP -7m en berekend t.o.v. NAP 0m zullen in het kort behandeld worden.

Situatie 1994

Oostgat

Breedte

De maximale breedte van het Oostgat-systeem ligt tussen de 1500 en de 500 meter. De breedste delen van het Oostgat-systeem liggen in het noordelijkste deel van de geul (profiel 4) en de Galgeput (bij de splitsing van de Sardijngeul in het Oostgat en de Deurloo-oost profiel 22). De maximale en de gemiddelde breedte volgen over het algemeen hetzelfde patroon. De extreme pieken en dalen van de maximale breedte komen in de gemiddelde breedte minder sterk naar voren.

Zo is de sterke toename bij profiel 22 bij de maximale breedte niet terug te vinden in de gemiddelde diepte. Wat veroorzaakt wordt door een afname van de breedte.

Tussen het noordelijkste profiel van het Oostgat en het punt waar de geul samen komt met de Deurloo-oost (profiel 20) neemt de maximale en de gemiddelde breedte van geul langzaam af. Deze sectie van de geul kan in een aantal delen worden opgedeeld. Ten eerste het noordelijke deel (profiel 4 t/m 8), waarin de geul geleidelijk smaller wordt. De profielen 9 en 10 wijken af van deze trend, beide profielen zijn breder (als gevolg van een kleine kortsluitgeul die in het Bankje van Zoutelande is ontstaan).

Profiel 11 is ongeveer even breed als profiel 8. De breedte van de geul blijft nagenoegen constant tot en met profiel 15. Dit komt overeen met de evenwijdige ligging van het Bankje van Zoutelande aan de kustlijn. Van profiel 16 t/m 18 neemt de breedte iets toe en vervolgens weer af, overeenkomstig met de knik in de kustlijn.

De splitsing van de twee geulen (ofwel de Galgeput) komt duidelijk tot uitdrukking in de verandering van de breedte (sterke toename). Vervolgens neemt de breedte van de geul geleidelijk af. De gemiddelde diepte is redelijk constant.

De veranderingen van de breedte zijn goed af te lezen uit de ligging van de kust en de veranderingen van het Bankje van Zoutelande.

Diepte

De maximale en de gemiddelde diepte volgen elkaar over het algemeen redelijk goed. De beschrijving van de diepte zal gedaan worden aan de hand van de maximale diepte. De maximale diepte varieert tussen de 28 en de 7 meter t.o.v. NAP -7m (dus tussen de 14 en de 35 m t.o.v. NAP 0m).

De breedte van de geul nam tot profiel 8 af, terwijl de diepte hier juist toeneemt (tot 35 m t.o.v. NAP 0m).

Het Oostgat-systeem is grofweg in vijf secties op te delen. Ten eerste de noordelijkste sectie tot aan Westkapelle (profiel 8). Vervolgens blijft de diepte ongeveer gelijk t/m profiel 13, overeenkomstig met de constante breedte van de geul, waarna die geleidelijk aan afneemt tot aan Zoutelande (profiel 17). Op deze plek is de maximale diepte 14 meter t.o.v. NAP Om. In het zuidelijke deel van het Oostgat is een piek te zien in de diepte, welke overeenkomt met het smalste deel van de geul.

Profiel 22 en 23 liggen op de drempel (splitsing in het Oostgat en Deurloo) dit uit zich in een ondiep en breed profiel. De diepte in de Sardijngeul neemt licht toe naar het zuiden.

Over het algemeen geldt dat waar de geul smaller is dit gecompenseerd is door de diepte. De twee parameters compenseren zich echter niet geheel, anders zou de breedte/diepte verhouding immers constant zijn.

Doorstroomoppervlak

Het doorstroomoppervlak neemt naar het zuiden toe van ongeveer 18.500m² af tot 3500m² (ten opzichte van NAP Om: 6500 m² t/m 23.000 m²). De afname is tot aan profiel 21 (zuidelijkste punt van het Oostgat, Dishoek) geleidelijk. In het zuidelijke deel (Sardijngeul en Galgeput) blijft het doorstroomoppervlak redelijk stabiel.

De vrijwel lineaire trend van het Oostgat is verder te verdelen in drie secties. De secties worden van elkaar onderscheiden door een sprong in de afname, daarbinnen is de afname lineair. De scheidingslijn van de verschillende secties bevinden zich tussen profiel 8 en 9, en tussen profiel 15 en 16. De eerste overgang komt overeen met de sterke afname van de diepte bij Westkapelle. De tweede overgang, bij Zoutelande, komt overeen met een lichte toename van de breedte en een afname van de diepte.

Tussen de profielen 22 tot en met 28 blijft het doorstroomoppervlak rond de 5000 m² schommelen. De grootste doorstroomoppervlak komen in dit deel voor bij de splitsing van de Sardijngeul in de Deurloo-oost en het Oostgat en in het middendeel van de Sardijngeul. De kleinste doorstroomoppervlak in het zuidelijkste deel van de Sardijngeul voor.

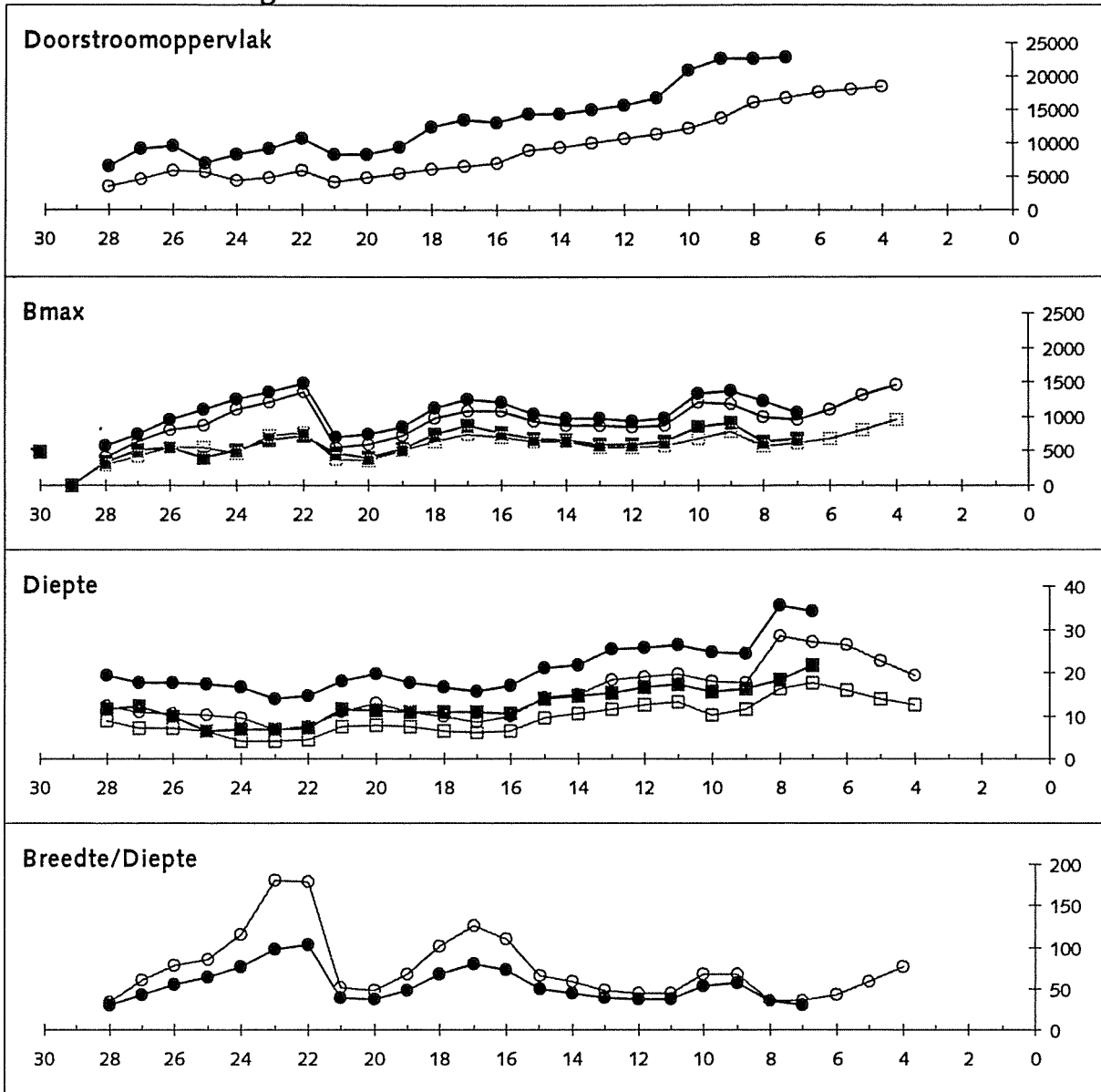
Breedte/Diepte verhouding

De veranderingen van in de breedte /diepte verhoudingen zijn in het Oostgat klein ten opzichte van de veranderingen in de Deurloo-systeem. De breedte/diepte verhouding van het Oostgat-systeem varieert tussen de 30 en 180 (ten opzichte van NAP Om tussen de 30 en de 100). De breedte/diepte verhouding is in een aantal secties op te delen. Ten eerste de noordelijk sectie (t/m profiel 8) waarin de breedte/diepte verhouding afneemt, wat veroorzaakt wordt door de sterke toename van de diepte en de afname van de breedte. De tweede sectie (t/m profiel 15, iets ten noorden van Zoutelande) waarin de breedte/diepte verhouding nagenoegen constant is, met uitzondering van profiel 9 en 10. Deze twee profielen wijken af door de grote breedte van de profielen, als gevolg van de kleine kortsluitgeul die hier ligt.

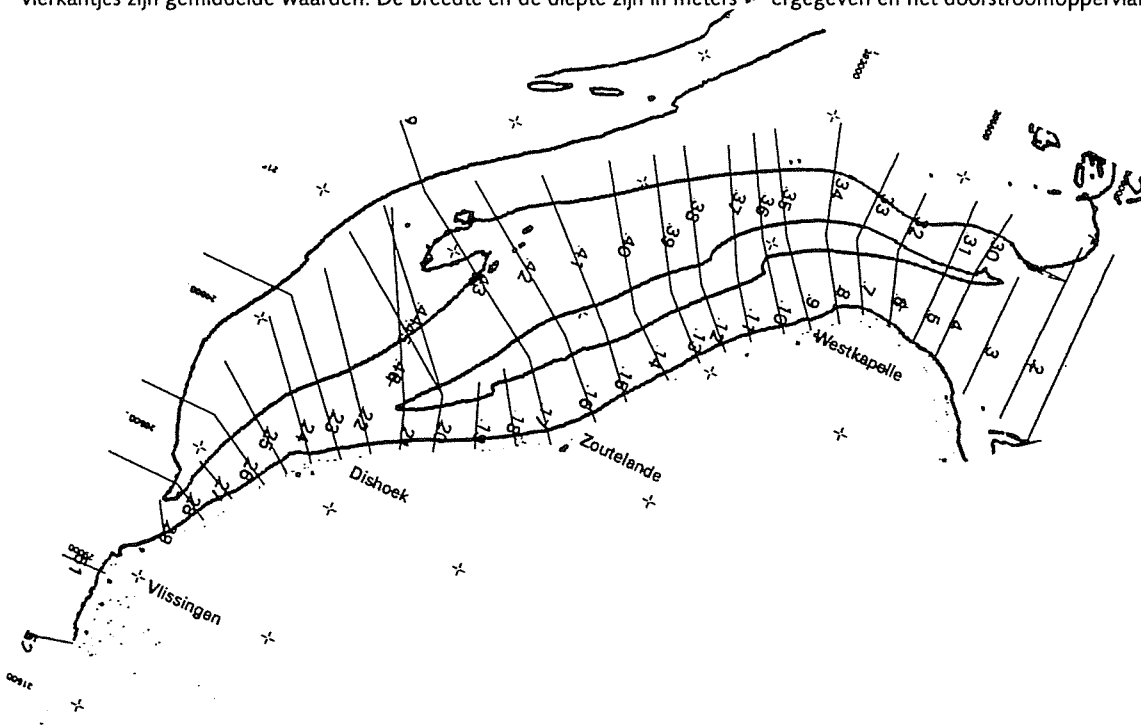
De tweede sectie is een recht deel van het Oostgat, waarin de diepte wel afneemt, maar de breedte stabiel is. In de derde sectie (profiel 16 t/m 21) neemt de verhouding eerst toe en vervolgens weer af. De toename wordt veroorzaakt door een toename van de breedte en een afname van de diepte. Tussen profiel 21 en 22 maakt de breedte/diepte verhouding een sprong (toename). Tot het zuidelijkste profiel neemt de breedte/diepte verhouding geleidelijk aan af. De breedte/diepte verhouding is sterk afhankelijk van de breedte (als gevolg van, zandwinning) en minder sterk van de diepte. De vorm van het verloop van de breedte/diepte verhouding wordt

voor het grootste deel bepaald door de breedte, deze vorm wordt verder versterkt of genivelleerde door de veranderingen in de diepte.

Situatie 1994 Oostgat



Dichte tekens zijn berekeningen t.o.v. NAP 0m, Open tekens zijn berekeningen t.o.v. NAP-7m, rondjes zijn maximale waarden en vierkantjes zijn gemiddelde waarden. De breedte en de diepte zijn in meters weergegeven en het doorstroomoppervlak in m².



Deurloo-systeem

Breedte

De maximale breedte ligt tussen de 2000 en de 500 meter. De gemiddelde breedte volgt dezelfde trend, als de maximale breedte.

Het Deurloo-systeem is op te delen in drie delen (vanuit het noorden gezien), de Geul van de Rassen (profiel 30 t/m 40), een ondiepte tussen de Geul van de Rassen en Deurloo-oost (profiel 41 t/m 43) en Deurloo-oost (profiel 44 t/m 46).

De breedte van de Geul van de Rassen neemt toe naar het zuiden. De profielen 32 en 33 zijn het smalst, doordat de Rassen tegen de geul aan drukt. De toename van de breedte zet zich voort tot aan profiel 42. De Deurloo-oost is aanzienlijk smaller (500m).

De diepte in het Deurloo-systeem is klein ten opzichte van het Oostgat en schommelt rond de 3 meter (ten opzicht van NAP dus 10meter). De maximale diepte bevindt zich in het noordelijkste deel van de Geul van de Rassen (profiel 32). Deze piek komt overeen met het smalste deel van de geul.

Over het algemeen blijft de diepte vrij constant, de enige afwijkingen bevinden zich in het noordelijk deel van de Geul van de Rassen en de ondiepte tussen de twee geulen in (profiel 41 t/m 43).

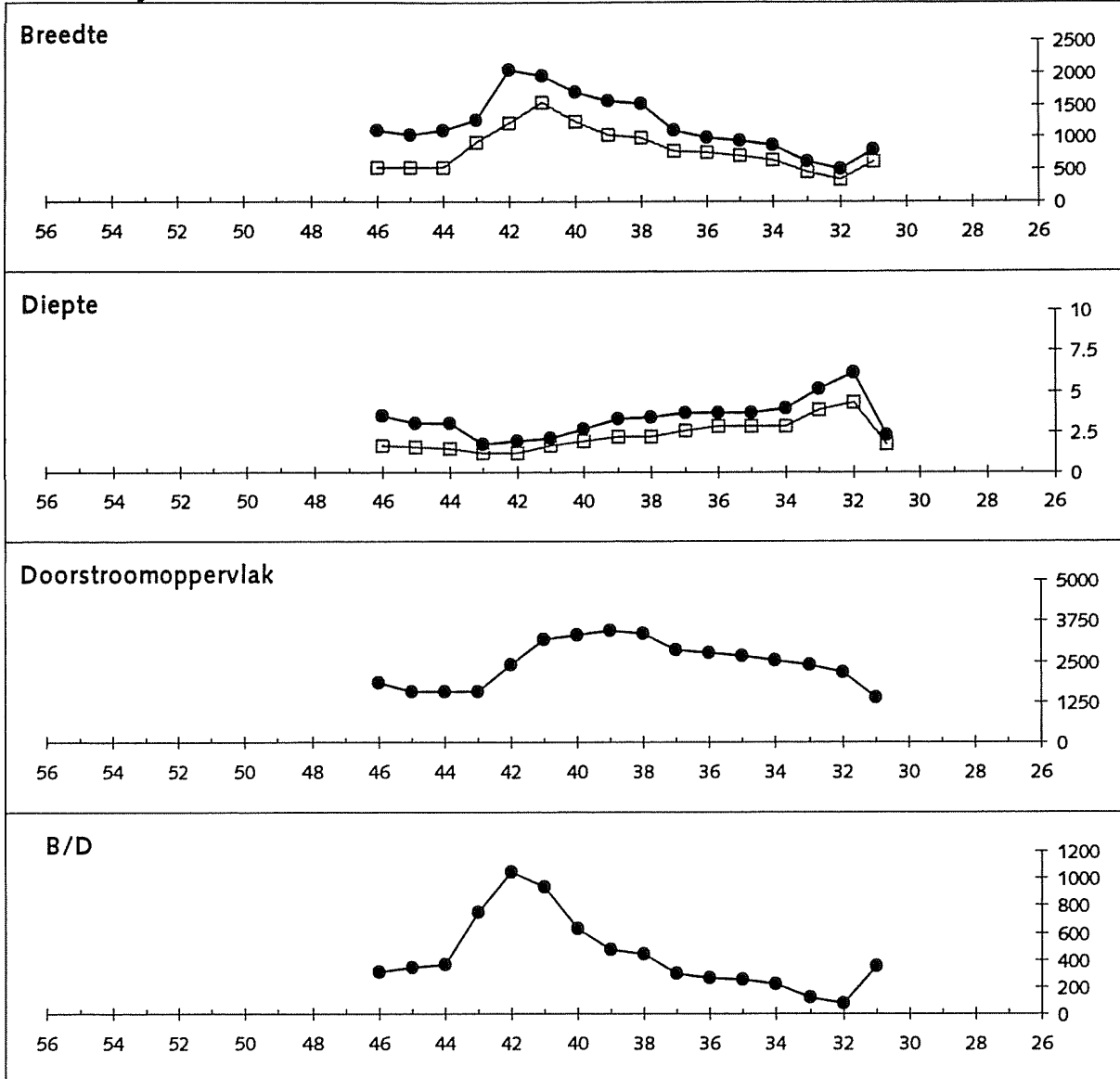
Het doorstroomoppervlak van het Deurloo-systeem is kleiner dan het minimale doorstroomoppervlak van het Oostgat-systeem.

Het doorstroomoppervlak van de Geul van de Rassen is groter dan het doorstroomoppervlak van de Deurloo-oost (profiel 44 t/m 46). Het doorstroomoppervlak van de Geul van de Rassen neemt naar het zuiden toe licht toe. In tegenstelling tot de afname van het doorstroomoppervlak in het Oostgat.

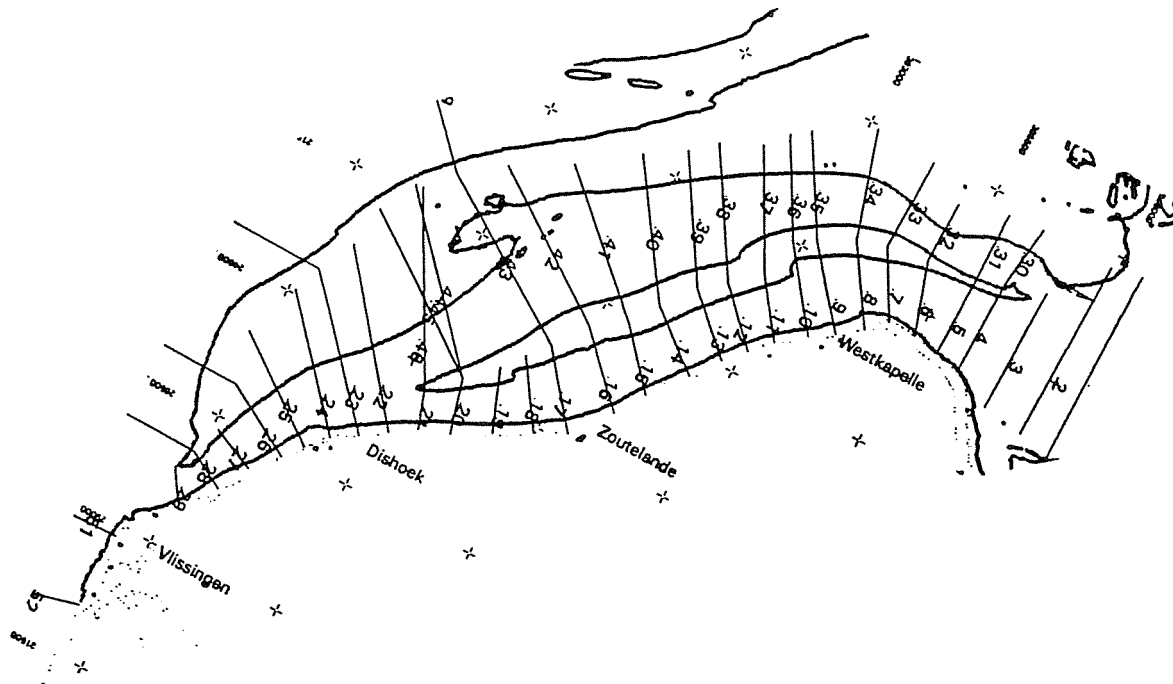
In de Geul van de Rassen neemt de breedte/diepte verhouding van noord naar zuid toe, met uitzondering van de eerste twee profielen. In het ondiepe deel tussen de twee geulen neemt de breedte/diepte verhouding sterk toe (tot 1050) en vervolgens weer iets af. Deze piek wordt veroorzaakt door de toename in de breedte en de ondiepte van dit gedeelte.

De breedte/diepte verhouding van de Deurloo-oost is ongeveer gelijk aan de breedte/diepte verhouding van het zuidelijkste deel van de Geul van de Rassen.

Deurloo-systeem



Rondjes zijn maximale waarden en vierkantjes zijn gemiddelde waarden. De breedte en de diepte zijn in meters weergegeven en het doorstroomoppervlak in m².



BIJLAGE C2

Verandering van de geulparameters over de periode 1972 t/m 1982

In deze periode zijn weinig suppleties en duinverzwaringen uitgevoerd, alleen bij Vlissingen (profiel 28 + 29) is gesuppleerd.

Oostgat-systeem

De gemiddelde breedte van de geul blijft redelijk constant, met uitzondering van de Sardijngeul. In het profiel 24 is de geul smaller geworden en profiel 23 is breder geworden. De versmalling wordt veroorzaakt door een kustvoortgang op de NAP -7m lijn (zie bijlage C4)

Ook de diepte verandert weinig over deze periode met uitzondering van profiel 8, 10 en 23. De veranderingen van 8 en 10 zijn afname in de gemiddelde diepte, terwijl in profiel 23 de maximale diepte afneemt.

Het doorstroomoppervlak van het Oostgat is ongeveer met 400m² toegenomen, met uitzondering van profiel 8. Het doorstroomoppervlak van de Sardijngeul en de Galgeput is afgenomen. De breedte/diepte verhouding is nagenoegen gelijk gebleven.

Deurloo-systeem

De diepte veranderingen van het Deurloo-systeem zijn klein t.o.v. de veranderingen in het Oostgat-systeem. De maximale diepte van het Deurloo-systeem (13m) is ook vele malen kleiner dan de maximale diepte van het Oostgat-systeem (35m t.o.v. NAP 0m). De veranderingen in de diepte van het Deurloo-systeem liggen rond de 0.4m en zijn dus slechts enkele malen groter dan de meetfout, die bij het loden kan optreden (0.20 m). De Geul van de Rassen is in deze periode verdiept, terwijl de Deurloo-oost verondiept is.

Het Deurloo-systeem is over het algemeen smaller geworden, met uitzonderingen van de noordelijke profielen. De noordelijke profielen zijn breder geworden, doordat de geul zich naar het noorden heeft uitgebreid.

Het doorstroomoppervlak van de Geul van de Rassen is toegenomen, als gevolg van de toename van de diepte. Het doorstroomoppervlak van de Deurloo-oost is daarentegen afgenomen.

De breedte/diepte verhouding laat een wisselend beeld zien. Door de toegenomen diepte van de Geul van de Rassen is de breedte/diepte verhouding in deze geul afgenomen.

Verandering van de geulparameters over de periode 1982 t/m 1994

Oostgat-systeem

De veranderingen in de diepte zijn, net als in de vorige periode, niet zo groot enkele uitzonderingen daargelaten. De gemiddelde diepte is in het zuidelijke deel van de Sardijngeul en op enkele plaatsen in het Oostgat toegenomen. Dit zijn niet dezelfde locaties als de voorgaande periode, er is dus niet sprake van een eenduidige trend.

In de voorgaande periode was de verandering in de gemiddelde breedte het grootst in de Sardijngeul, in deze periode is die het grootst in het zuidelijke deel van het Oostgat. De geul is hier verbreed als gevolg van zandwinning. Door migratie van de noordelijke uitloper van het Bankje van Zoutelande richting het Oostgat, is in het noorden de geul smaller geworden. De veranderingen op andere locaties in dit systeem zijn niet zo groot.

De veranderingen in de breedte heeft doorgewerkt in de veranderingen van het doorstroomoppervlak van de geulen. Het doorstroomoppervlak van het noorden van het Oostgat

tot iets ten noorden van Zoutelande is afgenomen, met uitzondering van de profielen 8 en 9. Door zandwinning is het doorstroomoppervlak in het zuiden van het Oostgat toegenomen. Dit beeld is in de Sardijngeul ook te zien.

De veranderingen in de breedte/diepte verhouding zijn niet groot, alleen op de zandwinlocaties is een toename van de breedte diepte verhouding te zien. In het noorden is ten gevolge van de versmalling van de geul een afname in de breedte/diepte verhouding geconstateerd.

Deurloo-systeem

Ook in deze periode zijn de veranderingen in de diepte niet groot. Alleen in het noordelijk deel van de Geul van de Rassen is de diepte toegenomen. De uitbreiding van de Geul van de Rassen naar het noorden zet blijkbaar door.

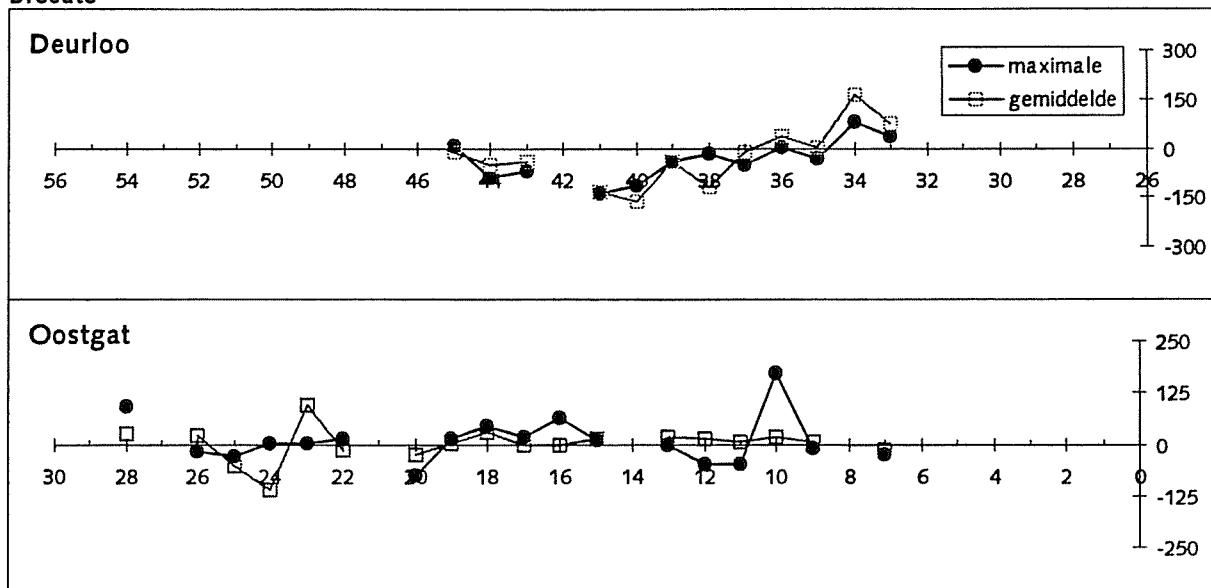
De versmalling, die in de vorige periode te zien was, zet voort. De gemiddelde en de maximale breedte laten een verschillend beeld zien. De maximale breedte is, met uitzondering van de zuidelijkste profielen, afgenomen, terwijl de gemiddelde breedte alleen in het zuidelijke deel van de Geul van de Rassen is afgenomen.

De veranderingen in de breedte en de diepte werken door in de veranderingen van de breedte/diepte verhouding en de veranderingen van het doorstroomoppervlak. Het doorstroomoppervlak in de Geul van de Rassen is afgenomen, terwijl in Deurloo-oost het doorstroomoppervlak nagenoegen gelijk is gebleven.

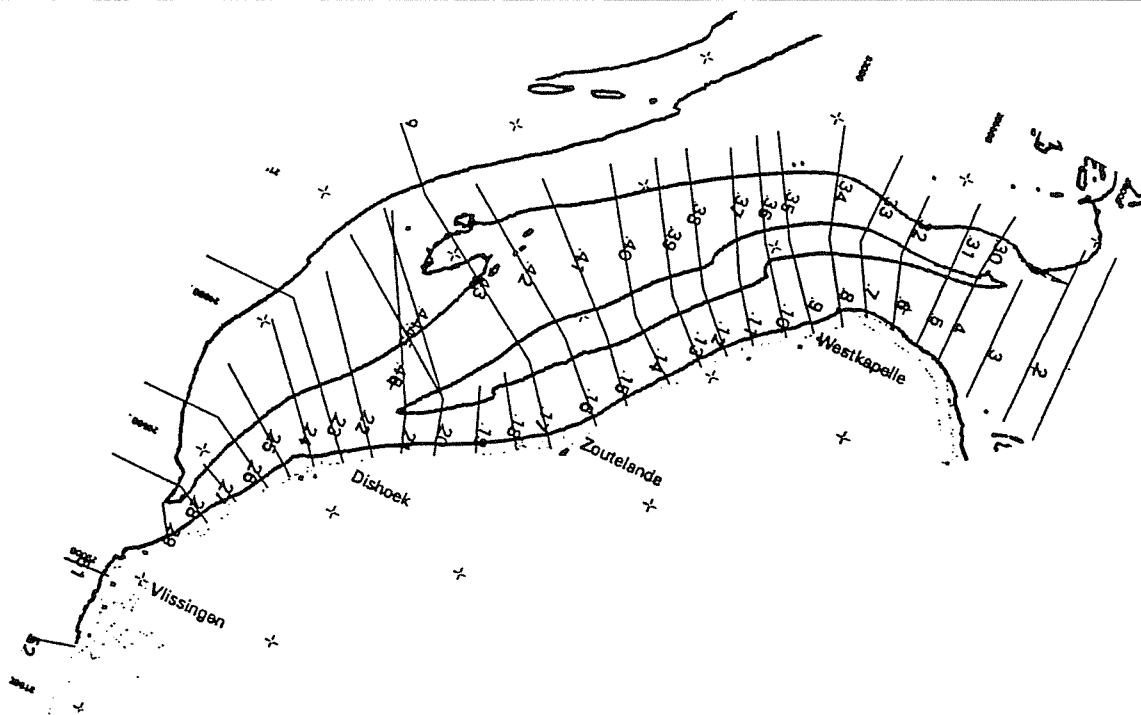
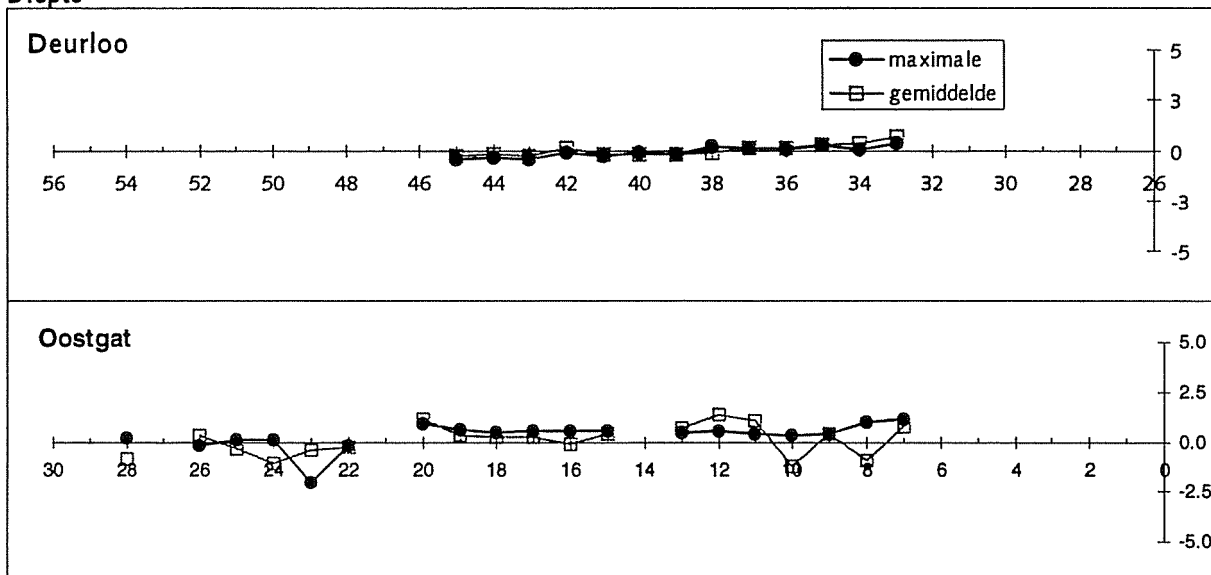
Ook in deze periode fluctueren de breedte/diepte verhoudingen, maar er is sprake van een algemene afname van de breedte/diepte verhouding.

Verandering geulparameters 1982-1972

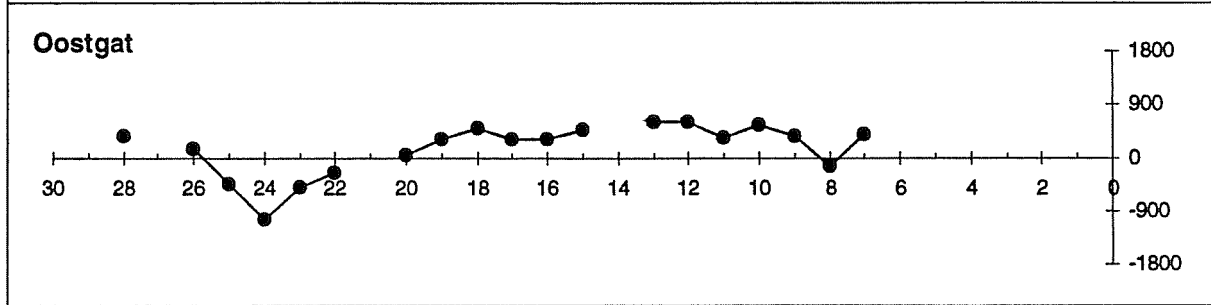
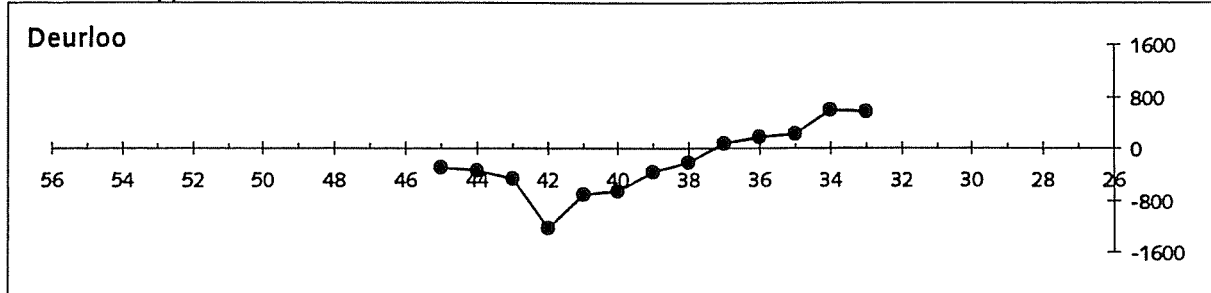
Breedte



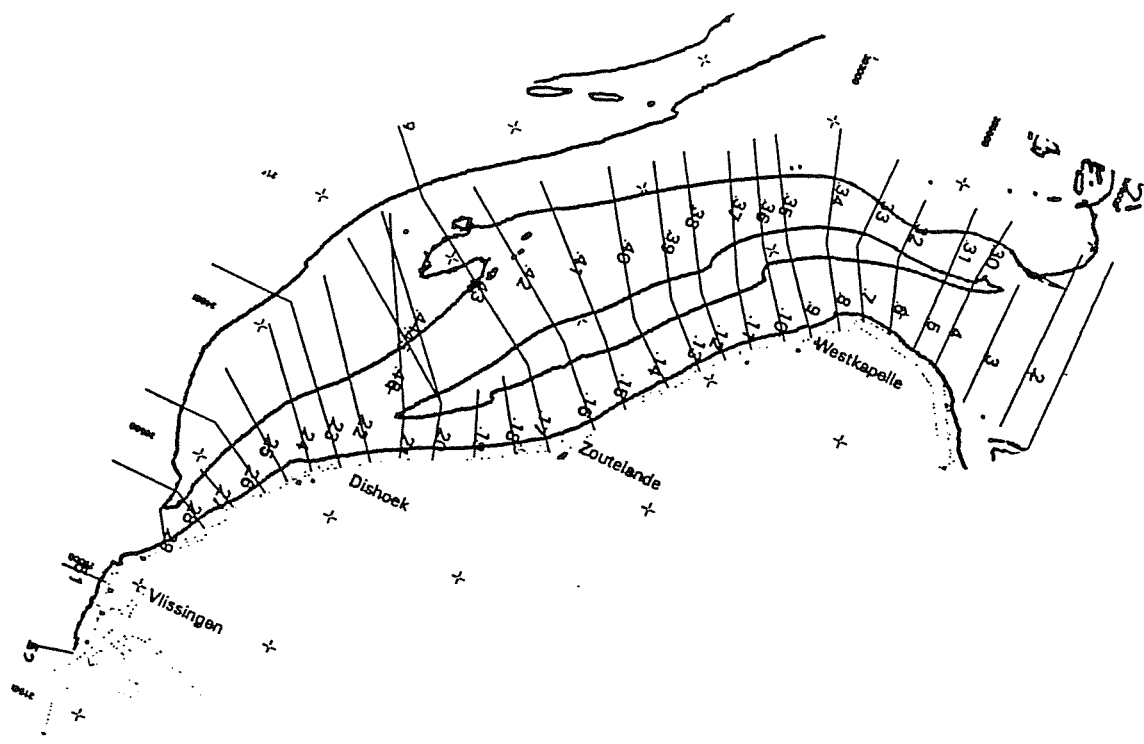
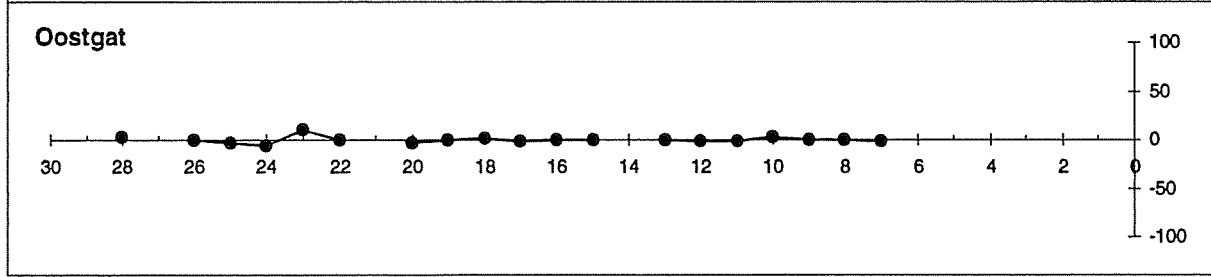
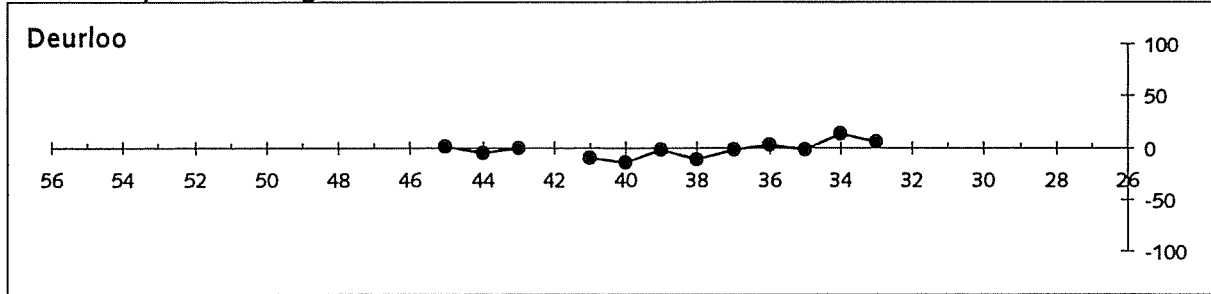
Diepte



Doorstroomoppervlak

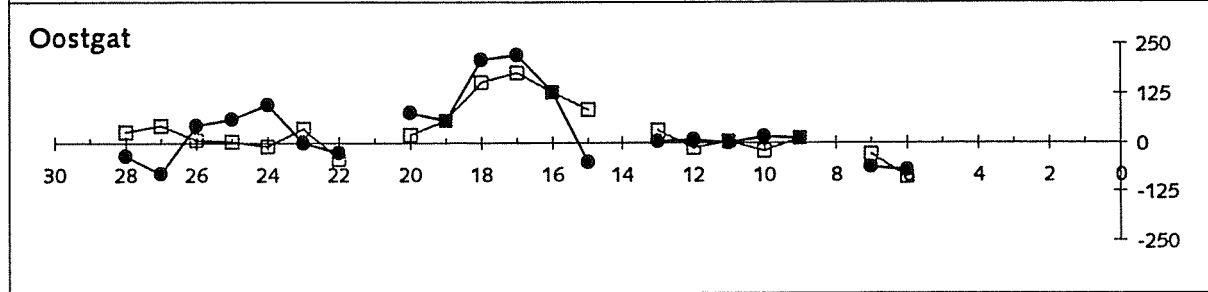
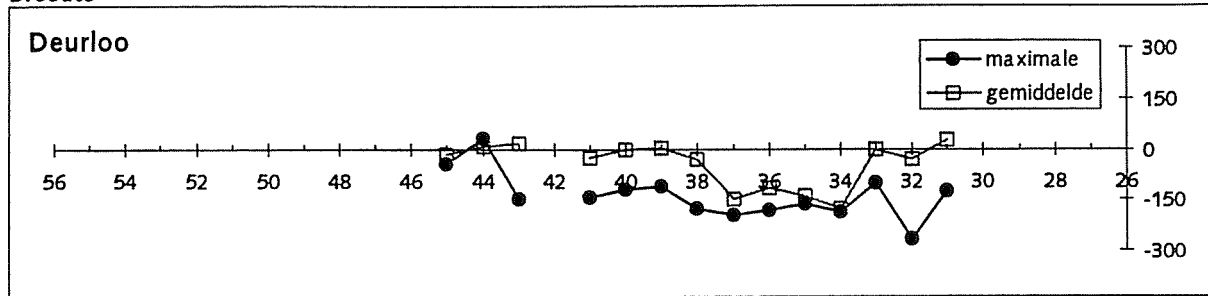


Breedte/Diepte verhouding

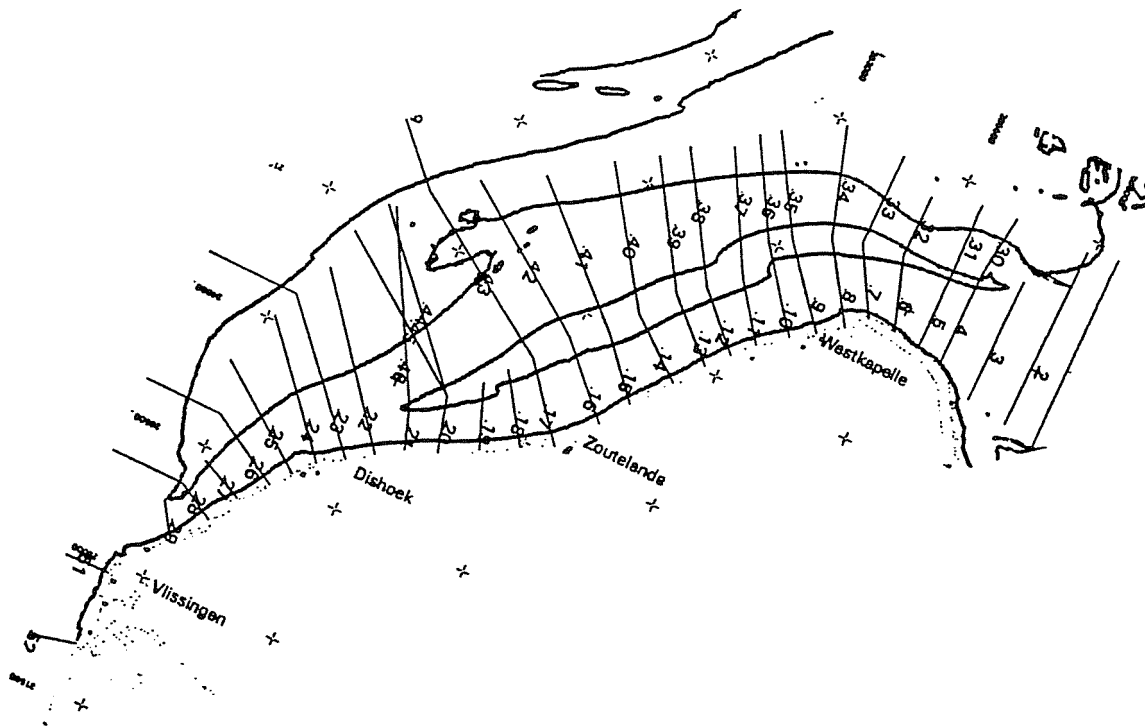
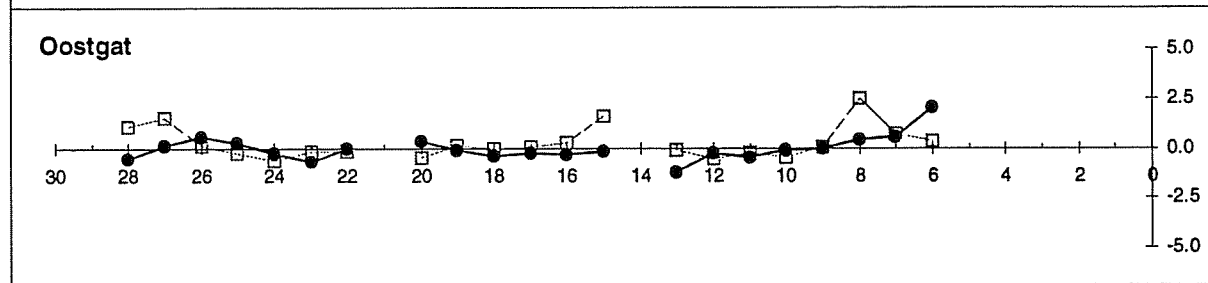
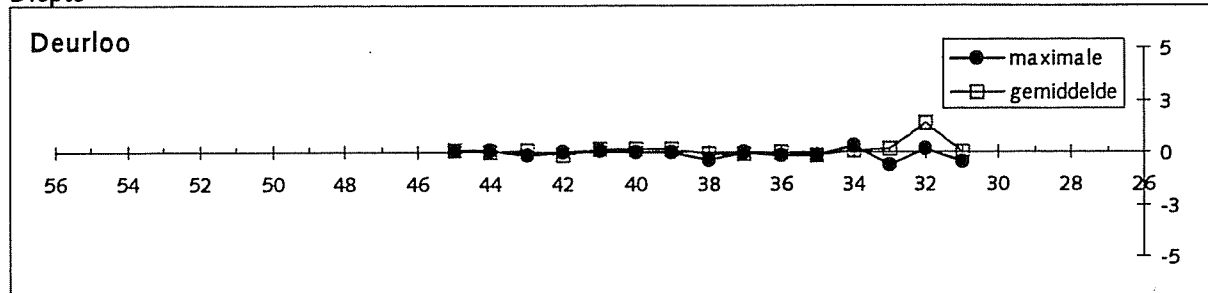


Verandering geulparameters 1994-1982

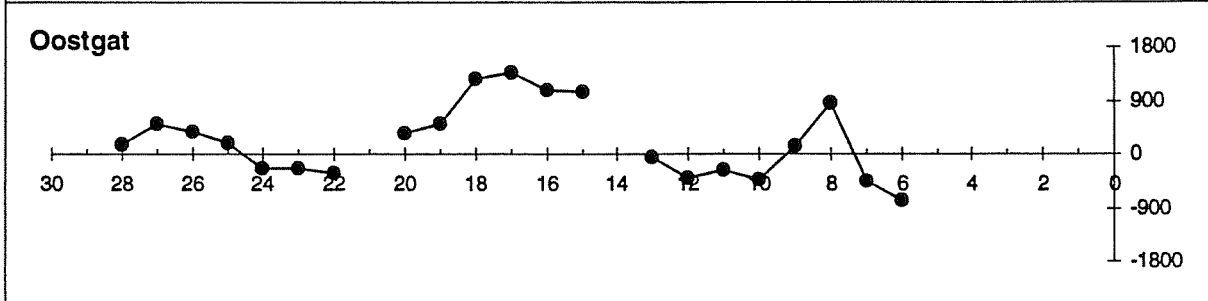
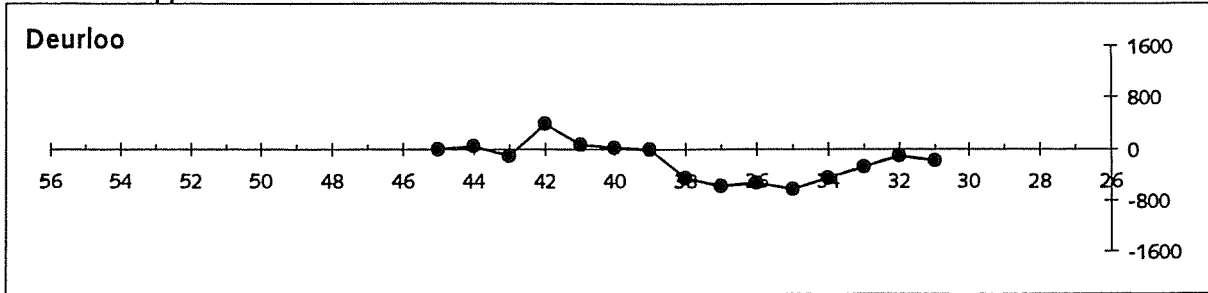
Breedte



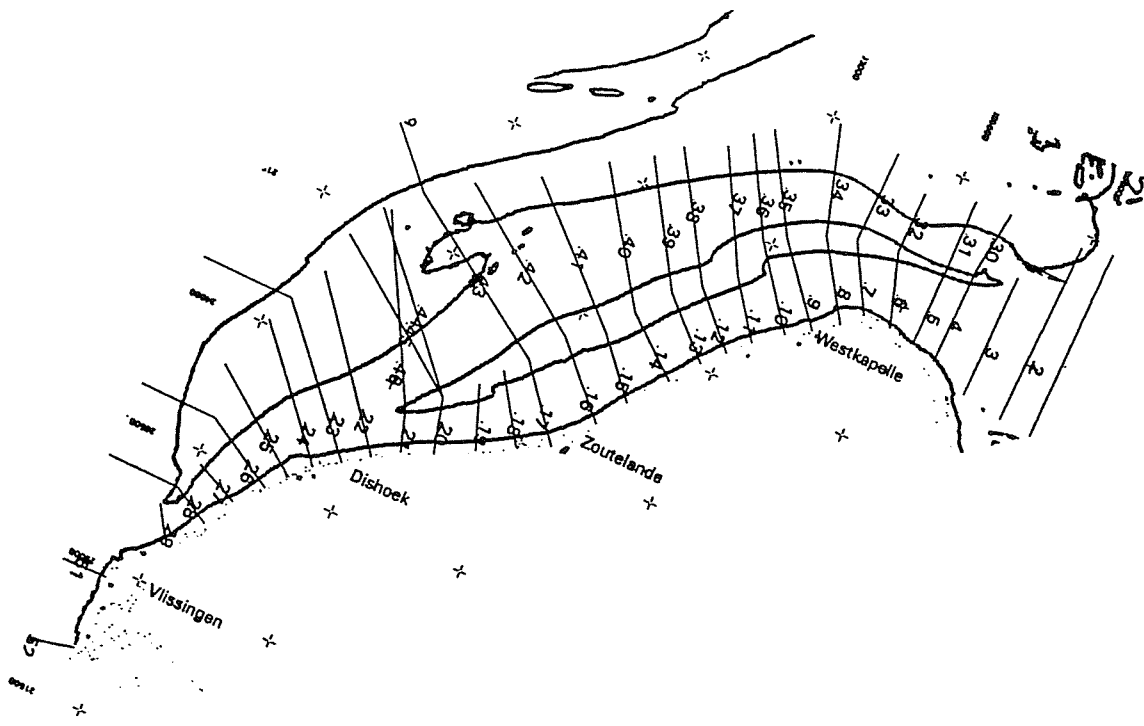
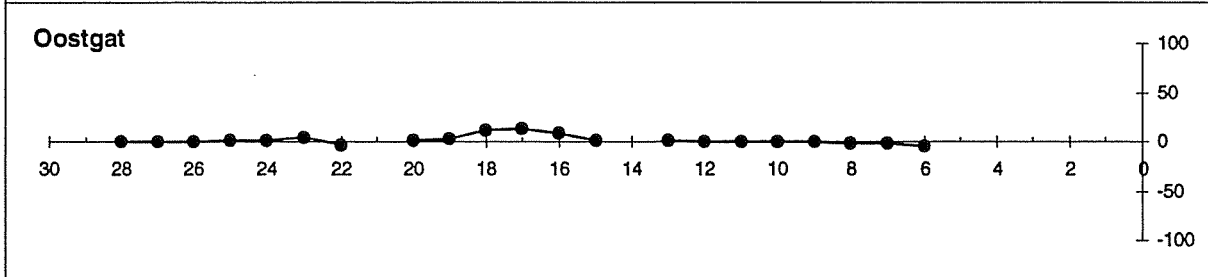
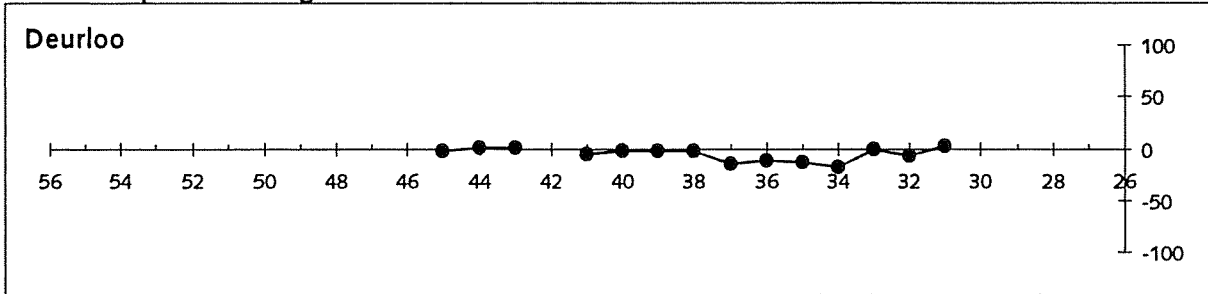
Diepte



Doorstroomoppervlak



Breedte/Diepte verhouding



Verandering van de geulparameters over de periode 1972 t/m 1994

De veranderingen in deze periode is een optelling van de twee perioden, 1972-1982 en 1982-1994.

In de figuren staan de veranderingen van de geulparameters ten opzichte van 1972 weergegeven. Er zijn geen algemene verschillen tussen de veranderingen in beide periodes aan te geven, met uitzondering van de invloed van de zandwinning in de tweede periode. Uit de figuren blijkt dat de veranderingen van de breedte, het doorstroomoppervlak en de breedte/diepte verhouding in de tweede periode sterk is toegenomen in vergelijking met de voorgaande periode. De veranderingen zullen achtereenvolgens van het Oostgat-systeem en van het Deurloo-systeem besproken worden.

Oostgat-systeem

De veranderingen van de breedte over de periode variëren tussen een toename van de 200 meter en een afname van 100 meter. De maximale veranderingen liggen in de orde van 17 % ten opzichte van de breedte van de geul van 1994.

Voor de beschrijving van de breedte wordt het Oostgat-systeem opgedeeld in een aantal secties. In het noordelijkste deel (t/m profiel 8) is de breedte afgenomen. Van profiel 8 t/m 12 (halverwege Westkapelle/Zoutelande) is de geulbreedte stabiel gebleven. Tussen profiel 12 en profiel 20 (bij Dishoek) is de breedte van het profiel toegenomen, met de maximale toename bij profiel 17 en 18 (ten zuiden van Zoutelande).

De breedte is afgenomen bij de Galgeput (profiel 22 t/m 25) en in de Sardijngeul is de breedte toegenomen.

De diepteveranderingen zijn vrij gering, tussen +2.5 en -2.5 meter. In het Oostgat is over het algemeen sprake van een lichte toename van de diepte, met uitzondering van enkele uitschieters. In het noordelijk deel van de Sardijngeul is de diepte iets afgenomen.

De veranderingen van het doorstroomoppervlak zijn bijna gelijk aan de veranderingen van de gemiddelde breedte van de geul. Alleen de toename van de breedte bij profiel 10 komt niet tot uitdrukking in het doorstroomoppervlak. Dit is het gevolg van dat de diepte van de geul ook is afgenomen.

De breedte/diepte verhouding is over de gehele periode redelijk stabiel, met uitzondering van de zandwinlocatie (profiel 16 t/m 18) en bij de Sardijngeul.

Deurloo-systeem

De breedte van het Deurloo-systeem is in bijna alle profielen afgenomen (met een maximum van 600 en een minimum van 38m). De verandering van 600 meter in breedte over een periode van 20 jaar is onrealistische, met name omdat er eerst een sprake is van een versmalling van het profiel van een kilometer en vervolgens weer een verbreding van 500 meter. De versmalling van de geul ligt globaal gezien rond de 150 m, met een aantal kleinere veranderingen in het noordelijkste deel van de Geul van de Rassen en in profiel 36 en 39. In het noordelijke deel van de Geul van de Rassen is sprake van een toename van de breedte van de geul over de periode 1994-1972. De Geul van de Rassen lag in de jaren '70 nog niet zover in het noorden en heeft zich in de loop der tijd noordelijk uitgebreid.

In vergelijking met de verandering van het Oostgat zijn de veranderingen in de diepte in het Deurloo-systeem erg klein. De geul is ook ondieper, dus de relatieve veranderingen zijn niet veel kleiner dan de veranderingen in het Oostgat. Over het algemeen kan gesteld worden dat de diepte van het Deurloo-systeem nagenoeg stabiel is, met uitzondering van het noordelijkste

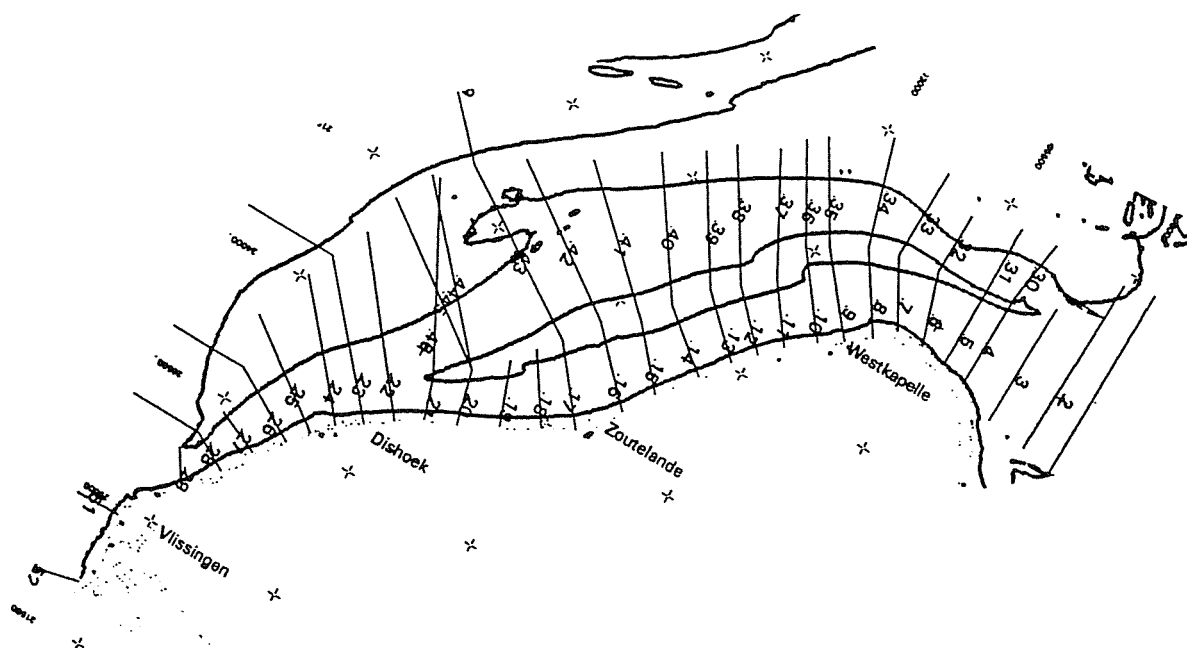
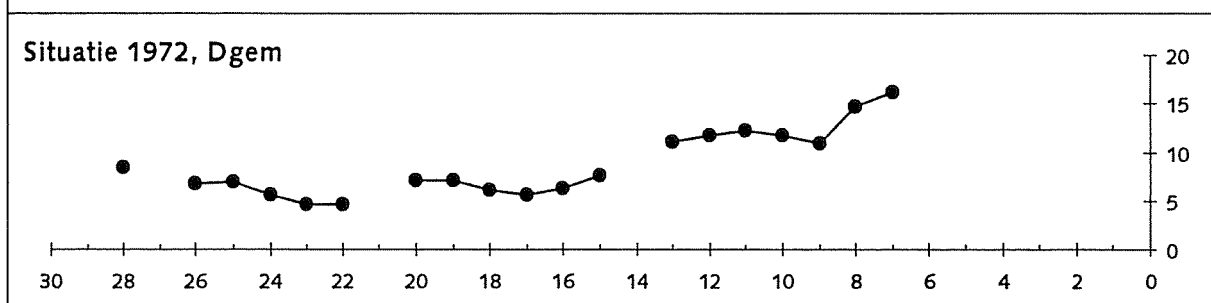
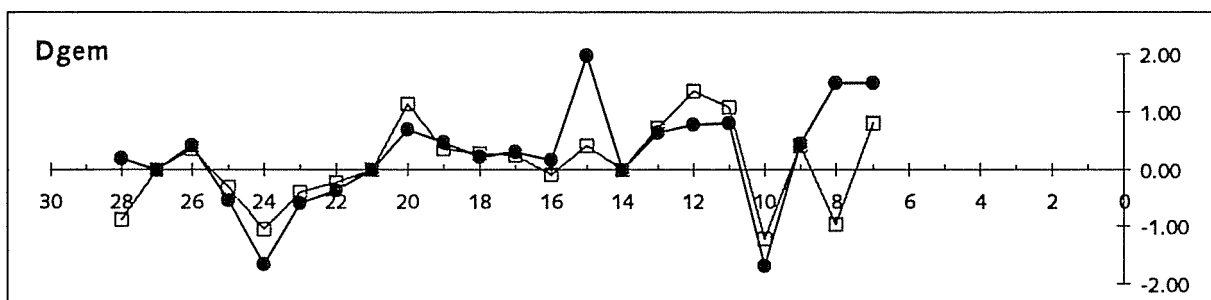
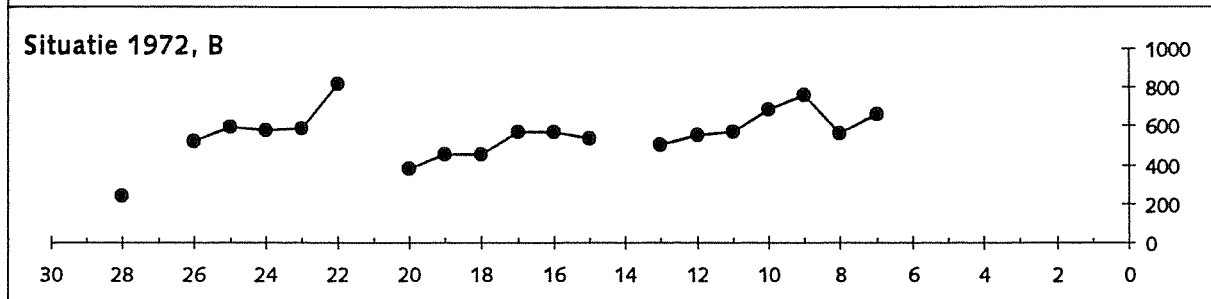
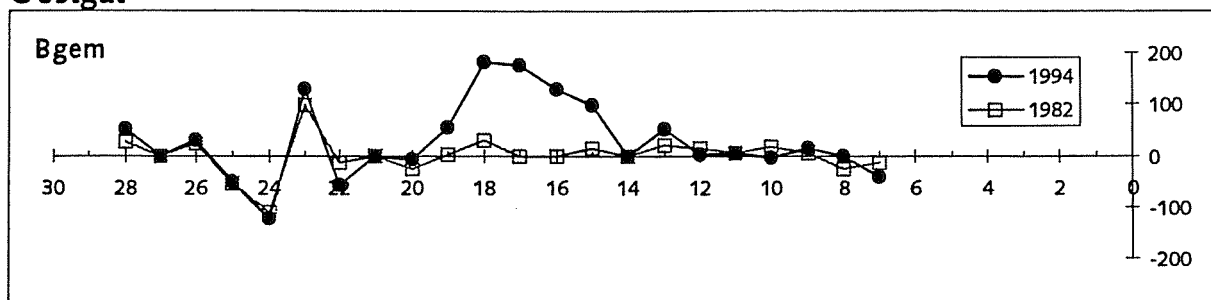
deel waar de gemiddelde diepte is toegenomen. Deze toename hangt samen met de uitbreiding van de Geul van de Rassen naar het noorden toe (reeds genoemd onder de verandering van de breedte).

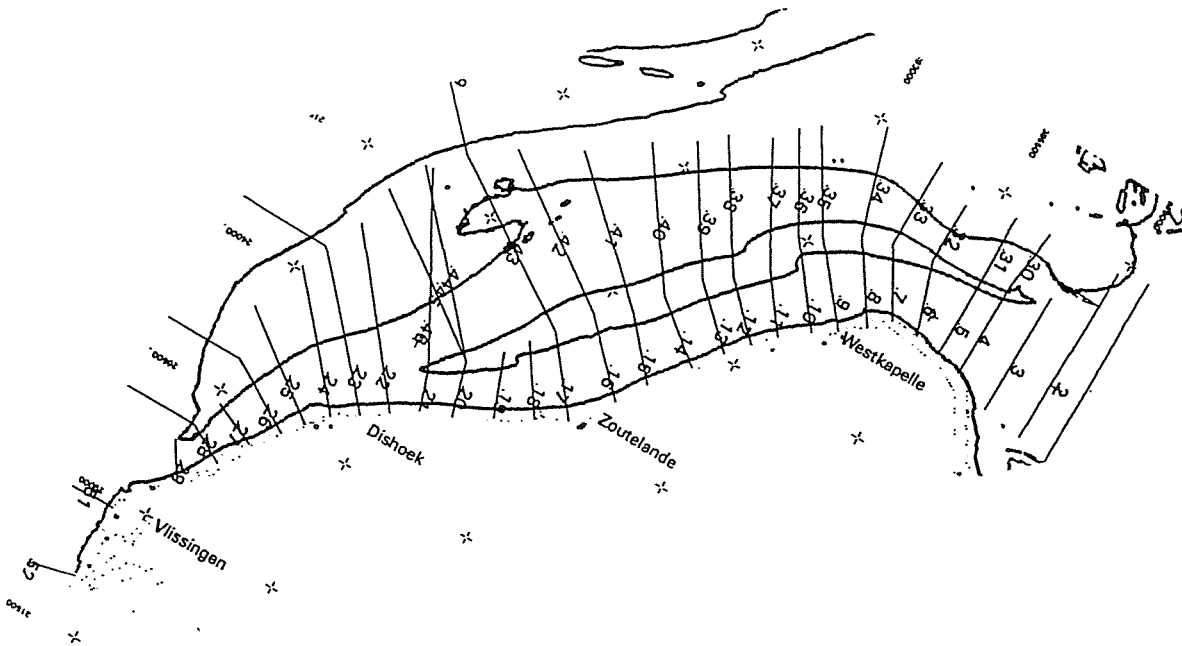
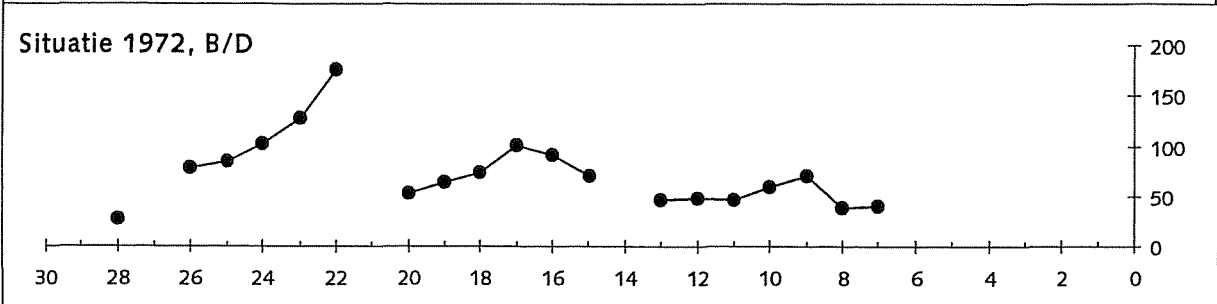
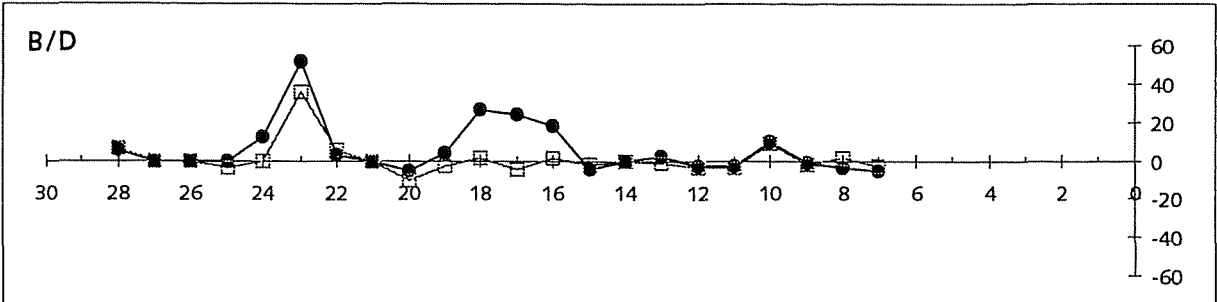
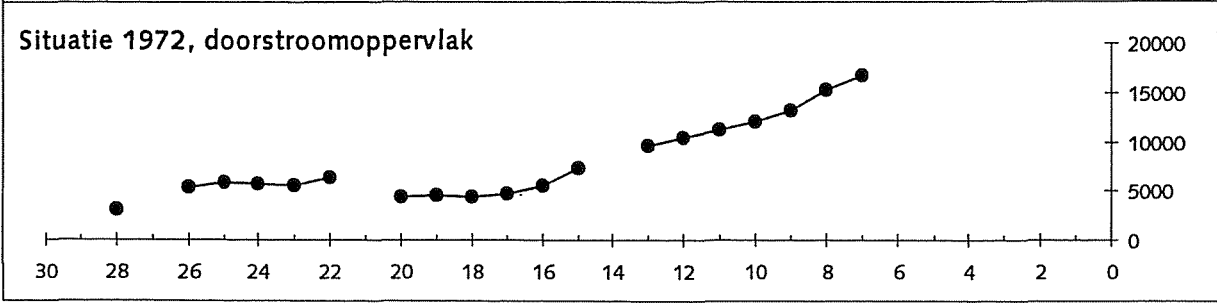
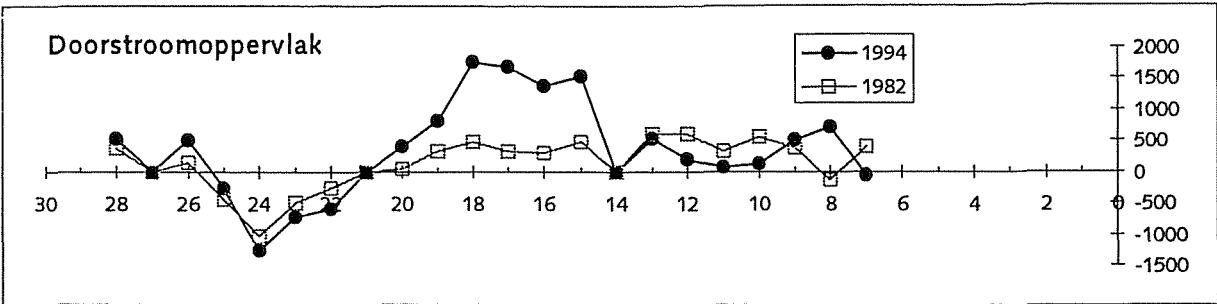
Ook voor het Deurloo-systeem geldt dat het patroon van de doorstroomoppervlak gelijk is aan het patroon van de verandering van de breedte. Alleen in het noordelijk deel van de geul van de Rassen (profiel 34 en 33) is de diepte dusdanig toegenomen dat deze de afname van de breedte overstemt.

De breedte/diepte verhouding is in de Geul van de Rassen afgenomen, terwijl die in de Deurloo-oost is toegenomen.

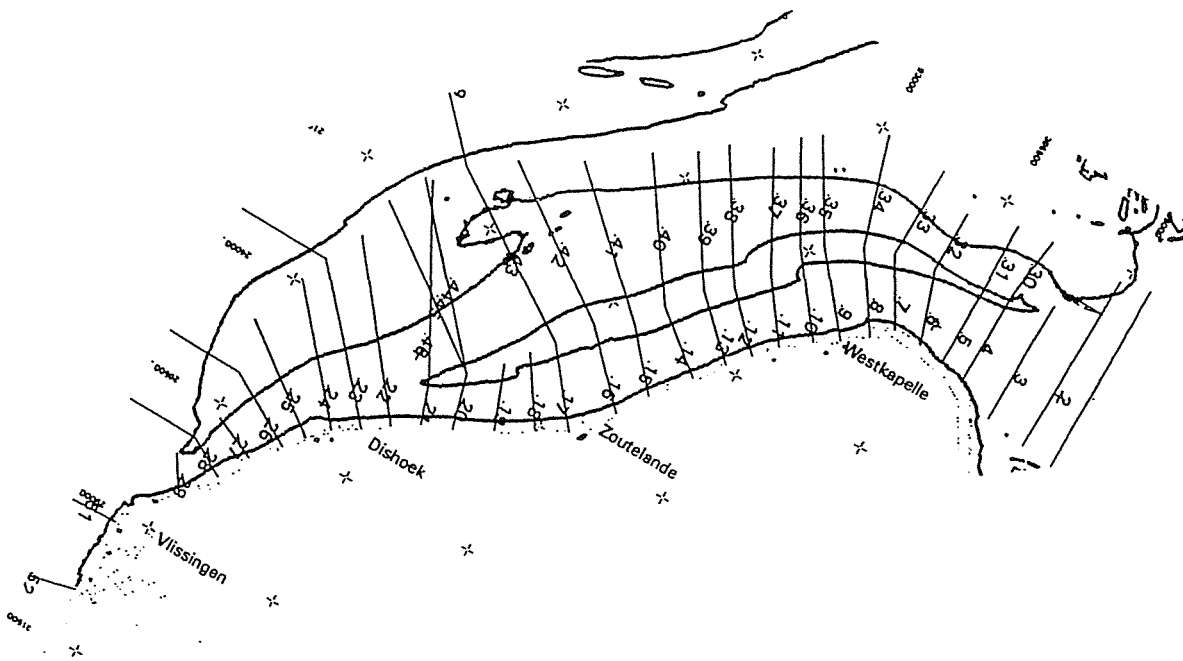
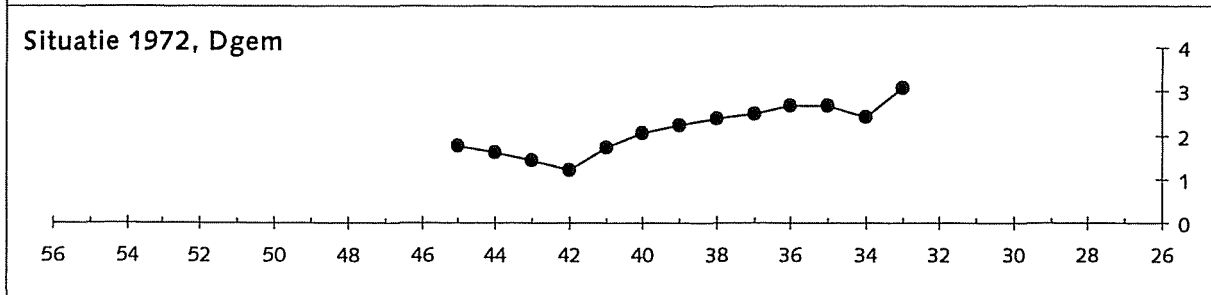
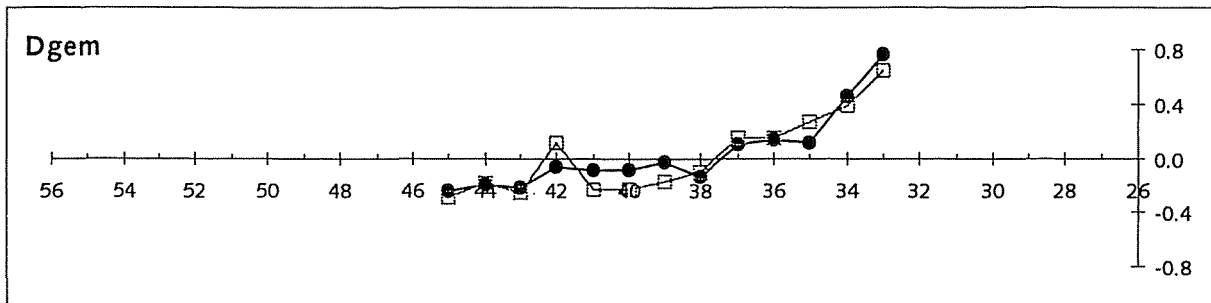
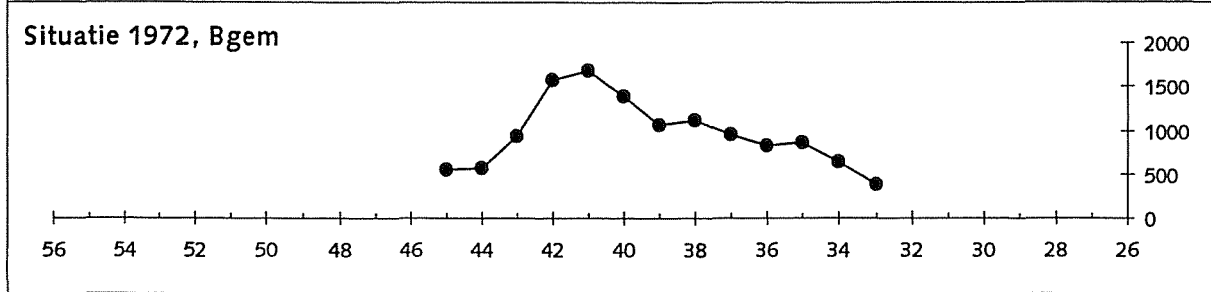
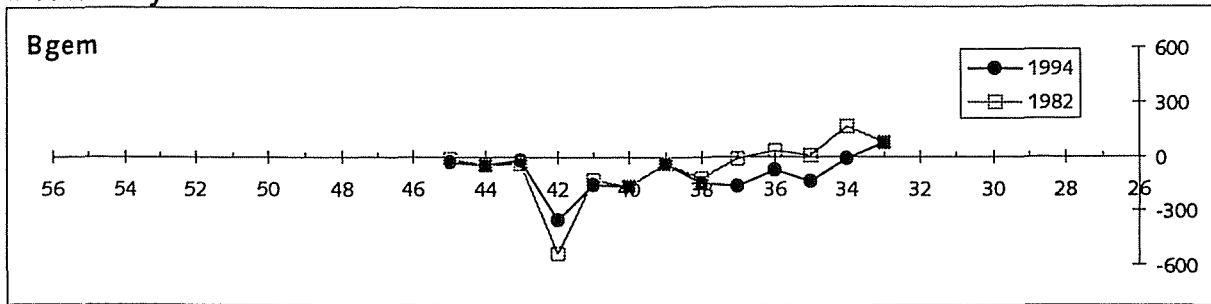
Verandering geulparameters 1994 -1972

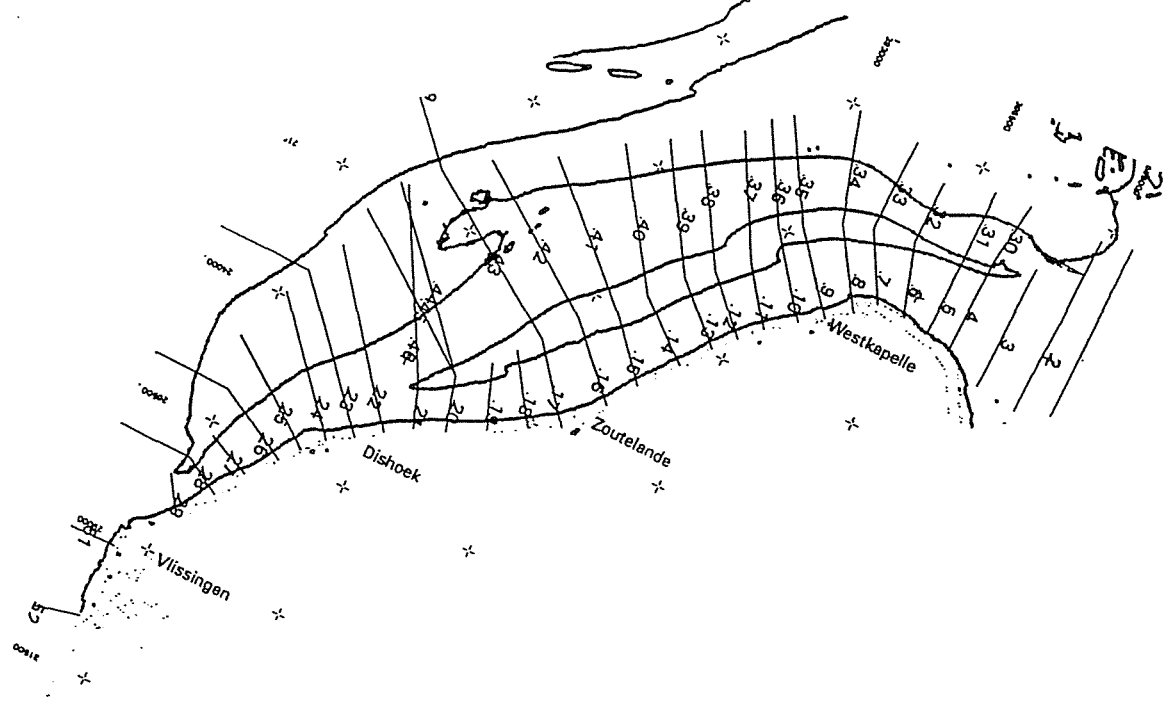
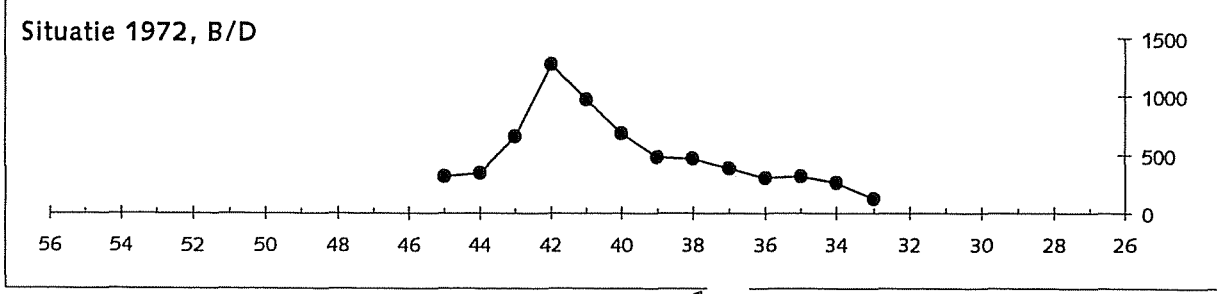
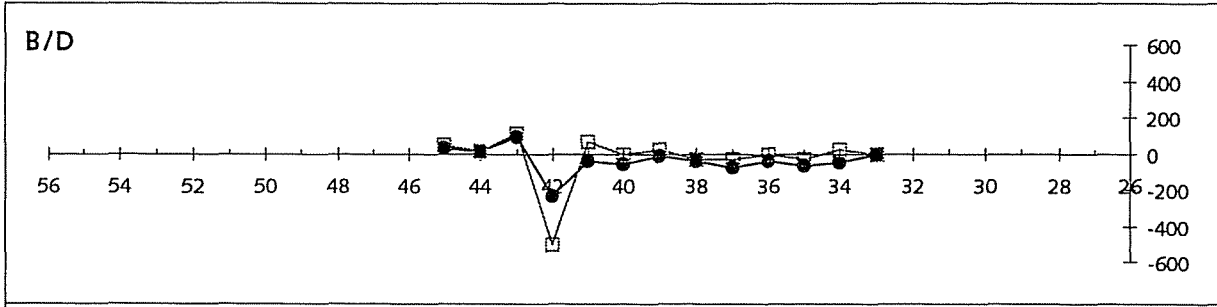
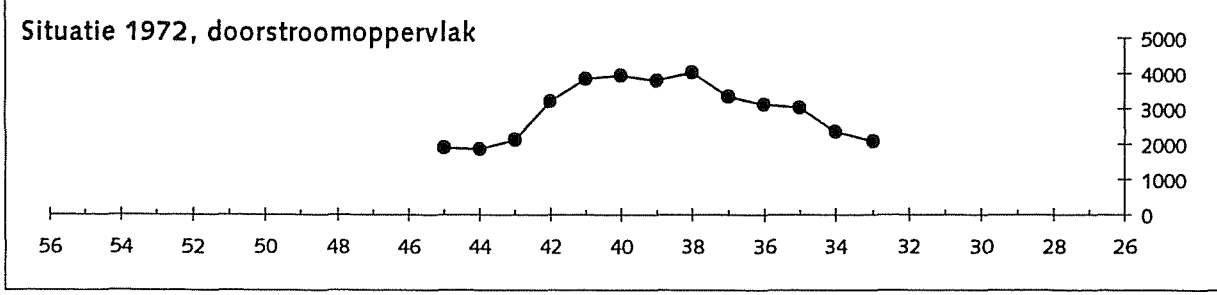
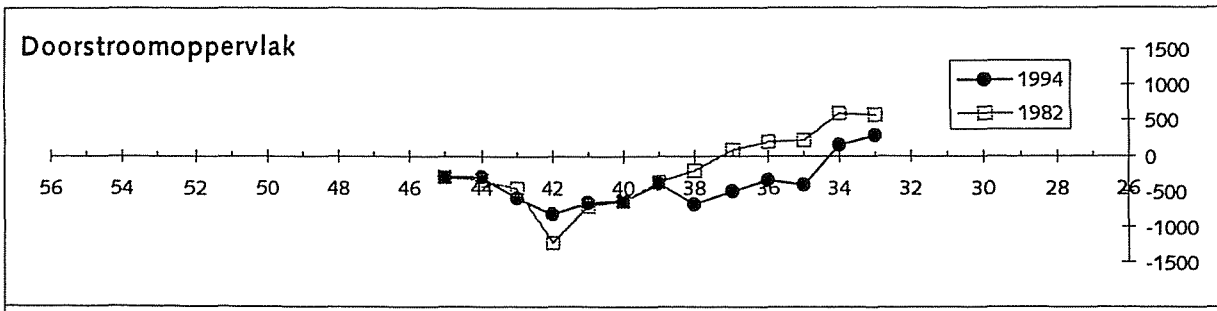
Oostgat





Deurloo-systeem





BIJLAGE C3

Verplaatsing van de kustlijn

De verplaatsing van de kustlijn is voor 4 verschillende niveaus berekend. De NAP -7m, de NAP -2.5m (gemiddeld laagwater is NAP-2.0m), NAP en NAP +2.5m (gemiddeld hoogwater). Doordat het begin van het profiel niet in alle jaren op de hoogte van 2,5m begint, vallen een aantal gegevens weg. Daarnaast is profiel 14 wegge gevallen, omdat in de jaren 1972, 1982 gegevens ontbreken.

Verplaatsing van de kustlijn over de periode 1972 t/m 1982

In deze periode zijn weinig suppleties uitgevoerd, alleen bij Vlissingen is een suppletie uitgevoerd (zie bijlage A1). De veranderingen die in de periode hebben plaats gevonden, zijn dus autonome veranderingen. Op een aantal plaatsen is sprake van een lichte kustachteruitgang. De veranderingen zijn het grootst rond de laagwaterlijn (NAP -2.5m). In vergelijking met de veranderingen op de NAP -2.5 en de NAP 0m zijn de veranderingen op de NAP -7m lijn gering. Uitschieters op de NAP -7m lijn bevinden zich in profiel 18 (kustachteruitgang) en profiel 25 (kustvooruitgang).

De fluctuaties van kustachteruitgang op de NAP -2.5m lijn liggen, op een uitzondering na (profiel 29), rond de 10 -20 meter.

Ook de veranderingen van de NAP 0m lijn zijn over het algemeen klein. Grotere veranderingen bevinden zich bij het zuidelijkste deel van het Oostgat en het zuidelijkste deel van de Sardijngeul.

Verplaatsing van de kustlijn over de periode 1982 t/m 1994

De veranderingen in deze periode zijn voor het groot in vergelijking met de voorgaande periode, wat veroorzaakt wordt door de uitgevoerde suppleties (zie bijlage A1). De veranderingen op de NAP -7m lijn zijn ook in deze periode niet zo groot, blijkbaar hebben de suppleties geen invloed op de veranderingen van de NAP -7m.

De NAP -2.5 m lijn vertoont op een aantal plaatsen een grote kustvooruitgang in tegenstelling tot de kustachteruitgang in de voorgaande periode. De kustvooruitgang is het grootste in het noordelijke deel van het Oostgat. Hier is in 1991 een grote hoeveelheid zand gesuppleerd. Er is toen meer gesuppleerd dan nodig was, omdat er verondersteld werd dat een deel naar het zuiden getransporteerd zou worden. In de andere delen is recente, maar in minder grote hoeveelheden gesuppleerd.

Ook voor de NAP 0m lijn is sprake van de kustvooruitgang in tegenstelling tot de voorafgaande periode.

Verplaatsing kustlijn 1972 t/m 1994

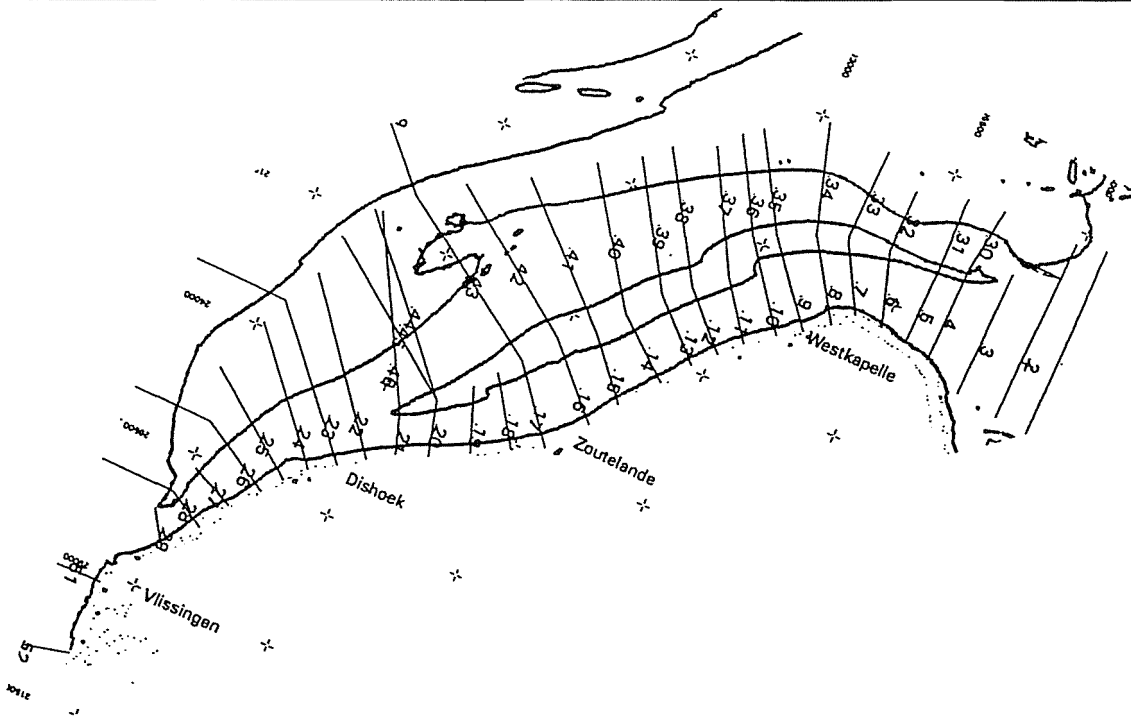
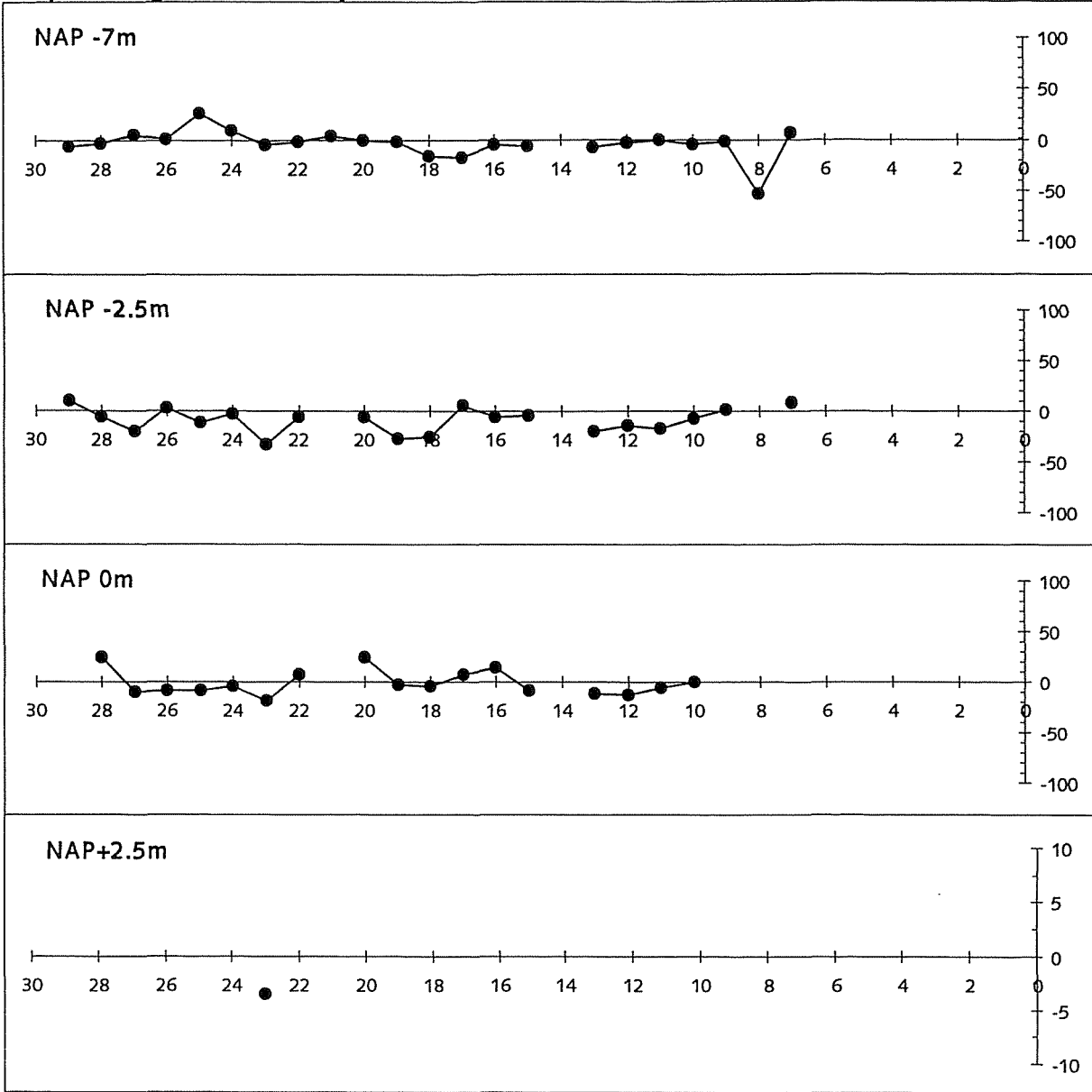
De veranderingen over de gehele periode worden voor het over grote deel bepaald door de veranderingen in de periode 1982 t/m 1994. In deze periode zijn strandsuppleties uitgevoerd en de effect zijn duidelijk te zien.

De veranderingen van de kustlijn liggen tussen de 50 meter richting de kust en de 100m van de kust.

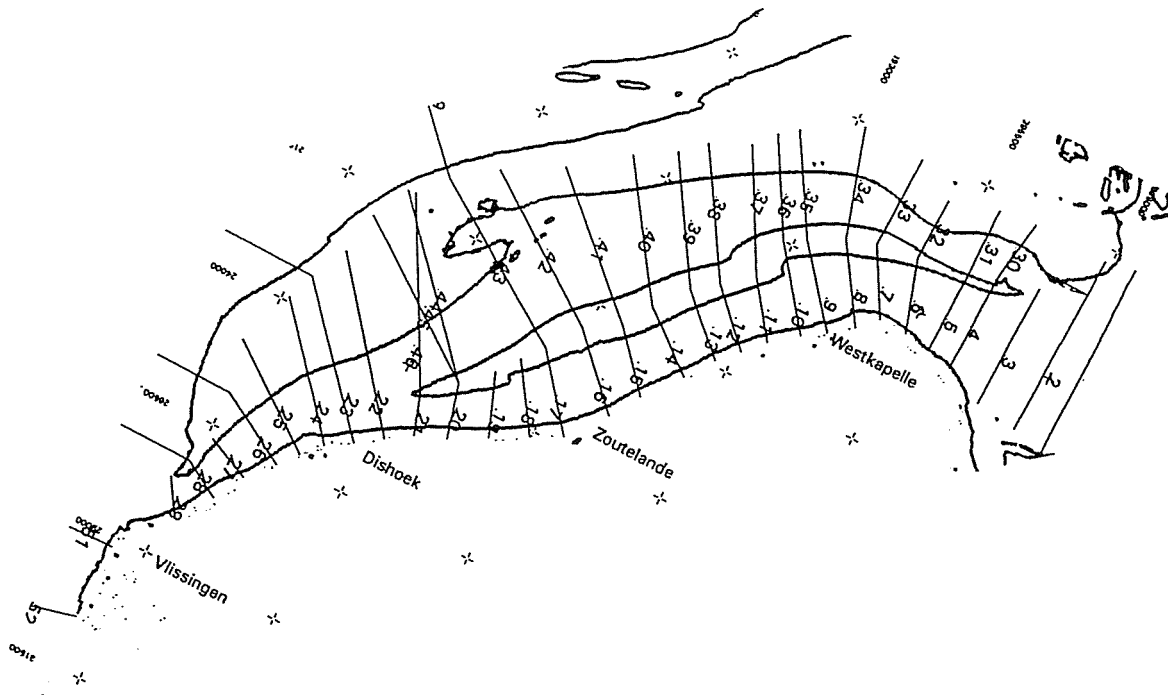
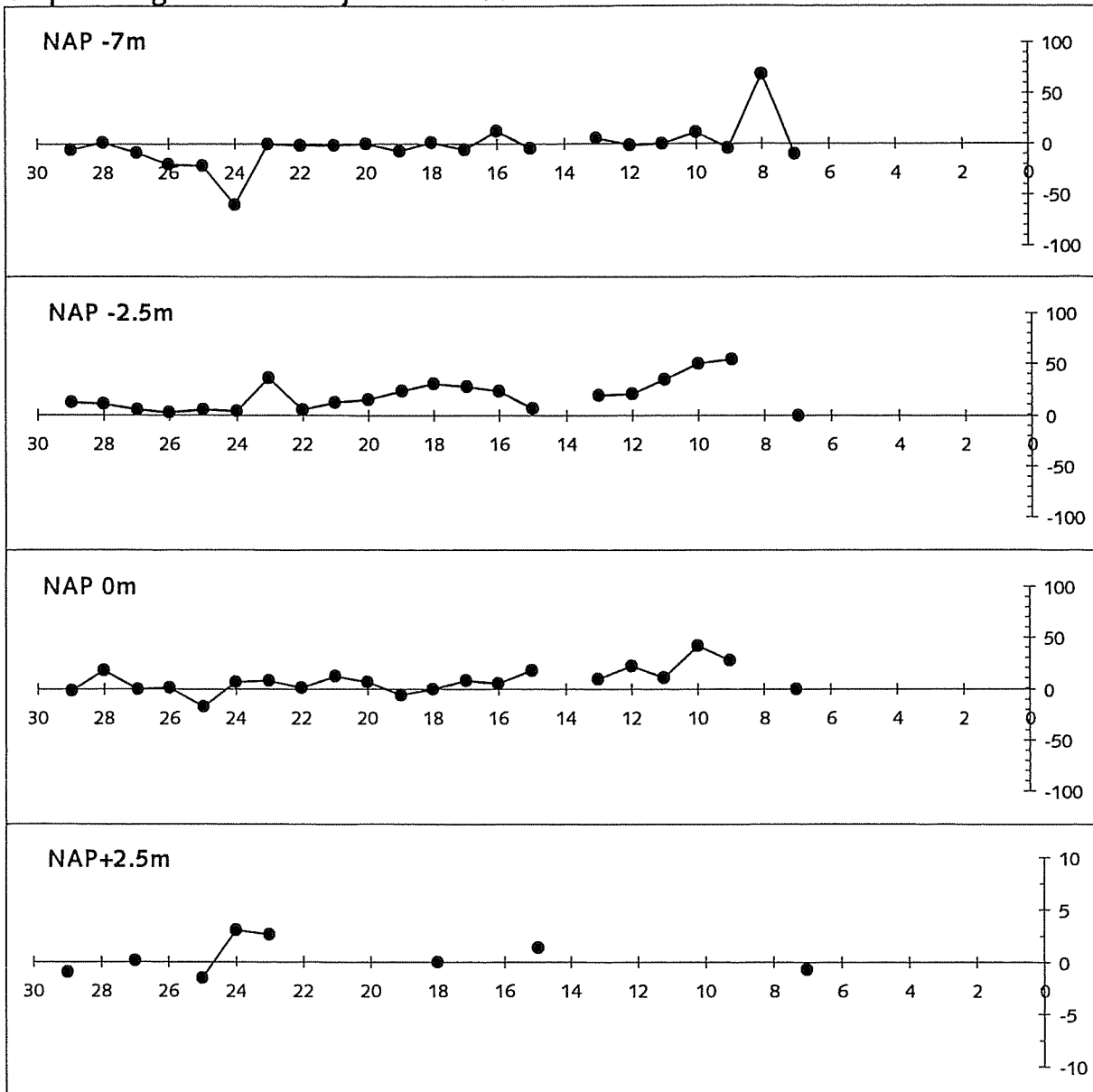
De NAP -7m lijn is voor het grootste gedeelte op dezelfde plek blijven liggen, enige uitzonderingen daar gelaten. Zo zijn profiel 16 en 17 (iets ten zuiden van Zoutelande) naar het Oostgat verschoven, dit betekent dus een uitbreiding van de kustlijn. Sterke uitachteruitgang (rond de 50 meter) bevinden zich bij profiel 18 (tussen Dishoek en Zoutelande) en profiel 24 (noordelijke punt van het Sardijngeul).

De piek van de kustvooruitgang (bij 16 t/m 18) is ook terug te vinden op de NAP -2.5 en de NAP 0m lijn. Wel is deze piek minder hoog (50 m), maar wel over een grotere gebied. Verder zijn voor beide hoogtes een kustvooruitgang te zien ten zuiden van Westkapelle (profiel 9 t/m 12) en ten noorden van Vlissingen (profiel 27 t/m 29).

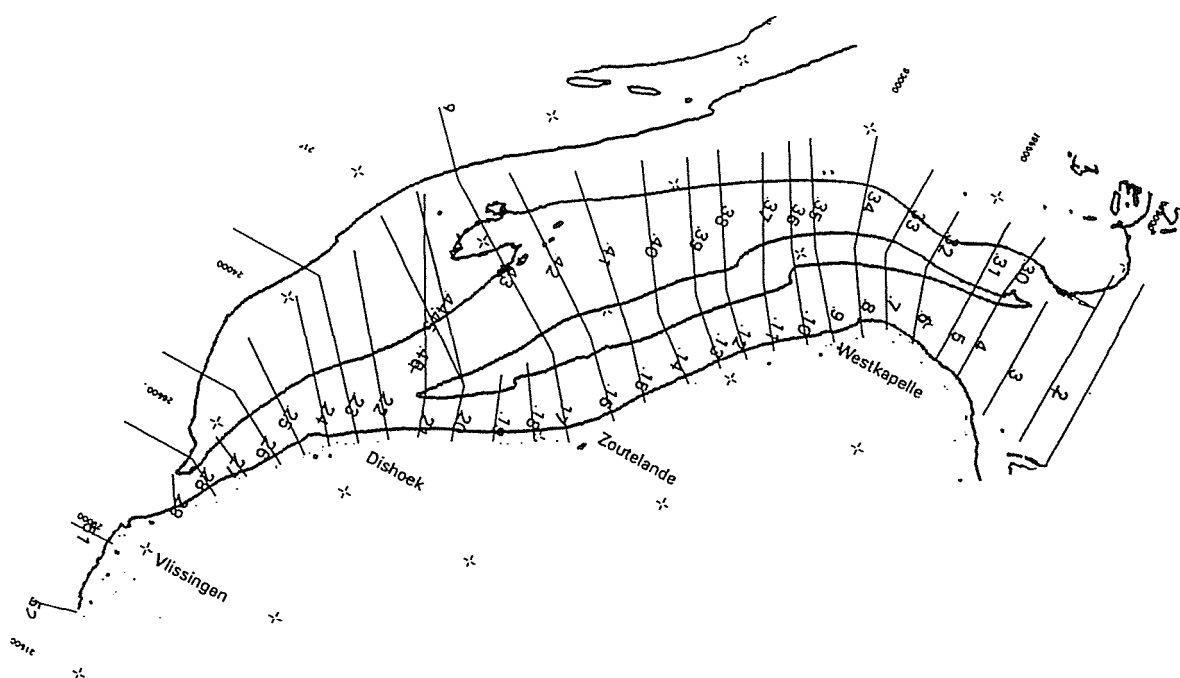
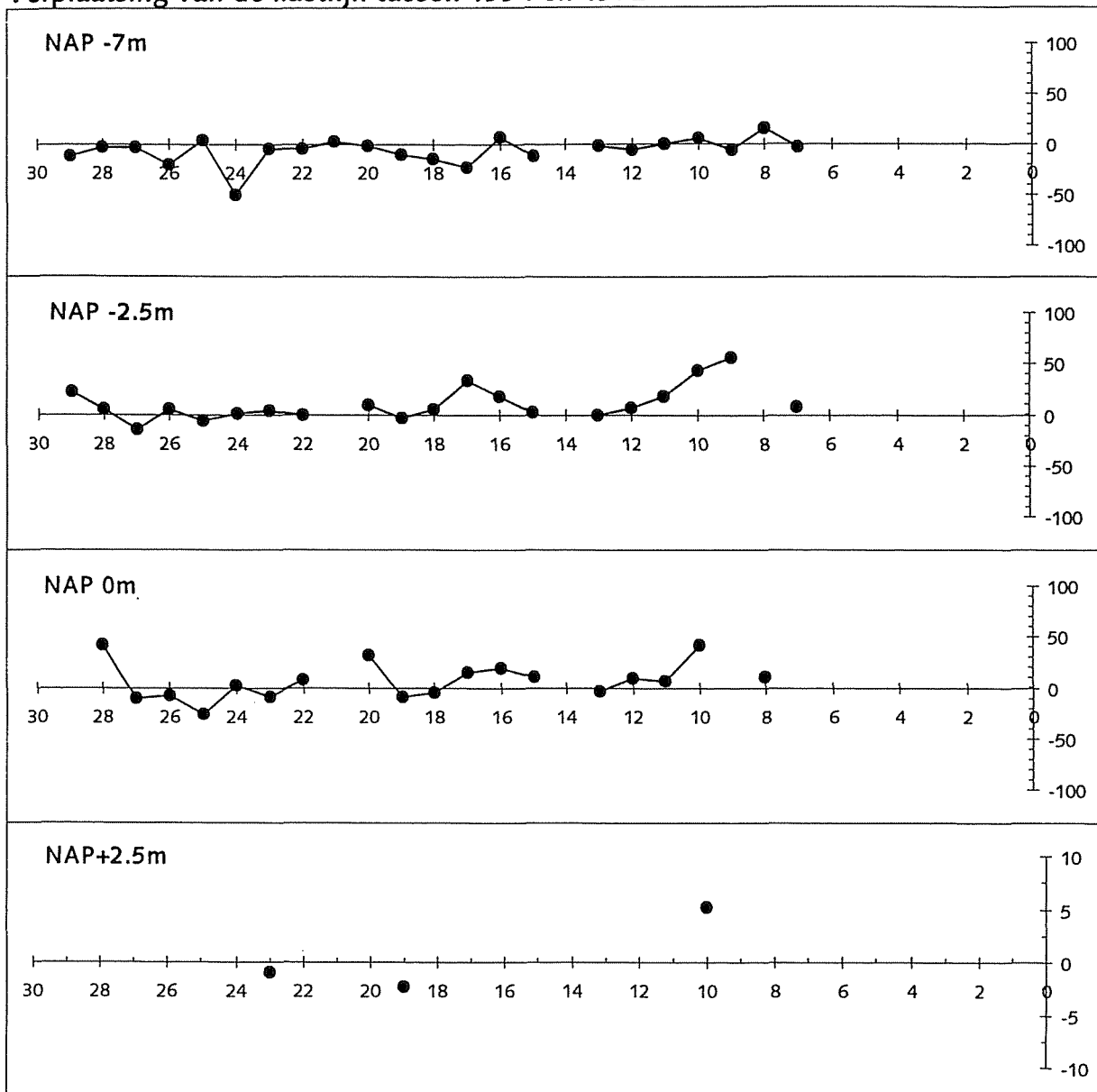
Verplaatsing van de kustlijn tussen 1982 en 1972



Verplaatsing van de kustlijn tussen 1994 en 1982



Verplaatsing van de kustlijn tussen 1994 en 1972



BIJLAGE C4

Verschuiving van de NAP -7m lijn

In bijlage C2 is de verandering van de breedte van de profielen besproken, om er nu achter te komen aan welke zijde het profiel is veranderd, zal de verschuiving van de NAP -7m lijn worden besproken. Voor het Oostgat-systeem is dit dus de verschuiving van de kustzijde en de zijde van het Bankje van Zoutelande. Voor het Deurloo-systeem zijn dit de verschuiving van het Bankje van Zoutelande en de veranderingen van de uitloper tussen de Nolleplaat en de Rassen (zee- ofwel Raanzijde).

Periode 1972 t/m 1982

De veranderingen aan de kust zijn niet groot (zie bijlage C3). Het Bankje van Zoutelande is in het noorden richting het Oostgat verschoven, terwijl tussen Dishoek en Zoutelande het Bankje van het Oostgat af is gemigreerd. Aan de andere zijde van het Bankje van Zoutelande is de NAP -7m lijn voor het overgrote deel naar oosten (Oostgat) gemigreerd. De migratie is groter dan aan de kant van het Oostgat, dit betekent dat het Bankje van Zoutelande op deze plaatsen is versmalt. De NAP -7m aan de zeezijde (Raanzijde) van de Geul van de Rassen en de Deurloo-oost migreert naar het oosten. Blijkbaar verandert het gehele systeem van Deurloo & Geul van de Rassen en Bankje van Zoutelande, maar wordt dit niet direct vertaald in een verplaatsing van de NAP -7m lijn aan de kust.

Periode 1982 t/m 1994

Ook in deze periode zijn de veranderingen van de NAP -7m lijn aan de kust niet groot. In tegenstelling tot de veranderingen aan de andere geulwand van het Oostgat. Op vallende veranderingen zijn de migratie van de NAP -7m lijn in het noorden van het Oostgat (t/m profiel 8) en de veranderingen rond profiel 17. De laatst genoemde veranderingen zijn het gevolg van de zandwinactiviteiten in dit gebied. Aan de andere zijde van het Bankje van Zoutelande is op dezelfde locatie van de zandwinactiviteiten een zelfde migratie naar het westen te zien. Het is niet duidelijk of dit een reactie is op de zandwinning. Verder is opvallend dat direct noordelijk van dit gebied het Bankje van Zoutelande de andere kant op migreert (oosten). Mogelijk is het sediment van dit gebied in het zuiden gezet.

De NAP -7m lijn laat aan de andere zijde van het Deurloo-systeem een redelijk eenduidige verandering van migratie naar het oosten zien. Met uitzondering van de Deurloo en de noordelijke profielen van de Geul van de Rassen.

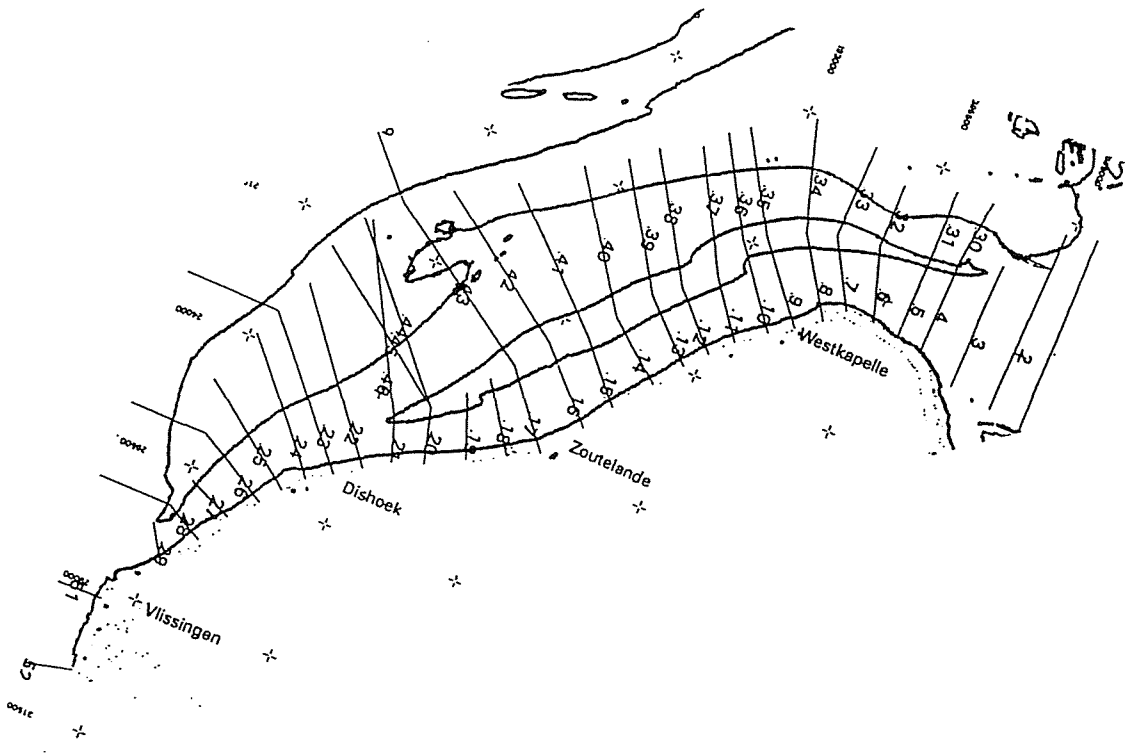
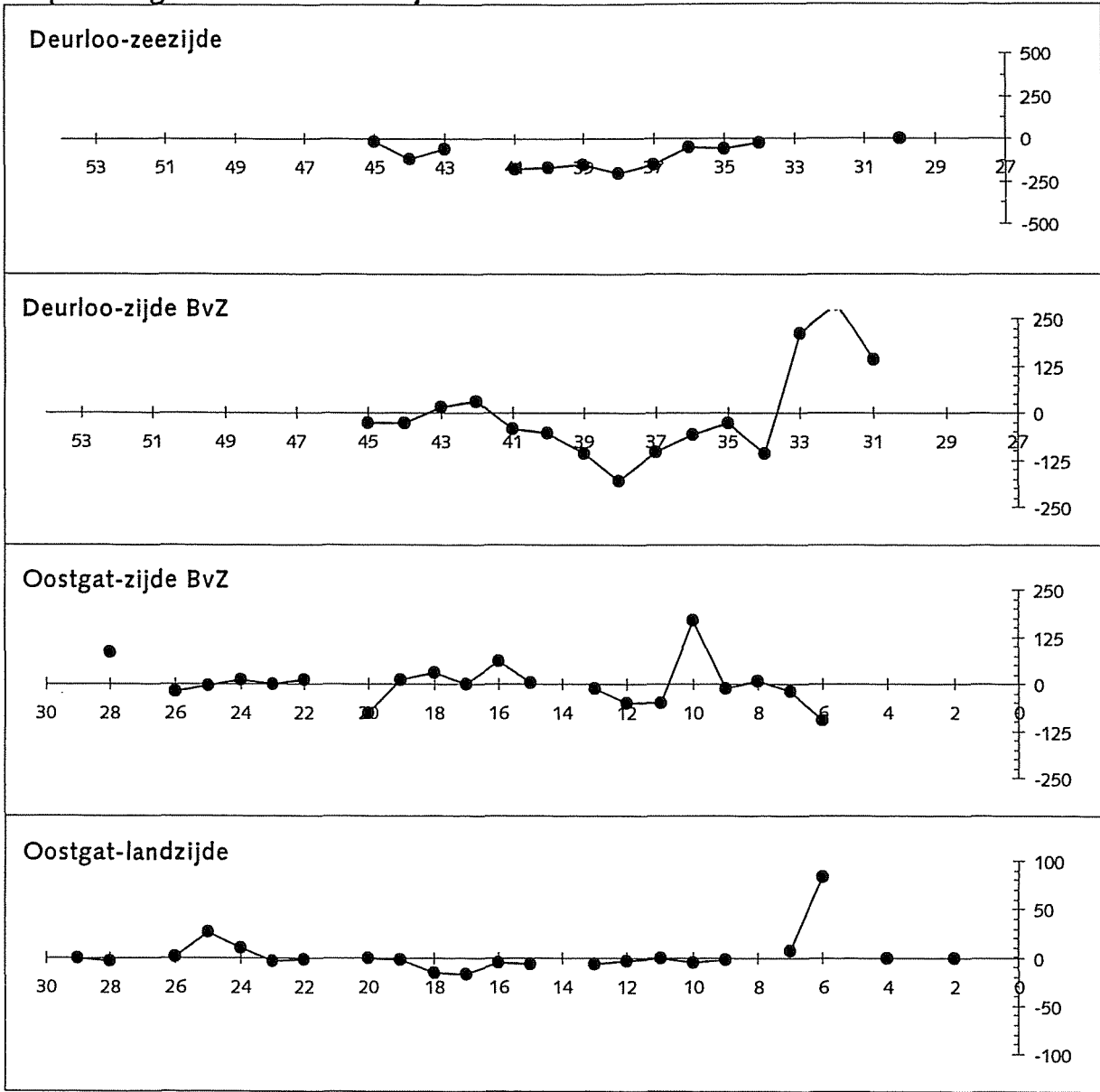
Periode 1972 t/m 1994

In de totale periode komen de migraties als gevolg van de zandwinning en de veranderingen aan de zijde van het Deurloo-systeem van de periode 1982 t/m 1994 duidelijk naar voren. De veranderingen van de twee periodes wegen in de migratie van de NAP -7m lijn aan kustzijde en aan de zeezijde van de Deurloo even zwaar. In de totale periode:

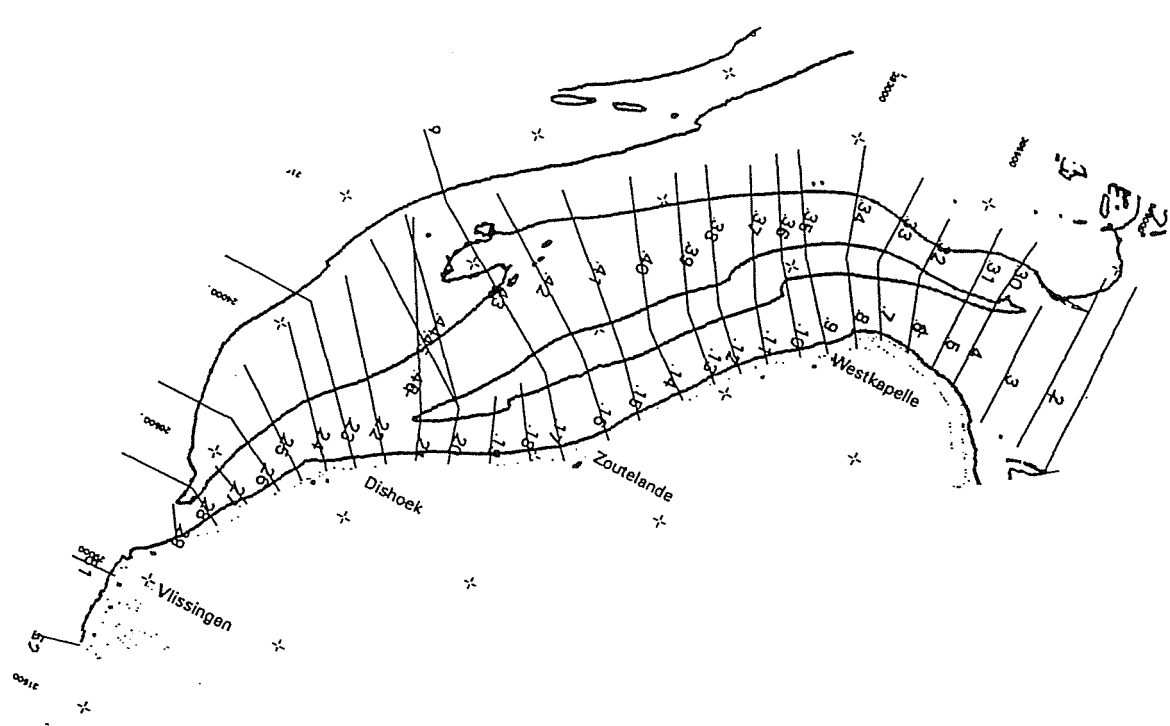
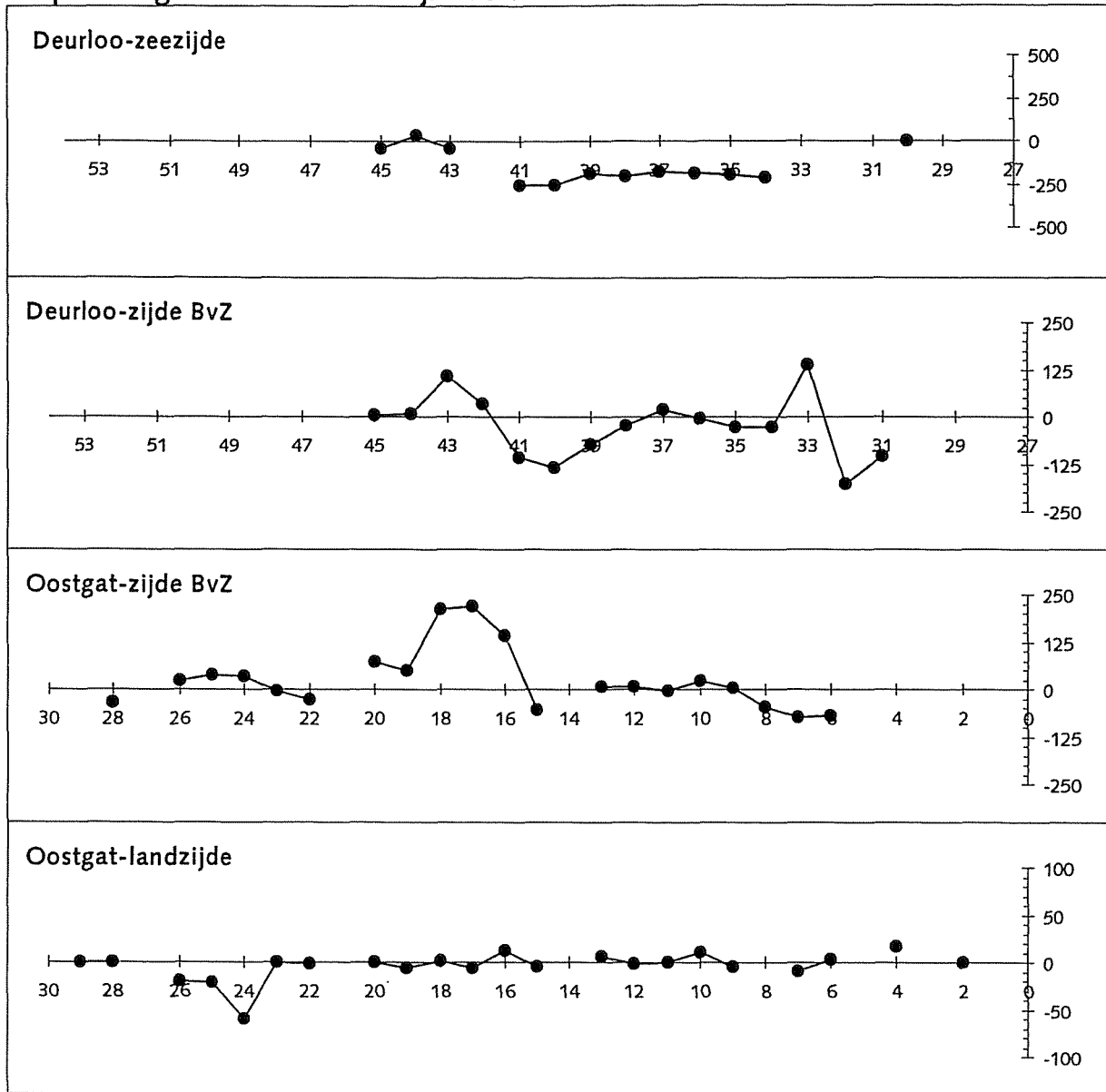
- zijn de veranderingen aan de kustzijde klein
- worden de verandering van de NAP -7m lijn aan de bankzijde van het Oostgat voornamelijk belaad door migratie ten gevolge van zandwinning. In het noorden migreert het Bankje van Zoutelande richting het Oostgat.

- laat de Deurloo-zijde van het Bankje van Zoutelande een wisselend beeld zien, in het zuidelijkste deel migreert het Bankje naar het westen, terwijl ten noorden hiervan het Bankje naar het oosten (Oostgat) migreert.
- migreert de NAP -7m lijn aan de zijde van de Raan naar het oosten, waarbij de veranderingen in het midden deel het grootst zijn.

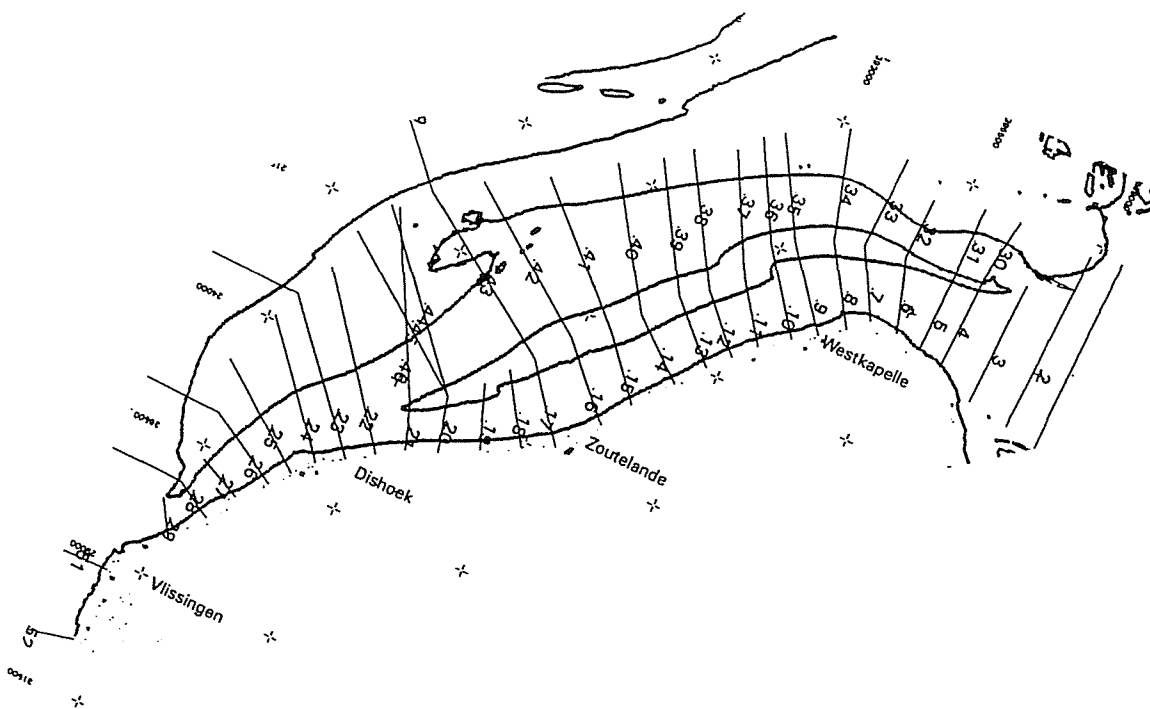
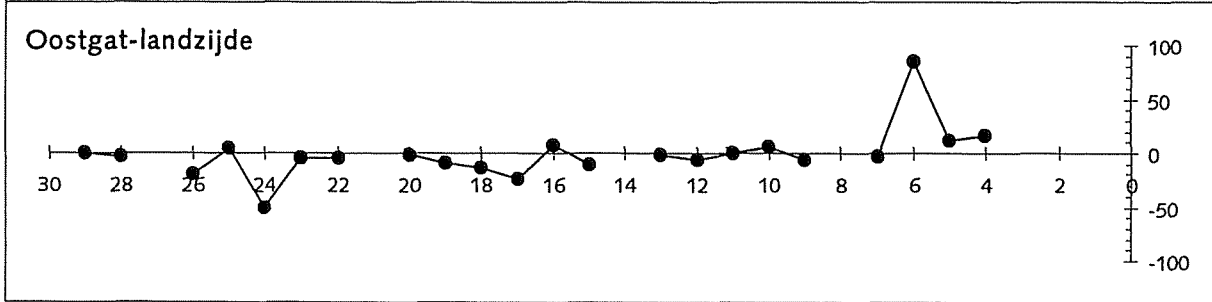
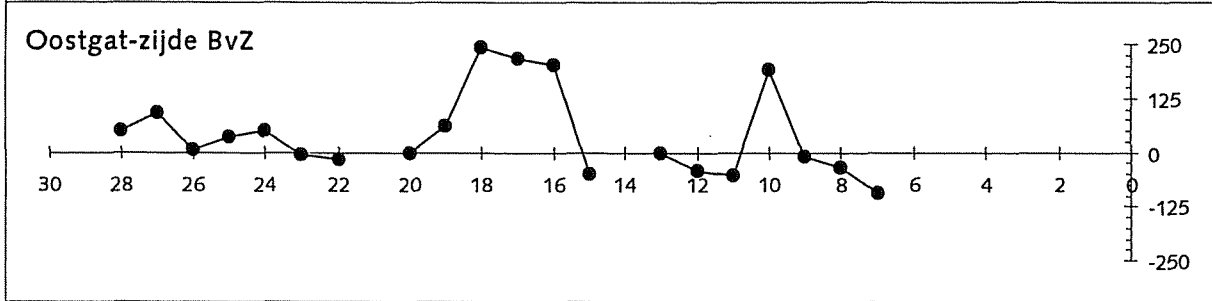
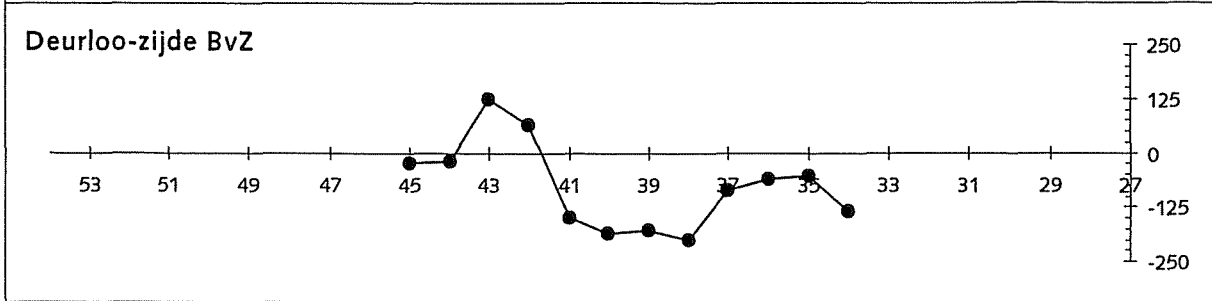
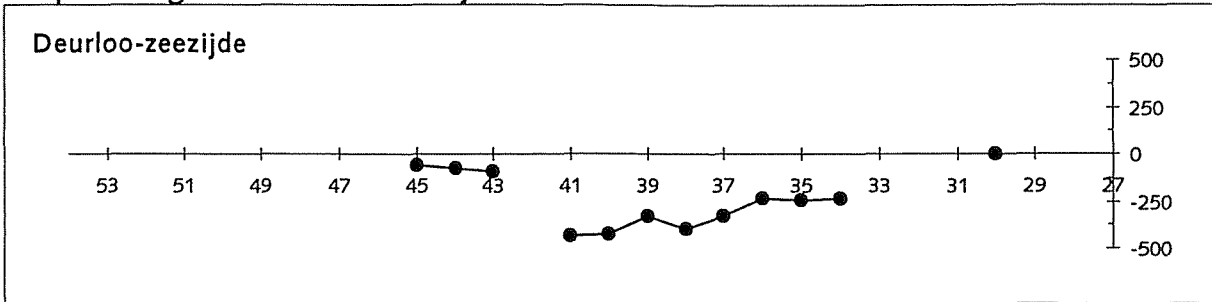
Verplaatsing van de NAP -7m lijn 1982-1972



Verplaatsing van de NAP -7m lijn 1994-1982



Verplaatsing van de NAP -7m lijn 1994-1972



MIGRATIE NAP -7M LIJN ZW-kust Walcheren 1972 t/m 1994

Legenda

- 1994
- 1982
- 1972
- profiel
- PIJL migratie richting

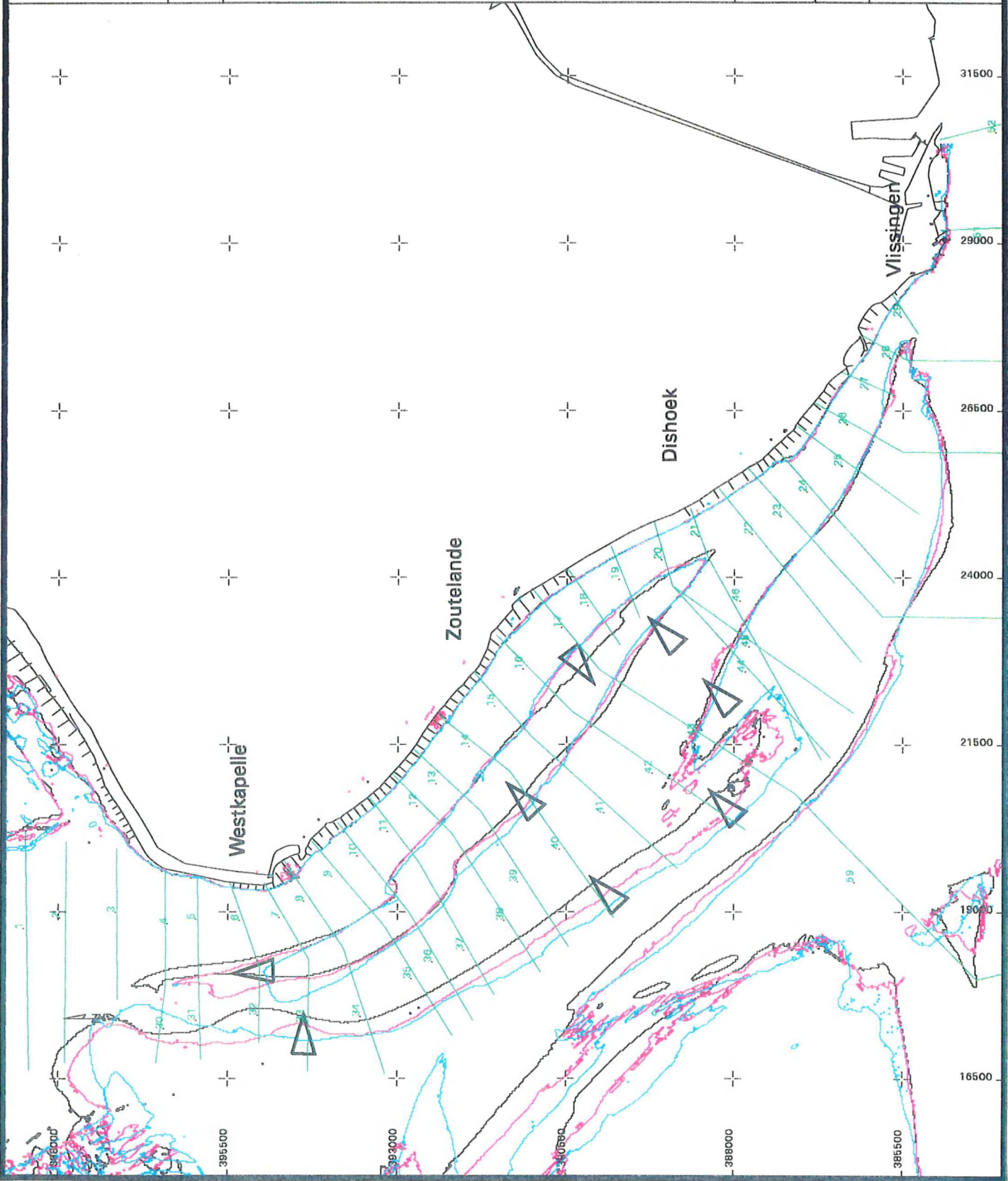
Bijlage C4

Bron: RWS vaklodingen.
Datum: 04-SEP-1998

Schaal 1:80.000



Armenieko van der Silke
Ministerie van Vervoer en Waterstaat
Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg



BIJLAGE C5

Migratie van de geulas

Voor het bepalen van de verschuiving van de geulas zijn twee verschillende methodes gebruikt. Bij de ene methode wordt de geulas bepaald op basis van de ligging van de maximale diepte, bij de andere methode wordt de geulas gebaseerd op de ligging van het zwaartepunt. Hierbij wordt het zwaartepunt gedefinieerd als het punt in het profiel waarvan het doorstroomoppervlak aan beide kanten even groot is.

Oostgat-systeem

In de periode 1972 t/m 1982 verandert de geulas, op basis van de zwaartepunten, van het Oostgat-systeem nauwelijks, de enige veranderingen die zijn berekend, zijn opgetreden bij de Sardijngeul en de Galgeput. De veranderingen van op basis van de maximale diepte geven een fluctuerend beeld weer en schommelen rond de veranderingen op basis van de zwaartepunten (zie figuur).

In de periode 1982 t/m 1994 geven de twee methodes een verschillend beeld weer. De geulas op basis van de zwaartepunten wordt duidelijk beïnvloed door de veranderingen als gevolg van zandwinning. De geulas migreert tussen Zoutelande en Dishoek naar het westen toe. Noordelijk hiervan is de geulas stabiel, met uitzondering van het noordelijkste deel, waar de geulas richting de kust migreert. In de Sardijngeul migreert het zuidelijke deel naar de bank, terwijl het noordelijke deel naar de kust verplaatst.

De veranderingen op basis van de maximale diepte geven het volgende beeld weer: In het Oostgat is de geulas stabiel met enkele uitzonderingen. Er is echter op basis van deze uitzonderingen geen ontwikkeling aan te geven. Ook de veranderingen in de Sardijngeul zijn niet groot.

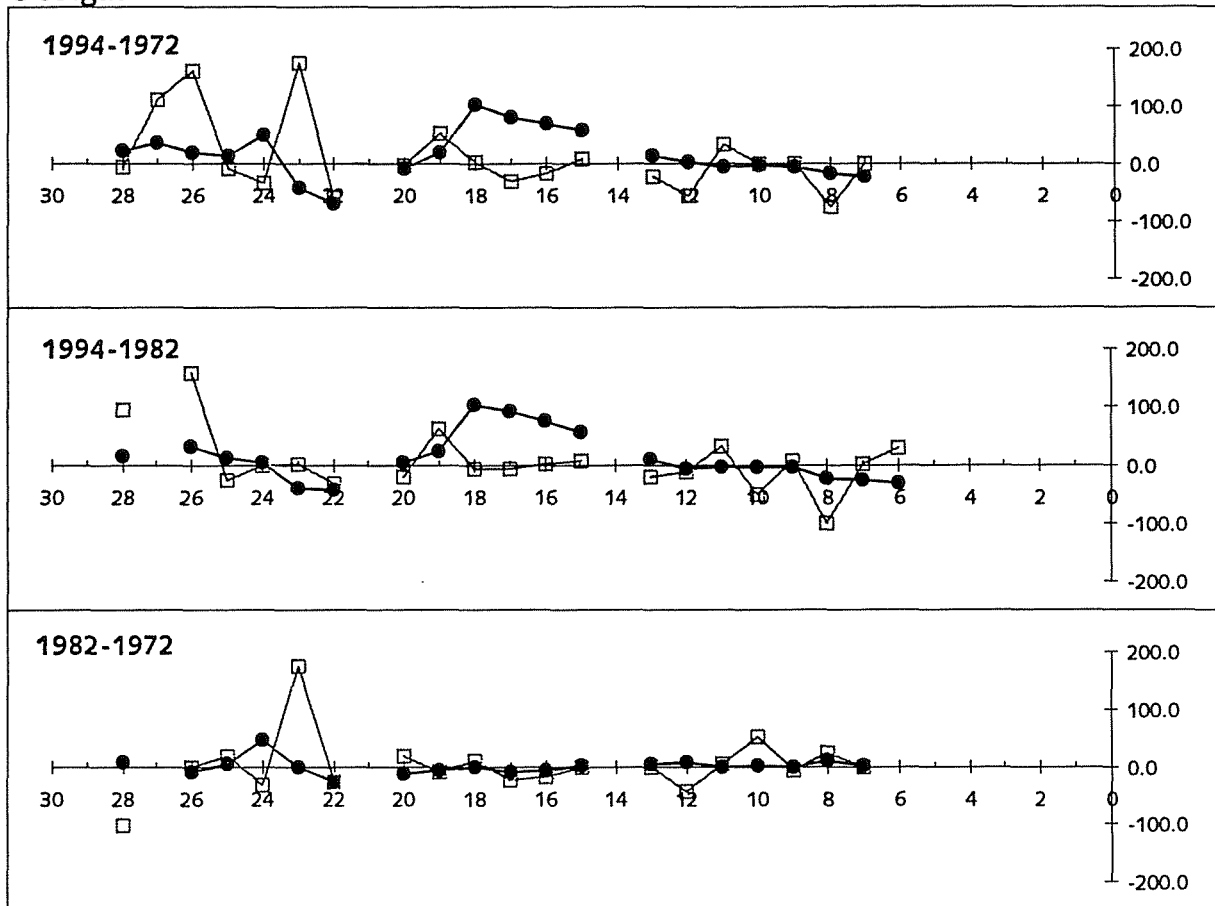
Blijkbaar reageert het diepste deel van de geul niet op veranderingen van de oevers.

Over de gehele periode worden de veranderingen voornamelijk bepaald door de veranderingen in de laatste periode, 1982 t/m 1994, immers de veranderingen in de eerste periode waren zeer gering.

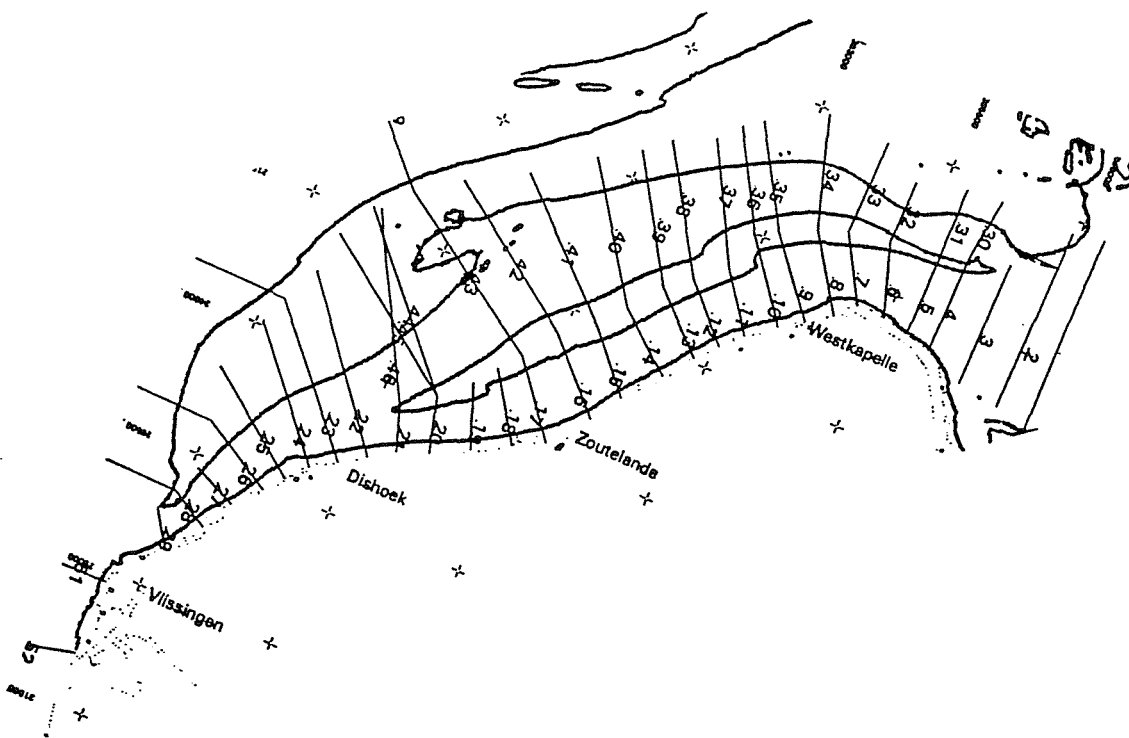
Deurloo-systeem

In de periode van 1972 t/m 1982 geven beide methode ongeveer hetzelfde beeld. De geulas migreert richting het Bankje van Zoutelande met uitzondering van de Deurloo-oost. In de periode daarop laat de verandering van de geulas op basis van de zwaartepunten hetzelfde beeld zien. De verplaatsing van de geulas op basis van de maximale diepte laat tussen de profielen 35 t/m 41 een ander beeld zien. In het noordelijke deel is de geulas stabiel, terwijl in het zuidelijke deel de geulas van het Bankje van Zoutelande migreert (dus tegengesteld aan de andere methode en de andere periode).

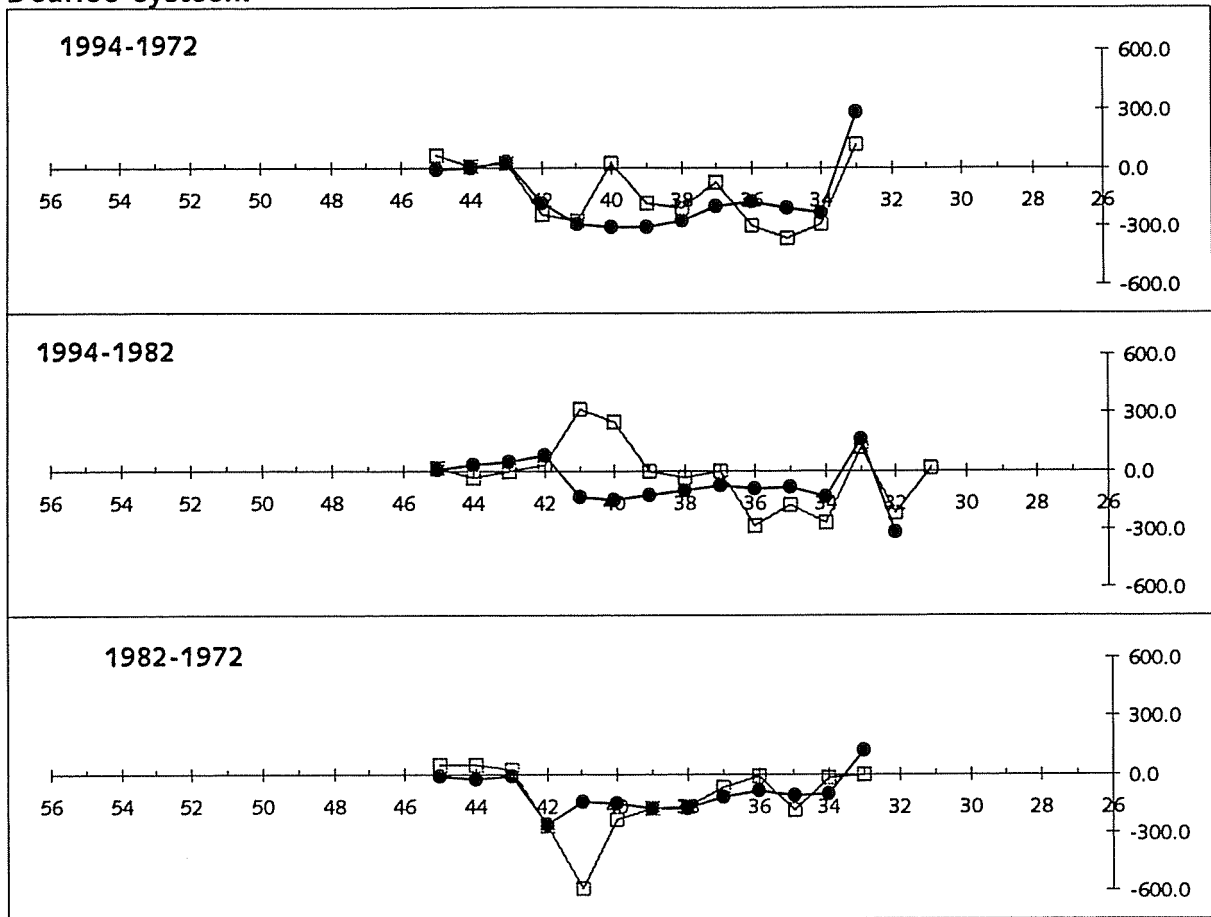
Migratie van de geulas Oostgat



dichte rondjes zijn geulas berekeningen op basis van zwaartepunt
open vierkantjes zijn geulas berekeningen op basis van maximale diepte



Deurloo-systeem



dichte rondjes zijn geulas berekeningen op basis van zwaartepunt
 open vierkantjes zijn geulas berekeningen op basis van maximale diepte

