

**Advies aanleg
geulwandverdediging
Saeftinge**

Advies aanleg geulwandverdediging Saeftinge

B.A. Kornman
A.A. Arends
J.H. Vroon

Werkdocument RIKZ/AB-98.849.x
juli 1998

Samenvatting en conclusies

Vraagstelling

In het kader van de verruimingswerkzaamheden die in 1997 door de Vlaamse overheid zijn gestart, wordt een aantal geulwanden in de Westerschelde bestort. Bij Saeftinge is vanaf Baalhoek een bestorting voorzien van 6 km lengte. Door de Directie Zeeland is besloten de lengte van de geplande verdediging opnieuw in beschouwing te nemen. Het RIKZ is om advies gevraagd.

Het advies betreft een prognose voor de korte, middellange en lange termijn voor een viertal varianten:

- Geen aanleg geulwandverdediging.
- Aanleg van 1 kilometer verdediging vanaf Baalhoek.
- Aanleg van 3 kilometer verdediging vanaf Baalhoek.
- Aanleg van 6 kilometer verdediging vanaf Baalhoek.

De prognose betreft de volgende aspecten :

- De ontwikkeling van het geulenpatroon en het bijbehorende stromingspatroon in de omgeving.
- De verandering van de slikken, schorren en ondiepwatergebieden in de omgeving.
- De verandering in de omvang van het baggerwerk in de omgeving.

Op basis van de prognose worden de varianten met elkaar vergeleken. Een keuze voor een van de varianten wordt hier niet gemaakt, aangezien behalve fysische parameters ook andere aspecten een rol spelen. Dit valt onder verantwoordelijkheid van Directie Zeeland.

Prognose voor de situatie zonder geulwandverdediging.

Op basis van een analyse van de huidige toestand en de waargenomen ontwikkelingen in het oostelijk deel van de Westerschelde is de verwachting dat, indien de geulwandverdediging niet wordt aangelegd, er geen grootschalige morfologische veranderingen zullen optreden. Dat wil zeggen:

- De hoofdgeul - Zuidergat en Overloop van Valkenisse - blijft in grote lijnen op zijn plaats. Al vanaf 1800 vertoont de geul een stabiele ligging. Alleen na 1930 heeft de geul zich in zuidelijke richting verplaatst. Westelijk van Baalhoek is de geul vastgelegd. Deze geulwandverdediging, de verdediging ter plaatse van Bath en de baggerwerken op de drempel van Valkenisse zorgen er voor dat de bewegingsvrijheid nog maar zeer beperkt is.
- De Schaar van de Noord zal niet doorbreken. De morfologische ontwikkeling van de Schaar van de Noord is sterk afhankelijk van de hoeveelheden baggerspecie die in de geul gestort worden. Omdat de stortingen minder worden, zal de schaar zich wel sterker gaan ontwikkelen.

Binnen deze min of meer stabiele situatie wordt het volgende verwacht :

- De geulwand voor Saeftinge zal blijven inscharen tot de maximale uitbocht van ongeveer 300 meter. De afgelopen decennia is de geulwand bij Saeftinge met gemiddeld 6 m/j ingeschaard. Hierbij vertoont de inscharingssnelheid een grote variatie in tijd en ruimte. Er valt geen relatie met de vorige verdieping te leggen. Als er een relatie is dan wordt deze blijkbaar verstoord door morfologische veranderingen van de Schaar van Valkenisse, de Schaar van de Noord, de speciëstortingen voor het schor en de meetonnauwkeurigheid.
- Door deze inscharing zal de schorrand eroderen. Vanwege het nieuwe stortbeleid is er geen extra aanvoer van sediment meer waardoor het slik zal verlagen. De schorrand zal hierdoor eroderen. Deze beide ontwikkelingen vertalen zich in een achteruitgang in schorareaal en een verlaging van de slikken. Het ondiepwatergebied zal weinig veranderen.
- Door de verdere inscharing zal geen gevaar ontstaan voor een hinderlijke dwarsstroom veroorzaakt door de Schaar van Valkenisse en de Schaar van de Noord.
- Op langere termijn zal de baggerinspanning op de drempel gaan toenemen omdat de stroom in de hoofdgeul bij eb en vloed geleidelijk verder uit elkaar gaan lopen. Ook in de binnenbocht zal de baggerinspanning gaan toenemen omdat als gevolg van het uitbochten van de geul de platen zullen uitbouwen, hetgeen niet wordt toegestaan.

Prognose voor de situatie met geulwandverdediging

- De inscharing van de Overloop van Valkenisse wordt door een geulwandverdediging met een lengte van minimaal 3 km tegengegaan, zodat geen extra schorerosie als gevolg van inscharing zal optreden.
- Bij de aanleg van een geulwandverdediging verandert een deel van het substraat van het ondiepwatergebied in stortsteen.
- Als gevolg van het niet meer storten van baggerspecie zullen de slikken voor Saeftinge gaan verlagen. De aanleg van een geulwandverdediging zal dit proces niet stoppen. Door de verlaging van het slik zal schorranderosie plaatsvinden.
- Na aanleg van een geulwandverdediging zal het geulprofiel verdiepen en versmallen. Als gevolg hiervan zal in de binnenbocht van de Overloop van Valkenisse meer gebaggerd moeten worden om de vaarroute te handhaven. De verandering in baggerinspanning op de drempel is lastig te voorspellen. Op basis van modelberekeningen van een vergelijkbare situatie elders, is de verwachting dat ook op de drempel meer zal moeten worden gebaggerd in verband met de toegenomen transportcapaciteit van de geul.
- Door de aanleg van een geulwandverdediging bestaat het risico dat bij de uitloop van de Schaar van Valkenisse een hinderlijke dwarsstroom zal ontstaan omdat de Overloop van Valkenisse niet de mogelijkheid heeft uit te bochten. Het is echter ook mogelijk dat een sterke stroming in de Overloop van Valkenisse de uitstroom van de Schaar van Valkenisse verplaatst waardoor de dwarsstroom wordt verminderd. Of dit effect optreedt hangt af van de snelheden door de Overloop van Valkenisse. Hoe groter de lengte van de aan te leggen geulwandverdediging, hoe groter het risico dat een hinderlijke dwarsstroom ontstaat.

Vergelijking varianten

In tabel 1 zijn de effecten van 2 varianten (geen geulwandverdediging en één met een lengte van 3 km) weergegeven op de fysiotopen, stroming en baggeromvang. Hierbij is in de tijd onderscheid gemaakt tussen korte termijn (KT), middellange termijn (MT) en lange termijn (LT).

Conclusies

Op grond van deze studie waarin alleen gekeken is naar verandering van de fysische parameters (fysiotopen, stroming en baggeromvang) kan geconcludeerd worden dat in de situatie zonder geulwandverdediging schorerosie zal optreden. Deze zal op de lange termijn maximaal 3% van het totale schoroppervlak van Saeftinge bedragen. Voor de stroming zijn weinig negatieve effecten te verwachten. De baggeromvang zal toenemen ten opzichte van de huidige situatie.

Het aanleggen van een geulwandverdediging met een lengte van 3 km legt de geul zover vast dat verdere inscharing van de Overloop van Valkenisse niet zal plaatsvinden. Er bestaat een kans dat bij een sterker ontwikkelde Schaar van Valkenisse een hinderlijke dwarsstroming ontstaat. De baggerhoeveelheden zullen toenemen ten opzichte van de huidige situatie.

Aanleg van 1 km geulwandverdediging is vergelijkbaar met het alternatief zonder verdediging.

Een geulwand met een lengte van 6 km is een overdimensionering ten opzichte van het alternatief met een lengte van 3 km.

tabel 0.1 : Overzicht van de fysische gevolgen bij 0 en 3 km geulwandverdediging voor de korte, middellange en lange termijn.

Beoordelings- criterium	fysiotopen			stroming			baggeromvang
	k.t.	m.t.	l.t.	k.t.	m.t.	l.t.	l.t.
0 km lengte	schorrosie : max. orde 15 ha ondiepwaterareaal : geen verandering	schorrosie : max. orde 30 ha ondiepwaterareaal : geen verandering	schorrosie : max. orde 60 ha ondiepwaterareaal : geen verandering	geen nadelige gevolgen	geen nadelige gevolgen	geen nadelige gevolgen	toename
3 km lengte	schorrosie : 0 ha ondiepwaterareaal : t.p.v. verdediging stortsteen i.p.v. zand	schorrosie : 0 ha ondiepwaterareaal : t.p.v. verdediging stortsteen i.p.v. zand	schorrosie : 0 ha ondiepwaterareaal : t.p.v. verdediging stortsteen i.p.v. zand	geen nadelige gevolgen	kans op hinderlijke dwarsstroom	kans op hinderlijke dwarsstroom	toename

Vergelijking alternatieven

- De verschillen tussen de 1 km variant en de 0 km variant zijn binnen de huidige studie niet te onderscheiden. Dit geldt ook voor de 6 en 3 km variant.
- Een belangrijk onderscheid tussen de varianten is de schorranderosie. Door aanleg van de geulwandverdediging zal geen extra schorrosie optreden als gevolg van de inscharing van de Overloop van Valkenisse. De waarden die in de tabel gegeven worden zijn de *maximale* waarden. In alle gevallen zal schorranderosie plaatsvinden, in de orde van 60-80 ha op de lange termijn, als gevolg van het wegvallen van extra aanvoer sediment.
- Bij aanleg van een geulwandverdediging bestaat de kans dat hinderlijke dwarsstroming ontstaat. Zonder geulwandverdediging zal dat niet gebeuren.
- Zowel met als zonder verdediging zal de baggerinspanning toenemen, zowel in de binnenbocht als op de drempel. Onderscheid tussen de varianten en de termijnen is echter niet mogelijk omdat de oorzaken verschillend zijn en binnen de huidige studie niet kunnen worden gekwantificeerd.
- Het slikareaal zal op de lange termijn voor alle varianten toenemen t.o.v. de huidige situatie.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	1
1. Inleiding	6
1.1 Inleiding	6
1.2 Vraagstelling	6
1.3 Probleemanalyse	6
1.4 Studie opzet en afbakening.....	7
2. Ingrepen, waargenomen ontwikkelingen en huidige toestand	9
2.1 Ingrepen	9
2.2 Stroming	10
2.2.1 Inleiding	10
2.2.2 Stroming.....	10
2.2.3 Verwachte ontwikkelingen als gevolg van verdieping.....	11
2.3 Morfologie	11
2.3.1 Grootschalige ontwikkelingen in de hoofd- en nevengeulen.....	11
2.3.2 Geulwand ontwikkelingen	12
2.3.3 Schorren en slikken	14
2.3.4 Schaar van de Noord.....	15
2.3.5 Drempels	16
3. Toekomstige ontwikkelingen	17
3.1 Geen geulwandverdediging	17
3.1.1 Morfologische ontwikkeling Zuidergat-Overloop van Valkenisse	17
3.1.2 Effect op fysiotopen	18
3.1.3 Effect op stroombeeld	19
3.1.4 Effect op baggerhoeveelheden	19
3.2 Geulwandverdediging met een lengte van 1 km.....	19
3.3 Geulwandverdediging met een lengte van 3 km.....	20
3.3.1 Effect op fysiotopen	20
3.3.2 Effect op stroombeeld	20
3.3.3 Effect op baggerhoeveelheden	21
3.4 Geulwandverdediging met een lengte van 6 km.....	21
3.4.1 Effect op fysiotopen	21
3.4.2 Effect op stroombeeld	21
3.4.3 Effect op baggerhoeveelheden	21
4. Aanbevelingen	22
5. Literatuur.....	23

Bijlage 1 : Figuren

Bijlage 2 : Geulbodemprofielen

Lijst van figuren

- Figuur 1.1 : Overzicht onderzoeksgebied.
 Figuur 1.2 : Onderlinge samenhang tussen morfologie en hydrodynamica van geulen in het studiegebied.
 Figuur 2.1 : Ligging bestaande en geplande geulwandverdedigingen oostelijk deel Westerschelde.
 Figuur 2.2 : Baggerhoeveelheden bij de Platen van Valkenisse, de Overloop van Valkenisse en de drempel van Valkenisse.
 Figuur 2.3 : Storthoeveelheden Boei 63, Konijnenschor, Schaar van de Noord en Valkenisse gebied.
 Figuur 2.4 : Ruimtelijke variantie in eb- en vloeddominantie van de primaire stroomcomponent (Jeuken, 1992).
 Figuur 2.5 : Ligging profielen.
 Figuur 2.6 : Ontwikkeling Schaar v.d. Noord vs. ontwikkeling Nauw v. Bath.
 Figuur 3.1 : Inscharing Overloop van Valkenisse zonder geulwandverdediging.
 Figuur 3.2a: Stroomsnelheden tijdens maximale vloed.
 Figuur 3.2b: Stroomsnelheden tijdens maximale eb.
 Figuur 3.3 : Inscharing Overloop van Valkenisse met geulwandverdediging van 3 km.

Lijst van tabellen

- Tabel 0.1 : Overzicht van de fysische gevolgen bij 0 en 3 km geulwandverdediging voor de korte, middellange en lange termijn.
 Tabel 2.1 Inscharing Overloop van Valkenisse, 1955-1996.
 Tabel 2.2 Inscharing Overloop van Valkenisse.
 Tabel 2.3 Inscharing berekend voor de verschillende opties voor de lengte van verdedigen.
 Tabel 2.4 Ontwikkeling noordelijke schorrand van Konijnenschor, Marlemonse Plaat en Zouterik.

1. Inleiding

1.1 Inleiding

In het kader van de verruimingswerkzaamheden (verdieping 48'/43'), die in 1997 door de Vlaamse overheid zijn gestart, wordt een aantal geulwanden in de Westerschelde verdedigd. Bij Saeftinge is vanaf Baalhoek een verdediging voorzien van 6 km lengte. De verdediging begint op de bodem van de geul en eindigt op NAP -2m en bestaat uit stortsteen, fosfor- en staalslakken. De uitvoering van de werkzaamheden is gepland vanaf het tweede kwartaal van 2000.

Door de directie Zeeland is besloten de lengte van de geplande verdediging opnieuw in beschouwing te nemen. Dit naar aanleiding van de conclusies van het project Oostwest (afname van de morfologische dynamiek in het oostelijk deel van de Westerschelde), het veranderd waterbeleid (veerkrachtige systemen) en het besef dat erosie van het schor geen probleem hoeft te zijn, mits de erosie beperkt blijft en de veiligheid van de waterkering niet in het geding is.

1.2 Vraagstelling

Naar aanleiding van bovenstaande heeft Directie Zeeland in een brief van 17 februari 1998 het RIKZ gevraagd een advies op te stellen waarin een prognose wordt gedaan over de morfologische en hydrodynamische ontwikkelingen in het desbetreffende gebied bij verschillende lengten van verdedigen voor respectievelijk de korte, middellange en lange termijn. Dit advies kan door DZL gebruikt worden om het besluit t.a.v. de aanleg van de geulwandverdediging nader te beschouwen.

Verzocht werd de volgende vragen te beantwoorden:

- Hoe ontwikkelt zich het geulenpatroon en het bijbehorende stromingspatroon in de omgeving?
- Hoe veranderen het oppervlak en de kwaliteit van de verschillende fysiotopen?
- Hoe ontwikkelt zich het baggerwerk in de omgeving?

De prognose bestrijkt een periode tot 10 jaar (KT), 25 jaar (MT) en 50 jaar (LT) waarbij de volgende opties van verdedigen in beschouwing dienen te worden genomen:

- Geen aanleg geulwandverdediging.
- Aanleg van 1 kilometer verdediging vanaf Baalhoek.
- Aanleg van 3 kilometer verdediging vanaf Baalhoek.
- Aanleg van 6 kilometer verdediging vanaf Baalhoek.

Een uitgangspunt bij het maken van de prognose is dat de betonning in de binnenbocht van het Zuidergat/Overloop van Valkenisse gehandhaafd blijft. Dit betekent dat eventuele uitbreiding van de platen van Valkenisse zal worden weggebaggerd.

1.3 Probleemanalyse

De geulwandverdediging die in het kader van de verruimingswerkzaamheden bij Saeftinge aangelegd zou moeten worden, dient drie doelen:

- Het voorkomen van ongewenste stroombeelden die de veiligheid van de scheepvaart kunnen verminderen.
- Het voorkomen van extra baggerwerk ten gevolge van verslechtering van de stromingspatronen ter plaatse van de drempels.
- Het voorkomen van (versnelde) verdergaande afslag van het slik en schor van Saeftinge.

De eerste doelstelling geeft aan dat met de prognose van de stroombeelden moet kunnen worden beoordeeld hoe de veiligheid van de scheepvaart door de verschillende beheersopties wordt

beïnvloed. Twee gebieden zijn hierbij met name van belang: het gebied nabij Baalhoek, waar de geulwandverdediging Baalhoek ophoudt en de geulwandverdediging Saeftinge al dan niet begint, en op de plaats waar de Schaar van de Noord in het Vaarwater boven Bath uitstroomt (zie figuur 1.1).

Vanaf de plaats waar de geulwandverdediging Baalhoek ophoudt kan ter plaatse van Saeftinge erosie gaan opgetreden c.q. versneld doorgaan waardoor de Overloop van Valkenisse zich verder naar het zuiden gaat verleggen en de aansluiting met het Nauw van Bath minder vloeiend wordt. Doordat de weg die het water moet volgen langer wordt en als gevolg daarvan de weerstand toeneemt, kan ook de kortsluiting via de Schaar van de Noord belangrijker worden. De Schaar van de Noord kan zich gaan ontwikkelen ten koste van het Nauw van Bath, waardoor op de plaats waar deze uitmondt in het nauw van Bath sterkere en mogelijk hinderlijke dwarsstromen ontstaan. In het verleden zijn dergelijke problemen ook opgetreden op de plaats waar de Zimmermangeul uitmondt in de overloop van Valkenisse/Nauw van Bath.

De tweede doelstelling maakt impliciet duidelijk dat de verwachting is dat door de aanleg van de geulwandverdediging de waterbeweging ter plaatse van de drempel van Valkenisse wordt geconcentreerd, zodat de baggerinspanning wordt geminimaliseerd. Zonder een verdediging verandert, zoals hiervoor is beschreven, de aansluiting de Overloop van Valkenisse en Nauw van Bath en hiermee ook de aanstroming van de drempel waardoor de baggerinspanning kan toenemen. Ook voor de drempel van Bath geldt dat de baggerinspanning kan toenemen indien de Schaar van Noord de watervoerende functie van het Nauw van Bath (deels) gaat overnemen. Ook de baggerinspanning ter plaatse van de Platen van Valkenisse en de Overloop van Valkenisse kan toenemen omdat er (versterkt) een proces van plaatuitbreiding op gang kan komen, dat niet wordt toegestaan.

De derde doelstelling geeft impliciet aan dat de afslag van Saeftinge als negatief wordt ervaren. Aanleg van een harde constructie om erosie tegen te gaan is echter in strijd met de doelstelling om de natuurlijke processen in de Westerschelde zoveel mogelijk hun gang te laten gaan. Bij het niet aanleggen van de verdediging zal de Overloop van Valkenisse verder uitbochten waardoor de schorerosie bij Saeftinge kan toenemen. Gedeeltelijk aanleggen van de geulwandverdediging kan de bocht wellicht zodanig vastleggen dat de erosie bij Saeftinge tegen gegaan wordt.

Vanwege de nieuwe inzichten in morfodynamiek en standpunten in het beleid van de Westerschelde is besloten een studie uit te voeren naar de effecten van het niet of gedeeltelijk aanleggen van de geulwandverdediging, randvoorwaarde daarbij is dat de waterkering niet in gevaar mag komen, voor de scheepvaart geen ongewenste stromingen optreden en de schorerosie beperkt blijft.

1.4 Studie opzet en afbakening

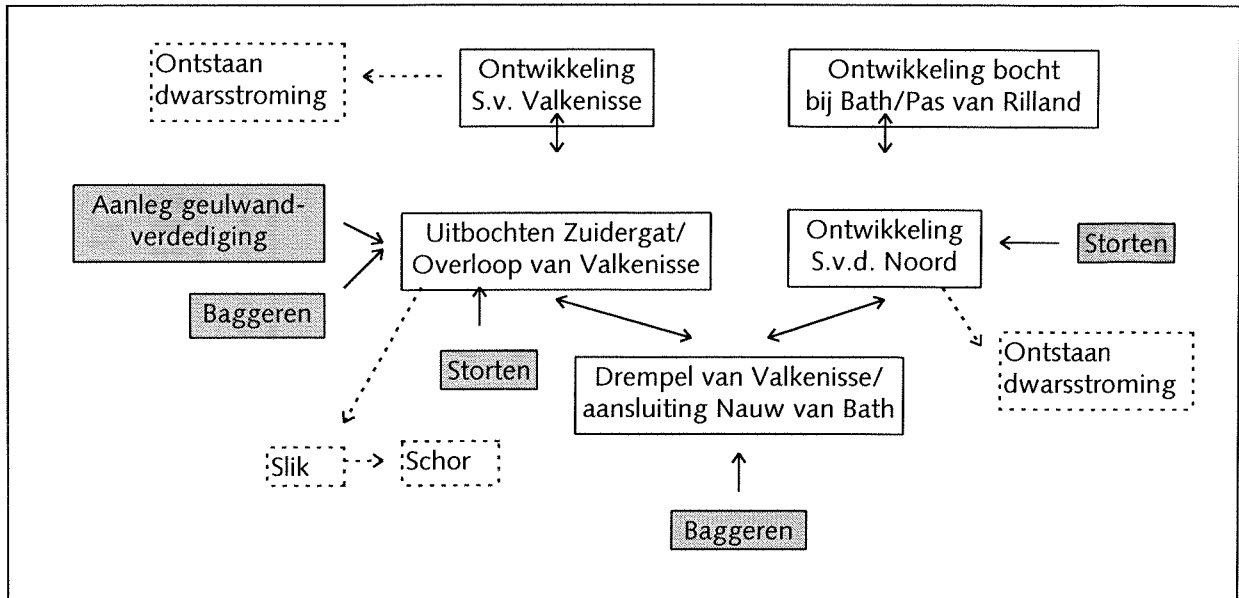
Saeftinge is gesitueerd in het oostelijk deel van de Westerschelde. In figuur 1.1 is een kaart weergegeven van het gebied rond Saeftinge en de ligging van de geulen en platen. In deze studie zal het accent liggen op de morfologische en hydropynamische ontwikkeling van het gebied, zowel in het verleden als in de toekomst.

In figuur 1.2 staat aangegeven waarvan de ontwikkeling van het Zuidergat/Overloop van Valkenisse en de Schaar van de Noord afhankelijk is. In de witte rechthoeken staan de 5 geulen die in het studiegebied van belang zijn. De onderlinge pijlen geven aan dat een verandering in een geul een verandering in een andere geul teweeg kan brengen. In de grijze rechthoeken staan invloedsfactoren die door de mens uitgeoefend kunnen worden. Baggeren en storten zijn continue ingrepen waarvan storten het best als stuurparameter gebruikt kan worden. Het aanleggen van een geulwandverdediging is een eenmalige starre ingreep.

De gestippelde pijlen geven aan dat een veranderde geulligging of -omvang van invloed is op de slik en schor ontwikkeling (Overloop van Valkenisse), het ontstaan van eventuele dwarsstromen

(Schaar van Valkenisse en Schaar van de Noord) en de omvang van het baggeren (binnenbocht overloop van Valkenisse en de drempel van Valkenisse).

In deze studie zullen eerst de waargenomen morfologische en hydraulische ontwikkelingen worden onderzocht zodat mede op basis daarvan een prognose voor de toekomst gedaan kan worden. Daarna zal voor de vier varianten (0, 1, 3 en 6 km) van de geulwandverdediging een prognose gegeven worden voor de korte, middellange en lange termijn. Deze prognose zal zich richten op de gevolgen voor het slik, het schor en ondiep watergebied, de veranderingen in de stroming en de toe- of afname van de baggerhoeveelheden.



Figuur 1.2 : Onderlinge samenhang tussen morfologie en hydrodynamica in het studiegebied.

2. Ingrepen, waargenomen ontwikkelingen en huidige toestand

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de stroming, ingrepen (baggeren, storten en aanleg verdedigingen) en de ontwikkeling van de geulwand, het slik en het schor die in het gebied rond Saeftinge hebben plaatsgevonden sinds 1955. De grootschalige ontwikkelingen van het hoofd- en nevengeulen gebied en de ontwikkelingen in de Schaar van de Noord worden voor respectievelijk de periodes 1800-1996 en 1860-1996 beschreven.

Dit is gebaseerd op de beschikbare literatuur en op onderzoek dat in het kader van de vraag van de beheerder is uitgevoerd.

2.1 Ingrepen

Geulwandverdedigingen

Stroomafwaarts van de geplande geulwandverdediging in de buitenbocht van de Overloop van Valkenisse zijn of worden in de buitenbocht van het Zuidergat geulwandverdedigingen aangelegd. Het betreft het gebied tussen Walsoorden en Baalhoek (zie figuur 2.1). De verdediging bij Walsoorden is sinds eind 1992 gereed en die bij Baalhoek sinds eind 1994 (Wanningen et al, 1996). De verdediging tussen Baalhoek en Walsoorden is eind 1998 gereed. Verdere inscharing van de buitenbocht van het Zuidergat is dan niet meer mogelijk. De buitenbocht van Bath is sinds eind 1997 ook verdedigd waardoor deze buitenbocht ook vastligt.

Baggeren

Op dit moment wordt de verdieping 48'/43' uitgevoerd. Voor deze verdieping is er in de directe nabijheid van het onderzoeksgebied op drie locaties gebaggerd: de Drempel van Valkenisse, de Overloop van Valkenisse en de Platen van Valkenisse. De baggerhoeveelheden worden gegeven in figuur 2.2. In figuur 1.1 zijn de bagger- en stortlocaties weergegeven.

Bij de Platen van Valkenisse is heel af en toe gebaggerd en dan alleen relatief kleine hoeveelheden. Alleen in 1988 is er een keer iets meer dan 1 Mm³ zand gebaggerd. In de binnenbocht van de Overloop van Valkenisse is iets vaker gebaggerd, vooral tussen 1986 en 1996. In de periode 1987-1989 zijn de hoeveelheden relatief hoog (2 Mm³/j). Op de Drempel van Valkenisse wordt al sinds 1955 gebaggerd. In de periode 1955-1971, voor de eerste verdieping (46'/41'), is er gemiddeld 0,8 Mm³/j gebaggerd. Daarna namen de hoeveelheden sterk toe. In 1979 en 1980 werden de grootste hoeveelheden gebaggerd, ongeveer 3,8 Mm³ sediment per jaar. Daarna zijn de hoeveelheden geleidelijk afgenomen tot ongeveer 1,5 Mm³/j in de jaren negentig.

Storten

Bij de aanvang van de huidige verdieping is een nieuwe stort- en zandwinstrategie in werking getreden. Voor het storten houdt dit in dat er veel meer in het westen van de Westerschelde wordt gestort en veel minder in het oostelijk deel van de Westerschelde in vergelijking met de periode voor de huidige verdieping.

In de directe omgeving van Saeftinge werden voor de huidige verdieping op zes locaties stortingen uitgevoerd: de Schaar van de Noord, Konijnenschor, Boei 63, Baalhoek, Schaar van Valkenisse en Marlemonse Platen.

In de schaar van Valkenisse is een verwaarloosbare hoeveelheid gestort (zie Mol et al, 1997). Op de Marlemonse platen is alleen in 1956, 1957 en 1958 gestort, in totaal 2,2 Mm³ (zie Mol et al, 1997). Bij Baalhoek werd pas sinds 1990 gestort, in de periode 1990-1996 is er gemiddeld 0,5 Mm³/j gestort. Deze stortingen hebben waarschijnlijk geen invloed op de morfologische ontwikkelingen gehad.

Bij Boei 63, het Konijnenschor en in de Schaar van de Noord is sinds 1955 vaker en in grotere hoeveelheden gestort (zie figuur 2.3). Voor de verdieping 46'/41' zijn bij Boei 63 relatief grote stortingen uitgevoerd in de periode 1965 -1970, gemiddeld ongeveer 1,6 Mm³/j met een piek in 1967 (2,6 Mm³). Na de verdieping nemen de hoeveelheden weer toe, tussen 1974 en 1992 gemiddeld ongeveer 2,0 Mm³/j met twee pieken rond 1978 en 1986. Na 1992 zijn de

hoeveelheden sterk afgenomen. Bij het Konijnenschor is voor de verdieping 46'/41' alleen in de periode 1955-1960 wat gestort, gemiddeld ongeveer 0,8 Mm³/j. Daarna is er pas weer na 1978 gestort. In de periode 1979-1996 gemiddeld ongeveer 1,9 Mm³/j, met een piek in 1986 en 1987 (gem. 3,2 Mm³/j). In de Schaar van de Noord wordt sinds 1989 niet meer gestort. In de periode 1955-1988 vertoont het storten een grillig verloop in tijd en hoeveelheid. De pieken vallen rond 1963, 1976 en 1986 met stortingen van respectievelijk 3,3, 2,4 en 1,3 Mm³/j.

In de Schaar van Waarde is tussen 1955 en 1970 gemiddeld iets meer dan 0,5 Mm³/j gestort. In de periode 1970-1980 nam dit toe tot 1,5 Mm³/j. Tussen 1980-1996 namen de hoeveelheden af tot minder dan 0,5 Mm³/j.

2.2 Stroming

2.2.1 Inleiding

De ligging van de geulen en platen is sterk afhankelijk van de stroming. Een verandering van stroming zal een morfologische reactie teweegbrengen en omgekeerd heeft een morfologische verandering invloed op het stroombeeld. Tussen de waterbeweging en morfologie zit een terugkoppelings-mechanisme dat bij het opstellen van de toekomstverwachting integraal behandeld zal worden. Om een beter inzicht te krijgen in de processen die van belang zijn bij de ontwikkeling van de geulen en platen rond het gebied van Saeftinge zijn de morfologie en waterbeweging gesplitst. In deze paragraaf wordt de waterbeweging beschreven. Op basis van het stroombeeld worden conclusies getrokken over het sedimenttransport. In de volgende paragraaf zullen de morfologische ontwikkelingen worden beschreven.

2.2.2 Stroming

De hieronder beschreven stromingskarakteristieken zijn afkomstig van metingen en modelstudies verricht door Jeuken (1992) en Wouters (1997,1998).

Het algemene beeld van de stroming in het gebied rond Saeftinge is dat de stroming op de drempels divergeert en in de geulen convergeert. Een uitzondering hierop is het Vaarwater boven Bath waar tijdens vloed aan de westzijde convergentie optreedt, als gevolg van leidammen.

Eb

Tijdens deze fase lopen de stroombanen aan de Antwerpse kant van de drempel van Bath parallel. Op de drempel van Bath buigt een groot deel van de stroming af naar de schaar van de Noord, waarbij divergentie optreedt. Het grootste deel (60%) stroomt door het Nauw van Bath en convergeert in de buitenbocht. Na het Nauw van Bath divergeert de stroom op de drempel van Valkenisse, waarbij de stroming vanuit de Schaar van de Noord minder van invloed is. De stroming vervolgt zijn weg naar de Overloop van Valkenisse en vervolgens naar het Zuidergat waar een duidelijke bochtstroming optreedt.

De snelheidsveranderingen zijn vrij gering. Over het algemeen zijn de snelheden voor de drempel groter (orde decimeters). In de bocht neemt de stroomsnelheid als gevolg van bochtstroming toe, waarna de snelheden weer afnemen bij het bereiken van een drempel. Tijdens het begin van de eb-fase treden als gevolg van het grotere verhang over de Schaar van de Noord de grootste snelheden op in die geul. In de loop van de eb-fase nemen de snelheden en debieten in de Schaar van de Noord af en nemen deze in het Nauw van Bath toe. Modelberekeningen geven aan dat vanwege de grote stroomsnelheden die optreden in de Schaar van de Noord daar de grootste sedimenttransporten plaatsvinden tijdens maximale eb. De resttransporten zijn vloedgedomineerd. Door de secundaire stroming (o.a. als gevolg van bochtstroming) treedt in de buitenbocht van het Nauw van Bath tijdens eb de grootste transporten op richting de binnenbocht. Vanuit het Nauw van Bath vindt een transport richting Saeftinge plaats.

Vloed

Tijdens vloed komt de stroming over de drempel van Hansweert in zuidwaartse richting aanstromen waardoor de stroming een zuidwaarts gerichte impuls bezit. Door de ligging van het Zuidergat wordt de stroom afgebogen in oostelijke richting. Hierbij treedt stroomcontractie op. De

Overloop van Valkenisse heeft een sterke bochtstroom waarbij in de buitenbocht de grootste stroomsnelheden plaatsvinden. De snelheid neemt af in de richting van de drempel. Aan de zuidzijde divergeert de stroming, waarbij 60% van het getijvolume door de Schaar van de Noord en het omringende plaatgebied wordt afgevoerd. Het resterende deel stroomt door het Nauw van Bath dat tijdens deze fase van het getij een minder belangrijke rol speelt. Voorbij de bocht schiet het water vanuit de Schaar van de Noord als gevolg van de traagheid door, richting de Appelzak, waarna de stroming vervolgens gaat convergeren mede als gevolg van de aangelegde leidammen. De grootste sedimenttransporten treden op in de buitenbocht van de overloop van Valkenisse en in de Schaar van de Noord. Door de secundaire stroming treedt in de buitenbocht van de overloop van Valkenisse, welke vloedgedomineerd is, een transport op richting de binnenbocht. Uit modelsommen volgt dat de grootte van dit transport 50% is van het sedimenttransport dat optreedt als gevolg van primaire stroming.

In figuur 2.4 is de ruimtelijke variatie in eb-vloeddominantie van de primaire stroomcomponent weergegeven. Uit geanalyseerde metingen volgt dat de Schaar van de Noord, de zuidelijke kant van de Drempel van Valkenisse en het aansluitende deel van de buitenbocht van de Overloop van Valkenisse vloedgedomineerd is. De noordelijke kant van de Drempel van Valkenisse en de overgang tussen de Overloop van Valkenisse en het Zuidergat is ebgedomineerd. Modelberekeningen geven eenzelfde beeld.

2.2.3 Verwachte ontwikkelingen als gevolg van verdieping

De verruiming van de vaargeul die in het kader van de 48'/43' verdieping wordt uitgevoerd zal effect hebben op de waterstanden en stroming in het gebied. Met een 2D-model (Dekker, 1994) zijn berekeningen uitgevoerd om deze effecten te kwantificeren. Het hoogwater zal met 5 cm stijgen. Daarnaast zullen de snelheden in de buitenbocht van het Zuidergat, Overloop van Valkenisse en het Nauw van Bath licht toenemen. Omdat het een 2D-model is, is het effect van bochtstroming niet meegenomen zodat de snelheidstoename waarschijnlijk nog iets hoger zal zijn. Over de snelheidsveranderingen in het vloedscharen kan weinig gezegd worden omdat bij de berekeningen alleen een verdieping is meegenomen en niet het nieuwe stortbeleid. De hoofdgeul zal als gevolg van de verdieping meer water trekken en zullen de snelheden in het scharengebied licht afnemen. Desondanks zullen de nevengeulen vermoedelijk gaan uitruimen omdat deze door het vele storten in het verleden relatief "krap" zijn.

Door de verdieping zal de debietverdeling door de raaien veranderen. Het zuidergat zal bij vloed ruim 10% meer debiet trekken, de toename bij eb zal iets minder zijn. Deze toename gaat ten koste van het debiet door de Schaar van Waarde, waar tijdens eb het getijvolume met bijna 4% en tijdens vloed met ruim 8% zal afnemen.

2.3 Morfologie

2.3.1 Grootschalige ontwikkelingen in de hoofd- en nevengeulen

Met behulp van oude kaarten (Kleinjan, 1938) en *GIS/animate* zijn de grootschalige ontwikkelingen van de Schaar van Waarde en het Zuidergat - Overloop van Valkenisse van 1800 tot heden bestudeerd.

Tot 1930 had het systeem min of meer het karakter van een twee geulenstelsel, met een duidelijk ontwikkelde Schaar van Waarde en het Zuidergat-Overloop van Valkenisse. Tussen 1800-1930 treedt er (bijna) geen inscharing van het Zuidergat/Overloop van Valkenisse op. De configuratie van het geulen systeem verandert weinig tussen 1800-1930.

Na 1930 treden er duidelijke veranderingen op, waaronder inscharing van het Zuidergat - Overloop van Valkenisse. De hoofdgeul Zuidergat-Overloop van Valkenisse wordt dominanter waardoor het gebied in een min of meer één-geulensysteem verandert. Dit valt samen met een sterke toename van de menselijke ingrepen in het gebied. Het baggeren op de drempels van Hansweert en Valkenisse zorgt dat de debieten in het Zuidergat-Overloop van Valkenisse toenemen en dus de stroomsnelheden. Het inkorten van het Oude Hoofd te Walsoorden (1966) en de sterke schoruitbreiding in Saeftinge tussen 1920 en 1950, heeft de inscharing na 1930 mogelijk ook doen toenemen. Een ander proces dat de inscharing heeft versterkt is het in zuidelijke richting uitbreiden

van de platen van Valkenisse en Walsoorden. Door stortingen in de Schaar van Waarde is de hoeveelheid (extra) sediment groot. Dit sediment wordt over de platen getransporteerd en aan de zuidkant afgezet waardoor de platen zich in zuidelijke richting uitbreiden, de binnenvaart in. Tot ongeveer 1950 treden er continu morfologische veranderingen in het nevengeulen gebied op. Daardoor verandert de ligging van platen en nevengeulen. De belangrijkste nevengeulen in dit gebied zijn de Schaar van Waarde en de Schaar van Valkenisse. Na 1950 groeien de platen in het Valkenisse-gebied aan één tot twee grote platen (Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse), die toenemen in hoogte. De morfodynamiek van het nevengeulengebied neemt af, waarschijnlijk als gevolg van de grote hoeveelheden gestort baggermateriaal in de nevengeulen.

2.3.2 Geulwand ontwikkelingen

Om een kwantitatief beeld te krijgen van de geulwand ontwikkelingen ter hoogte van de geplande geulwandverdediging is de inscharing nader onderzocht.

De Loeff (1984) heeft de inscharing van de buitenbocht van de Overloop van Valkenisse voor drie perioden 1920-1950, 1950-1970 en 1970-1980 berekend. Hij constateert dat de grootte van de inscharing in de tijd en ruimte sterk varieert. Gemiddeld over de onderzochte raaien (raai 3, 4, 6, 8 en 11 in figuur 2.6) treedt in die drie perioden een inscharing van respectievelijk 5,4, 6,9 en 6,2 m/j op. Volgens de Loeff (1984) kan de inscharing in de periode 1920-1950 als een natuurlijke ontwikkeling gezien worden omdat toen op de drempels van Hansweert en Valkenisse maar weinig werd gebaggerd. In de periode 1950-1970 vindt een toename van de baggerwerken op de drempels plaats. Een verruiming van de geul als gevolg van de toegenomen debieten zal dan optreden en dus een versterkte inscharing. Dat is ook gebeurd. In de periode 1970-1980 is de baggerinspanning sterk toegenomen. Toch is de gemiddelde inscharingssnelheid niet toegenomen. Dit is het gevolg van een sterke afname van de inscharing bij raai 11 die vlak voor de Schaar van de Noord ligt. Volgens de Loeff (1984) is dit het gevolg van de verondieping (cq. functie verlies) van de Schaar van de Noord in die periode.

De geulwandontwikkeling is met behulp van ProfielGIS (Uit den Bogaard, 1993) gedetailleerd in beeld gebracht door de inscharing van de -7,5 m NAP-lijn in 12 raaien te bepalen. Het betreft de periode 1955-1996 waarbij de inscharingssnelheid voor perioden van ongeveer 5 jaar is bepaald. De ligging van de raaien is gegeven in figuur 2.6. De onderlinge afstand tussen de raaien is 500 m. De vlaggetjes in figuur 2.6 geven de kilometers van de geplande verdediging aan. In tabel 2.1 worden de resultaten gegeven.

Tabel 2.1. Inscharing Overloop van Valkenisse, 1955 -1996

raai no.	'55-'61 (m/j)	'61-'67 (m/j)	'67-'71 (m/j)	'71-'77 (m/j)	'77-'82 (m/j)	'82-'86 (m/j)	'86-'91 (m/j)	'91-'96 (m/j)
1	-7,0	-8,6	-10,3	-7,5	-6,2	+0,3	-4,1	-3,5
2	-3,5	-9,8	-8,5	-13,4	-4,9	-1,0	-5,1	-3,4
3	-1,1	-6,9	-9,3	-16,2	-2,0	-2,4	-10,1	-4,7
4	-1,9	-7,9	-7,0	-12,9	-10,1	-7,2	-11,0	-5,1
5	-7,5	-13,9	-1,9	-2,5	-14,3	-8,5	-6,8	-6,2
6	-10,6	-10,6	+4,0	-0,0	-5,2	-11,0	-11,1	-3,5
7	-11,3	-11,2	+6,7	+3,0	-2,9	-8,3	-10,6	-3,1
8	+0,2	-7,1	+0,6	-4,4	-2,1	-5,3	-7,9	-5,4
9	-6,1	-0,0	-1,6	-2,9	-4,9	+2,7	-5,3	-1,7
10	-4,9	-0,9	-3,5	-3,2	-5,6	+0,2	+1,4	-1,9
11	-8,6	-4,7	-4,4	-6,7	-1,3	+2,8	-0,9	-2,8
12	-4,6	-7,0	-14,0	-2,0	+4,7	+8,0	-0,9	-1,3
gem.	-5,6	-7,4	-4,1	-5,7	-4,6	-2,5	-6,0	-3,5

Uit deze tabel blijkt dat er een grote variatie in tijd en ruimte is in de inscharingssnelheid, waarbij zelfs af en toe aangroei optreedt. Hier moet wel rekening gehouden worden met de nauwkeurigheid van de lodingen waar fouten in de positiebepaling van 20 meter zonder meer mogelijk zijn. Wat opvalt is dat er een golvend patroon in de grootte van inscharingssnelheden zichtbaar is (de gearceerde getallen in de tabel). Het is niet eenduidig vast te stellen waardoor de

variatie in tijd en ruimte wordt veroorzaakt. Een analyse met behulp van *GIS/animate* toont dat de uitloop van de Schaar van Valkenisse zich regelmatig ter hoogte van een locatie met een relatief grote inscharingssnelheid bevindt. In de periode '86-'91 valt de grote inscharing samen met de, lokaal, sterk in de geul opdringende Plaat van Valkenisse (zie par 2.3.1) waardoor de stroom tegen de buitenbocht wordt gedrukt (grote baggerhoeveelheden ter plekke, zie fig. 2.2 Overloop van Valkenisse). Het vele storten bij Boei 63 en het Konijnenschor kan eveneens een effect hebben op de variaties in de inscharing. Bij de raaien 11 en 12 is de inscharingssnelheid voor 1971 veel hoger dan de periode daarna. Dit hangt samen met de Schaar van de Noord. Voor 1971 lag deze zuidelijker (tegen Saeftinge aan) en was veel actiever dan na 1971 toen de schaar ook noordelijker lag. Dit komt overeen met De Looft (1984).

Ter illustratie is van zes van de gebruikte raaien het bodemprofiel in bijlage 2 opgenomen. Uit de profielen blijkt dat de inscharing van de -7,5 m NAP-lijn representatief is voor de inscharing van de geul.

In tabel 2.2 is de inscharing over langere perioden berekend. Een periode van 30 jaar (1955-1986) om te vergelijken met de periode 1920-1950 van De Looft (1984). De periode 1955-1971, voor de verdieping 46'/41'. De periode 1971-1986 waarin de effecten van de verdieping 46'/41', die tussen 1970 en 1975 is uitgevoerd, zich op de inscharing kunnen manifesteren. Als laatste wordt de periode 1986-1996 gegeven, waarin de geulen waarschijnlijk zijn aangepast aan het nieuwe debiet, en een afname van de inscharingssnelheid verwacht mag worden.

Tabel 2.2 Inscharing Overloop van Valkenisse

raai no.	'20-'50 (m/j)	'55-'86 (m/j)	'55-'71 (m/j)	'71-'86 (m/j)	'86-'96 (m/j)
1		-6,8	-8,4	-5,0	-3,8
2		-7,2	-7,1	-7,3	-4,2
3	-4,6	-6,5	-5,3	-7,8	-7,4
4	-5,7	-7,9	-5,4	-10,4	-8,0
5		-8,3	-8,5	-8,0	-6,5
6	-6,2	-5,9	-7,0	-4,7	-7,3
7		-4,4	-6,7	-2,0	-6,8
8	-6,2	-3,1	-2,4	-3,9	-6,6
9		-2,4	-2,7	-2,1	-3,5
10		-3,1	-3,1	-3,1	-0,3
11	-5,0	-4,3	-6,1	-2,3	-1,9
12		-2,6	-7,9	+2,9	-1,1
gem.	-5,4	-4,8	-5,4	-4,1	-4,4

Periode '20-'50 komt uit de Looft (1984). N.B. Gemiddelde na 1955 is over 12 getallen berekend!

Opvallend is dat het verwachte patroon van grotere inscharingssnelheden als gevolg van de verdiepingen niet naar voren komt, voor alle periodes is de inscharing orde grootte 4,5 tot 5,5 m/j. Tussen de perioden '55-'71 en '71-'86 is geen verschil in inscharing. Waarom dit zo is, is niet duidelijk, mogelijk hebben de grote stortingen in de buitenbocht in de periode 1971-1986 (zie figuur 2.3) er voor gezorgd dat de inscharing niet is toegenomen. Volgens De Jong (1993) is het niet eenduidig vast te stellen dat stortingen een positief effect hebben op de inscharingssnelheid. Volgens van Kleef hebben stortingen alleen een invloed als er in de buitenbocht (Boei 63 en Konijnenschor samen) meer dan 5 Mm³/j wordt gestort. Dit is gebeurd in 1986 en 1987.

In de onderstaande tabel 2.3 worden de inscharingssnelheden, berekend voor de verschillende opties van verdedigingslengten gegeven. De periode '20-'50 komt uit de Looft (1984).

Tabel 2.3 Inscharing berekend voor de verschillende opties voor de lengte van verdedigen.

Km	'20-'50 m/j	'55-'86 m/j	'55-'71 m/j	'71-'86 m/j	'86-'96
0-1		-7,0	-7,8	-6,1	-4,0
0-3	-5,5	-7,1	-7,0	-7,2	-6,2
3-6		-3,3	-4,8	-1,7	-3,4
0-6	-5,5	-5,2	-5,9	-4,5	-4,8

In vergelijking tot de periode 1920-1950 is de inscharingssnelheid voor de eerst 3 km van de verdediging in de periode 1955-1986 toegenomen. Kijken we naar het gemiddelde over 6 km verdediging dan is er geen sprake van een toename. Uit de tabel blijkt dan ook dat de inscharing van de laatste 3 km van de verdediging veel lager is dan van de eerste 3 km.

Samenvattend kan worden gesteld dat de inscharingssnelheid tussen 1920 en 1996, gemiddeld over de geplande 6 km lange verdediging en berekend voor periodes van 10 tot 30 jaar, vrij constant is: 4,5 tot 5,5 m/j. De verwachte effecten van verdiepingen op de inscharingssnelheden (toename) komen niet tot uiting. Een mogelijke verklaring hiervoor zijn de grote stortingen in de buitenbocht, maar dit is niet met zekerheid vast te stellen. Wel is de inscharingssnelheid in de eerste 3 km van de geplande verdediging groter dan in de laatste 3 km, 6 à 7 m/j versus 3 à 4 m/j. Dat de inscharing in de eerste 3 km groter is heeft waarschijnlijk twee oorzaken: 1) Processen die zich afspelen bij de uitloop van de Schaar van Valkenisse, waardoor de stroom (locaal) tegen de buitenbocht wordt gedrukt en 2) doordat de Platen van Walsoorden en Valkenisse zich in zuidelijke richting uitbreiden, waardoor de stroom (locaal) tegen de buitenbocht wordt gedrukt.

2.3.3 Schorren en slikken

Tussen 1900 en 1955 is het schoroppervlak van Saeftinge sterk toegenomen door de aanplant van *Spartina*, van ongeveer 600 tot 2200 ha. Na 1955 blijft het totale schor en slikoppervlak van Het Verdrongen land van Saeftinge vrij constant, ongeveer 2250 ha schor en 1250 ha slik (Houtekamer, 1994). Dat het schor oppervlak constant is wil niet zeggen dat lokaal geen verlies of aangroei van schor is opgetreden in die periode. Globaal kan worden gesteld dat in het westen en noordwesten aangroei heeft plaatsgevonden en dat in het noordoosten en oosten erosie is opgetreden van het schor. Vooral in het gebied tussen het Speelmansgat en de IJskelder en bij het Konijnenschor is in de periode 1965-1990 veel schor bijgekomen. Een verklaring voor deze schorgroei wordt gezocht in de sterke sedimentatie in dat gebied. In de periode 1963-1992 heeft dit plaatsgevonden in de IJskelder, het Speelmansgat en het slik voor het Konijnenschor. Hoewel niet kan worden bewezen dat dit het gevolg is van de grote stortingen in de buitenbocht van de Overloop van Valkenisse (zie figuur 2.3), geven het verloop en de aard van de processen aldaar aan dat dit waarschijnlijk wel zo is (Krijger, 1993). Het slik heeft daardoor een hoogte gekregen die gunstig is voor schorontwikkeling c.q. het vestigen van een pioniersvegetatie (Houtekamer, 1994). Deze slikverhoging is in tegenspraak met de algemene trend van slikverlaging die in de Westerschelde heeft plaatsgevonden tussen 1955 en 1994 (Huijs, 1996).

Het hierboven geschetste beeld van schor aangroei en verlies wordt bevestigd door de schorrand ontwikkeling aan de noordzijde van het Konijnenschor, Marlemonse plaat en Zouterik (zie figuur 2.4). In de onderstaande tabel is de gemiddelde (netto) schorrand aangroei en achteruitgang voor een aantal perioden gegeven. De schorrand van het Konijnenschor is in de laatste 20 jaar met ongeveer 1 m/j aangegroeid. De Marlemonse Plaat is in de afgelopen 20 jaar ongeveer met 1,5 m/j achteruitgegaan, maar over de laatste 40 jaar bekeken is er netto geen schorranderosie opgetreden. De Zouterik is in de laatste 20 jaar met ongeveer 2,5 m/j achteruitgegaan.

Tabel 2.4 Ontwikkeling noordelijke schorrand van Konijnenschor, Marlemonse plaat en Zouterik .

Periode	Konijnenschor (m/j)	Marlemonse Plaat (m/j)	Zouterik (m/j)
1959 - 1977	-0,3	2,1	-1,6
1977 - 1988	0,6	-1,2	-3,1
1988 - 1996	1,8	-1,8	-2,1

De hierboven geschetste ontwikkeling verschilt van de ontwikkelingen in de afgelopen 15 jaar bij de schorren en slikken van Waarde en Bath (De Jong 1994, De Jong et al. 1993). Hier heeft een slikverlaging van gemiddeld ongeveer 1 m plaatsgevonden. Dit heeft indirect tot gevolg gehad dat een sterke schorranderosie is gaan optreden. In de periode 1980-1992 was dat voor Waarde 3 tot 4 m/j en voor Bath was dat tussen 1988 en 1996 van dezelfde orde grootte.

2.3.4 Schaar van de Noord

Hieronder wordt op basis van een aantal kaarten en rapporten (Jeuken, 1993 en De Looft, 1982) de morfologische ontwikkeling van de Schaar van de Noord beschreven. Vanaf 1955 zijn digitale kaartbestanden aanwezig zodat vanaf die tijd de geulontwikkeling nauwkeuriger onderzocht kan worden.

1860 - 1933

De situatie van 1860 toont een geulligging die nog niet door baggerwerkzaamheden is beïnvloed (de baggerwerkzaamheden op de Drempel van Bath zijn in 1905 begonnen). In 1860 is een sterk ontwikkelde schaar van de Noord aanwezig. De ligging wordt beïnvloed door de periodieke beweging van zich in de relatief ondiepe oostelijke uitloop ontwikkelende ebschaartjes. Tot 1955 verandert deze situatie nauwelijks, de schaar van de Noord is duidelijk ontwikkeld en heeft ten opzichte van de huidige situatie een meer zuidelijke ligging (langs Saeftinghe).

1933 - 1955

In deze periode neemt de omvang van de Schaar van de Noord sterk af. Ook de ligging verandert, waardoor in 1955 de overgang van de overloop van Valkenisse naar het Nauw van Bath breder is geworden. In 1955 is de overgang een brede vrij ondiepe geul. De oorzaak hiervan lijkt het intensieve gebruik als baggerspecie stortplaats te zijn. Uit een eerder onderzoeken van De Looft en van Malde (1976) is naar voren gekomen dat de omvang van de vloed-schaar snel toeneemt nadat gestopt is met storten.

1955 - 1970

In de daarop volgende jaren tot 1970 komt de schaar van de Noord weer tot ontwikkeling. Ook hieruit blijkt dat de omvang van de vloed-schaar zeer sterk gerelateerd is aan de stort hoeveelheden. In 1963, een jaar waarin veel in de geul gestort is, is de omvang sterk verminderd. In de daarop volgende jaren, waarin de storthoeveelheden afnemen, verruimt de geul en strekt zich uit in noordwestelijke richting. Tegelijkertijd met het uitruimen van de schaar van de Noord wordt de overgang van de Overloop van Valkenisse naar het Nauw van Bath (drempel van Valkenisse) breder en de omvang van het Nauw van Bath kleiner.

1970 - 1975

In deze periode is de ontwikkeling van het gebied bepaald door bagger- en stortactiviteiten. De Schaar van de Noord wordt vol gestort met baggerspecie en de overgang van de Overloop van Valkenisse met het Nauw van Bath wordt verdiept waardoor een diepere en vloeiendere overgang ontstaat tussen deze twee geulen.

1975 - 1990

De Overloop van Valkenisse is in deze periode verder uitgebocht waardoor de uitloop minder oost-west, maar een meer noordwestelijk georiënteerde richting heeft. Een effect hiervan is dat na het dichtstorten van de Schaar van de Noord zich een nieuwe schaar ontwikkelt die veel noordelijker ligt dan voorheen. De Schaar van de Noord breidt zich uit in noordwestelijke richting en draait richting het Nauw van Bath. De ligging wordt sterk beïnvloed door de stortstrategie.

1990 - 1996

Sinds 1989 is in de Schaar van de Noord niet meer gestort. Een gevolg hiervan is dat de geul in zuidelijke richting draait. Ook hier blijkt dat de ontwikkeling van de Schaar van de Noord erg nauw samenhangt met het stortbeleid.

De morfologische ontwikkelingen van de Schaar van de Noord zijn sterk afhankelijk van de hoeveelheden baggerspecie die gestort worden. Daarnaast is de ontwikkeling van deze geul ook sterk afhankelijk van de ontwikkeling van het Nauw van Bath. Dit is duidelijk te zien in figuur 2.6 waarin de oppervlakten van de Schaar van de Noord en het nauw van Bath bij GHW en GLW zijn uitgezet tegen de tijd. De Baggerhoeveelheden in het Nauw van Bath zijn vrij constant, de stort hoeveelheden in de Schaar van de Noord daarentegen niet. Te zien is dat in perioden waarin veel gestort wordt in de Schaar van de Noord de omvang van het Nauw van Bath toeneemt. In

perioden waarin niet gestort wordt in de Schaar van de Noord, verruimt de Schaar en neemt tegelijkertijd de omvang van het Nauw van Bath af.

Uit GIS analyses blijkt dat alleen de ontwikkeling van het meest landinwaarts gelegen deel van de overloop van Valkenisse beïnvloed wordt door de ontwikkeling van de Schaar van de Noord. Een andere belangrijke constatering is dat de Schaar van de Noord nooit is doorgebroken naar het Vaarwater boven Bath en dus nooit een ongewenste stroming voor de scheepvaart opleverde.

2.3.5 Drempels

Uit het drempel onderzoek (Verbeek et al, 1998) zijn een aantal mechanismen naar voren gekomen die de baggerinspanning beïnvloeden. De volgende mechanismen worden onderscheiden:

- Ruimtelijke scheiding van eb- en vloedstroombanen op de drempel. De ruimtelijke scheiding is de afstand tussen de hoofdstroombanen van de vloed- en ebstroom. Als deze toeneemt dan wordt de geul breder en ondieper. Dit resulteert in een verhoging van de baggerinspanning om de drempel op diepte te houden. Een afname van de scheiding heeft een tegenovergesteld effect.
- Verdeling van het getijvolume over hoofd- en nevengeulen. Een groter getijvolume leidt tot een groter geuloppervlak. Als de stroming voor een drempel aftakt in de nevengeul wordt het getij volume over beide geulen verdeelt. Het getijvolume over de drempel wordt kleiner waardoor het geuloppervlak kleiner wordt en de drempel ondieper. Hierdoor moet meer worden gebaggerd. In de omgekeerde situatie zal de drempel dieper worden
- Convergentie en divergentie van stroombanen op de drempel. Convergentie van stroombanen leidt tot een relatief smalle en diepe geul en divergentie leidt tot een relatief brede en ondiepe geul.

Veranderingen in de stroombanen en de debietverdeling tussen geulen als gevolg van ingrepen of natuurlijke ontwikkelingen kunnen leiden tot een verandering (positief danwel negatief) in de baggerhoeveelheden op een drempel.

3. Toekomstige ontwikkelingen

De morfologie en waterbeweging veranderen als gevolg van het wel of niet aanleggen van de geulwandverdediging bij Saeftinge. Zoals in de probleemschets is aangegeven dient het aanleggen van de geulwandverdediging drie doelen. In dit hoofdstuk zal het effect beschreven worden voor drie aspecten die in relatie staan tot die doelen, te weten effecten op de stroming, fysiotopen en baggerinspanning. Daarbij wordt een geulwandlengte van respectievelijk 0, 1, 3 en 6 km in beschouwing genomen voor de korte (0-10 jaar), middellange (10-25 jaar) en lange termijn (>25 jaar).

3.1 Geen geulwandverdediging

3.1.1 Morfologische ontwikkeling Zuidergat-Overloop van Valkenisse

De hoofdgeul in het beschouwde gebied is op een aantal plaatsen vastgelegd. De buitenbocht van het Zuidergat is gedeeltelijk en zal eind dit jaar volledig zijn vastgelegd door middel van een geulwandverdediging. Ook de buitenbocht van het Nauw van Bath is vastgelegd. De geul kan zich niet meer vrij bewegen bij de verdedigde locaties; de geul ligt daardoor vast, dat noemen we een statische verdediging. Een ander soort verdediging is het dynamisch handhaven van de vaargeul (baggeren). De ligging van een dynamische verdediging kan door verandering in het beheer gewijzigd worden. Voorbeelden hiervan zijn de baggerwerkzaamheden bij de drempel van Valkenisse en het wegbaggeren van de Platen van Valkenisse. In figuur 3.1 staan de statische en dynamische verdedigingen weergegeven. De statische verdediging is met een doorgetrokken lijn en de dynamische verdediging met een stippellijn weergegeven. Te zien is dat de geul weinig bewegingsvrijheid heeft.

Zonder verdedigingen zal het Zuidergat/Overloop van Valkenisse zich, als gevolg van de grote snelheden in de bocht, willen strekken. Echter door de baggerwerkzaamheden die op de drempel van Valkenisse plaatsvinden wordt de stroming richting de drempel getrokken. Omdat de drempel breder wordt daalt de waterstand op de drempel ($dQ/dx = -B \cdot dh/dt$). Het water stijgt daar minder snel mee waardoor er grotere verhangen in de richting van de drempel ontstaan. De twee ontwijkende geulen (een aparte eb- en vloedgeul) die van nature willen ontstaan worden dus naar elkaar toe getrokken. Dit heeft tot resultaat dat de kromming van de geul groter wil worden. Deze vergroting zal echter voor een groot deel tegengegaan worden indien een geulwandverdediging aanwezig is.

Op grond van bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de Overloop van Valkenisse verder zal uitbochten binnen de beperkingen opgelegd door het baggeren en de geulwandverdediging (dynamische en statische verdediging). De maximale uitbocht wordt bepaald door de stroomrichtingen en -snelheden tijdens maximale eb en vloed.

In de figuren 3.2a en b staat de stroming bij maximale vloed en maximale eb weergegeven. De pijlen in figuur 3.2a geven de stroomrichting ter hoogte van Baalhoek tijdens vloed. Te zien is dat aan het einde van de constructie de stroombanen parallel lopen in ongeveer west-oostelijk richting. Waar de stroming niet meer door een verdediging wordt vastgelegd zijn de lijnen doorgetrokken in de richting van de impuls van de stroming. Dit is de richting waarin het water zou stromen als geen geulwandverdediging aanwezig zou zijn. Het is niet waarschijnlijk dat de geul verder zuidwaarts zal uitbochten.

In figuur 3.2b is met pijlen de stroomrichting aangegeven tijdens maximale eb. Ook hierbij zijn de lijnen voorbij de verdediging doorgetrokken in de richting van de impuls van de stroming. Het onderhoudsbaggerwerk op de drempel van Valkenisse bepaald de ligging van de ebgeul omdat hier de stroming heen "getrokken" wordt.

Door de twee transparanten over elkaar heen te leggen ontstaat de maximale uitbocht van de Overloop van Valkenisse zonder aanleg van een geulwandverdediging. In figuur 3.1 is de maximale uitbocht weergegeven.

Op grond van bovenbeschreven methode wordt een indicatie gegeven over de maximale inscharing van de geul en de positionering. De exacte positie is echter van meerdere factoren afhankelijk en kan enigszins anders zijn dan in de figuren is aangegeven.

In de afgelopen decennia is de inscharing de eerste 3 km vanaf het einde van de geulwandverdediging van het Zuidergat ongeveer 6 m/j geweest. Uitgaande dat de inscharingssnelheid ongeveer gelijk zal blijven zal op de korte termijn de inscharing 60 m bedragen. Op de middellange termijn is de inscharing ongeveer 150 m en op de lange termijn zal de maximale inscharing 300 m bedragen.

De 48'/43' verdieping kan een versnelde inscharing veroorzaken omdat de diepere geul meer debieten trekt. Hoe veel deze versterkte inscharing zal zijn, is niet bekend. Na de vorige verdieping is geen versnelde inscharing waargenomen. Mocht dit na deze verdieping wel gebeuren dan zal het effect van de versnelde inscharing na ongeveer 10 jaar niet meer zichtbaar zijn.

Voorbij de geulwandverdediging van Baalhoek in stroomopwaartse richting zal indien geen overgangsconstructie gebouwd wordt een versterkte erosie van de geulwand optreden ter hoogte van het Konijnenschor.

Schaar van de Noord

Uit historische analyses is gebleken dat de Schaar van de Noord nooit doorgebroken is, ook niet in de vorige eeuw toen het systeem nog niet werd beïnvloed door baggeren en storten. Vanwege de verruiming van de drempel van Valkenisse zal de hoofdgeul de meeste stroom blijven trekken zodat onvoldoende debiet resteert om een doorbraak van de Schaar van de Noord te forceren. Het nieuwe stortbeleid waarin niet meer in de Schaar van de Noord wordt gestort zal wel voor een verruiming van de geul zorgen.

Tijdens vloed treden in de Schaar van de Noord hoge snelheden op, deze zorgen echter niet voor een evenredig sterke erosie van de Schaar van de Noord. Mogelijk ligt een resistente laag onder de Schaar, of is de stroom al verzadigd voordat deze de Schaar van de Noord in stroomt.

Een groter debiet door de Schaar van de Noord resulteert in een kleiner debiet door het Nauw van Bath. Dit hoeft echter niet nadelig te zijn.

3.1.2 Effect op fysiotopen

Slikken

Als gevolg van het nieuwe stortbeleid, waardoor niet meer in de buitenbocht wordt gestort, zal de verhoogde sedimentatie op het slik (zie paragraaf 2.3.3) niet meer optreden. Het is aannemelijk dat een slikverlaging zal optreden, zoals bijvoorbeeld bij Bath en Waarde in de afgelopen 15 jaar heeft plaatsgevonden. Op de middellange termijn kan dit orde grootte 1 m zijn. Hoe groot dit zal zijn voor de lange termijn is moeilijk aan te geven.

Door de inscharing van de geulwand zal er tijdelijk slikverlies optreden, dat voor een groot deel gecompenseerd zal worden door schorerosie. Op de lange termijn zal het slikareaal waarschijnlijk toenemen t.o.v. de huidige situatie.

Schorren

Als gevolg van de slikverlaging zal er schorranderosie optreden. Uitgaande van een gemiddelde slikhelling van 1:100 in dat deel van Saeftinge kan er vanuit worden gegaan dat de schorrand 100 m achteruit zal gaan bij een slikverlaging van 1 m. De lengte van de schorrand die direct aan het slik ligt is ongeveer 6 tot 8 km lang. Dit zal resulteren in een verlies van ongeveer 60 à 80 ha schor (3 à 4 % van het schoroppervlak van Saeftinge). Er van uitgaande dat de schorranderosie zal toenemen tot ongeveer 3 à 4 m/j, zoals bij Waarde en Bath, zal dit verlies ongeveer na 25 tot 30 jaar zijn opgetreden. Voor de korte termijn wordt geschat dat het verlies ongeveer 20 à 30 ha zal zijn. Een voorspelling voor de lange termijn is moeilijk te geven.

Naast de schorerosie als gevolg van het nieuwe stortbeleid zal door inscharing van de buitenbocht eveneens schorverlies optreden. Door de inscharing wordt de afstand tussen de GLW-lijn en de schorrand kleiner en dus de hellingshoek tussen de LW-lijn en het schor. Indien de helling van 1:100 een soort evenwichtshelling is zal dat resulteren in schorranderosie. Voor de middellange

termijn zal, bij een gemiddelde inscharing van 6 m/j, de geulwand 150 meter opschuiven richting het schor. Dit resulteert in een schorranderosie van 150 m, hoewel de reactie van de schorrand waarschijnlijk wat vertraagd zal zijn t.o.v de inscharing. De uitbochtiging treedt vooral ter hoogte van het Konijnenschor op. De lengte van het schor dat direct onder bedreiging staat is ongeveer 2 à 3 km, dit zal resulteren in een verlies van 25 à 35 ha schor. Voor de korte termijn zal dit ongeveer 10 à 15 ha zijn.

De uitbochtiging van de Overloop van Valkenisse zal ter plaatse van het Konijnenschor op de lange termijn maximaal ongeveer 300 m bedragen, gemiddeld ongeveer 150 m. Dit betekent een verlies van maximaal ongeveer 70 ha schor op de lange termijn.

Samenvattend wordt gesteld dat schorranderosie als gevolg van twee redenen zal plaatsvinden: 1) slikverlaging en 2) de inscharing. Voor de korte termijn wordt het totale schorverlies geschat op orde 40 ha, voor de middellange termijn op orde 80 ha en voor de lange termijn orde 150 ha. Dit is respectievelijk 2, 4 en 7 % van het huidige schoroppervlak van Saeftinge.

N.B.: Hierbij wordt gesteld dat dit als een "in het ongunstigste geval" situatie moet worden beschouwd en zijn de schorerosie als gevolg van slikverlaging en inscharing bij elkaar opgeteld.

Ondiepwaterearaal (-5m tot -2m NAP).

Het totale oppervlak zal weinig veranderen maar zal iets verschuiven.

3.1.3 Effect op stroombeeld

Omdat de Overloop van Valkenisse vrij kan uitbochten zal een vloeiende overgang blijven bestaan tussen het Zuidergat en de drempel van Valkenisse. De Schaar van Valkenisse zal vanwege het nieuwe stortbeleid verruimen. Omdat de Schaar van Valkenisse ook in het verleden nooit als hoofdgeul heeft gefunctioneerd en omdat de ligging van de platen van Valkenisse gehandhaafd blijft, waardoor de geuldoorsnede van het Zuidergat kunstmatig groot blijft, zal deze geul voldoende stroom trekken om ook in de toekomst hoofdgeul te blijven. In het verleden is gebleken dat een loodrechte uitstroom van de Schaar van Valkenisse op de Overloop van Valkenisse geen hinderlijke dwarstromen oplevert. Verwacht mag worden dat dit in de toekomst ook niet zal gebeuren. Een haakse uitstroom zal uitbochtiging van de Overloop van Valkenisse tot gevolg hebben waardoor de aansluiting tussen beide geulen vloeiender wordt.

3.1.4 Effect op baggerhoeveelheden

Het is niet mogelijk om kwantitief aan te geven hoeveel meer of minder er gebaggerd moeten worden. Gezien de complexiteit van stromingen, sedimenttransporten, invloeden van ingrepen etc. in dit gebied wordt alleen een kwalitatief beeld geschetst.

Het baggerwerk in de binnenbocht van de Overloop van Valkenisse kan toenemen omdat van de situatie wordt uitgegaan dat de huidige betonning wordt gehandhaafd. Indien de betonning gedeeltelijk kan meeschuiven dan kan het baggerwerk in de korte tot middellange termijn beperkt blijven. Voor de lange termijn kan het noodzakelijk zijn om meer te moeten baggeren indien de vaarroute niet de maximale uitbochtiging van de Overloop van Valkenisse kan volgen.

Het baggerwerk op de drempel van Valkenisse zal op de middellange en lange termijn toenemen als gevolg van 1) de toename van ruimtelijke scheiding van de eb- en vloedstroombanen en 2) het veranderen van de verdeling van het getijvolume tussen hoofd- en nevengeul (Schaar van de Noord). Het eerste zal zeer waarschijnlijk gaan optreden en het tweede is mogelijk. Dit zal een stijging van de baggerinspanning met zich meebrengen. Dit proces kan enigszins gestuurd worden door de wijze waarop het baggeren wordt uitgevoerd.

3.2 Geulwandverdediging met een lengte van 1 km

Een geulwandverdediging met een lengte van 1 km reikt tot aan het eerste vlaggetje in figuur 2.5. De geulwand westelijk van Baalhoek wordt met 1 km verlengd, waardoor de vloedstroom verder wordt geleid.

Dit heeft tot resultaat dat de uitbochtiging iets minder zal zijn. Omdat de effecten nagenoeg vergelijkbaar zijn met de effecten zonder geulwandverdediging, wordt deze variant niet verder uitgewerkt.

3.3 Geulwandverdediging met een lengte van 3 km

Door de geulwandverdediging bij Baalhoek 3 km in oostelijke richting uit te breiden, wordt de buitenbocht van de Overloop van Valkenisse bijna volledig vastgelegd. In figuur 3.3 is te zien dat de afstand tussen het einde van de geulwandverdediging en het begin van de baggerwerkzaamheden op de drempel van Valkenisse zo klein is dat de geul daar tussenin geen ruimte meer heeft om uit te bochten. Voorbij de verdediging zal waarschijnlijk een ontgrondingskuil ontstaan.

Omdat de geul over een lang stuk is vastgelegd, bestaat het risico dat vanwege de onderverzadiging van sedimenten en secundaire stroming de geul ter plaatse van de verdediging gaat uitdiepen en smaller worden. Stromend water bezit een bepaalde transport capaciteit, bij een oververzadiging aan sediment in het water sedimenteert de geul en bij een onderverzadiging erodeert een geul. In een bocht vindt als gevolg van secundaire stroming erosie in de buitenbocht en sedimentatie in de binnenbocht plaats. Door de geulwandverdediging is erosie van de buitenbocht niet mogelijk met als mogelijk gevolg dat het sediment uit de diepte van de geul wordt gehaald. Het vergt nadere studie om te onderzoeken of en hoe sterk dit effect zal optreden.

Ook bij deze variant zal de Schaar van de Noord niet doorbreken. De geulwandverdediging heeft geen invloed op de uitruimende processen van de Schaar van de Noord.

3.3.1 Effect op fysiotopen

Slik

Slikverlaging als gevolg van het nieuwe stortbeleid zal van dezelfde orde zijn als de situatie zonder verdediging. De breedte van het slik zal toenemen als gevolg van de schorranderosie die geïnitieerd wordt door de slikverlaging. Het slikareaal zal toenemen.

Schor

In deze situatie zal er alleen schorranderosie als gevolg van de slikverlaging optreden. Voor de korte termijn is dit ongeveer 20 à 30 ha en voor de middellange termijn 60 à 80 ha. Dit is respectievelijk ongeveer 1 en 3 % van het schoroppervlak van Saeftinge. Voor de lange termijn zal het ongeveer 5 % kunnen zijn.

Ondiepwaterareaal

Het areaal zal niet veranderen maar het bodemmateriaal zal deels uit stortsteen bestaan.

3.3.2 Effect op stroombeeld

De stroom door het Zuidergat en de Overloop van Valkenisse wordt door de verdediging geleid. De uitstroom van de Schaar van Valkenisse kan echter vervelende zijstroming opleveren omdat de uitstroom van die geul niet geleid wordt. De zijstroom kan versterken als gevolg van het nieuwe stortbeleid. Hierdoor wordt het Valkenisse gebied ruimer en kan meer stroom gaan voeren. Door middel van aanpassing van het stortbeleid kan de ontwikkeling van het Valkenissegebied worden gestuurd.

Mogelijk kan de hinderlijke dwarsstroom gereduceerd worden doordat ter hoogte van de uitstroom stroomcontractie optreedt waardoor de uitstroomopening zich verplaatst. In het geval dat de uitstroom uit de Schaar van Valkenisse haaks staat op de Overloop van Valkenisse, duwt die de stroom in de Overloop van Valkenisse naar buiten. Deze kan vanwege de geulwandverdediging niet verder uitbochten met als gevolg dat stroomcontractie optreedt in de doorgaande stroom door de Overloop van Valkenisse waardoor de snelheden zullen verhogen. Een gevolg van deze verhoogde snelheden kan zijn dat de uitloop van de Schaar van Valkenisse stroomopwaarts wordt verschoven. Of dit effect op zal treden is niet op voorhand aan te geven.

3.3.3 Effect op baggerhoeveelheden

Door de vastlegging van de geulwand zal de geul zich gaan verdiepen en versmallen en daarmee een negatief effect hebben op de baggeromvang. Aan de binnenbocht van de Overloop van Valkenisse zal hierdoor meer baggerwerk nodig zijn om de betonning op zijn plaats te kunnen houden. Overigens is er dan sprake van een tegenstrijdig beeld in de geuldoorsnede: aan de linkeroever zal door de geulwandverdediging een verdieping optreden en aan de rechteroever zal door onderhoudsbaggerwerk het morfologisch effect hiervan (de verondieping van de binnenbocht) worden weggebaggerd.

Op de drempel van Valkenisse zal de baggerinspanning toenemen. In Verbeek et al. (1998) wordt een vergelijkbare situatie met behulp van een model doorgerekend en dit leidde tot een verhoogde aanzandingssnelheid op de drempel. Een verklaring hiervoor is dat de transportcapaciteit toeneemt als gevolg van de versmalling en verdieping van de geul. Dit zal leiden tot een verhoogde aanzanding op de drempel, die uit evenwicht is. Dit is in tegenspraak met de gedachte zoals geschetst in paragraaf 1.3.

3.4 Geulwandverdediging met een lengte van 6 km

Een geulwandverdediging van 6 km aanleggen houdt in dat de verdediging tot de drempel van Valkenisse loopt. Aangezien de Overloop van Valkenisse bij een geulwandverdediging van 3 km al bijna volledig wordt vastgelegd, betekent een verdediging van 6 km een overdimensionering. De kans dat het effect van verdieping en versmalling van de geul ter hoogte van de geulwandverdediging dat hierboven beschreven is, optreedt is vrij groot omdat de geulwand erg lang is en dus de waterstroom sterk onderverzadigd kan raken.

3.4.1 Effect op fysiotopen

De effecten voor de verschillende fysiotopen zijn bij benadering hetzelfde als bij een verdediging met een lengte van 3 km. Alleen het ondiepwaterareaal zal uit twee keer zoveel hardsubstraat bestaan.

3.4.2 Effect op stroombeeld

Ook hierbij kan de uitstroom van de Schaar van Valkenisse hinderlijke dwarsstromen veroorzaken. De lengte waarover de geul is vastgelegd is twee maal zo groot als bij het vorige alternatief en ligt in het kritische gebied (het gebied waar de uitstroom van de Schaar van Valkenisse actief is). Daardoor wordt de kans op hinderlijke dwarsstromen vergroot.

3.4.3 Effect op baggerhoeveelheden

Hier zullen de effecten zoals bij de verdedigingslengte van 3 km beschreven optreden. De geulwand verdediging heeft het effect dat de geul zich verdiept en versmalt. Hierdoor zal het baggerwerk langs de binnenbocht van de vaargeul moeten toenemen om de gewenste ligging van de vaargeul te handhaven. Op de drempel zal een verhoogde sedimentatie optreden waardoor er meer gebaggerd moet worden.

4. Aanbevelingen

- Indien de geulwandverdediging niet wordt aangelegd wordt geadviseerd een monitoringsprogramma uit te voeren om de ontwikkeling van de Schaar van Valkenisse, de Overloop van Valkenisse, de Schaar van de Noord, de drempel van Valkenisse en de slikverlaging en schorerosie te kunnen volgen.
- Om de veranderingen in stroming en baggeromvang meer kwantitatief te kunnen bepalen moeten modelberekeningen worden uitgevoerd. Twee berekeningen worden geadviseerd: 1) Een berekening met de maximale uitbochting. Aan de hand van het stroombeeld kan worden bepaald of langs de rand van de geul nog drukpunten aanwezig zijn waardoor de geul nog verder gaat inscharen. Indien dit niet het geval is zal de gekozen geulligging de maximale uitbochting zijn. 2) Een berekening met een geulwandverdediging van 3 km. Op basis van het verkregen stroombeeld kan worden bepaald of de geul voldoende vast ligt en hoe sterk de stroming aan de kant van de verdediging is, dit in verband met het uitdiepen van de geul. Hierbij kan eveneens een indicatie worden verkregen van de kans dat een (hinderlijke) dwarsstroming zal ontstaan. Deze berekeningen leveren veel kwantitatieve informatie op die nu nog grotendeels ontbreekt.
- Indien de geulwandverdediging niet wordt aangelegd kan door de wijze van baggeren het dynamisch vaste punt in westelijke richting verplaatst worden. Dit kan resulteren in een minder sterke uitbochting van de Overloop van Valkenisse. Dit vergt nadere studie en modelberekeningen om te onderzoeken hoe deze sturende maatregel moet worden uitgevoerd.
- Een onzekere factor bij de variant zonder geulwandverdediging is de ontwikkeling van het Valkenisse gebied, vooral onder de nieuwe stortstrategie. Hoe ver de uitruiming zal gaan vraagt nadere studie evenals het storten als mogelijk sturingsinstrument bij de ontwikkeling van het gebied.
- Onderzoek naar de mogelijkheid om de betonning van de vaargeul aan te passen is nuttig omdat daarmee de mogelijkheid wordt verkregen om de baggerinspanning te verminderen. Dit geldt in het bijzonder voor de situatie zonder geulwandverdediging maar ook voor de situatie met verdediging.
- Het baggerwerk in het gebied rond de Drempel van Valkenisse wordt sterk gestuurd door de verruiming van de verschillende geulen. Hier werken terugkoppelings-mechanismen die niet eenvoudig kunnen worden afgeschat. Verdere analyse zal op basis van modelstudies gedaan moeten worden, waarbij tevens een meer kwantitatief antwoord kan worden verkregen over de baggerinspanning.

5. Literatuur

Dekker, L. (1994). Verdieping Westerschelde : Getijberekeningen Scaldis100. Rapport AX 94.042, RWS, Directie Zeeland.

Huijs, S.W.E. (1996). De ontwikkeling van de morfologie in de Westerschelde in relatie tot menselijke ingrepen. Rapport R96-17, IMAU, Universiteit Utrecht.

Houtekamer, N.L. (1994). Het Verdrongen land van Saeftinge: schor onder druk?. Nota AX 94.018, RWS, Directie Zeeland.

Jeuken, M.C.J. L. (1993). Morfologische veranderingen van de platen en geulen in de Westerschelde gedurende de periode 1965-1990. Nota NWL-93.13. RWS, Directie Zeeland.

Jeuken, M.C.J. L. (1992). Een analyse van stroom- en sedimentmetingen in het oostelijk deel van de Westerschelde. Nota NWL-92.17. RWS, Directie Zeeland.

Jong, D.J. de (1994). Veldbezoek schor en slik bij Waarde. Werkdocument RIKZ/OS-94.812x. RWS, RIKZ.

Jong, D.J. de, J. Consemulder en K. Hendrikse (1993). Veranderingen in het voorland van 5 schorgebieden in de Westerschelde, werkdocument GWAO-93.826x, RWS, DGW.

Jong, J. de (1993). Onderzoek naar het effect van de stortactiviteiten in de Overloop van Valkenisse op de geulrand-erosie en de verlanding van het Verdrongen Land van Saeftinge, 1970-1991. Notitie NWL-93.07, RWS, Directie Zeeland.

Kleef, A.W. van (1993). Het effect van het storten van baggerspecie op de ontwikkeling van de Zuidelijke oever van het Zuidergat. Interne notitie, RWS, Directie Zeeland.

Kleinjan, I.L. (1938). Het gebied van de Westerschelde nabij Bath. RWS, Directie waterhuishouding en -beweging, afd. Vlissingen.

Krijger, G.M. (1993). Het Verdrongen Land van Saeftinge komt weer boven water. Werkdocument GWWS-93.838x, RWS, DGW.

Looff, D. de (1984). De ontwikkeling van de schaaroevers van de Overloop van Valkenisse en het Nauw van Bath tot omstreeks 1980. Nota WWKZ-8484.V013, RWS, DGW.

Looff, D. de (1982). Ontwikkeling Vaarwater boven Bath en nauw van Bath c.a. in samenhang met uitgevoerde drempelverlaging en afvoer van specie. Nota WWKZ-82.V006, RWS, Adviesdienst Vlissingen.

Looff, D. de, en J. v. Malde (1976). Over de cyclus der zogenaamde drempelgeulen in de oostelijke uitloop van de Zimmermangeul. Rijkswaterstaatspublicatie nr. 22, Studiedienst Vlissingen.

Mol, G., A.M. van Berchum en G.M Krijger (1997). De toestand van de Westerschelde aan het begin van de verdieping 48'/43'. Beschrijving van trends in de fysische, biologische en chemische toestand. Rapport RIKZ-97.049, RWS, RIKZ.

Uit den Bogaard, L.A. (1993). Morfologische parameterisatie van de Westerschelde. Deel 1: Basisgegevens, parameters en de GIS applicatie ProfielGIS. RWS, RIKZ.

Verbeek, H, F.T.G. Tank en M.D. Groenewoud (1998). Drempels in de Westerschelde, natuur en mens samen aan het werk. Rapport RIKZ-98.000, RWS, RIKZ.

Wanningen, H., G.M. Krijger en H. Niesing (1996). Geulwandverdedigingen en achterliggende slikken. Studie naar de effecten van de reeds aangelegde geulwandverdedigingen in de Westerschelde op de sedimentatie- en erosieprocessen op de achterliggende slikken. Nota AXW 1022.96, RWS, Directie Zeeland.

Wouters, C.A.H. (1997). Het gedrag van drempels in de Westerschelde : Toetsing van hypothesen en beschrijvend morfodynamische model van de Drempels van Bath en Valkenisse. Stagerapport Technische Universiteit Delft. Werkdocument RIKZ/OS-97.831x. RWS, RIKZ.

Wouters, C.A.H. (1998). Drempel van Valkenisse : Afstudeeronderzoek naar mechanismen die bijdragen aan de vorming van de Drempel van Valkenisse. Werkdocument RIKZ/OS-98.805x. RWS, RIKZ.

Bijlage 1 : Figuren.

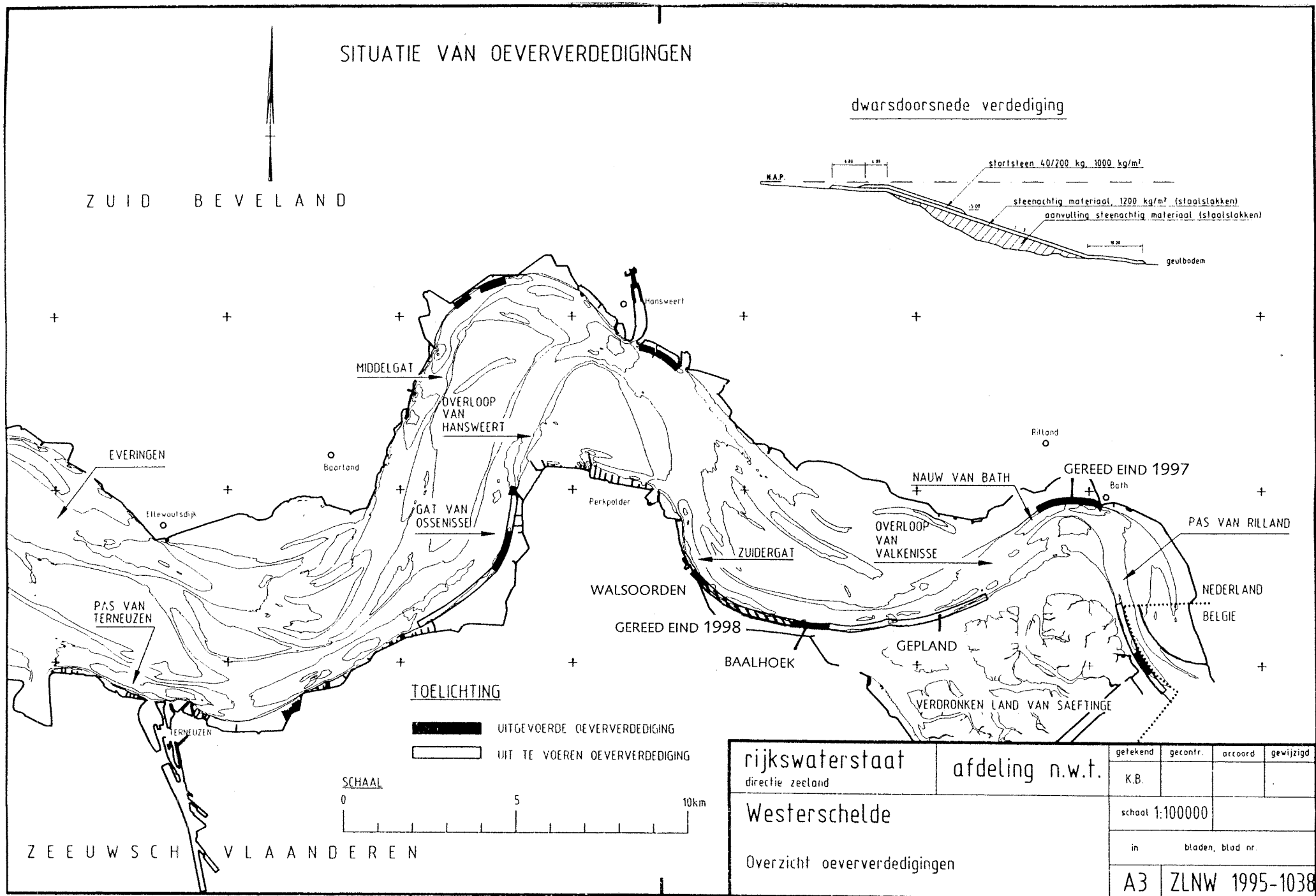
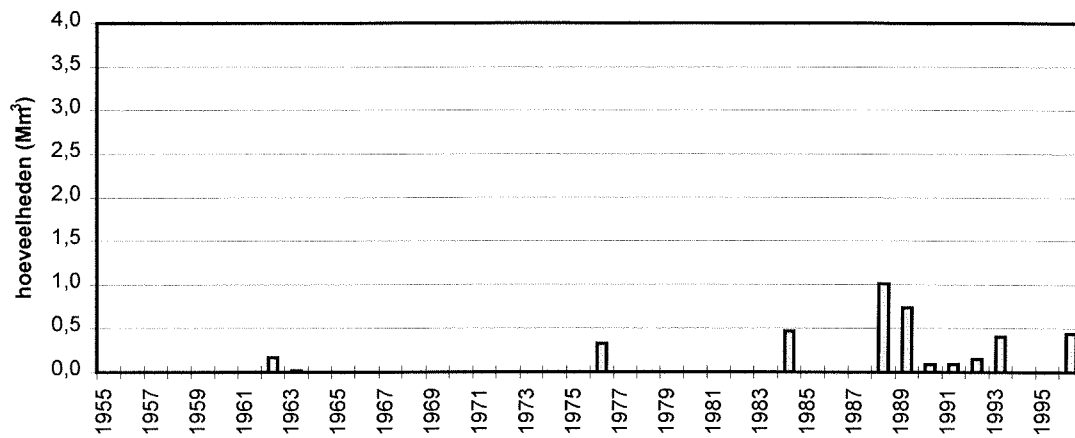
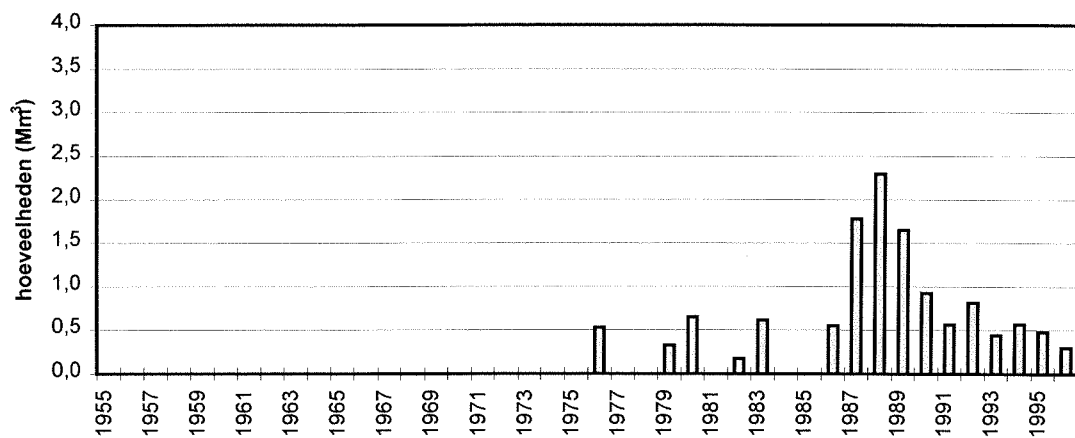


Fig. 2.1 Ligging bestaande en geplande geulwandverdedigingen oostelijk deel Westerschelde (naar Wanningen et al., 1996)

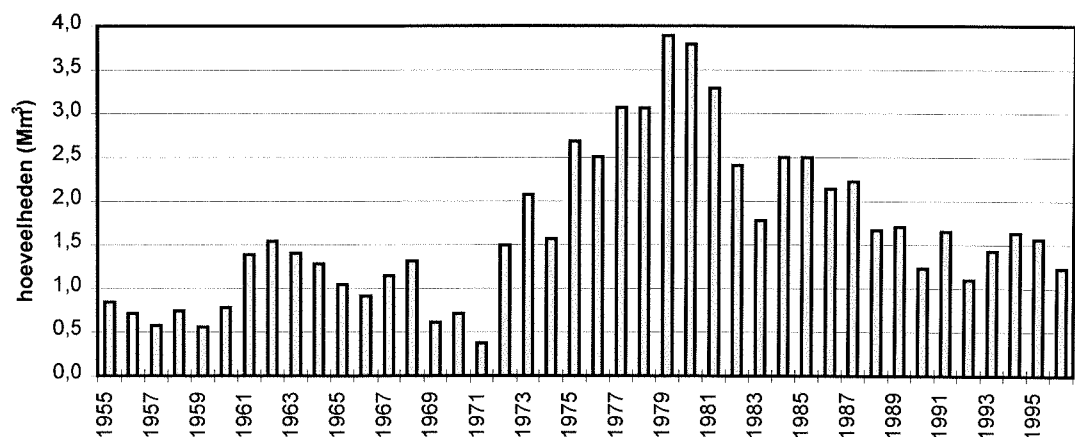
Platen van Valkenisse



Overloop van Valkenisse

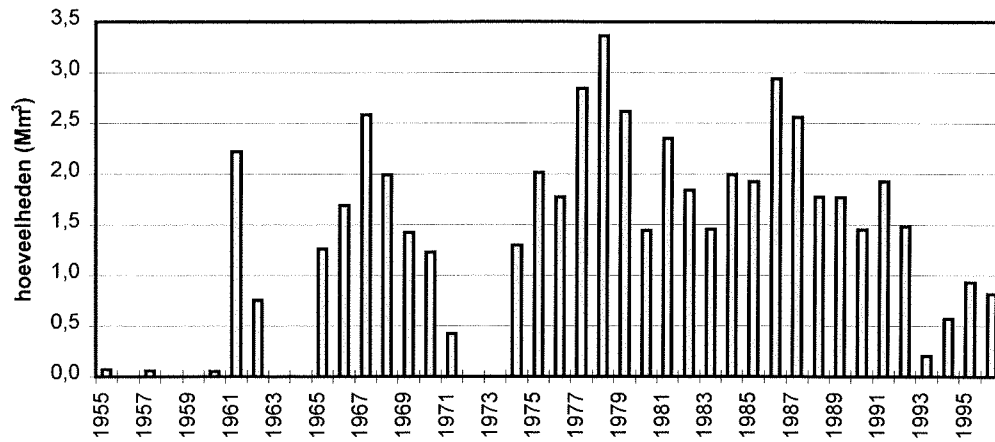


Drempel van Valkenisse

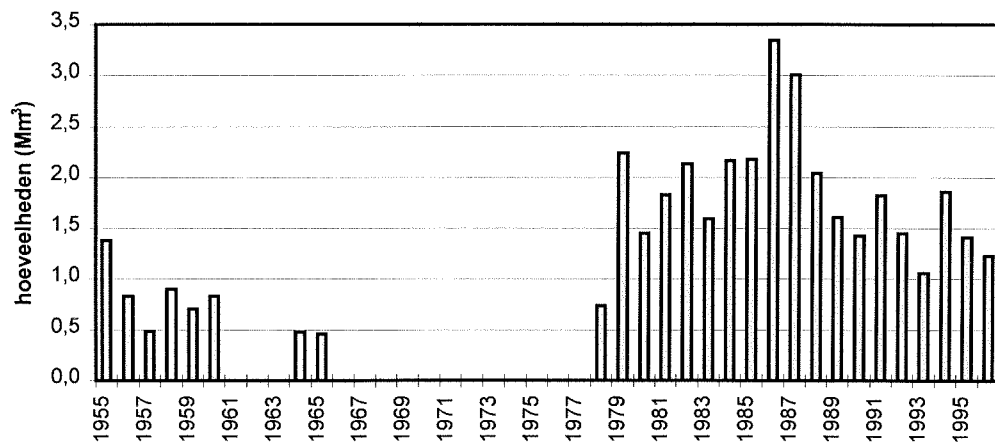


Figuur 2.2 Baggerhoeveelheden bij de Platen van Valkenisse, de Overloop van Valkenisse en de Drempel van Valkenisse.

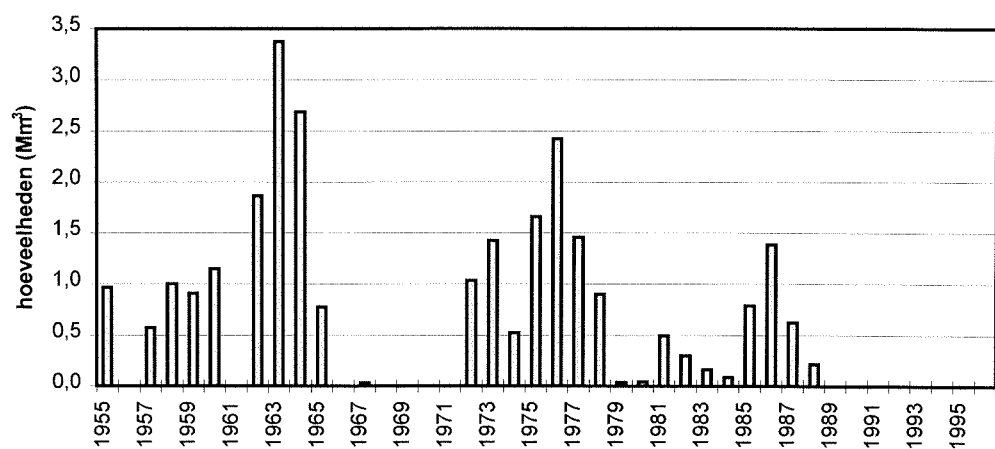
Boei 63



Konijnenschor

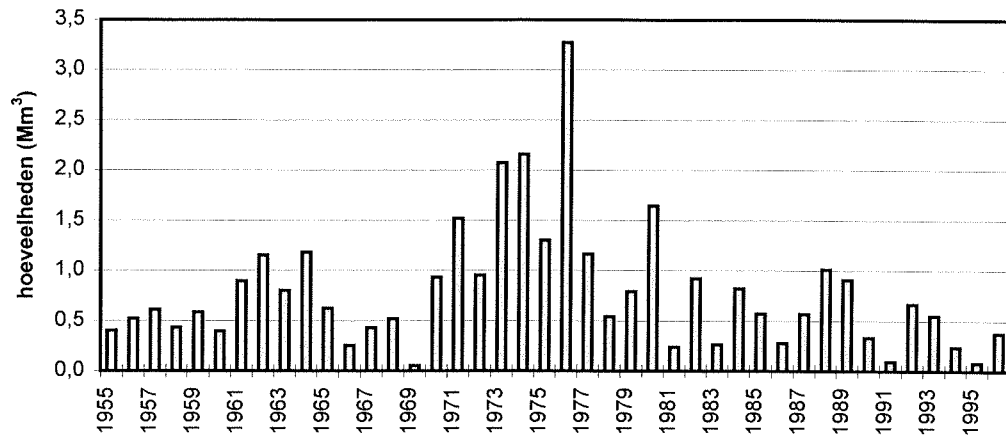


Schaar van de Noord

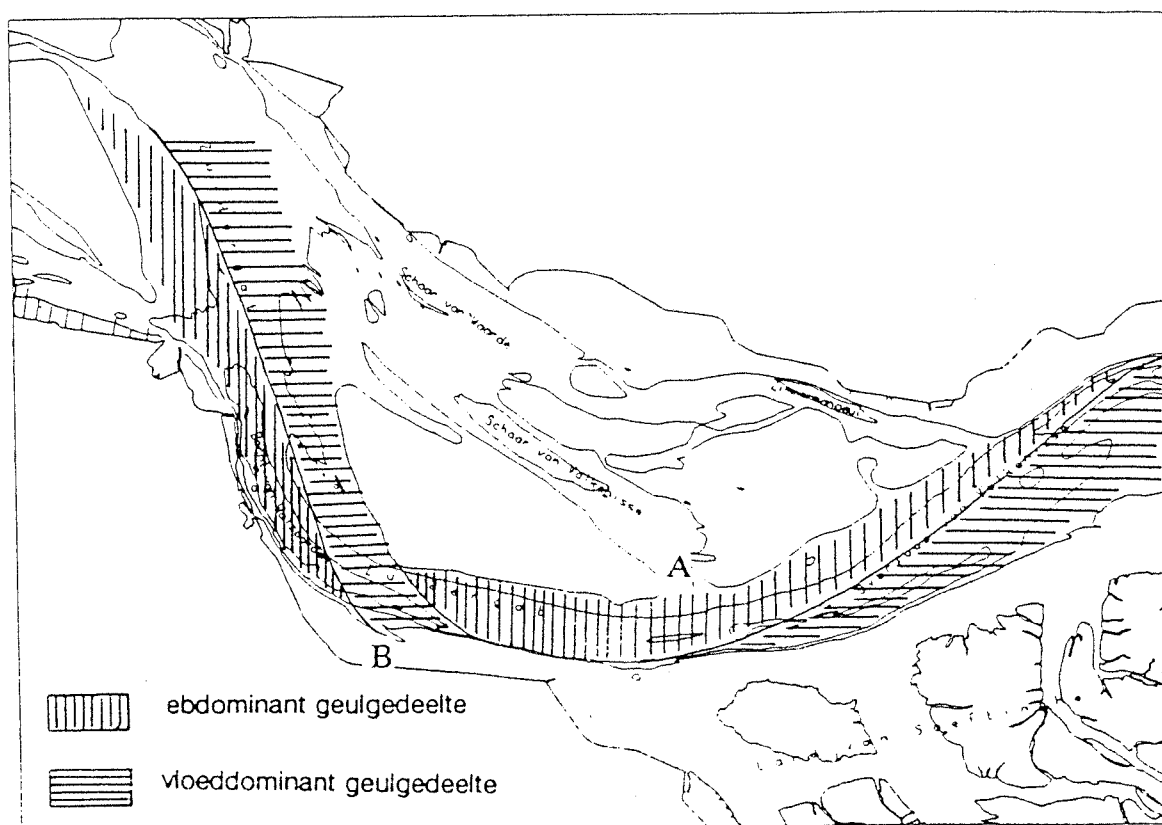


Figuur 2.3 Storthoeveelheden Boei 63, Konijnenschor en Schaar van de Noord

Schaar van Waarde

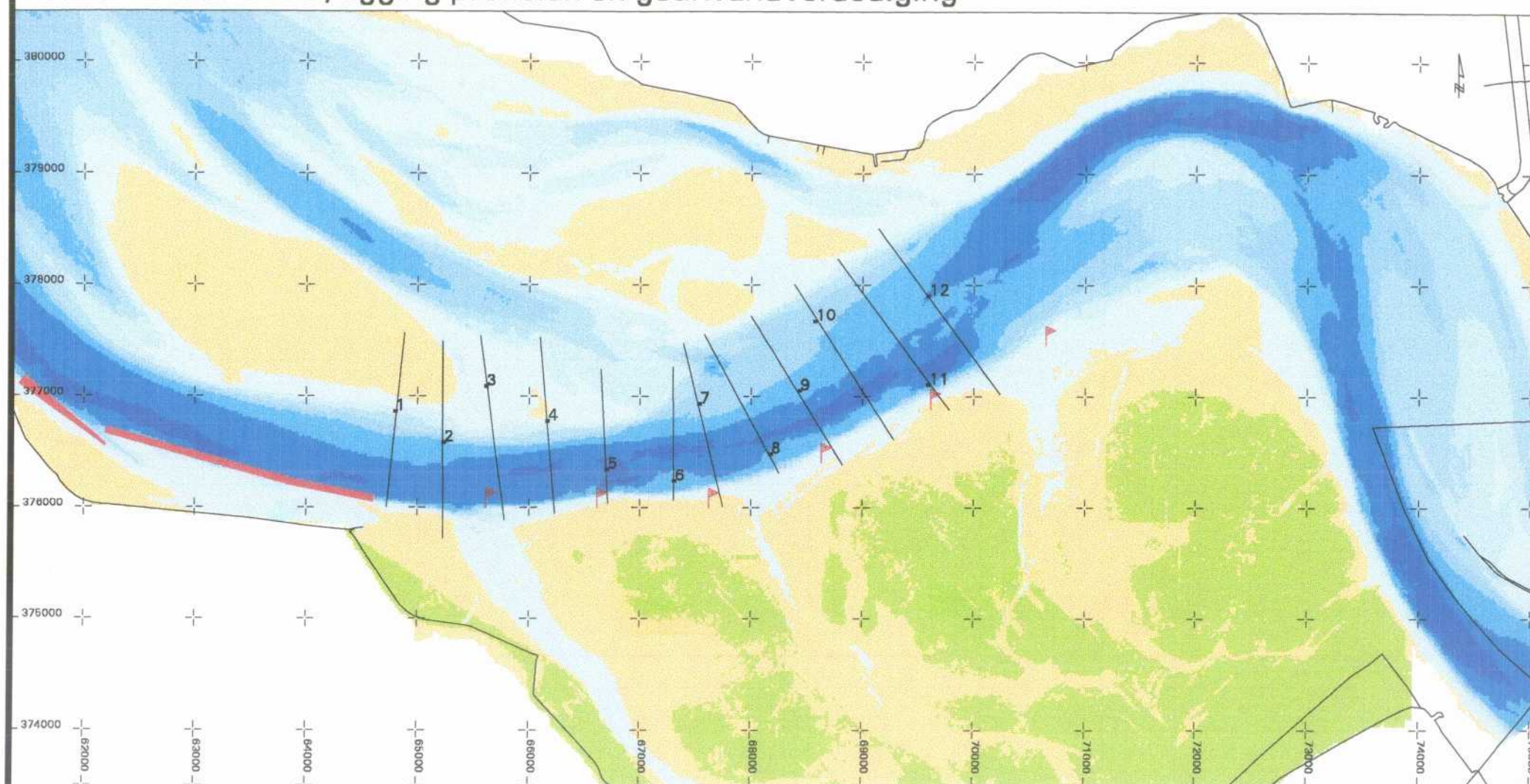


Vervolg figuur 2.3. Storthoeveelheden Schaar van Waarde



Figuur 2.4 : Ruimtelijke variatie in eb- en vloeddominantie van de primaire stroomcomponent (Jeuken, 1992)

WESTERSCHELDE, ligging profielen en geulwandverdediging



Legenda

dieper 30m	-15 t/m -10m	-5 t/m -2.5m	hoger 2.5m
-30 t/m -20m	-10 t/m -7.5m	-2.5 t/m NAP	Profiel + nr
-20 t/m -15m	-7.5 t/m -5m	NAP t/m 2.5m	Geulwandverdediging

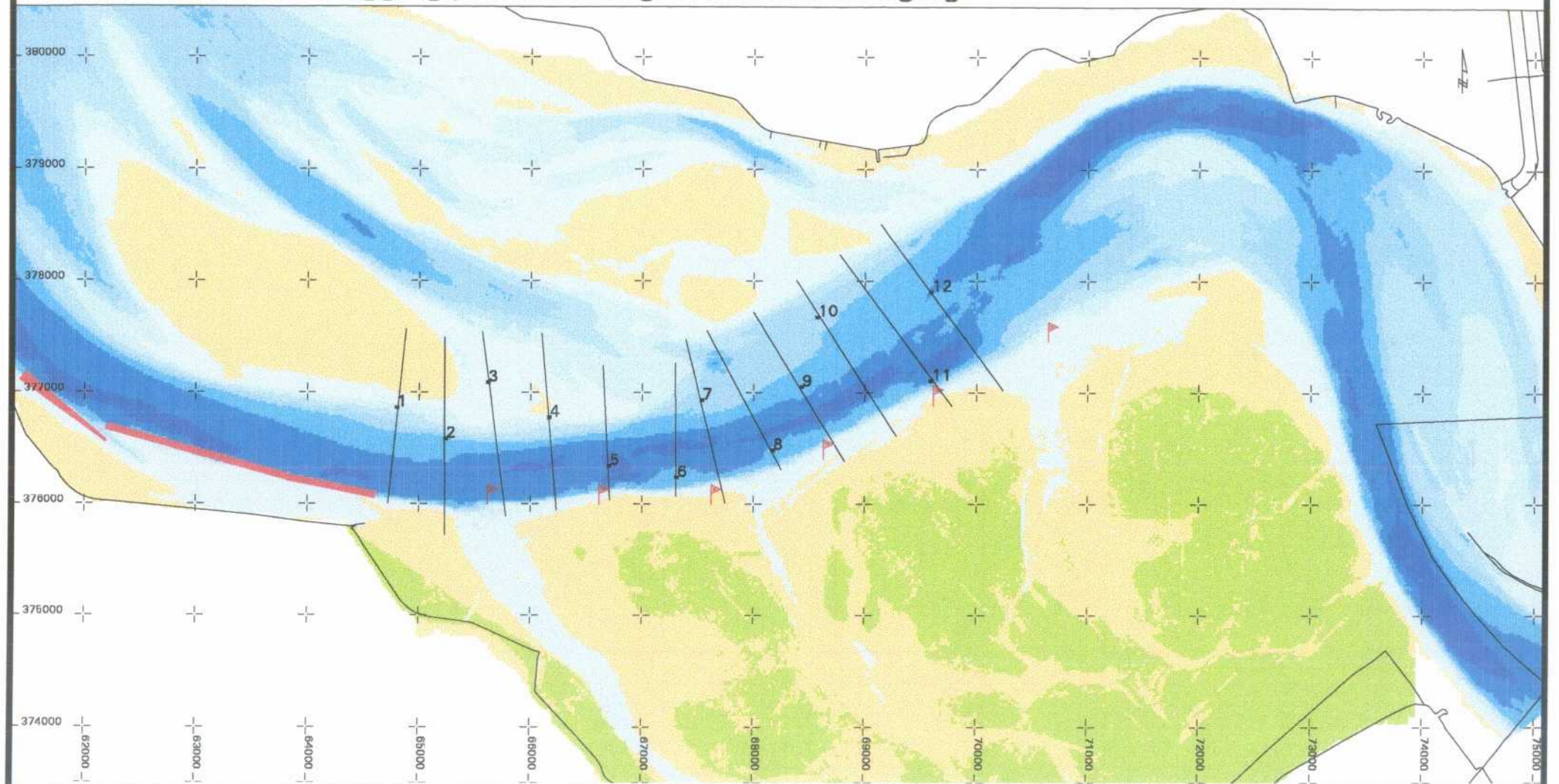
km aanduiding
geplande geulwandverdediging Saeftinge

Schaal 1:50.000
Bron: RWS vaklodingen 1996.
Figuur 2.5
Ligging profielen en verdediging
Datum: 29-JUN-1998



Annemieke van der Stik
Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Rijkswaterstaat voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg

WESTERSCHELDE, ligging profielen en geulwandverdediging



Legenda

dieper 30m	-15 t/m -10m	-5 t/m -2.5m	hoger 2.5m
-30 t/m -20m	-10 t/m -7.5m	-2.5 t/m NAP	Profiel + nr
-20 t/m -15m	-7.5 t/m -5m	NAP t/m 2.5m	Geulwandverdediging

km aanduiding geplande geulwandverdediging Saeftinge

Schaal 1:50.000
Bron: RWS vaklodingen 1996.
Figuur 2.5
Ligging profielen en verdediging
Datum: 29-JUN-1998



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

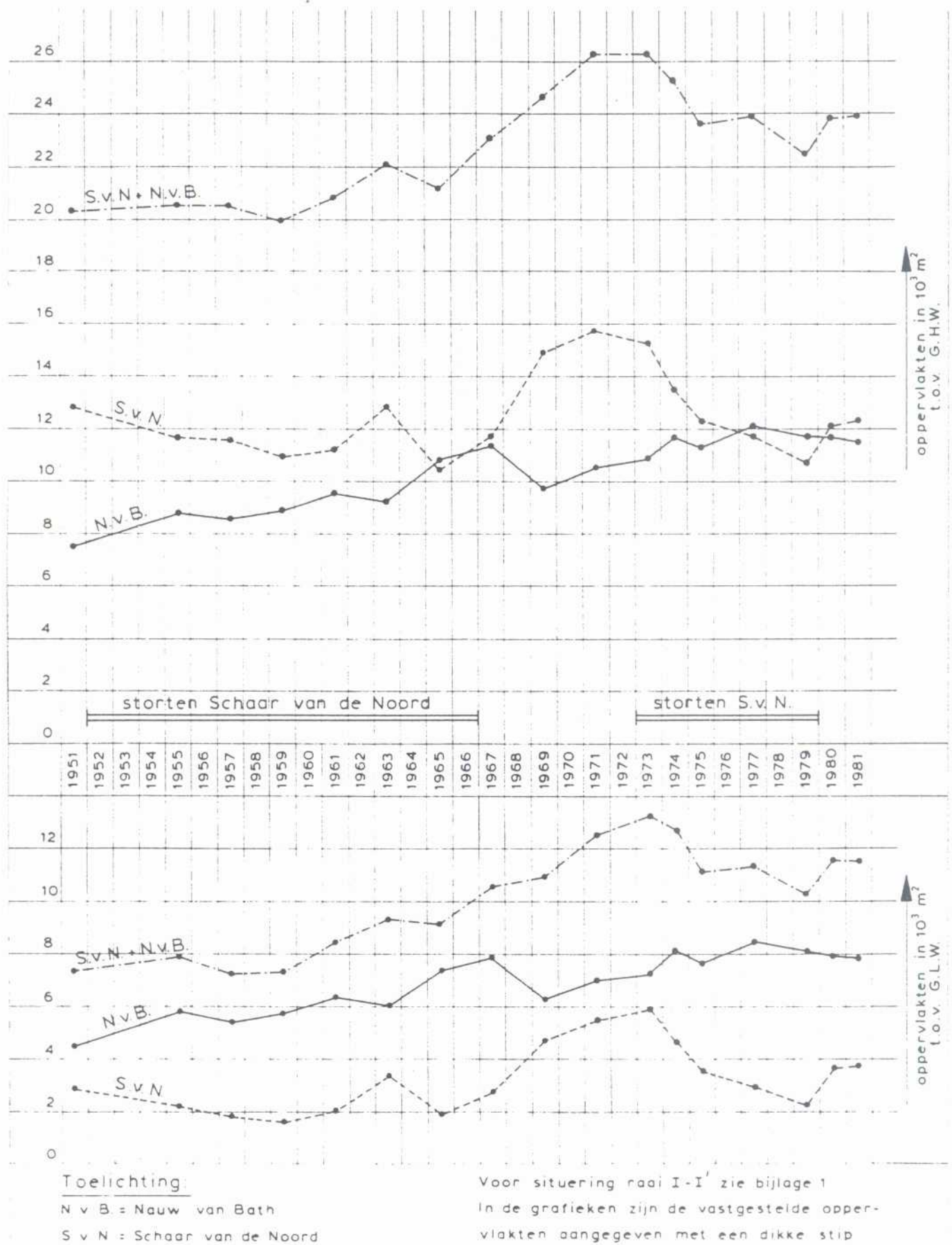
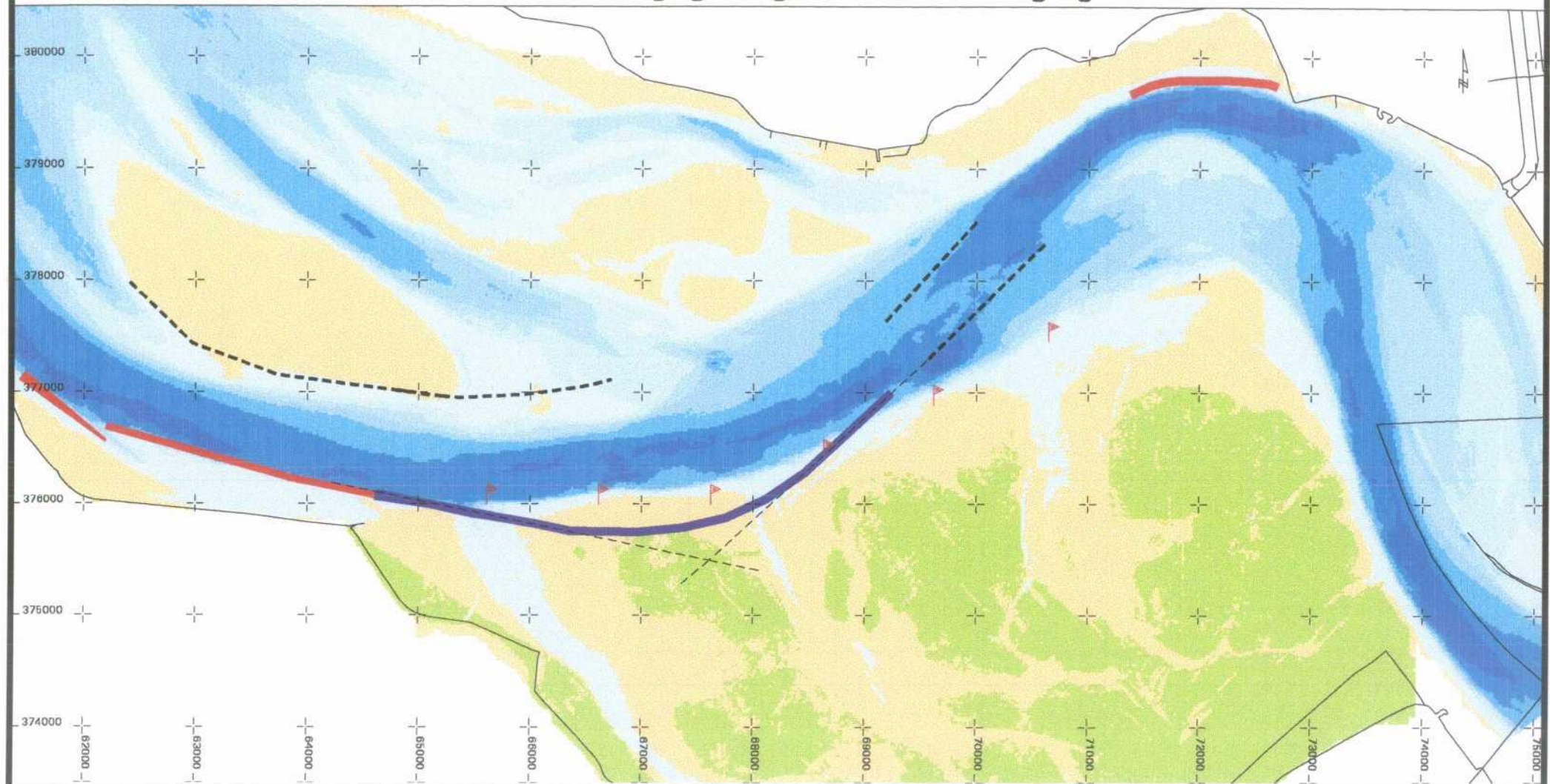


Fig. 2.6 Ontwikkeling Schaar v.d. Noord vs. Ontwikkeling Nauw v. Bath (de Looff, 1982).

WESTERSCHELDE, maximale uitbochting, geen geulwandverdediging



Legenda

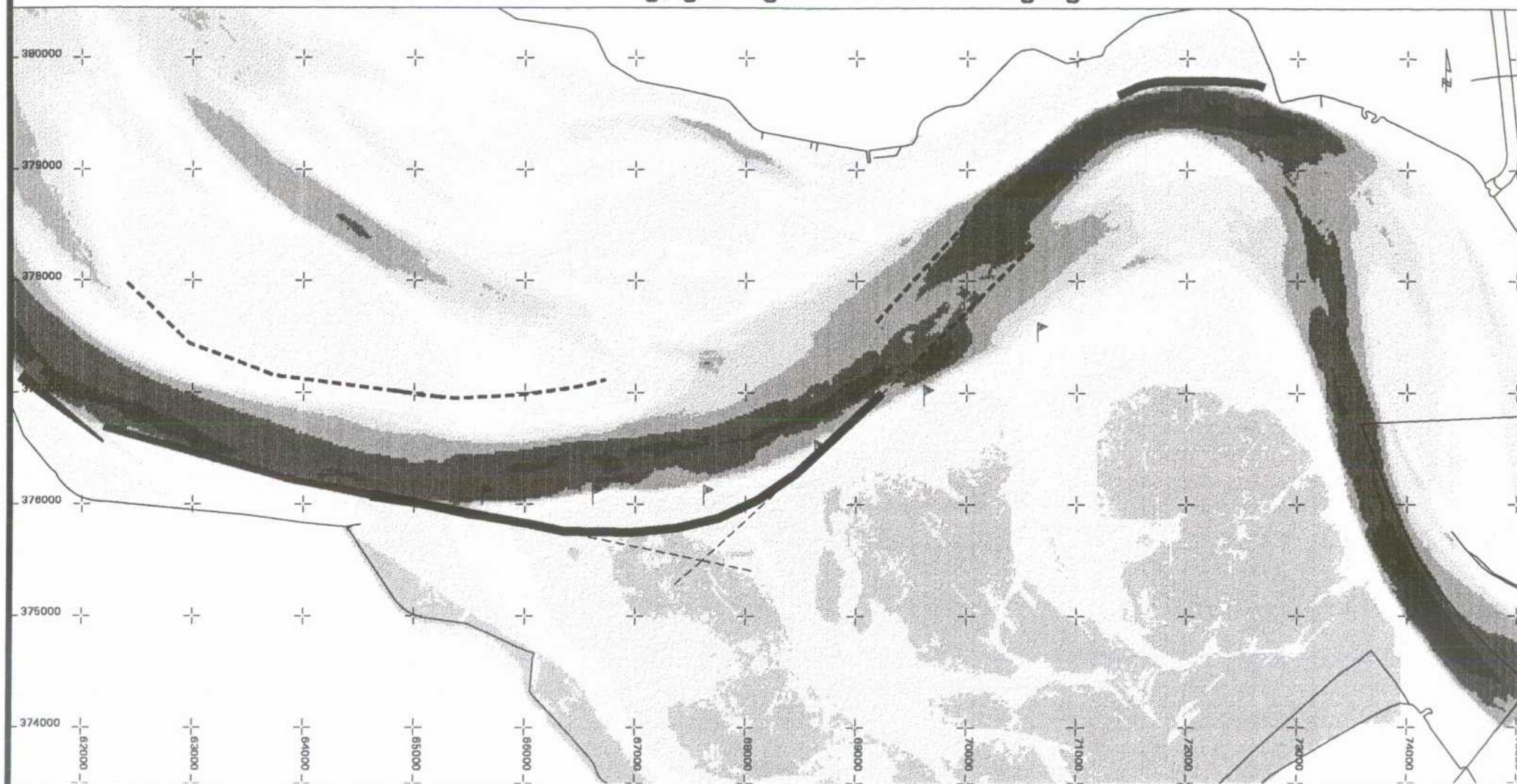
dieper 30m	-15 t/m -10m	-5 t/m -2.5m	hoger 2.5m	km aanduiding geplande geulwandverdediging Saeftinghe
-30 t/m -20m	-10 t/m -7.5m	-2.5 t/m NAP	----- dynamische verdediging	maximale uitbochting
-20 t/m -15m	-7.5 t/m -5m	NAP t/m 2.5m	----- statische verdediging	

Schaal 1:50.000
Bron: RWS vaklodingen 1996.
Figuur 3.1
geen geulwandverdediging
Datum: 30 JUN 1998



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

WESTERSCHELDE, maximale uitbochting, geen geulwandverdediging



Legenda

dieper 30m	-15 t/m -10m	-5 t/m -2.5m	hoger 2.5m	km aanduiding
-30 t/m -20m	-10 t/m -7.5m	-2.5 t/m NAP	dynamische verdediging	geplande geulwandverdediging Saeftinge
-20 t/m -15m	-7.5 t/m -5m	NAP t/m 2.5m	statische verdediging	maximale uitbochting

Schaal 1:50.000
Bron: RWS vakkolingen 1996.
Figuur 3.1
geen geulwandverdediging
Datum: 30-JUN-1998

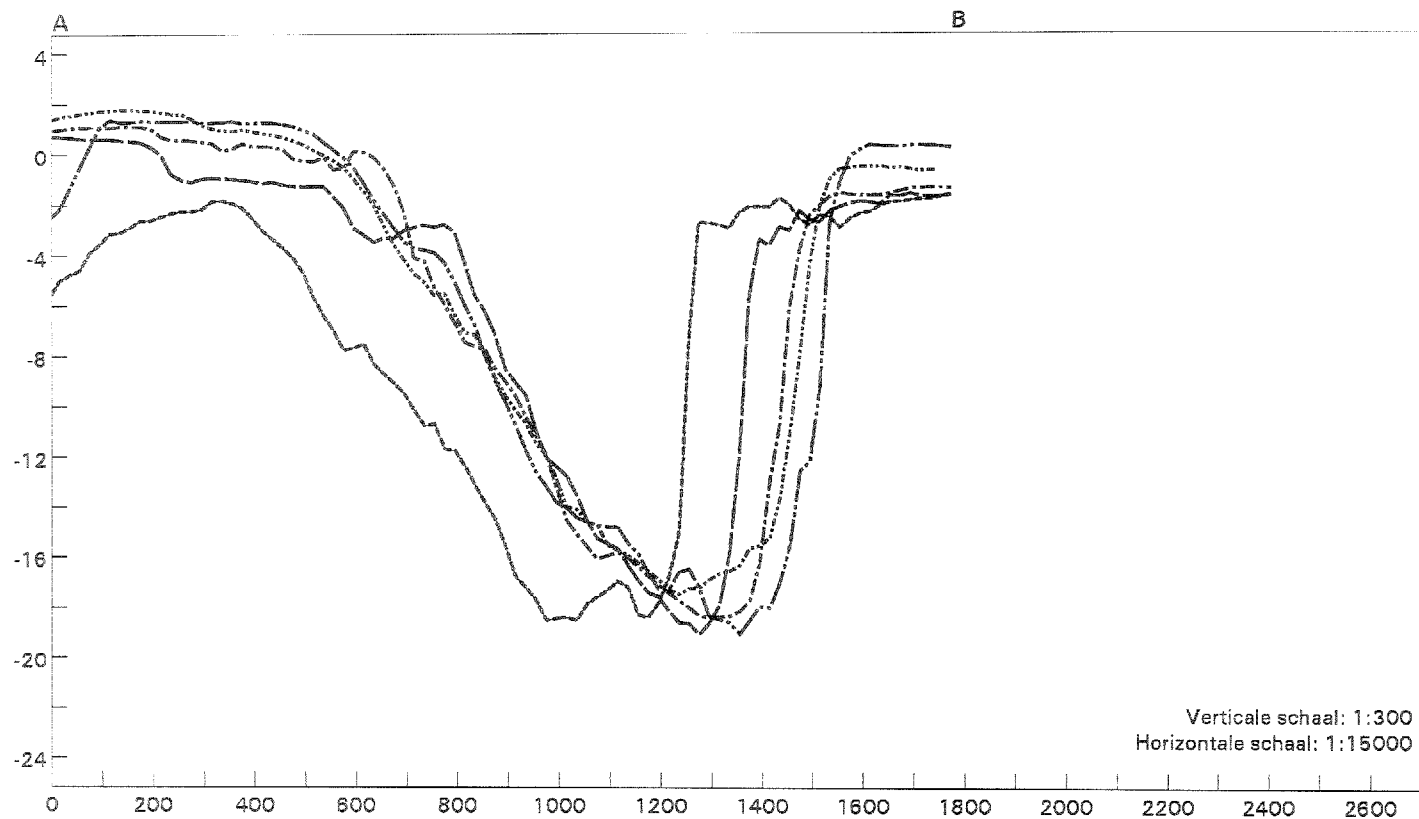


Annemieke van der Sluis
Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Rijkswaterstaat voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg

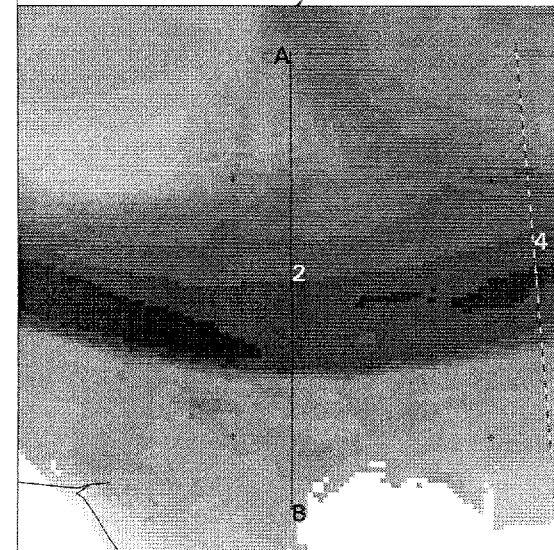
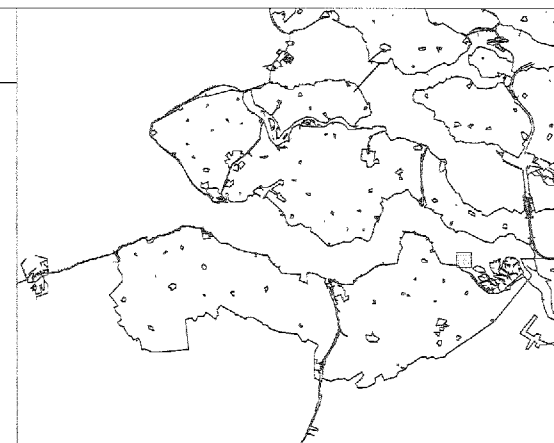
Bijlage 2 : Geulbodemprofielen

Profiel 2

'990421.113128'



- Profiel 2 van ws55
- Profiel 2 van ws71
- Profiel 2 van ws77
- Profiel 2 van ws88
- Profiel 2 van ws96



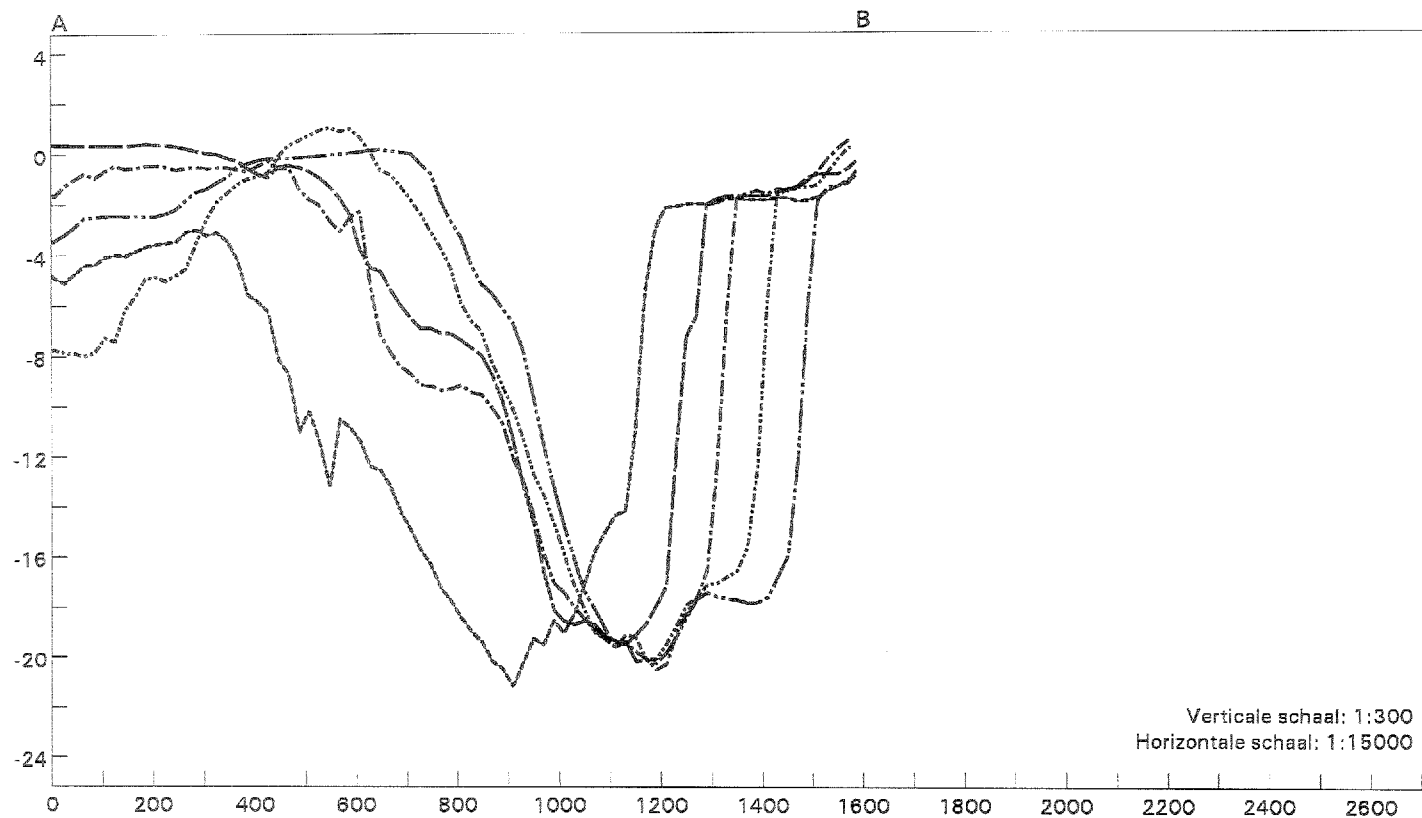
ZEESTRU*SPYK

Rijksinstituut voor Kust en Zee
Rijkswaterstaat

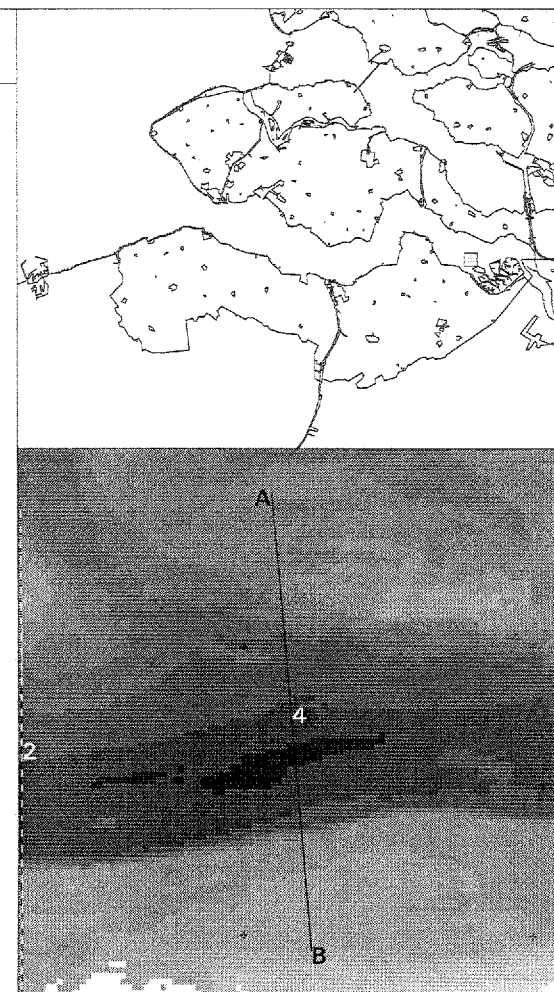
Arc-Info applicatie: ProfielGIS
Drs. L.A. Uit den Bogaard

Profiel 4

'980421.113401'



- Profiel 4 van ws55
- Profiel 4 van ws71
- Profiel 4 van ws77
- . - . - . Profiel 4 van ws86
- Profiel 4 van ws96



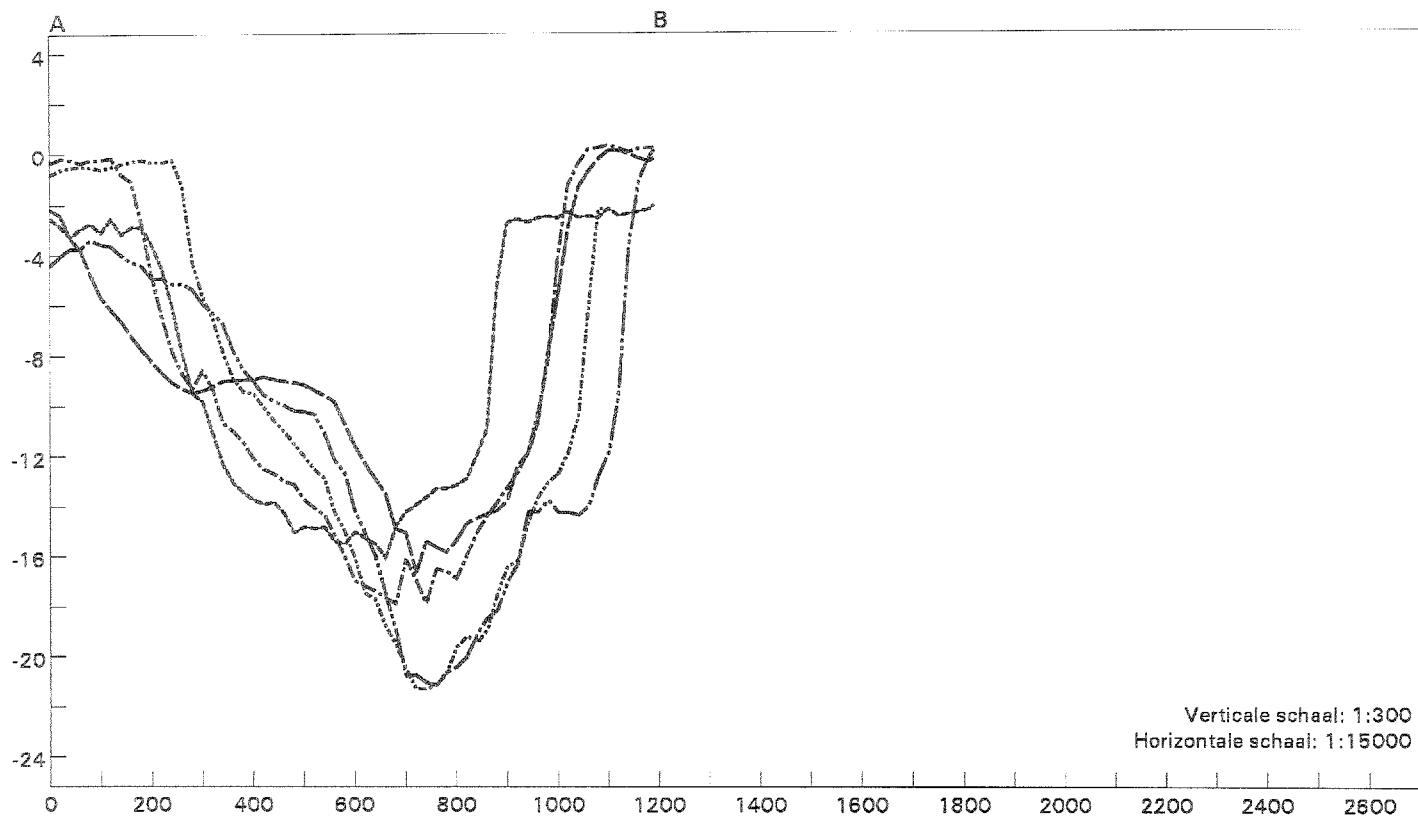
ZEESTRU*SPYK

Rijksinstituut voor Kust en Zee
Rijkswaterstaat

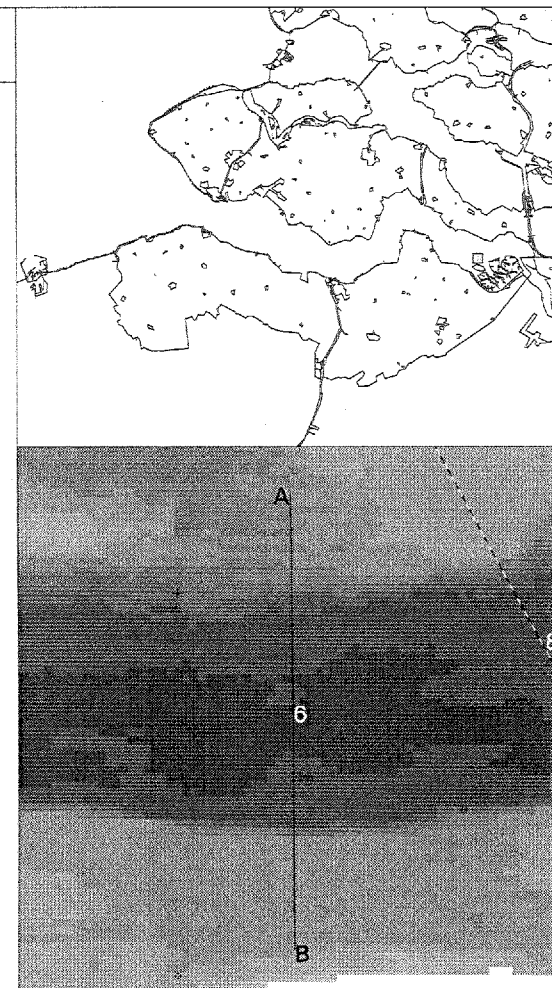
Arc-Info applicatie: ProfielGIS
Drs. L.A. Uit den Bogaard

Profiel 6

'980421.104257'



- Profiel 6 van ws55
- Profiel 6 van ws71
- Profiel 6 van ws77
- Profiel 6 van ws86
- Profiel 6 van ws96



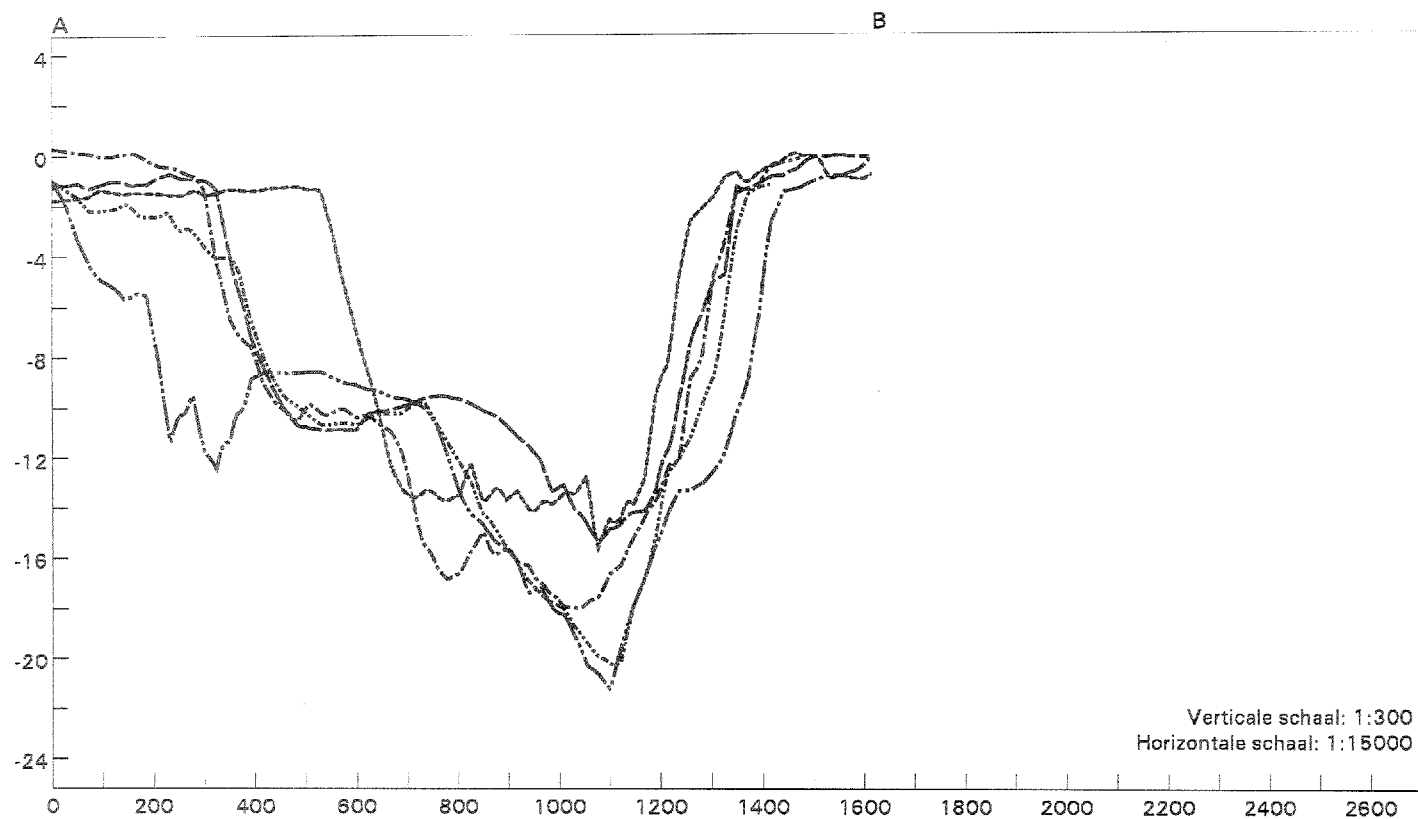
ZEESTRU*SPYK

Rijksinstituut voor Kust en Zee
Rijkswaterstaat

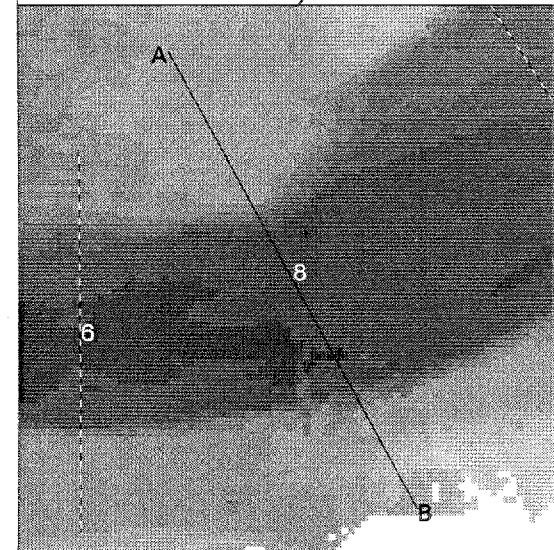
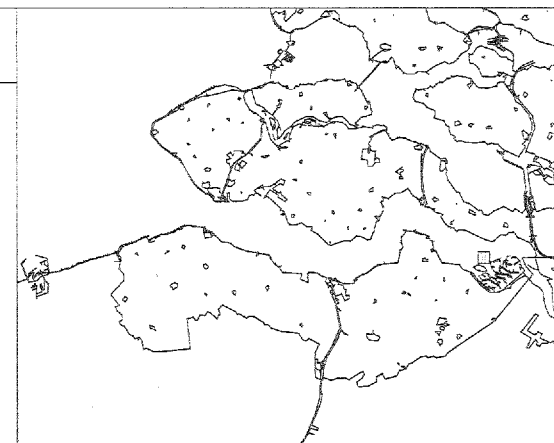
Arc-Info applicatie: ProfielGIS
Drs. L.A. Uit den Bogaard

Profiel 8

'880421.155050'



- Profiel 8 van ws55
- Profiel 8 van ws71
- Profiel 8 van ws77
- Profiel 8 van ws86
- Profiel 8 van ws96



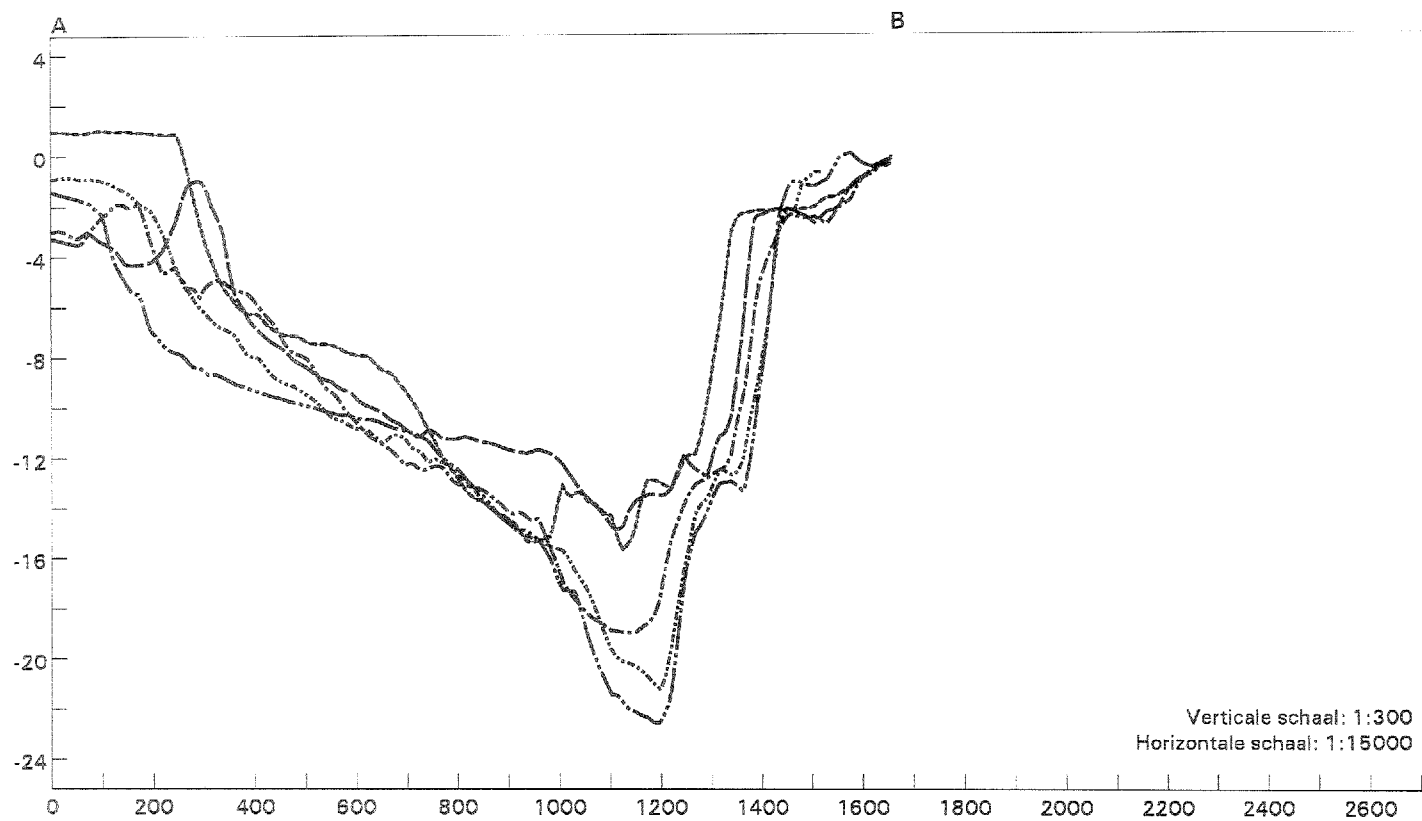
ZEESTRU*SPYK

Rijksinstituut voor Kust en Zee
Rijkswaterstaat

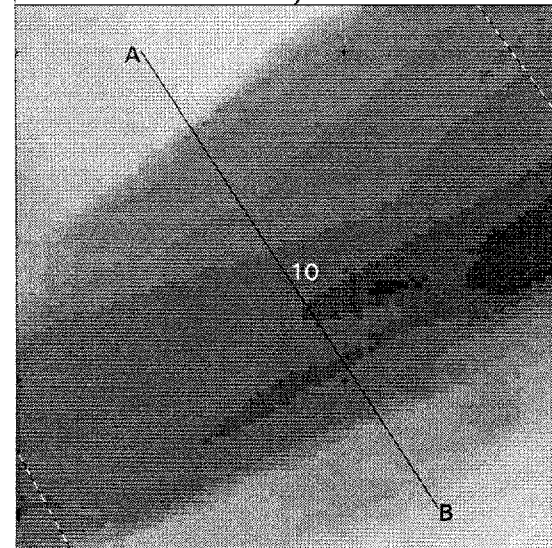
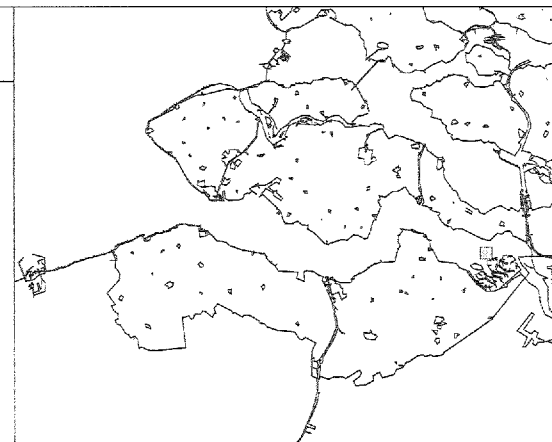
Arc-Info applicatie: ProfielGIS
Drs. L.A. Uit den Bogaard

Profiel 10

'980421.104408'



- Profiel 10 van ws55
- ===== Profiel 10 van ws71
- Profiel 10 van ws77
- Profiel 10 van ws86
- Profiel 10 van ws96



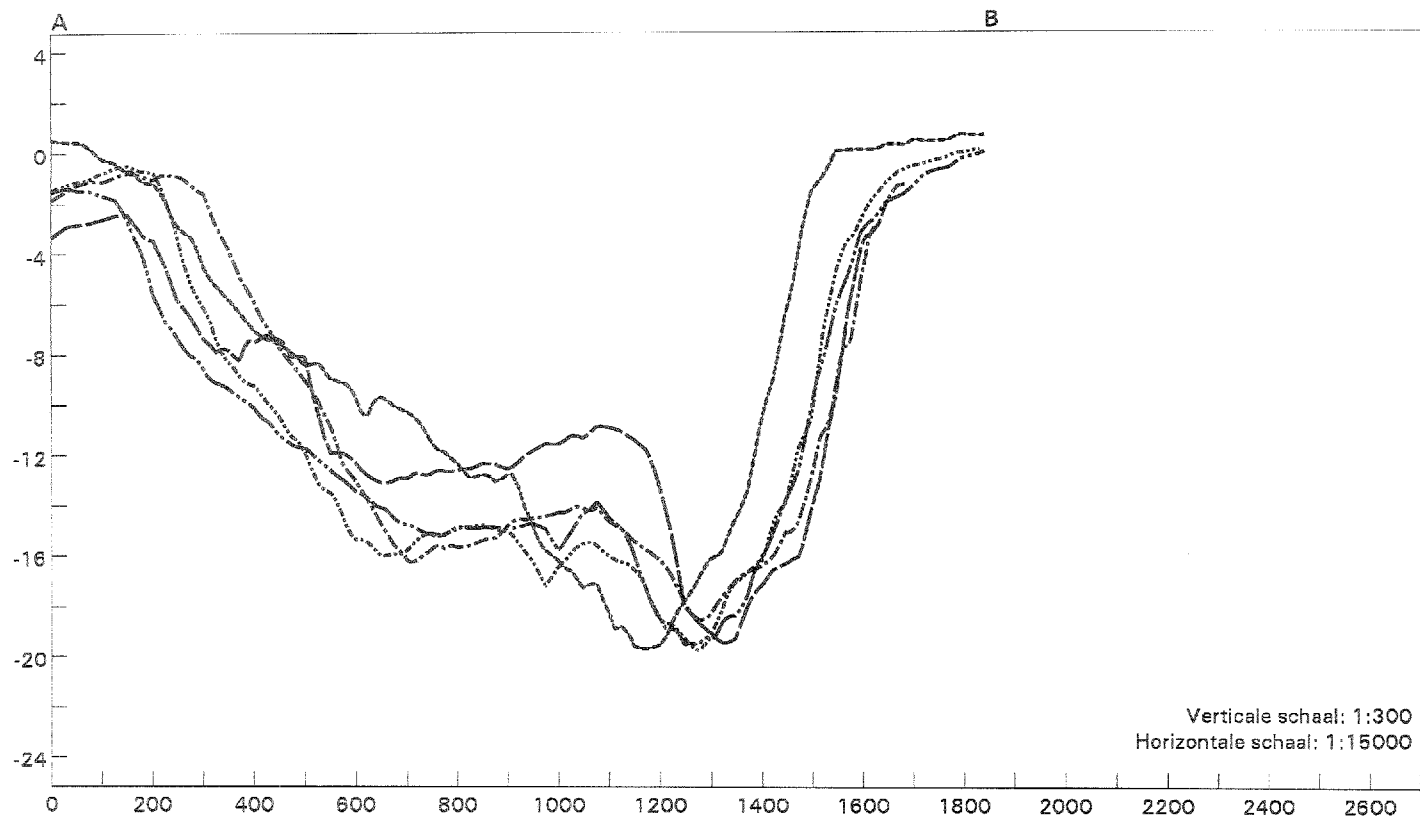
ZEESTRU*SPYK

Rijksinstituut voor Kust en Zee
Rijkswaterstaat

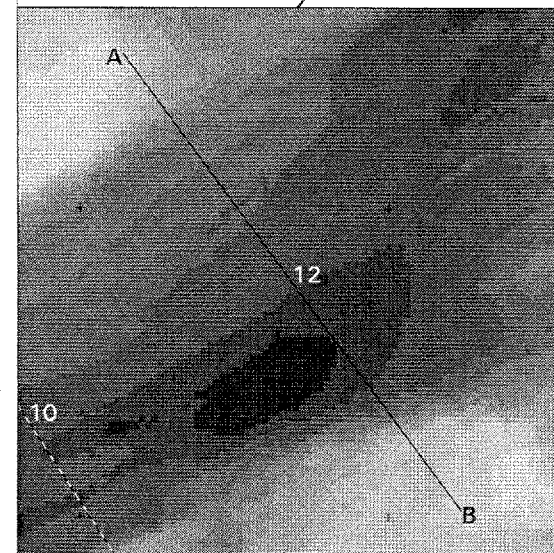
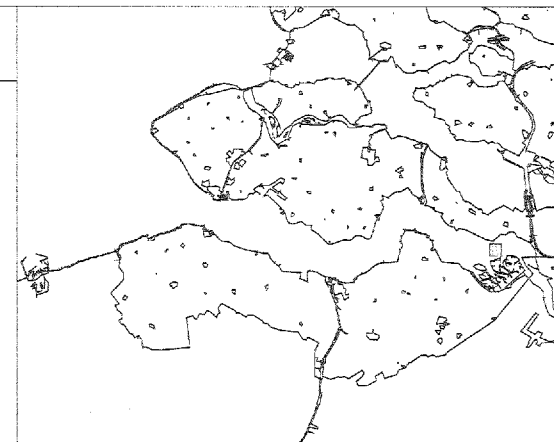
Arc-Info applicatie: ProfielGIS
Drs. L.A. Uit den Bogaard

Profiel 12

'980421.115345'



- Profiel 12 van ws55
- Profiel 12 van ws71
- Profiel 12 van ws77
- Profiel 12 van ws86
- Profiel 12 van ws96



ZEESTRU*SPYK

Rijksinstituut voor Kust en Zee
Rijkswaterstaat

Arc-Info applicatie: ProfielGIS
Drs. L.A. Uit den Bogaard