

Geulwandverdediging Zuidergat Westerschelde

Werkdocument RIKZ/AB/2000.825x

Oktober 2000
Tobias Walhout
Aline Arends

Werkdocument

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

Aan
Rijkswaterstaat,
Directie Zeeland,
Afdeling NWL,
t.a.v. mw. M. Groenenberg
Postbus 5014
4330 KA Middelburg

Contactpersoon
Tobias Walhout
Datum
5 oktober 2000
Nummer
RIKZ/AB/2000/825x
Onderwerp
Geulwandverdediging Zuidergat

Doorkiesnummer
0118-672231
Bijlage(n)
Product
ZEEDELTA kust

0. Samenvatting

In 1998 is een geulwandverdediging in het Zuidergat aangebracht. Hiervoor is een WVO vergunning verleend met o.a. als voorwaarde een monitoring uit te voeren. In dit werkdocument is het resultaat van de fysische monitoring verwerkt.

Voorts bevat dit werkdocument een advies over de aan te leggen geulwandverdediging in de Overloop van Valkenisse. De directie Zeeland is deze geulwandverdediging die wordt aangelegd in het kader van de verdieping van de Westerschelde, aan het ontwerpen. Hij sluit aan op de geulwandverdediging bij Baalhoek uit 1994 (bijlage 2). Omdat bij het ontwerp kan worden gekozen tussen een bestorting van de geulwand die eindigt rond laagwater en een bestorting die ruim boven laagwater eindigt, een zogenaamde kopbestorting, wil de directie Zeeland nu weten wat het effect daarvan is op het er achter gelegen slik. Het eerste type is onder andere toegepast bij de in 1998 aangebrachte geulwandverdediging langs het Zuidergat (nr. 2 op bijlage 1).

Het andere type, een kopbestorting, is in het wat verdere verleden op meerdere plaatsen toegepast waaronder bij Baalhoek en Walsoorden (nr. VI en II op bijlage 2).

De afdeling NWL heeft aan de afdeling Advies en Beleidsanalyse Delta van het RIKZ gevraagd om tegelijk met de uitwerking van de fysische monitoring, een analyse te maken van de morfologische effecten van de geulwandverdediging langs het Zuidergat van Baalhoek tot Walsoorden. Hier komen beide genoemde typen geulwandverdediging voor en bovendien sluit het onderzoeksgebied aan bij het gebied waarvoor advies wordt gevraagd: de geulwandverdediging aan de Overloop van Valkenisse (nr. 6 op bijlage 1). Met behulp van de lodingsgegevens van het waterschap zijn van de periode vóór en ná aanleg van de drie geulwandverdedigingen, de trends bepaald van de NAP lijn als indicator van het oppervlak hoog slik en van de dieptelijnen NAP -5m, NAP -10m en NAP -15m als indicator van de ligging van de geulwand. Verder zijn de trends bepaald van de gemiddelde hoogte van het slik om daaruit te kunnen bepalen hoe dit heeft gereageerd op de geulwandverdediging.

Deze trends zijn, behalve in het gebied van de geulwandverdediging zelf, ook in de aangrenzend vakken bepaald om te zien wat de zijdelingse effecten van een geulwandverdediging zijn.

Vestiging Middelburg
Postbus 8039, 4330 EA Middelburg
Bezoekadres Grenadierweg 31

Telefoon 0118 672200
Telefax 0118 651046

In deze studie is het volgende geconstateerd.

De erosie van de geulwand is na het aanleggen van een geulwandverdediging vrijwel overal gestopt.

In het aangrenzende gebied van een geulwandverdediging vermindert de erosie van de geulwand.

De onderzochte geulwandverdedigingen bevorderen over het algemeen de sedimentatie van het slik.

Er is niet gebleken dat een kopbestorting op een geulwandverdediging de sedimentatie op het achterliggende slik extra bevordert.

Inhoudsopgave

0. Samenvatting	1
1. Inleiding en vraagstelling	4
2. Aanpak en werkwijze	6
3. Verloop gemiddelde ligging NAP lijn en geulwand	8
3.1 Geulwandverdediging Baalhoek	9
3.2 Geulwandverdediging Zuidergat	10
3.3 Geulwandverdediging Walsoorden	11
4. Morfologische analyse slik tussen Walsoorden en Baalhoek	12
4.1 Geulwandverdediging Baalhoek	13
4.2 Geulwandverdediging Zuidergat	14
4.3 Geulwandverdediging Walsoorden	14
5. Bodemgesteldheid slik bij Walsoorden i.r.t. fourageerfunctie voor vogels.	16
6. Conclusies	17
7. Advies en aanbevelingen	19
Aanbeveling monitoring	19
Literatuur	20

1. Inleiding en vraagstelling

Kader

In het kader van de verruimingswerkzaamheden van de Westerschelde door de Vlaamse overheid worden/zijn langs de geulen in het oostelijke deel, een zestal geulwandverdedigingen aangebracht. Door de afdeling NWL van de directie Zeeland wordt momenteel de geulwandverdediging in de Overloop van Valkenisse voorbereid (nr. 6 op bijlage 1). Deze zal aansluiten op de geulwandverdediging bij Baalhoek die daar in 1994 is aangelegd (nr. VI op bijlage 2). De te maken geulwandverdediging in de Overloop van Valkenisse vormt een verlenging van de bestaande geulwandverdediging in het Zuidergat (nr. 2 op bijlage 1) die daar in 1998 is aangebracht. In het kader van de WVO vergunning voor de geulwandverdediging Zuidergat wordt een monitoringprogramma uitgevoerd. Na twee jaar moet daarvan een evaluatie worden uitgevoerd.

Probleem

In het verleden zijn geulwandverdedigingen aangelegd met een kopbestorting die ruim boven laagwater uitstaken. Op bijlage 2 is dat te zien in het algemeen dwarsprofiel t.b.v. de vakken II tot en met VII.

Bij de geulwandbestortingen die in het kader van de verdieping van de Westerschelde zijn aangelegd is de kop weggelaten en de bestorting is beëindigd op slikniveau. Deze methode van beëindigen van de bestorting is te zien op bijlage 1 in het Algemeen dwarsprofiel geulwandverdedigingen.

Als achtergrondinformatie wordt hierbij vermeldt dat er over de aanleghoogte van geulwandverdedigingen in 1995 een discussie is gevoerd (Storm e.a, 1995).

Daarin werd gepleit af te stappen van "standaarden" en over te gaan op "maatwerk". Verder werd aanbevolen om bewust met risico's om te gaan en die te accepteren in plaats van te kiezen voor overdimensionering. Uit het oogpunt van landschappelijkheid werd gepleit voor constructies die beneden laagwater blijven en per locatie zou de aanleghoogte dienen te worden beoordeeld aan de hand van de geologische opbouw en getij- en golfomstandigheden.

In het Nauw van Bath is in 1997 een geulwandverdediging aangelegd zonder kopbestorting (nr. 1 op bijlage 1). Daar is nu sprake van een doorgaande erosie van het slik die op den duur ook de schorren kan aantasten. Aantasting van schorren en slikken is ongewenst vanwege hun natuurwaarde en hun bijdrage aan de veiligheid van de dijk door de golfremmende werking.

De erosie bij Bath heeft nu de vraag opgeworpen of een kopbestorting opnieuw moet worden overwogen bij de te maken geulwandverdediging aan de Overloop van Valkenisse (nr. 6 op bijlage 1).

Vraag

Aan de afdeling ABD van het RIKZ is door de afdeling NWL van de directie Zeeland de vraag gesteld om in het kader van de monitoringverplichting voor de WVO-vergunning een morfologische analyse van geulwandverdediging Zuidergat (zonder kopbestorting) te maken. Met betrekking tot de analyse, van de ter plaatse gemeten maximale stroomsnelheden is in overleg met NWL afgesproken dat de DZL dat zelf verzorgt. Vervolgens is gevraagd deze analyse uit te breiden met de geulwandverdedigingen Baalhoek en Walsoorden (met kopbestorting) en op basis van dit geheel advies uit te brengen over de aanleghoogte van de geulwandverdediging in de Overloop van Valkenisse.

Ook is gevraagd aandacht te besteden aan de fourageerfunctie voor vogels van het slik bij Walsoorden. Hierover zijn door de natuurbeschermingsorganisaties vragen gesteld die verband houden met de aldaar in 1992 aangelegde geulwandverdediging.

Situatieschets

De geulwandverdedigingen die in dit werkdocument worden geanalyseerd zijn op bijlage 1 en 2 aangegeven. Ze zijn geografisch ingedeeld en benoemd volgens tabel 1 (van oost naar west).

Tabel 1. Geografische indeling geulwandverdedigingen

Geulwandverdediging	Vak nr.	Aangelegd in	Type
Overloop van Valkenisse	6 op bijlage 1	in ontwerp	Te adviseren
Baalhoek	VI op bijlage 2	1994	Kopbestorting
Zuidergat	2 op bijlage 1	1998	Geen kopbestorting
Walsoorden	II op bijlage 2	1992	Kopbestorting

De algemene situatie is als volgt.

De geulwandverdedigingen Baalhoek en Walsoorden zijn aangelegd met een kopbestorting tot NAP -0,6 à -0,7m. De bovenkant van de geulwandverdediging Zuidergat bevindt zich op NAP -2m welke hoogte globaal overeenkomt met de hoogte van het slik.

Achter de geulwandverdedigingen is er een doorgaand slik. In bijlage 3 is te zien dat dit naar de dijk toe oploopt en daar een hoogte bereikt boven NAP +1m. Daar worden Spartinapollen aangetroffen.

Plaatselijk wordt het slik doorsneden door een uitwateringsgeul van een gemaal.

In bijlage 3 is aan de dieptecontouren tussen raai 18 en 26 te zien dat het slik hier dieper is. Dat begint bij een doorbraak in de geulwand bij raai 26 en aan de richting van het dieptelijnenpatroon te zien lijkt dit te worden veroorzaakt door de vloedstroom in het Zuidergat.

Uit waarnemingen in 1990 blijkt in het hogere slik ter hoogte van de geulwandverdediging Zuidergat een rijke bodemdierenbiomassa aanwezig te zijn (Coosen 1994). Daarentegen is de bodemdierenmassa meer naar Walsoorden toe arm.

Leeswijzer

In **hoofdstuk 3** is per raai de trend bepaald van de verplaatsing van de NAP lijn en van de geulwand vóór en ná aanleg van de geulwandverdediging. Dit laatste is gedaan aan de hand van het gemiddelde verloop in de tijd van de dieptelijnen NAP -5m, -10m en -15m. Hetzelfde is gedaan voor de periode waarin in een naastgelegen vak een geulwandverdediging is aangebracht.

In **hoofdstuk 4** is per raai de trend bepaald van de gemiddelde hoogteligging van het slik, eveneens vóór en ná aanleg van de geulwandverdediging en na het aanleggen van een aangrenzende geulwandverdediging.

In **hoofdstuk 5** is aandacht besteed aan de fourageerfunctie voor vogels van het slik bij Walsoorden.

In **hoofdstuk 6** worden conclusies getrokken over het effect van de geulwandverdedigingen op het hoog en laag slik en over het verschil in effect van het al of niet aanwezig zijn van een kopbestorting.

Deze conclusies hebben geleid tot een advies in **hoofdstuk 7** over de aanleghoogte van de geulwandverdediging in de Overloop van Valkenisse.

2. Aanpak en werkwijze

Ten behoeve van de WVO vergunning is een analyse gemaakt van de verplaatsing van de geulwand vóór en ná bestorting. Dat is gedaan aan de hand van de NAP -5m, NAP -10m en NAP -15m lijn die worden verondersteld de gemiddelde geulwandligging te representeren.

Door het verschil in aanleghoogte van de geulwandverdedigingen Baalhoek, Zuidergat en Walsoorden is het mogelijk het effect daarvan op het achterliggende slik te onderzoeken. Daarom is de in tabel 1 weergegeven geografische indeling per geulwandverdediging zo gemaakt en is de analyse uitgevoerd per tijdsperiode van aanleg. Het effect van de geulwandverdedigingen op het slik is zichtbaar gemaakt door in een aantal raaien de trends te bepalen van de gemiddelde hoogteligging van het slik vóór en ná het aanleggen van een geulwandverdediging. Gaandeweg bleek dat alleen mogelijk te zijn voor het lager gelegen slik direct achter de geulwandverdedigingen maar niet voor het hoger gelegen slik boven NAP omdat daar pas vanaf 1996 integraal waterpassingen zijn uitgevoerd. Om toch een indicatie van de ontwikkeling van het hoge slik te kunnen geven zijn de trends bepaald van het verloop in de tijd van de ligging van de NAP lijn. De NAP lijn wordt dan beschouwd als indicator voor het oppervlak hoog slik en is dan evenals de gemiddelde hoogte, een relevante parameter. Veronderstelt is voorts dat de NAP lijn in zekere mate meebeweegt met de geulwand. Uit de analyse van de trends moet blijken of de verschillende typen verdediging in dit opzicht een verschil laten zien.

Uit de analyse van de trends van de gemiddelde hoogteligging van het laaggelegen slik moet eveneens blijken of de verschillende typen verdediging verschillen in ontwikkeling laten zien. Verondersteld is dat een hoge bestorting meer kans geeft op sedimentatie van het achterliggende slik.

Onderlinge vergelijking van het gedrag van de NAP lijn in relatie tot dat van de geulwand in de drie vakken, moet tot een conclusie leiden van wat de invloed is van de aanleghoogte van de geulwandverdediging op het hoge slik.

Hetzelfde geldt met betrekking tot het lage slik waar de ontwikkeling van de gemiddelde slikhoogte in verband wordt gebracht met de hoogte van de bestorting.

Voor de analyses waren langjarige gegevens nodig van de ligging van de geulwand en het slik. Een meetperiode van 10 jaar voorafgaand aan de aanleg van een geulwandverdediging leek gewenst om een verandering in trend in de periode vóór en ná aanleg van de verschillende geulwandverdedigingen te kunnen constateren. De eerste aanleg van een geulwandverdediging in het beschouwde gebied was die bij Walsoorden in 1992 zodat meetgegevens vanaf begin tachtiger jaren bekeken zijn. Uit een inventarisatie bleek dat er van het onderzoeksgebied hoogte-/dieptegegevens zijn van een groot aantal meetraaien. (zie bijlage 3). Deze zijn afkomstig van de vaklodingen van RWS en een deel van de oeverlodingen van -voorheen- het Waterschap Hulster Ambacht.

Hieronder wordt toegelicht hoe er is gemeten en waarom uiteindelijk de lodingen van het waterschap zijn gebruikt.

1. Vaklodingen van RWS. De vaklodingen die door de Rijkswaterstaat in de Westerschelde worden uitgevoerd zijn gestart in het begin van de vijftiger jaren en worden regelmatig herhaald. Aan de hand van de vaklodingen worden morfologische veranderingen zichtbaar gemaakt. De vaklodingskaarten waarop de gemeten dieptes worden geregistreerd, laten zien dat er in het gebied tussen Walsoorden en Baalhoek gewoonlijk gemeten is rivierwaarts vanaf de hoofdrael. Doordat er landwaarts van de hoofdrael dus geen meetgegevens zijn, zijn er maar van een beperkt deel van het slik hoogtegegevens. Pas vanaf 1996 wordt landwaarts van de hoofdrael gewaterpast tot aan de dijk. Voor een langjarige analyse is deze meetperiode te kort.

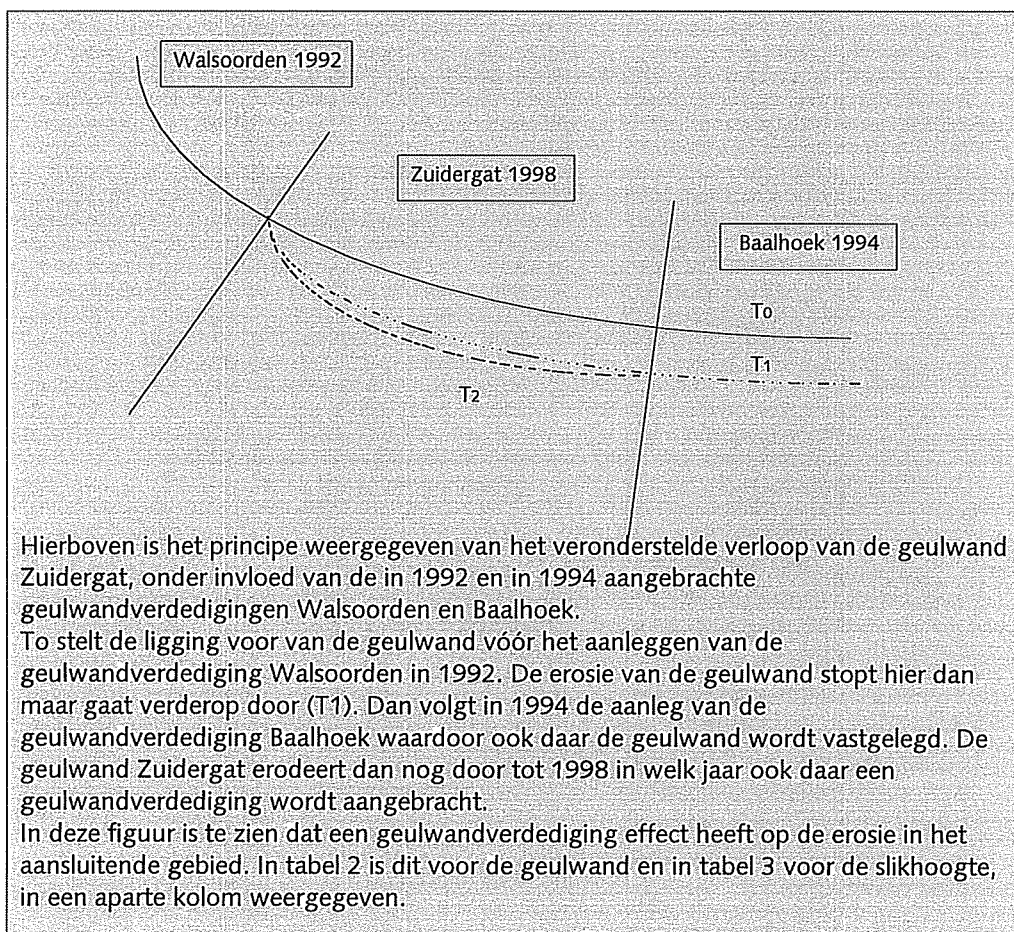
2. Oeverlodingen van het Waterschap Hulster Ambacht. De lodingen van het waterschap vallen samen met raaien van de vaklodingen. De waterschapslodingen lopen echter veelal landwaarts verder door en geven daardoor van een groter slikoppervlak hoogtegegevens. Regelmatig is er tot NAP of iets hoger gepeild waardoor het nu bij sommige raaien mogelijk was het verloop in de tijd van de NAP lijn globaal in beeld te brengen. De gegevens van de waterschapslodingen zijn digitaal opgeslagen in de database van het programma ZEEKOE en kunnen met de applicaties van dit programma worden bewerkt.

3. Lodingen t.b.v. de evaluatie van de geulwandverdediging Zuidergat.

De lodingen/waterpassingen lopen vanaf de geul door tot aan de zeedijk en beslaan dus het gehele slik. Deze metingen beginnen pas in november 1998 en zijn herhaald in juni 1999 en februari 2000.

Om een analyse te kunnen maken over een langere termijn zijn uiteindelijk de waterschapslodingen gebruikt omdat die naast de eis van een lange tijdreeks het voordeel hebben een groter oppervlak slik te beslaan dan de vaklodingen. Met het programma ZEEKOE kunnen bewerkingen worden uitgevoerd die de morfologische veranderingen in beeld brengen.

Tevens zijn hoogtegegevens gebruikt van **sedimentatie- en erosieplots** (Paree, 2000). Deze liggen in drie raaien in de westelijke helft van de geulwandverdediging Zuidergat en geven plaatselijk informatie van het hoger gelegen slik in de periode 1991-1997.



3. Verloop gemiddelde ligging NAP lijn en geulwand

In dit hoofdstuk wordt van oost naar west (raai 2 tot 39, zie voor raainummering bijlage 3), het resultaat weergegeven van de trendanalyse van de NAP lijn en de geulwandligging. Deze is uitgevoerd voor zowel een periode vóór als de periode ná het aanbrengen van de geulwandverdedigingen én voor de periode na het aanbrengen van een geulwandverdediging in een aansluitend vak. In tabel 2 worden de aldus gevonden trends weergegeven.

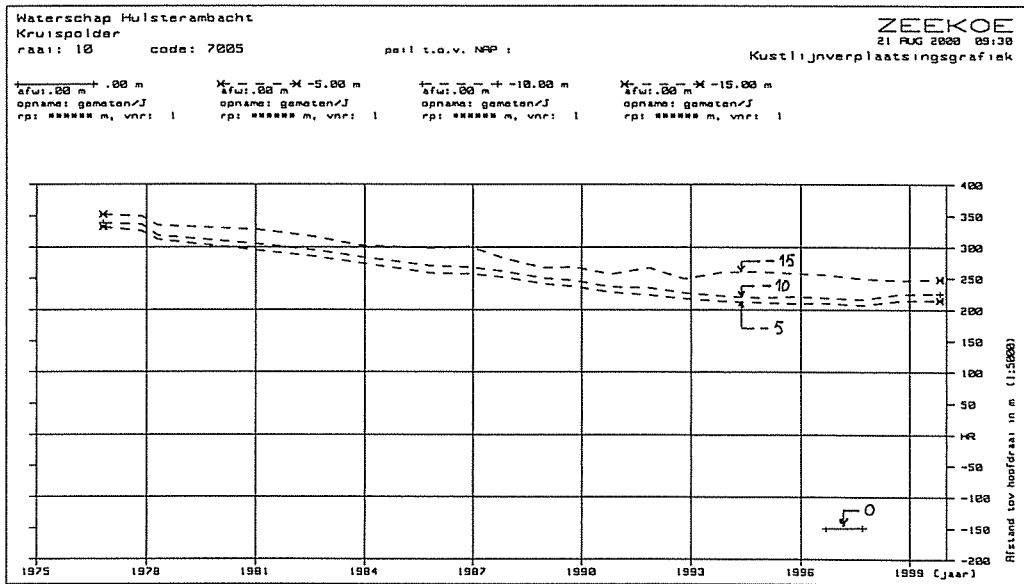
De trendanalyse is uitgevoerd met behulp van grafieken die per raai het verloop in de tijd van de bepaalde dieptelijnen weergeven. Figuur 1 is daar een voorbeeld van zoals dat wordt geproduceerd door het programma Zeekoe. Het betreft een zogenaamde Kustlijnverplaatsingsgrafiek, in dit geval van raai 10 met het verloop in de tijd van de dieptelijnen van NAP, NAP -5m, NAP -10m en NAP -15m.

Op de x-as staan de jaren en op de y-as de afstand van de dieptelijnen tot de hoofdraai (HR). Zeewaarts is (+) en landwaarts (-).

Aan het verloop van de dieptelijnen van NAP -5m, NAP -10m en NAP -15m is te zien dat de geulwand zich van 1976 tot 1993 gestaag landwaarts beweegt en zich daarna stabiliseert.

Uit deze grafieken zijn de trends bepaald die in tabel 2 in 5 kolommen zijn weergegeven. Een kolom met de trends vóór aanleg van de geulwandverdediging, een kolom met de trends van de periode ná aanleg en een kolom met de trends van de periode nadat er in het aansluitende vak een geulwandverdediging is aangebracht.

Deze worden in par. 3.1 t/m 3.3 geïnterpreteerd.



Figuur1. Voorbeeld van het verloop in de tijd van dieptelijnen.

3.1 Geulwandverdediging Baalhoek

Deze geulwandverdediging is aangebracht in 1994.

NAP lijn

Hier zijn geen waarnemingen van de NAP lijn in de periode vóór de geulwandverdediging.

In de periode daarna, dus vanaf 1994 is er een zeewaarts gerichte trend van 3 à 4 m per jaar, behalve in raai 8. Dat de trend daar nul is kan te maken hebben met de dwarsdam die in of vlakbij deze raai ligt.

Tabel 2. Trends van de verplaatsing van de NAP lijn en de geulwand (= globaal gemiddelde van NAP -5m, NAP-10m en NAP-15m)

Raainr	Geulwand-verdediging	globale trend dieptelijnen in m/j (diepte t.o.v. NAP)					Opmerkingen
		0 m		gemiddelde van -5m -10m en -15m			
		vóór aanleg	ná aanleg	vóór aanleg	ná aanleg	ná aansl. gwv	
	periode ->	-93	94-99	76-93	94-99	11/98-99	
2	Baalhoek	*)	3	-4	0	1	Aangelegd in 1994, met kopbestorting op NAP -0,6m
4	Baalhoek	*)	3	-5	-1	1	
6	Baalhoek	*)	4	-6	0	0	
8	Baalhoek	*)	0	-4	0	0	
	periode ->	81 à 91-97	11/98-2/00	75 à 86 - 97	11/98-2/00	94-97	
10	Zuidergat	-6	3	-6 (-93)	2	-2	Aangelegd in 1998, zonder kopbestorting
14	Zuidergat	*)	3	-7	0	-6	
18	Zuidergat	-7	3	-5	4	-4	
22	Zuidergat	-8	0	-6 (-89) -1(90-97)	2	?	
	periode ->					92-97	
26	Zuidergat	-5	-8	-5	1	-5	
28	Zuidergat	-7	-3.5	-2	-2	-2	
30	Zuidergat	-7	0	-2	0	-1	
32	Zuidergat	-5	-20	-4	0	-2	
	periode ->	87-91	92-99	75-91	92-99	11/98-99	
34	Walsoorden	3	0	-1	-1	0	Aangelegd in 1992, met kopbestorting op NAP -0,7m
35	Walsoorden	3	0	0	-1	0	
36	Walsoorden	0	2	-2	0	0	
37	Walsoorden	2	2	-3	0	0	
38	Walsoorden	-2	-2	-2	0	0	
39	Walsoorden	*)	*)				

*) geen waarneming NAP ligging

Er is ná aanleg van de geulwandverdediging geen relatie te zien tussen het gedrag van de NAP lijn en dat van de geulwand.

Geulwand

Vóór het aanbrengen van de geulwandverdediging in 1994 is de achteruitgang van de geulwand 4 à 6m per jaar. In de periode daarna neemt dat af tot 0 à 1m per jaar.

Overeenkomstig de verwachting is dus de ligging van de geulwand nagenoeg stabiel geworden

Na het aanbrengen van de aangrenzende geulwandverdediging Zuidergat in 1998 is er in raai 2-4 een zeewaartse verplaatsing van 1m/j te zien. Dit is tegengesteld aan de

verwachting maar gezien de korte waarnemingsperiode van twee jaar kunnen hieraan geen conclusies worden verbonden.

3.2 Geulwandverdediging Zuidergat

Deze geulwandverdediging is aangebracht in 1998.

Er zijn 3 hoogtemetingen van na de aanleg van de geulwandverdediging, namelijk november 1998, juni 1999 en februari 2000. Dit is een periode van 15 maanden en dat is erg kort om conclusies op te baseren. De resultaten van de hoogtemetingen leveren het volgende beeld op.

NAP lijn

Vóór de aanleg van de geulwandverdediging in 1998 gaat de NAP lijn over het hele vak bezien, achteruit met 5 à 8 m per jaar en verplaatst zich dus in die periode in dezelfde richting als de geulwand.

Overall verplaatst de NAP lijn zich sneller c.q. even snel als de geulwand landwaarts behalve in raai 28 en 30; daar verplaatst de NAP lijn zich een factor 3 sneller.

Ná de aanleg van de geulwandverdediging is er over het totale vak bezien een duidelijke verandering in het gedrag van de NAP lijn te zien. Behalve in drie raaien is er geen landwaartse verplaatsing meer. In raai 10-18 is er een zeewaarts gerichte trend van 3 m/j ontstaan. Het valt op dat deze trend van 3 m/j overeenkomt met die in het aangrenzende vak Baalhoek van 3 à 4 m/j. Er is dus in het traject raai 2-18 vanaf 1998 een even grote zeewaarts gerichte trend te zien. Dat houdt in dat er geen effect van een kopbestorting te zien is.

Van raai 26-32 gaat de landwaartse verplaatsing nog door behalve in raai 30. In raai 26 en 32 zelfs versterkt. Op de dieptelijnenkaarten van RWS slingert de NAP lijn bij raai 32 sterk, wellicht door een vlakke ligging van het slik. Daarom en vanwege de korte periode waarover de trend is bepaald (15 maanden) moet er aan deze achteruitgang geen grote waarde worden toegekend.

Geulwand

Vóór het aanbrengen van de geulwandverdediging in 1998 is ook hier evenals bij Baalhoek en Walsoorden een landwaartse verplaatsing te zien van de geulwand. Deze bedraagt hier 2 à 7m per jaar.

Opvallend in de grafiek van raai 10 (figuur 1) is de sterke afname van de landwaarts gerichte trend rond 1993. Dat kan de invloed zijn van de aangrenzende in 1994 aangebrachte geulwandverdediging Baalhoek.

In raai 22 neemt de landwaartse trend rond 1989 ook af, maar hiervoor is geen verklaring voorhanden.

Ná het aanbrengen van de geulwandverdediging is ook in dit vak, conform de verwachting, de erosie van de geulwand gestopt. Van raai 10-26 is zelfs een zeewaarts gerichte trend van de geulwandligging te zien. Blijkbaar vindt hier sedimentatie plaats. Na het aanbrengen van de aangrenzende geulwandverdediging bij Baalhoek in 1994 en bij Walsoorden in 1992 is het effect daarvan te zien in de trend van aangrenzende raaien. Bij raai 10-18 neemt de trend van de geulwand resp. af van -6m/j naar -2m/j, van -7m/j naar -6m/j en van -5m/j naar -4m/j. Zoals kan worden verwacht is de afname het grootst in raai 10.

Bij raai 30-32 verandert de afname van de trend door de geulwandverdediging Walsoorden resp. van -2m/j naar -1m/j en van -4m/j naar -2m/j. Dus ook hier is de invloed van de aansluitende geulwandverdediging het grootst in de directe omgeving.

3.3 Geulwandverdediging Walsoorden

Deze geulwandverdediging is aangebracht in 1992.

NAP lijn

Het valt op dat van raai 34-37 vóór aanleg van de geulwandverdediging, de NAP lijn zich zeewaarts verplaatst en dat dit na het aanleggen van de geulwandverdediging in raai 34-35 stopt. In raai 37-38 blijft de ontwikkeling van de NAP lijn hetzelfde. Alleen in raai 36 is de ontwikkeling van de trend conform de verwachting. Daar verandert de trend van 0 m per jaar in een zeewaartse verplaatsing van 2 m per jaar.

Geulwand

Vóór de aanleg van de geulwandverdediging in 1992 is de erosie van de geulwand 1 à 3m/j. Dat is minder dan in de beide andere trajecten.

Na de aanleg van de geulwandverdediging stopt de erosie behalve in raai 34 en 35.

Ook hier is de invloed van de aansluitende geulwandverdediging te zien en wel in raai 34-35 waar de na 1992 resterende erosie vanaf 1998 is gestopt.

4. Morfologische analyse slik tussen Walsoorden en Baalhoek

In dit hoofdstuk wordt het resultaat weergegeven van de trendanalyse van de gemiddelde hoogte van het lager gelegen slik. Dat is het slik dat aansluit aan de geulwandverdediging. Dit wordt net als in hoofdstuk 3 gedaan van oost naar west ofwel van raai 2 naar raai 39. Deze analyse is ook hier uitgevoerd voor zowel een periode vóór als de periode ná het aanbrengen van de geulwandverdedigingen én voor de periode na het aanbrengen van een geulwandverdediging in een aansluitend vak. In tabel 3 worden de aldus gevonden trends in 3 kolommen weergegeven. Een kolom met de trends vóór aanleg van de geulwandverdediging, een kolom met de trends van de periode ná aanleg en een kolom met de trends van de periode nadat er in het aansluitende vak een geulwandverdediging is aangebracht.

Tabel 3. Trend van de gemiddelde slikhoogte vóór en ná het aanbrengen van een geulwandverdediging en ná het aanbrengen van een aansluitende geulwandverdediging.

Raainr.	Geulwandverdediging	Trend gemiddelde slikhoogte (m/l)		
		vóór aanleg -93 *)	ná aanleg 94-99	ná aansl. gvw 11/98-99
2	Baalhoek	0,2	-0,02	**)
4	Baalhoek	0,1	0,02	**)
6	Baalhoek	0	-0,03	0,08
8	Baalhoek	0	0,05	-0,04
10	Zuidergat	89 à 92 -97 0,05	11/98-99 0,10	94-97 -0,02
14	Zuidergat	-0,01	0,04	0
18	Zuidergat	-0,03	0	-0,03
22	Zuidergat	-0,02	0,04	-0,02
26	Zuidergat	niet representatieve raai		
28	Zuidergat	-0,05	0,02	-0,06
30	Zuidergat	-0,07	0,14	-0,13
32	Zuidergat	0	**)	**) 92-97
34	Walsoorden	76 à 80 - 91 0,02	92-98 0,04	11/98-99 **)
35	Walsoorden	0,10	0,02	**)
36	Walsoorden	0	0,04	**)
37	Walsoorden	-0,01	0,15	**)
38	Walsoorden	0	0,17	**)
39	Walsoorden	0,01	0,02	**) 92-97
*) trend gebaseerd op schaarse gegevens				
**) slechts één meetwaarde				

De spreiding in trends is in tabel 4 samengevat. Daarbij is een korte interpretatie gegeven gebaseerd op de gegevens van tabel 2 en 3. Die wordt hierna per geulwandverdediging verder toegelicht.

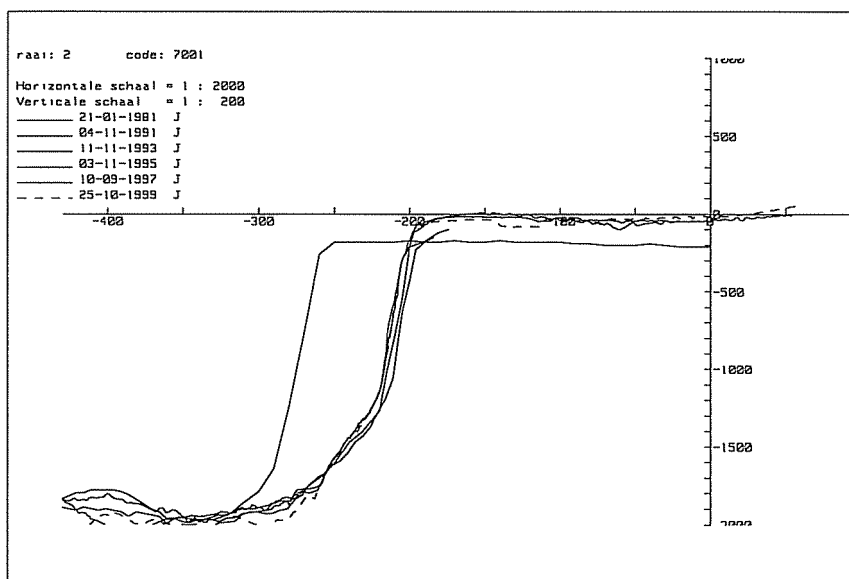
Tabel 4. Spreiding in trend (m/j) per periode en per vak en globale interpretatie ontwikkeling gemiddelde slikhoogte
 gvw= geulwandverdediging

Periode	Geulwandverdediging Baalhoek	Ontwikkeling gemiddelde slikhoogte	Periode
-93	0,2 à 0	sedimentatie oostelijk deel	periode vóór aanleg gvw Baalhoek
94-99	0,05 à -0,02	afwisselend sedimentatie en erosie	periode na aanleg gvw Baalhoek
98-99	0,08 à -0,04	idem	periode met aansl.gvw Zuidergat
	Geulwandverdediging Zuidergat		
-97	0,05 à -0,07	overwegend erosie	periode vóór aanleg gvw Zuidergat
98-99	0,14 à 0	sedimentatie	periode na aanleg gvw Zuidergat
94-97	0 à -0,03	aangr. aan Baalhoek: overwegend erosie	per. met aansl.gvw Baalhoek
92-97	-0,06 à -0,13	aangr. aan Walsoorden: erosie	periode met aansl. gvw Walsoorden
	Geulwandverdediging Walsoorden		
-91	0,1 à -0,01	overwegend sedimentatie	periode vóór aanleg gvw Walsoorden
92-98	0,17 à 0,02	sedimentatie	periode na aanleg gvw Walsoorden
98-99	geen berekening	-	periode met aansl. gvw Zuidergat

4.1 Geulwandverdediging Baalhoek

Deze geulwandverdediging is aangebracht in 1994.

Vóór het aanbrengen van deze geulwandverdediging is tussen 1983 en 1993 in de oostelijke helft van dit vak het slik grofweg 1,5 à 2m opgehoogd. Figuur 2 laat daarvan een voorbeeld zien.



Figuur2. Raai 2 als voorbeeld van afzetting van sediment bij de geulwandverdediging Baalhoek.

Waarschijnlijk is er een relatie met de stortingen van baggerspecie op de stortplaats Konijneschor en Baalhoek/Boei 63 waar tot en met 1997 is gestort (zie ook Wanningen, 1996).

Op de stortplaats Baalhoek/Boei 63 zijn de storthoeveelheden vanaf 1993 drastisch verminderd.

In de westelijke helft van dit vak is er geen sedimentatie. De invloed van baggerspecie-stortingen is hier dus afwezig.

Ná het aanbrengen van de geulwandverdediging in 1994 neemt de gemiddelde slikhoogte óf minder toe óf neemt zelfs iets af. De oorzaak hiervan kan zijn dat de stortingen op de stortplaats Baalhoek/Boei 63 vanaf 1993 drastisch zijn afgenomen. De zijdelingse invloed in dit vak van de in 1998 aangelegde geulwandverdediging Zuidergat is niet eenduidig. In raai 6 wordt de trend van negatief positief en in raai 8 gebeurt juist het tegenovergestelde.

4.2 Geulwandverdediging Zuidergat

Deze geulwandverdediging is aangebracht in 1998.

In de periode vóór de aanleg van deze geulwandverdediging nam de gemiddelde slikhoogte bijna overal af.

Uit de waterpassingen van 1991 tot 1997/1998 bij de erosie- en sedimentatieplots, blijkt dat daar de hoogteligging van het hoger gelegen slik in die periode is afgenomen. Ook de landwaartse verplaatsing van de NAP lijn met 5 à 8 m/j (par. 3.2 en tabel 2) duidt op afname van het hoger gelegen slik.

Ná de aanleg van de geulwandverdediging neemt de gemiddelde slikhoogte toe. Deze constatering berust echter maar op één meting, die van oktober 1999. Daarentegen laat een verschilkaart van RWS lodingen van november 1998 en februari 2000 zien dat er in het oostelijk deel van dit vak overwegend erosie is opgetreden.

Over de mogelijke invloed van de geulwandverdedigingen Walsoorden en Baalhoek kan worden gezegd dat de trends in de periodes 1992-1997 respectievelijk 1994-1997, gelijk zijn of weinig afwijken van de langjarige trend tot 1997. In beide perioden was de trend overwegend negatief. Alleen raai 10 vormt een uitzondering. Mogelijk zijn de stortingen bij Baalhoek/Boei63 hiervan de oorzaak.

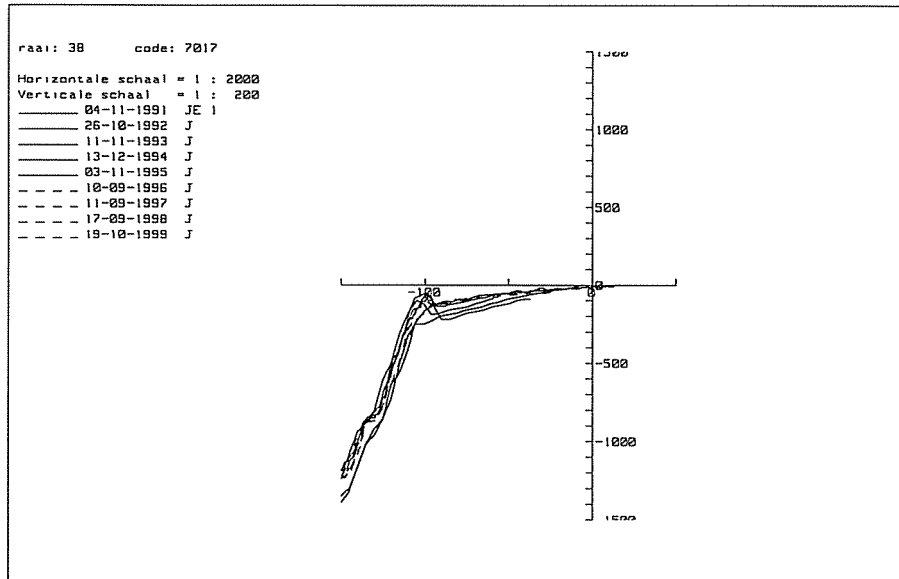
Aangrenzend aan de geulwandverdediging Walsoorden is na de aanleg hiervan in 1992, de landwaarts gerichte trend in de aangrenzende raaien toegenomen.

4.3 Geulwandverdediging Walsoorden

Deze geulwandverdediging is aangebracht in 1992.

Vóór de aanleg van de geulwandverdediging is er in dit vak bijna overal toename van de gemiddelde slikhoogte. Ná de aanleg is de sedimentatie nog toegenomen. Dat blijkt ook uit de profielen waar de sedimentatie direct achter de kopbestorting is te zien. Figuur 3 geeft hiervan een voorbeeld. De dikte van de sedimentatie neemt in de richting van de dijk af waardoor het slik vlakker is geworden. Dit effect kan worden toegeschreven aan de kopbestorting.

Over de eventuele invloed van de aangrenzende geulwandverdediging Zuidergat kan nog niets worden gezegd doordat er in 1999 geen loding van het slik heeft plaatsgevonden.



Figuur 3. Voorbeeld van sedimentatie achter een kopbestorting bij Walsoorden.

5. Bodemgesteldheid slik bij Walsoorden i.r.t. fourageerfunctie voor vogels.

Bij deze geulwandverdediging doet zich het specifieke geval voor dat het slik na de aanleg van de geulwandverdediging achter de kopbestorting is opgehoogd. In enkele raaien zelfs tot 1m. Er zijn echter geen recente monsters bekend van het slik bij Walsoorden, maar uit veldwaarneming blijkt dat de bodem weliswaar aan de oppervlakte slap is maar daaronder vast(er). Het slik is voorzover dat is geconstateerd, goed beloopbaar. Er heeft dus geen opvulling plaatsgevonden met slap sediment. Van de ontwikkeling in biomassa aan bodemdieren is weinig bekend.

In 1990 is in het gehele oostelijke deel van de Westerschelde de biomassa aan bodemdieren bepaald.

In het vak Walsoorden was er één monsterpunt. Dat bevond zich ter hoogte van raai 34. De biomassa was daar toen laag n.l. 1-2g ADW/m². (ADW staat voor asvrij drooggewicht, een specifieke maat voor biomassa aan bodemdieren) In dit deel van de Westerschelde komt dat veelvuldig voor.

Uit hoogwatertellingen blijkt niet dat er na 1992 een verandering is opgetreden in bijvoorbeeld het aantal steltlopers dat is waargenomen in het traject Baalhoek-Perkpolder. Waarnemingen tijdens laagwater zijn er weinig. De laatste dateren van 1991. Van dit traject geldt algemeen dat de aantallen vogels die er verblijven gering zijn (mondelijke mededelingen van C. Berrevoets van RIKZ).

Gelet op het relatief geringe belang van dit deelgebied voor vogels en het feit dat de bodem niet extreem slap is, is het onwaarschijnlijk dat er een wezenlijk negatieve indirecte invloed van de geulwandverdediging op de aantallen vogels is geweest.

6. Conclusies

In dit hoofdstuk worden conclusies getrokken over het effect van de geulwandverdedigingen op de geulwand zelf en op het achterliggende slik dat is onderverdeeld in hoog en laag gelegen slik. Vervolgens wordt de conclusie toegespitst op het effect van een kopbestorting.

De conclusies zijn gebaseerd de verplaatsing in de tijd van de geulwand, de NAP lijn voor het hooggelegen slik en de gemiddelde hoogte van het lagere slik. Bij de geulwandverdediging Zuidergat moet worden bedacht dat de conclusies over de periode ná aanleg zijn gebaseerd op een tijdvak van slechts 15 maanden.

Geulwandverdediging Baalhoek.

De in 1994 aangebrachte geulwandverdediging heeft geresulteerd in een stabiele ligging van de geulwand.

De NAP lijn verplaatst zich vanaf 1994 zeewaarts.

De gemiddelde slikhoogte neemt minder toe dan voorheen. Dit laatste kan ook verband houden met het in 1993 drastisch verminderen van de stortingen in de directe omgeving.

Geulwandverdediging Zuidergat.

De in 1998 aangebrachte geulwandverdediging heeft geresulteerd in een stabiele ligging van de geulwand.

De verplaatsing van de NAP lijn was vóór 1998 landwaarts gericht.

Daarna vertoont deze in het gedeelte dat grenst aan de geulwandverdediging Baalhoek hetzelfde gedrag als de NAP lijn daar. In het andere gedeelte dat grenst aan de geulwandverdediging Walsoorden varieert het gedrag van stabiel tot versterkt landwaarts gericht.

De erosie van het slik is ná de aanleg van de geulwandverdediging in het westelijk deel waarschijnlijk omgeslagen in sedimentatie. In het oostelijke deel is dat nog onzeker. De meetresultaten van het waterschap en die van de Rijkswaterstaat zijn hier tegenstrijdig.

Geulwandverdediging Walsoorden

De in 1992 aangebrachte geulwandverdediging heeft geresulteerd in een overwegend stabiele ligging van de geulwand

De verplaatsing van de NAP lijn was vóór 1992 overwegend zeewaarts gericht.

Vanaf 1992 is de ligging van de NAP lijn stabiel tot zeewaarts gericht.

De toename van de gemiddelde slikhoogte vóór de aanleg van de geulwandverdediging is ná de aanleg nog versterkt. Het lijkt vooral de kop op de bestorting die sedimentatie achter de geulwandverdediging heeft bevorderd.

Resumé.

Het effect van de geulwandbestortingen Baalhoek, Zuidergat en Walsoorden op de stabiliteit van de geulwand is eenduidig: de erosie is bijna overal gestopt.

Voor de NAP lijn die als indicator voor het hoger gelegen slik wordt beschouwd, heeft de geulwandverdediging tot gevolg dat een landwaartse verplaatsing overgaat in een zeewaartse verplaatsing, c.q. nihil wordt of vermindert. Het komt echter ook voor dat de landwaartse verplaatsing onveranderd doorgaat c.q. groter wordt.

Verder komt het voor dat een aanvankelijk zeewaartse verplaatsing overgaat in een stabiele ligging c.q. onveranderd doorgaat.

Er kan niet worden aangetoond dat de NAP lijn anders reageert in het geval van een geulwandverdediging met een kopbestorting dan in het geval zonder kopbestorting.

Voor het lage slik heeft de geulwandverdediging overwegend tot gevolg dat de erosie verdwijnt c.q. de sedimentatie toeneemt.

Een extra effect van een kopbestorting op de sedimentatie is niet aangetoond. Eerder een erosief effect bij Baalhoek maar daarbij spelen mogelijk andere factoren een rol. Het effect op de aansluitende vakken is, voor zover is na te gaan, niet eenduidig.

Uit het vorenstaande blijkt dat een kopbestorting geen ander effect heeft op het hoge- en lage slik dan geen kopbestorting.

7. Advies en aanbevelingen

Er is geen eenduidig verband aangetoond tussen het plaatselijk gedrag van het slik en de aanwezigheid van een kopbestorting bij de geulwandverdedigingen Walsoorden en Baalhoek. Bij Walsoorden is er weliswaar achter de kopbestorting een aanzienlijke sedimentatie opgetreden maar die is er daarentegen bij Baalhoek niet geweest. Daar is zelfs erosie opgetreden. Het verschil in deze ontwikkeling moet mogelijk worden toegeschreven aan de gunstiger ligging van het oevervak bij Walsoorden ten opzichte van de wind.

Gelet op de uitkomsten van dit onderzoek wordt geadviseerd geen kopbestorting aan te brengen bij de te maken geulwandverdediging ter hoogte van de Overloop van Valkenisse.

Aanbeveling monitoring

Het onderzoek naar de morfologische ontwikkelingen ter plaatse van de geulwandverdediging Baalhoek, Zuidergat en Walsoorden, geeft aanleiding het volgende op te merken over de meetinspanning voor toekomstige geulwandprojecten.

1. Om veranderingen in de morfologie door de aanleg van een geulwandverdediging te kunnen beschrijven zijn langjarige meetreeksen nodig van zowel de periode vóór als ná aanleg. Gedacht wordt aan een periode van tenminste 5 jaar. De meetinspanning zoals bij het Zuidergat (raaien om de 50m) kan beter worden geëxtensiveerd (raaien om de 100m) en benut om een langere tijdreeks op te bouwen.

Het is van belang er op te letten dat het gehele profiel wordt gemeten. Bij het Zuidergat bijvoorbeeld waren er alleen van de laatste jaren gegevens van het hooggelegen slik.

Aanbeveling: Nagaan of op plaatsen waar een geulwandverdediging zal worden aangelegd reeds voldoende wordt gemeten en indien nodig voor aanvullende metingen zorgen.

2. Als in de toekomst ook de invloed van een geulwandverdediging op de zijdelings aangrenzende delen van de oever moet worden beschreven, dan is het nodig de onder 1 bedoelde metingen ook in die delen van de oever te doen plaatsvinden.

Aanbeveling: Nagaan of de hiervoor bedoelde beschrijving in de toekomst zal worden gevraagd en dan desgewenst daarop het meetprogramma af te stemmen.

3. Indien het nodig is dat reeds na 2 jaar over de morfologische veranderingen wordt gerapporteerd, dan dient de meetnauwkeurigheid te worden vergroot. Dit kan bijvoorbeeld door waar dat mogelijk is te waterpassen i.p.v. te peilen maar het kan ook door de meetintensiteit te vergroten. De meetruis wordt dan verkleind waardoor gesignaleerde veranderingen minder hieraan kunnen worden toegeschreven.

Aanbeveling: Nagaan of er bij toekomstige geulwandverdedigingen ook al na 2 jaar moet worden gerapporteerd. Desgewenst de meetinspanning hierop aanpassen door het vergroten van de meetnauwkeurigheid c.q. -intensiteit.

4. Als in de toekomst kan worden gevraagd een relatie aan te tonen tussen de morfologische veranderingen van het slik en stroomsnelheden en golven, dan is het nodig dat ter plaatse van het slik stroommetingen worden gedaan en in de nabijheid van het slik golfmetingen.

Aanbeveling: Nagaan of er stroom- en golfmetingen op, resp. in de nabijheid van het slik bij een geulwandverdediging moeten worden uitgevoerd, teneinde het verband met de morfologische ontwikkelingen van het slik te kunnen beschrijven.

Literatuur

Coosen, J., en E. Stikvoort, Bodemdieren littoraal Platen van Valkenisse, slikken van Waarde, Baalhoek en Saeftinge, september 1990, Werkdocument RIKZ/AB-94.893x, Middelburg, december 1994.

Kornman, B.A., A.A. Arends en J.H. Vroon, Advies aanleg geulwandverdediging Saeftinge, Werkdocument RIKZ/OS-98.849x, Middelburg, juli 1998

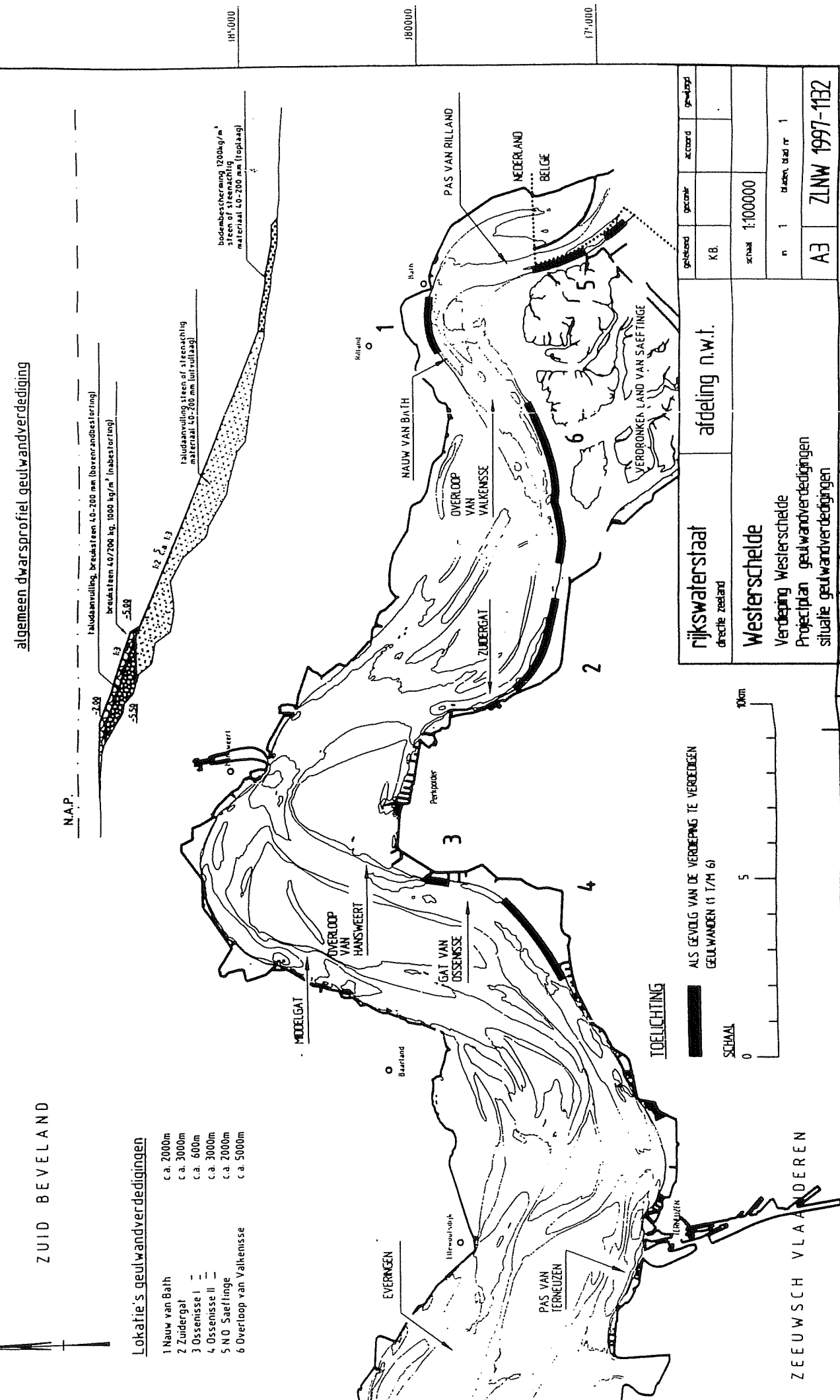
Parée, E. Handleiding database morfologische veldmetingen, Werkdocument RIKZ/OS/2000.820x, Rijkswaterstaat, Middelburg 3 april 2000.

Storm, C. e.a. , Werkdocument RIKZ/OS-95.829x van Storm e.a

Wanningen, H., G.M. Krijger en H. Niessing, Geulwandverdedigingen en achterliggende slikken, Directie Zeeland, Nota AXW 1022.96, Middelburg, november 1996.

bijlage 1

SITUATIE GEULWANDVERDEDIGINGEN



algemeen dwarsprofiel geulwandverdediging

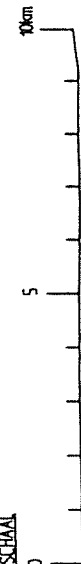
ZUID BEVELAND

Lokatie's geulwandverdedigingen

- 1 Nauw van Bath c.a. 2000m
- 2 Zuidergat c.a. 3000m
- 3 Ossensse I c.a. 600m
- 4 Ossensse II c.a. 3000m
- 5 NO Saeflinge c.a. 2000m
- 6 Overloop van Valkensse c.a. 5000m

ALS GEVOLG VAN DE VERDEPING TE VERDEGEN
GELUWANDEN (1 T/M 6)

SCHAAL



TOELICHTING



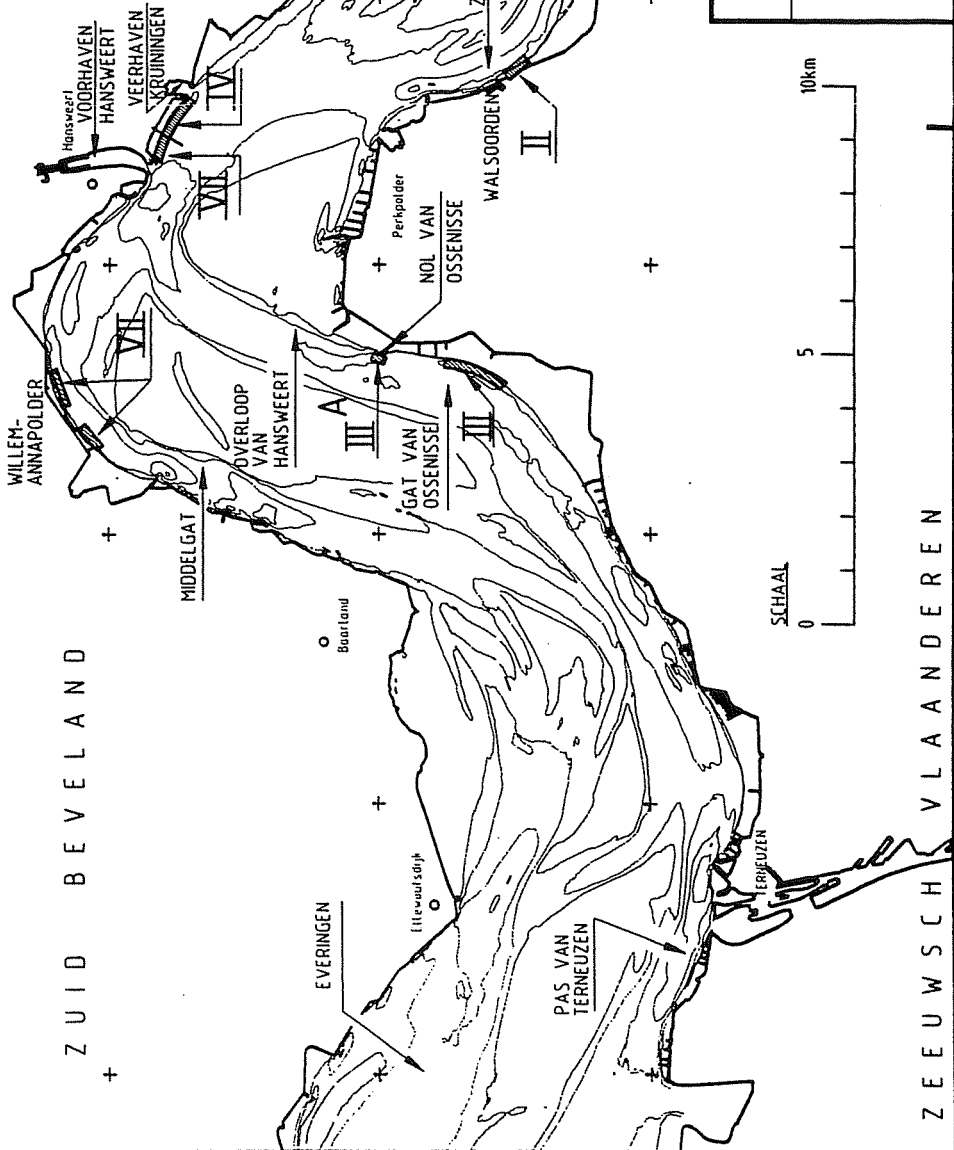
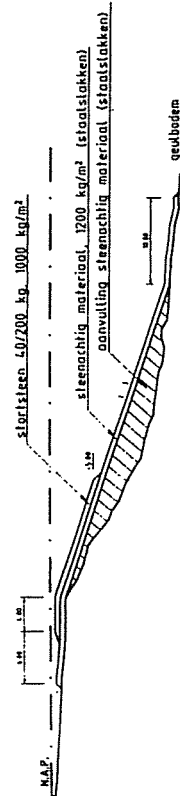
rijkswaterstaat		afdeling n.w.t.	
directie zeeiland			
Westerschelde			
Verdieping Westerschelde			
Projectplan geulwandverdedigingen			
situatie geulwandverdedigingen			
getekend	gemaakt	accord	geplaatst
K.B.			
schaal 1:100000			
n 1	bladen, blad nr 1		
A3	ZLNW 1997-1132		

ZEEUWSCH VLAANDEREN



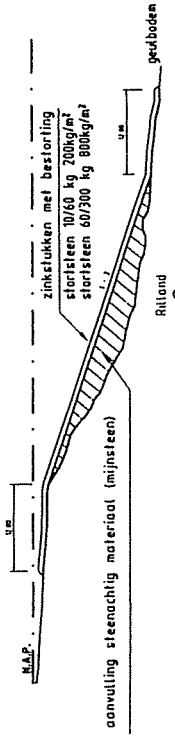
SITUATIE VAN OEVERVERDEDIGINGEN

verdediging t.b.v. de vakken II t/m VII



besteknr	vak nr	omschrijving	aanvang	oplevering	eindsom (excl. B.T.W.)	lengte in m
z1-2574	I	nauw van bath	10-6-87	1-4-88	2926633,-	350
z1-3385	II	walsoorden (zuidergat)	13-5-92	9-10-92	2777060,-	700
z1-3410	III A	gat van ossenisse	16-11-92	15-7-93	5565800,-	1800
	III	nol van ossenisse	15-4-93	15-7-93	567810,-	50
z1-3641	IV	voorhaven hansweert en veerhaven kruiningen	15-6-93	22-10-93	2000000,-	800
z1-3773	V	ten noordoosten van het verdronken land van saeftinge (pas v.rilland)	30-5-94	12-10-94	4041245,-	850
z1-3830	VI	nabij baalhoek (overloop v valkenisse)	13-6-94	16-12-94	4570440,-	800
z1-3860	VII	tussen voorhaven hansweert en veerhaven kruiningen en willem annapolder (middelgat)	12-9-94	23-12-94	2526840,-	400
						1000

verdediging vak I



rijkswaterstaat
directie zeeland

Westersehelde
overzicht uitgevoerde oeververdedigingen

afdeling n.w.t.

getekend: K.B. geaccordeerd:

schaal: 1:100000

in 1 bladen, blad nr. 1

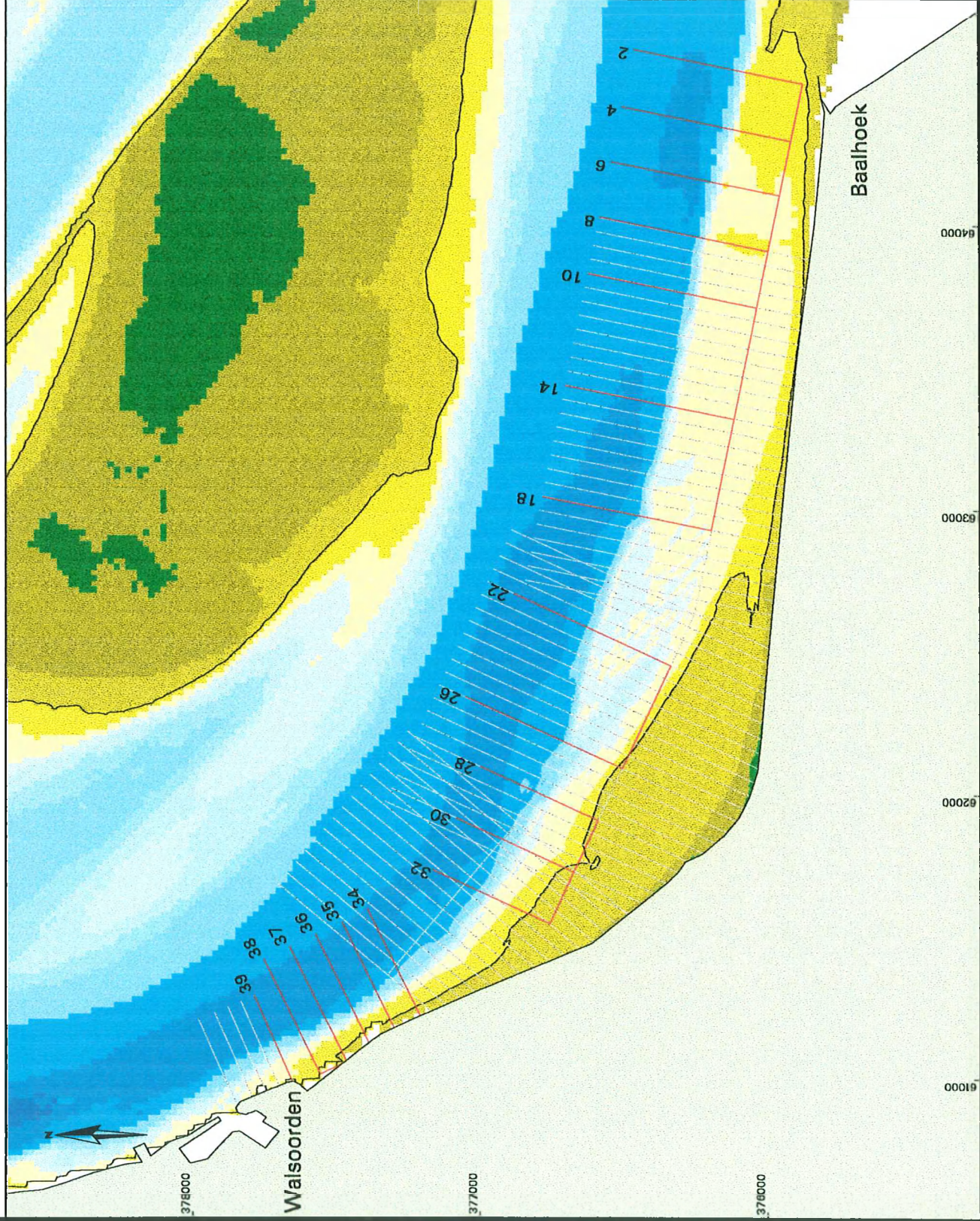
A3 ZLNW 1995-1025

WESTERSCHELDE Zuidergat, dieptekaart met ligging raaien

Westerschelde
Geulwandverdediging
Baalhoek - Walsoorden

Legenda

Diepte in m t.o.v. NAP



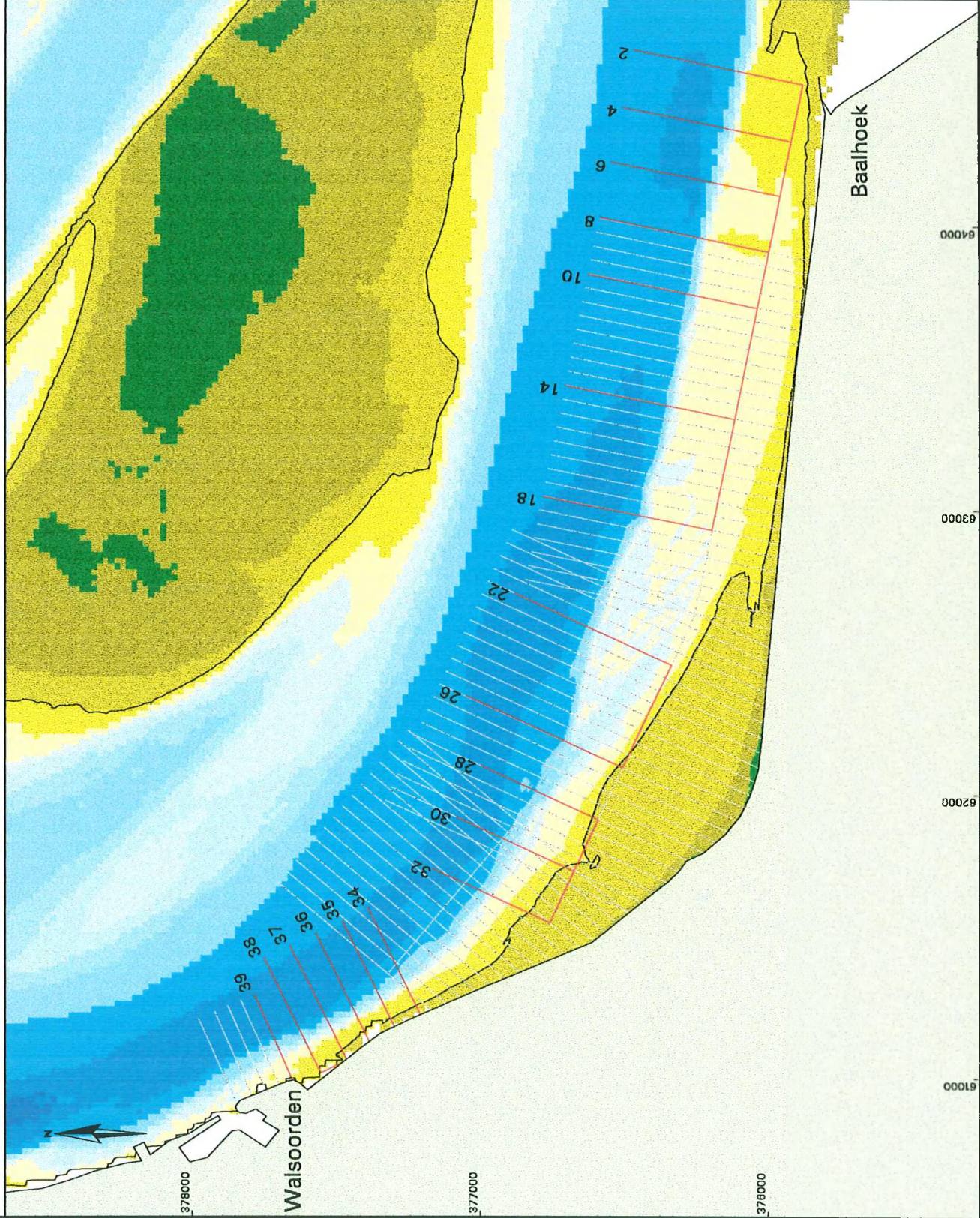
Bron: RWS vak- en detailloding 1999.

Schaal 1 : 20000



A. Schouweaer
Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Rijkswaterstaat voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg

WESTERSCHELDE Zuidergat, dieptekaart met ligging raaien



Westerschelde
Geulwandverdediging
Baalhoek - Walsoorden

Legenda

Diepte in m t.o.v. NAP



- Boven N.A.P. + 4 m
- + 4 tot + 3 m
- + 3 tot + 2 m
- + 2 tot + 1 m
- + 1 tot N.A.P.
- N.A.P. tot - 1 m.
- 1 tot - 2.5 m
- 2.5 tot - 5 m
- 5 tot - 7.5 m
- 7.5 tot - 10 m
- 10 tot - 15 m
- 15 tot - 20 m
- 20 tot - 25 m
- 25 tot - 35 m
- 35 tot - 45 m
- Dieper dan - 45 m

Bron: RWS vak- en detaillodging 1999.

Schaal 1 : 20000



A. Schouwenaar
Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Rijkswaterstaat voor Kust en Zee / RIKZ, Middelburg