



De toestand van de bodem van de Westerschelde aan het begin van de verruiming 48'/43'

Herziene T0 voor de bodem van de Westerschelde

Project MOnitoring VErruiming Westerschelde

E. Parée

Juni 2002

Notitie AXL 02.40

C-14106 430

De toestand van de bodem van de Westerschelde aan het begin van de verruiming 48'/43'

Herziene TO voor de bodem van de Westerschelde

Project MOnitoring VErruiming Westerschelde

E. Parée

Juni 2002

Notitie AXL 02.40

Inhoudsopgave

1	Inleiding	7
1.1	Aanleiding	7
1.2	Kader	7
1.3	Afbakening	8
1.4	Nauwkeurigheden	9
1.5	Opbouw van het rapport	10
2	Ingrepen	13
2.1	Inleiding	13
2.2	Inpolderingen en dijkverzwaringen	13
2.3	Baggeren	14
2.4	Storten	15
2.5	Zandwinning en verdere onttrekkingen	16
3	Grootschalige bodemveranderingen Westerschelde 1955 – 1997	19
3.1	Algemeen	19
3.2	Grootschalige veranderingen Westerschelde 1955 – 1997	19
3.2.1	Inhoud en oppervlak geulen	20
3.2.2	Areaal ondiep water	20
3.2.3	Inhoud en oppervlak platen	21
3.2.4	Oppervlak slikken en schorren	21
3.2.5	Zandbalans	22
4	Ontwikkelingen morfologische eenheden bodem Westerschelde 1985 - 1997	23
4.1	Inleiding	23
4.2	Bodemsamenstelling	23
4.3	Arealen	24
4.3.1	Schorren	25
4.3.2	Slikken	25
4.3.3	Ondiep water	26
4.3.4	Platen	27
4.3.5	Geulen	28
4.4	Inhouden	29
4.4.1	Platen	29
4.4.2	Hoofd- en nevengeulen	30
4.5	Zandtransport	33
4.5.1	Zandtransport in en uit de Westerschelde	33
4.5.2	Zandtransport van west naar oost	34
4.6	Dynamiek	34
4.7	Resume fysische (bodem)parameters Westerschelde '85-'97	37
5	Literatuur	39

Bijlagen

Bijlage 1

Overzicht arealen Westerschelde 1996

Bijlage 2

Totaal overzicht netto bagger- en stort- en zandwinhoeveelheden in de Westerschelde

Bijlage 3

Overzicht monsterpunten bodemsamenstelling Westerschelde

Bijlage 4

- a Overzicht geulschematisatie Westerschelde
- b Overzicht plaatschematisatie Westerschelde

Bijlage 5

- a Ligging gebruikte baggerlokaties periode 1955 – 1996
- b Ligging gebruikte stortlokaties periode 1955 - 1996

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De beschrijving van de trends in de fysische toestand (T0 voor de bodem van de Westerschelde) zoals beschreven in Mol et al., 1997 voldoet niet. De beschrijving is nog gebaseerd op de geulschematisatie met schuivende grenzen, terwijl de lijst met hypothesen (MOVE - rapport 2, De Jong et al., 1997) gebaseerd is op de geulschematisatie met vaste grenzen (bijlage 4a/b). Het vergelijken van ontwikkelingen van de Westerscheldebodem na de verruiming met de uitgangssituatie (T0) op basis van de hypothesen is hierdoor niet goed mogelijk. Verder zijn de beschrijvingen deels subjectief, waardoor de lezer een verkeerd beeld van de werkelijke ontwikkelingen van de bodem kan krijgen.

In de "oude" T0 komen beschrijvingen van afzonderlijke polygonen en inhoudsveranderingen op verschillende niveaus voor, wat tevens een veelvoud aan tabellen en grafieken op heeft geleverd. Deze detailinformatie is niet relevant voor het toetsen van de hypothesen. In deze nieuwe T0-rapportage zal niet verder in detail worden getreden dan voor de hypothesen noodzakelijk is.

In de oude T0 wordt de bodemontwikkeling beschreven vanaf het begin dat er data aanwezig is (vanaf 1955). In deze nieuwe T0-rapportage wordt dit alleen voor de grootschalige veranderingen gedaan (totale inhoud Westerschelde, totaal arealen e.d.) om een algemene indruk te geven van de ontwikkelingen over langere termijn. In de periode 1970-75 heeft de eerste verruiming van de Westerschelde plaatsgevonden. Hierbij zijn de drie oostelijk drempels (Drempel van Hansweert, Valkenisse en Bath, zie bijlage 5a) met ongeveer drie meter verlaagd (De Jong et al, 1998). Het heeft ca. 15 jaar geduurd voordat het watersysteem weer een nieuwe evenwichtssituatie had gevonden. Om verschillen in fysische trends voor en na de verruiming waar te kunnen nemen, is het voor de T0 alleen noodzakelijk om de ontwikkelingen na het herstel van de eerste verruiming (vanaf 1985) te beschrijven.

1.2 Kader

Dit rapport omvat de herziene versie van de uitgangs- of T0-situatie van de bodem van de Westerschelde voor de 48'/43'-verruiming. Tijdens deze verruiming werden de drempels in de vaargeul verdiept met 1 à 1,5m (uitgevoerd juli 1997 t/m juli 1998). Deze verruiming heeft tot gevolg dat de baggerhoeveelheden in de Westerschelde toenemen en dat de gehele vaargeul een groter profiel is gaan aannemen.

Om de effecten van de verruimingswerken van de hoofdvaargeul van de Westerschelde te kunnen beoordelen is het noodzakelijk dat de uitgangssituatie van voor de verruiming vast ligt. Deze uitgangssituatie wordt in dit rapport beschreven en is voor het beoordelen van de effecten van belang omdat afwijkingen van bestaande trends belangrijke aanwijzingen zijn over mogelijke effecten van de verruiming.

1.3 Afbakening

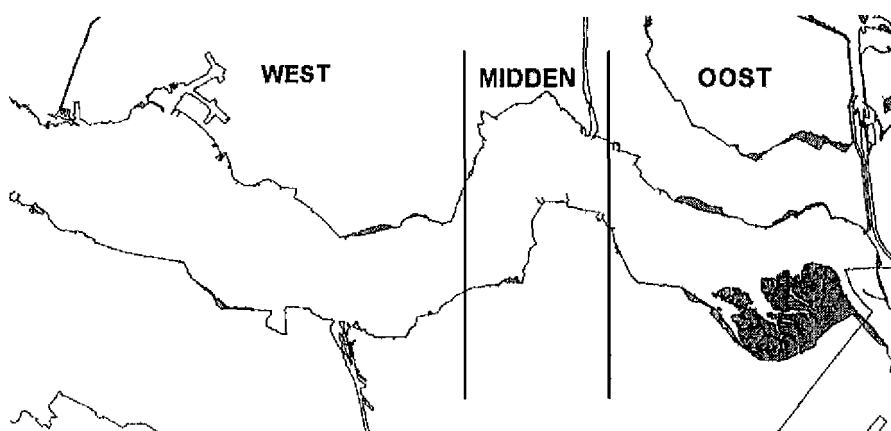
Deze nieuwe beschrijving van de uitgangssituatie van de Westerschelde voor de verruiming beperkt zich tot de fysische aspecten van de Westerschelde; in dit geval alleen de morfologie van de waterbodem.

De ingreepgegevens (baggeren, storten, zandwinnen en inpolderingen) worden gepresenteerd vanaf dat bagger-, stort- en lodingsgegevens jaarlijks beschikbaar kwamen (vanaf 1955) en tot en met 1996. Alle morfologische parameters worden tot en met 1997 gepresenteerd omdat alle waarden van inhouden en arealen voor ieder jaar naar 1 januari van het betreffende jaar worden teruggerekend (de meeste lodingen van 1997 zijn tevens ook voor de verruiming uitgevoerd).

De grootschalige (morfologische) veranderingen zoals beschreven in paragraaf 3.2 worden vanaf 1955 gepresenteerd om de trends voor en na de eerste verruiming weer te geven. In paragraaf 3.3 worden alle parameters beschreven voor de periode 1985-1997. Gekozen is voor deze laatste periode omdat vanaf dat moment het systeem een nieuwe evenwichtssituatie had gevonden en de trend weer natuurlijk zou kunnen verlopen.

De parameters waarmee de TO wordt beschreven zijn: inhoud (m^3 sediment of m^3 water), oppervlakte of areaal, import of export van sediment, korrelgrootte en de dynamiek van de bodem.

Tenslotte wordt er niet verder in detail getreden dan in de beschrijving van de hypothesen wordt gedaan. Dit houdt in dat waarden alleen per systeemdeel (west, midden, oost) en per type geul (hoofd-, nevengeul) gepresenteerd worden (zie figuur 1.1 en ook bijlage 4a).



Figuur 1.1
Onderverdeling Westerschelde in de
systeemdelen west, midden en oost

De morfologische eenheden zijn voor MOVE als volgt gedefinieerd (De Jong et al, 1997):

Geul:	Buitendijkse gebieden die dieper zijn gelegen dan NAP -5m;
Ondiep water:	Buitendijkse gebieden die zijn gelegen tussen NAP -5m en NAP -2m;
Plaat:	Buitendijkse gebieden die hoger zijn gelegen dan NAP -2m, niet begroeid en niet grenzend aan oevers;
Slik:	Buitendijkse gebieden die hoger zijn gelegen dan NAP -2m, niet begroeid en grenzend aan oevers;
Schor:	Buitendijkse gebieden die hoger zijn gelegen dan NAP -2m en begroeid zijn. De ondergrens is doorgaans een steilrand (schorklif). Indien geen schorklif aanwezig, dan wordt voor de ondergrens een begroelingspercentage van 50% aangehouden.

Opmerking: In De Jong et al, 1997 zijn de hypothesen voor de inhouden van de hoofd- en nevengeulen geformuleerd voor gebieden onder NAP -2m. In dit rapport is dit daarom ook aangehouden.

1.4 Nauwkeurigheden

Ingrepen

Een nauwkeurighedsbeschouwing voor de ingrepen is in zoverre niet relevant omdat er geen sprake is van een trendmatige ontwikkeling. Wel worden de gegevens gebruikt bij de zandbalansberekeningen. Een nauwkeurighedsgetal is echter niet bekend. Wat wel bekend is dat de gegevens van de zandwinhoeveelheden in tonnen worden aangeleverd. Deze hoeveelheden worden omgerekend naar beunkuubs, waarbij aangehouden wordt dat 1 ton = 0,6 beunkuub. Evenals bij de bagger- en storthoeveelheden worden deze hoeveelheden omgerekend naar profielkuubs (ivm. uitlevering van 10%), waarbij aangehouden wordt dat 1 profielkuub = 1,1 beunkuub.

Tijdens en na de verruiming zullen de bagger-, stort- en zandwinhoeveelheden op dezelfde wijze berekend worden als voor de verruiming.

Arealen, inhouden en zandtransport

Bij de berekening van de arealen, inhouden en zandtransporten moet men zich steeds rekenschap geven van de onnauwkeurigheden die in de verschillende fasen optreden. Deze fasen zijn: gegevensinwinning, -verwerking en -bewerking. In Storm et al., 1994 is een studie gedaan naar de mogelijke foutenbronnen. De voornaamste zijn:

- Menselijke fouten; variabele systematische fouten tijdens inwinning en verwerking;
- Berekening van uitlevering, aangehouden is 10%.

In Uit den Boogaard, 1995 is een nieuwe methodiek beschreven voor de analyse van een zandbalans. Alle berekeningen worden nagenoeg uitgevoerd in ArcInfo (GIS). Deze methodiek is voor een belangrijk deel ook gebruikt voor de analyses in deze TO. De fouten die door het gebruik van ArcInfo-macro's gemaakt worden zijn procentueel klein ($<0,1\%$). Door het analyseren te beperken tot grootschalige ruimtelijke eenheden worden deze onnauwkeurigheden geminimaliseerd.

Hoogtemetingen

De ondiepe gebieden (platen en slikken) welke bij de vaklodingen niet gepeild kunnen worden, worden aangevuld met waterpassingen. Deze hoogtemetingen vinden in het verlengde van de raaien van de peilingen plaats. De nauwkeurigheid van deze hoogtemeting is veel nauwkeuriger dan de peilingen (afwijking h. waterpassing max. 0,1dm). De waterpassingen worden samen met de peilingen met DIGIPOL geïnterpoleerd tot de uiteindelijke grids (vaklodingen).

Bodemsamenstelling

De bodemsamenstelling van de Westerschelde kent een sterke variatie door de tijd. Deze hangt samen met de getijomstandigheden en het seizoen. Met name de seizoensinvloed kan erg sterk zijn. Hier is echter nog geen diepgaand onderzoek naar gedaan. Men dient dus bij de uitkomsten rekening te houden met onzekerheden (Groenenberg, 1999).

Oppervlak slikken en schorren

Bij de interpretatie van de geomorfologische data vanaf foto's moet men rekening houden met enige subjectiviteit in het onderscheiden van geomorfologische eenheden. Verder kan de getijfase wanneer de luchtfoto's zijn opgenomen het beeld van de geomorfologische habitats beïnvloeden (Huijs, 1995). Aangezien de meeste opnamen zijn genomen tijdens dood- of halftij, heeft het laatste aspect geen invloed op de bepaling van het oppervlak aan schor. De ondergrens van het schor vormt de bovengrens van het slik (in de andere gevallen de dijklijn). De vaklodingen zijn gebruikt voor de bepaling van de ondergrens van het slik (NAP -2m). De onnauwkeurigheden van vaklodingen hebben effect op de deze areaalbepalingen. Dit is echter een constante factor.

1.5 Opbouw van het rapport

De TO-situatie van de bodem van de Westerschelde wordt aan de hand van de diverse fysische kenmerken beschreven. In hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van de ingrepen. De ingrepen worden hierbij als volgt onderverdeeld:

- Inpolderingen
- Baggeren
- Storten
- Zandwinning en verdere onttrekkingen

De systeemkenmerken voor de bodem zijn als volgt onderverdeeld:

- Bodemsamenstelling
- Arealen (schor, slik, ondiep water, plaat, geul)
- Inhouden (plaat, hoofdgeul, nevengeul)
- Zandtransport
- Dynamiek

Het beschrijven van de systeemkenmerken wordt in twee etappen gedaan. Eerst wordt in hoofdstuk 3 een beschrijving gemaakt van de grootschalige ontwikkelingen van de Westerschelde: geulen, ondiep water en platen, slikken en schorren voor de periode 1955-1997 voor de hele Westerschelde. Zo ontstaat een beeld van de lange termijn ontwikkeling van de Westerschelde. Vervolgens wordt in hoofdstuk 4, zowel in ruimte als in tijd, verder in detail getreden. Voor de periode vanaf 1985 tot de verruiming worden de trends van de systeemdelen west, midden en oost besproken. De hier gehanteerde structuur is hetzelfde als de hypotheselijst in MOVE rapport 2: Plan van Aanpak.

Per systeemkenmerk komen de volgende aspecten aan de orde:

- Grafiek ontwikkelingen Westerschelde 1985-1997;
- Grafiek ontwikkelingen west, midden en oost 1985-1997;
- Tabel met gemiddelde ontwikkelingen per jaar (ook in %);
- Beschrijving ontwikkelingen betreffende systeemkenmerk.



2 Ingrepen

2.1 Inleiding

Menselijke ingrepen in de Westerschelde hebben tot gevolg dat er veranderingen optreden met sterk uiteenlopende tijd- en ruimteschalen.

Inpolderingen zijn al eeuwen aan de gang en zijn langs het hele watersysteem uitgevoerd. Ze zijn van groot belang omdat ze mede het Schelde-estuarium zijn huidige vorm hebben gegeven.

Bagger- en stortwerkzaamheden komen al sinds het begin van deze eeuw voor. Baggerwerkzaamheden worden verricht op de natuurlijke ondiepten, de zogenaamde drempels, van de hoofd(vaar)geul. Hiermee wordt de toegankelijkheid naar de haven van Antwerpen gewaarborgd.

De baggerspecie wordt elders op de verschillende plaatsen buiten de hoofdvaargeul in de Westerschelde teruggestort. Door de eroderende werking van de eb- en vloedstromingen verdwijnt de baggerspecie langzamerhand uit deze stortplaatsen en komt vervolgens weer voor een groot deel op de drempels in de ebgeulen terecht. De vrijgekomen baggerspecie wordt in de Westerschelde teruggestort om de zandhuishouding in het estuarium in stand te houden.

Naast de bagger- en stortwerkzaamheden komt in de Westerschelde ook zandwinning voor. In tegenstelling tot het baggeren en storten ten behoeve van het vaargeulbeheer, betekent de zandwinning een *structurele onttrekking van zand*. Het zandwinbeleid is gebaseerd op de zandbalans van de Westerschelde: er mag niet meer zand gewonnen worden dan door natuurlijke import gecompenseerd wordt.

2.2 Inpolderingen en dijkverzwaringen

Ingrepen met een directe areaalafname op het watersysteem van de Westerschelde zijn inpolderingen en dijkverzwaringen. Inpolderingen vinden al eeuwenlang plaats, dijkverzwaringen zijn vanaf 1950 regelmatig uitgevoerd. In tabel 2.1 zijn vanaf 1955 alle inpolderingen en dijkverzwaringen op een rij gezet.

Tabel 2.1
Inpolderingen en dijkverzwaringen in de
Westerschelde vanaf 1955 (I = inpoldering,
d = dijkverzwaring)

Periode	Lokatie	i/d	Opp (ha)
1956/57	Zuidgors	I	38
	Baarland, Kromme Schor	D	0,2
1957/65	Ossendrecht	I	148
1960/63	Knuitershoek	i	22
1964/65	Biezelingse Ham	d	3
1966/67	Kaloot	i	368
1968	Hellegatpolder	d	5
1970	Selenapolder	i	124
1969/70	Waarde	d	9
1970/76	Kaloot	i	66
1971	Terneuzen Oost	d	2
1973	Slikken noord Perkpolder	d	2
1976	Staartse Nol	d	0,5
1976	Mosselbanken, Paulinaschor	i	148, 18
1976	Ossendrecht	i	782
1980	Bath	d	3
1985	Baalhoek, Saeftinge	d	14,15

Bron: Huijs 1995

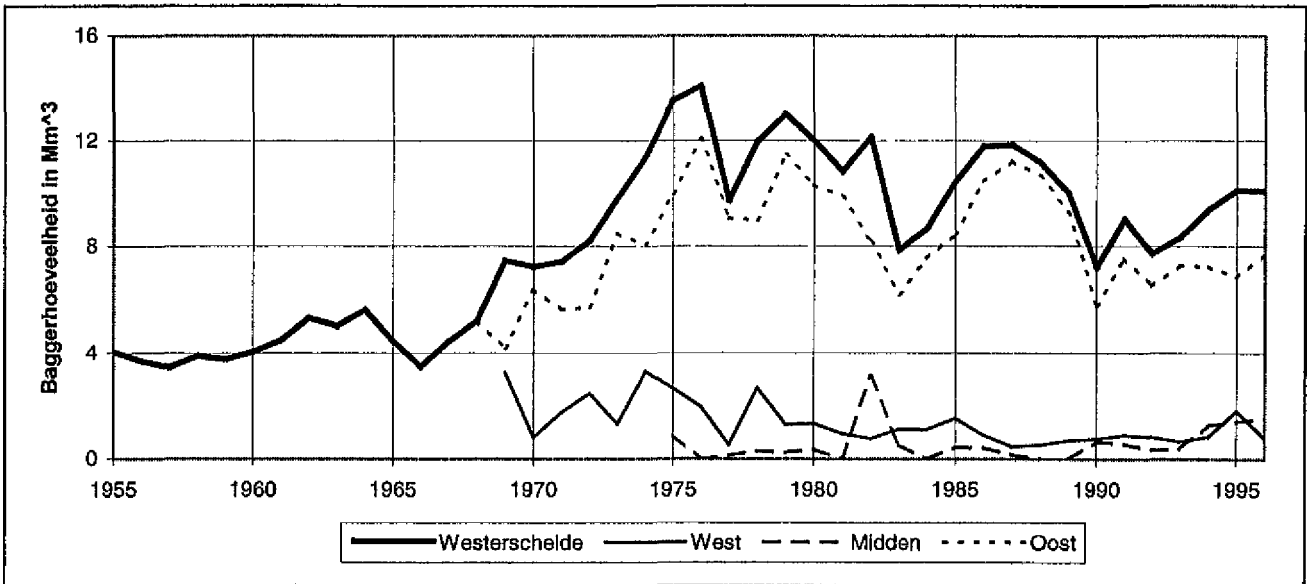
Totaal is er sinds 1955 door inpolderingen en dijkverzwaringen 1767 ha van het morfologisch systeem verdwenen. De inpolderingen hebben met ruim 1700 ha hier voor het grootste deel aan bijgedragen. De schorren van Ossendrecht hebben hier het meest onder geleden; ruim 900 ha schor heeft hier plaats moeten maken voor infrastructuur als onder andere de Schelde-Rijnverbinding.

2.3 Baggeren

Al sinds het begin van deze eeuw wordt er in de Westerschelde gebaggerd. De baggerwerken begonnen in het oosten op de drempel van Bath (1905) en breidden zich in westwaartse richting uit. Deze baggerwerken waren weinig frequent en van kleine omvang. Vanaf de jaren '20 nam op de drie oostelijke drempels de frequentie evenals de omvang toe. Weer later vanaf 1950, wordt op de drie oostelijke drempels jaarlijks gebaggerd. De drempels werden toen tot een diepte van 11 - 12m beneden NAP gebaggerd.

In het begin van de jaren zeventig is de vaargeul naar Antwerpen éénmalig extra verruimd, waarbij de drie oostelijke drempels in de Westerschelde met ongeveer 3 meter zijn verlaagd. Om deze gewenste vaardiepte in de vaargeul te behouden worden op de drempels in de Westerschelde vrijwel dagelijks baggerwerkzaamheden uitgevoerd.

Vanaf 1955 is bekend waar en hoeveel er in de Westerschelde gebaggerd en gestort is. De overzichten van de hoeveelheden lopen daarom vanaf 1955. De baggerhoeveelheden van de systeemdelen west, midden, oost en de gehele Westerschelde zijn gepresenteerd in figuur 2.2. In bijlage 2 zijn de hoeveelheden ook in tabelvorm terug te vinden. In bijlage 5a is de ligging van de baggerlokatie van 1995 weergegeven.

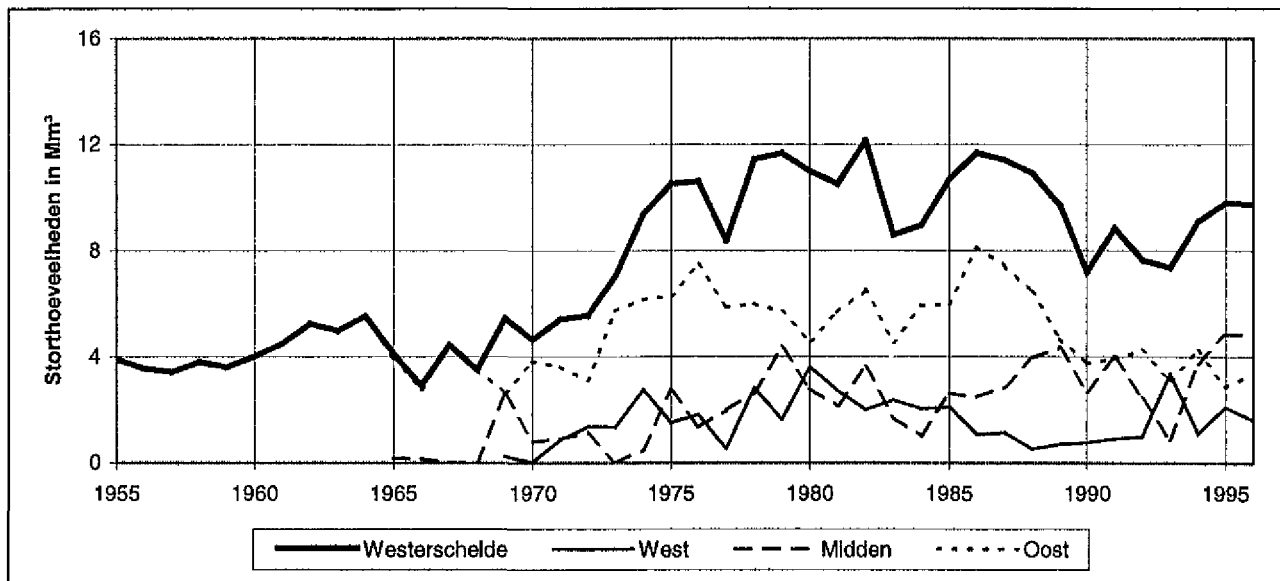


.....
 Figuur 2.2
 Baggerhoeveelheden Westerschelde; west,
 midden en oost, periode 1955-1996,
 profielkuubs Mm³

Tot eind jaren '60 werd er alleen in het oostelijk deel gebaggerd. De hoeveelheden betroffen ca. vijf miljoen m³ per jaar. Na de eerste verruiming van begin jaren '70 zijn de baggerhoeveelheden sterk toegenomen tot zo'n 8 à 12 miljoen m³ per jaar tot en met 1996. Een uitschieter hierbij is de periode tijdens de eerste verruiming waar de hoeveelheden opliepen tot 13 à 14 miljoen m³. De gebaggerde hoeveelheden in het oostelijk deel van de Westerschelde hebben over de gehele periode altijd het grootste gedeelte van het totaal in beslag genomen.

2.4 Storten

Bij het storten van de baggerspecie wordt een strategie gebruikt om de waterbeweging en de geulontwikkeling te sturen, ten einde een vermindering van het baggerwerk te bewerkstelligen. Om meer water door de hoofdgeul te dwingen wordt in de nevengeulen gestort. Hierdoor zou drempelvorming in de hoofdgeul beperkt worden. Daarnaast vinden er stortingen plaats langs eroderende geuloevers om verdere uitbochtting tegen te gaan. In figuur 2.3 zijn de gestorte hoeveelheden in de Westerschelde gepresenteerd.

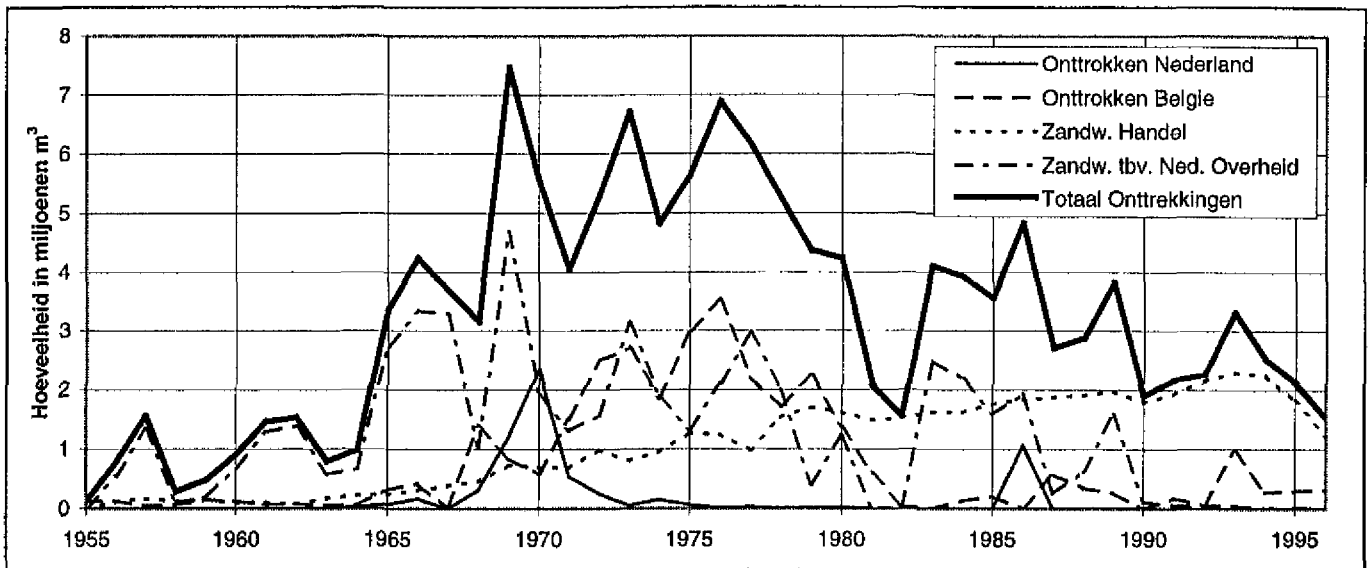


.....
 Figuur 2.3
 Storthoeveelheden Westerschelde; west,
 midden en oost, periode 1955-1996,
 profielkuubs Mm³.

Omdat de baggerspecie direct weer in de Westerschelde, maar wel elders, wordt teruggestort komen deze hoeveelheden voor de gehele Westerschelde globaal overeen. Per systeemdeel is er wel verschil met de baggerhoeveelheden. In de systeemdelen west en midden wordt er meer gestort dan gebaggerd. In het oostelijk deel wordt juist minder gestort dan gebaggerd. De gepresenteerde storthoeveelheden zijn in bijlage 2 ook in tabelvorm opgenomen. In bijlage 5a is de ligging van de stortlocaties vanaf 1995 weergegeven.

2.5 Zandwinning en verdere onttrekkingen

Naast bagger- en stortwerkzaamheden komt in de Westerschelde ook zandwinning voor. In de Westerschelde wordt door verscheidene bedrijven t.b.v. de handel zand gewonnen. Tot en met 1995 werd door de Nederlandse overheid ook zand t.b.v. waterstaatswerken gewonnen. Voor het toepassen in diverse werken wordt baggerspecie ook naar Vlaanderen afgevoerd. Tot 1987 werd ook voor Nederlandse werken baggerspecie gebruikt. De gewonnen en onttrokken hoeveelheden uit de Westerschelde zijn in figuur 2.4 weergegeven. In tabelvorm zijn deze ook in bijlage 2 opgenomen.



.....
 Figuur 2.4
 Zandwinning en overige onttrekkingen in de
 Westerschelde, periode 1955-1996,
 profielkuubs Mm³.

Van de hoeveelheden die per jaar aan de Westerschelde voor zandwinning zijn onttrokken, blijkt dat de zandwinning voor overheden in de jaren '60 en '70 soms aanzienlijke hoeveelheden betrof. Daarna nemen de hoeveelheden af en zijn vanaf 1992 gereduceerd tot 0. De zandwinning ten behoeve van de reguliere handel neemt vanaf begin jaren '60 gestaag toe tot ca. 1990. Dan stabiliseert, overeenkomstig het vastgestelde beleid, deze zandwinning rond de twee miljoen m³ per jaar (Huijs, 2000).



3 Grootschalige bodemveranderingen Westerschelde 1955 - 1997

3.1 Algemeen

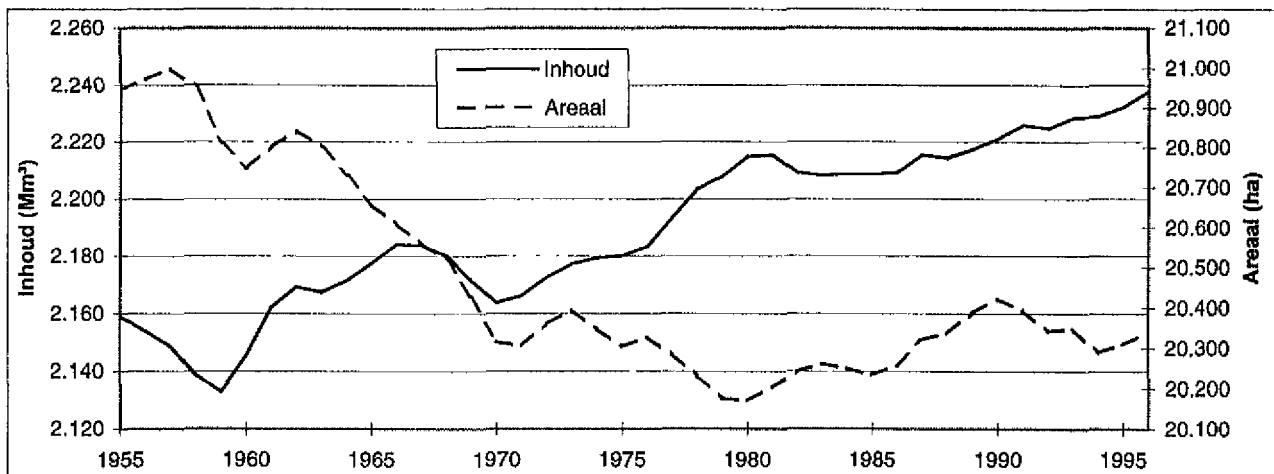
Bij de T0-beschrijving van de Westerscheldebodem is ervoor gekozen om van grof naar fijn te werken. In dit hoofdstuk worden de ontwikkelingen in de morfologische eenheden geulen, ondiep water, platen, slikken en schorren voor de periode 1955-1997 voor de gehele Westerschelde gegeven. De zandbalans wordt voor de zelfde periode gepresenteerd.

Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 in detail getreden op de veranderingen van de morfologische eenheden van de Westerschelde.

3.2 Grootschalige veranderingen Westerschelde 1955 – 1997

De inhouds- en oppervlaktebepalingen zijn uitgevoerd op basis van de vaklodingen. Dit betreft voor het grootste deel dieptemetingen tot ca. NAP -1m. Wat betreft de hogere delen zijn deze gegevens aangevuld met hoogtemetingen door middel van waterpassingen. Uit de in raai vorm opgenomen gegevens, wordt met behulp van de interpolatiemodule DIGIBEELD een grid gemaakt met een matrix- of celgrootte van 20x20m. Uit de grids van de verschillende jaren kunnen met behulp van de in het Geografisch Informatie Systeem (GIS), ArcInfo beschikbare applicaties de inhoud en arealen op de gewenste niveaus berekend worden, evenals de gegevens die nodig zijn voor de im- of exporthoeveelheden (Uit den Boogaard, 1995).

3.2.1 Inhoud en oppervlak geulen

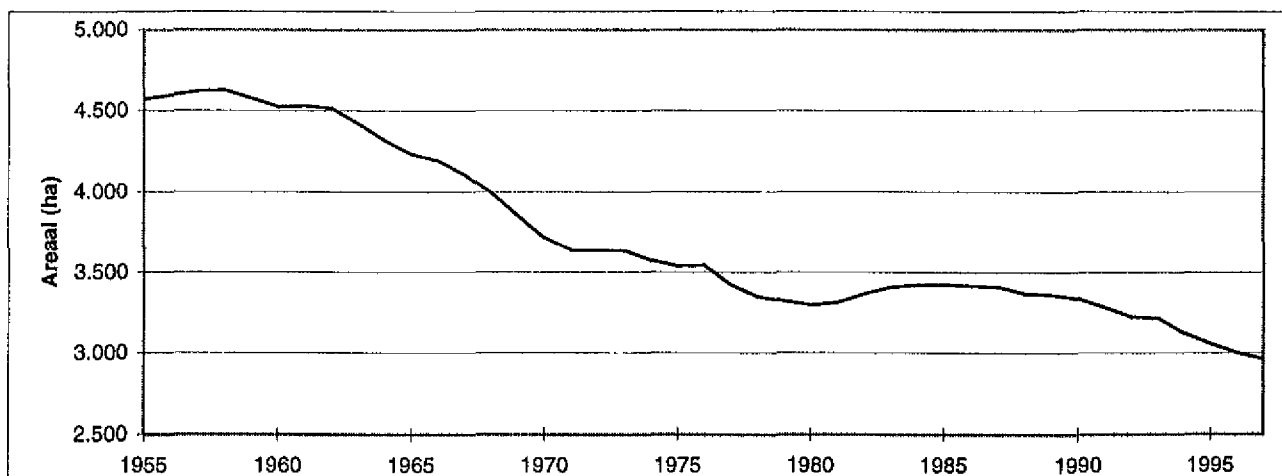


.....
 Figuur 3.1
 Inhoud en areaal geulen (< NAP -2m)
 Westerschelde 1955-1997 (Mm³, ha).

Het watervolume (inhoud) van de geulen in de Westerschelde is in de periode 1955-1997 met circa 80 Mm³ toegenomen, wat overeenkomt met bijna 4% ten opzichte van 1955 (weergegeven in figuur 3.1). Deze toename heeft globaal in de perioden 1959/1966, 1970/1980 en vanaf 1986 plaatsgevonden. Tussen deze perioden nam de inhoud af of bleef deze gelijk.

De ontwikkeling van het areaal geulen (figuur 3.1) is globaal onder te verdelen in een periode van afname (tot 1980) en een periode van toename van het areaal (vanaf 1980). In de periode tot 1980 neemt het areaal met circa 900 ha af (ca. 4%). Hierna neemt het areaal weer met 200 ha toe tot 20.350 ha voor de verruiming (toename 1%).

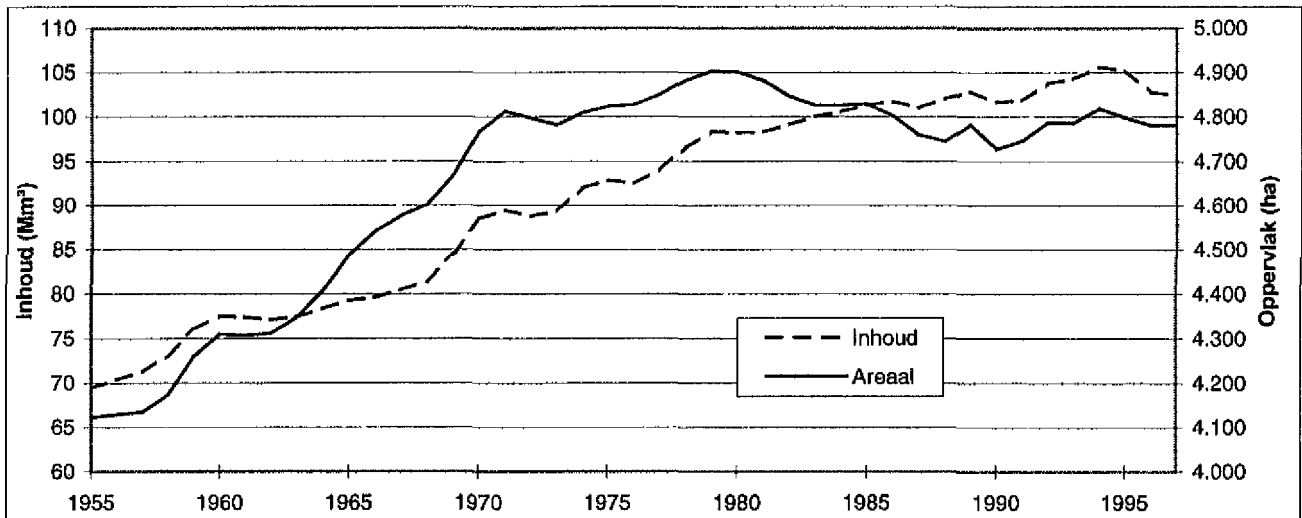
3.2.2 Areaal ondiep water



.....
 Figuur 3.2
 Areaal ondiep water (> NAP -5m, < NAP -2m)
 Westerschelde, periode 1955-1997 (ha).

Van het totale areaal ondiep water in de gehele Westerschelde (figuur 3.2) kan gesteld worden dat deze sinds 1955 een dalende trend vertoont, met uitzondering van de periode 1980-1987, die een lichte stijging te zien geeft. Deze dalende trend lijkt vanaf 1990 tot aan de verruiming lineair voort te zetten.

3.2.3 Inhoud en oppervlak platen



.....
 Figuur 3.4
 Inhoud en areaal platen (> NAP -2m)
 Westerschelde, periode 1955-1997 (ha).

De inhoud van de platen (hoeveelheid zand boven NAP -2m) neemt tot 1994 geleidelijk toe (figuur 3.4). Ten opzichte van 1955 is in 1994 de inhoud van de platen met 50% toegenomen. De laatste jaren voor de verruiming neemt de inhoud iets af.

Het areaal plaat in de Westerschelde neemt tot 1970 sterk toe (toename van 17%, zie figuur 3.4). Vervolgens schommelt het areaal rond de 4.800 ha. Dit houdt in een periode van lichte toename tot 1980, een lichte afname tot 1990 en weer een lichte toename tot 1997.

3.2.4 Oppervlak slikken en schorren

De schoroppervlakken (meer dan 50% begroeiing) zijn afkomstig van geomorfologische kaarten en berekend m.b.v. GIS. De kaarten zijn aan de hand van luchtfoto's gedigitaliseerd en door het RIKZ beschikbaar gesteld.

Voor het berekenen van de slikarealen zijn de vaklodingen en de geomorfologische kaarten gebruikt. M.b.v. de vaklodingen is de NAP -2m lijn bepaald (ondergrens slik). Het areaal tussen de NAP -2m lijn en de dijklijn is dan het areaal slik en schor. Het areaal slik is vervolgens berekend door het schorareaal in mindering van het totaal slik- en schorareaal te brengen.

.....
 Tabel 3.1
 Arealen slikken en schorren in de
 Westerschelde, 1959, 1988 en 1996 (ha).

	Slikken	Schorren
1959	4260 ¹	3551
1988	3760	2505 ²
1996	3663	2392

¹ De lodingsgegevens van rond 1959 zijn niet compleet waardoor geen arealen slik berekend konden worden. Het totale slikoppervlak voor de hele Westerschelde is afkomstig uit De Jong & Van Kleef, 1996.

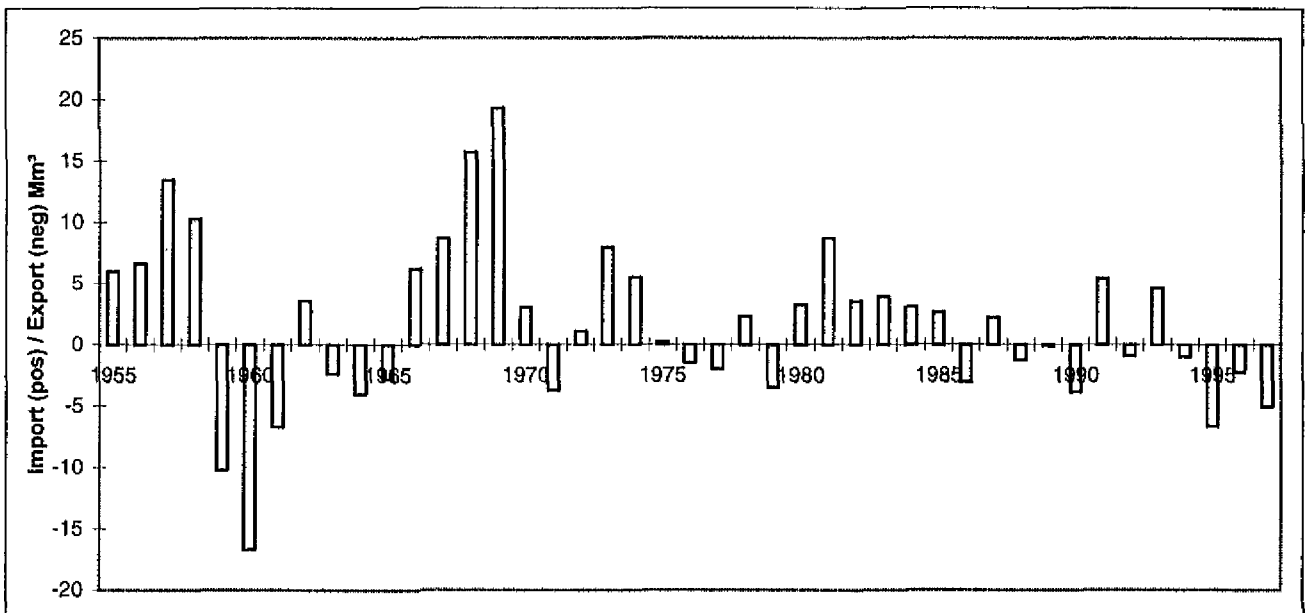
² De geomorfologische kaart van 1988 was deels onvolledig. D.m.v. literatuur zijn de ontbrekende oppervlakken aangevuld; bronnen: Vroon et al., 1996 en Pluijm & De Jong, 1998.

Het areaal slikken (tabel 3.1) is in 1996 ten opzichte van 1959 met bijna 600 ha (14%) afgenomen. Het grootste verlies van areaal slik heeft na 1959 en voor 1988 plaats gevonden (12%).

Het areaal schor (figuur 3.1) is met bijna 1200 ha afgenomen in de periode 1959/1996 (33%). De meeste hectaren zijn voor 1988 als gevolg van inpolderingen verloren gegaan. De ontwikkelingen na 1988 zijn vrijwel autonoom. Het verlies aan schor heeft wel tot een verminderd verlies aan slikareaal bijgedragen.

3.2.5 Zandbalans

Door de formule: **totale inhoudsverandering = inhoudsverandering t.g.v. ingrepen + export** toe te passen kan een zandbalansberekening gemaakt worden, waarbij import en export van zand uit het analysegebied is vast te stellen.



.....
 Figuur 3.5
 Zandtransport in en uit de Westerschelde,
 periode 1955-1997 (onder NAP +3,5m in
 Mm³)

De zandtransport in de Westerschelde (figuur 3.5) kende in het verleden perioden van import en export richting de Noordzee. De hoeveelheden liepen op tot ruim 15 miljoen m³ welke zowel in als uit de Westerschelde richting de Noordzee verdwenen.

Sinds begin jaren zeventig zijn de getransporteerde hoeveelheden minder groot en ook minder duidelijk als perioden van import of export herkenbaar. Vanaf 1985 varieert de import tussen de -5 en +5 M m³. De jaren voor de verruiming (95/97) was de Westerschelde exporterend.

4 Ontwikkelingen morfologische eenheden bodem Westerschelde 1985 - 1997

4.1 Inleiding

In deze paragraaf passeren alle gegevens(reeksen) van de morfologische eenheden de revue. De waargenomen veranderingen van elke morfologische eenheid worden apart in een subparagraaf behandeld.

Hierbij is er voor gekozen om dezelfde opzet als de hypotheselijst in De Jong et al., 1997 (MOVE rapport 2) te gebruiken. Dit houdt in het beschrijven van de bodemsamenstelling van de Westerschelde, arealen en inhouden van de morfologische eenheden en het beschrijven van de zandtransporten in de Westerschelde. Er wordt niet verder in detail getreden als bij de hypothesen. Dat wil zeggen dat alleen waarden voor de systeemdelen west, midden en oost worden gegeven.

4.2 Bodemsamenstelling

Uit de samenstelling van het bodemsediment kan een ruimtelijk beeld worden verkregen van de variatie die voorkomt. In de Westerschelde komt een natuurlijke gradiënt in de korrelgrootte van het sediment voor, met relatief grof materiaal aan de zeezijde, dat naarmate fijner wordt in stroomopwaartse richting. Deze natuurlijke gradiënt kan veranderen onder invloed van de bagger- en stortwerkzaamheden waarbij relatief fijn sediment in het oosten wordt gebaggerd en wordt teruggestort in het westen (Mol et al., 1997).

Voor de uitgangssituatie van de bodemsamenstelling van de intergetijdengebieden van voor de verruiming van de Westerschelde zijn de gegevens van de bemonstering uit 1992/1993 gebruikt. Deze bemonstering is opgezet door Mc Laren die de Westerschelde in een raster heeft gedeeld van grids met een afmeting van 500*500m. Op sommige plaatsen zijn de grids verkleind tot 250*250m. Per monsterpunt werd drie maal met een ringsteker (Ø 5cm) gestoken. Van deze drie steken is een mengmonster gemaakt van ca. 0,5 liter van de bovenste 10 cm van de bodem. De monsters zijn in het laboratorium, zonder voorbehandeling, op korrelgrootte geanalyseerd.

Resultaten bodembemonstering 1992/93

Totaal slik en plaat	West	Midden	Oost
Aantal monsterpunten	129	91	115
Gem D50 µm	113.3	126.0	117.7
Gem % < 63 µm	21.3	14.1	12.5

Tabel 4.1
Bodemsamenstelling intergetijdengebieden
Westerschelde (totaal van slikken en platen)

Tabel 4.2
Bodemsamenstelling slikken Westerschelde
(xx) = standaarddeviatie

Slik	West	Midden	Oost
Aantal monsterpunten	46	24	72
Gem D50 μm	92.5 (66)	82.9 (50)	108.2 (38)
Gem % < 63 μm	34.4 (29)	31.1 (23)	15.8 (21)

Tabel 4.3
Bodemsamenstelling platen Westerschelde
(xx) = standaarddeviatie

Plaat	West	Midden	Oost
Aantal monsterpunten	83	67	43
Gem D50 μm	124.8 (46)	141.4 (40)	133.8 (37)
Gem % < 63 μm	14.0 (17)	8.1 (13)	7.1 (11)

In '92/'93 was de bodemsamenstelling van de intergetijdgebieden in het westelijk deel van de Westerschelde het fijnst. Het midden en oostelijk deel van de Westerschelde hadden gemiddeld een lager percentage slib (< 63 μm) en een hogere gemiddelde D50 μm (zie tabel 4.1 voor de intergetijdgebieden (slik en plaat samen).

De bodemsamenstelling van de slikken en platen zijn ook apart gepresenteerd (resp. tabel 4.2 en 4.3). De bodemsamenstelling van de platen is in alle systeemdelen van de Westerschelde grover dan op de slikken (laag percentage slib en een hoge gemiddelde D50). De slikken in het oostelijk deel van de Westerschelde zijn duidelijk het meest grof. De slikken in het westen hebben het hoogste percentage slib. De slikken in het middendeel hebben echter de laagste gemiddelde D50 waarden. Platen in de Westerschelde zijn het fijnst in het westelijk deel. De hoogste D50 waarde komt in het midden voor, het laagste percentage slib komt in het oosten voor.

De theorie dat de bodemsamenstelling in stroomopwaartse richting fijner wordt gaat hier niet op. De resultaten van de bemonstering tonen juist het omgekeerde beeld.

Op lokale schaal kan de bodemsamenstelling erg variëren. De tussen haakjes weergegeven waarden zijn de standaarddeviatie (gemiddelde afwijking van de berekende waarden). Op de slikken en platen varieert de gemiddelde afwijking van de gemiddelde D50 waarden van ca. 30 tot 60% en de gemiddelde afwijking van het percentage slib tot vaak meer dan 100%.

4.3 Arealen

Deze parameter is in eerste instantie een indicator voor veranderingen van morfologische eenheden en in de tweede plaats voor de veranderingen in het beschikbare leefgebied voor planten en dieren. Het oppervlak aan arealen is daarmee van belang voor de ecologie van de Westerschelde.

4.3.1 Schorren

De schoroppervlakten (meer dan 50% begroeiing) zijn afkomstig van geomorfologische kaarten en berekend m.b.v. GIS. De kaarten zijn aan de hand van luchtfoto's gedigitaliseerd en door het RIKZ beschikbaar gesteld. De kaart van 1988 was deels onvolledig. D.m.v. literatuur zijn de ontbrekende oppervlakten aangevuld.

Tabel 4.4
Schoroppervlakten Westerschelde, west, midden en oost (ha), (Incl. Siperdaschor).

Schoroppervlak	West	Midden	Oost	Totaal
1959	594	52	2905	3551
1988	111	17	2377	2505
1996	107	18	2267	2392

Tabel 4.5
Arealveranderingen schorren Westerschelde, west, midden en oost. Absoluut per periode en gemiddeld per jaar (tussen haakjes) (ha).

Verandering	West	Midden	Oost	Totaal
1959/1988	-482 (-16,6)	-36 (-1,2)	-528 (-18,2)	-1046 (-36,1)
1988/1996	-5(-0,6)	1 (0,1)	-109 (-13,6)	-113 (-14,1)

De grootste arealen schor zijn voor 1988 verdwenen waarvan inpolderingen de voornaamste oorzaak zijn geweest (vanaf 1959 ruim 1000 ha). De ontwikkelingen na 1988 zijn vrijwel autonoom. De arealen in het westelijk en het midden deel van de Westerschelde zijn op enkele ha. na gelijk gebleven. In het oostelijk deel is na 1988 nog ruim 100 ha. schor verdwenen. Tot 1996 verdween er hier gemiddeld bijna 14 ha. per jaar (tabel 4.4 en 4.5).

4.3.2 Slikken

Voor het berekenen van de slikarealen zijn in een GIS de vaklodingen en geomorfologische kaarten gebruikt. M.b.v. de vaklodingen is de NAP -2m lijn bepaald (ondergrens slik). Het areaal tussen de NAP -2m lijn en de dijklijn is dan het areaal slik en schor. Het areaal slik is vervolgens berekend door het schorareaal in mindering van het totaal slik- en schorareaal te brengen. De lodinggegevens van rond 1959 zijn niet compleet waardoor geen arealen slik per systeemdeel berekend konden worden. Het totale slikoppervlak voor de hele Westerschelde is afkomstig uit De Jong & Van Kleef, 1996.

Tabel 4.6
Slikoppervlakten Westerschelde, west, midden en oost (ha), (Incl. Siperdaschor).

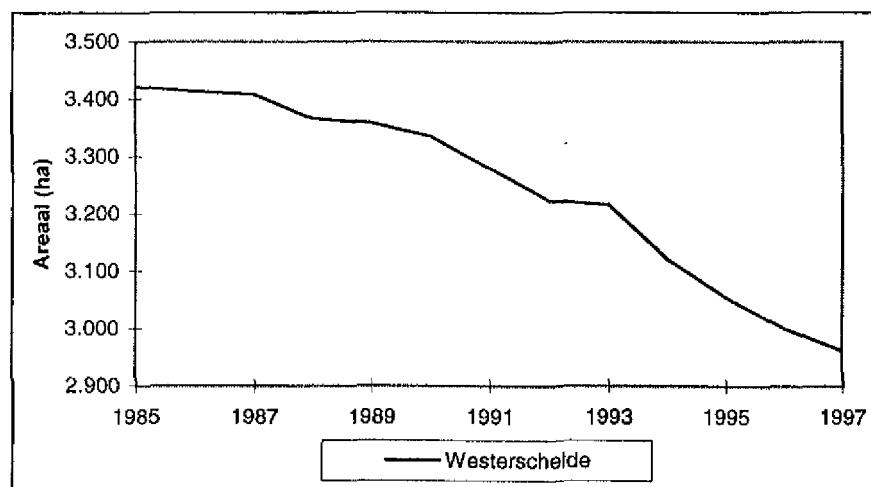
Slikoppervlak	West	Midden	Oost	Totaal
1988	1229	502	1890	3621
1996	1078	504	1972	3554

Tabel 4.7
Arealveranderingen slikken Westerschelde, west, midden en oost (absoluut per periode en per jaar (tussen haakjes).

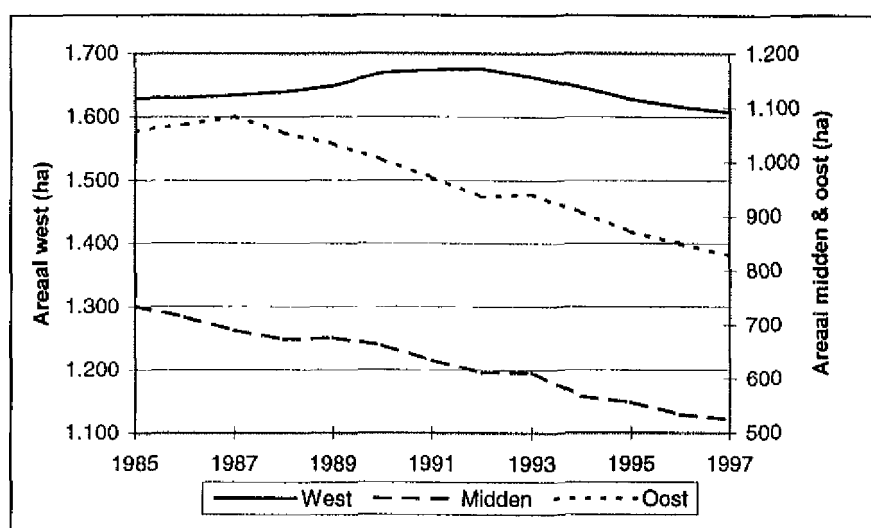
Verandering	West	Midden	Oost	Totaal
1988/1996	-151 (-18,9)	2 (0,3)	82 (10,3)	-67 (-8,4)

Van 1988 tot 1996 is in het westen het grootste oppervlak slik verdwenen (151 ha, zie tabel 4.6). In het oosten nam het slikareaal - hoofdzakelijk als gevolg van erosie van het schor - toe. In de hele Westerschelde is er in deze periode bijna 70 ha slik verdwenen (verlies van ca. 8 ha per jaar, zie tabel 4.7).

4.3.3 Ondiep water



Figuur 4.1
Areaalveranderingen ondiep water (> NAP - 5m, < NAP -2m) Westerschelde, periode 1985-1997



Figuur 4.2
Areaal ondiep water west, midden en oost, periode 1985-1997 (ha)

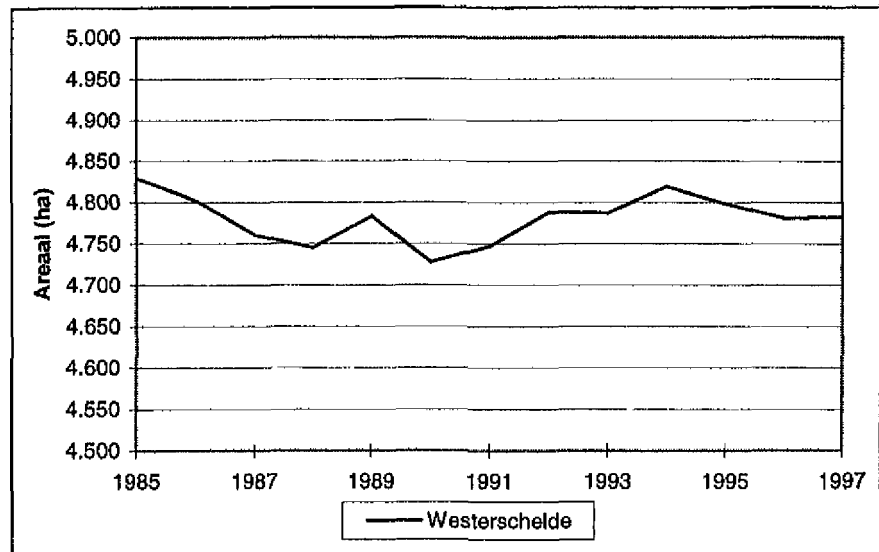
Tabel 4.8
Areaalveranderingen ondiep water Westerschelde, west, midden en oost, periode 1985-1997 (ha).

periode 1985-1997	Totaal	West	Midden	Oost
Verandering areaal (ha)	-460	-21	-209	-229
Verandering areaal (%)	-13,4	-1,3	-28,5	-21,7
Gem. jaarlijkse areaal verandering (ha)	-38	-2	-17	-19
Procentuele jaarlijkse areaal veranderingen	-1,1	-0,1	-2,4	-1,8

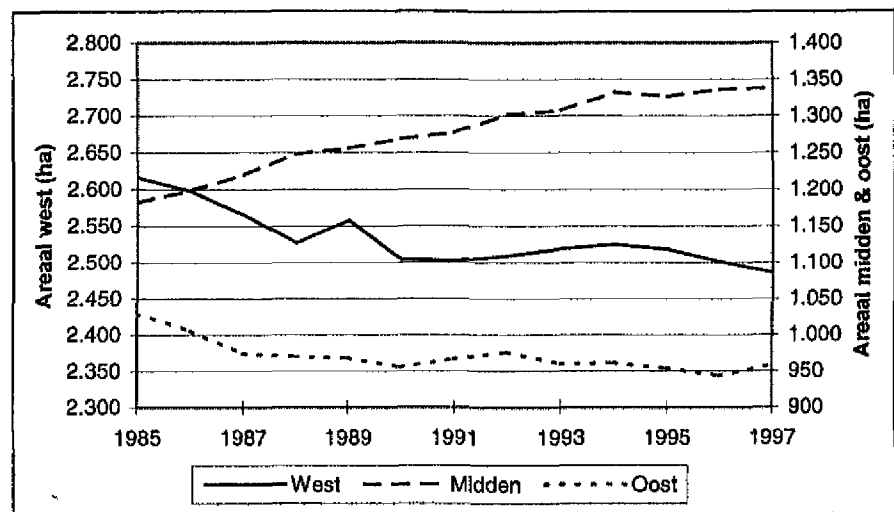
Zowel in het midden als in het oostelijk deel van de Westerschelde is een negatieve trend in het areaal waarneembaar (figuur 4.2). Ten opzichte van 1985 is in beide systeemdelen het oppervlak met ruim 200 ha afgenomen, wat overeenkomt met een gemiddelde jaarlijkse afname van ± 2 procent (tabel 4.8).

In het westelijk deel is de afname van het areaal ondiep water minder groot geweest. In dezelfde periode bedroeg deze afname hier slechts 21 hectare ($\pm 0,1$ procent per jaar). In tegenstelling tot het midden en oostelijk deel is er wel enige tijd sprake geweest van een toename van het areaal ondiep water. Het totale areaal ondiep water in de Westerschelde (figuur 4.1) neemt met ca. 1% per jaar geleidelijk af.

4.3.4 Platen



.....
 Figuur 4.3
 Areaal platen Westerschelde, periode 1985-1997 (ha).



.....
 Figuur 4.4
 Areaal platen west, midden en oost, periode 1985-1997 (ha)

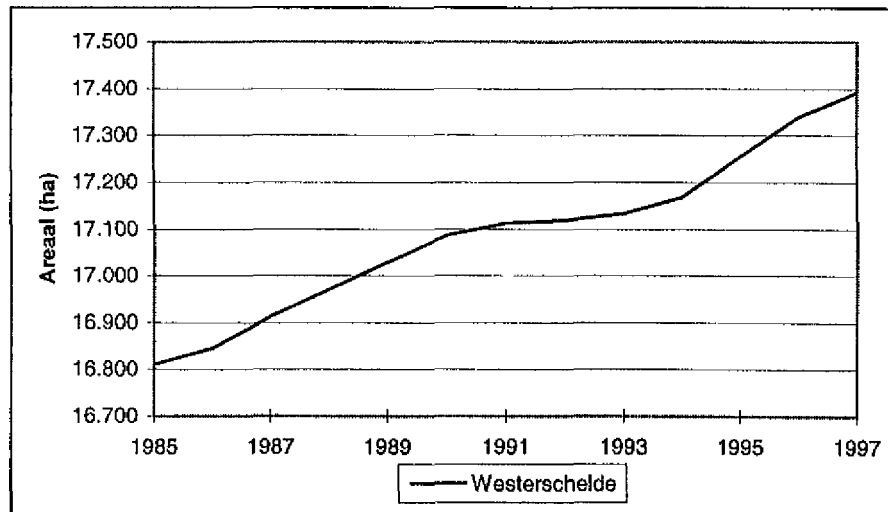
.....
 Tabel 4.9
 Areaalveranderingen platen Westerschelde, west, midden en oost, periode 1985-1997 (ha)

periode 1985-1997	Totaal	West	Midden	Oost
Verandering areaal in ha	-47	-132	155	-71
Verandering areaal in procenten	-1,0	-5,0	13,1	-6,9
Gemiddelde jaarlijkse areaal verandering	-4	-11	13	-6
Procentuele jaarlijkse areaal veranderingen	-0,1	-0,4	1,1	-0,6

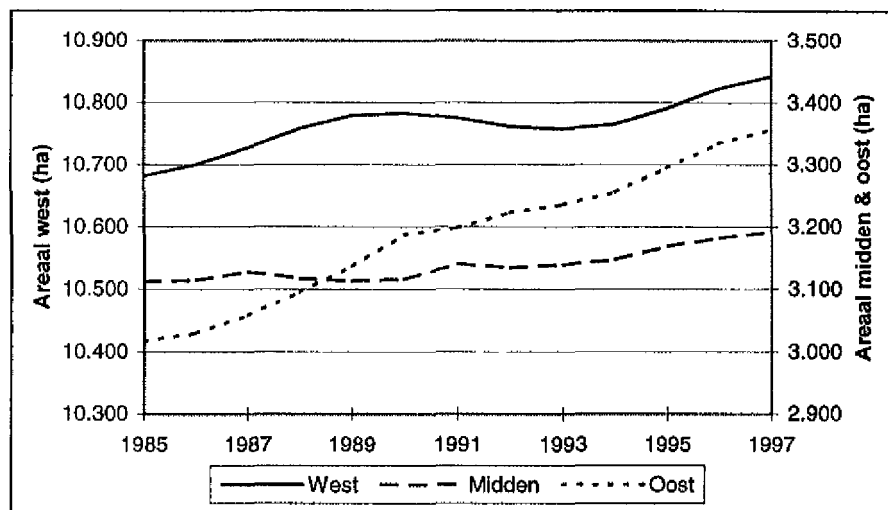
Het totale areaal platen in de Westerschelde (figuur 4.3) is in de periode '85-'97 met 47 ha afgenomen. Dit is een geringe verandering van ca. 1 procent over de genoemde periode, maar is de som van grotere toe- en afnamen in de deelgebieden. In het middendeel van de Westerschelde is het areaal platen met 155 ha toegenomen (een toename van $\pm 13\%$ en $\pm 1\%$ op jaarbasis. In het westen is het plaatareaal daarentegen juist met 132 ha ($\pm 5\%$) afgenomen (zie tabel 4.9). In het oosten is het areaal platen ook afgenomen. Deze afname

heeft grotendeels in de jaren '80 nog plaatsgevonden. Het plaatareaal is vanaf 1990 min of meer gelijk gebleven (figuur 4.9).

4.3.5 Geulen



Figuur 4.5
Areaal geulen Westerschelde, periode 1985-1997 (< NAP -5m, ha)



Figuur 4.6
Areaal geulen west, midden en oost, periode 1985-1997 (< NAP -5m, ha)

Tabel 4.10
Areaalveranderingen geulen Westerschelde, west, midden en oost (< NAP -5m, ha)

Periode 1985-1997	Totaal	West	Midden	Oost
Verandering areaal in ha	581	161	80	339
Verandering areaal in procenten	3,5	1,5	2,6	11,2
Gemiddelde jaarlijkse areaal verandering in ha	48	13	7	28
Procentuele jaarlijkse areaal veranderingen	0,3	0,1	0,2	0,9

De geulen in de Westerschelde zijn in oppervlak toegenomen, totaal 581 ha met gemiddeld 48 ha per jaar (figuur 4.5). In het begin van de jaren negentig is deze toename tijdelijk minder groot geweest. Deze toename heeft zowel in het westen als in het midden en oosten plaats gevonden. In het oosten is de areaaltoename met 339 ha het grootst geweest (figuur 4.6 en tabel 4.10). Hier wordt dan ook het meest gebaggerd. Deze areaalveranderingen hebben rechtstreeks invloed

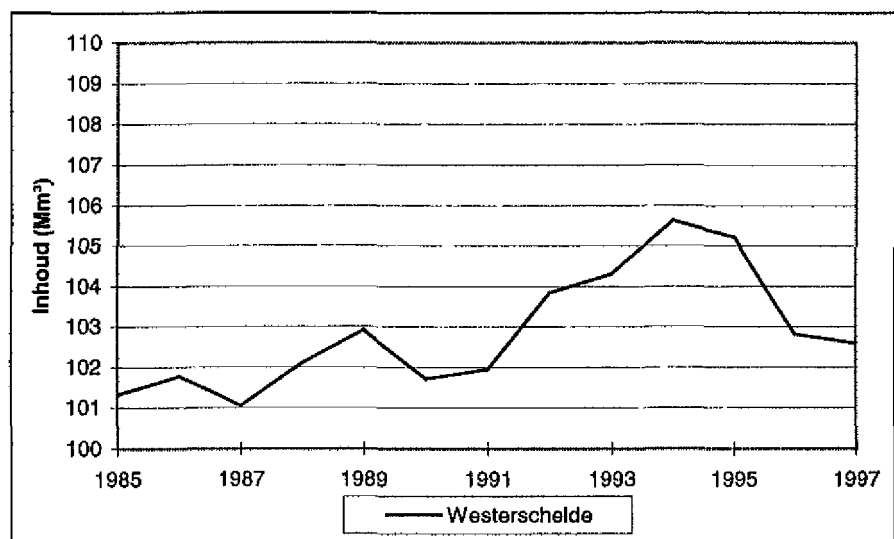
gehad op het areaal ondiep water dat bijna evenredig is afgenomen, zoals beschreven in paragraaf 4.3.3.

4.4 Inhouden

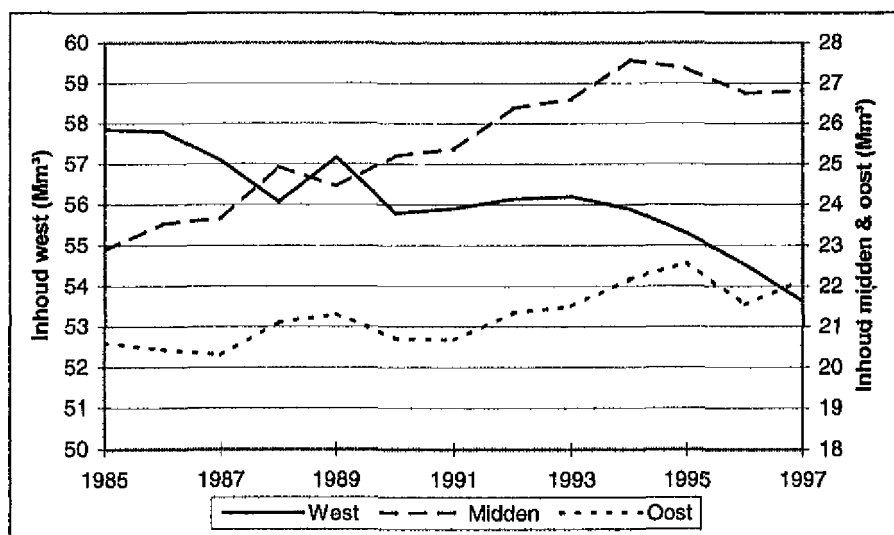
Deze parameter is vooral een indicator voor morfologische veranderingen en is gekoppeld aan de geulen (waterinhoud) en platen (sedimentinhoud). De komende verruiming kan tot een herverdeling van sediment leiden. Sediment uit de hoofdgeulen komt hierbij in de nevengeulen en op de platen terecht.

In de volgende paragrafen worden per morfologische eenheid de inhoudsveranderingen (trends) van voor de verruiming gepresenteerd (periode 1985-1997).

4.4.1 Platen



Figuur 4.7
Inhoud platen Westerschelde, periode 1985-1997 (> NAP -2m, ha)



Figuur 4.8
Inhoud platen west, midden en oost, periode 1985-1997 (> NAP -2m, ha)

Tabel 4.11

Inhoudsveranderingen platen Westerschelde, west, midden en oost, periode 1985-1997, (> NAP -2m)

periode 1985-1997	Totaal	West	Midden	Oost
Verandering inhoud in Mm ³	1,3	-4,2	3,9	1,6
Verandering inhoud in procenten	1,3	-7,3	17,2	7,6
Gemiddelde jaarlijkse inhoudsverandering (Mm ³)	0,1	-0,4	0,3	0,1
Procentuele jaarlijkse inhoudsverandering	0,1	-0,6	1,4	0,6

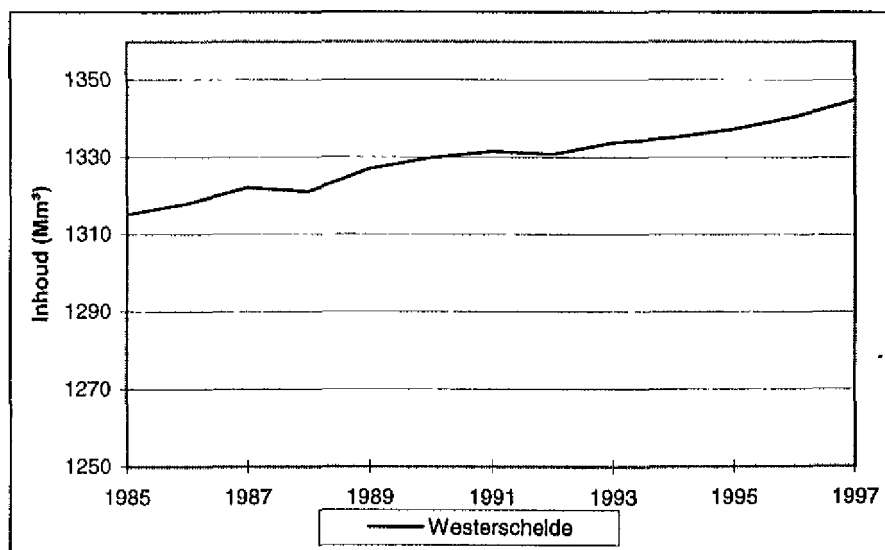
De inhoud van de platen in de Westerschelde is in de periode '85-'97 met 1,3 Mm³ (1,3%) toegenomen (figuur 4.7 en tabel 4.11). Deze inhoudsverandering verliep tot en met 1994 als een toename met ca. 4 Mm³ per jaar en vanaf 1994 een afname van ca. 3 Mm³ per jaar. De platen in het middendeel zijn, met ca. 17,2%, sterk in volume toegenomen (figuur 4.8). In het westelijk deel heeft daarentegen een volumeafname van de platen plaatsgevonden (-7,3%).

4.4.2 Hoofd- en nevengeulen

In bijlage 4a is de onderverdeling in hoofd- en nevengeul weergegeven. Deze onderverdeling is gebaseerd op de geulschematisatie van de Westerschelde.

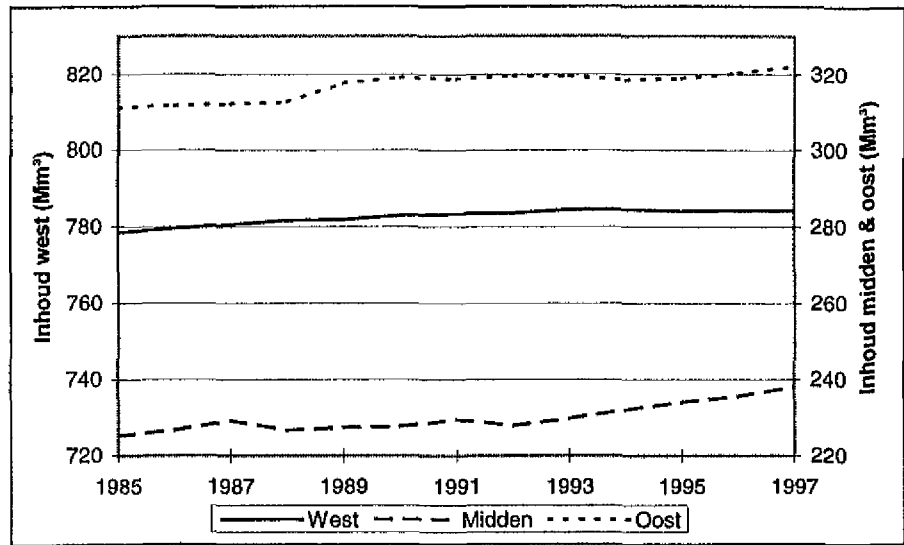
In paragraaf 4.3.5 zijn de arealen voor de geulen, overeenkomstig met de hypothesen in De Jong et al., 1997, onder NAP -5m weergegeven. De hypothesen voor de inhoud van de hoofd- en nevengeulen zijn echter opgesteld voor inhoud onder onder NAP -2m gegeven. De berekeningen van de inhoud van de hoofd- en nevengeulen zijn hiervoor onder de NAP -2m gedaan.

Hoofdgeul



Figuur 4.9

Inhoud hoofdgeul Westerschelde, periode 1985-1997 (< NAP -2m, Mm³)



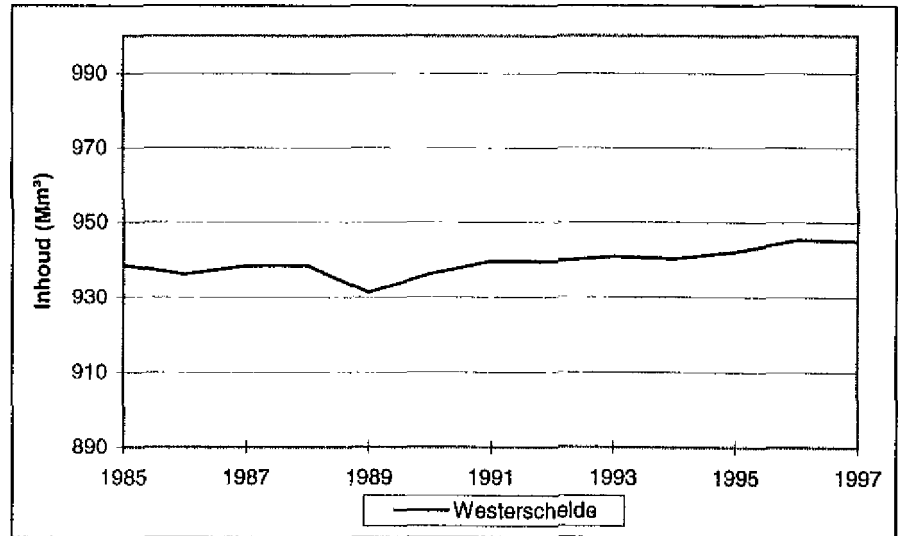
.....
 Figuur 4.10
 Inhoud hoofdgeul west, midden en oost,
 periode 1985-1997 (< NAP -2m, Mm³)

.....
 Tabel 4.12
 Inhoudsveranderingen hoofdgeul
 Westerschelde, west, midden en oost, periode
 1985-1997

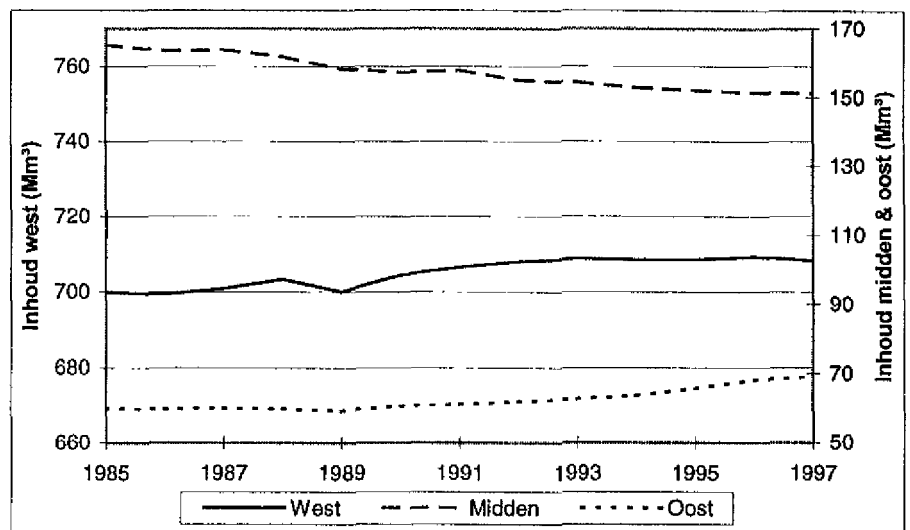
periode 1985-1997	Totaal	West	Midden	Oost
Verandering inhoud in Mm ³	29,7	5,7	13,0	11,0
Verandering inhoud in procenten	2,3	0,7	5,8	3,5
Gemiddelde jaarlijkse inhoudsverandering in Mm ³	2,5	0,5	1,1	0,9
Procentuele jaarlijkse inhoudsverandering	0,2	0,1	0,5	0,3

De inhoud van de hoofdgeul is met bijna 30 Mm³ over de periode '85-'97 toegenomen (figuur 4.9). Over de periode '85-'97 is dit ca. 2,0% en heeft geleidelijk plaatsgevonden (jaarlijks $\pm 2,5$ Mm³, zie tabel 4.12). Het westelijk deel heeft hier nauwelijks aan bijgedragen. De hoofdgeulen in het midden en oostelijk deel zijn met respectievelijk ca. 5,8 en 3,5% qua inhoud meer toegenomen. Bij het middendeel heeft deze toename pas vanaf 1992 plaatsgevonden. Bij het oostelijk deel met meer tussenpozen, voornamelijk eind jaren tachtig en vanaf 1995 (figuur 4.10).

Nevengeul



Figuur 4.11
Inhoud nevengeul Westerschelde, periode
1985-1997 (< NAP -2m, Mm³)



Figuur 4.12
Inhoud nevengeul west, midden en oost,
periode 1985-1997 (< NAP -2m, Mm³)

Tabel 4.13
Inhoudsveranderingen nevengeul
Westerschelde, west, midden en oost, periode
1985-1997 (< NAP -2m)

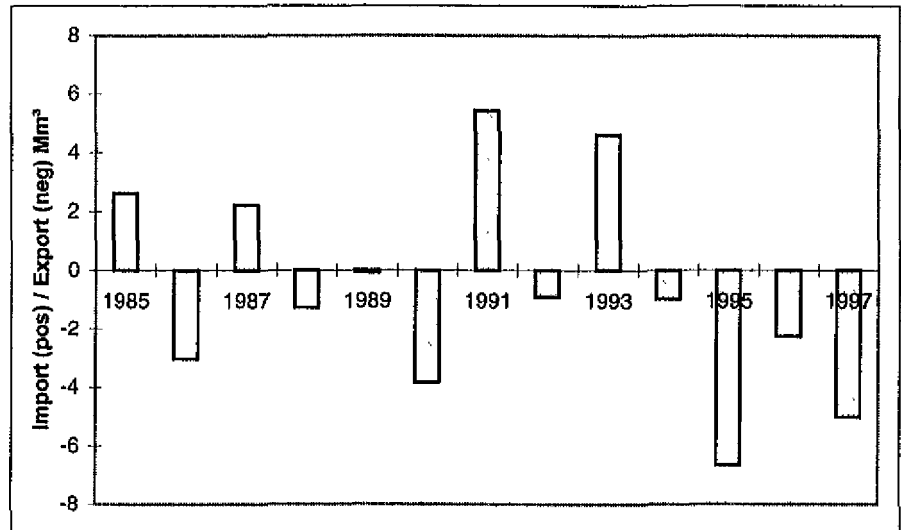
periode 1985-1997	Totaal	West	Midden	Oost
Verandering inhoud in Mm ³	6,5	8,2	-14,0	9,3
Verandering inhoud in procenten	0,7	1,2	-8,5	15,4
Gemiddelde jaarlijkse inhoudsverandering in Mm ³	0,5	0,7	-1,2	0,8
Procentuele jaarlijkse inhoudsverandering	0,1	0,1	-0,7	1,3

Het totale volume van de nevengeulen in de Westerschelde is nauwelijks veranderd; slechts een lichte toename van ca. één procent (figuur 4.11 en tabel 4.13). Per systeemdeel zijn er echter grote verschillen. De nevengeulen in het middendeel zijn in volume afgenomen ($\pm 8,5\%$). Het oostelijk deel kent een sterke toename van het nevengeulvolume; een toename van ca. 15,4%. De nevengeulen in het westelijk deel zijn, met een toename van ca. 0,7%, het minst in volume veranderd. Deze veranderingen hebben geleidelijk plaatsgevonden (figuur 4.12).

4.5 Zandtransport

De inhoudsveranderingen van de lodingsvakken in combinatie met de onttrekkingen en stortingen die hebben plaatsgevonden, geven een beeld van de resulterende import of export van het Schelde-estuarium. De inhoudsveranderingen zijn bepaald middels de zandbalans. Deze import/export-parameter is een indicator van lange termijn ontwikkelingen betreffende de verlanding of verruiming van het estuarium.

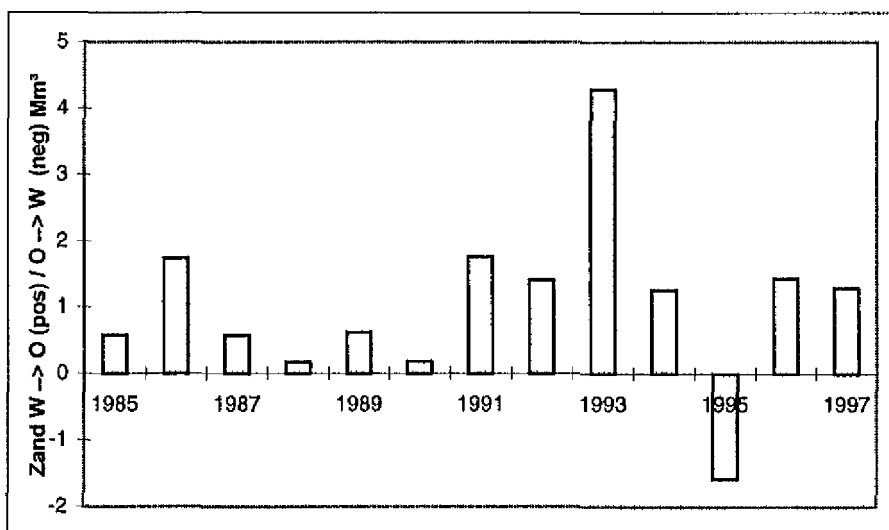
4.5.1 Zandtransport in en uit de Westerschelde



.....
 Figuur 4.13
 Zandtransport in en uit de Westerschelde in
 Mm³ per jaar, periode 1985-1997 (beneden
 NAP +3,5m In Mm³)

Vanaf 1985 varieert de import tussen de -5 en +5 Mm³. De laatste jaren voor de verruiming was de Westerschelde exporterend. In 1995 transporteerde de Westerschelde nog bijna zeven miljoen m³ naar monding (figuur 4.13).

4.5.2 Zandtransport van west naar oost



Figuur 4.14
Zandtransport van west naar oost (vak 3 → 2)
in de Westerschelde, periode 1985-1997
(Beneden NAP +3,5m in Mm³)

Tot eind jaren zeventig vond er zandtransport in perioden van export en import in beide richtingen plaats. Vanaf 1980 vindt er bijna alleen zandtransport van west naar oost plaats. Na de eerste verruiming (1970/1975) is er in het oosten een (relatief) zandtekort ontstaan en in het westen ten opzichte van het oosten een (relatief) zandtekort. Dit is in figuur 4.14 te zien. Het systeem lijkt te herstellen na de verruiming door het geleidelijk afnemen van de getransporteerde hoeveelheden van west naar oost.

In de periode 1990 tot en met 1997 is er over het algemeen zandtransport van west naar oost. Gemiddeld wordt er ca. 1,5 Mm³ in deze periode van west naar oost getransporteerd. Dit is maar een deel van de hoeveelheid die jaarlijks gebaggerd wordt (gem ±7 Mm³/jr).

4.6 Dynamiek

De verticale veranderingen van de bodem, in zowel ruimtelijke als temporele schaal, geven een indicatie van de veranderingen in de natuurlijkheid van het morfologisch systeem. De dynamiekparameter is een belangrijke indicatie voor het functioneren van het ecosysteem.

Voor het bepalen van de dynamiek van de Westerschelde is gekozen voor het "dynamiekgetal van Paul Sistermans". Naast de gekozen methode bestaan er nog vele andere methoden om de dynamiek te bepalen. Het dynamiekgetal van Paul Sistermans geeft echter het meest objectieve beeld en is bovendien eenheidsloos.

Het dynamiekgetal is gedefinieerd als de gemiddelde verticale bodemverandering per jaar in het beschouwde gebied. Hiervoor wordt de hoeveelheid sedimentatie en erosie tussen twee opnamen (lodingen) berekend, gesommeerd en omgerekend naar gemiddelde verticale bodemverandering per jaar en vervolgens gedeeld door het oppervlak van het beschouwde gebied. Het verkregen getal is geen directe maat voor de dynamiek. Indien dit getal voor verschillende perioden of voor

een reeks perioden berekend wordt kan door toe- of afname van het getal wel de verandering van de dynamiek en de snelheid waarmee deze verandert worden bepaald (Sisternans, 1997).

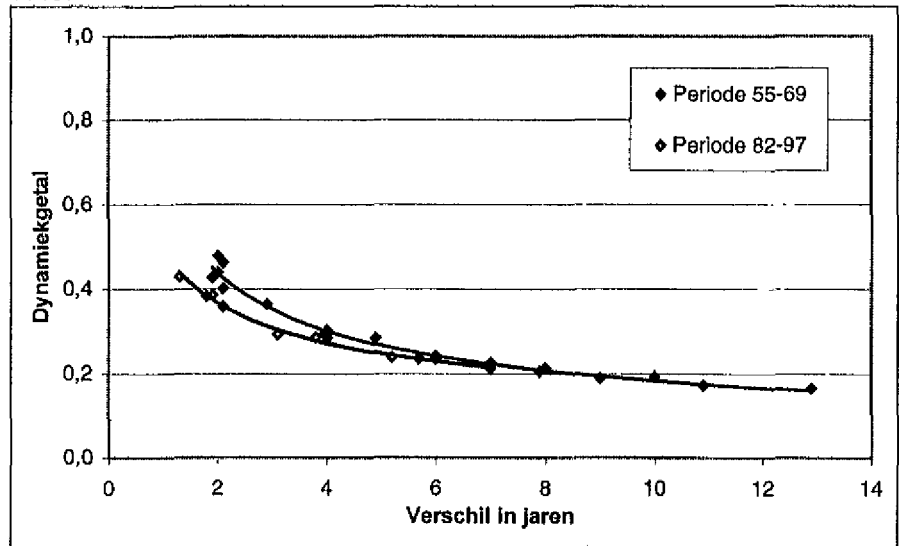
Beschrijving dynamiek Westerschelde

De dynamiek in het westelijk deel van de Westerschelde is in de periode '82-'97 ten opzichte van de periode '55-'69 met $\pm 12\%$ afgenomen (figuur 4.15). In het midden en oostelijk deel is de dynamiek afgenomen met respectievelijk ± 20 en $\pm 33\%$ (zie resp. figuur 4.16 en 4.17). De dynamiek in de hele Westerschelde neemt dus af; in het oosten is deze het sterkst, in het westen relatief beperkt.

Uitleg bij de grafieken:

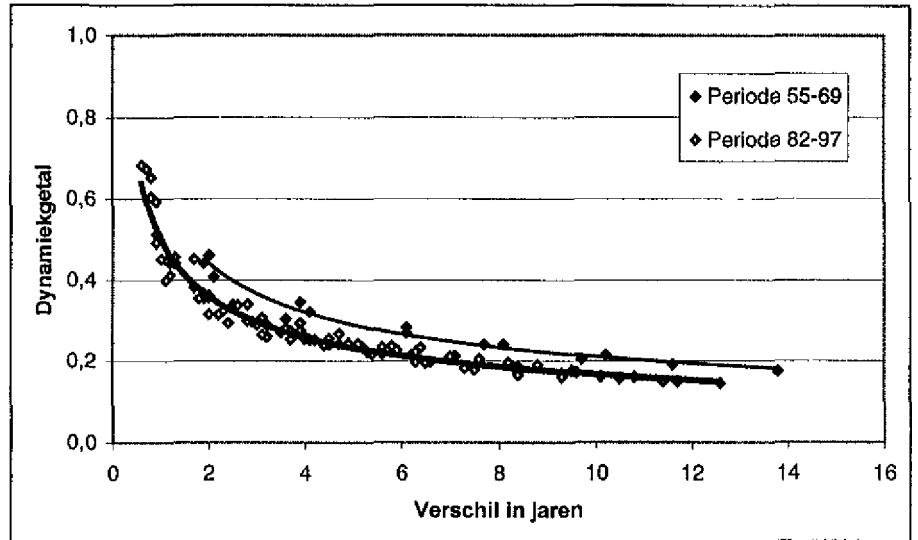
De doorgetrokken lijn (trendlijn, macht) verbindt de dynamiekgetallen welke voor één periode zijn berekend. Per periode worden meerdere dynamiekgetallen berekend. Hoe meer tijd tussen de lodingen zit, hoe meer de ontwikkelingen worden uitgevlakt en des te lager het dynamiekgetal berekend wordt.

West



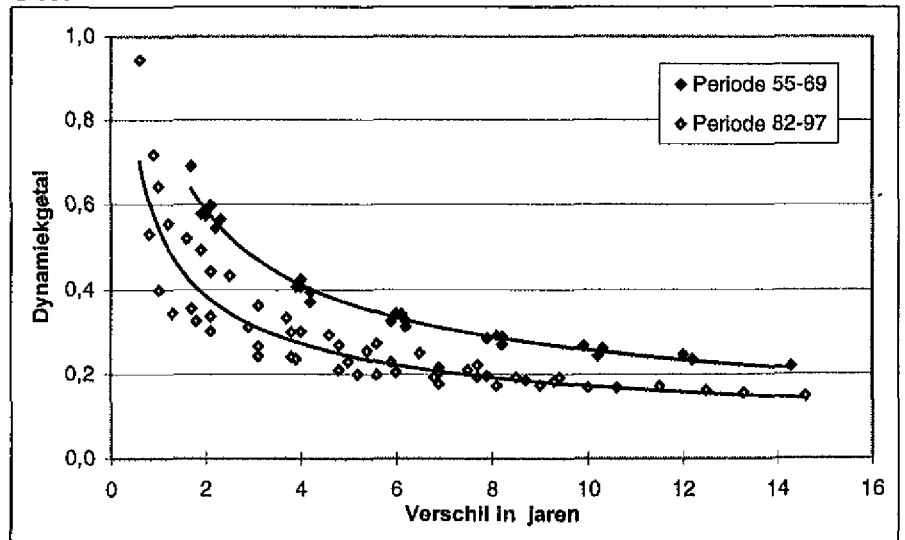
Figuur 4.15
Dynamiek getal Westerschelde west, perioden 55-69 en 82-97

Midden



Figuur 4.16
Dynamiekgetal Westerschelde midden, perioden 55-69 en 82-97

Oost



Figuur 4.17
Dynamiekgetal Westerschelde oost, perioden 55-69 en 82-97

4.7 Resume fysische (bodem)parameters Westerschelde 1985-1997

Het volume van de **geulen** in de Westerschelde (waterinhoud onder NAP -2m) neemt in zijn totaliteit toe. Deze inhoudstoename is het grootst in de hoofdgeul van het midden en oostelijk systeemdeel. Het areaal van de geulen neemt ook toe. Tot de verruiming 48'/43' komt er in het oosten van de Westerschelde gemiddeld per jaar ca. 1 procent geul bij.

De inhoud van de **platen** in de Westerschelde neemt per jaar gemiddeld met ca. 0,1 procent toe. Het areaal platen neemt echter met ca. 0,1 procent per jaar af, wat duidt op ophoging van de platen. Dit is het gevolg van voornamelijk ontwikkelingen in het middendeel van de Westerschelde.

Het areaal **ondiep water** in de Westerschelde neemt per jaar met gemiddeld ruim 1% af. Zowel in het midden als in het oosten is deze negatieve trend waarneembaar. In het westelijk deel zijn de arealen ondiep water voor de verruiming nauwelijks veranderd.

De laatste jaren (1994-1997) voor de verruiming was de Westerschelde **exporterend**. Dat wil zeggen dat er sediment richting de monding getransporteerd werd (gemiddeld $\pm 2 \text{ Mm}^3$).

Binnen het systeem vindt er hoofdzakelijk zandtransport van west naar oost plaats (alleen 1995 omgekeerd transport). Gemiddeld verplaatst er ca. $1,5 \text{ Mm}^3$ sediment naar het oostelijk deel van de Westerschelde.

De **dynamiek** in de gehele Westerschelde neemt af. In het oosten is deze afname van het dynamiekgetal het sterkst (33% bij vergelijking van perioden 55-69 en 82-97), in het westen is deze afname beperkt (12%).

In het oosten is na 1988 tot de verruiming ca. 100 ha **schor** verdwenen (14 ha/jr). In het westen en midden zijn de arealen vrijwel gelijk gebleven.

Het areaal **slik** neemt in dezelfde periode met ca. 100 ha af. In het oosten is er, echter als gevolg van afname van het areaal schor, slik bijgekomen (64 ha).



5 Literatuur

Boogaard, L.A., uit den, 1995. Resultaten zandbalans Westerschelde 1955-1993. IMAU R95-08.

Groenenberg, M., 1999. Monitoring van de effecten van de verruiming 48'-43'. Werkdocument met betrekking tot morfologie, periode 1997 en 1998. Project Monitoring Verruiming Westerschelde. Rapport behorende bij voortgangsrapportage april 1999 – rapport 3. Rijkswaterstaat Directie Zeeland, notitie NWL – 99.18.

Huijs, S.W.E., 1995. Geomorfologische ontwikkelingen van het intergetijdengebied in de Westerschelde 1935-1989. Universiteit Utrecht, Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen, Vakgroep Fysische Geografie, R 95-3.

Huijs, S.W.E., 2000. Zand in de hand. Beleidsplan zandwinning Westerschelde 2001-2011. Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Nota NWL-00.50.

Jong, J., de, G. Krijger, L. Nijse & S. Huijs, 1997. Beoordeling van de effecten van de verruiming 48'-43'. Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Project Monitoring Verruiming Westerschelde (MOVE), Plan van aanpak, rapport 2.

Jong, J.E.A., de, 2000. Zandbalans Westerschelde en monding, periode 1955-1999. Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Afdeling Morfologie Watersystemen (NWL), Notitie NWL-00.16.

Jong, S.A., de & A. van Kleef, 1996. Ontwikkelingen in de Westerschelde. Prognose voor de komende 25 jaar. Rijkswaterstaat Directie Zeeland/RIKZ, nota AX-96.009/ NWL-96.14/ RIKZ-96.006.

Jong, S.A. & J.H. Vroon, 1998. Milieuaspectenstudie Baggerspeciastort Westerschelde. Studie naar de effecten van het storten van specie, vrijkomend bij de 43/48 voet verruiming van de vaarweg in de Westerschelde. Rijkswaterstaat Directie Zeeland.

Mol, G.A.M., A.M. van Berchum & G.M. Krijger, 1997. De toestand van de Westerschelde aan het begin van de verruiming 48'/43'. Beschrijving van de trends in de fysische, biologische en chemische toestand. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, MOVE rapport 1, Rapport RIKZ-97.049.

Pluijm, A. M., van der & D.J. de Jong, 1998. Historisch overzicht schorareaal in zuidwest Nederland. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Werkdocument RIKZ/OS-98.860.

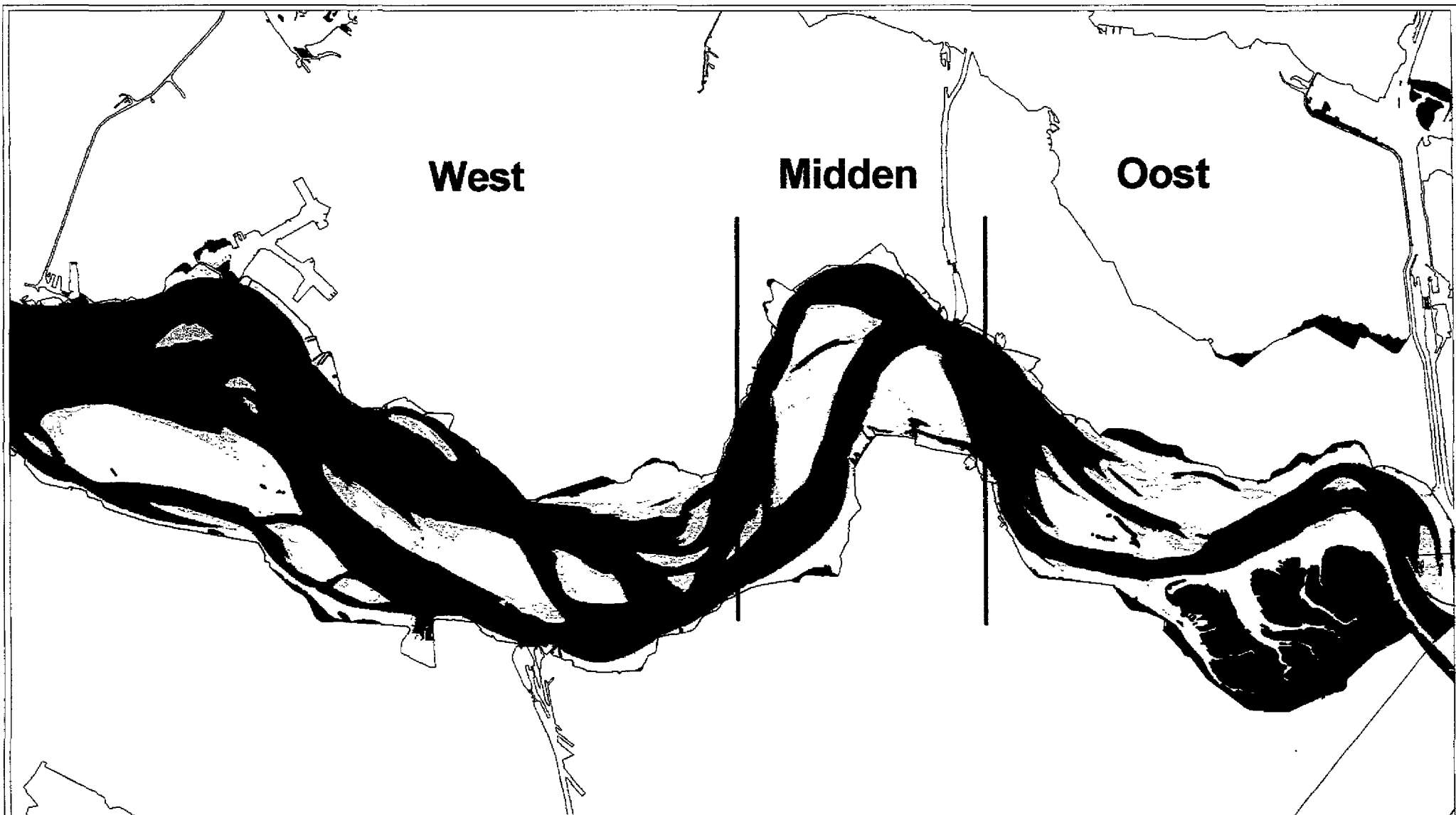
Sisternans, P.G.J., 1997. Verandering van de morfologische dynamiek van de Westerschelde sinds 1955. Een kwantitatieve analyse. Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Afdeling Rivierkunde (NWL), Notitie NWL-96.51.

Storm et al, 1994. Nauwkeurigheid zandbalans Westerschelde 1965-1990. RIKZ-94.008.

Svasek, 1999. Zandwinning Westerschelde. Svasek bv, 99472/1137.





Verbeek, H., F.T.G. Tank & M.D. Groenewoud, 1998. Drempels in de Westerschelde. Natuur en mens samen aan het werk. Rijkswaterstaat/Rijksinstituut voor Kust en Zee, Rapport RIKZ - 98.001.

Vroon, J., C. Storm, L.A. uit den Boogaard & J. Coosen, 1996. Habitat arealen in de Westerschelde. Veranderingen tussen 1960 en 1990 en een prognose voor de toestand na de komende verruiming. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, RIKZ/AB-96.815x.



**Westerschelde:
overzicht arealen geul,
ondiep water, plaat, slik
en schor**

Situatie 1996

-  Geul (<math>< NAP -5m</math>)
-  Ondiep water (>NAP -5m, < NAP -2m)
-  Plaat / Slik (> NAP -2m)
-  Schor (>50% bedekking)

Auteur : Edwin Parée
Afdeling : AXA Cluster Scheldevl
Datum : 6 mei 2002
Referentie : k:\user\p\par\arcview\echozenwv.apr



0 3 6 9 Kilometers

Schaal (A4) 1 : 175.000

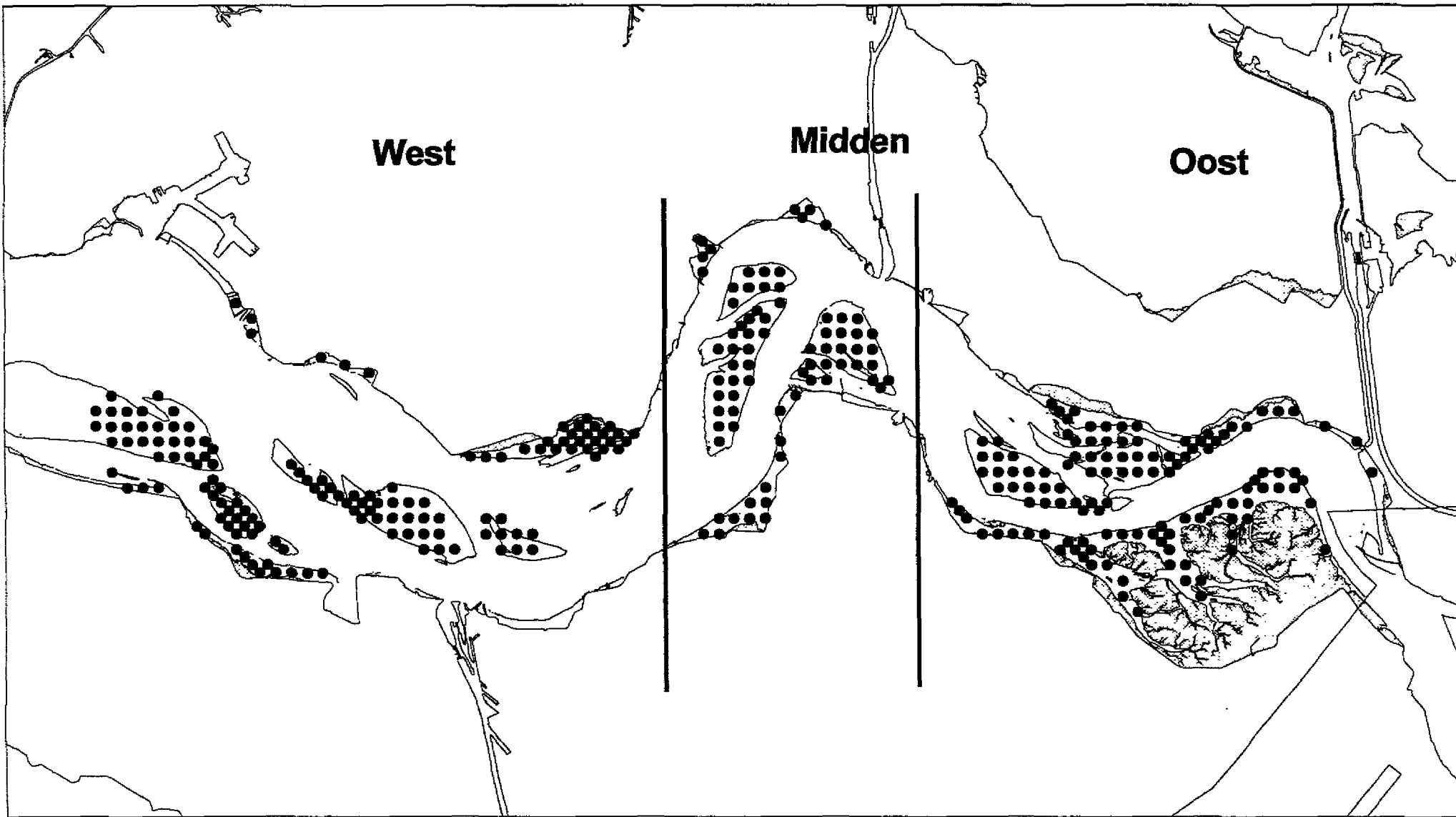
Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Diercke Zeeland
Kaartproductie: Edwin Parée



Bijlage 2: Totaal overzicht netto bagger- stort- en zandwinhoeveelheden in Mm³

Netto hoeveelheden in Mm³
1955-1996

Jaar	Baggeren Westerschelde				Storten Westerschelde				Import stort België	Onttrekkingen		Zandwinning		Overige Stortingen	Netto Ingrepen
	Oost	Midden	West	Totaal	Oost	Midden	West	Totaal		Ned.	Belg.	Handel	Overheid		
1955	3,7	0,0	0,0	3,7	3,6	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	-0,2
1956	3,3	0,0	0,0	3,3	3,2	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,5	0,0	-0,8
1957	3,2	0,0	0,0	3,2	3,1	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,2	1,2	0,0	-1,5
1958	3,5	0,0	0,0	3,5	3,5	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	-0,3
1959	3,4	0,0	0,0	3,4	3,3	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	-0,6
1960	3,7	0,0	0,0	3,7	3,6	0,0	0,0	3,6	0,1	0,0	0,1	0,1	0,6	0,0	-0,8
1961	4,1	0,0	0,0	4,1	4,1	0,0	0,0	4,1	0,1	0,0	0,1	0,1	1,2	0,0	-1,3
1962	4,8	0,0	0,0	4,8	4,8	0,0	0,0	4,8	0,0	0,0	0,1	0,1	1,3	0,0	-1,5
1963	4,6	0,0	0,0	4,6	4,5	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,2	0,5	0,0	-0,8
1964	5,1	0,0	0,0	5,1	5,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,6	0,0	-1,0
1965	4,0	0,0	0,0	4,0	3,6	0,2	0,0	3,7	0,1	0,1	0,3	0,2	2,5	0,0	-3,3
1966	3,2	0,0	0,0	3,2	2,5	0,1	0,0	2,6	0,0	0,1	0,4	0,3	3,0	0,0	-4,4
1967	4,0	0,0	0,0	4,0	4,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,3	3,0	0,0	-3,4
1968	4,7	0,0	0,0	4,7	3,2	0,0	0,0	3,2	0,0	0,3	1,3	0,4	0,9	0,0	-4,4
1969	3,8	0,0	3,0	6,8	2,4	2,4	0,2	5,0	0,0	1,1	0,8	0,7	4,3	0,0	-8,6
1970	5,8	0,0	0,8	6,6	3,5	0,7	0,0	4,2	0,3	2,1	0,5	0,6	1,8	0,0	-7,1
1971	5,1	0,0	1,6	6,7	3,3	0,8	0,8	4,9	0,0	0,5	1,4	0,6	1,2	0,0	-5,5
1972	5,2	0,0	2,3	7,5	2,8	1,0	1,2	5,0	0,1	0,2	2,3	0,9	1,4	0,0	-7,1
1973	7,7	0,0	1,2	8,9	5,2	0,0	1,2	6,4	0,0	0,0	2,5	0,7	2,9	0,0	-8,6
1974	7,3	0,0	3,0	10,3	5,6	0,4	2,5	8,5	0,0	0,1	1,7	0,9	1,7	0,0	-6,2
1975	9,0	0,8	2,4	12,3	5,7	2,5	1,4	9,6	0,1	0,1	2,7	1,1	1,2	0,0	-7,8
1976	11,0	0,0	1,8	12,8	6,8	1,2	1,6	9,7	0,1	0,0	3,2	1,1	1,9	0,0	-9,3
1977	8,2	0,1	0,5	8,8	5,3	1,8	0,5	7,6	0,8	0,0	2,0	0,9	2,7	0,0	-6,0
1978	8,2	0,3	2,5	10,9	5,4	2,4	2,6	10,4	1,1	0,0	1,6	1,4	1,8	0,0	-4,2
1979	10,4	0,2	1,2	11,8	5,2	4,0	1,5	10,6	0,8	0,0	2,0	1,6	0,4	0,0	-4,3
1980	9,4	0,3	1,2	10,9	4,2	2,5	3,3	10,0	0,3	0,0	1,2	1,5	1,1	0,0	-4,4
1981	9,0	0,0	0,9	9,8	5,2	1,9	2,5	9,6	0,3	0,0	0,5	1,3	0,0	0,0	-1,9
1982	7,4	2,9	0,7	11,0	5,9	3,3	1,8	11,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,2	-1,2
1983	5,6	0,5	1,0	7,1	4,1	1,6	2,1	7,8	0,7	0,0	0,0	1,5	2,3	0,0	-2,4
1984	6,9	0,0	1,0	7,9	5,4	0,9	1,8	8,1	0,4	0,0	0,1	1,5	2,0	1,7	-1,2
1985	7,7	0,4	1,4	9,5	5,4	2,4	1,9	9,7	0,4	0,0	0,2	1,6	1,4	0,5	-2,0
1986	9,5	0,4	0,8	10,7	7,4	2,3	1,0	10,6	0,9	1,0	0,0	1,7	1,8	0,0	-3,6
1987	10,2	0,1	0,4	10,8	6,8	2,6	1,0	10,4	0,1	0,0	0,5	1,7	0,2	2,7	0,0
1988	9,7	0,0	0,5	10,2	5,9	3,6	0,5	9,9	0,1	0,0	0,3	1,7	0,6	0,0	-2,7
1989	8,4	0,0	0,6	9,1	4,3	3,9	0,6	8,8	0,0	0,0	0,2	1,8	1,4	0,1	-3,6
1990	5,3	0,6	0,7	6,5	3,4	2,4	0,7	6,5	0,0	0,0	0,0	1,6	0,1	1,1	-0,7
1991	6,9	0,5	0,8	8,2	3,6	3,6	0,8	8,0	0,0	0,0	0,2	1,8	0,0	0,1	-2,0
1992	5,9	0,3	0,8	7,0	3,8	2,2	0,9	7,0	0,0	0,0	0,1	2,0	0,1	0,0	-2,1
1993	6,6	0,4	0,6	7,6	2,8	0,8	3,1	6,7	0,0	0,0	0,9	2,1	0,0	0,2	-3,7
1994	6,6	1,2	0,8	8,5	3,8	3,4	1,0	8,3	0,0	0,0	0,2	2,0	0,0	0,1	-2,4
1995	6,2	1,3	1,7	9,2	2,6	4,4	1,9	8,9	0,0	0,0	0,3	1,6	0,0	0,0	-2,2
1996	7,0	1,4	0,7	9,2	3,0	4,4	1,4	8,9	0,0	0,0	0,3	1,1	0,0	0,0	-1,7
totaal	265,4	11,7	34,9	312,0	180,9	63,8	39,9	284,6	6,8	5,7	28,5	40,8	47,9	6,8	-136,6



**Overzicht lokaties monsterpunten bodemsamenstelling
Intergetijdegebieden Westerschelde**

Auteur : Edwin Paré
 Afdeling : AXA Cluster Schelde
 Datum : 7 mei 2002
 Referentie : k:\user\paré\arcview\mch000.apr



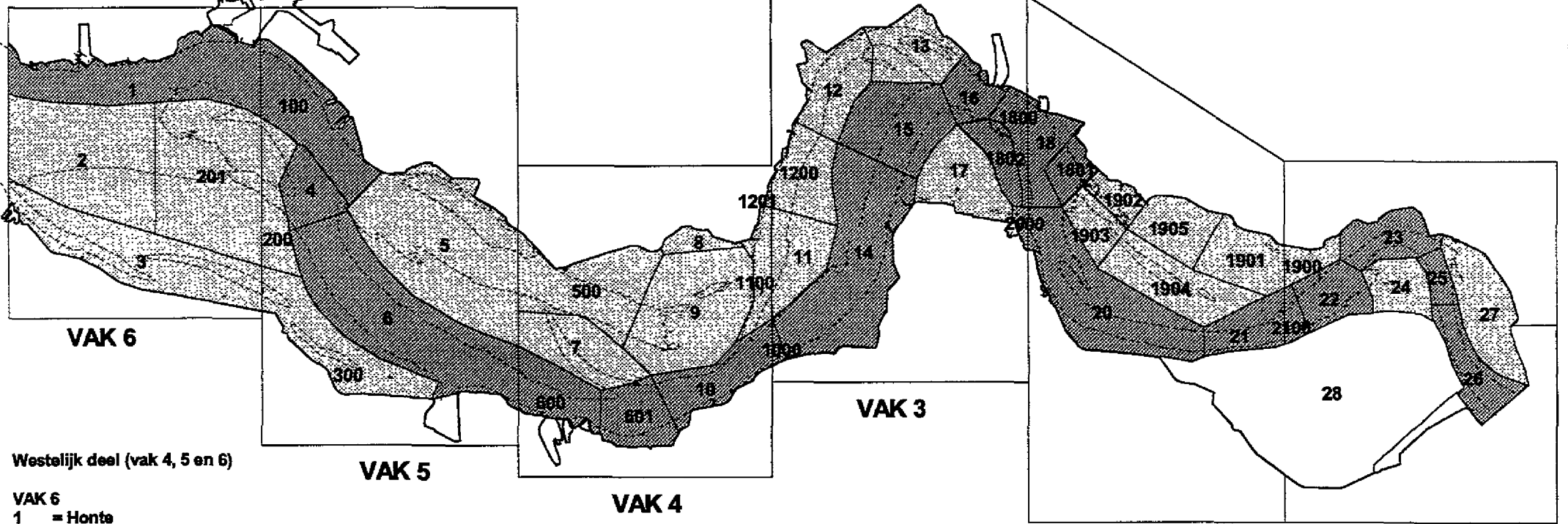
0 3 6 9 Kilometers

Schaal (A4) 1 : 175.000

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
 Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
 Directie Zeeland
 Kaartproductie: Edwin Paré



GEULSCHEMATISATIE WESTERSCHELDE MOVE (1998)



Westelijk deel (vak 4, 5 en 6)

VAK 6

- 1 = Honte
- 2 = Schaar van Spijkerplaat west
- 201 = Schaar van Spijkerplaat oost
- 3 = Vaarwater langs Hoofdplaat

VAK 5

- 100 = Honte
- 200 = Schaar van Spijkerplaat oost
- 300 = Vaarwater langs Hoofdplaat/Paulinapolder, Springergeul, Thomaesgeul
- 4 = Drempel van Borselle
- 5 = Everingen
- 6 = Pas van Terneuzen

VAK 4

- 500 = Everingen
- 600 = Pas van Terneuzen
- 601 = Drempel Pas van Terneuzen
- 7 = Zuid Everingen
- 8 = Boerengat
- 9 = Drempelgebied Everingen
- 10 = Gat van Ossensisse zuid
- 1100 = Pas van Baarland
- 1201 = Middelgat zuid

Middendeel (vak 3)

VAK 3

- 1000 = Gat van Ossensisse zuid
- 11 = Pas van Baarland
- 1200 = Middelgat zuid
- 12 = Middelgat midden
- 13 = Middelgat noord
- 14 = Gat van Ossensisse noord
- 15 = Overloop van Hansweert
- 16 = Put van Hansweert
- 17 = Schaar van Ossensisse
- 1800 = Drempel van Hansweert midden
- 1802 = Drempel van Hansweert west
- 2000 = Zuidergat

Oostelijk deel (vak 1 en 2)

VAK 2

- 18 = Drempel van Hansweert midden
- 1801 = Drempel van Hansweert oost
- 1901 = Valkenissegebied: Zimmermangeul
- 1902 = Valkenissegebied: inloop Schaar van Waarde
- 1903 = Valkenissegebied: inloop Schaar van Valkenisse
- 1904 = Valkenissegebied: Schaar van Valkenisse
- 1905 = Valkenissegebied: Schaar van Waarde
- 20 = Zuidergat
- 21 = Overloop van Valkenisse

Oostelijk deel (vak 1 en 2)

VAK 1

- 1900 = Valkenissegebied: Zimmermangeul
- 2100 = Overloop van Valkenisse
- 22 = Drempel van Valkenisse
- 23 = Nauw van Bath
- 24 = Schaar van de Noord
- 25 = Drempel van Bath
- 26 = Vaarwater boven Bath
- 27 = Appelzak
- 28 = Saeftinge



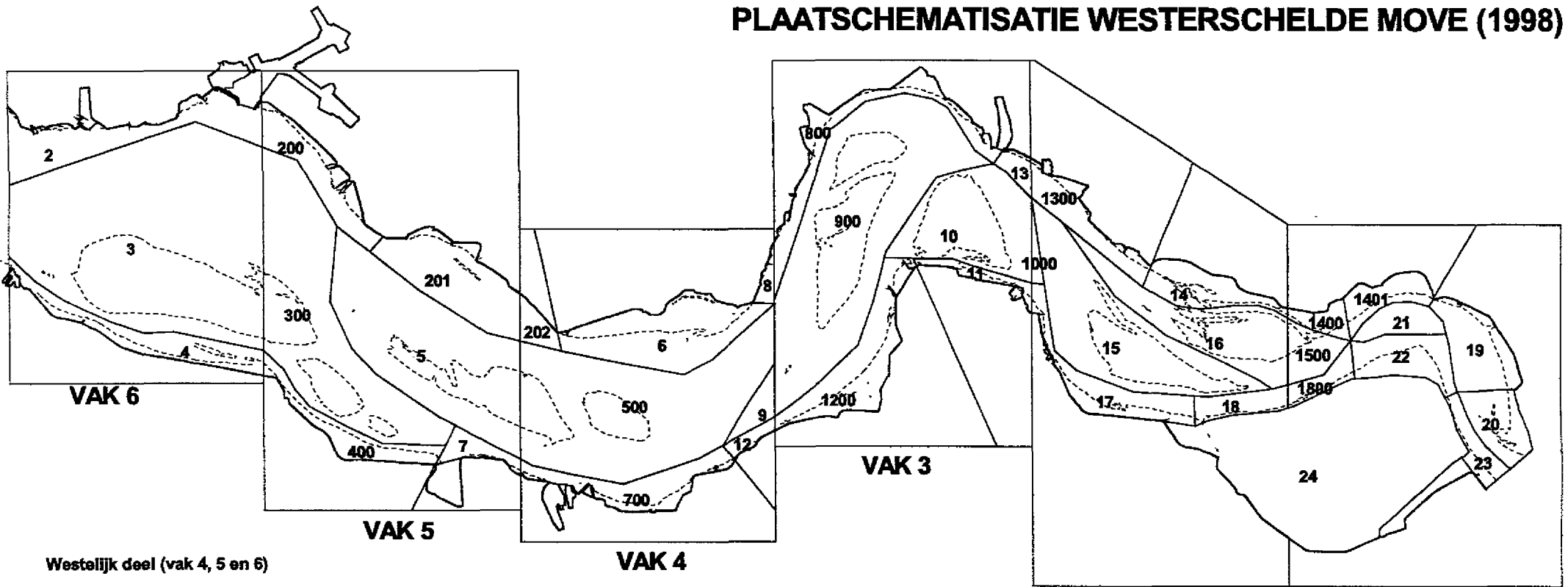
Nevengeul



Hoofdgeul

---- NAP -10m (2000)

PLAATSCHEMATISATIE WESTERSCHELDE MOVE (1998)



Westelijk deel (vak 4, 5 en 6)

VAK 6

- 2 = Slik/schor Vlissingen-Ellewoutsdijk west
- 3 = Hooge Platencomplex
- 4 = Slik/schor Breskens-Terneuzen

VAK 5

- 200 = Slik/schor Vlissingen-Ellewoutsdijk west
- 300 = Hooge Platencomplex
- 400 = Slik/schor Breskens-Terneuzen
- 5 = Middelpatencomplex
- 7 = Slik/schor Terneuzen-Hellegat
- 201 = Slik/schor Vlissingen-Ellewoutsdijk west

VAK 4

- 500 = Middelpatencomplex
- 6 = Slik/schor Ellewoutsdijk-Baarland
- 700 = Slik/schor Terneuzen-Hellegat
- 8 = Slik/schor Baarland-Hansweert
- 9 = Rug van Baarlandcomplex
- 12 = Slik/schor Hellegat-Knuitershoek
- 202 = Slik/schor Vlissingen-Ellewoutsdijk oost

Middendeel (vak 3)

VAK 3

- 800 = Slik/schor Baarland-Hansweert
- 900 = Rug van Baarlandcomplex
- 10 = Plaat van Ossensisse
- 11 = Slik/schor Knuitershoek-Perkpolder
- 1200 = Slik/schor Hellegat-Knuitershoek
- 13 = Slik/schor Hansweert-Waarde

Oostelijk deel (vak 1 en 2)

VAK 2

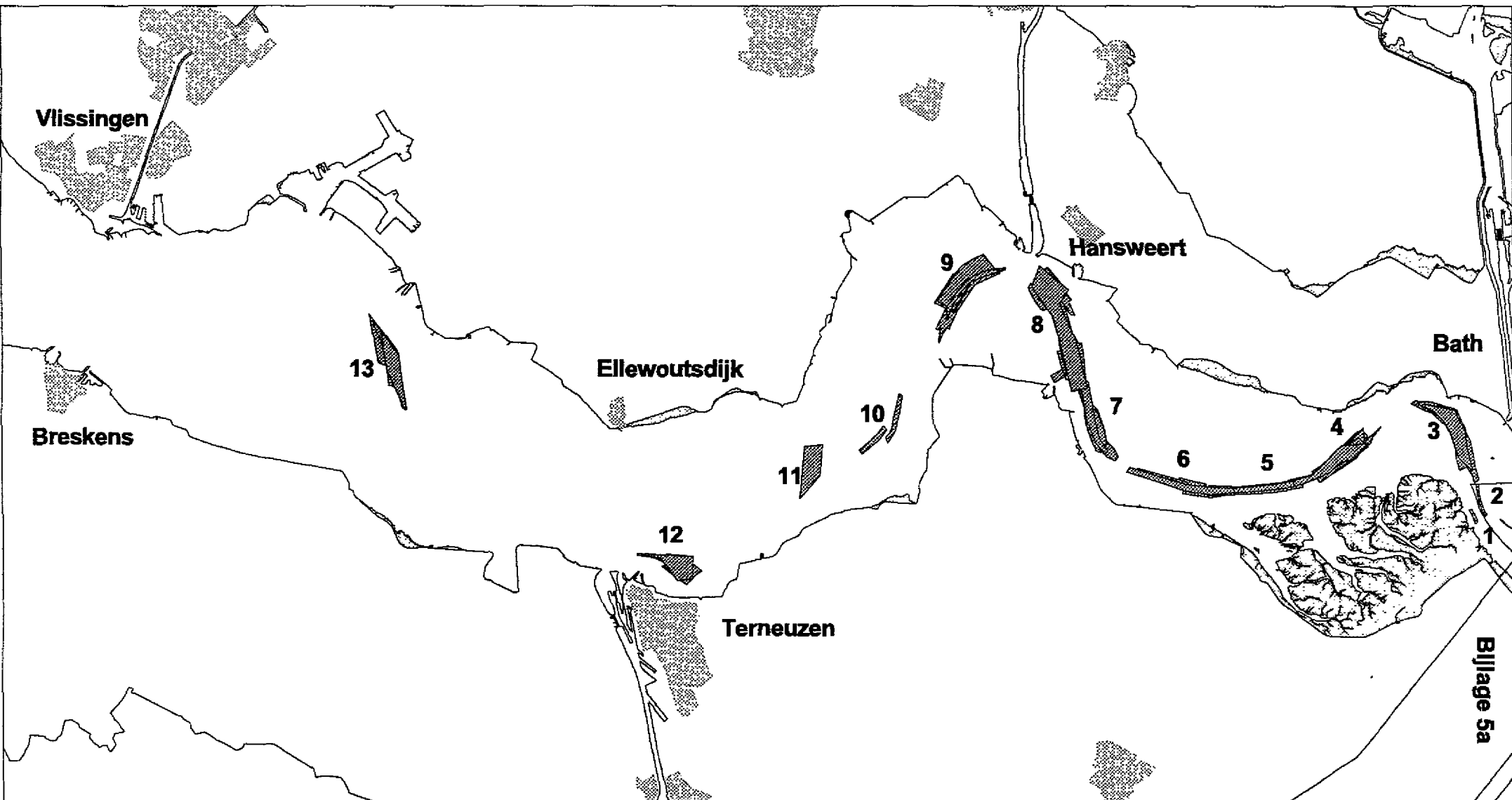
- 1000 = Plaat van Ossensisse
- 1300 = Slik/schor Hansweert-Waarde
- 14 = Slik/schor Waarde-Bath west
- 15 = Plaat van Valkenisse noord
- 16 = Plaat van Valkenisse zuid
- 17 = Slik/schor Perkpolder-Baalhoek
- 18 = Slik/schor Saeftinge-Baalhoek

Oostelijk deel (vak 1 en 2)

VAK 1

- 1400 = Slik/schor Waarde-Bath west
- 1401 = Slik/schor Waarde-Bath oost
- 1500 = Plaat van Valkenisse noord
- 1800 = Slik/schor Saeftinge west
- 19 = Slik/schor Bath-Ossendrecht (Ned.)
- 20 = Slik/schor Bath-Ossendrecht (Belg.)
- 21 = Saeftingeplaat
- 22 = Slik/schor Saeftinge radartoren
- 23 = Slik/schor Saeftinge oost
- 24 = Saeftinge





**Ligging gebruikte
baggerlocaties
Periode 1955 - 1996**

- | | |
|---------------------------------------|----------------------------|
| 1 = Zuid Saeffinge | 8 = Drempel van Hansweert |
| 2 = Vaarweg boven Bath + Ballastplaat | 9 = Overloop van Hansweert |
| 3 = Drempel van Bath | 10 = Plaat van Ossensisse |
| 4 = Drempel van Valkenisse | 11 = Drempel van Baarland |
| 5 = Overloop van Valkenisse | 12 = Put van Terneuzen |
| 6 = Plaat van Valkenisse | 13 = Drempel van Borssele |
| 7 = Plaat van Walsoorden | |

Auteur : Edwin Paré
 Afdeling : AXA, Cluster Schelde
 Datum : 24 juni 2002
 Referentie : k:\users\parel\arcview\kingrepen.apr

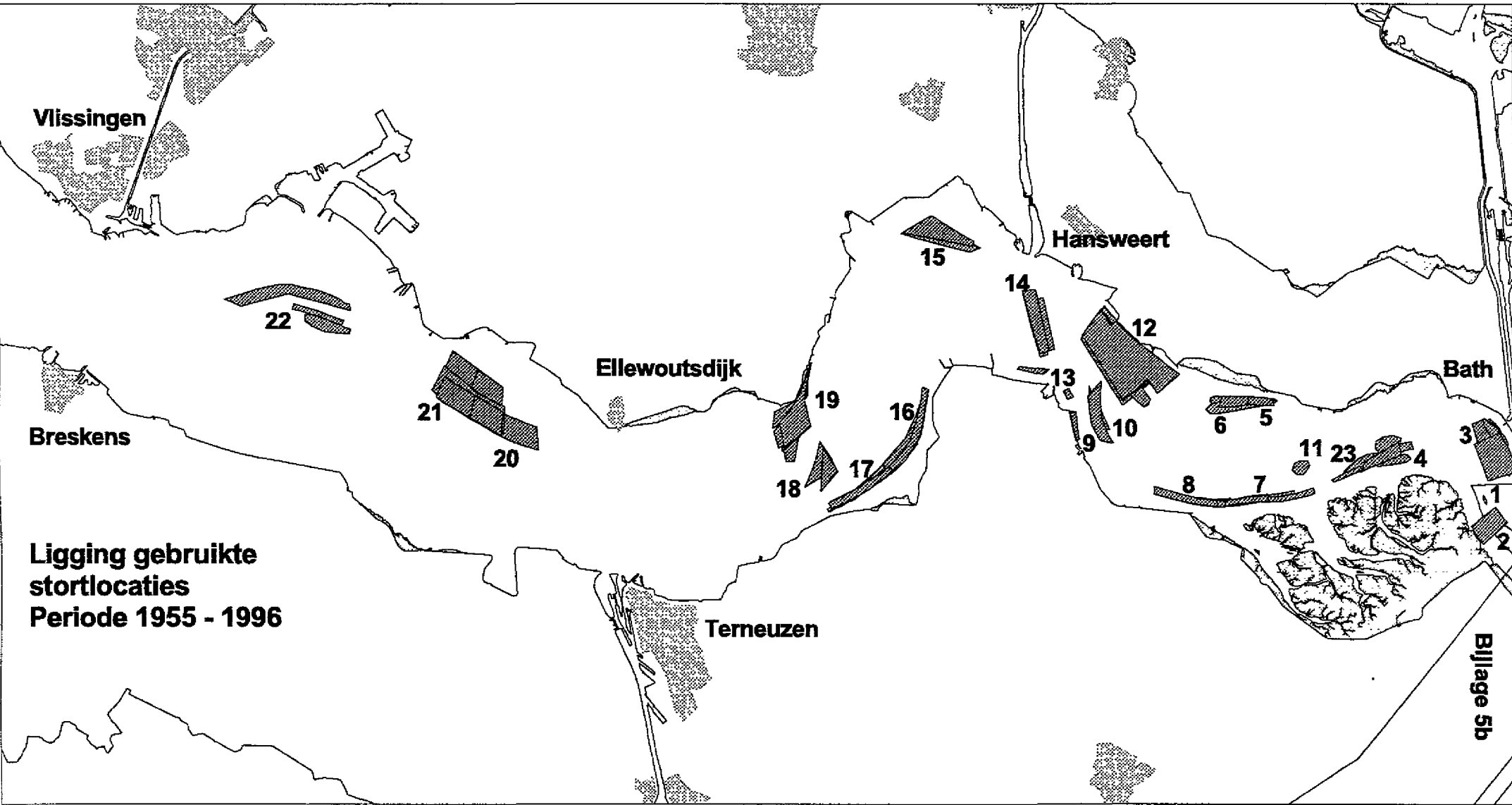


Schaal (A4) 1 : 175.000

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
 Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
 Directie Zeeland
 Kaartproductie: Edwin Paré



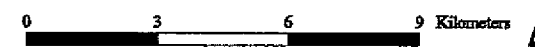
Bijlage 5a



**Ligging gebruikte stortlocaties
Periode 1955 - 1996**

- | | | |
|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| 1 = Leidam Ballastplaat | 10 = Schaar van Walsoorden | 19 = Ebschaar Everingen |
| 2 = Zinkers grens | 11 = Schaar van Valkenisse | 20 = Vloedschaar Everingen Eb |
| 3 = Appelzak | 12 = Schaar van Waarde | 21 = Vloedschaar Everingen Vloed |
| 4 = Schaar van de Noord | 13 = Perkpolder | 22 = Schaar van de Spijkerplaat |
| 5 = Zimmermangeul Eb | 14 = Plaat van Ossenisse | 23 = Marlemontsche Plaat |
| 6 = Zimmermangeul Vloed | 15 = Molenplaat | |
| 7 = Konijnenschor | 16 = Gat van Ossenisse Eb | |
| 8 = Baalhoek / Afw. boei63/boei63 | 17 = Gat van Ossenisse Vloed | |
| 9 = Slikken van Walsoorden | 18 = Rug van Baarland | |

Auteur : Edwin Paré
 Afdeling : AXA, Cluster Scheldes
 Datum : 24 juni 2002
 Referentie : k:\users\parec\arcview\ingropon.apr



Schaal (A4) 1 : 175.000

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
 Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
 Directie Zee- en
 Kustproductie: Edwin Paré



Bijlage 5b