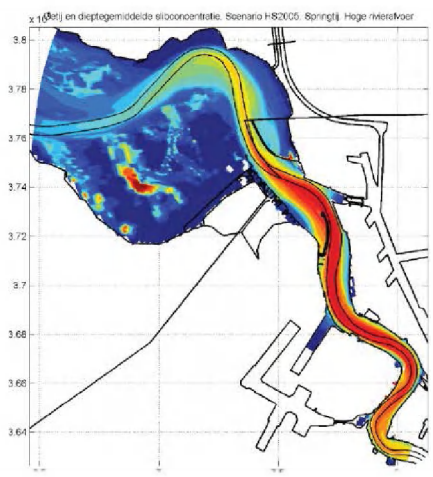
vlaams nederlandse Schelde commissie

departement Mobiliteit en Openbare Werken

Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Instandhouding vaarpassen Schelde
Milieuvergunningen terugstorten baggerspecie



LTV – Veiligheid en Toegankelijkheid
Ontwikkeling mesoschaal Westerschelde (factsheets)

Basisrapport kleinschalige ontwikkeling K-16

01 oktober 2013

IMDC International Marine & Dredging Consultants · Deltares Enabling Delta Life · SVASEK HYDRAULICS Coastal, Harbour and River Consultants · ARCADIS Infrastructuur · Water · Milieu · Gebouwen

Colofon

International Marine & Dredging Consultants

Adres: Coveliersstraat 15, 2600 Antwerpen, België

☎: + 32 3 270 92 95

🗐: + 32 3 235 67 11

Email: info@imdc.be

Website: www.imdc.be

Deltares

Adres: Rotterdamseweg 185, 2600 MH Delft, Nederland

☎: + 31 (0)88 335 8273

🗐: +31 (0)88 335 8582

Email: info@deltares.nl

Website: www.deltares.nl

Svašek Hydraulics BV

Adres: Schiehaven 13G, 3024 EC Rotterdam, Nederland

☎: +31 10 467 13 61

🗐: +31 10 467 45 59

Email: info@svasek.com

Website: www.svasek.com

ARCADIS Nederland BV

Adres: Nieuwe Stationsstraat 10, 6811 KS Arnhem, Nederland

☎: +31 (0)26 377 89 11

🗐: +31 (0)26 377 85 60

Email: info@arcadis.nl

Website: www.arcadis.nl

Document Identificatie

Titel	Ontwikkeling mesoschaal Westerschelde (factsheets)
Project	Instandhouding vaarpassen Schelde Milieuvergunningen terugstorten baggerspecie
Opdrachtgever	Afdeling Maritieme Toegang - Tavernierkaai 3 - 2000 Antwerpen
Bestek nummer	16EF/2010/14
Documentref	I/RA/11387/13.083/GVH
Documentnaam	K:\PROJECTS\11\11387 - Instandhouding Vaarpassen Schelde\10-Rap\Op te leveren rapporten\Oplevering 2013.10.01\K-16 - Ontwikkeling mesoschaal Westerschelde (factsheets)_v2.0.docx

Revisies / Goedkeuring

Versie	Datum	Omschrijving	Auteur	Nazicht	Goedgekeurd
1.0	31/03/2013	Klaar voor revisie	J. Cleveringa	GVH	
2.0	01/10/2013	Finaal	J. Cleveringa	GVH	

Verdeellijst

1	Analoog	Youri Meersschaut
1	Digitaal	Youri Meersschaut

ONTWIKKELING MESOSCHAAL WESTERSCHELDE (FACTSHEETS)

PROJECT LTV VEILIGHEID EN TOEGANKELIJKHEID; LTV V&T-RAPPORT K-16

30 augustus 2013
: - Definitief
A2666.

ARCADIS

Inhoud

1 Inleiding ... 3
1.1 Doelstelling ... 3
1.2 Vragen van de beheerders ... 4
1.3 Ecologie en morfologie ... 4
1.4 Mesoschaal ... 4
1.5 Macrocellen, bochtgroepen en OMES compartimenten ... 7
1.6 Aanpak, gegevens en methoden ... 7

2 Macrocel 1: De Honte en de Spijkerplaat ... 10
2.1 Inleiding en gebiedsbeschrijving ... 10
2.2 Sleutelaspecten ... 11
2.3 Honte en de Schaar van Spijkerplaat ... 14
2.4 Het Sloegebied en Borselle (inclusief de Kaloot) ... 15
2.5 Westwaartse migratie Pas van Borssele ... 16
2.6 Samenhang met de monding, ingrepen en mesocel 2 ... 17
2.7 Verwachte ontwikkelingen in macrocel 1 in Samenhang met het beheer ... 20

3 Mesocel 2 Het Vaarwater onder de Hoofdplaat en de Hooge Platen ... 21
3.1 Inleiding en gebiedsbeschrijving ... 21
3.2 Sleutelaspecten ... 21
3.3 Hooge platen ... 22
3.4 Slikken en Schorren ... 24
3.5 Het Vaarwater langs Hoofdplaat ... 26
3.6 Kortsluitgeulen? ... 26
3.7 Samenhang met ingrepen en met andere bochtgroepen ... 28
3.8 Verwachte ontwikkelingen macrocel 2 in samenhang met het beheer ... 29

4 Macrocel 3 – Rondom de Middelplaat ... 30
4.1 Inleiding en gebiedsbeschrijving ... 30
4.2 Sleutelaspecten ... 31
4.3 Middelplaten ... 33
4.4 Kortsluitgeulen door de Middelplaat ... 35
4.5 Verplaatsing van de Everingen ... 37
4.6 Gat en Plaat van Borssele ... 38
4.7 Dynamiek op de drempel ... 41
4.8 Geul van Baarland, slikken en schorren ... 43
4.9 Samenhang met beheeringrepen en andere bochtgroepen ... 44
4.10 Verwachte ontwikkelingen macrocel 3 in samenhang met het beheer ... 45

5 Macrocel 4 – Rondom de Platen van Ossenisse ... 47
5.1 Inleiding en gebiedsbeschrijving ... 47
5.2 Sleutelaspecten ... 48
5.3 Rolwisseling Middelgat en Overloop van Hansweert ... 49
5.4 Sedimentatie Middelgat ... 50

5.5 Tweezijdig uitruimen Overloop van Hansweert ... 53
5.6 Hoger worden van de platen van Ossenisse-west ... 55
5.7 Opvullen kortsluitgeulen ... 57
5.8 Hoger worden van de platen van Ossenisse-oost ... 58
5.9 Relatief stabiele slikken en schorren ... 62
5.10 Samenhang met beheeringrepen en andere bochtgroepen ... 65
5.11 Verwachte ontwikkelingen macrocel 4 in samenhang met het beheer ... 68

6 Macrocel 5 – Rondom de Platen van Valkenisse ... 70
6.1 Inleiding en gebiedsbeschrijving ... 70
6.2 Sleutelaspecten ... 71
6.3 De hoofdgeul wordt groter ... 72
6.4 Hogere platen ... 76
6.5 Dynamiek van de scharen en het einde van de Zimmerman geul ... 80
6.6 Slikken en schorren ... 82
6.7 Samenhang met Beheeringrepen en andere bochtgroepen ... 85
6.8 Verwachte ontwikkelingen macrocel 5 in samenhang met het beheer ... 86

7 Macrocellen 6 & 7 –Het nauw van Bath, de Pas van Rilland en het Verdronken land van Saeftinge 88
7.1 Inleiding en gebiedsbeschrijving ... 88
7.2 Sleutelaspecten ... 89
7.3 De hoofdgeul wordt groter ... 91
7.4 Schaar van de Noord ... 94
7.5 Appelzak en de stroomgeleidingsdam ... 96
7.6 Slikken en schorren bij Bath ... 96
7.7 Het Land van Saeftinghe ... 98
7.8 Samenhang met beheeringrepen en andere bochtgroepen ... 100
7.9 Verwachte ontwikkelingen macrocel 6 en 7 in samenhang met het beheer ... 103

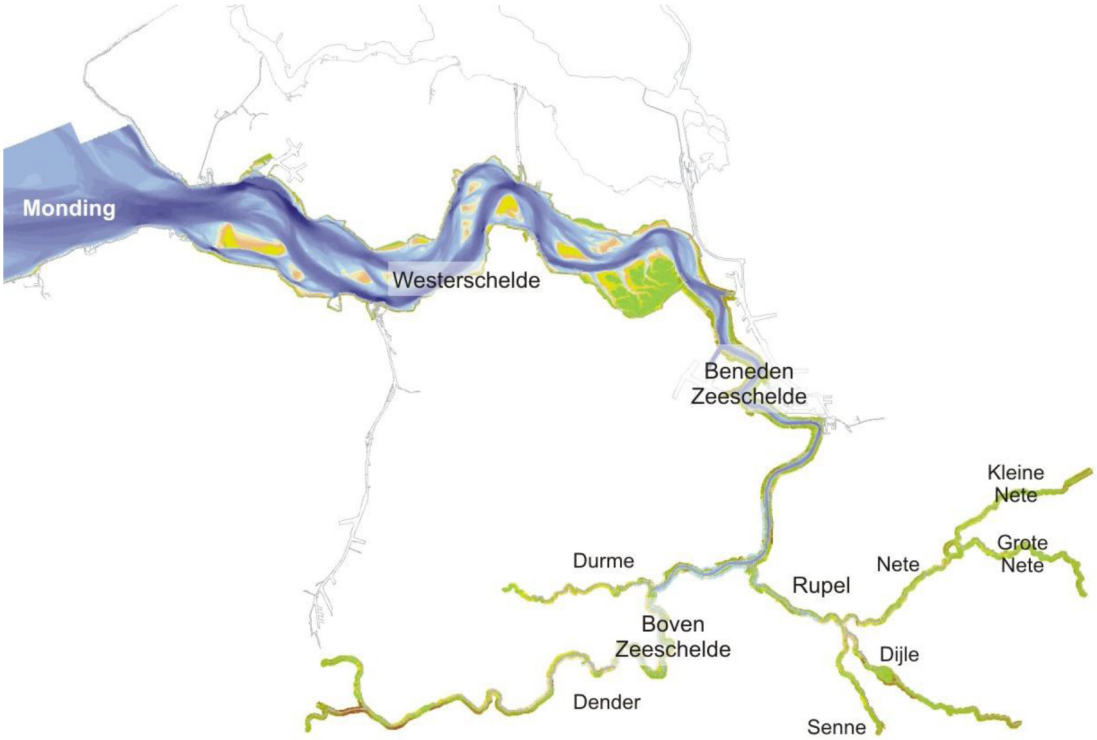
8 Referenties ... 104

Bijlage 1 Aanvullende waarnemingen Middelgat ... 107
8.1 Inleiding ... 107
8.2 Kaartbeelden ... 107
8.3 Dwarsdoorsneden ... 110
8.4 Ingrepen en ophangpunten ... 115
8.5 Trends in het volume ... 118

1 Inleiding

1.1 DOELSTELLING

Dit rapport is opgesteld in het kader van programma LTV Veiligheid en Toegankelijkheid en is gericht op het beantwoorden van vragen vanuit Toegankelijkheid in combinatie met Natuurlijkheid. In de factsheets wordt in beeld gebracht welke morfologische veranderingen en ontwikkeling van de ecotopen zich afspelen in het Schelde estuarium (figuur 1.1). De beschrijving is gericht op de mesoschaal en uit de beschrijving van de ontwikkelingen en de interpretatie daarvan blijkt welke morfologische en ecologische ontwikkelingen spelen. Deze beschrijving en interpretatie vormen, in samenhang met de kennis van de fysische processen en de al uitgevoerde ingrepen, de basis voor mogelijke toekomstige beheeringrepen.



Figuur 1.1 Overzichtskaart van het Schelde –estuarium.

1.2 VRAGEN VAN DE BEHEERDERS

Dit rapport geeft geen directe adviezen voor het beheer, maar levert basiskennis over de mesoschaal. Antwoorden op beheervragen worden gegeven in andere rapporten onder LTV Veiligheid en Toegankelijkheid. De volgende vragen van de beheerders zijn voor dit rapport het belangrijkst:

- Is het belangrijk om het principe van de macrocellen strikt te hanteren, of zou men hier in het licht van flexibel storten ook van moeten kunnen afwijken, waarbij het principe wel een uitgangspunt blijft (T3[1]).
- Zijn de huidige macrocellen geschikt in het kader van een volgende vergunning, of worden ze beter samengenomen (macrocel 1 + 3 en macrocel 4-7) zodat je kunt anticiperen op de overcapaciteit van macrocellen 3 en 5-7 (T4)?
- Wat is de draagkracht van het Schelde estuarium voor de planten en dieren die daar van nature thuishoren? Welke factoren hebben daar een negatieve invloed op (N1)?

1.3 ECOLOGIE EN MORFOLOGIE

Bovenstaande derde beheervraag heeft betrekking op de draagkracht van het estuarium voor planten en dieren. In dit rapport staat de morfologie, oftewel de vorm van het estuarium op de mesoschaal centraal. De morfologie is een van de abiotische factoren die medebepalend is voor de draagkracht van het estuarium. Denk bijvoorbeeld aan het areaal droogvallende platen en slikken, dat medebepalend is voor het aantal steltlopers dat op bodemdieren kan foerageren. Andere factoren die bepalen aan hoeveel steltlopers het Schelde-estuarium een leefomgeving kan bieden zijn de factoren die de soorten, het aantal en de biomassa van de bodemdieren bepalen. Een van deze factoren is de dynamiek van bodem (hoog- of laagdynamisch). Veel van de andere factoren die de draagkracht bepalen zijn niet of indirect gerelateerd aan de morfologie. Limitatie via bijvoorbeeld het voedsel, nutriënten of zuurstof kan ook bepalend zijn voor de draagkracht van (delen) van het estuarium. Deze factoren zullen niet worden geadresseerd in dit rapport. Wel zal worden stilgestaan bij de ontwikkeling van de arealen en ecotopen.

1.4 MESOSCHAAL

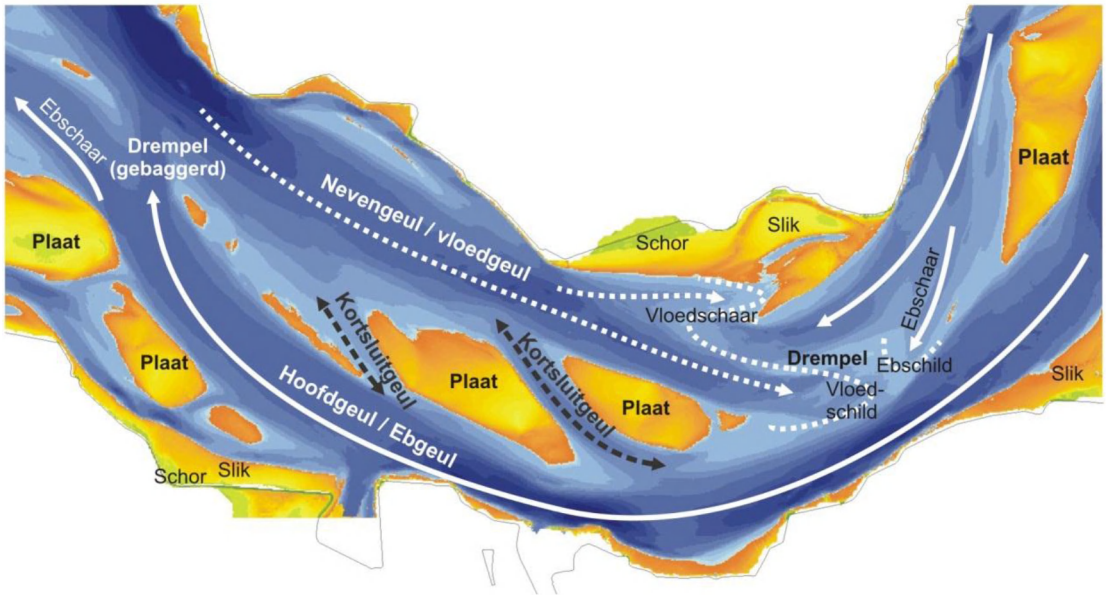
Dit rapport heeft als titel 'Ontwikkeling mesoschaal Westerschelde (factsheets)' en is gericht op de mesoschaal. Hieronder wordt verstaan de schaal van platen, slikken, schorren en geulen van Schelde-estuarium. In figuur 1.2 zijn in een kaart de mesoschaal elementen weergegeven. Deze schaalindeling is gebaseerd op de morfologische elementen (kust, getijdebekken, geul, ribbel) en niet op de morfologische dynamiek of de veranderingen. Het begrip mesoschaal morfologische elementen komt overeen met het begrip 'meso-scale features', zoals gehanteerd door Hibma (2004) . De keuze voor de analyse van de mesoschaal morfologische elementen is gekoppeld aan het belang van de platen, slikken, schorren en ondiepwater voor de natuurwaarden van het estuarium. De morfologische ontwikkelingen op deze schaal zijn mede bepalend voor de veranderingen in de natuur. Hieronder worden de mesoschaal-elementen beschreven (gebaseerd op Cleveringa, 2008).

Platen

De platen zijn de intergetijdengebieden in het Schelde-estuarium die worden omgeven door water. Tegenwoordig worden alleen in de Westerschelde platen aangetroffen. De platen zijn hoger dan gemiddeld laagwater bij springtij (GLWS), zodat ze ten minste gedurende een deel van de tijd droogvallen. In de Westerschelde wordt een onderscheid gemaakt in hoog- en laagdynamische delen van

[1] De beheervragen hebben een nummering die afkomstig is uit de oplegnota.

de platen[2]. Op laagdynamische platen stroomt het water op en af zonder grote stroomsnelheden te bereiken en is de omwerking van de bodem door fysische processen beperkt. In de Westerschelde liggen verschillende platen en delen van platen waar tijdens hoog water het water met grote snelheid overheen stroomt. Tijdens laagwater zijn de grote ribbels op deze platen hiervan getuige. Door de hoge stroomsnelheden wordt op deze platen minder of geen slib afgezet, zodat de bodem voornamelijk uit relatief grof zand bestaat. Deze hoogdynamische delen van de platen liggen vrijwel altijd naast of in het verlengde van de getijdengeulen.



Figuur 1.2 Mesoschaal morfologische elementen.

Slikken

Onbegroeide intergetijdengebieden die aan de oever liggen worden in Zeeland 'slikken' genoemd, bij de Zeeschelde wordt gesproken over het 'tidaal'. Op de meeste slikken stroomt het water op en af zonder hoge stroomsnelheden te bereiken, hoewel op sommige slikken direct naast de geul hoogdynamische delen worden aangetroffen. Op de slikken worden geen grote bodemvormen gevormd, waardoor deze relatief vlak zijn. De lage stroomsnelheden bieden de mogelijkheid voor het afzetten van fijn sediment, inclusief slib.

Schorren

Schorren zijn de begroeide, hoger gelegen delen in het Schelde-estuarium. Hoger betekent in dit geval in de hoogste zones van het intergetijdengebied en in het gebied boven gemiddeld hoogwater (supralitoraal). De meeste schorren liggen tegen de dijken en hebben een voorland van slikken. In de Zeeschelde zijn veel schorren voorzien van een bescherming (steenbestorting). Tegenwoordig wordt ook op de Hooge plaat, de Plaat van Ossenisse-oost en de Plaat van Walsoorden begroeiing aangetroffen, zodat deze delen worden geclassificeerd als schor. De samenstelling van de vegetatie volgt enerzijds de hoogtegradiënt binnen de schorren en anderzijds de gradiënt in saliniteit, van zout in monding, naar zoet in de Boven-Zeeschelde n in de zijrivieren.

[2] Bij de geomorfologische kartering van de Westerschelde wordt naast de gesteldheid van de bodem ook de aan- of afwezigheid van bodemdieren betrokken in de classificatie. (persoonlijke communicatie Dick de Jong).

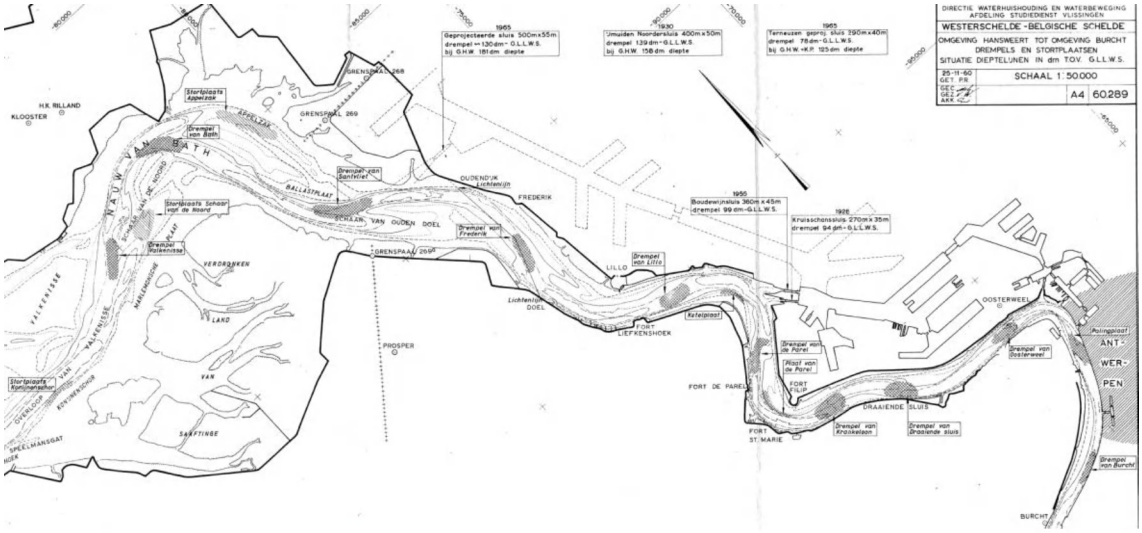
Getijdegeulen

Geulen zijn de diep ingesneden delen van het Schelde-estuarium, die veelal via een relatief steile geuldwarsdoorsnede overgaan in de aangrenzende platen, slikken en schorren. De getijdengeulen worden in stand gehouden door de getijdenstroming. Door de getijdenstroming is de bodem van de geulen dynamisch. Afhankelijk van de stroomsnelheden is meer of minder sediment in beweging en ontstaan en verplaatsen megaribbels. In het meergeulenstelsel van de Westerschelde wordt in de meeste gevallen de geul gedomineerd door één overheersende stroomrichting en dan wordt gesproken van een eb- of vloedgeul. In de huidige situatie is in de Westerschelde sprake van één doorgaande grote geul die de hoofdgeul wordt genoemd. Vanwege de overheersende ebstroming in de hoofdgeul is dit een ebgeul. De hoofdgeul slingert met grote bochten door de Westerschelde. Per bocht van de hoofdgeul ligt er in de binnenbocht ten minste één geul die min of meer parallel loopt aan de hoofdgeul, dit is de nevengeul. De combinatie van hoofdgeul en nevengeul vormt een bochtgroep, die macrocellen worden genoemd (bijvoorbeeld in Winterwerp et al, 2000). Vrijwel alle nevengeulen hebben een overheersende stroming in de vloedrichting en er wordt daarom ook wel van vloedgeulen gesproken.

De ondiepe delen van de geulen vormen een deel van het areaal ondiepwater. In de Westerschelde wordt onder ondiepwater het bereik van NAP –5 meter tot NAP –2 meter verstaan. In de Zeeschelde wordt ondiepwater gedefinieerd van de gemiddelde laagwaterlijn tot 2 m daaronder (van Braeckel, 2006).

Drempels

De drempels in het Schelde-estuarium zijn de van nature relatief ondiepe gebieden in de geulen. In figuur 1.2 is de drempel van de Everingen weergegeven, met daarin het patroon van geulen, en ondiepten. De nevengeulen vertakken op deze drempel in verschillende kleine geulen die scharen worden genoemd. Afhankelijk van de richting van de scharen wordt over vloed- dan wel ebscharen gesproken.
In de huidige situatie zijn de drempelgebieden in de hoofdgeul de plekken waar de grootste baggerinspanning voor het vaarwegbeheer plaatsvindt. In de Zeeschelde lagen deze drempels veelal in de overgangen van de bochten (figuur 1.3). In de Westerschelde liggen de drempelgebieden op de plekken waar de hoofd- en de nevengeul elkaar tegenkomen (zie bijvoorbeeld Verbeek et al, 1998 en Jeuken, 2000).



Figuur 1.3 Drempels in de oostelijke helft van de Westerschelde en de Beneden Zeeschelde in 1961 (Groot, 1960)

Eb- en vloedscharen

Eb- en vloedscharen zijn kenmerkende morfologische elementen in alle getijdengebieden met geulen en platen (Van Veen, 1950, Van Straaten, 1964). Een schaar bestaat uit een geul die steeds smaller en ondieper

wordt, meestal omgeven door een schildvormige ondiepte (figuur 1.2). Scharen eindigen in een drempel wanneer eb- en vloedscharen elkaar ontmoeten. Andere scharen lopen uit in een plaat. De richting waarin de schaar ondieper wordt, geeft de hoofdrichting van de stroming en de sedimenttransporten aan. Eb- en vloedscharen zijn de meest dynamische onderdelen van de Westerschelde, ze ontstaan en verdwijnen met een frequentie van tien tot tientallen jaren. Een deel van het areaal ondiepwater in de Westerschelde bestaat uit eb- en vloedscharen en hun drempels. De eb- en vloedscharen worden ook wel (drempel)kortsluitgeulen genoemd ('bar channels', Jeuken, 2000). In dit rapport reserveren we het woord kortsluitgeul voor de geulen die dwars door de platen steken ('cross channels', Jeuken, 2000).

Kortsluitgeulen

Kortsluitgeulen zijn de getijdengeulen die een verbinding vormen tussen de hoofdgeul en de nevengeul, dwars door een plaatcomplex (van den Berg e.a., 1996; Swinkels, 2009). Kortsluitgeulen zijn kleiner dan de hoofd- en nevengeulen, in termen van doorstroomoppervlak en maximale diepte. Kortsluitgeulen zijn dynamische onderdelen met over het algemeen hoge verplaatsingssnelheden (in de richting dwars op de geul). Een deel van het areaal ondiepwater in de Westerschelde bestaat uit (de ondiepe delen van de) kortsluitgeulen.

1.5 MACROCELLEN, BOCHTGROEPEN EN OMES COMPARTIMENTEN

De mesoschaal is een ordeniveau kleiner dan de macrocellen van de Westerschelde (zie bijvoorbeeld Jeuken & Wang, 2010 voor een beschrijving van het cellenconcept). In de Westerschelde vormen de macrocellen een logische structuur voor de beschrijving en analyse van de ontwikkelingen van de morfologische elementen op mesoschaal. Voor de Zeeschelde en de zijrivieren is een macroschaal indeling minder vanzelfsprekend. De (hoofdstuk) indeling die hiervoor in het voorliggende rapport is gehanteerd combineert een aantal OMES-compartimenten (figuur 1.4). De OMES-compartimenten zelf zijn ontleend aan de modellering van de water- en nutriëntenhuishouding en de productiviteit met het MOSES –model (Soetaert & Herman, 1995).

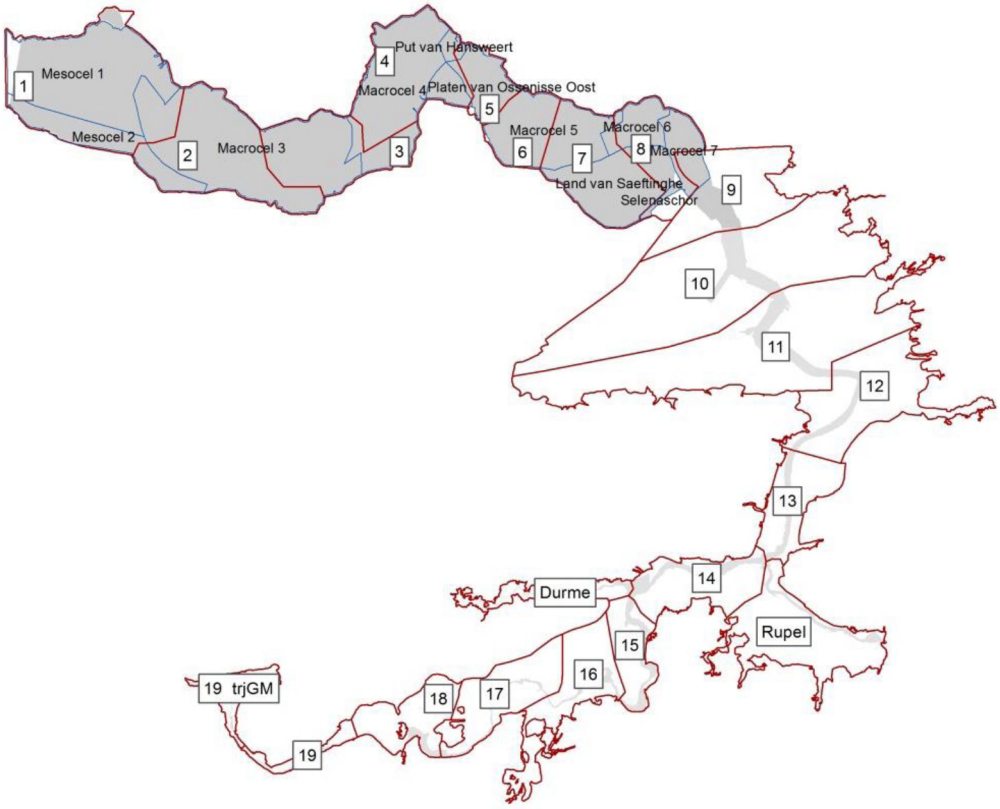
1.6 AANPAK, GEGEVENS EN METHODEN

Dit rapport geeft een beschrijving van de toestand van het Schelde-estuarium, op basis van de gegevens van de bodemligging, ingrepen en ecotopen en met gebruikmaking van bestaande en lopende studies. Het is daarmee een fenomenologische aanpak. Daar waar mogelijk en noodzakelijk zijn voorspellingen gedaan op basis van de extrapolatie van trends.
De beschrijving is niet volledig, daarvoor is het onderwerp te veelomvattend, is dusdanig veel informatie en gegevens beschikbaar op het vlak van de morfologie van het Schelde-estuarium en is ook het aanbod van bestaande en lopende studies zo uitgebreid dat dit niet realiseerbaar zou zijn. Getracht is om een selectie van waarnemingen en ontwikkelingen te presenteren waarmee het beheer van het estuarium op dit moment gebaat is.

De gegevens waarvan gebruikt gemaakt is bestaan uit:

- De bodemligging van de Westerschelde voor de periode 1955-2010, in de vorm van 20 m x 20 m grids, met de hoogte ten opzichte van NAP. Deze bestanden zijn gebaseerd op de vaklodingen die door Rijkswaterstaat zijn uitgevoerd (een beschrijving van uitgevoerde metingen tot en met de totstandkoming van de bestanden is te vinden in LTV V&T, 2013a).
- De bodemligging van de Zeeschelde en de getijrivieren, in de vorm van grids, met de hoogte ten opzichte van TAW.
- De bodemligging van de Westerschelde in enkele jaren uit de periode van 1818-1955.
- Ecotopenkaarten van de Westerschelde.

- De Rijkswaterstaat Zandbalans[3] met de sedimentvolumes en arealen per rekenvak, macrocel en hoofd- en nevengeul, onder vaste referentieniveaus (NAP -5, -2 en +3,5 m). Figuur 1.5 geeft de vakindeling van de zandbalans weer. In de Rijkswaterstaat Zandbalans zijn ook de ingreepvolumes (baggeren, storten, zandwinning en wrakopruiming) opgenomen.



Figuur 1.4 Macrocellen (blauw) en OMES-compartimenten in het Schelde-estuarium.

Methoden

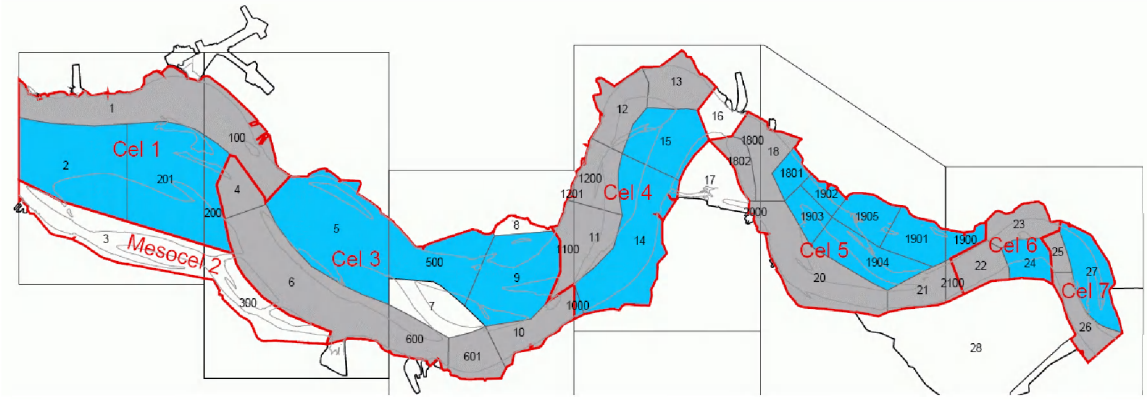
De ontwikkeling van de bodemligging is geanalyseerd door gebruik te maken van opeenvolgende kaarten (in oudere studies wel aangeduid als 'films', tegenwoordig in de vorm van animaties) van deelgebieden. Ook is gebruik gemaakt van verschilkaarten en van persistentiekaarten (Cleveringa, 2008). Afhankelijk van het onderwerp (ontwikkeling van intergetijdegebied, kortsluitgeulen, platen) is gekozen voor kaartlegenda's waarmee de betreffende veranderingen duidelijk zichtbaar worden.

Naast kaarten, die een bovenaanzicht geven van de ontwikkelingen, is veel gebruik gemaakt van dwarsdoorsneden. De dwarsdoorsneden zijn ook gebruikt om doorstroomoppervlaktes te berekenen.

De bodemligginggegevens zijn ook gebruikt om watervolumes en sedimentvolumes te berekenen (kuberingen), evenals arealen.

[3] De Rijkswaterstaat Zandbalans is feitelijk een volumebalans of sedimentbalans, de gebruikte gegevens in de balans maken geen onderscheid in de sedimentsamenstelling.

Ter illustratie zijn de e ecotopenkaarten van iedere macrocel weergegeven, deze zijn niet gebruikt voor het uitvoeren van analyses.

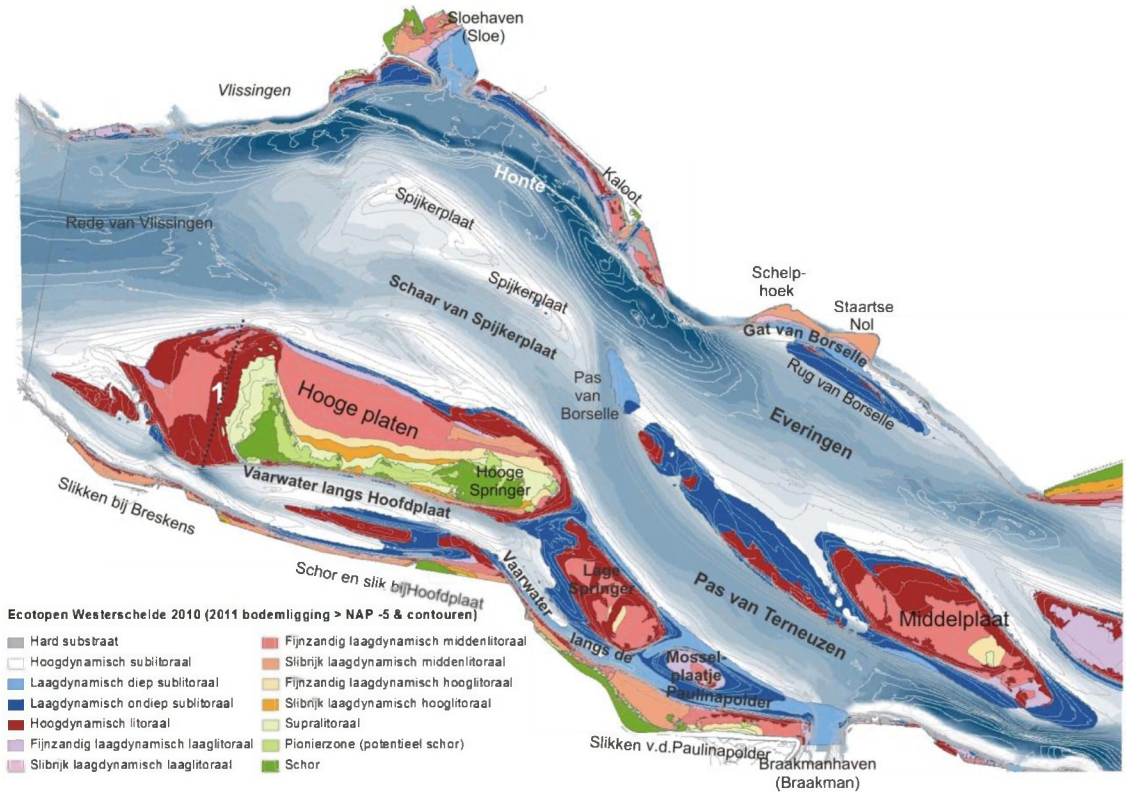


Figuur 1.5 Overzichtskaart van macro- en mesocellen in de Westerschelde, met inbegrip van de vakken (rood) die niet in de macrocellen zijn opgenomen.

2 Macrocel 1: De Honte en de Spijkerplaat

2.1 INLEIDING EN GEBIEDSBESCHRIJVING

Macrocel 1 aan de westzijde van de Westerschelde omvat de hoofdgeul de Honte en de nevengeul de Schaar van de Spijkerplaat, zoals aangeven in figuur 2.1. Deze geulen omsluiten het platencomplex van de Spijkerplaat.



Figuur 2.1 Overzichtskaart met de ecotopen (Bouma e.a., 2005) van het gebied rond de Honte en de Hooge Platen (macrocel 1 en 2), met de in het rapport gebruikte namen.

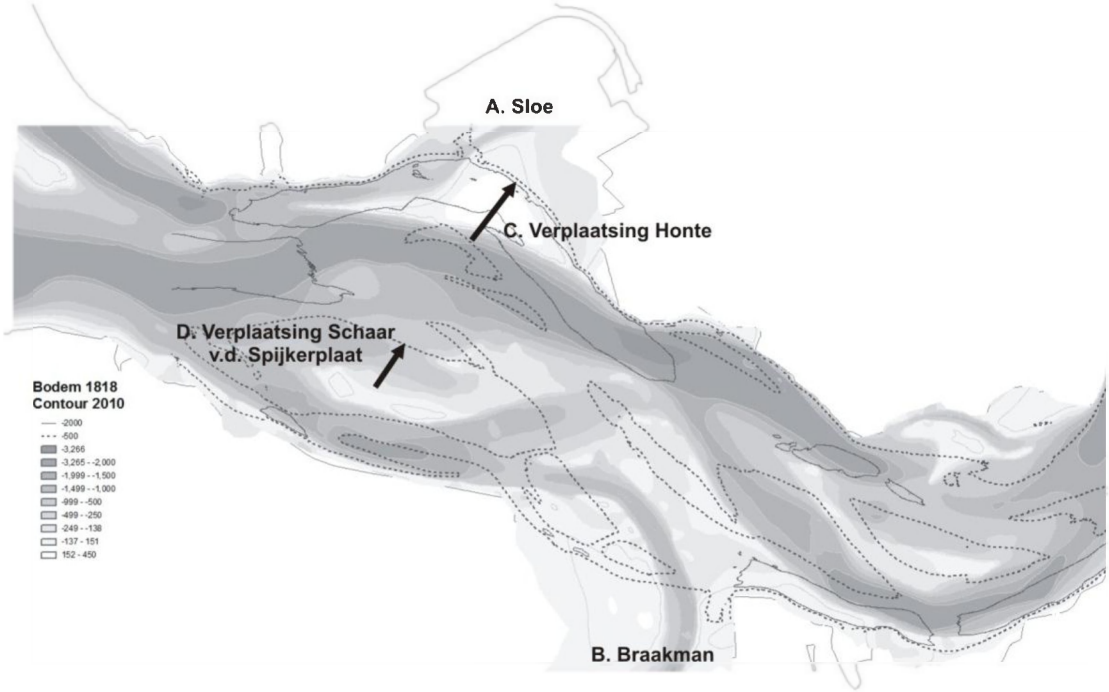
Aan de Noordzijde van de Honte ligt de Sloehaven met de Kaloot, het enige strand en duingebied dat onderdeel is van de Westerschelde. Aan de zuidzijde van macrocel 1 ligt de Hooge Plaat, de grootste aaneengesloten plaat van de Westerschelde. Ten zuiden van de Hooge Plaat ligt mesocel 2. Ten westen van macrocel 1 gaat de Westerschelde over in de monding, aan de oostzijde gaat de macrocel over in

macrocel 3. De geul die van de monding naar Macrocel 1 loopt is de Rede van Vlissingen. Tussen de Rede van Vlissingen en de Honte ligt een relatief diepe drempel. Tussen de Honte en de hoofdgeul 'Pas van Terneuzen' in macrocel 3 ligt de drempel 'Pas van Borssele', waar regelmatig wordt gebaggerd om voldoende nautische diepte te handhaven.

2.2 SLEUTELASPECTEN

De lange termijn ontwikkelingen in macrocel 1 worden ruwweg bepaald door vier sleutelontwikkelingen (figuur 2.2):
A. Sedimentatie en afdamming Sloe.
B. Sedimentatie en afdamming Braakman (in het volgende hoofdstuk).
C Noordwaartse migratie Honte en de bestortingen bij Vlissingen en Borssele.
D Verplaatsing van de noordzijde van de Hooge platen en de Schaar van de Spijkerplaat.

In figuur 2.2 is in een kaart de bodemligging in 1818 weergeven, met daar overheen de contouren van de huidige situatie (2010). Hiermee kan de ligging van de platen en geulen en de wijziging van de afbakening van het estuarium worden beschouwd. Hieronder worden de sleutelaspecten toegelicht.



Figuur 2.2 Bodemligging in 1818 met de contouren uit 2010 en de sleutelaspecten voor de lange termijn ontwikkeling.

A. Sedimentatie en afdamming Sloe

Ter plaatste van de tegenwoordige Sloehaven lag tot de jaren '60 van de vorige eeuw een schorrengebied. Dit schorrengebied was een restant van een uitgebreider schorrengebied dat de Oosterschelde tot 1871 verbond met het Veerse gat. Deze verbinding werd gesloten door de aanleg van een spoordam en veel van de schorren zijn bedijkt. In de periode van 1961 tot 1964 is de Sloehaven aangelegd. Bij de haven is nog een klein areaal schor overgebleven. Ook de Kaloot is een restant van het voormalige schorrengebied. De kwelders van het Sloe vormden een belangrijk sedimentatiegebied (o.a. weergegeven in Bakker en de Loof, 1977). Er is in de periode 1978 - 1931 17,8 x 10^6 m^3 sediment geborgen. Het sediment dat in de huidige havenbekkens wordt afgezet, wordt regelmatig gebaggerd en verspreid in de Westerschelede (Kessel, e.a., 2011, Kessel e.a., 2012), zodat het gebied niet meer als een permanente 'sink' fungeert.

De aanvoergeul naar de schorren van het Sloe takte in het verleden ter hoogte van Vlissingen af van de Honte, zoals zichtbaar is in figuur 2.2. De tegenwoordige haveningang sluit rechtstreeks aan de op de Honte. Dit verschil is het gevolg van de noordwaartse verplaatsing van Honte (zie C). Over de omvang van de natuurlijke geul in verhouding tot de huidige haveningang en over de ontwikkeling van het kombergingsvolume van het Sloegebied is geen informatie bekend.

C Noordwaartse migratie Honte en de bestortingen bij Vlissingen en Borssele

De Honte is de geul die van Vlissingen in het westen naar de Everingen en de Pas van Borssele loopt. De noordoever van de Honte is in de 19e en 20e eeuw gaande weg naar het noorden gemigreerd, van een ligging min of meer in het midden van de Schelde, naar de huidige positie. De verplaatsing is tot stilstand gekomen door het uitvoeren van (steen)bestortingen voor de dijken van Vlissingen (Zuidwatering) en Borssele (Noordnol en Borssele polder). Ter plaatste van deze bestortingen zijn diepe ontgrondingkuilen ontstaan, die uitbreiding van de bestorting noodzakelijk hebben gemaakt. Bij de noordoever van de Honte tussen Vlissingen en Borssele is de migratie van het diepe deel van de oever (dieper dan ongeveer NAP -24 m) langzamer verlopen dan het ondiepe deel van de oever, waarschijnlijk vanwege de aanwezigheid van harde, moeilijke erodeerbare lagen uit de Formatie van Oosterhout (verkitte schelpenbanken, bekend als “crags”). Het gevolg van deze ontwikkeling is dat onder water een plateau is ontstaan op ongeveer NAP -24 m.

Een gevolg van de noordwaartse migratie van de Honte is dat de effectieve ruimte van het estuarium hier is toegenomen (er staat effectieve ruimte, en niet breedte omdat het gebied waar de verplaatsing plaats heeft gevonden al onderdeel vormde van het estuarium, maar het was eerder lang niet zo diep). Met deze toename van de ruimte aan de noordzijde is aan de zuidzijde ruimte vrijgekomen.

D Verplaatsing van de noordzijde van de Hooge platen en de Schaar van de Spijkerplaat

De ruimte die aan de zuidzijde van de Honte is vrijgekomen door de noordwaartse verplaatsing van deze geul, is benut door de verplaatsing van de Schaar van Spijkerplaat en de noordoever van Hoogeplaten naar het noorden. Hier is ruimte ontstaan voor de vorming van de Hooge platen.

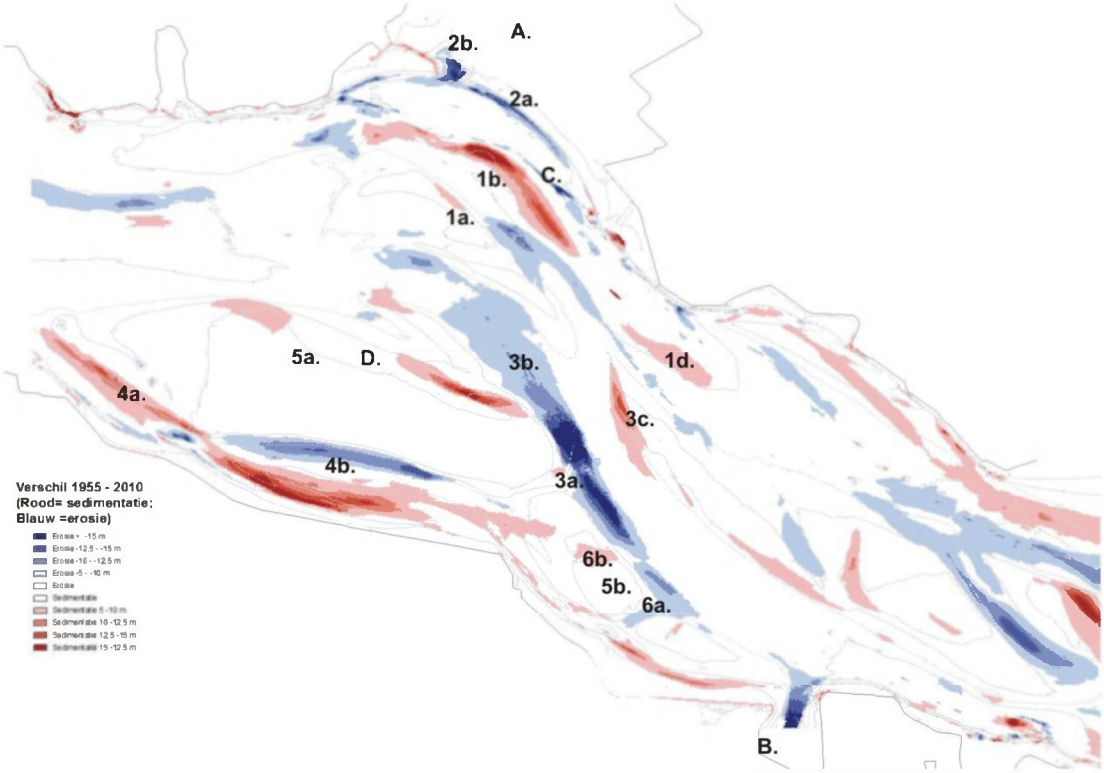
Van sleutelaspecten naar aspecten op tijdschaal tientallen jaren

Hierboven zijn de sleutelaspecten beschreven die de lange termijn ontwikkeling van eeuwen in en rond macrocel 1 bepalen. In de volgende paragrafen worden de ontwikkelingen beschouwd die op een termijn van tientallen jaren bepalend zijn geweest voor de ontwikkelingen en die naar verwachting ook in de toekomst een rol zullen spelen. Deze ontwikkelingen zijn met cijfers zijn aangegeven in figuur 2.3 (de hoofdletters corresponderen met de hierboven beschreven lange termijn sleutelaspecten) en betreffen:

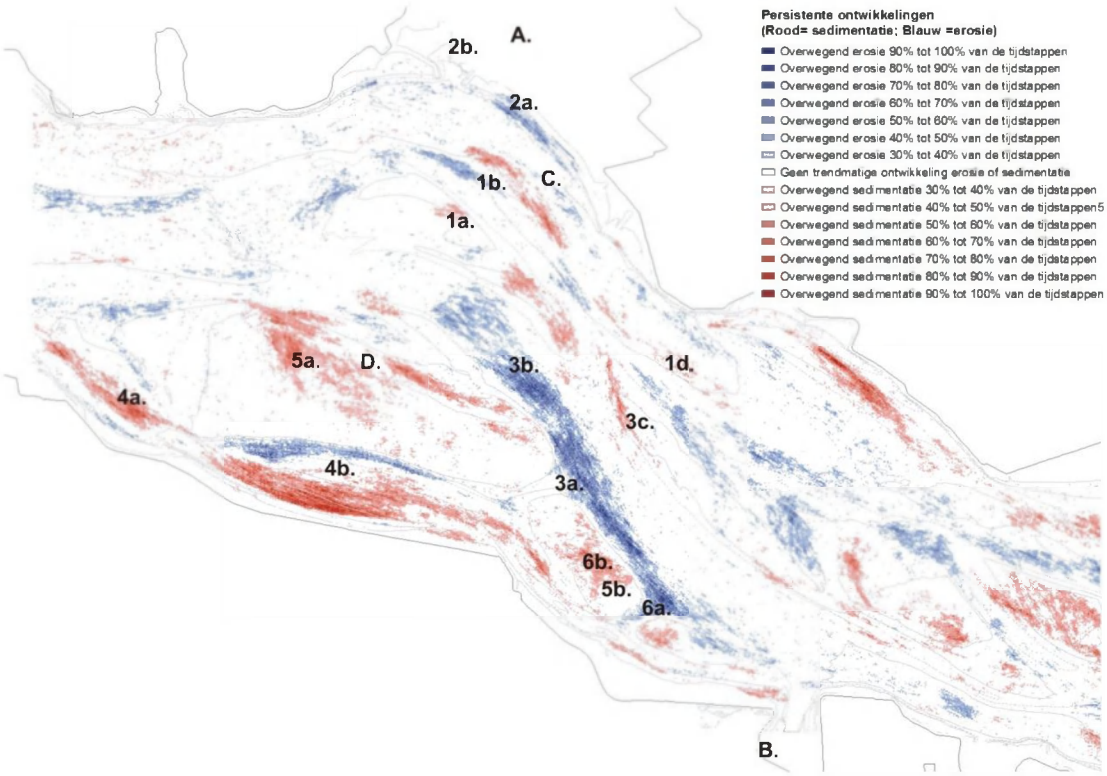
1. Dynamiek rond de Spijkerplaat en Honte;
2. Sloe en de Kaloot;
3. Westwaartse migratie Pas van Borssele.

De ontwikkelingen bij 4, 5 en 6 worden in het volgende hoofdstuk beschreven

Figuur 2.3 is een (traditionele) sedimentatie- en erosiekaart die is gemaakt door de bodemligging van 1955 af te trekken van de bodemligging in 2010. In deze kaart zijn alleen de grote bodemveranderingen zichtbaar: de erosie (verdieping) van meer dan 5 m is aangegeven in blauw en de sedimentatie (verondieping) van meer dan 5 m is aangegeven in rood. Om ook gebruik te maken van de bodemliggingsgegevens uit de jaren tussen 1955 en 2010 en om kleine, maar doorgaande veranderingen in beeld te brengen is ook een kaart gemaakt met de persistente ontwikkelingen (figuur 2.4).



Figuur 2.3 Verschil in bodemligging tussen 1955 en 2010 (blauw = erosie; rood = sedimentatie).

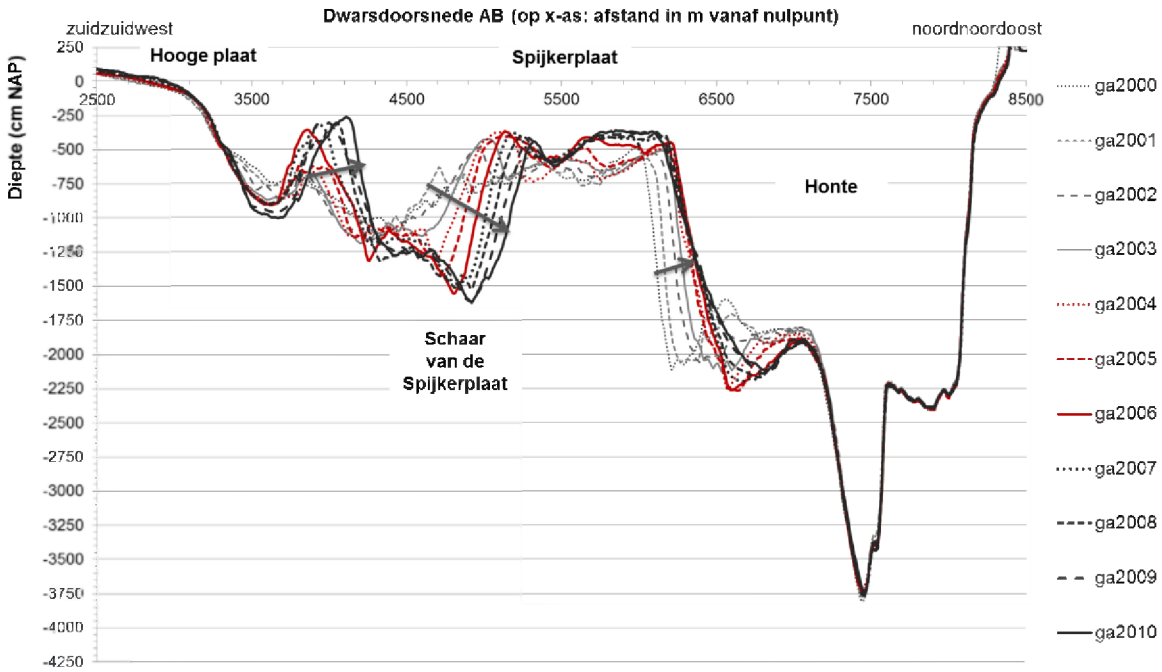


Figuur 2.4 Kaart met de persistente morfologische veranderingen in macrocellen 1 en 2 (blauw = overwegend erosie ; rood = overwegend sedimentatie).

In de persistentiekaart in figuur 2.4 hebben de gebieden die voornamelijk verdiept zijn (erosie) een blauwe kleur en de gebieden die voornamelijk verondiept zijn (sedimentatie) een rode kleur. Het belangrijke verschil tussen de persistentiekaart (figuur 2.4) en een erosie-sedimentatiekaart (figuur 2.3) is dat bij de persistentiekaart ook kleine hoogteverschillen zichtbaar worden, als er sprake is van consequent verdiepen of verondiepen. De absolute omvang van de erosie of sedimentatie is niet van belang in de persistentiekaart. Daarom is bijvoorbeeld de kleine, maar doorgaande sedimentatie op de Hoge platen wel zichtbaar als een rood gebied in de persistentiekaart (5a in figuur 2.4), maar niet in de erosie-sedimentatiekaart (5a in figuur 2.3). In zowel de erosie-sedimentatiekaart als de persistentiekaart zijn met cijfers de ontwikkelingen weergeven die hieronder en in het volgende hoofdstuk beschreven zijn.

2.3 HONTE EN DE SCHAAR VAN SPIJKERPLAAT

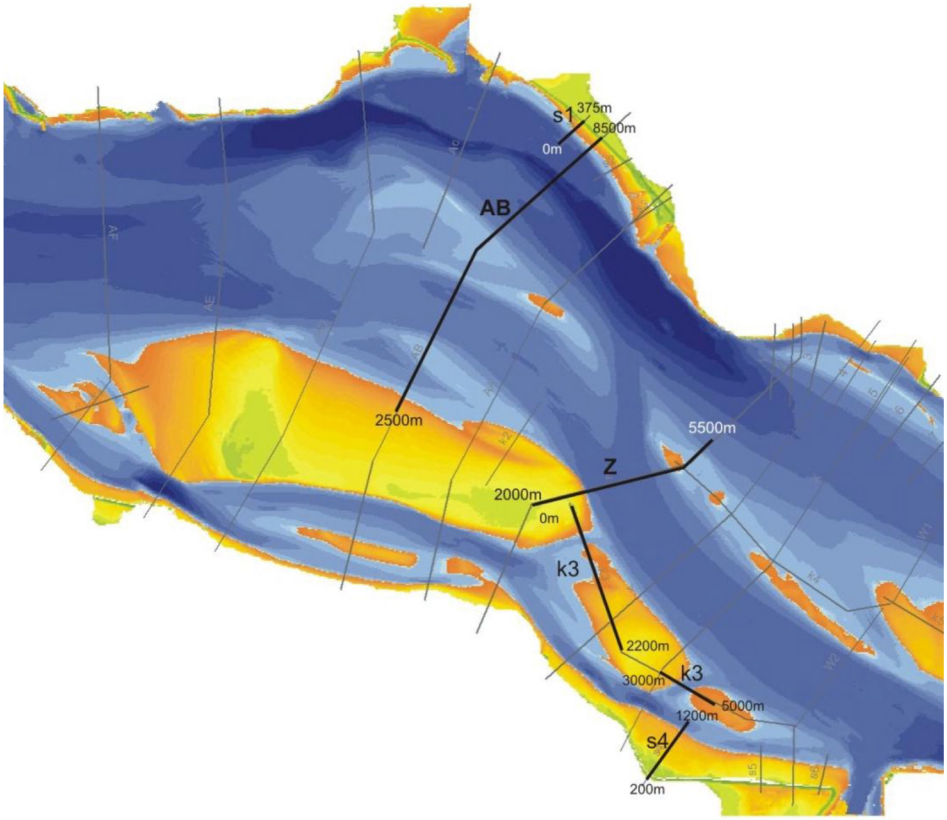
De ontwikkelingen in de Honte en in en rond de Schaar van de Spijkerplaat (nummers 1a tot en met 1d in figuur 2.4 en in figuur 2.3) worden samen beschreven, hoewel het ontwikkelingen in de nevengeulen, plaat en de hoofdgeul betreffen. Figuur 2.5 laat een serie dwarsdoorsneden van 2000 tot 2010 door het gebied zien. Duidelijk zichtbaar is de grote variatie die optreedt in de bodemligging en in de ligging van de Schaar van de Spijkerplaat en de zuidflank van de Honte.



Figuur 2.5 Dwarsdoorsnede AB van de Hoofdplaat, door de Schaar van de Spijkerplaat, de Spijkerplaat en de Honte naar de Kaloot (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 2.6).

In de periode 2000 tot 2010 is de Schaar van de Spijkerplaat naar het noorden verschoven. De Spijkerplaat is meegeschoven naar het noorden, maar omdat de verplaatsing van de zuidoever van de Honte de afgelopen jaren lijkt te zijn gestopt, wordt deze plaat tegenwoordig smaller. Aan de zuidzijde van de Schaar van Spijkerplaat verschuift de ondiepte mee naar het noorden, zodat er gaandeweg meer ruimte ontstaat voor de vloedschaar ten noorden van de Hooge platen. Het is ongewis of de dynamiek van deze vloedschaar en de Schaar van de Spijkerplaat in de toekomst zullen leiden tot het ontstaan van een nieuwe Schaar van de Spijkerplaat en het in omvang afnemen van de oorspronkelijke Schaar. Ondertussen lijkt namelijk ook een persistente verdieping en verlenging van de Schaar van de Spijkerplaat te hebben plaatsgevonden (3b in figuur 2.4). Doorzetten van deze verdieping en verlenging zou kunnen betekenen

dat de rol van de Pas van Borssele geleidelijk wordt overgenomen door de Schaar, waarmee een geheel andere configuratie van hoofd- en nevengeul, met drempel, kan ontstaan.
In vergelijking met deze veranderingen is de noordoever van de Honte, het plateau en de diepe insnijding van deze geul zeer plaatsvast. Dat geldt ook voor de noordelijke begrenzing van de Hooge platen. Dat, ondanks de plaatsvastheid van de noordelijke grenzen van de Honte, toch duidelijke sedimentatie waarneembaar is in de erosie-sedimentatiekaart (1b in figuur 2.3) en in de persistentiekaart (1b in figuur 2.4) is mogelijk het gevolg van het storten van sediment op/nabij deze locatie (Van Kessel e.a., 2011).

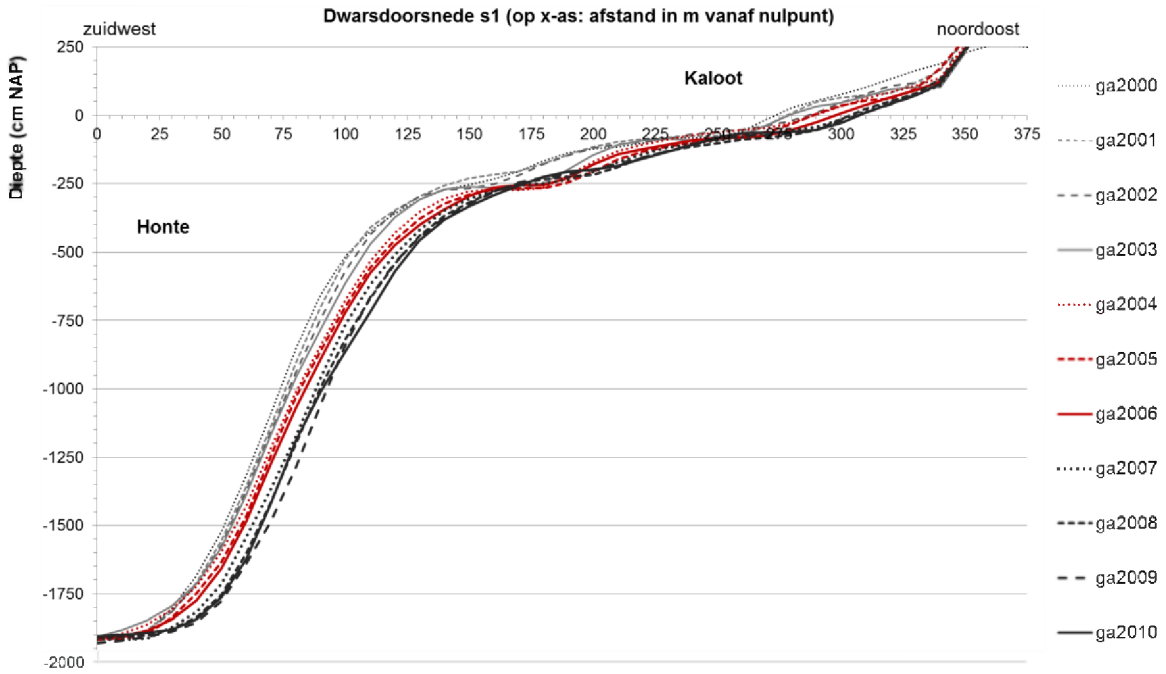


Figuur 2.6 Locaties van de dwarsdoorsneden op de bodemligging van 2011. De in het voorliggende rapport getoonde dwarsdoorsneden zijn in het zwart aangegeven, het begin en eindpunt is gemarkeerd.

2.4 HET SLOEGEBIED EN BORSELLE (INCLUSIEF DE KALOOT)

Bij de sleutelaspecten in paragraaf 2.2 is al beschreven dat ter plaatse van de tegenwoordige Sloehaven een schorrengebied met een verbinding naar het Veerse gat heeft gelegen. De huidige Kaloot is het restant van een veel uitgestrekter gebied. Met de noordwaartse verplaatsing van de Honte is het grotendeels geërodeerd. Er is nu nog een restant van het duingebied aanwezig, met kleine Sluftertje met voor de Westerschelde bijzondere vegetatie. Een belangrijke waarde van de Kaloot is aanwezigheid van fossielen (haaientanden, schelpen), die uit de vooroever vrijkomen. Ten oosten van de Kaloot vormen verschillende dammen en constructie (waaronder de inlaatgeul en de uitlaat van de energiecentrales) ophangpunten voor geul en slik. Het is daar vrij hard substraat (erosiebestendig pakket met soms meer, soms minder zand).
In de dwarsdoorsneden op grote schaal in figuur 2.5 lijkt de oever van de Honte en de Kaloot stabiel, maar bij inzoomen in meer detail (figuur 2.7) blijkt de oever en de Kaloot zelf nog steeds een landwaartse verplaatsing te ondergaan. Het strand van de Kaloot wordt door deze ontwikkeling gaandeweg lager. Dit geldt voor het deel van de Kaloot tussen de 'harde ophangpunten', die aan de westzijde wordt gevormd

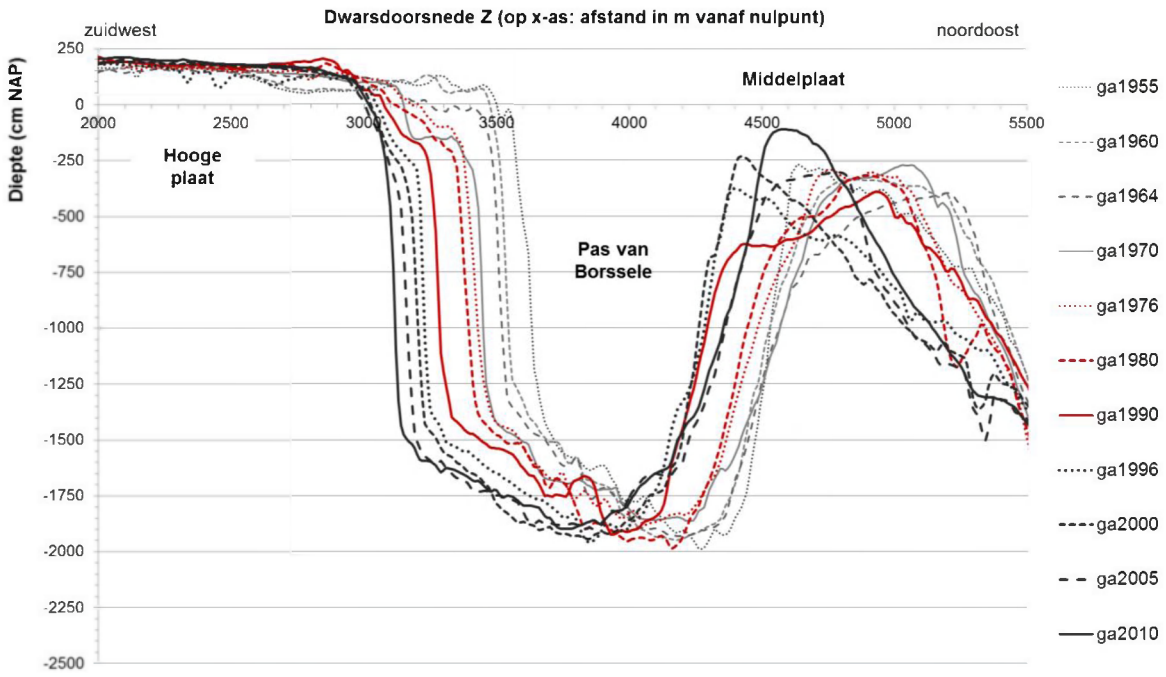
door de havendam en aan de oostzijde door de dammen. Mogelijke is de erosie van de noordelijke geulhelling van de Honte een doorgaande expressie van de migratie zoals die in het verleden heeft plaatsgevonden (paragraaf 2.2 en figuur 2.2).



Figuur 2.7 Dwarsdoorsnede s1 van de Honte naar de Kaloot (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 2.6).

2.5 WESTWAARTSE MIGRATIE PAS VAN BORSSELE

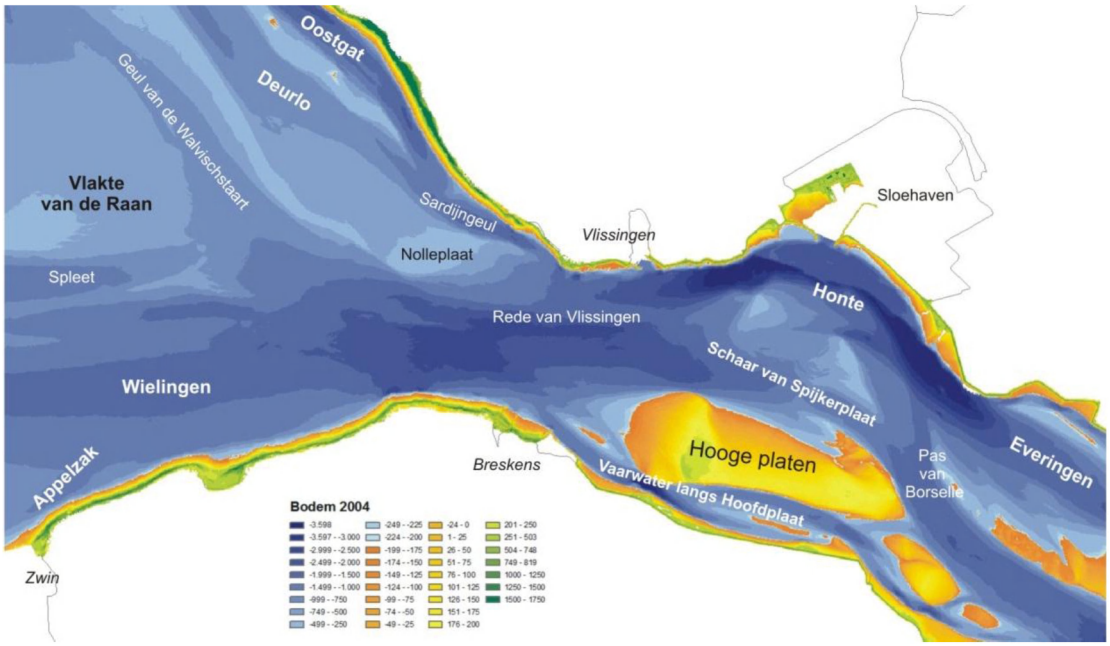
In de erosie-sedimentatiekaart (figuur 2.3) en in de persistentiekaart (figuur 2.4) is een groot (blauw) erosiegebied zichtbaar aan de westzijde van de Pas van Borssele (gemarkeerd met 3a en 3b) en een kleiner sedimentatiegebied aan de oostzijde van de geul (3c). Deze erosie en sedimentatie wordt veroorzaakt doordat de geul 'Pas van Borssele' naar het westen verschuift. Deze verschuiving is heel duidelijk zichtbaar in de dwarsdoorsneden (figuur 2.8), die de periode van 1955 tot 2010 omvatten. Beide flanken van de geulen schuiven op naar het westen. Het drempelgebied, waar wordt gebaggerd om de nautische diepte te handhaven, wordt hierdoor naar het west 'geduwd'. Het gevolg van de verschuiving is dat de Pas van Terneuzen steeds meer in het verlengde van de Schaar van de Spijkerplaat komt te liggen. Het deel van de erosie dat is gemarkeerd met 3b is daarvan het meest uitgesproken deel. Het is nog ongewis Of deze ontwikkeling in de toekomst door zal zetten, zodat de Pas van Terneuzen overgaat in de Schaar van Spijkerplaat.



Figuur 2.8 Dwarsdoorsnede Z door de Pas van Borssele (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 2.6).

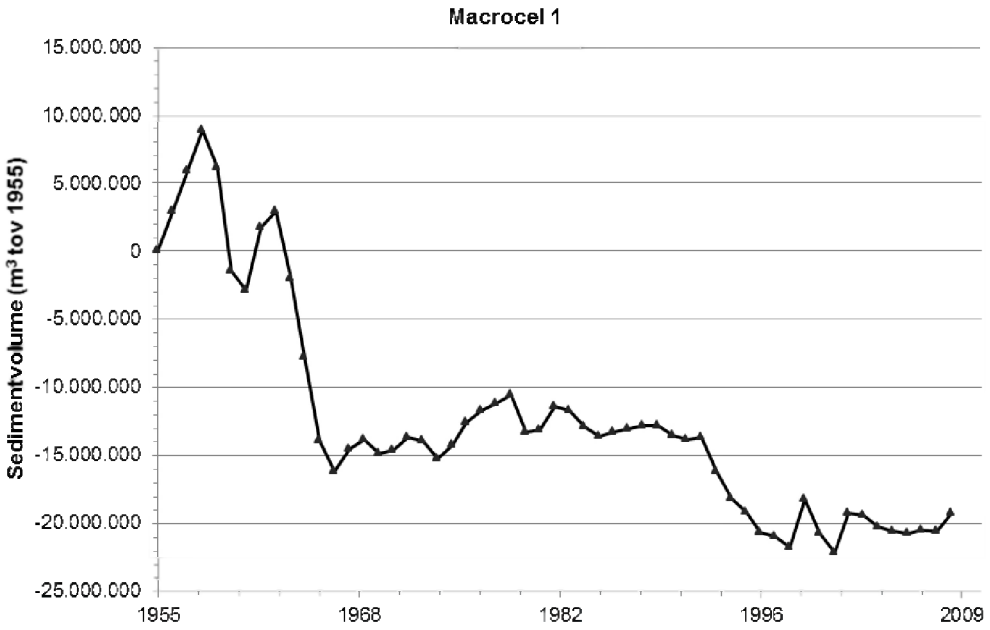
2.6 SAMENHANG MET DE MONDING, INGREPEN EN MESOCEL 2

Figuur 2.9 geeft een kaart van de monding en de omgeving van Hooge platen (macrocellen 1 en 2). Duidelijk is dat de vaak gehanteerde grens van de Westerschelde en monding, in de vorm van een rechte lijn tussen Vlissingen en Breskens (de grens aan de westzijde van de kaart van figuur 2.1) niet is ingegeven door de morfologie. De Rede van Vlissingen en het Vaarwater langs Hoofdplaat (mesocel 2) lopen door in de 'monding'.



Figuur 2.9 Overzichtskaart van de monding en macrocellen 1 en 2 in de Westerschelde, met de in tekst gebruikte namen.

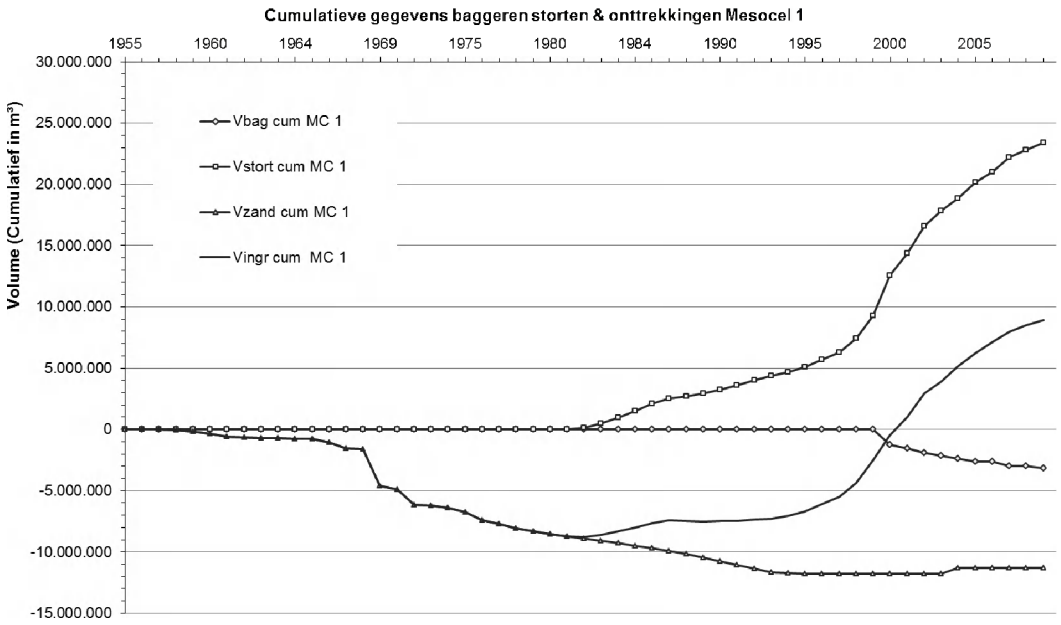
In figuur 2.10 is het sedimentvolume van macrocel ten opzichte van 1955 weergegeven. Het sedimentvolume in macrocel 1 is afgenomen, met ongeveer 20 x 10^6 m^3. Omdat macrocel 1 groot is (in termen van het watervolume) is de afname van het sedimentvolume met 2% een relatief kleine verandering. Uit de grafiek kan worden afgelezen dat geen sprake is van een continue afname, maar dat deze in enkele sprongen (halverwege de jaren '60 en begin jaren '90) heeft plaatsgevonden.



Figuur 2.10 Sedimentvolume van macrocel 1 ten opzichte van 1955 (Rijkswaterstaat Zandbalans).

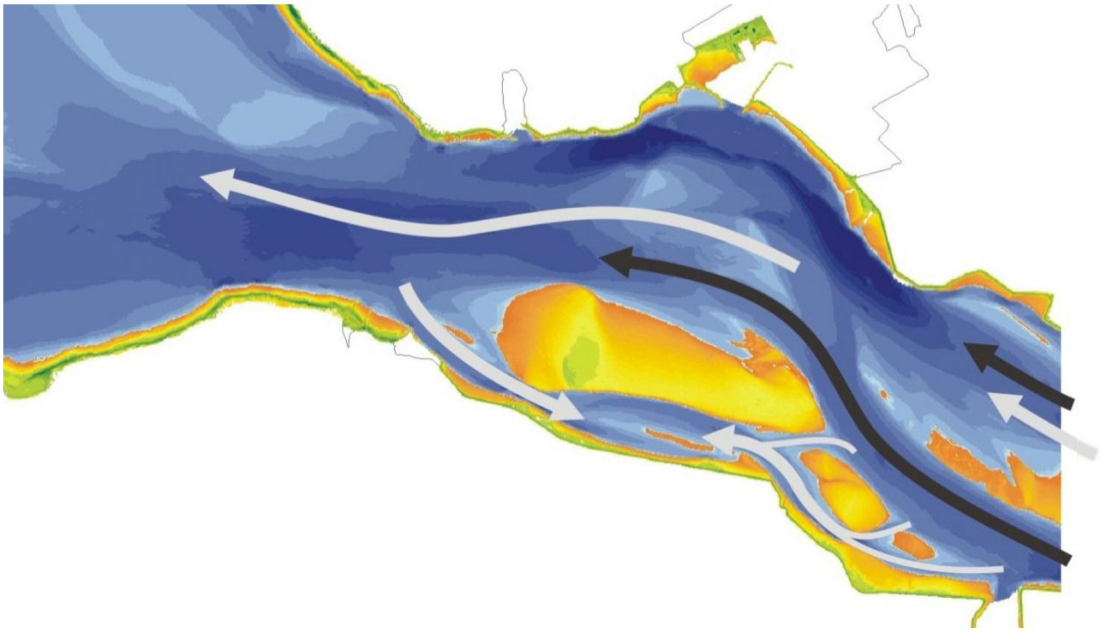
In figuur 2.11 is een grafiek opgenomen met de cumulatieve ingreepvolumes in macrocel 1.Na een periode waarin netto onttrekkingen hebben geleid tot het afnemen van het sedimentvolume, lijkt daar voor de laatste twintig jaar geen sprake meer van te zijn. Dit komt onder meer omdat sinds de jaren '80 sprake is van een menselijke toevoer van sediment naar macrocel 1, door het storten van sediment dat afkomstig is uit andere macrocellen. De absolute omvang van de cumulatieve ingrepen bedraagt bijna 10 x 10^6 m^3 en dat is ten opzichte van de ingrepen in de andere macrocellen klein. De relatieve omvang van de ingrepen is ook klein ten opzichte van de omvang van macrocel 1, waarvan het watervolume in de geulen (onder NAP -2 m, gemiddeld over de periode 1955-2008) 665 x 10^6 m^3 bedraagt.
Het storten van havenbaggerspecie, uit de Sloehaven en de haven van Vlissingen, is overigens niet in de grafiek in figuur 2.11 opgenomen, omdat wordt verondersteld dat dit baggervolume in balans is met de sedimentatie die in deze havenbekkens plaatsvindt. Het sediment in de havenbekkens is uit de Westerschelde afkomstig en deze sedimenttransporten worden ook niet in de balansen beschouwd. Uit de analyses van Kessel e.a. (2011, 2012) is duidelijk dat het consequent storten van specie uit de havens lokaal wel kan leiden tot morfologische veranderingen op de mesoschaal.

Aan de zuidzijde van macrocel 1 is de grens met mesocel 2 over de Hooge platen getrokken. In beschouwingen over de Westerschelde worden macrocel 1 en mesocel 2 vaak gecombineerd, maar in de voorliggende studie worden ze apart beschouwd, omdat de morfologische ontwikkelingen duidelijk verschillen. Omdat de grens tussen macrocel 1 en mesocel 2 op de Hooge platen ligt en deze plaat absoluut en relatief (ten opzichte van het getij) hoog ligt vindt er naar verwachting weinig uitwisseling van sediment plaats over deze grens.



Figuur 2.11 Grafiek met de cumulatieve bagger, stort en zandwinvolumes en het cumulatieve totale ingrepen volume, voor de periode 1955-2008 (op basis van de Rijkswaterstaat zandbalans).

De geschematiseerde netto transporten van zand door natuurlijke sedimenttransportprocessen en baggerspecie zijn weergegeven in figuur 2.12. De aanvoer van baggerspecie is hierboven weergegeven. De transporten door natuurlijke processen volgen uit balansen en modelstudies.



Figuur 2.12 Schematische weergave van de netto verplaatsing van baggerspecie van deze macrocellen naar het westen (donkergrijze pijl) en de zandtransporten (lichtgrijze pijlen) in macrocellen 1 en 2.

Tussen de monding en het estuarium wordt sediment (zand en fijn sediment) uitgewisseld. Hoe groot deze uitwisseling is, en of er sprake is van transport van de monding naar de Westerschelde of omgekeerd, is een voortdurende bron van discussie. In het voorliggende rapport wordt hier niet nader op in gegaan, hiervoor kan worden gekeken in LTV V&T rapport G-2(LTV V&T Consortium Deltares-IMDC-

Svasek-Arcadis, 2013). Op basis van de uitkomsten van separate balansen voor zand en slib, in combinatie met de uitkomsten van modelsimulaties van het transport van zand is het vigerende beeld dat op de grens van de Westerschelde en de monding:

- Slib van de monding naar de Westerschelde wordt getransporteerd (import);
- Zand van de Westerschelde naar de Monding wordt getransporteerd (export).

Op basis van de ontwikkelingen van de sedimentvolumes in de aangrenzende macrocellen 3 en 4 is vastgesteld dat vanuit macrocel 3 zand naar macrocel 1 en 2 wordt getransporteerd.

2.7 VERWACHTE ONTWIKKELINGEN IN MACROCEL 1 IN SAMENHANG MET HET BEHEER

De huidige ontwikkelingen in macrocel 1 worden slechts beperkt bepaald door menselijke ingrepen. De bestaande bestortingen bij Vlissingen en Borssele zullen ook in de toekomst aanwezig blijven en onderhouden worden. Als zodanig blijven ze fungeren als 'ophangpunten' voor de Honte. De stortingen van baggerspecie (uit de haven en uit de andere macrocellen) kunnen lokaal leiden tot veranderingen in de morfologie (Kessel e.a., 2011 en 2012). Op de schaal van het grote watervolume van macrocel 1 wordt niet verwacht dat er macroschaal effecten zullen optreden in macrocel 1, bijvoorbeeld door een verandering van de grootschalige morfologie.

3 Mesocel 2 Het Vaarwater onder de Hoofdplaat en de Hooge Platen

3.1 INLEIDING EN GEBIEDSBESCHRIJVING

Mesocel 2 ligt ten zuiden van macrocel 1 en 3 en omvat de zuidelijke helft van Hoogeplaten, het Vaarwater Langs Hoofdplaat en Paulinaschor, de Lage springer en de naamloze plaat ten zuidoosten daarvan en de slikken en schorren ten zuiden van deze geul (figuur 2.1). De term mesocel is gereserveerd voor dit gebied, omdat er in dit gebied geen sprake is van een hoofd- en nevengeul, zoals in de macrocellen. De geul "Vaarwater" ligt parallel aan de hoofd- en nevengeul in macrocel 1 en fungeert niet als hoofd-of nevengeul. De geul en daarmee de mesocel ligt hier als een relict van de situatie voor de schorvorming en afdamming van de Braakman, die in de volgende paragraaf worden beschreven.
In de voorliggende paragraaf worden de ontwikkelingen van de Hooge plaat en Springer beschreven, die niet bij macrocel 1 en 3 aan orde komen.

3.2 SLEUTELASPECTEN

In het voorgaande hoofdstuk zijn de sleutelontwikkelingen in de macrocel weergegeven in figuur 2.2 , waarbij met B. de sedimentatie en afdamming Braakman is benoemd. In figuur 2.2 is in een kaart de bodemligging in 1818 weergeven, met daar overheen de contouren van de huidige situatie (2010). In de oude situatie is de omvang van het Vaarwater langs Hoofdplaat beduidend groter dan in tegenwoordige situatie. Het Vaarwater splitst in een geul die naar de Braakman buigt en een geul die naar de Everingen loopt. In de Braakman is dan nog sprake van een uitgebreid schorren- en slikkengebied. De Braakman is van nature een sedimentatiegebied. De schorren die door de natuurlijke sedimentatie zijn opgeslibd zijn daarna bedijkt. Op deze wijze is het kombergingsgebied van de Braakman door een combinatie van natuurlijke sedimentatie en inpolderingen in de loop van eeuwen sterk afgenomen, geheel vergelijkbaar met de ontwikkelingen van het Sloe (paragraaf 2.2). De schorren van de Braakman vormden een belangrijk sedimentatiegebied (o.a. weergegeven in Bakker en de Loof, 1977), waarin de periode 1878-1931 23,8 x 10^6 m^3 sediment is geborgen. Door de natuurlijke sedimentatie in de Braakman is de komberging van de toevoergeul geleidelijk afgenomen. Met de afname van het kombergingsvolume is het debiet van het Vaarwater langs Hoofdplaat en Paulinaschor afgenomen.

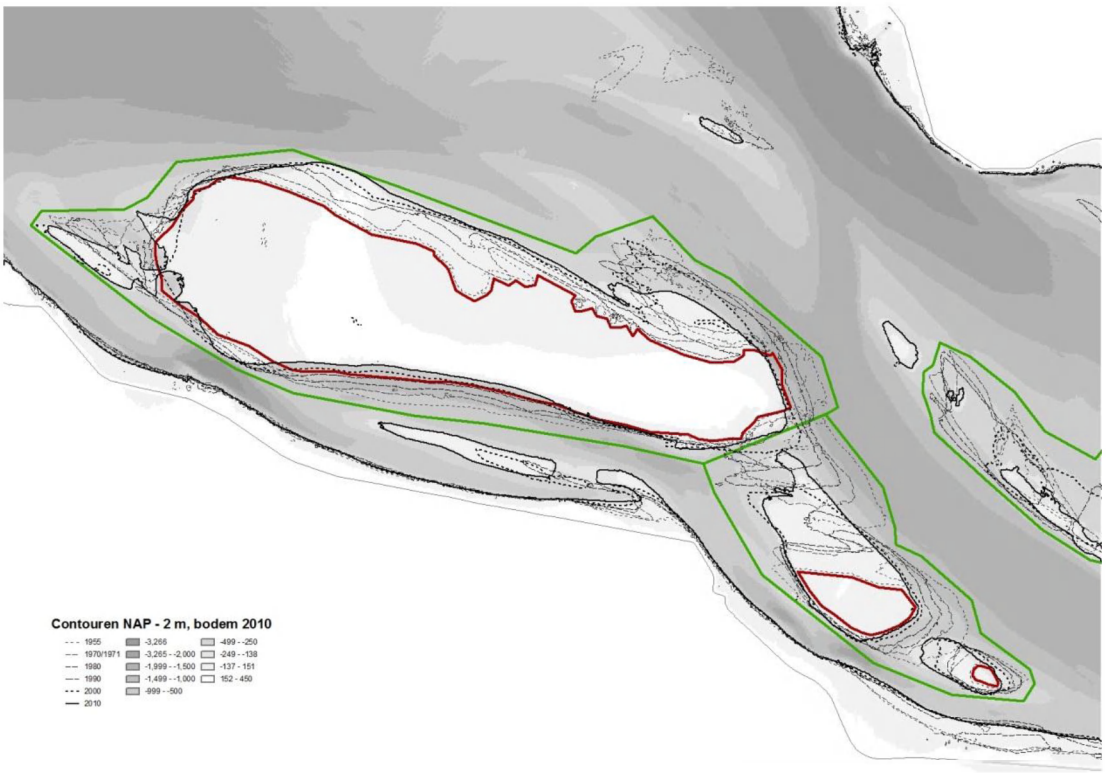
De Braakman is in 1952 afgedamd. Aan de zeezijde is de Braakmanhaven gebouwd, die in 1978 in gebruik is genomen. Sinds de afdamming van de Braakman is het kombergingsvolume zeer klein geworden. Deze ontwikkeling heeft plaatsgevonden in combinatie met de noordwaartse verplaatsing van de Honte in macrocel 1, waardoor daar ruimte ontstond voor een eb- en vloedschaarsysteem. Hiermee verdween de rol van het Vaarwater in het eb- en vloedschaarsysteem. Het vaarwater is hierdoor een relict van de vroegere situatie, dat wordt gekenmerkt door een geleidelijke afname van de doorstroomoppervlakte.

In de volgende paragrafen worden de volgende ontwikkelingen beschouwd, die met cijfers zijn aangegeven in figuur 2.3 (de letters corresponderen met de hierboven beschreven sleutelaspecten):
4. Sedimentatie in het Vaarwater langs Hoofdplaat;
5. Hogere platen;
6. Kortsluitgeulen.

Ook worden de ontwikkelingen van de slikken ten zuiden van het Vaarwater langs hoofdplaat en de slikken en schorren bij Paulinapolder beschreven.

3.3 HOOGE PLATEN

De Hooge platen doen hun naam recht aan, het plaatcomplex ligt inderdaad hoog, zowel in absolute als ten opzichte van het niveau van hoogwater. Deze hoge ligging van de plaat geldt al lang voor delen van de plaat. In figuur 3.1 zijn de contouren weergegeven van de NAP -2 m dieptelijnen voor een aantal jaren uit de periode van 1955 tot 2010. Duidelijk is dat de Hooge plaat gedurende deze gehele periode al hoger was dan NAP – 2m. Kortsluitgeulen die de geul doorsnijden, of vloedscharen die de geul insteken zijn al meer dan 50 jaar afwezig bij de Hooge platen.



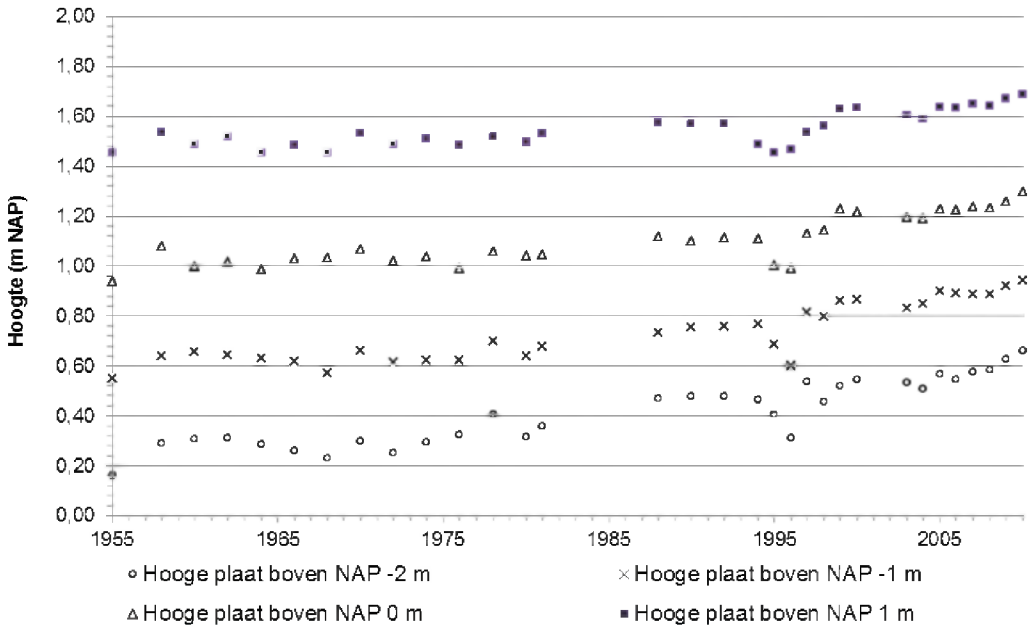
Figuur 3.1 Kaart van de Hooge platen en de Springers met de contouren van de NAP -2 m waterlijn uit verschillende jaren, met de kuberingsgebieden, van de gehele complexen (groen) en van de delen die altijd hoger zijn geweest dan NAP – 2m (rood).

De Bol is het hoge gedeelte aan de westzijde van de Hoogeplaten, waar sinds een tiental jaren schor vegetatie staat, op en achter opgestoven duintjes. Deze duintjes hebben een natuurlijke oorsprong, maar zijn een handje geholpen door het plaatsen van stuifschermen en zandworsten (beheerder: Zeeuws Landschap). Het schor heeft in een kort tijdbestek (2004 - 2011) de successie van pionierschor naar hoog schor doorlopen en bestaat nu voor een belangrijk deel uit strandkweek. Ook de op de oostelijke helft van

de Hooge platen (voormalige Hoge Springer) heeft zich vegetatie gevestigd. De Bol is een broedgebied voor verschillende vogelsoorten, met onder andere een kolonie grote sterns.

Er loopt een denkbeeldige lijn van noord naar zuid ruwweg over het schor op de Bol (in termen van dominante fysische processen op de intergetijdegebieden), die in figuur 2.1 met een stippellijn (1) is aangegeven. Dit lijkt dit de grens tussen monding en estuarium. Ten westen van deze lijn is sprake van een gebied met relatief weinig bodemleven. Het gebied is op basis van het beperkte bodemleven gekarteerd als hoogdynamisch. Deze classificatie is dus niet gebaseerd op de bodemvormen, maar op (het ontbreken) van bodemfauna. De veronderstelling is dat de limiterende factor voor het bodemleven de omwerking door golven is, vooral in de wintermaanden. Dit is fysisch gezien een ander proces dan de omwerking door getijstroming, die in de andere hoogdynamische gebieden waarschijnlijk de limiterende factor is. De golven die vanaf de monding dit onbeschutte deel van de Hooge Plaat kunnen aanvallen zijn mogelijk ook verantwoordelijk voor de relatief hoge ligging van deze plaat.
Mogelijk zijn de golven ook de verklaring voor de aanwezigheid van 'ribbels' of eigenlijk zandgolven met een golflengte van ongeveer honderd meter (daarmee is deze veel groter dan de golflengte van reguliere megaribbels van 8 tot 20 m). De structuren lijken vergelijkbaar met wat op de oostpunt van Waddeneilanden wordt aangetroffen en zijn nog niet wetenschappelijk beschreven. Deze structuren leveren relatief veel plaatsen op waar slib kan bezinken. Incidenteel worden dikke (dm's) lagen ongeconsolideerd slib aangetroffen, zowel tussen de ribbels op de plaat, maar ook langs de oevers, waarvan een lokale gebruiker (visser)het optreden relateerde aan uitgevoerde stortingen van (haven)specie (Breskens). Het optreden van zulke sliblagen betekent dat het bodemleven dat wordt bedekt afsterft. Deze sliblaag is niet permanent, hij verdwijnt weer 'vanzelf'.

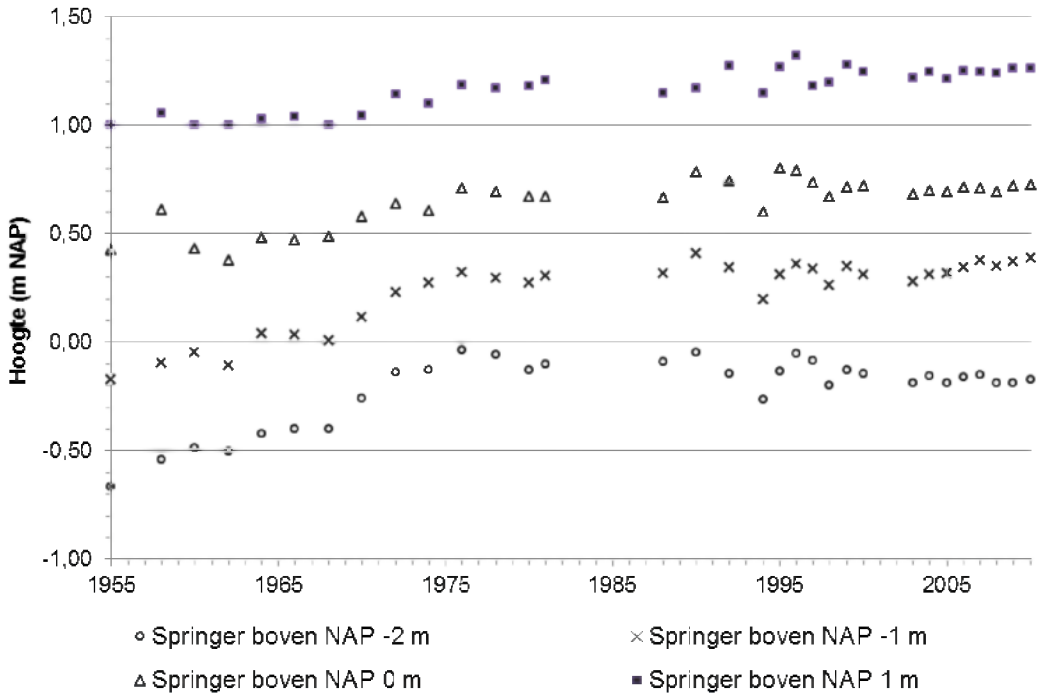
De toename van de gemiddelde hoogte van de Hooge platen is weergegeven in figuur 3.2. In deze grafiek is de gemiddelde plaathoogte boven vier verschillende hoogteniveau 's weergegeven. Tot ongeveer 1996 was sprake van fluctuaties in de gemiddelde hoogte, waarbij de hoogste delen (boven NAP 1,0 m) een min of meer hetzelfde gemiddelde niveau behielden, maar de lagere delen een toename lieten zien. Na 1996 neemt de gemiddelde hoogte toe boven alle hoogteniveau 's.



Figuur 3.2 Gemiddelde plaathoogte (sedimentvolume / oppervlakte) boven verschillende hoogte niveaus van de Hooge platen (binnen het linker groene kuberingsgebied in figuur 3.1).

Aan de westzijde en noordzijde van de Hooge platen zijn plaatrandstortingen uitgevoerd, met als doel het vergroten van het laagdynamisch areaal in de Westerschelde.

De Springer plaat en de plaat ten zuiden daarvan zijn minder hoog dan de Hooge platen, zoals is af te lezen uit de grafiek met gemiddelde plaathoogte (figuur 3.3). In vergelijking met de Hooge platen valt verder op dat de toename van de hoogte van de laagste delen van de Springers heeft plaatsgevonden in de periode tot ongeveer 1975, terwijl de hoogste delen nog steeds in hoogte toe te lijken nemen.



Figuur 3.3 Gemiddelde plaathoogte (sedimentvolume / oppervlakte) boven verschillende hoogteniveaus van de Springers (binnen het rechter groene kuberingsgebied in figuur 3.1).

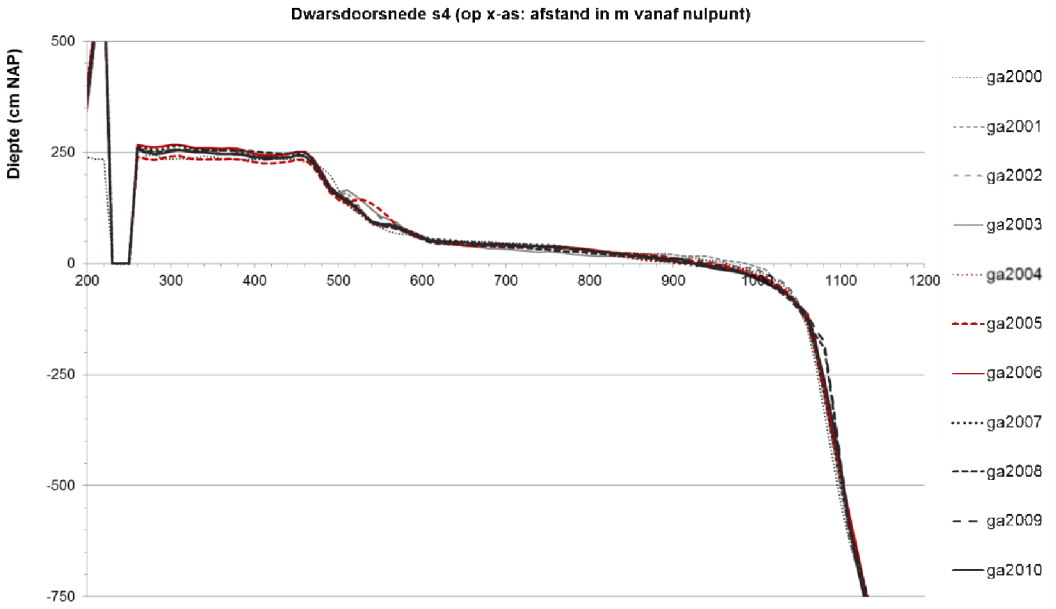
3.4 SLIKKEN EN SCHORREN

Vanaf de monding van Westerschelde (bij Breskens) en de oostelijke grens van mesocel 2 (Braakmanhaven) liggen langs de zuidelijke oever van de Westerschelde verschillende slik- en schorgebieden.

Tussen Breskens en Hoofdplaat liggen een aantal slikken die geen bijzondere ecologische waarde hebben. Verder liggen er de schorren en het vogeleilandje die door het Waterschap zijn aangelegd bij het op Deltahoogte brengen van de dijk. De ontwikkeling van het schor wordt hier beperkt doordat de frequentie van overstromen (te) laag is, vanwege de aanwezigheid van de voormalige dijk; deze is weliswaar grotendeels afgegraven maar de resterende hoogte is nog steeds dusdanig hoog dat niet frequent zeewater in het gebied wordt toe gelaten.

Het schor en slik bij Hoofdplaat is laagdynamisch gebied, waarschijnlijk vanwege de aanwezigheid van verschillende strekdammen[4]. Ook de aanwezigheid van de schorren is hier nadrukkelijk gekoppeld aan de aanwezigheid van de strekdammen die een luwtezone hebben gecreëerd. Ter plaatse ligt een pier die niet meer bereikbaar is voor jachtjes, als gevolg van het aanlanden van de kleine plaat daar. In de luwte van die pier is schorgebied ontstaan.

Het Paulinaschor is een restant van het schorgebied dat vroeger doorliep tot in de Braakman. De afdamming van de Braakman, gevolgd door de landaanwinning bij de Mosselbank hebben de verbreding van het schor beperkt. Aan de oostzijde van het schor zijn de contouren zichtbaar van een oud landbouwhaventje dat inmiddels geheel is opgenomen in het schor. In het schor zelf is een afwisseling te zien van oude schorkliffen en nieuwe aangroei hiervoor. Van west naar oost wordt het slik geleidelijk ietsje hoogdynamischer, waarschijnlijk vanwege het toenemende belang van stroming en golven vanuit de hoofdgeul. Het slik aan de westzijde is slibrijk en voedselrijk en wordt benut door steltlopers.
In bovenaanzicht lijkt het slik ten westen van de ingang van de Braamhaven de vorm te krijgen van een "spit(je) ".Afgezien van de uitbouw naar het oosten is het Paulinaschor, met inbegrip van het areaal slik, een stabiel gebied. Dit is zichtbaar in een dwarsdoorsnede van slik en schor (figuur 3.4).



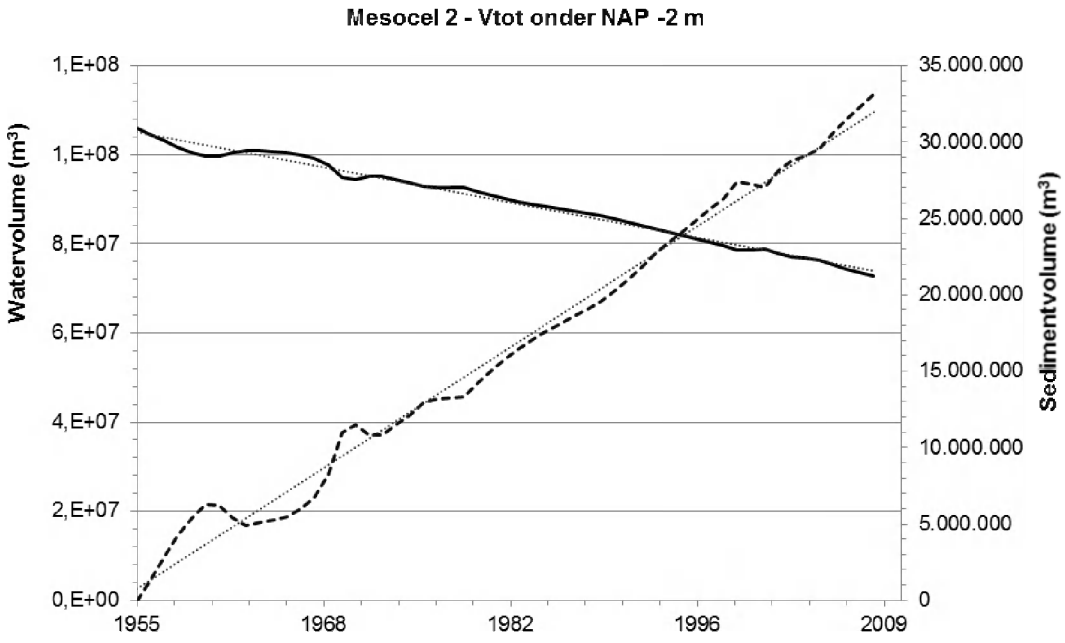
Figuur 3.4 Dwarsdoorsnede s4 van het Paulinaschor (locatie in figuur 2.6).

[4] Over de terminologie van de dammen:
Nollen zijn in principe restanten van oude dijken van ondergelopen polders, die nu als strekdam worden gebruikt;
Strekdammen zijn specifiek aangelegd om de stroom uit de kant te houden. Er zijn ook strekdammen die nol heten, bijvoorbeeld de Noordnol bij Borssele en de nol bij Knuitershoek.
Havendammen zijn de dammen die een haveningang afschermen.
Soms heeft men bij de aanleg of verbetering van havens oude strekdam aangepast naar havendam.
Het begrip stroomgeleidingsdam of stroomhoofd wordt niet gebruikt langs de Westerschelde.
Strandhoofden zijn gereserveerd voor de strekdammen (al dan of niet met palenrijen) op het strand, langs de monding van de Westerschelde (Zeeuws Vlaanderen en zuidwest Walcheren).
Kribben wordt bij voorkeur niet gebruikt omdat dit een term is uit de rivieren, dit zijn dammen met als primaire functie om het water in het zomerbed te sturen.

3.5 HET VAARWATER LANGS HOOFDPLAAT

De geul Vaarwater langs Hoofdplaat (die overgaat in het Vaarwater langs Paulinaschor) vertoont een langzame maar gestage trend van sedimentatie. Gemiddeld is de geul hierdoor ook ondieper geworden. De afname van de gemiddelde diepte laat onverlet dat lokaal nog steeds diepe geuldelen aanwezig zijn gebleven. De sedimentatie in het vaarwater verloopt vrijwel constant en zonder veel afwijkingen (de r^2 van de trend is 0,99), met een sedimentatie van 0,58 x 10^6 m^3 per jaar in de periode van 1955 tot 2008. Dit is zichtbaar is een grafiek met het watervolume onder NAP -2 m uit de sedimentbalans van de Westerschelde (Rijkswaterstaat, figuur 3.5). Bij een doorgaande sedimentatie met dezelfde snelheid is de geul (onder NAP -2 m) volledig opgevuld in een periode van 126 jaar. Naar verwachting zal de opvulling van de geul geleidelijk langzamer gaan verlopen, zoals het geval is met veel morfologische aanpassingen. Dat betekent dat het Vaarwater nog langer dan 126 jaar als geul aanwezig blijft.

Overigens betekent de sedimentatie in het Vaarwater niet dat deze geul niet meer of minder actief is. Figuur 2.3 (sedimentatie en erosie) en figuur 2.4 (persistente ontwikkelingen) laten niet alleen sedimentatie zien bij het Vaarwater, maar ook erosie. In de geul heeft zich een langgerekte plaat ontwikkeld, die een scheiding heeft opgeleverd in een noordwest gelegen vloedschaar en een zuidoost gelegen ebschaar. Het noordwestelijke deel van het Vaarwater langs Hoofdplaat verplaatst naar het noorden.

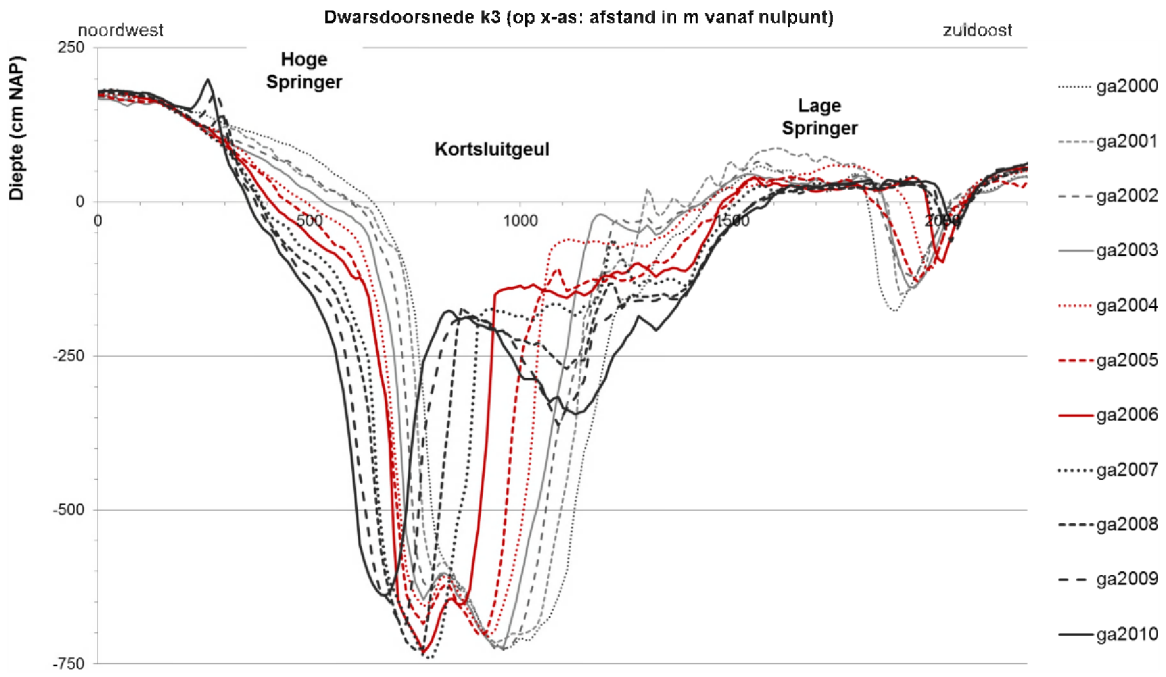


Figuur 3.5 Watervolume (doorgetrokken lijn, linker as) en sedimentatie (onderbroken lijn, rechter as) in de geulen van mesocel 2 (onder NAP -2 m, uit de sedimentbalans van Rijkswaterstaat).

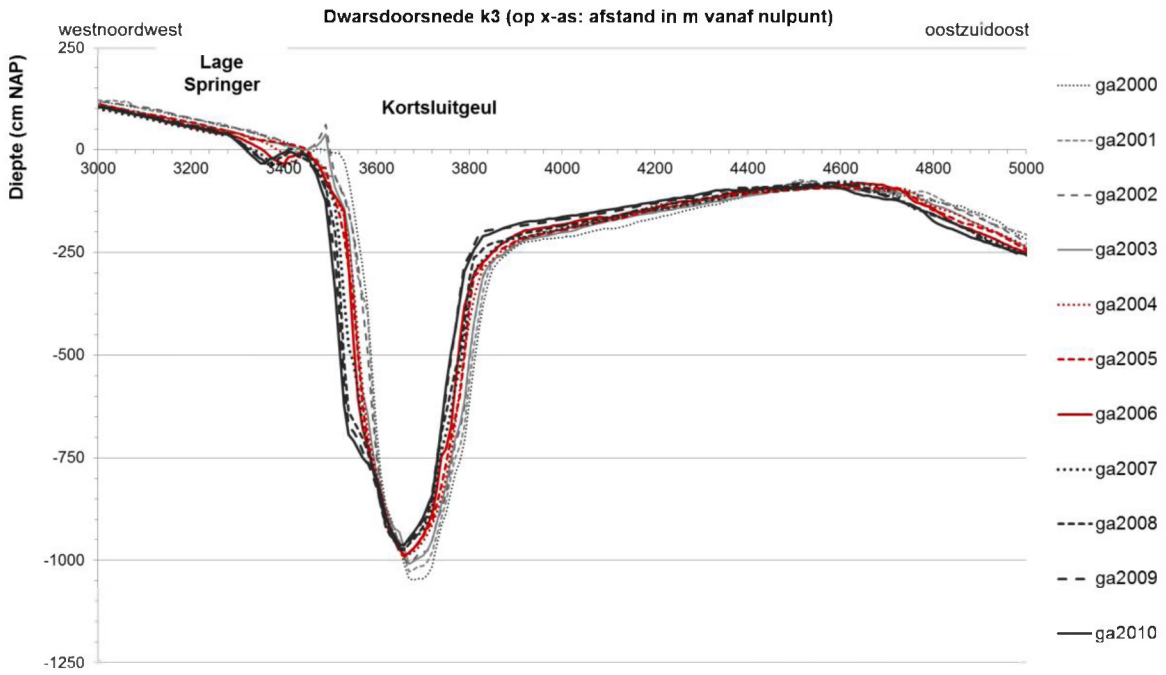
3.6 KORTSLUITGEULEN?

Het Vaarwater heeft drie verbindingen met de hoofdgeul Pas van Terneuzen (in macrocel 3). Van deze verbindingen worden hier de twee noordwestelijke, die rond de Lage Springer liggen, beschreven als kortsluitgeulen. In tegenstelling tot bij de kortsluitgeulen door de platen van macrocellen 3 en 4 hebben deze kortsluitgeulen een omvang in dezelfde orde van grootte als de omvang van het Vaarwater. De kortsluitgeulen in mesocel 2 vormen dan ook geen verbinding tussen de een hoofd- en nevengeul, zoals in andere macrocellen. Deze kortsluitgeulen zijn eerder vertakkingen van het Vaarwater, dan daadwerkelijke

kortsluitingen. Beide kortsluitgeulen verplaatsen naar het noordwesten, zoals zichtbaar is in de dwarsdoorsneden in figuur 3.6 en figuur 3.7.



Figuur 3.6 Dwarsdoorsnede k3 door de kortsluitgeul ten noordwesten van de Lage Springer (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 2.6).



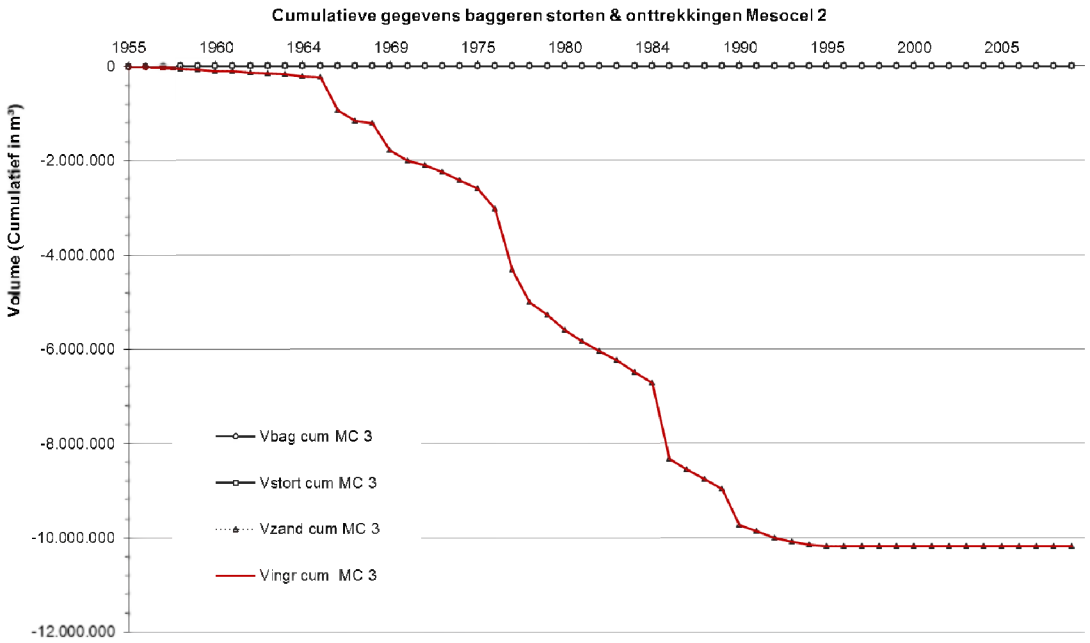
Figuur 3.7 Dwarsdoorsnede k3 door de kortsluitgeul ten zuidoosten van de Lage Springer (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 2.6).

De omvang van de noordwestelijke geul neemt af, maar de ontwikkeling omvat ook de vorming van een kleine vloedschaar ten zuidoosten van de geul, zoals zichtbaar is in de dwarsdoorsnede in figuur 3.6. Aan de noordwestzijde van deze kortsluitgeul heeft de verplaatsing naar het noordwesten geresulteerd in een steeds steilere overgang tussen de plaat Hoge Springer en de geul. De kortsluitgeul ten zuidoosten neemt enigszins in omvang toe (figuur 3.7). De optelsom van de omvang van beide geulen laat een kleine afname zien van het doorstroomoppervlak. Dat is, gezien de afname van de omvang van het Vaarwater een voor de hand liggende ontwikkeling: er zal immers niet alleen minder water door het Vaarwater zelf stromen, maar daarmee komt ook minder water beschikbaar voor de kortsluitgeulen.

3.7 SAMENHANG MET INGREPEN EN MET ANDERE BOCHTGROEPEN

Zoals in het voorgaande hoofdstuk is beschreven bij Macrocel 1, vormen de Hooge platen een barrière, die de uitwisseling van water en sediment tussen macrocel 1 en mesocel 2 beperkt. De aanvoer van sediment naar mesocel 2, dat daar netto sedimenteert, verloopt waarschijnlijk in hoofdzaak via de geulen (figuur 2.12). Zowel vanuit de monding als vanuit macrocel 3 kan sediment worden aangevoerd via de geulen. Het relatieve belang van de aanvoer uit monding versus die uit macrocel 3 is niet bekend.

Figuur 3.8 toont een grafiek met de cumulatieve ingreep volumes, die voor mesocel 2 alleen bestaan uit onttrekkingen voor het winnen van zand. In totaal is in de periode van 1955 tot 1994 ruim 10 x 10^6 m^3 zand onttrokken aan het Vaarwater. De gestage sedimentatie in mesocel 2 die is getoond in figuur 3.5, lijkt in termen van de trend in de ontwikkelingen, niet beïnvloedt te zijn door de onttrekkingen. Dit ondanks de relatief grote omvang van de onttrekkingen (bijna 30% van de volumeafname).
Zoals in het algemeen het geval, zijn de stortingen van baggerspecie uit de havens niet opgenomen in de overzichten van de ingrepen, omdat deze in termen van de sedimentvolumes in evenwicht zullen zijn met de sedimentatie die in de havens plaatsvindt. Lokaal in het intergetijdegebied aan de westzijde van de Hoogeplaten leveren stortingen uit de haven van Breskens mogelijk een bijdrage aan de sedimentatie in mesocel 2.



Figuur 3.8 Grafiek met de cumulatieve bagger, stort en zandwinvolumes en het cumulatieve totale ingrepen volume, voor de periode 1955-2008 (op basis van de Rijkswaterstaat zandbalans).

3.8 VERWACHTE ONTWIKKELINGEN MACROCEL 2 IN SAMENHANG MET HET BEHEER

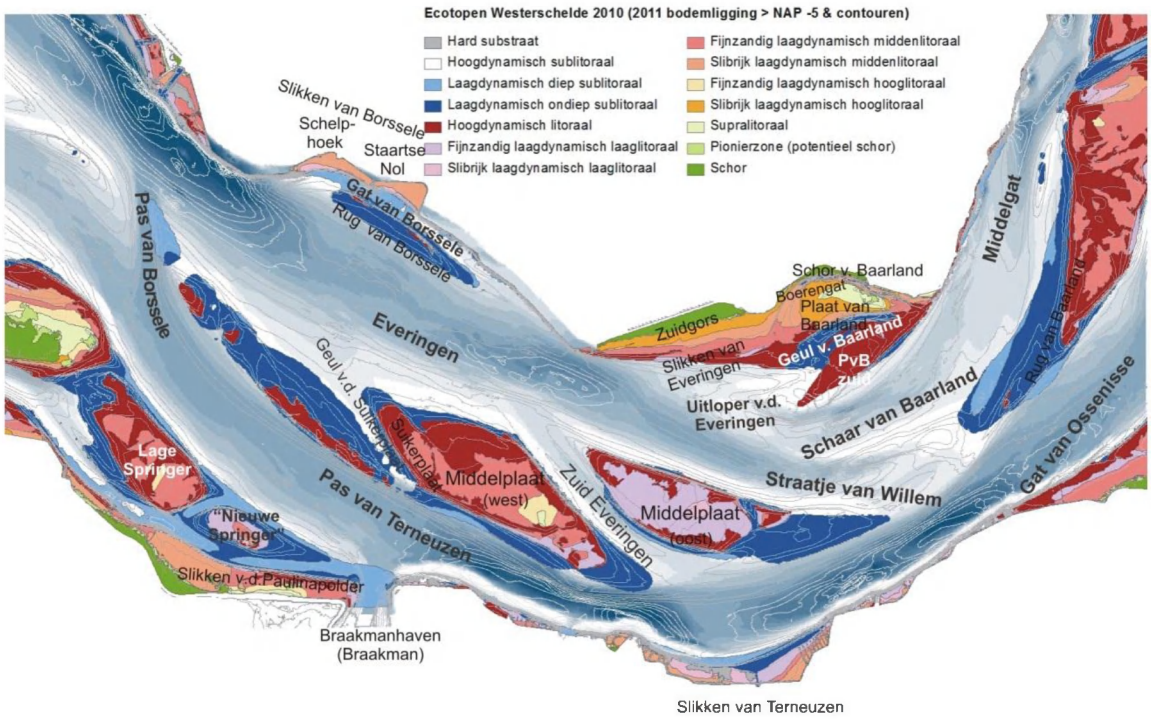
De dominante ontwikkeling in mesocel 2 is de sedimentatie in het Vaarwater. Deze ontwikkeling zal naar verwachting doorgaan, omdat deze ontwikkeling hoogstwaarschijnlijk het gevolg is van grootschalige veranderingen in dit deel van het estuarium, met als belangrijkste de afname en afdamming van de Braakman en de noordwaartse verplaatsing van de Honte. Beheer- of beleidsmaatregelen die op deze grootschalige ontwikkeling van invloed zijn, worden niet verwacht.

De plaatrandstortingen die bij de Hooge Plaat zijn uitgevoerd, hebben als doel om een lokaal een toename van het areaal laagdynamisch gebied te realiseren (Plancke e.a., 2008). Waarschijnlijk zullen deze lokale stortingen verder geen effect hebben op de morfologische dynamiek.

4 Macrocel 3 – Rondom de Middelplaat

4.1 INLEIDING EN GEBIEDSBESCHRIJVING

Macrocel 3 omvat de hoofdgeul Pas van Terneuzen en de nevengeul Everingen, die het Middelplaatcomplex omvatten (figuur 4.1). De (ebgeul) Pas van Terneuzen loopt over in macrocel 1 via de Pas van Borssele, een drempel die tegenwoordig door baggeren op de vereiste nautische diepte wordt gehouden. De (vloed)geul Everingen eindigt in een dynamisch drempelgebied, waar eb- en vloedscharen elkaar ontwijken, in steeds verschillende configuraties (Jeuken, 2000). Ten noorden van het drempelgebied van de Everingen ligt de Plaat van Baarland, die eigenlijk bestaat uit twee aan de noordoever verheelde platen met daartussen de restanten van geulen. Ten westen van de Plaat van Baarland liggen het Zuidgors en de Slikken van Everingen.



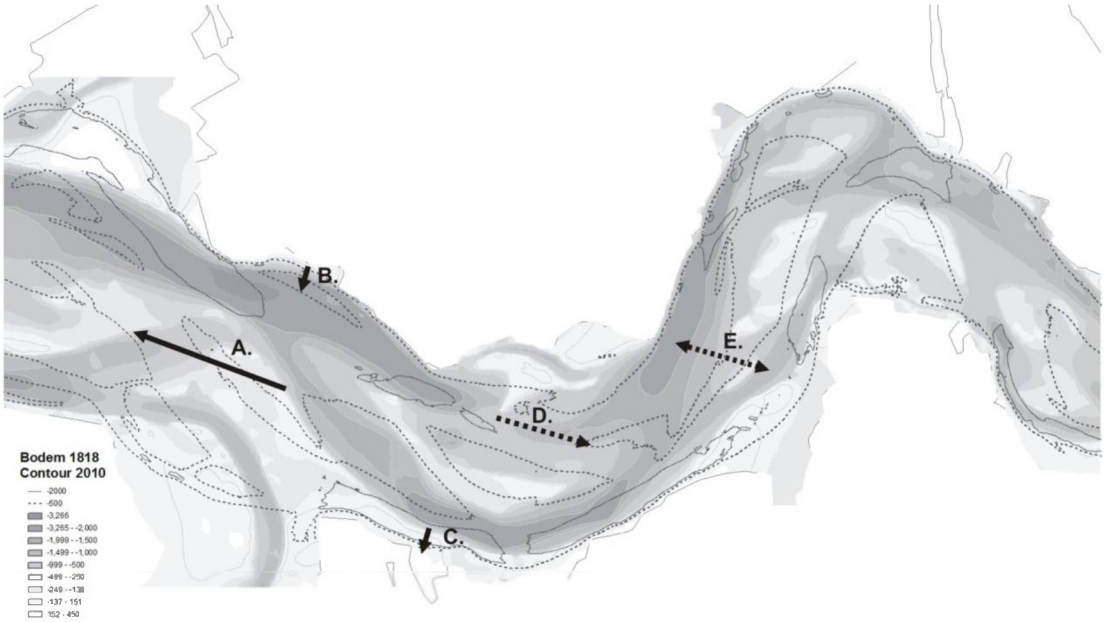
Figuur 4.1 Overzichtskaart van macrocel 3 in de Westerschelde, met de in tekst gebruikte namen.

Het Middelplaatcomplex wordt doorsneden door twee kortsluitgeulen, de Zuid-Everingen en de Geul van de Suikerplaat. Aan de westzijde van de Middelplaat liggen een aantal kleinere platen met geulen die zeer dynamisch zijn.

Ten noorden van de Everingen worden, ten oosten van Borssele, nog twee slikken aangetroffen met ten zuiden daarvan de geul Gat van Borssele. Het Gat van Borssele is een parallelle geul aan de Everingen met ertussen een langgerekte plaat, de Rug van Borssele
Op de grens met mesocel 2 ligt de Braakmanhaven. Bij Terneuzen zelf ligt het havencomplex met de sluizen naar het kanaal van Gent naar Terneuzen. Ten oosten van Terneuzen liggen de Slikken van Terneuzen.

4.2 SLEUTELASPECTEN

In figuur 4.2 zijn de belangrijkste grootschalige ontwikkelingen weergegeven die de lange termijn ontwikkelingen in en rond macrocel 3 hebben gedomineerd. Dit zijn:
A. Westwaartse verplaatsing van de Pas van Borssele;
B. Zuidwaartse verplaatsing Everingen en ontstaan Rug van Borssele;
C. Zuidwaarts uitbochten Pas van Terneuzen;
D. Oostwaartse uitbreiding Everingen en verplaatsing van het drempelgebied;
E. Functieverandering hoofd- en nevengeul Macrocel 4 (in volgende hoofdstuk).



Figuur 4.2 Bodemligging in 1818 met de contouren uit 2010 en de sleutelaspecten voor de lange termijn ontwikkeling.

A. Westwaartse verplaatsing van de Pas van Borssele
In de kaart in figuur 4.2 is zichtbaar dat de geul 'Pas van Borssele' enkele kilometers naar het westen is opgeschoven, in de loop van eeuwen. Met de verschuiving is ook de westelijke begrenzing van het Middelplaatcomplex opgeschoven naar het westen. Het plaatcomplex is hiermee, in samenhang met de andere ontwikkelingen, langgerekter geworden. De oorzaak voor de verandering is niet bekend, mogelijk hangt het samen met de veranderingen in macrocel 1 en 2, waar het grootschalig patroon van de geulen compleet is veranderd.

B. Zuidwaartse verplaatsing Everingen en ontstaan Rug van Borssele
In 1818 lag de Everingen nog langs de noordoever van de Westerschelde ter hoogte van Borssele (figuur 4.2). Gaandeweg is de positie van de Everingen weggedraaid van die plek, waarmee ruimte is ontstaan

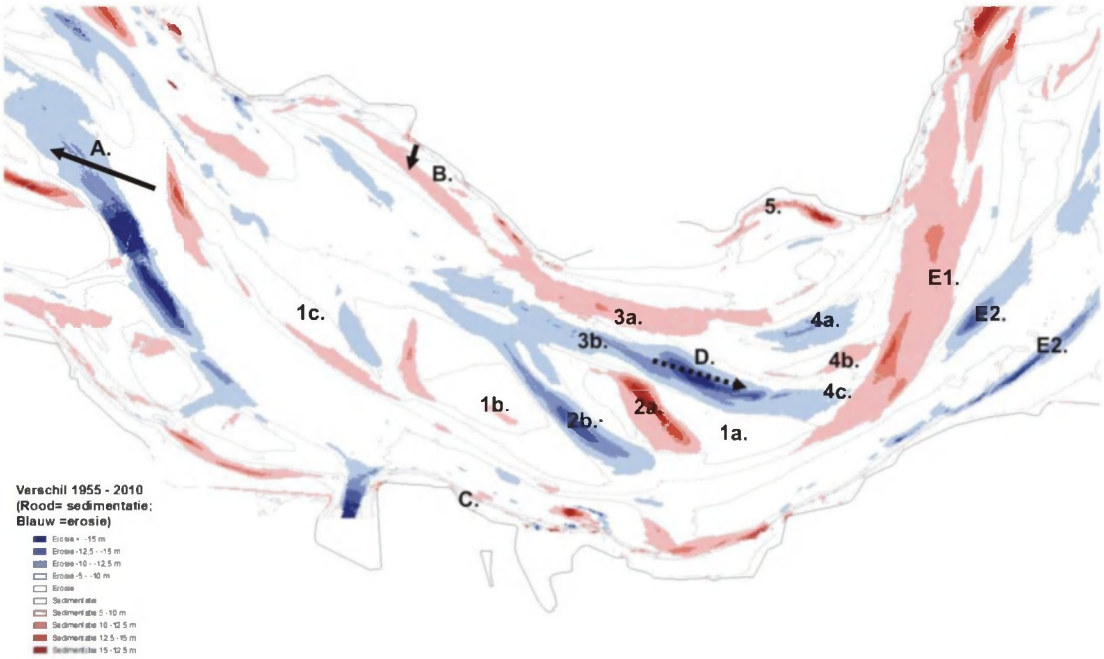
voor de ontwikkeling van de Rug van Borssele. Met het ontstaan van de Rug van Borssele is een eigenstandige parallelle geul bij de kust ontstaan, dit is het Gat van Borssele.

C. Zuidwaarts uitbochten Pas van Terneuzen
De hoofdgeul 'Pas van Terneuzen' is ter plaatse van Terneuzen naar het zuiden opgeschoven. Dit is tot stilstand gebracht door menselijke ingrepen, in de vorm van het aanbrengen van dammen en bestortingen.

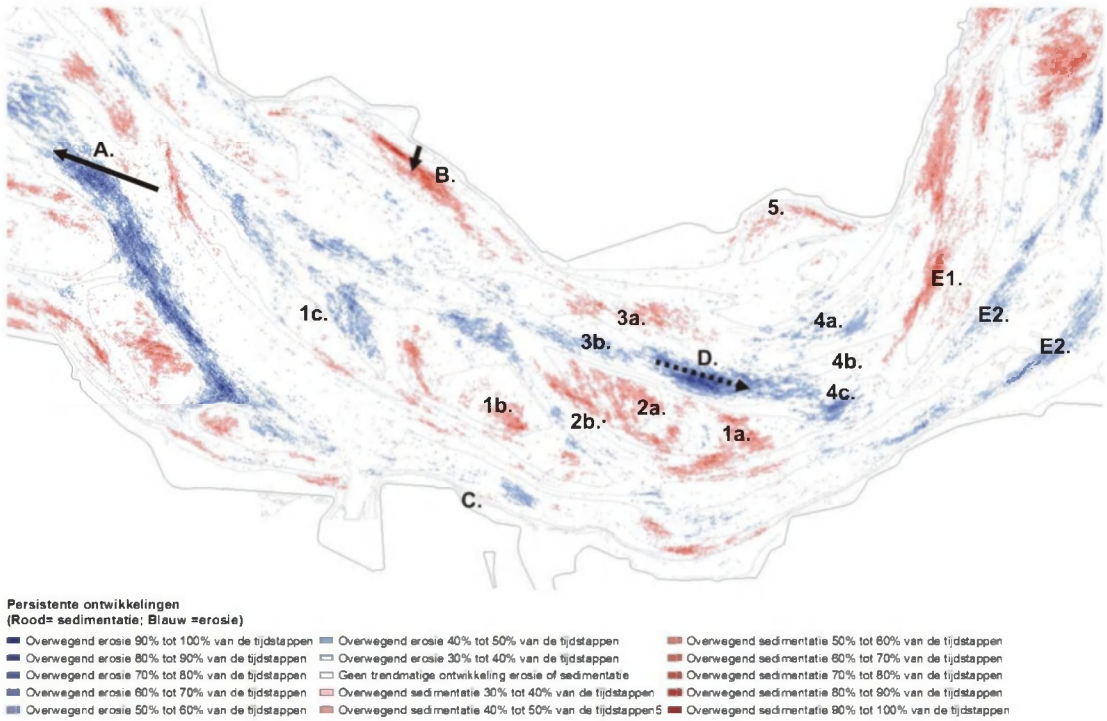
D. Oostwaartse uitbreiding Everingen en verplaatsing van het drempelgebied
In de kaart van 1818 in figuur 4.2 ligt de drempel tussen Everingen en het Middelgat ter hoogte van het Zuidgors. Daarna is het oostelijke uiteinde van de Everingen steeds verder naar het oosten opgeschoven en is het zuidelijke uiteinde van het Middelgat naar het noorden verplaatst. Daarmee is de positie van de drempel enkele kilometers naar het oosten opgeschoven, zodat deze tegenwoordig ten zuiden van de Plaat van Baarland ligt.

Bovenstaande grootschalige ontwikkelingen vormen het kader waarbinnen andere ontwikkelingen hebben plaatsgevonden. In de volgende paragrafen worden deze ontwikkelingen beschouwd, die met cijfers zijn aangegeven in figuur 4.3 (de letters corresponderen met de hierboven beschreven sleutelaspecten):
1. Afname areaal en sedimentatie op de Middelplaten;
2. Ontstaan, verplaatsing en verdwijnen van de kortsluitgeulen door de Middelplaten;
3. Verplaatsing Everingen;
4. Dynamiek van eb- en vloedscharen op de drempel;
5. Verdwijnen van de Geul van Baarland.

Ook worden de ontwikkelingen van de slikken en schorren beschreven. Niet in figuur 4.3 en figuur 4.4 , maar wel relevant voor de morfologische ontwikkelingen, is dat de omvang hoofd- en nevengeul stabiel is in deze macrocel.



Figuur 4.3 Verschil in bodemligging in macrocel 3 tussen 1955 en 2010 (blauw = erosie; rood = sedimentatie).



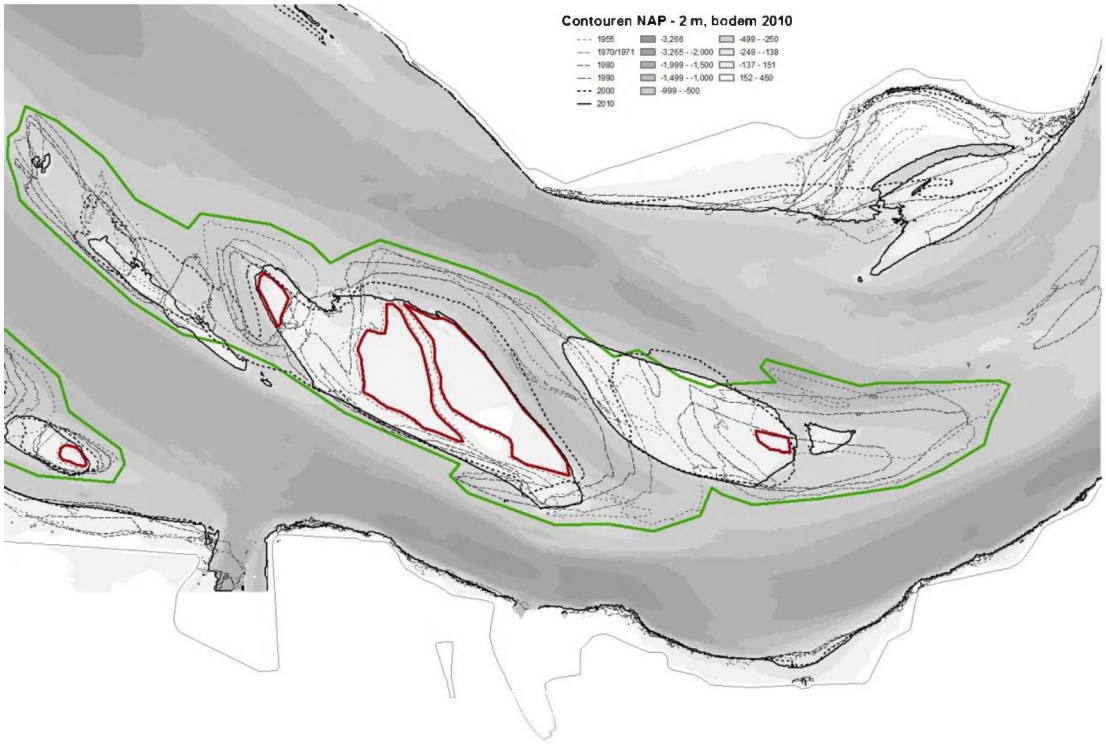
Figuur 4.4 Persistente morfologische veranderingen in macrocel 3 (blauw = overwegend erosie ; rood = overwegend sedimentatie).

4.3 MIDDELPLATEN

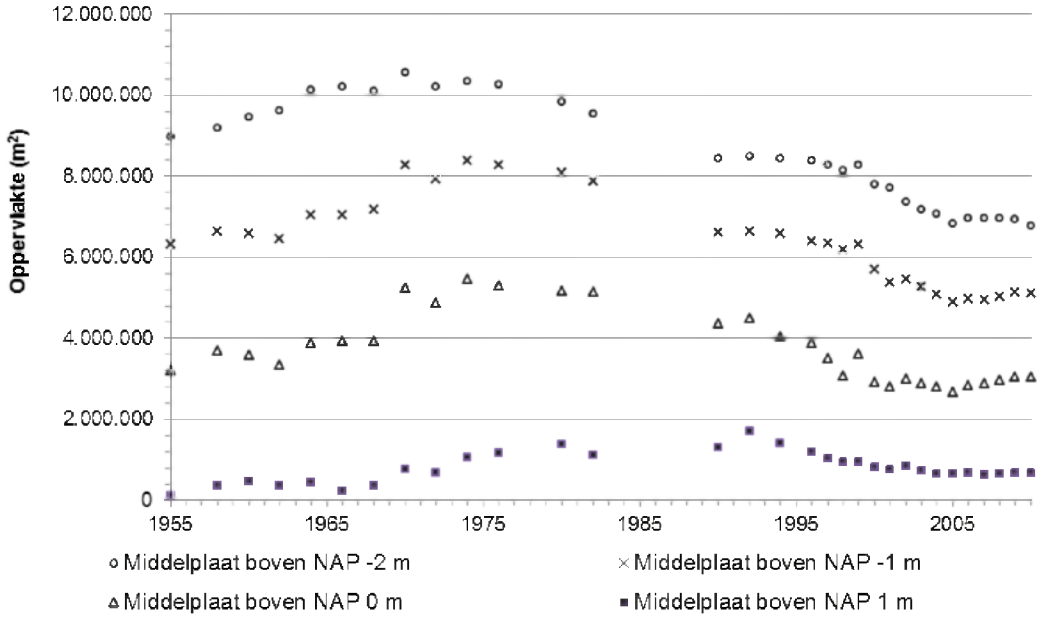
Het Middelplaatcomplex wordt omsloten door de Everingen aan de noordzijde en de Pas van Terneuzen aan de zuidzijde. In de periode van 1955 tot 2010 Figuur 4.5 is een kaart met daarin de contouren van het complex in deze periode en de grenzen van de kuberingsgebieden. Ten opzichte van de huidige situatie valt op dat, zowel aan de noordzijde als aan de oostzijde van de plaat, er vroeger meer plaatdelen lagen. In de grafiek met de ontwikkelingen van het plaatareaal in figuur 4.6 is zichtbaar dat de oppervlakte van het plaatcomplex na een periode van toename tot begin jaren zeventig een vrijwel doorgaande afname heeft doorgemaakt. Deze toename gevolgd door een afname heeft zich voorgedaan boven alle referentiehoogtes, waarbij het lijkt dat voor de hogere delen de omslag naar een afname van de arealen later heeft plaatsgevonden. Waarschijnlijk is dit omdat naast de areaalafname ondertussen een toename van de plaathoogte heeft plaatsgevonden. De toename van de plaathoogte is weergegeven in de grafiek in figuur 4.7, voor de hoogste delen van de platen. De toename is niet constant, er zijn ook periodes waarin de gemiddelde plaathoogte tijdelijk afneemt. Figuur 4.4, met de persistente ontwikkeling, laat op de locatie Middelplaat ook een aantal gebieden zien waarin overwegend sedimentatie plaatsvindt en de hoogte toeneemt. De toename van de gemiddelde hoogte betekent dat het areaal van de hoge delen ook toeneemt. Daarom is in figuur 4.6 in de grafiek sprake van een periode met toename van het areaal van de hogere delen, terwijl het totale areaal (boven NAP –2m) al afneemt. Na verloop van tijd gaat de afname van het areaal de gehele ontwikkeling domineren.

De waarschijnlijke oorzaak voor de afname van het plaatareaal van het Middelplaatcomplex is het opschuiven van de Everingen naar het zuiden en de verlenging ervan naar het oosten. Met het verschuiven van de Everingen is plaatareaal aan de noordzijde verloren gegaan, terwijl er aan de zuidzijde slechts een beperkt areaal is bijgekomen. Aan de zuidzijde worden de mogelijkheden voor het verplaatsen van de plaat beperkt doordat de positie van de Pas van Terneuzen vast ligt. Ook lijkt het erop dat de

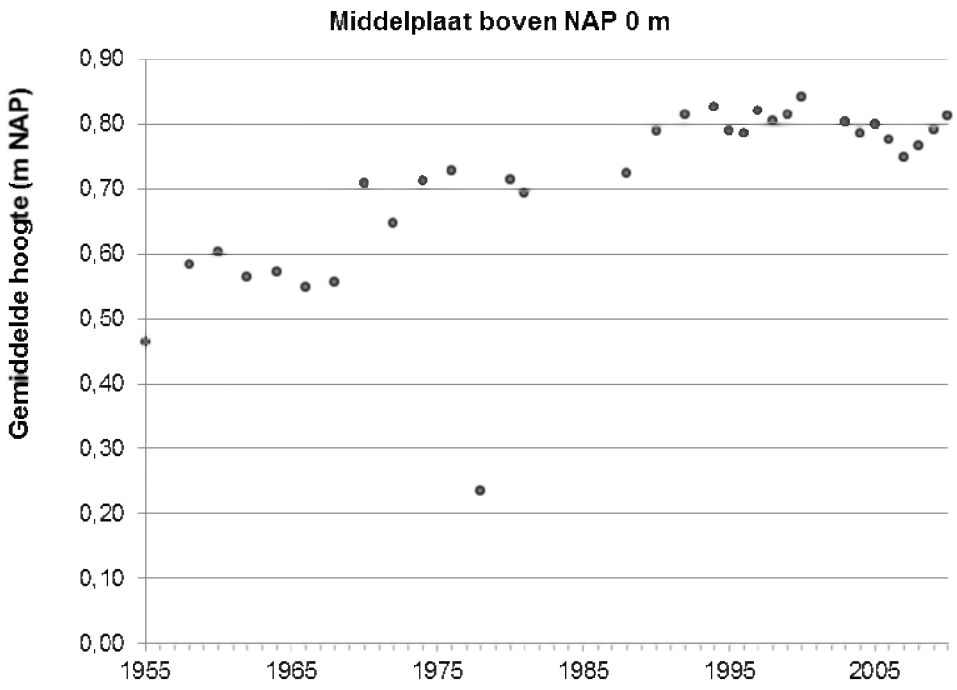
ontwikkeling van nieuwe plaatdelen aan de oostzijde van het complex is afgenomen. De ontwikkeling van de kortsluitgeulen wordt in de volgende paragraaf beschreven.



Figuur 4.5 Middelplaten met de contouren van de NAP -2 m waterlijn uit verschillende jaren, met kuberingsgebieden, van de gehele complexen (groen) en van de delen die altijd hoger zijn geweest dan NAP – 2m (rood).



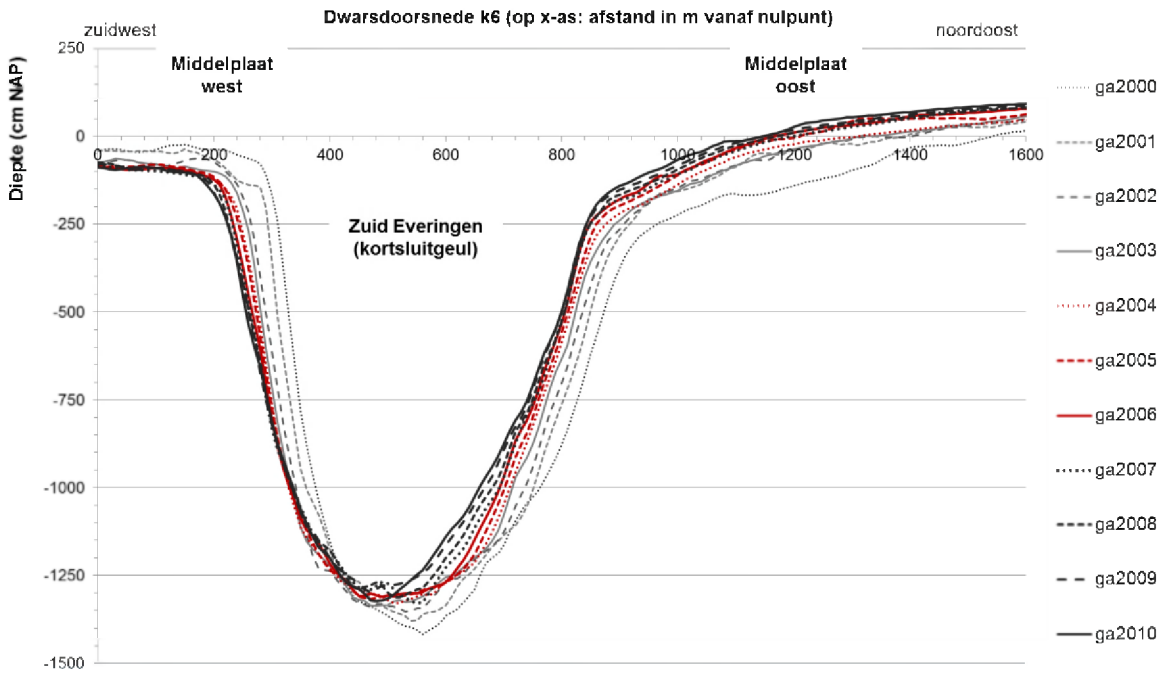
Figuur 4.6 Arealen boven verschillende hoogteniveaus van de Middelplaten (binnen het groene gebied in figuur 4.5).



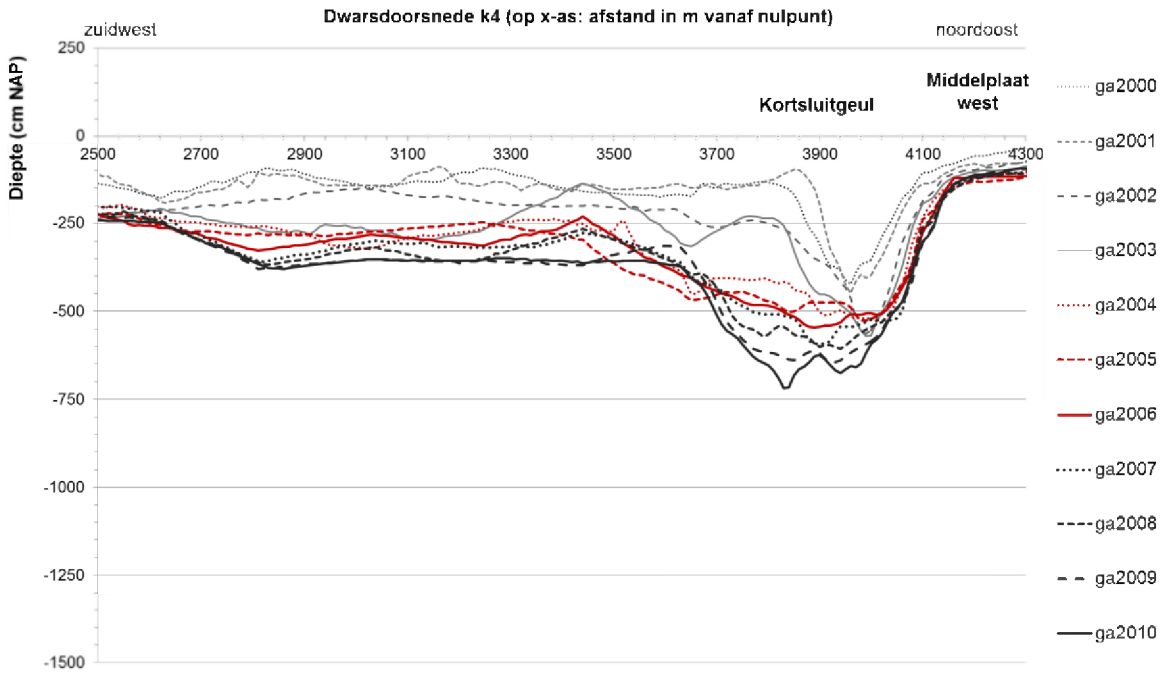
Figuur 4.7 Gemiddelde plaathoogte (sedimentvolume / oppervlakte) van de hoogste delen van de Middelplaat (binnen het rode kuberingsgebied in figuur 4.5).

4.4 KORTSLUITGEULEN DOOR DE MIDDELPLAAT

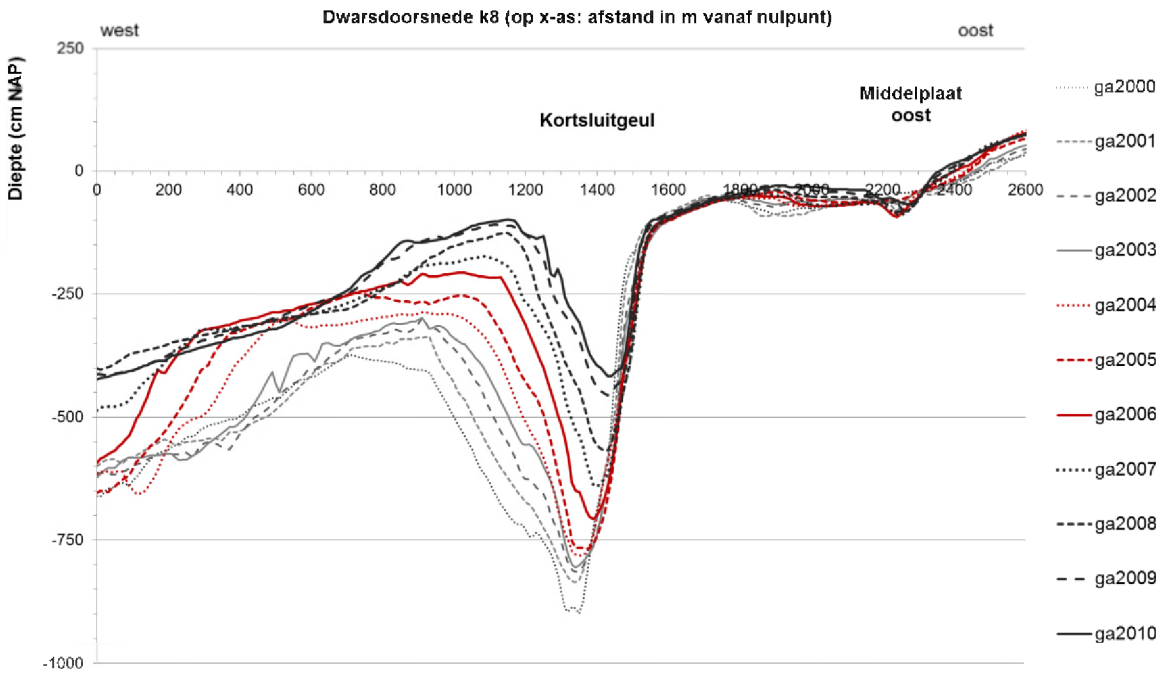
Het Middelplaatcomplex wordt doorsneden door twee grote kortsluitgeulen: de Zuid-Everingen (figuur 4.8) en de Geul van de Suikerplaat (figuur 4.9). Ten westen van de Geul van de Suikerplaat ligt een 'staart' van het plaatcomplex, met kleine geulelementen die van elkaar worden gescheiden door kleine kortsluitgeulen. Aan de oostzijde van het complex worden kleinere platen gevormd, die van de oostelijke Middelplaat worden gescheiden door kleine kortsluitgeulen (figuur 4.10). De Zuid-Everingen verplaatst gaandeweg van oost naar west, zoals zichtbaar is in de dwarsdoorsnede in figuur 4.8. De verplaatsingssnelheid bedraagt tien tot tientalen meters per jaar. In het verleden hebben andere kortsluitgeulen, zoals de Geul van de Suikerplaat en het Stoombotengat ook een traject van oost naar west door het plaatcomplex afgelegd. De Geul van de Suikerplaat is tegenwoordig aan het einde van het traject van oost naar west gekomen. De tegenwoordige ontwikkeling van deze geul wordt gedomineerd door de verdieping en verruiming (figuur 4.9) die ook ten westen van deze geul plaatsvindt. De oorzaak van deze ontwikkeling is vooralsnog onbekend.
Aan de oostzijde van het Middelplaatcomplex worden soms kleine platen gevormd die door een kleine kortsluitgeul van het plaatcomplex worden gescheiden. In figuur 4.10 is van een dwarsdoorsnede de recente ontwikkeling van een plaat en de afname van de kortsluitgeul tussen deze kleine plaat en het plaatcomplex in beeld gebracht. De doorgaande verondieping en afname van de breedte van de kortsluitgeul lijkt te wijzen op een toekomstig verheling van de kleine plaat met het plaatcomplex. Mogelijke is in het verleden de vorming van dergelijke platen en kortsluitgeulen anders verlopen en zijn op deze locaties de kortsluitgeulen zoals de Zuid-Everingen gevormd.



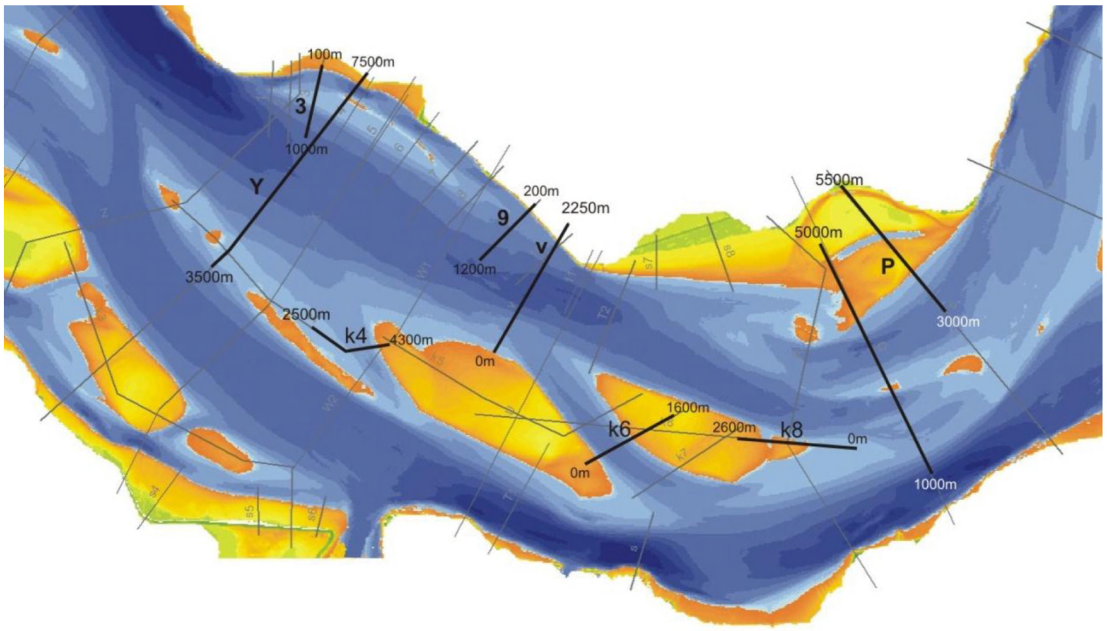
Figuur 4.8 Dwarsdoorsnede k6 door de kortsluitgeul Zuid Everingen in het Middelplaatcomplex (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 4.11).



Figuur 4.9 Dwarsdoorsnede k4 aan de westzijde van het Middelplaatcomplex (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 4.11).



Figuur 4.10 Dwarsdoorsnede k8 door de kortsluitgeul aan de oostzijde Middelplaatcomplex (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 4.11).

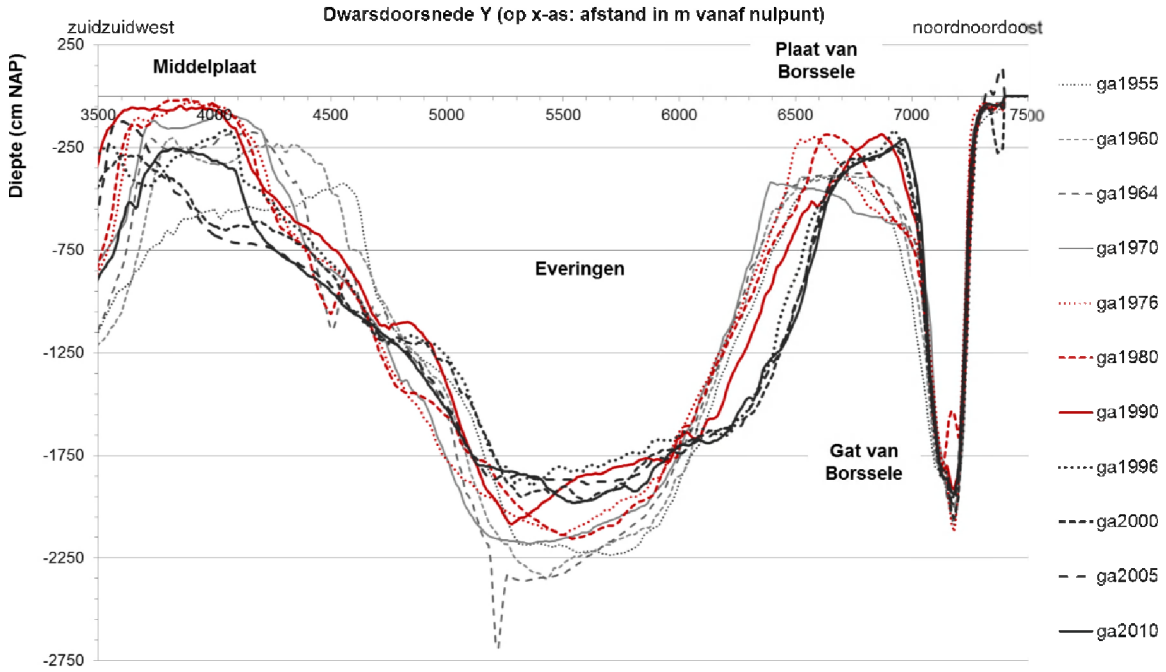


Figuur 4.11 Locaties van de dwarsdoorsneden op de bodemligging van 2011. De in dit rapport getoonde dwarsdoorsneden zijn in het zwart aangegeven, het begin en eindpunt is gemarkeerd.

4.5 VERPLAATSING VAN DE EVERINGEN

Bij de sleutelaspecten is stilgestaan bij de verplaatsing van de Everingen naar het zuiden, waarbij ruimte is ontstaan voor de vorming van de Rug en het Gat van Borssele. In de dwarsdoorsnede in figuur 4.12 is deze verplaatsing zichtbaar aan de linkerzijde, waar de bovenzijde van het geulprofiel naar het zuiden is verschoven. Deze ontwikkeling is ten koste gegaan van de Middelplaat, die gaandeweg een kleinere

omvang heeft gekregen. In deze dwarsdoorsnede is ook een ontwikkeling zichtbaar aan de noordzijde, waar de geulwand naar het noorden is verplaatst. Deze noordwaartse verplaatsing heeft de Rug van Borssele gaandeweg naar het noorden geschoven. Daarbij zijn de diepe delen van de geul ondieper geworden. Het is niet ondenkbaar dat de verondieping van de Everingen gerelateerd is aan het uitvoeren van stortingen op deze locatie.

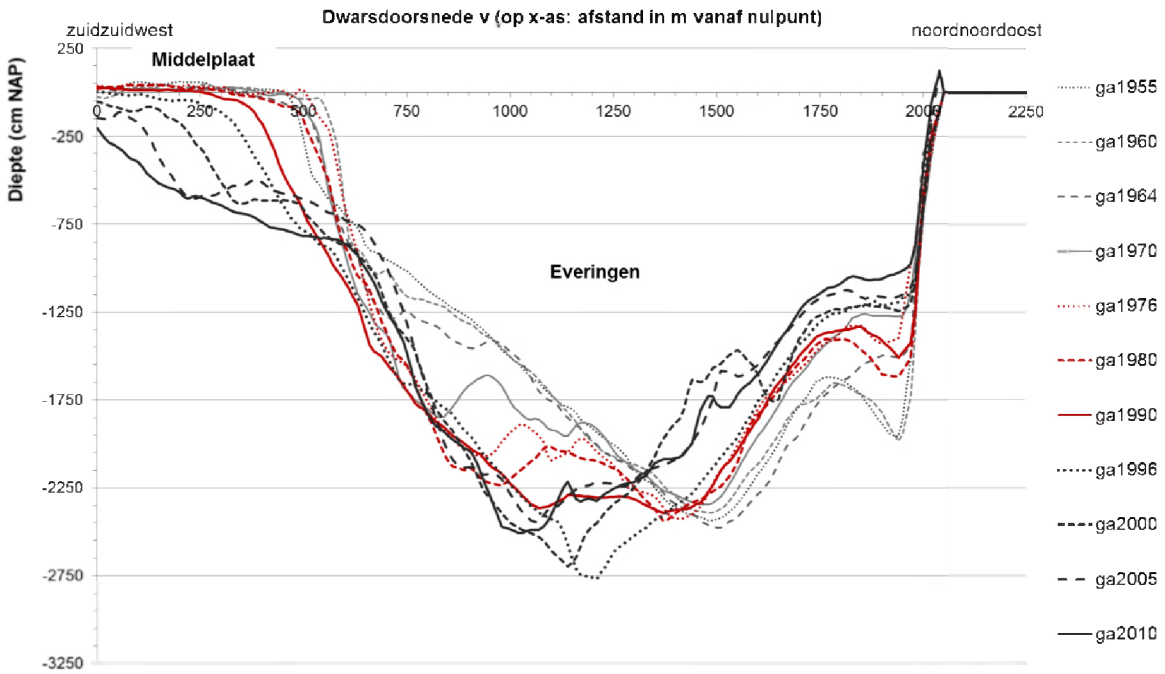


Figuur 4.12 Dwarsdoorsnede Y door de nevengeul Everingen (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 4.11).

Op locaties verder naar het oosten is sprake van een verplaatsing van de geul naar het zuiden, zoals zichtbaar is in de dwarsdoorsnede in figuur 4.13. Deze dwarsdoorsnede toont de verplaatsing van de zuidelijke geulwand naar het zuiden, waarbij de Middelplaat wordt geërodeerd. Het diepere deel van de noordelijke geulwand verplaatst ook naar zuiden en bouwt gaandeweg op. Door deze ontwikkelingen is het zwaartepunt van de geul naar het zuiden opgeschoven.

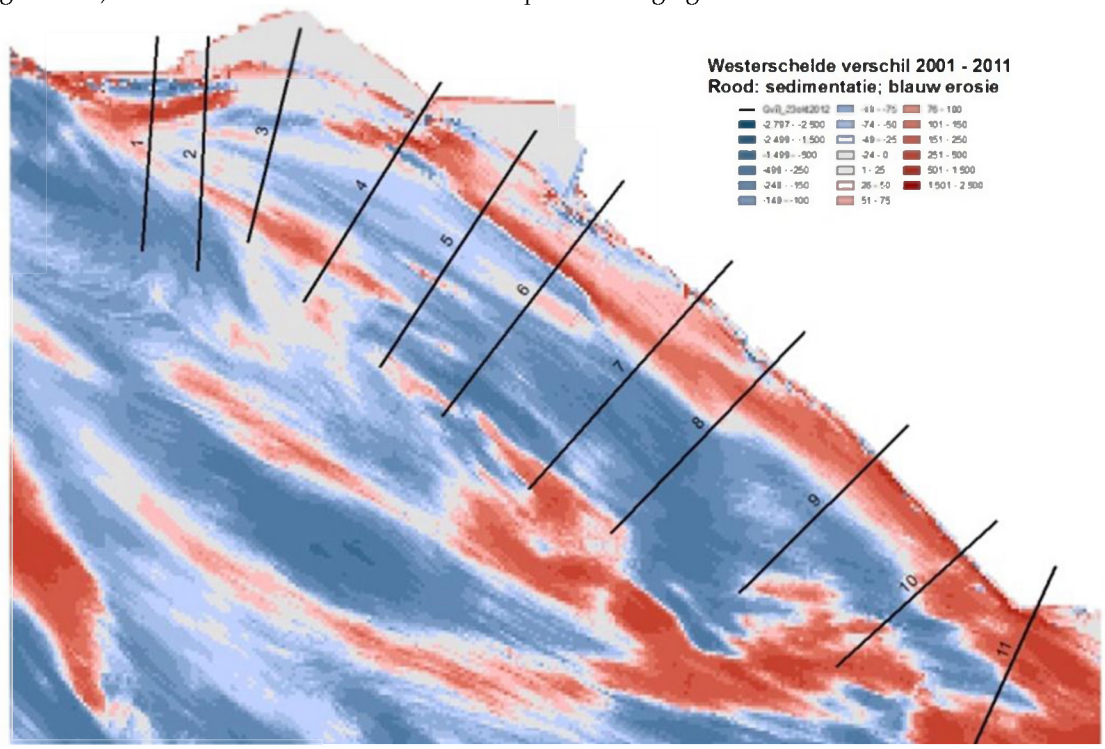
4.6 GAT EN PLAAT VAN BORSSELE

In de voorgaande paragraaf is al kort stilgestaan bij de ontwikkeling van de noordoever van de Everingen en de gevolgen daarvan voor de Plaat en het Gat van Borssele. In deze paragraaf wordt in iets meer detail ingegaan op de ontwikkeling van het Gat en de Plaat van Borssele en worden de Slikken van Borssele beschreven. De Slikken van Borssele bestaan uit twee delen die ten opzichte van de geul in twee inhammen liggen. De westelijke inham is de Schelphoek en de oostelijke inham de Staartse nol. Het zijn twee laagdynamische slikken waar veel vogels foerageren. Het opvallende verschil tussen beide is dat de Schelphoek, zoals de naam al zegt schelp- en zandrijk is, terwijl de Staartse nol zeer slibrijk is. Er is geen fysische verklaring voor het grote contrast in sedimentsamenstelling over deze korte afstand.
De kaart in figuur 4.14 geeft het verschil de bodemligging tussen 2001 en 2011. Duidelijk is dat in een belangrijk deel van het gat van Borssele sedimentatie (rood) is opgetreden, maar dat er lokaal erosie plaatsvindt. De oppervlakte van de slikken is stabiel, lokaal vindt langs de overgang naar de geul erosie of sedimentatie plaats.



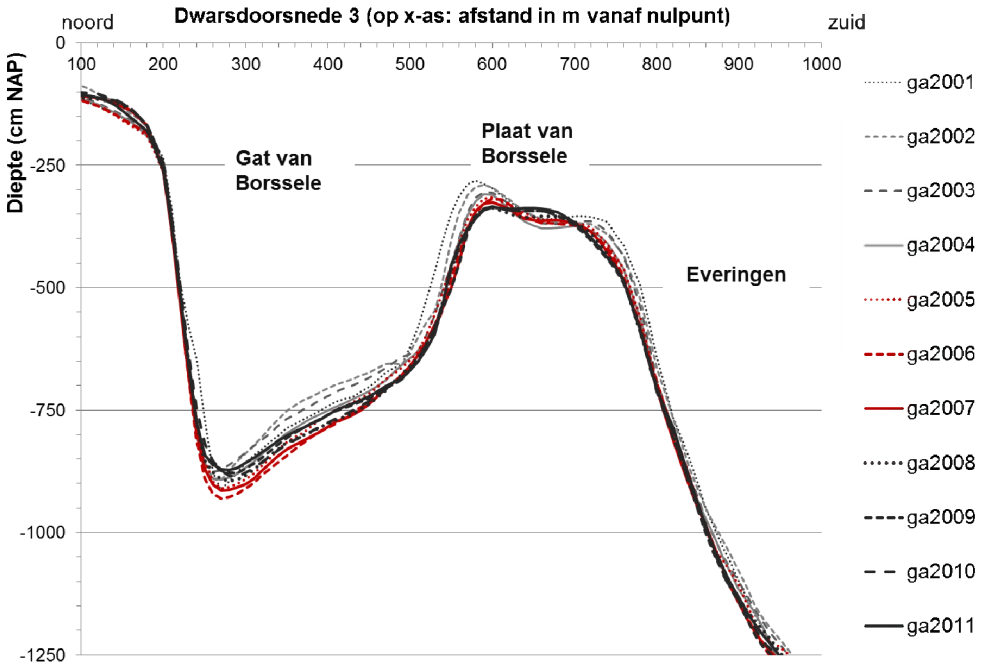
Figuur 4.13 Dwarsdoorsnede v door de nevengeul Everingen (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 4.11).

Uit de dwarsdoorsneden blijkt dat de sedimentatie en erosie niet geheel representatief is voor de hele periode van 2001 tot 2011. In de tussenliggende periode heeft tussentijds een verdieping plaatsgevonden die is gevolgd door sedimentatie en verondieping. Dit is bijvoorbeeld het geval in dwarsdoorsnede 3 (figuur 4.15). In deze dwarsdoorsnede is ook een beperkte verlaging van de Plaat van Borssele zichtbaar.

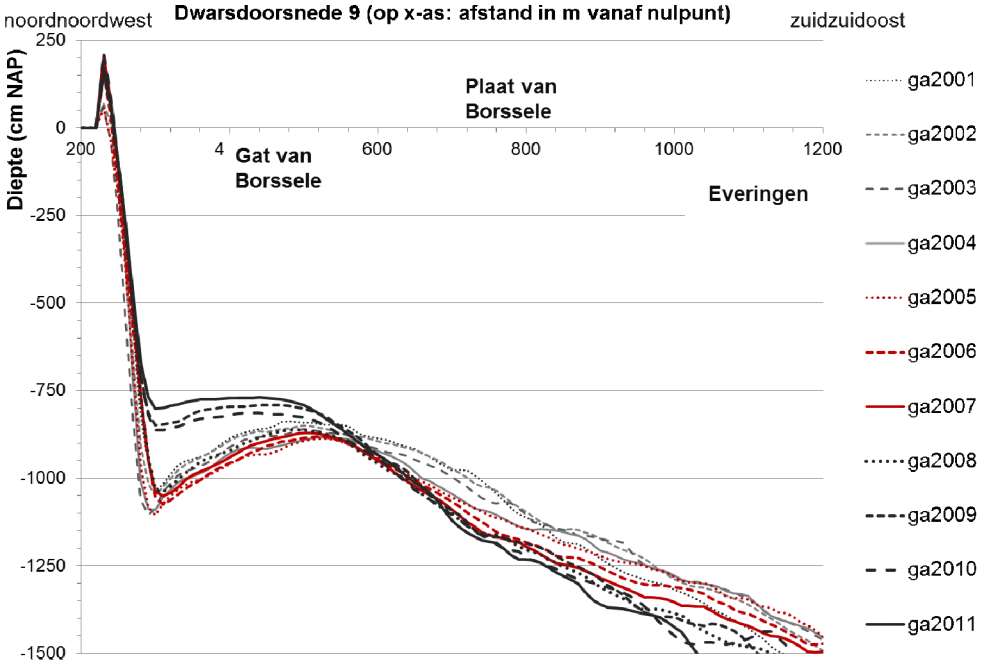


Figuur 4.14 Verschil in bodemligging bij de Plaat en het gat van Borssele in macrocel 3 tussen 2001 en 2011 (blauw = erosie; rood = sedimentatie), met de locaties van dwarsdoorsneden.

De diepste delen van de geul blijken in de dwarsdoorsneden zeer stabiel te zijn. De aanwezigheid van deze diepe delen hangt waarschijnlijk samen met de aanwezig van harde (met steen bestorte) ophangpunten, waarvan twee zichtbaar zijn in de vorm van nollen. Aan de oostzijde van het Gat van Borssele, waar de geul samenvloeit met de Everingen, overheerst de sedimentatie. In de dwarsdoorsnede in figuur 4.16 is dit zeer duidelijk zichtbaar.



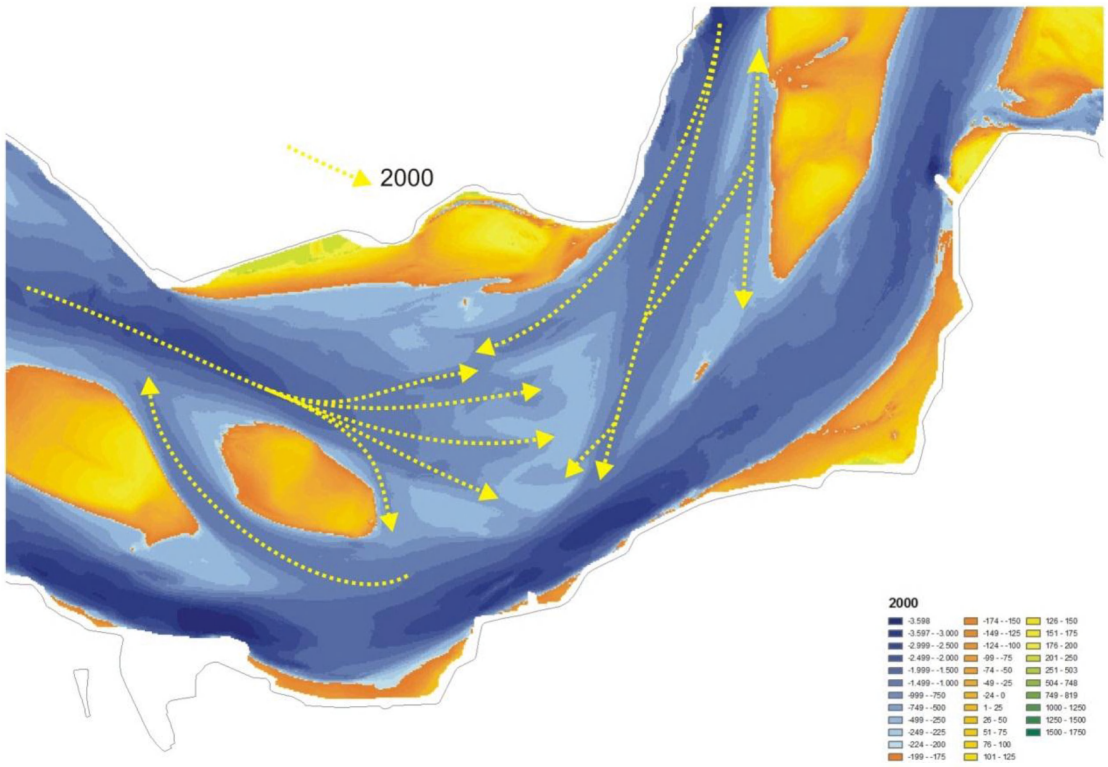
Figuur 4.15 Dwarsdoorsnede 3 door het Gat en de Rug van Borssele (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 4.11 en in figuur 4.14)



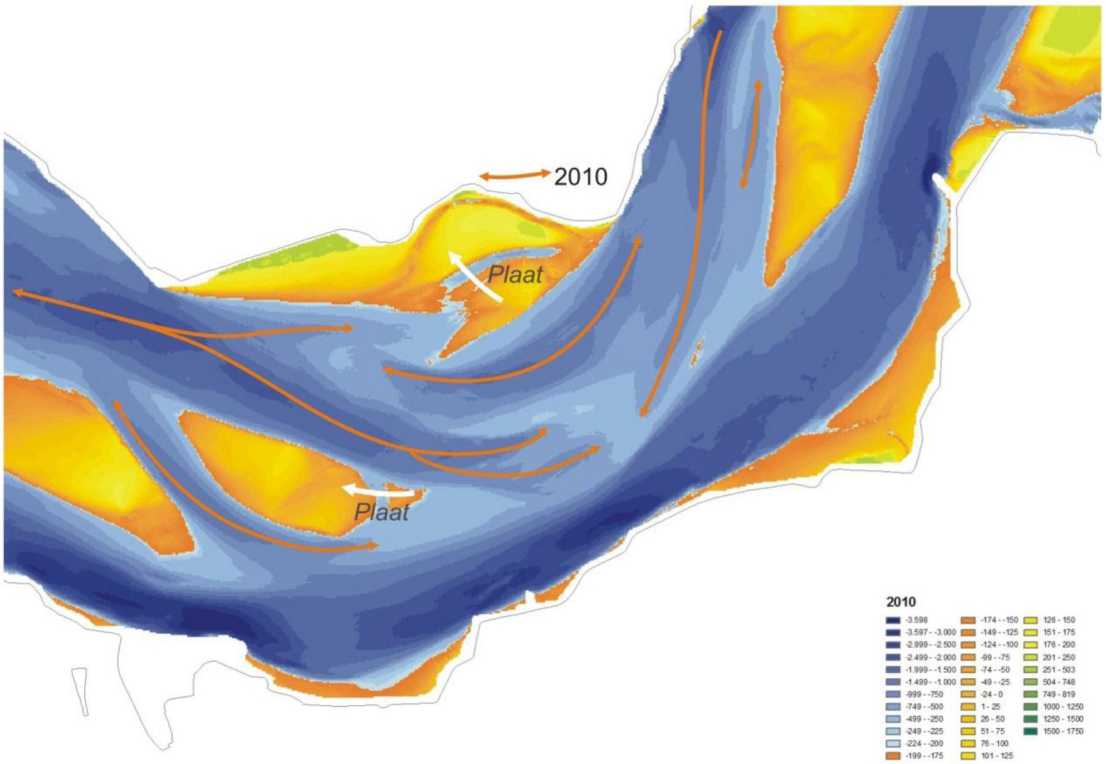
Figuur 4.16 Dwarsdoorsnede 3 door het Gat en de Rug van Borssele (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 4.11 en in figuur 4.14).

4.7 DYNAMIEK OP DE DREMPEL

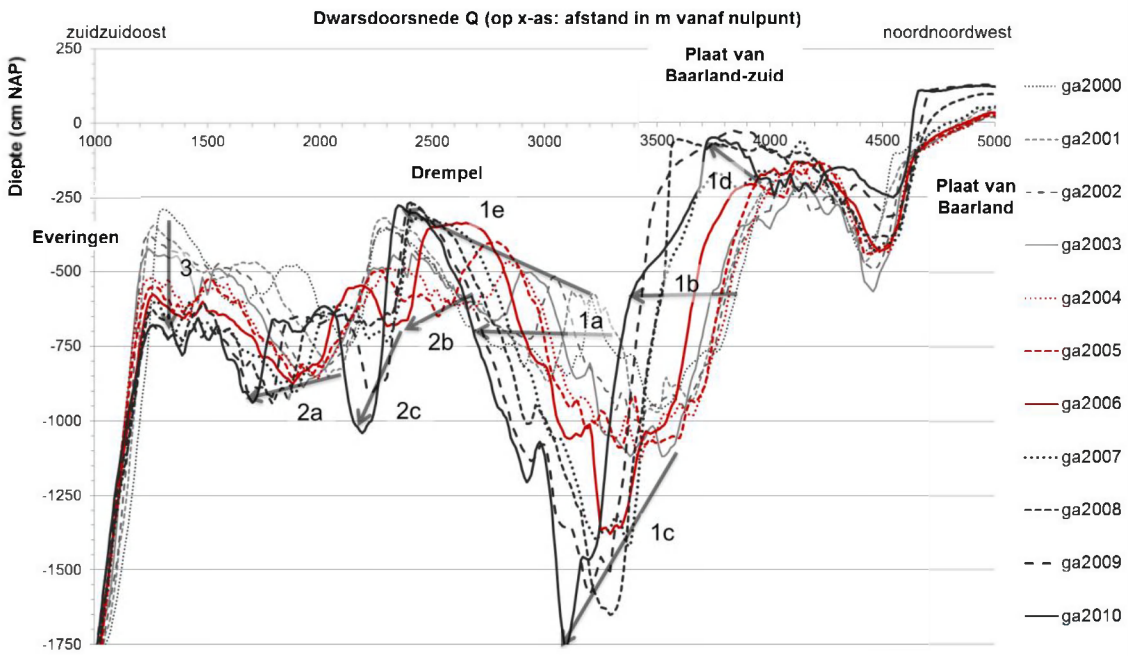
Het drempelgebied van de Everingen is een van de meest dynamisch gebieden van de Westerschelde (Jeuken, 2000), door de vorming en verplaatsing van eb- en vloedscharen met hun schilden (de ondieptes aan het einde van de geul). Figuur 4.17 toont een kaart van het drempelgebied in het jaar 2000. De Everingen splitst in vier vloedscharen en het Middelgat in drie ebscharen. In vergelijking hiermee is de situatie in 2010, die wordt getoond in figuur 4.18, overzichtelijker. In de periode daartussen splitst de Everingen in drie en het Middelgat in twee scharen. De geometrie van de ondieptes verandert mee, van complex in 2000 naar overzichtelijk in 2010. Deze veranderingen in de geometrie van geulen en drempels is door Jeuken (2000) beschreven als een cyclus, die zich met een periode van 8 tot 10 jaar herhaalt.
De dwarsdoorsnede in figuur 4.19 loopt door het drempelgebied en omvat de periode van 2000 tot 2010. In de dwarsdoorsnede is te zien dat de drempeldynamiek leidt tot grote veranderingen in de diepte en locatie van geulen en ondieptes. De ontwikkelingen 1a tot en met 1e hangen samen met de toename in doorstroomoppervlakte van de ebschaar vanuit het Middelgat en met de verheling van een plaat met de Plaat van Baarland (1d). De toename van de doorstroomoppervlakte wordt bereikt door de verdieping van de geul (1c). Door verplaatsing van de geulwanden (1a en 1b) verplaatst de ebschaar naar het zuiden, terwijl ondertussen aan de zuidzijde de omvang van de ondiepte toeneemt (1e). Ten zuiden daarvan vindt ook verplaatsing en verdieping plaats van het Straatje van Willem (2b en 2c, een van de ebscharen van de Everingen) en ook van de andere ebschaar (2a). De drempel tussen de Everingen en het Gat van Ossenisse wordt daarbij gaandeweg lager (3).
Onderdeel van de dynamiek op de drempel is het ontstaan van platen die verhelen met het Middelplaatcomplex, zoals is beschreven in de voorgaande paragraaf en die verhelen met de noordoever, wat beschreven wordt in een van de volgende paragrafen.



Figuur 4.17 Drempelgebied van de Everingen in 2000. De geulassen zijn gemarkeerd.



Figuur 4.18 Drempelgebied van de Everingen in 2010. De geulassen zijn gemarkeerd.



Figuur 4.19 Dwarsdoorsnede Q door de drempel van de Everingen (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 4.11).

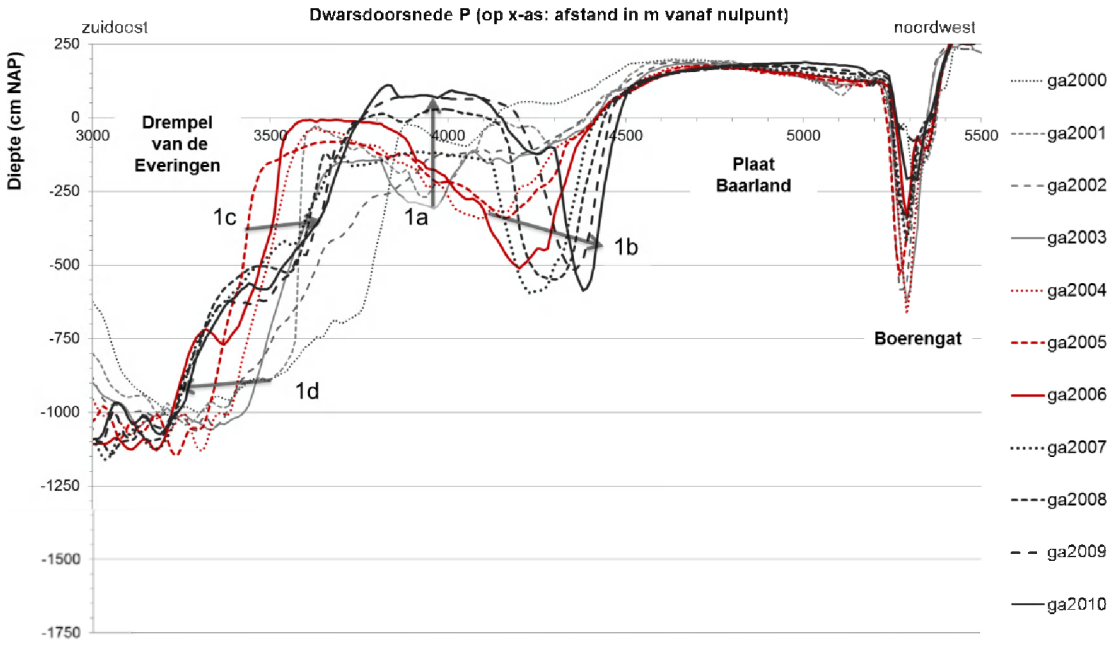
4.8 GEUL VAN BAARLAND, SLIKKEN EN SCHORREN

Ten noorden van de drempel van de Everingen liggen de slikken van Everingen en het Zuidgors, met ten oosten daarvan het schor, de slikken en de plaat van Baarland. Het huidige slik van de Everingen in figuur 4.20 kent een gradiënt van laag dynamisch vlak voor het schor naar hoogdynamisch bij de geul. Voor het Zuidgors, dat lang kliferosie heeft ondervonden, vindt tegenwoordig nieuwvorming van schor plaats. Op het Zuidgors zelf zijn heel duidelijk de patronen zichtbaar van putten en dijkjes die het resultaat zijn van klei en zode winning voor de aanleg en versterking van de dijken. Het schor is tegenwoordig een broedlocatie van lepelaars.
Op het slik van Everingen ten zuiden van Zuidgors zijn de resten van een experiment met kwelderwerken zichtbaar. Tijdens en na het plaatsen van de werken werd duidelijk dat er zeer hoge stroomsnelheden optreden (1-1,5 m/s bij springtij). Desondanks was de bodem vrij slibrijk. Het slik is de afgelopen jaren veel hoger geworden (hoogtetoename tot 1 m) en uitgebreid. Een mogelijke oorzaak is de toegenomen aanvoer van sediment door het uitvoeren van stortingen in de Everingen. Een alternatieve verklaring is dat de gewijzigde morfologie bij de oostelijker gelegen Plaat van Baarland een relatief luw gebied heeft gecreëerd. Op het slik zijn zowel in de oude toestand als na de ophoging golf- en stroommetingen gedaan waaruit blijkt dat op het grootste deel van het slik zowel de golven als de stroomsnelheid sterk zijn afgenomen.

Figuur 4.20 Kaart van het Zuidgors en de slikken van Everingen, met bij de pijlen de resten van een experiment met kwelderwerken (bron Google Earth).

Bij Baarland is het proces aan de gang van 'aanlanden' van 'Plaat van Baarland', met geul (Boerengat) tussen slik en plaat. In de geul zijn al voor 1959 harde structuren zijn geplaatst in vorm van dammen met een brede kop, die daarmee een hamervorm hebben gekregen. Deze dammen zijn aangelegd om de bedreiging door de opdringende en verdiepende geul van schor en dijk tegen te gaan. In de huidige situatie is er geen sprake meer van enige bedreiging door de geul. Het Boerengat is in de laatste fase van opvulling, zoals zichtbaar is in de dwarsdoorsnede in figuur 4.21. Met het opvullen van de geul wordt gaandeweg sprake van een uitgebreid slik dat voor het smalle schor ligt. Deze voorliggende slikken hebben een groot laagdynamisch areaal, waar veel wordt gefoerageerd door steltlopers. Op de plaat is schorvorming (*Spartina*) te zien. De ontwikkeling van pionierschor betekent een afname van

laagdynamisch foerageergebied. Het foerageren op dit buitendijkse gebied vindt mede plaats vanuit het binnendijkse natuurontwikkelingsgebied, onder andere door kluten.
De afgelopen tien jaar heeft op de drempel van de Everingen ten zuiden van de Plaat van Baarland de vorming van een nieuwe plaat plaatsgevonden, die gaandeweg met de bestaande Plaat lijkt te verhelen. Dit is bijvoorbeeld zichtbaar in de kaarten uit 2000 (figuur 4.17) en 2010 (figuur 4.18). Ook in de dwarsdoorsnede in figuur 4.21 is deze ontwikkeling duidelijk (1a markeert de ontwikkeling van de plaat). In deze dwarsdoorsnede is ook zichtbaar dat de geul, die de nieuwe zuidelijk plaat van de bestaande plaat scheidt, naar de noordoever migreert en daarbij een deel van de huidige plaat erodeert. Ook is zichtbaar dat de omvang van de geul gaandeweg afneemt, ondanks de verdieping van de geul (1b)



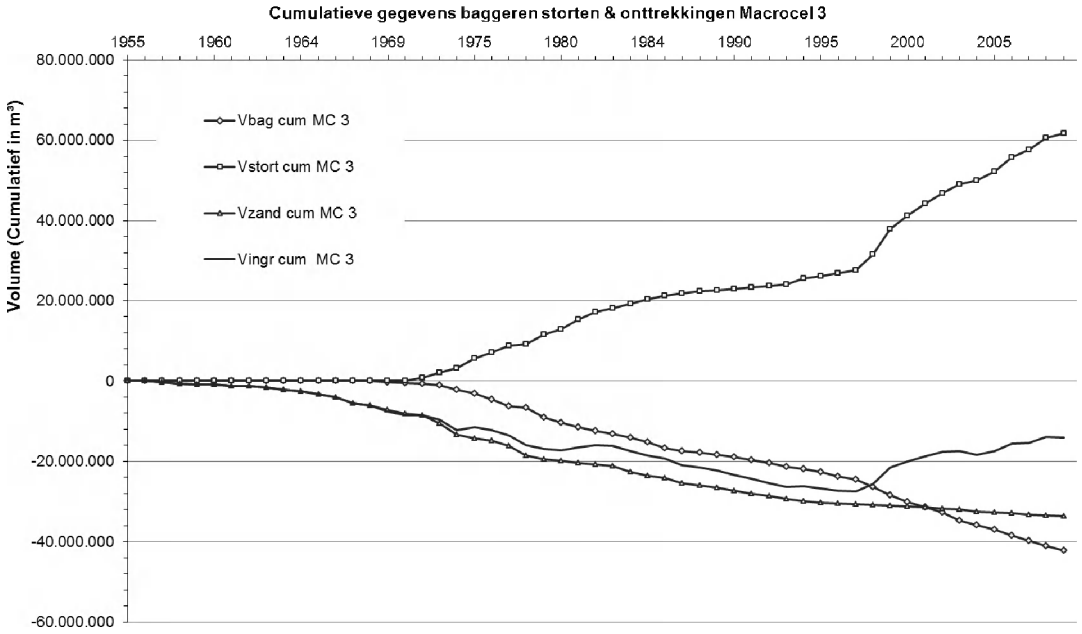
Figuur 4.21 Dwarsdoorsnede P door Plaat van Baarland (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 4.11).

Voor de volledigheid worden ook nog de Slikken bij Terneuzen genoemd, als onderdeel van de slikken van macrocel 3 (de Slikken bij Borssele zijn in 4.6 besproken). De ecologische waarde van deze slikken is laag, deels liggen er harde lagen (veen, klei) direct onder of aan het oppervlakte. Het gebruik vanuit de omgeving (wandelen en het uitlaten van honden) beperkt het benutten als foerageergebied. In de slikken zijn een aantal dammetjes aanwezig (die feitelijk 'achter' de grens van de geul liggen), die lang geleden (meer dan een eeuw) zijn aangelegd als oeverbescherming.

4.9 SAMENHANG MET BEHEERINGREPEN EN ANDERE BOCHTGROEPEN

Het sedimentvolume van macrocel 3 is in de loop van periode van 1955-2000 afgenomen met 40 x 10^6 m^3. Met het afnemen van het sedimentvolume is het watervolume van de geulen (onder NAP -2 m toegenomen met ongeveer 6%). In de grafiek met de cumulatieve ingreepvolumes (figuur 4.22) is zichtbaar dat tot ongeveer 1995 de sedimentonttrekkingen de ingrepen domineerden. Na 1970 werd in macrocel 3 gebaggerd. Omdat het gebaggerde sediment voornamelijk werd teruggestort in dezelfde macrocel veranderde hiermee het sedimentvolume nauwelijks. Na 1995 is baggerspecie uit de oostelijke helft van de Westerschelde gestort in het westen. Dit geeft een duidelijke toename in het cumulatieve stortvolume. In totaal betekent dit dat sinds 1995 netto sediment wordt toegevoegd aan macrocel 3.
Het totale volume dat door menselijke ingrepen is onttrokken (cumulatief maximaal in 1996 ruim 27 x 10^6 m^3) is kleiner dan de afname van het sedimentvolume van 40 x 10^6 m^3 van macrocel 3. Dat betekent dat

ook door natuurlijke processen sediment uit macrocel 3 is getransporteerd naar andere delen van de Westerschelde.
Mogelijk is een deel van het sediment terechtgekomen in mesocel 2, die een constante trend van sedimentatie vertoont. Dit is weliswaar een andere aanname dan wordt gehanteerd in bijvoorbeeld de sedimentbalans van Nederbragt en Liek (2004), maar het is fysisch niet onmogelijk dat ten minste een deel van de sedimentatie in mesocel 2 uit de aangrenzende macrocel 3 afkomstig is. Er is een uitwisseling van water tussen mesocel 2 en macrocel 3 en de belangrijke erosiegebieden van macrocel 3 liggen in het westen, nabij mesocel 2.
Waarschijnlijk is het merendeel van het sediment dat door natuurlijke processen uit macrocel 3 is getransporteerd terechtgekomen in macrocel 4. Dit oostwaarts gerichte transport is een consequente uitkomst van de verschillende sedimentbalansen (o.a. Nederbragt en Liek, 2005; Haecon, 2006; LTV V&T-rapport G-2) en volgt ook uit modelsimulaties van het zandtransport in het Schelde-estuarium (o.a. LTV V&T-rapport G-11).



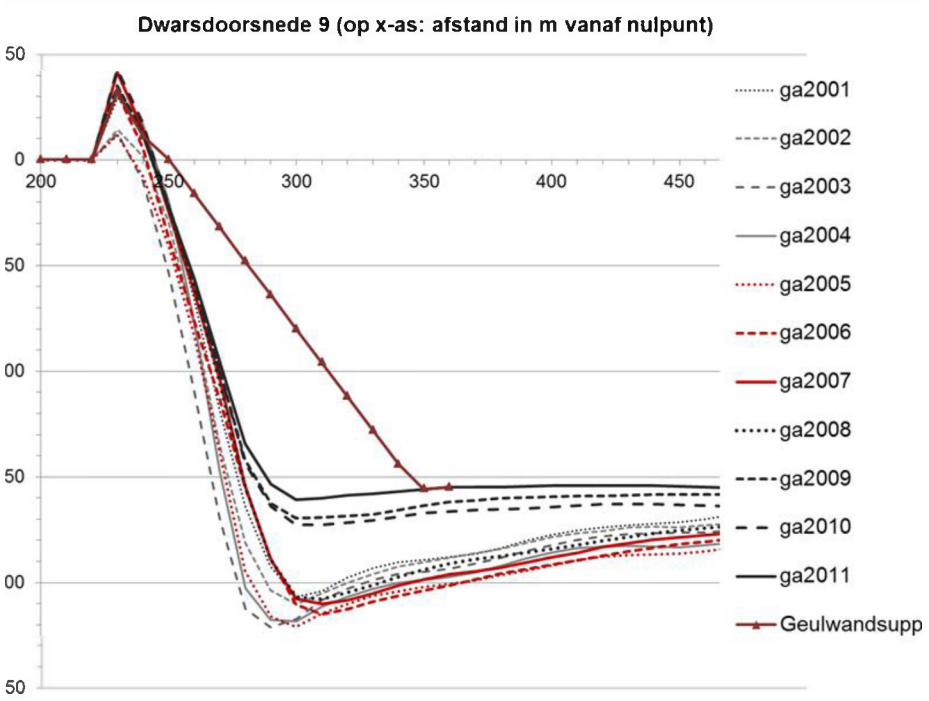
Figuur 4.22 Cumulatieve bagger, stort en zandwinvolumes en totale ingrepen volume, voor de periode 1955-2008 (op basis van de Rijkswaterstaat zandbalans).

4.10 VERWACHTE ONTWIKKELINGEN MACROCEL 3 IN SAMENHANG MET HET BEHEER

In macrocel 3 vinden naar verwachting geen morfologische ontwikkelingen plaats die aanleiding zullen zijn tot nieuwe beheermaatregelen. Voor de bevaarbaarheid van de vaargeul zal ook inde toekomst waarschijnlijk moeten worden gebaggerd op de Drempel van Borssele. In de Everingen is voldoende ruimte voor het storten van baggerspecie, zonder dat de geul hierdoor hydrodynamisch en morfologisch van karakter zal veranderen. Verder is de geul Pas van Terneuzen al dermate vastgelegd dat deze naar verwachting geen ingrijpende veranderingen meer zal doormaken.

Mogelijk zal in de toekomst de nevengeul Everingen benut worden als scheepvaartroute, met een bepaalde vereiste diepte. De drempeldynamiek van de Everingen, zoals beschreven in paragraaf 4.7, zal dan tot gevolg hebben dat aanpassingen van ligging van de vaargeul regelmatig plaats moeten vinden (verplaatsen betonning).

Het Gat van Borssele is een potentiële locatie voor het uitvoeren van een (pilot) geulwandsuppletie. De geulwand ter plaatse van de dijk zal in de nabije toekomst waarschijnlijk worden bestort (met steen). Een geulwandbestorting biedt een mogelijkheid om in aanvulling op of in plaats van de bestorting het talud van de geul te verflauwen. Door de geulwand te verflauwen wordt de bedreiging van de stabiliteit van de geulwand verminderd of weggenomen. In de dwarsdoorsnede in figuur 4.23 is schematisch aangegeven hoe een dergelijke geulwandsuppletie er uit zou kunnen zien.
In potentie is een geulwandsuppletie zo uit te voeren dat het hele Gat wordt opgevuld, zodat ondiep water of zelfs intergetijdengebied wordt gecreëerd. Een dergelijk scenario is genoemd in Nolte e.a. (2011), waarbij is opgemerkt dat het creëren van laagdynamisch intergetijdegebied hier morfologisch gezien onzeker is.

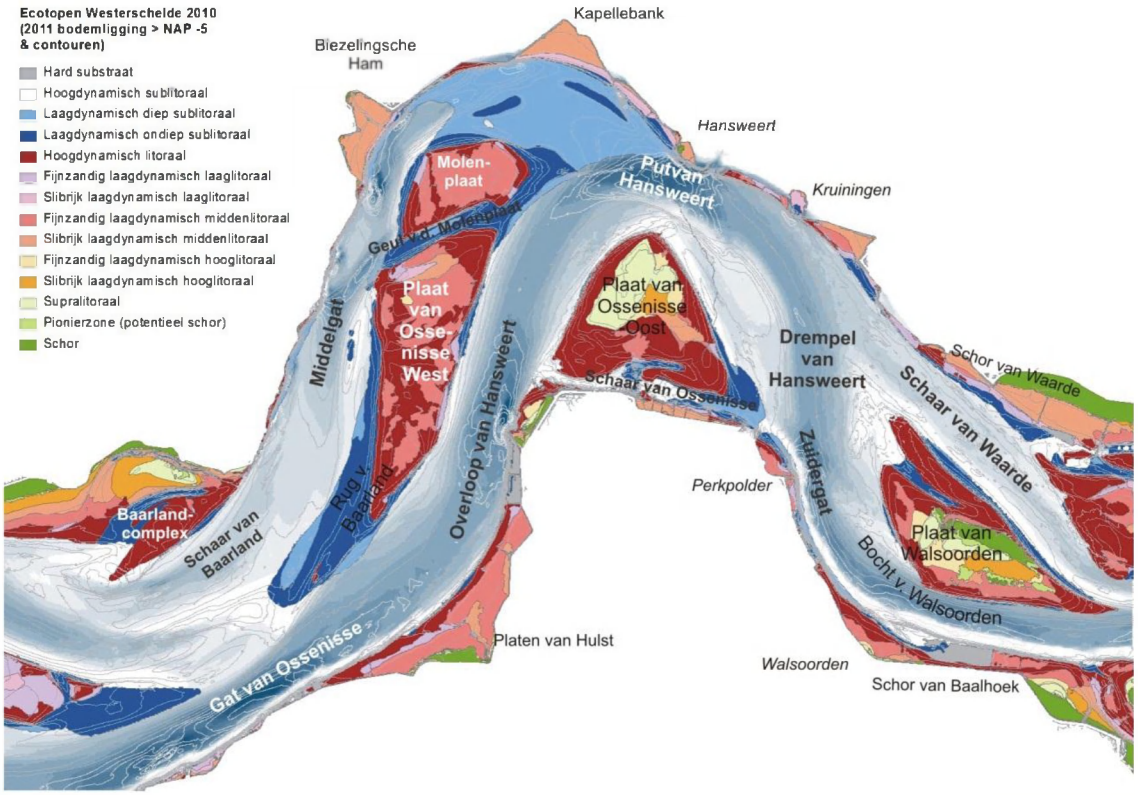


Figuur 4.23 Dwarsdoorsnede 9 door het Gat van Borssele met daarin schematisch aangegeven hoe geulwandsuppleties kunnen worden vormgegeven (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 4.11 en in figuur 4.14).

5 Macrocel 4 – Rondom de Platen van Ossenisse

5.1 INLEIDING EN GEBIEDSBESCHRIJVING

Macrocel 4 omvat een hoofdgeul die van het Gat van Ossenisse in het westen overgaat in de Overloop van Hansweert en dan verdergaat als de Put van Hansweert, die weer overgaat in het Zuidergat (zie de kaart in Figuur 5.1). De nevengeul is het Middelgat, die in het zuidwesten overgaat in de Schaar van Baarland. De hoofd- en nevengeul omsluiten het platencomplex van Ossenisse-west, dat bestaan uit de Rug van Baarland (zuidzijde) en de Molenplaat (noordzijde). De kortsluitgeul Geul van de Molenplaat steekt door het plaatcomplex van Ossenisse west.



Figuur 5.1 Overzichtskaart met de ecotopen en diepte van het hoogdynamische geulareaal van macrocel 4 in de Westerschelde, met de in tekst gebruikte namen.

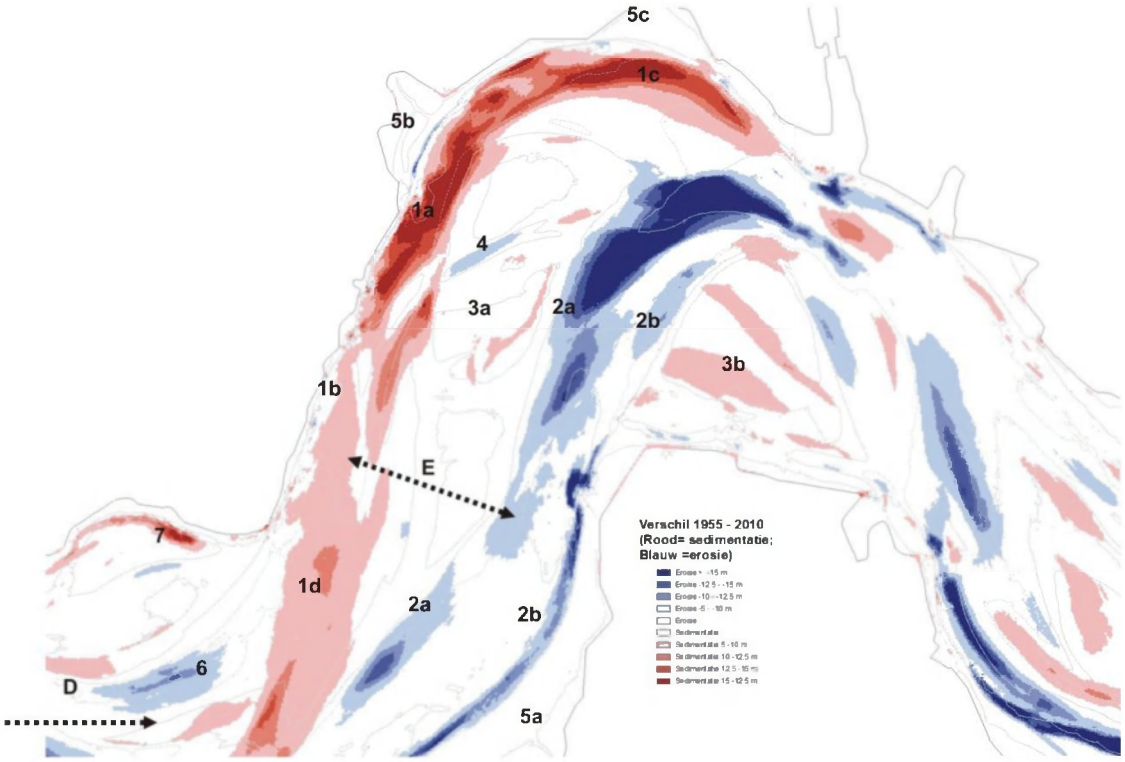
De hoofdgeul loopt met een grote boog om de Plaat van Ossenisse-Oost. Tussen deze plaat en de zuidelijke oever van de Westerschelde ligt een kleine geul, de Schaar van Ossenisse. Deze geul verbindt de

hoofdgeul in het westen met de hoofdgeul in het oosten en is daarmee een afwijkend type kortsluitgeul, aangezien kortsluitgeulen meestal een hoofd- en een nevengeul verbindt. Overigens worden de Plaat van Ossenisse-oost en de Put van Hansweert in de vigerende sedimentbalans van de Westerschelde (Haecon, 2006; Rijkswaterstaat zandbalans) niet beschouwd als een onderdeel van een van de macrocellen.

Aan de zuidwestzijde van macrocel 4, op de overgang met macrocel 3 en grenzend aan de hoofdgeul liggen de Platen van Hulst. Aan de noordzijde worden deze smaller, om daarna weer iets breder te worden in de omgeving van de Nol bij Knuitershoek. Aan de noordwestzijde, grenzend aan de nevengeul, liggen de Biezelingsche Ham en de Kapellebank.

5.2 SLEUTELASPECTEN

In het voorgaande hoofdstuk is, in figuur 4.2, de situatie in 1818 weergegeven met de contouren uit 2010. Hierin is voor macrocel 4 de wisseling van de rollen van eb- en vloedgeul tussen de Overloop van Hansweert en Het Middelgat gemarkeerd met E. In de verschilkaart met de sedimentatie en erosie in macrocel in Figuur 5.2 is deze wisseling ook gemarkeerd en zijn de gevolgen ervan zichtbaar in de grootschalige erosie van de Overloop van Hansweert (2) en de sedimentatie in het Middelgat (1). Vanwege het belang dat wordt gehecht aande ontwikkeling van het Middelgat zijn in bijlage 1 een aantal aanvullende figuren met begeleidende tekst opgenomen.

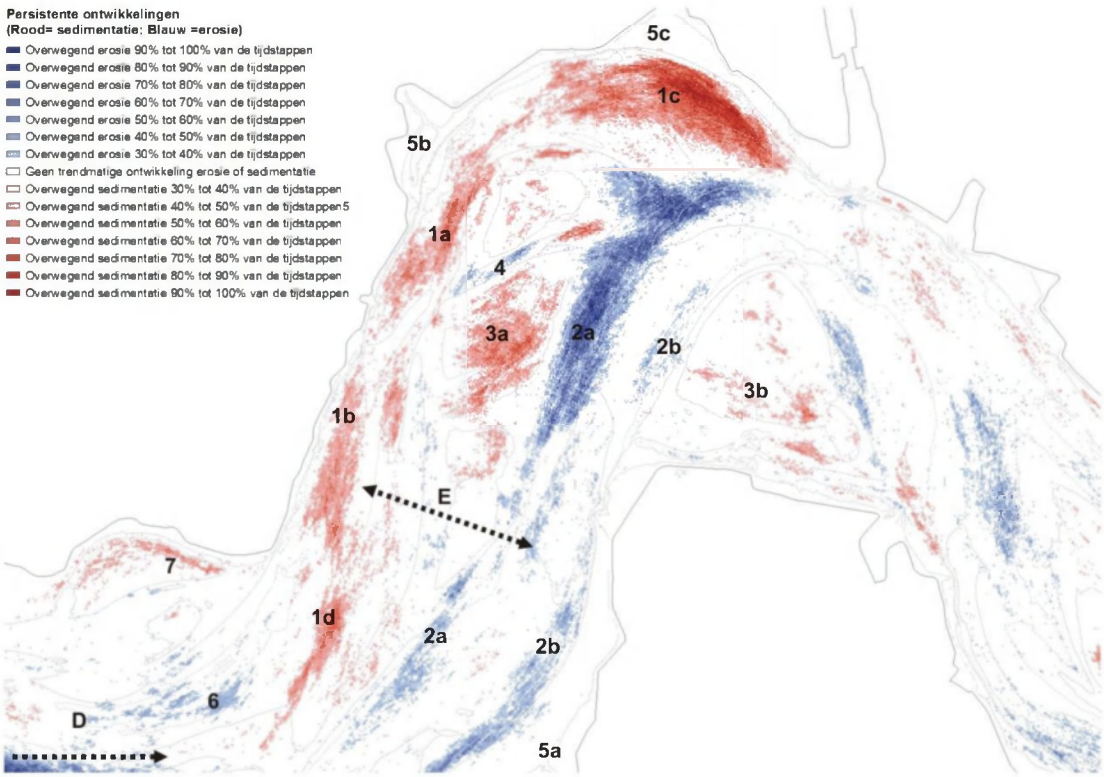


Figuur 5.2 Verschil in bodemligging in macrocel 4 tussen 1955 en 2010 (blauw = erosie; rood = sedimentatie).

In samenhang met de verandering van de rol van Overloop van Hansweert zijn ook de oostelijke Plaat en de Schaar van Ossenisse van karakter veranderd. Voor de functiewisseling van de Overloop was de Schaar van Ossenisse een kortsluitgeul, die de nevengeul in het westen met de hoofdgeul in het oosten verbond. In de persistentiekaart in figuur 5.3 zijn ook de kleine veranderingen zichtbaar in de gebieden die consequent erosie of sedimentatie hebben vertoond. In vergelijking met de erosie- en sedimentatiekaart

(figuur 5.2) valt dan op dat het westelijke plaatcomplex van Ossenisse over een groot gebied sedimentatie vertoont. In de volgende paragrafen worden de onderstaande ontwikkelingen beschreven (de nummers komen overeen met nummers in figuur 5.2 en figuur 5.3):

1. Opvullen Middelgat.
2 Tweezijdig uitruimen Overloop van Hansweert;
3. Hoger worden platen
4. Opvullen kortsluitgeulen;
5. Relatief stabiele slikken

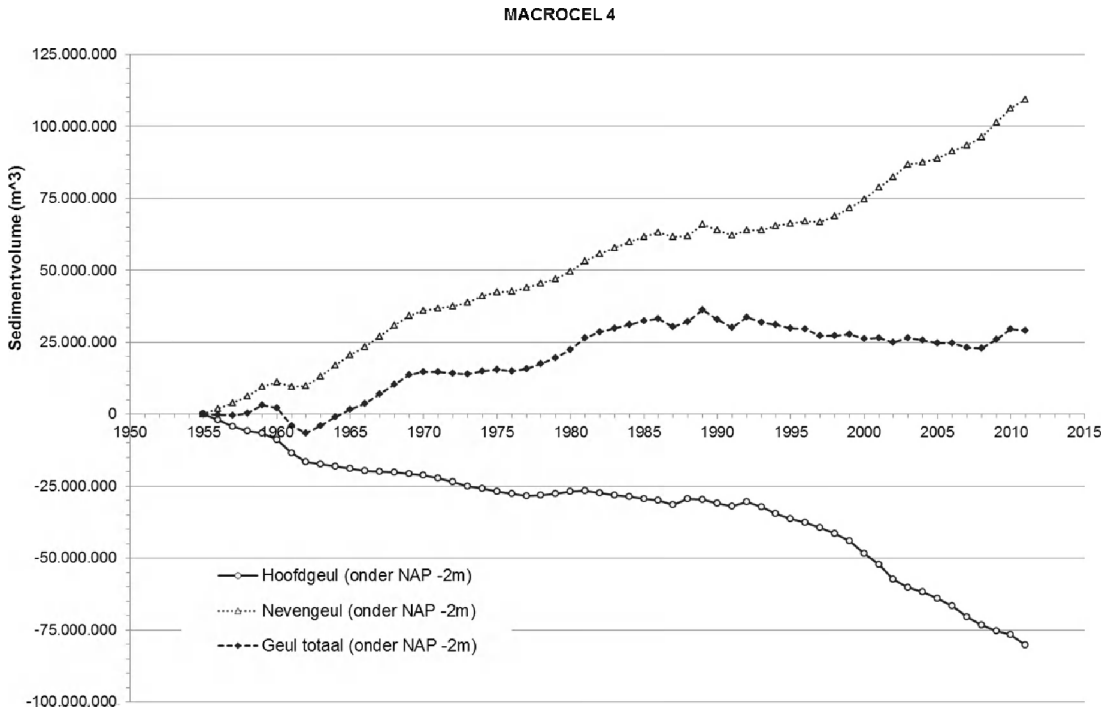


Figuur 5.3 Kaart met de persistente morfologische veranderingen in macrocel 4 (blauw = overwegend erosie ; rood = overwegend sedimentatie).

5.3 ROLWISSELING MIDDELGAT EN OVERLOOP VAN HANSWEERT

De belangrijke grootschalige ontwikkeling in macrocel 4 is de geleidelijke rolwisseling van de hoofd en nevengeul. Tegenwoordig is de Overloop van Hansweert de hoofdgeul (ebgeul) en is het Middelgat de nevengeul, terwijl dat vroeger omgekeerd was. De wisseling van de rol van hoofd naar nevengeul heeft zich geleidelijk voltrokken over een lange periode van de jaren ’50 tot de jaren ‘80. Dit is bijvoorbeeld zichtbaar in de ontwikkeling van de sedimentvolumes van beide, zoals getoond in figuur 5.4. De omvang van het Middelgat is gaandeweg afgenomen, doordat in de geul sedimentatie heeft plaatsgevonden (ruim 100 x 10^6 m^3). De omvang van de Overloop van Terneuzen is gaandeweg toegenomen met meer dan 75 x 10^6 m^3, doordat in de geul erosie heeft plaatsgevonden.
De rolwisseling van de hoofd- en nevengeul vindt als een autonome ontwikkeling plaats in verschillende langjarige modelsimulaties (LTV V&T-rapport G-11). Wat de doorslaggevende aanzet of aandrijvende kracht hierachter is, is nog niet duidelijk. Wel duidelijk is dat menselijke ingrepen, in de vorm van het

baggeren van de drempel in de Overloop en het storten in het Middelgat, de ontwikkeling wel beïnvloed hebben, maar waarschijnlijk niet sturend zijn geweest. In de volgende paragrafen zal in meer detail worden stilgestaan bij de ontwikkelingen van respectievelijk het Middelgat en de Overloop van Hansweert.



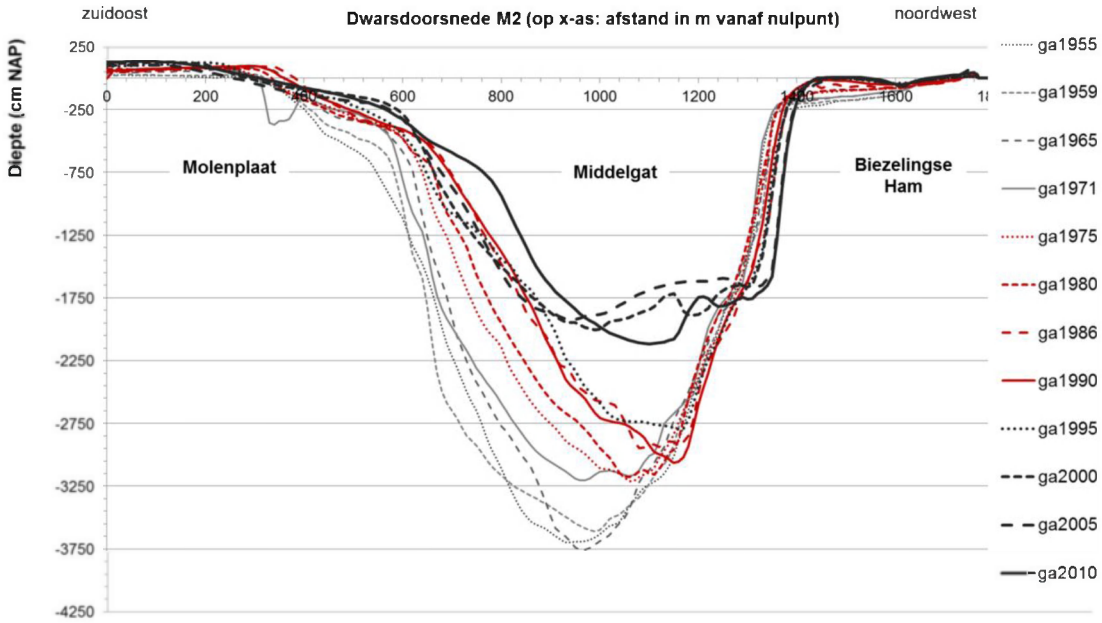
Figuur 5.4 Ontwikkeling van het sedimentvolume in de geulen (onder NAP – 2 m) in macrocel 4 ten opzichte van 1955 (Rijkswaterstaat Zandbalans).

5.4 SEDIMENTATIE MIDDELGAT

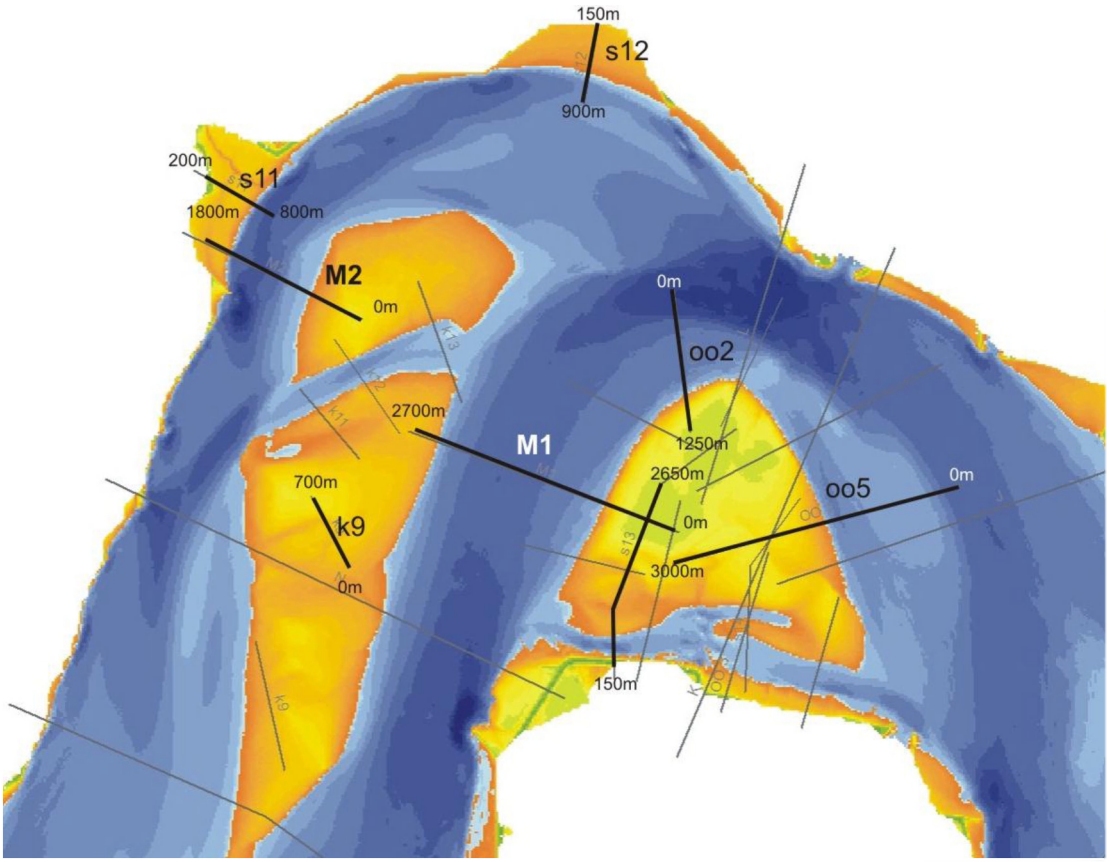
In de verschilkaart in figuur 5.2 is zichtbaar dat in een groot deel van het Middelgat sedimentatie heeft plaatsgevonden. In de dwarsdoorsnede in figuur 5.5 is dit bijvoorbeeld goed zichtbaar. In de periode van 1955 tot 2010 is de maximale diepte in de geul met meer dan 10 m afgenomen en is de doorstroomoppervlakte afgenomen. In de dwarsdoorsnede is ook te zien dat er tijdelijk lokaal erosie optreedt in het Middelgat. In bijlage 1 zijn meer dwarsdoosneden en kaarten opgenomen, die de opgetreden sedimentatie en erosie in het Middelgat duidelijk in beeld brengen. De geulwand is ter plaatse van de Biezelingsche Ham naar het noordoosten verplaatst, waardoor het oppervlakte slik kleiner werd. De geulas is na 2000 met enkele meters verdiept.

Analyse van de verschilkaarten en dwarsdoorsneden laat zien dat de locaties waar tot de jaren ’80 geen of weinig sedimentatie in het Middelgat heeft plaatsgevonden vooral worden aangetroffen langs de oever, op plaatsen waar de geul relatief diep is. De diepe locaties zijn de ontgrondingskuilen nabij harde ‘ophangpunten’. Dit zijn de (met steen bestorte) dammen en nollen die de dijk beschermen. Een andere plek in het Middelgat, waar geen sedimentatie maar erosie plaatsvindt, is de aanstroming van de kortsluitgeul Geul door de Molenplaat, zoals zichtbaar is in de dwarsdoorsnede in figuur 5.7. Waarschijnlijk verplaatst het aanstromingsgebied (2) mee met de verplaatsing van de kortsluitgeul (3). Ondertussen vindt bij de oever sedimentatie plaats (1).

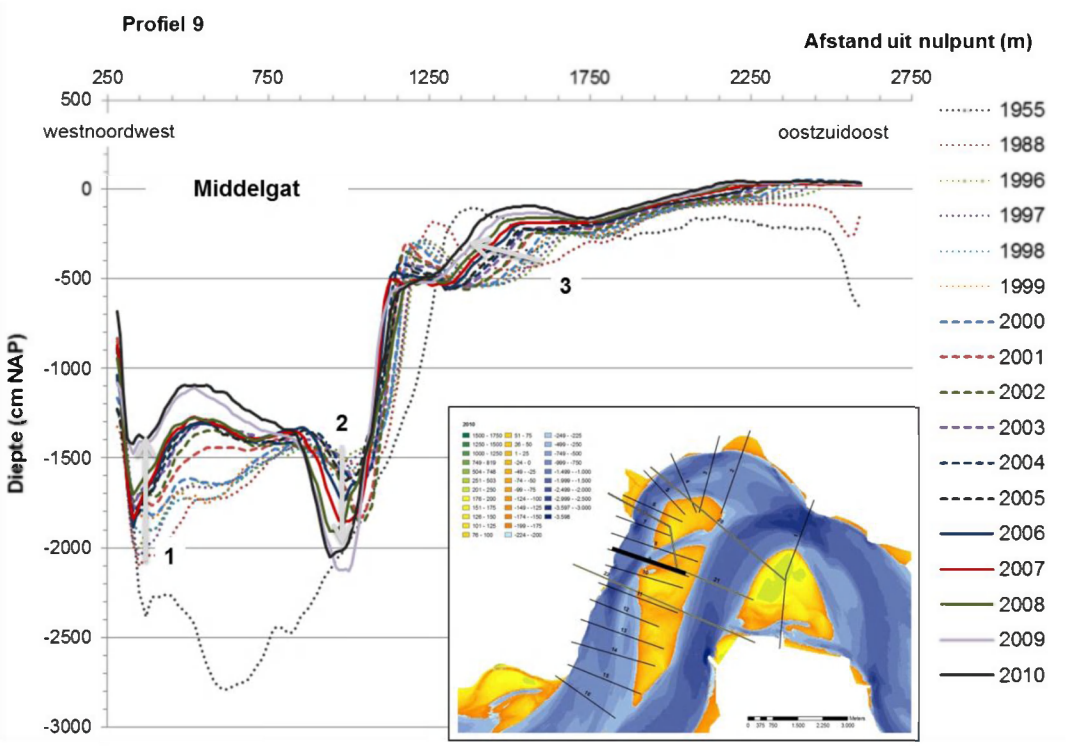
Na de jaren '80 vindt op veel meer plaatsen langs de oevers sedimentatie plaats, ook op plekken waar de ophangpunten aanwezig zijn. Deze sedimentatie is deels gerelateerd aan het storten van sediment op de stortlocaties aan de noordwestzijde van het Middelgat tegen de oever.



Figuur 5.5 Dwarsdoorsnede M2 door het Middelgat (locatie van de dwarsdoorsnede in figuur 5.6).

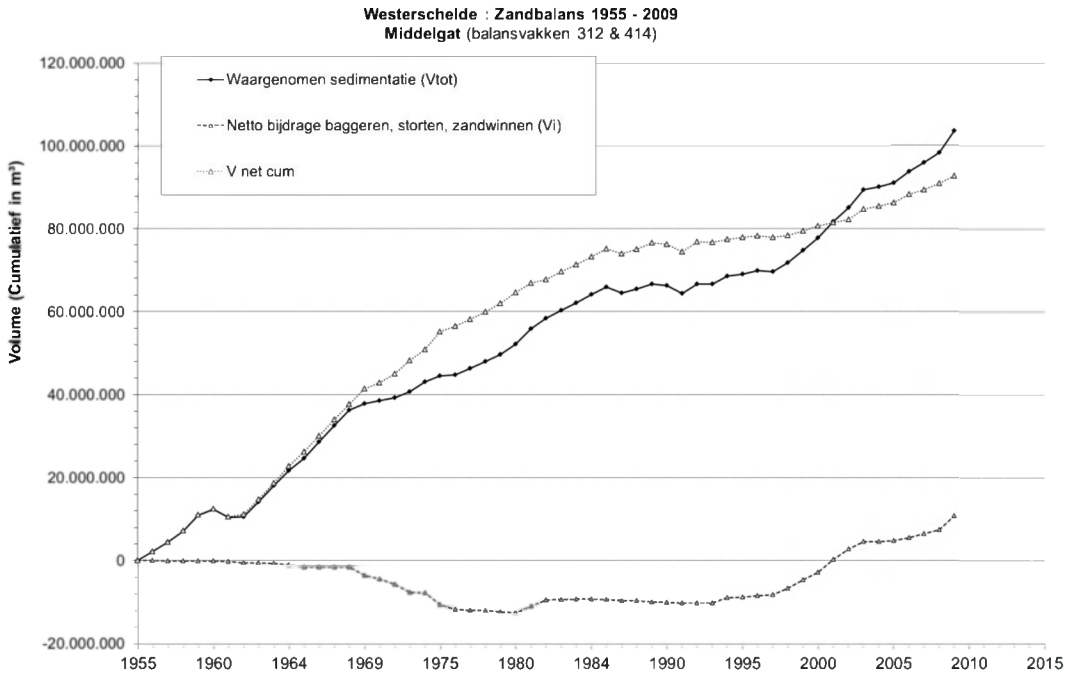


Figuur 5.6 Locaties van de dwarsdoorsneden op de bodemligging van 2011. De in dit rapport getoonde dwarsdoorsneden zijn in het zwart aangegeven, het begin en eindpunt is gemarkeerd.



Figuur 5.7 Dwarsdoorsnede 9 door het Middelgat, in de aanloop van de kortsluitgeul Geul door de Molenplaat.

De ontwikkeling van het sedimentvolume in het Middelgat (t.o.v. de situatie in 1955) is weergegeven in figuur 5.8. Het sedimentvolume loopt gestaag op van 1955 tot rond 1985. Tot ongeveer 1997 is er dan sprake van een beperkte toename van het sedimentvolume en daarna loopt het volume wederom op. Van de ontwikkelingen in de sedimentvolumes (V_{tot} en V_{net}) zijn lineaire trends bepaald (tabel 5.1).



Figuur 5.8 Cumulatieve ontwikkeling van het sedimentvolume in het Middelgat t.o.v. 1955 en de cumulatieve ingrepen.

De trend in de waargenomen sedimentatie in de periode van 1955 tot 2008 bedraagt 1,7 x 10^6 m^6 per jaar (tabel 5.1). In figuur 5.8 is ook het cumulatieve ingrepenvolume weergegeven. Tot ongeveer 1980 wordt er netto sediment onttrokken aan het Middelgat, na het begin van de jaren '90 krijgt het storten van sediment de overhand. Het totale gestorte volume is beduidend kleiner dan de netto sedimentatie. Waarschijnlijk zit in de toename van het sedimentvolume na 1995 een bijdrage van de stortingen. De tijdelijk lagere sedimentatiesnelheid van rond 1985 tot ongeveer 1997 is waarschijnlijk het gevolg van de geuldynamiek bij de drempel tussen Everingen en het Middelgat. Door het verschuiven van de geulen over de vaste grenzen van macrocel is het watervolume tijdelijk toegenomen.

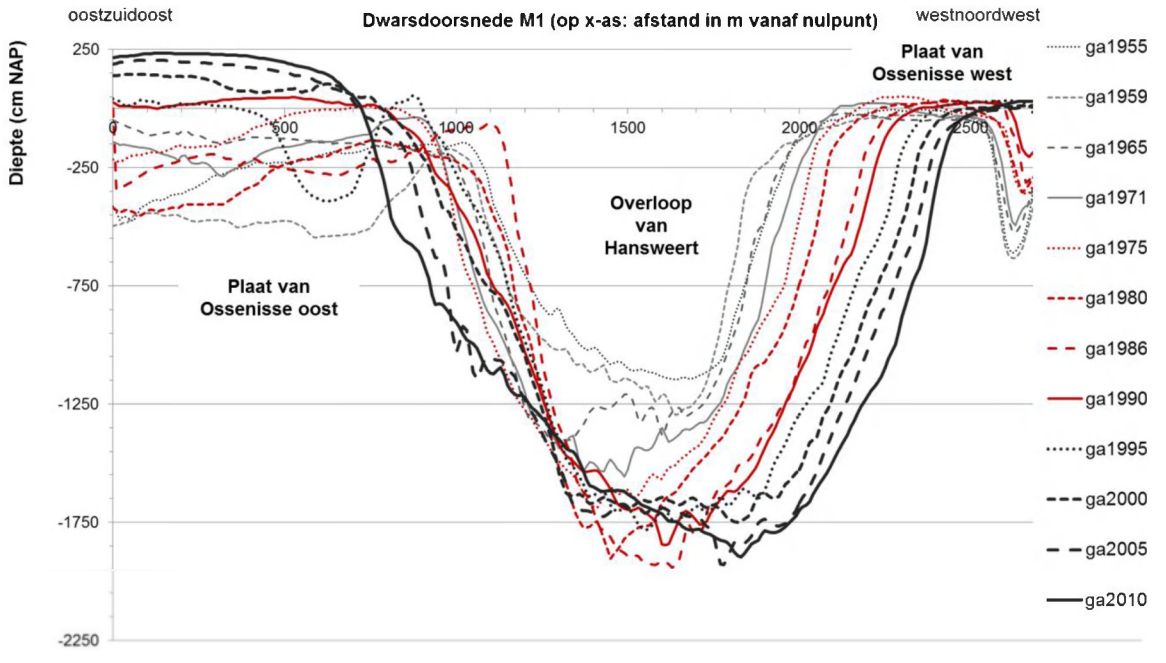
Tabel 5.1 Trend in de sedimentatie in het Middelgat (grafiek in de bijlage 1).

	Periode	V_{tot} of V_{net}	Trend	R^2
1	1955-2009	Waargenomen sedimentatie (V_{tot})	1,7 x 10^6 m^3	0,97
2	1955-2009	Gecorrigeerde sedimentatie (V_{net})	0,7 x 10^6 m^3	0,91
3	1981-2009	Gecorrigeerde sedimentatie (V_{net})	1,7 x 10^6 m^3	0.92

Het resterende watervolume van de geul (onder NAP -2 m) bedraagt ongeveer 137 x 10^6 m^3 (in 2009, uit de Rijkswaterstaat sedimentbalans). Naar verwachting kan in het Middelgat verdere sedimentatie plaatsvinden, mits het debiet van deze geul verder kan worden overgenomen door de uitruimende Overloop van Hansweert. Redenen om te veronderstellen dat de toename van de omvang van de Overloop van Terneuzen en daarmee de toename het debiet van deze geul op een zeker moment zijn een limiet bereikt, ontbreken (de omvang van de geulen in macrocellen 1 en 3 is beduidend groter). Ook aanzetten tot de vorming van nieuwe nevengeulen op de drempels, die te zijner tijd de rol van het Middelgat kunnen overnemen, zijn niet aangetroffen. Modelsimulaties van de lange termijn ontwikkelingen geven geen aanleiding om een afname van de sedimentatie of de vorming van een nieuw Middelgat te veronderstellen (LTV V&T-rapport G-11, LTV V&T Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis, 2013). Dit zijn de redenen om voor de toekomstige ontwikkelingen de waargenomen trends te extrapoleren.
Bij een gelijkblijvende gemiddelde sedimentatiesnelheid en zonder verdere ingrepen kost het 80 jaar om dit geulvolume op te vullen. Als het sedimentatievolume wordt gecorrigeerd voor het ingreepvolume en de trend wordt bepaald over een kortere periode (vanaf het begin van de jaren '80), dan is de trend een sedimentatie van 0,7 x 10^6 m^3/jaar. Bij een dergelijke lagere sedimentatiesnelheid duurt het opvullen van het resterende geulvolume 185 jaar. Waarschijnlijk zal na verloop van tijd de sedimentatiesnelheid in de geul afnemen, zoals dit bij morfologische aanpassingen vaker wordt waargenomen. Voorbeelden daarvan zijn de sedimentatie in de Waddenzee na aanleg van de Afsluitdijk en de opvulling van het Slijkgat in de Monding van het Haringvliet, na de aanleg van de Haringvlietsluizen. De verwachte minimale levensduur van het Middelgat, zonder ingrepen in het Middelgat, bedraagt daarom 80 jaar.

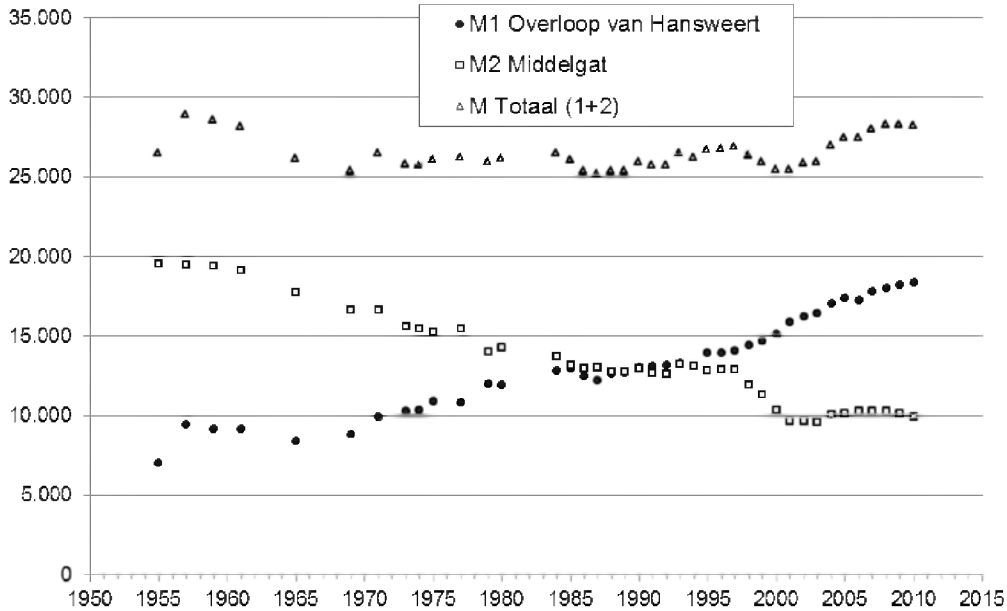
5.5 TWEEZIJDIG UITRUIMEN OVERLOOP VAN HANSWEERT

De tegenwoordige hoofdgeul Overloop van Hansweert neemt nog steeds in omvang toe, doordat de geul aan beide zijden breder wordt. Dit is te zien in de kaarten met sedimentatie en erosie (figuur 5.2) en de persistente ontwikkelingen (figuur 5.3) en ook in de dwarsdoorsnede in figuur 5.9. Het breder worden van de hoofdgeul betekent dat de doorstroomoppervlakte van de geul groter is geworden. Deze toename van de hoofdgeul is hand in hand gegaan met de afname van de doorstroomoppervlakte van de nevengeul Middelgat, zoals duidelijk is in de grafiek in figuur 5.10. Het totale doorstroomoppervlakte van beide geulen samen blijft in deze dwarsdoorsnede schommelen tussen waarden van 25.000 en 30.000 m^2.



Figuur 5.9 Dwarsdoorsnede M1 door de Overloop van Hansweert (locatie van de dwarsdoorsnede in figuur 5.6)

De toename van de omvang van de Overloop van Hansweert is een autonome ontwikkeling, zoals duidelijk wordt uit de grafiek met het cumulatieve sedimentvolume en de cumulatieve netto ingrepen (figuur 5.11). In de grafiek is te zien dat het sedimentvolume van de Overloop van Hansweert is afgenomen met bijna 75 x 10^6 m^3, ondanks het netto storten van in totaal ongeveer 40 x 10^6 m^3 sediment in dezelfde periode, van 1955 tot 2008. In dezelfde grafiek is ook zichtbaar dat in de periode van 1970 tot 1997, waarin jaarlijks netto de grootste volume zijn gestort, de afname van het sedimentvolume lager was dan in de periodes daarvoor en daarna. Als rekening wordt gehouden met de netto aanvoer van sediment, dan wordt een gemiddelde afname van het sedimentvolume van 2,0 x 10^6 m^3 per jaar berekend.



Figuur 5.10 Doorstroomoppervlakte van de geul onder NAP -2 m van de dwarsdoorsneden M1 en M2 in macrocel 4 (locatie van de dwarsdoorsneden in figuur 5.6).

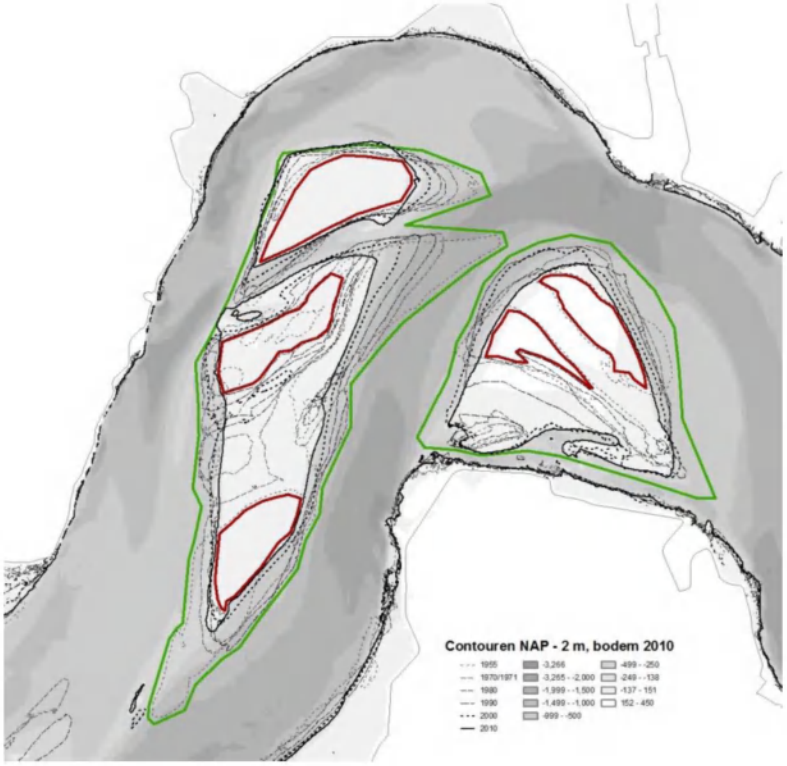
Figuur 5.11 Cumulatieve ontwikkeling van het sedimentvolume in overloop van Hansweert t.o.v. 1955 en de cumulatieve ingrepen.

5.6 HOGER WORDEN VAN DE PLATEN VAN OSSENISSE-WEST

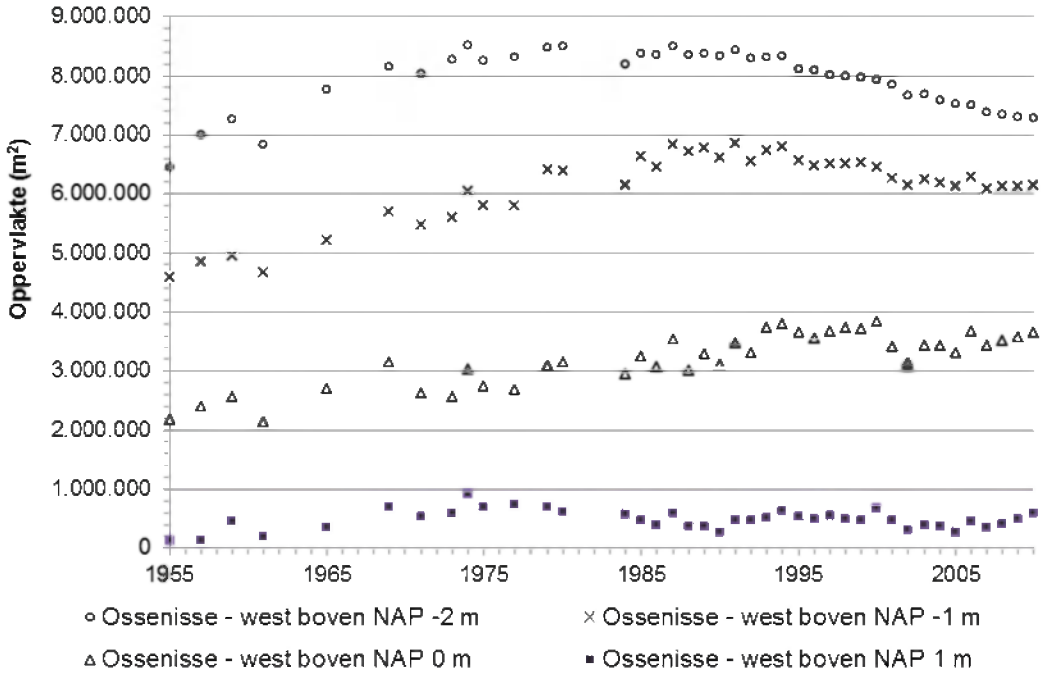
De Platen van Ossenisse-west bestaan tegenwoordig uit twee platen, aan de noordzijde ligt de Molenplaat en aan de zuidzijde ligt de Rug van Baarland. De twee platen worden van elkaar gescheiden door de kortsluitgeul Geul van de Molenplaat. Deze tegenwoordige situatie is weergegeven in figuur 5.12, waarbij ook de contouren van de platen in eerdere jaren zijn weergegeven. In de contouren is zichtbaar dat vooral aan de noordoostzijde van de platen de verplaatsing van de geulwand van de Overloop van Hansweert voor een afname van het plaatareaal heeft gezorgd. Ook valt uit de contouren af te leiden dat er in het verleden sprake was van meerdere platen en tussenliggende kortsluitgeulen.

Het opvullen van de kortsluitgeulen, in combinatie met de verplaatsing van de geulwand heeft in eerste instantie geleidt tot een toename van het plaatareaal, tot ongeveer 1975. Dit werd gevolgd door een relatief stabiele periode en, vanaf ongeveer 1990, een afname van het plaatareaal. Deze ontwikkeling is weergegeven in figuur 5.13, voor het plaatareaal boven NAP -2 m. De ontwikkeling van de arealen die hoger liggen wordt mede bepaald door de toename van de hoogte van de Platen van Ossenisse-west.

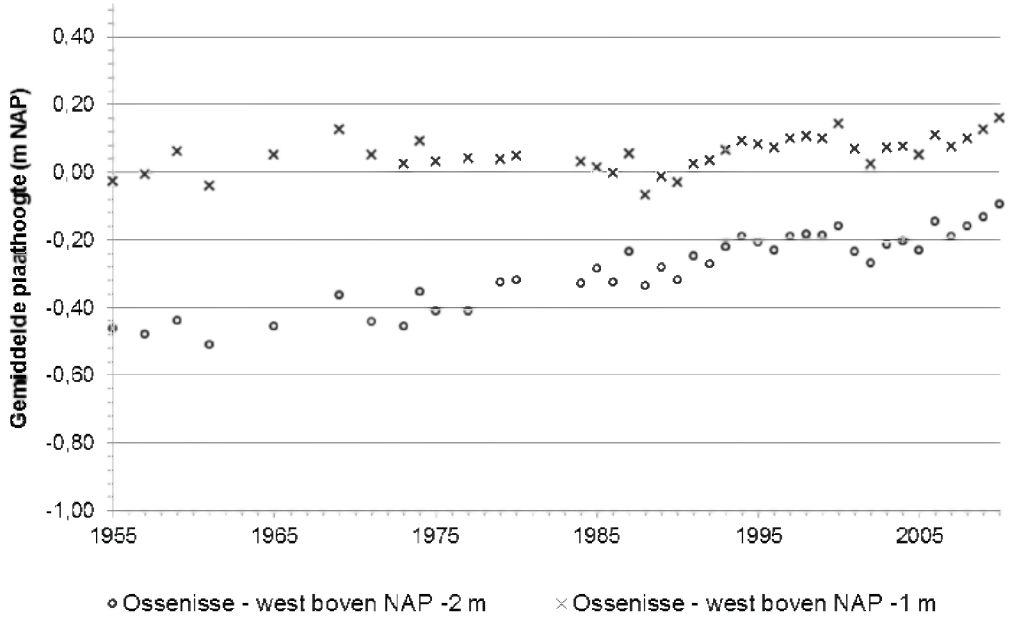
De Platen van Ossenisse-west zijn gemiddeld in hoogte toegenomen, zoals is af te lezen uit de grafiek in Figuur 5.14. De toename van de gemiddelde hoogte geldt voor het gehele complex (omhuld door de groene lijn in de kaart in figuur 5.12) en voor de twee noordelijke delen die altijd hoog zijn (omhuld door de rode lijn in de kaart in figuur 5.12). De ontwikkelingen van de gemiddelde hoogte van de drie hoge delen is weergegeven in figuur 5.15.De uitzondering is de Rug van Baarland, het zuidelijke deel, dat altijd hoog is geweest, hiervan is de gemiddelde hoogte na ongeveer 1974 afgenomen. Het gevolg van de verschillende ontwikkelingen van de drie hoge delen is dat deze drie delen tegenwoordig gemiddeld even hoog zijn. Er heeft een nivellering van het plaatcomplex plaatsgevonden.



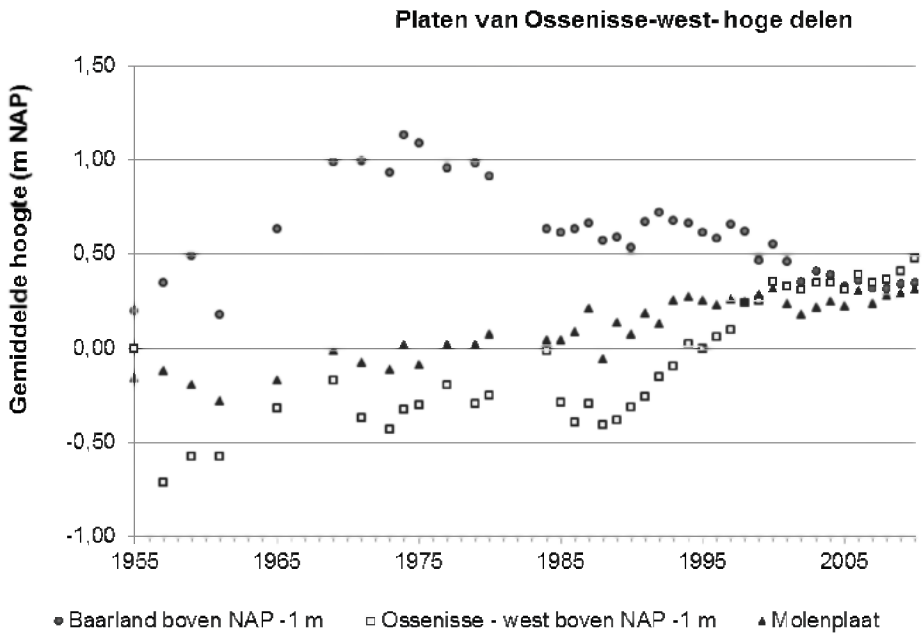
Figuur 5.12 Platen van Ossenisse west(links) en oost (rechts) met de contouren van de NAP -2 m waterlijn uit verschillende jaren, met de kuberingsgebieden, van de gehele complexen (groen) en van de delen die altijd hoger zijn geweest dan NAP – 2m (rood).



Figuur 5.13 Arealen boven verschillende hoogteniveaus van de Platen van Ossenisse-west (binnen het groene kuberingsgebied in figuur 5.12.



Figuur 5.14 Gemiddelde plaathoogte (sedimentvolume / oppervlakte) boven twee verschillende hoogteniveaus van de Platen van Ossenisse-west (binnen het rechter groene kuberingsgebied in figuur 5.12).

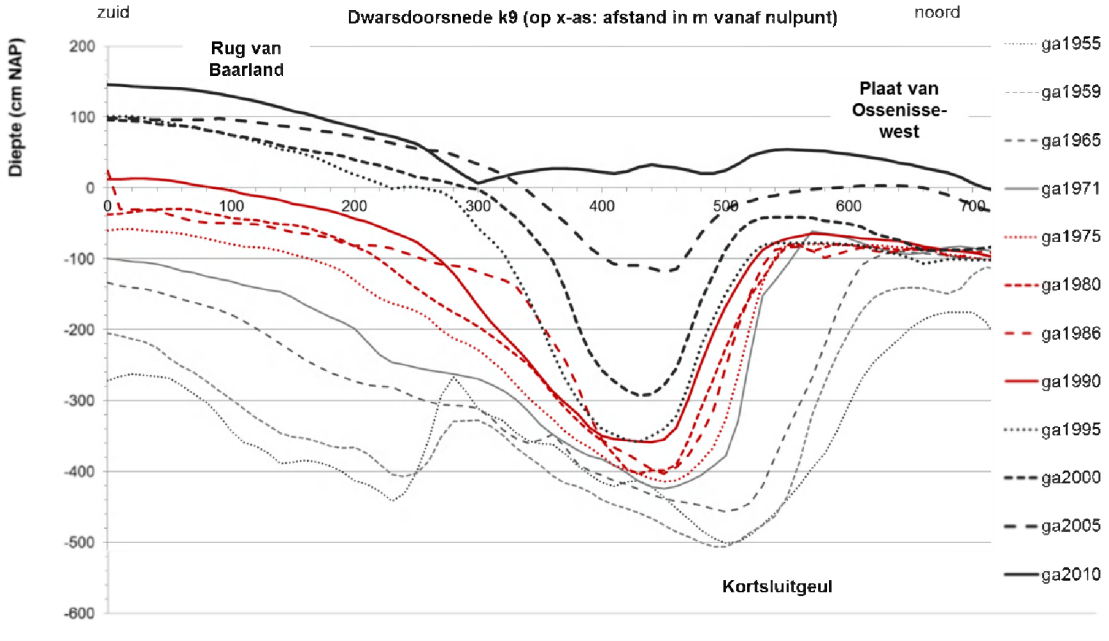


Figuur 5.15 Gemiddelde plaathoogte (sedimentvolume / oppervlakte) van de drie hoogste delen van de Platen van Ossenisse-west (Baarland is het onderste rode gebied , Ossenissen-west het middelste en Molenplaat het bovenste rode gebied in figuur 5.12).

5.7 OPVULLEN KORTSLUITGEULEN

De kortsluitgeulen in het plaatcomplex Ossenisse-west zijn, op één na, opgevuld met sediment. Figuur 5.16 toont de dwarsdoorsnede k9 door de kortsluitgeul die de Rug van Baarland scheidde van de Plaat van

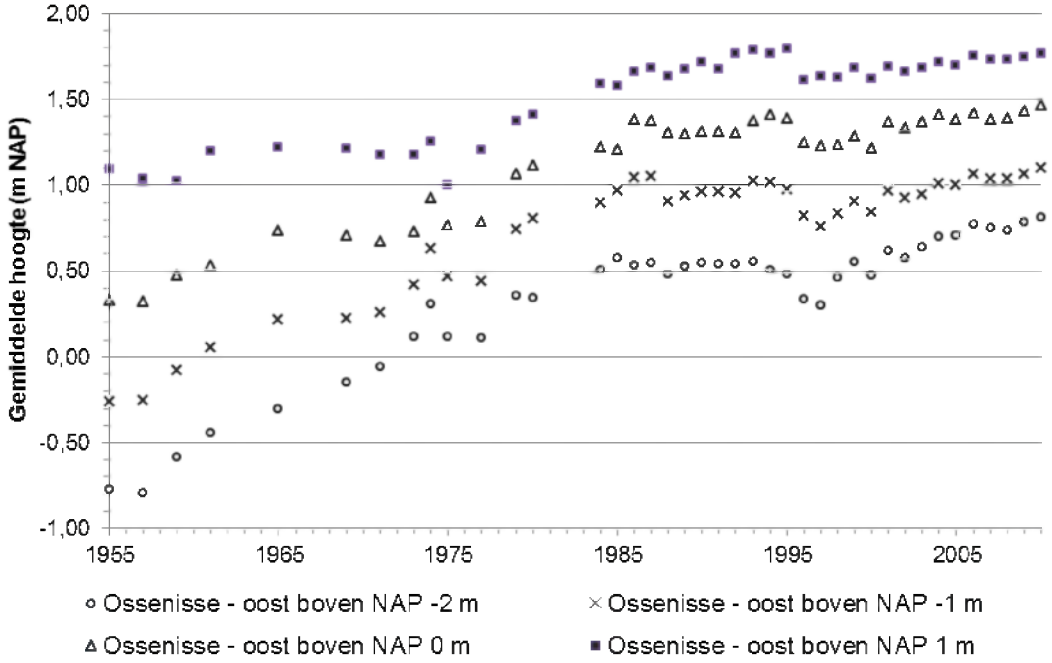
Ossenisse-west. In deze dwarsdoorsnede is duidelijke zichtbaar dat er voornamelijk een opvulling heeft plaatsgevonden. De geul is in deze periode niet verplaatst.



Figuur 5.16 Dwarsdoorsnede k9 door de Rug van Baarland en de Plaat van Ossenisse-west (locatie van de dwarsdoorsnede in figuur 5.6)

5.8 HOGER WORDEN VAN DE PLATEN VAN OSSENISSE-OOST

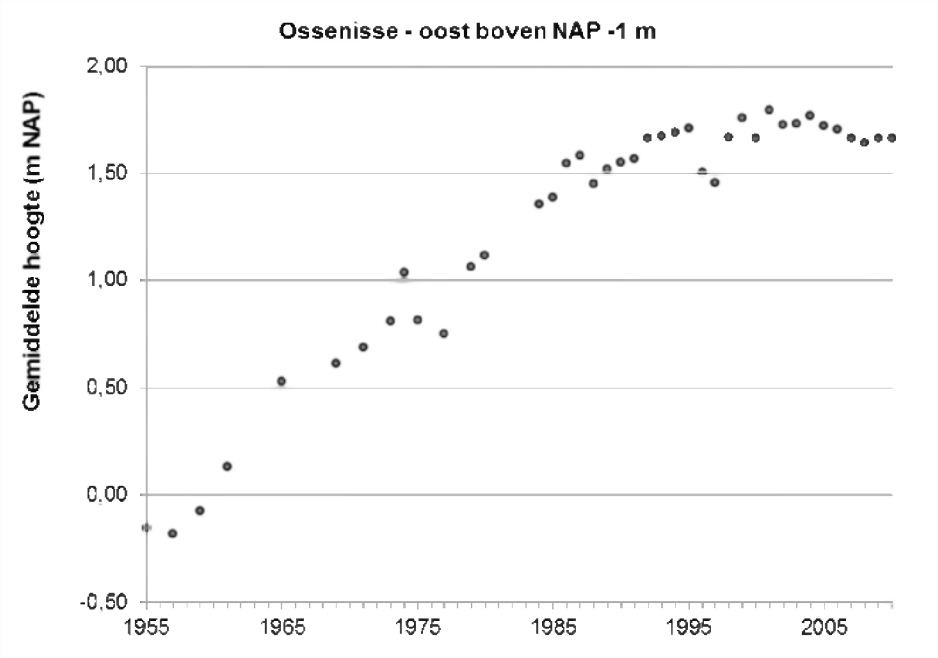
Het plaatcomplex van de Platen van Ossenisse-oost heeft in de periode van 1955 tot 2010 een zeer grote toename van de gemiddelde hoogte doorgemaakt. De gemiddelde hoogte van de plaat boven de NAP -2 m is met 1,5 m toegenomen van rond de -0,75 m tot + 0,75 m NAP, zoals zichtbaar is in de grafiek in figuur 5.17. De toename van de gemiddelde plaathoogte van het hele complex heeft plaatsgevonden in twee stappen, van 1955 tot ongeveer 1985 en van ongeveer 1995 tot 2010, met daartussen een periode van relatieve stabilisatie en zelfs een kleine afname van de gemiddelde plaathoogte.



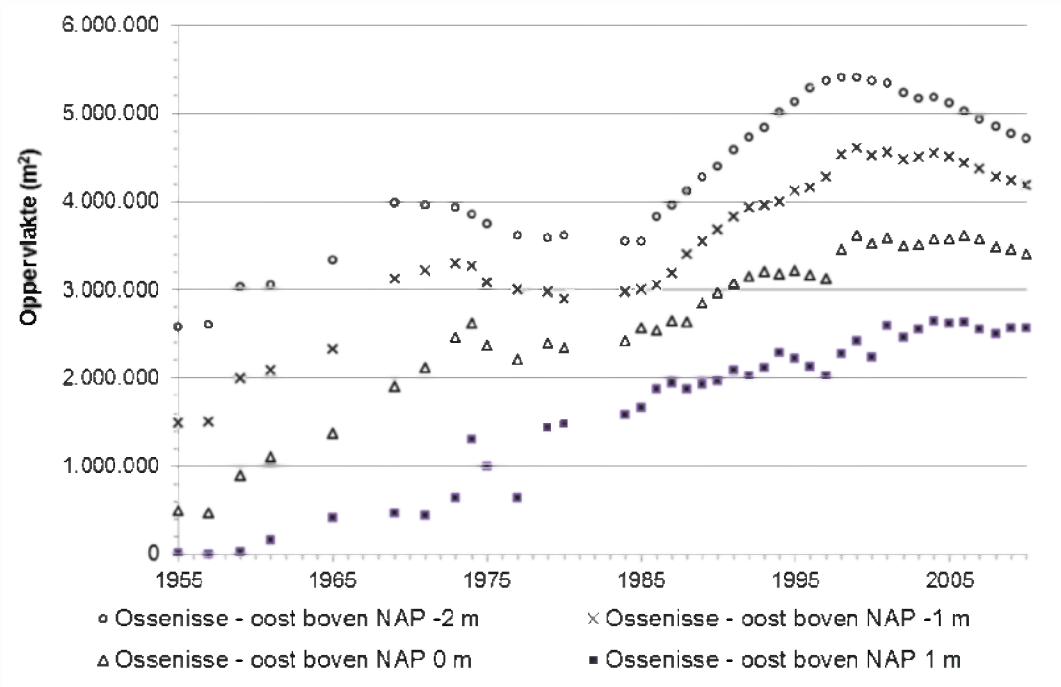
Figuur 5.17 Gemiddelde plaathoogte (sedimentvolume / oppervlakte) boven verschillende hoogteniveaus van de Platen van Ossenisse-oost (binnen het rechter groene kuberingsgebied in figuur 5.12).

De hoogste delen van de Plaat van Ossenisse-oost laten een iets ander beeld zien, namelijk een toename tot ongeveer 1997, gevolg door stabilisatie en een beperkte afname (figuur 5.18).

Het areaal van de Platen van Ossenisse-oost maakt een minstens zo complexe ontwikkeling door als de ontwikkeling van de gemiddelde hoogte (figuur 5.19). Het areaal boven NAP – 2 vertoont een toename tot begin jaren ’70, gevolg door een afname en stabilisatie tot halverwege de jaren ’80, gevolgd door een snelle toename tot halverwege de jaren’90, die wederom werd gevolgd door een afname. Het netto effect is dat sinds 1955 het areaal van het plaatcomplex bijna is verdubbeld. Voor de hogere delen is de ontwikkeling anders verlopen, zoals duidelijk is in de grafiek in figuur 5.19. Voor de altijd hogere delen boven NAP + 1 m geldt bijvoorbeeld dat de toename van de hoogte is doorgegaan tot het begin van 21ste eeuw en dat daarna een periode van stabilisatie is opgetreden.



Figuur 5.18 Gemiddelde plaathoogte (sedimentvolume / oppervlakte) van de hoogste delen van de Platen van Ossenisse-oost (binnen het rode kuberingsgebied in figuur 5.12).

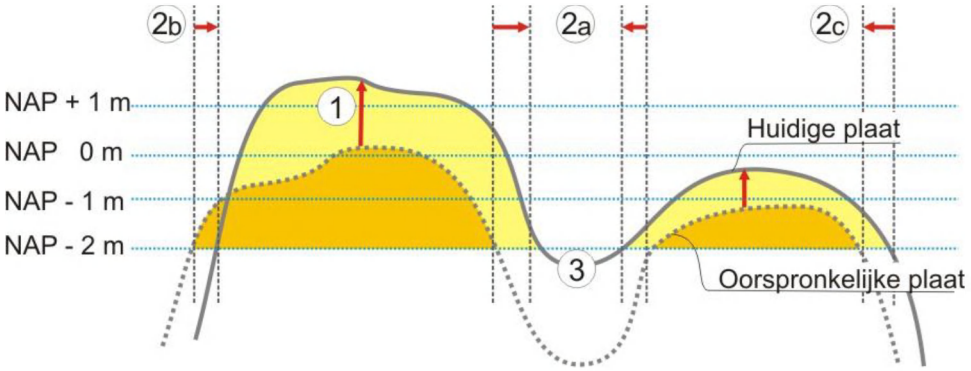


Figuur 5.19 Arealen boven verschillende hoogteniveaus van de Platen van Ossenisse-oost (binnen het groene kuberingsgebied in figuur 5.12).

De ontwikkelingen van de hoogte en het areaal van de Platen van Ossenisse-oost zijn te begrijpen door te kijken naar de verschillende bijdragen, schematisch weergegeven in figuur 5.20. Deze bijdragen zijn:

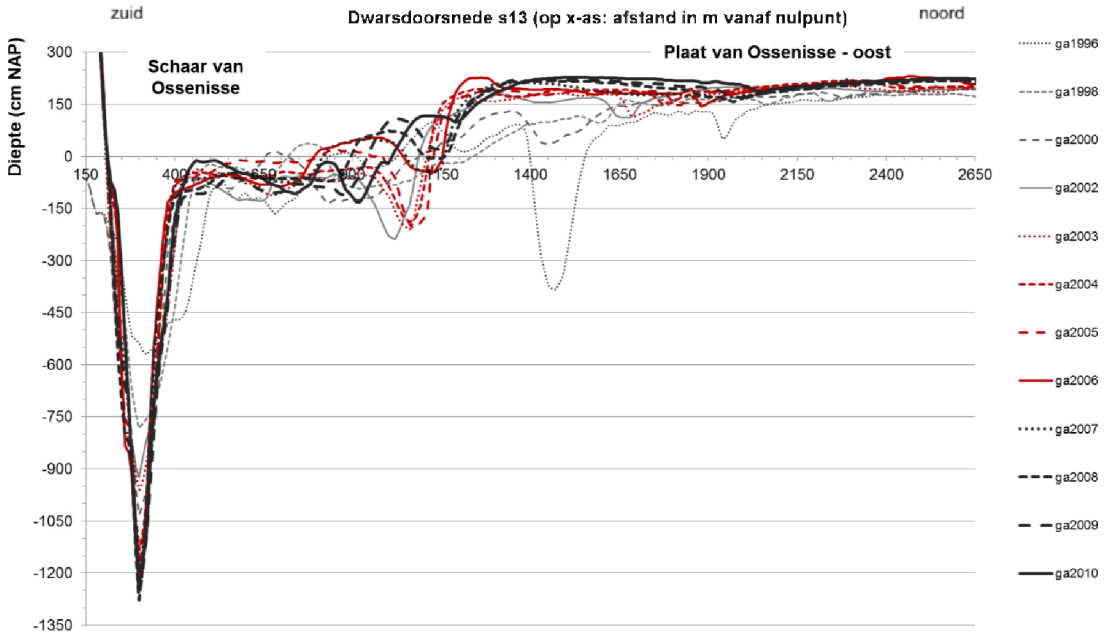
1. Sedimentatie op de plaat, zodat de plaat daadwerkelijk hoger wordt;
2. Areaalveranderingen, die bestaan uit;
2a: Opvullen van kortsluitgeulen en schaartjes, waardoor de plaatgrens verschuift;
2b: Oostwaartse verplaatsing hoofdgeul aan de westzijde: afname van het plaatareaal;

2c: Westwaartse verplaatsing van de hoofdgeul aan de oostzijde: afname van het plaatareaal;
3: Opvullen van kortsluitgeulen en schaartjes, gevolgd door sedimentatie op de plaat.

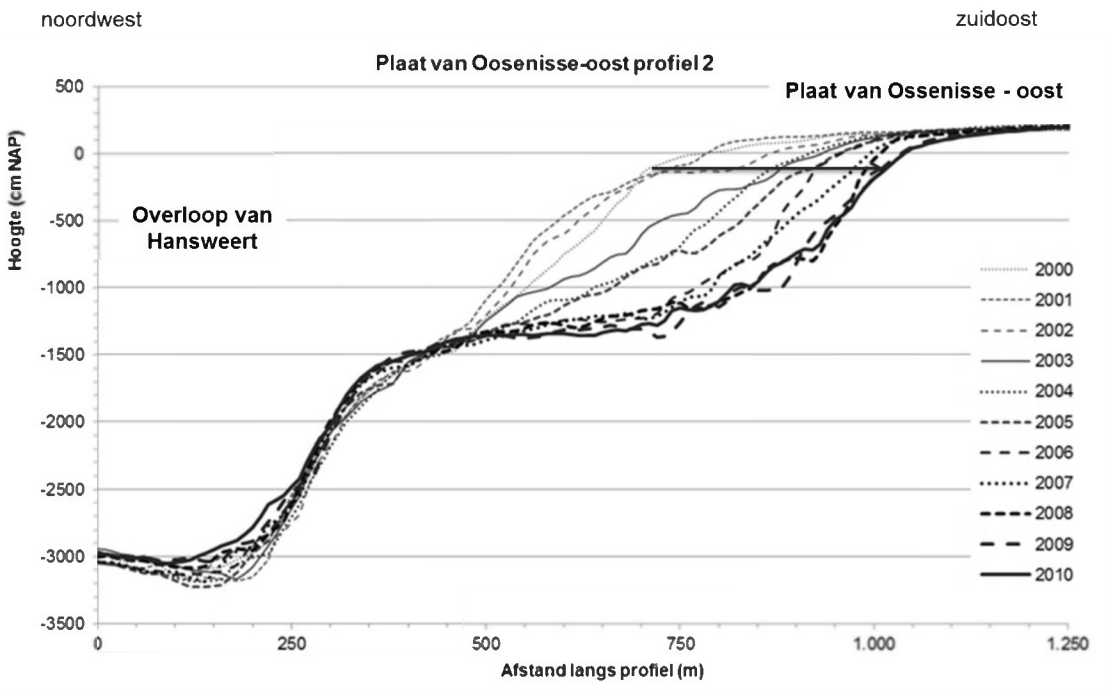


Figuur 5.20 Schematische dwarsdoorsnede van de ontwikkelingen van de platen.

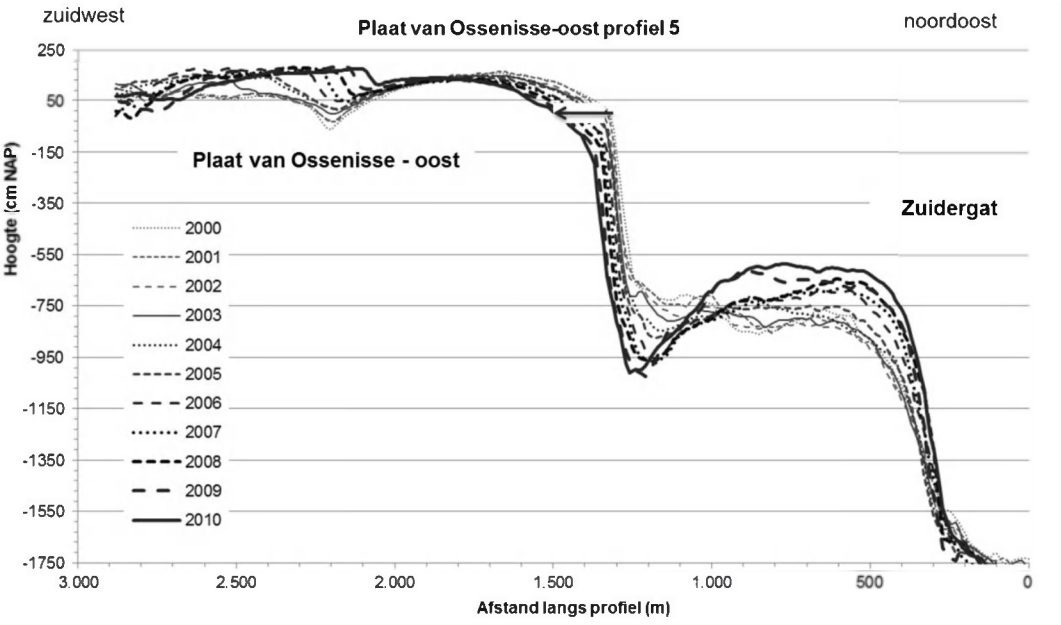
De areaalveranderingen van de platen volgen uit de optelsom van de verschillende processen. In eerste instantie is toename van het areaal door het opvullen en uiteindelijk verdwijnen van de kortsluitgeulen maatgevend geweest voor het gehele complex, maar na het begin van de 21ste eeuw is afname door de verplaatsing van hoofdgeulen gaan domineren. Figuur 5.21 toont dwarsdoorsnedes van de Plaat van Ossenisse-oost en de Schaar van Ossenisse uit de periode 1996 tot 2010, aan de zuidzijde van het plaatcomplex. In dit dwarsprofiel is zichtbaar dat de kortsluitgeulen die in 1996 nog aanwezig waren in 2010 geheel opgevuld zijn. De recente verplaatsing van de hoofdgeulen aan de noordwestzijde is weergegeven in de dwarsprofielen in figuur 5.22. Voor de noordoostzijde is dit gedaan in figuur 5.23. De verplaatsing van de hoofdgeul, die ten koste gaat van het plaatareaal betreft aan beide zijden alleen de bovenkant van de geulwand. De omvang van de verplaatsing is het grootst aan de noordwestzijde, waar in een periode van 10 jaar de geulwand met meer dan 250 m is verplaatst.



Figuur 5.21 Dwarsdoorsnede s13 door de Platen en Schaar van Ossenisse (locatie van de dwarsdoorsnede in figuur 5.6).



Figuur 5.22 Dwarsdoorsnede noordwestzijde van de Plaat van Ossenisse (locatie van de dwarsdoorsnede in figuur 5.6).)



Figuur 5.23 Dwarsdoorsnede noordoostzijde van de Plaat van Ossenisse (locatie van de dwarsdoorsnede in figuur 5.6).)

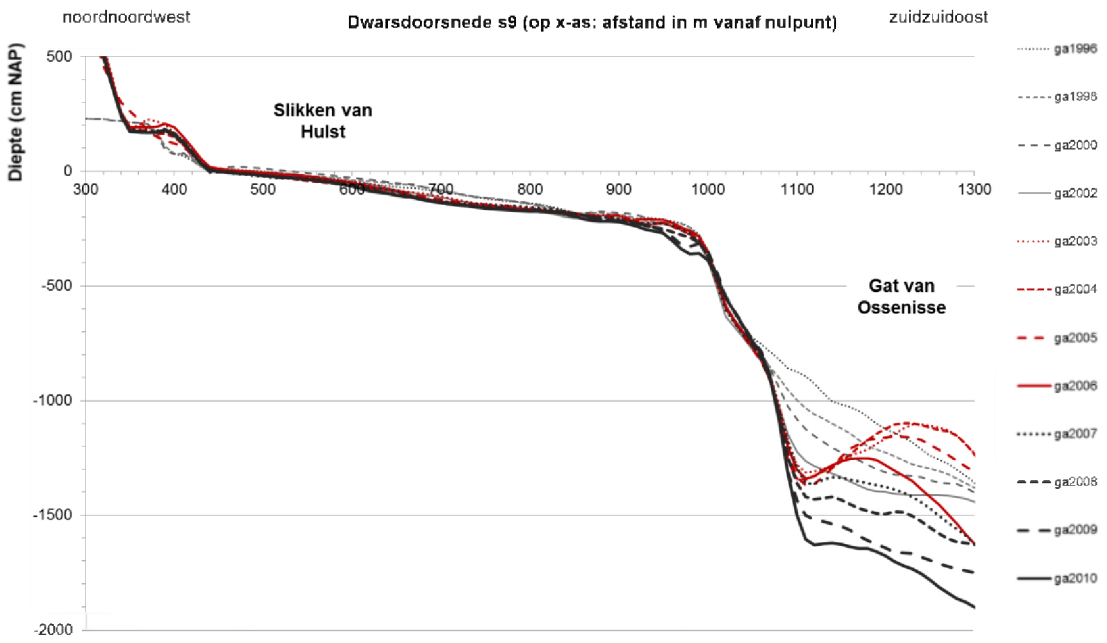
5.9 RELATIEF STABIELE SLIKKEN EN SCHORREN

De slikken en (het kleine areaal aan) schorren in macrocel 4 zijn relatief stabiel, zowel in areaal, als in hoogte. De drie gebieden liggen ten opzichte van de geulen in luwe hoeken die door de dijk worden gevormd. De areaalveranderingen die optreden worden veroorzaakt door de verplaatsingen van de geul.

Slikken en schor bij Hulst

De aanwezigheid van het schor op deze locatie is gekoppeld aan een voormalige arm van de Westerschelde, die tot aan Hulst heeft gelopen: het Hellegat. Dit betekent dat ter plaatse een geul heeft gelopen, waardoor het oorspronkelijk aanwezige veenpakket afwezig is. Hier is geen sprake van veenbanken die de verplaatsing van de hoofdgeul beperken. Er zijn wel natuurlijke ophangpunten (erosiebestendige lagen) die de ontwikkeling sturen, recentelijk ondersteund door de geulwandbestorting. Figuur 5.24 toont een dwarsdoorsnede door de Slikken van Hulst en de aanliggende geul. De ligging van het slik varieert weinig, langs de rand treedt enige erosie op. De grootste veranderingen treden op aan de teen van geulwand, waar de steile geulwand gaandeweg verdiept. Tegenwoordig ligt de knik van de steile geulwand naar de flauwe geulbodem rond de NAP -17 m. In 1996 lag deze overgang nog rond de NAP -7,5 m. Mogelijk is dit ontgronding aan de teen van de bestorting.

In en voor het schor is een kenmerkende ontwikkeling zichtbaar met een schor dat erodeert, waarvoor een nieuw schor tot ontwikkeling komt. Het nieuwe schor ontstaat niet direct voor het klif, maar enkele meters verder op het slik. Het slik is zandrijk en laagdynamisch. Op het slik worden zeepieren gestoken (die in hun voorkomen gebonden zijn aan een zandrijk substraat). In het noordelijk deel van de slikken bij Hulst worden minder vogels aangetroffen dan je op grond van de rijkdom aan bodemleven zou verwachten. Een mogelijke oorzaak is de aanwezigheid van veel schelpen en schelpfragmenten in de bodem, zodat het voor langsnavelige steltlopers minder aantrekkelijk is. Nog iets verder stroomopwaarts liggen vrij laag gelegen slikken tussen dammen en geulwandverdediging, die zijn geclassificeerd als arm/ hoogdynamisch.
Ten noorden van de grote nol bij Knuitershoek (Ossenisse) dagzomen in het slik harde lagen in de vorm van veenbanken. Hier is ook sprake van schorontwikkeling tegen de dijk.



Figuur 5.24 Dwarsdoorsnede Slikken van Hulst (locatie in figuur 4.11).

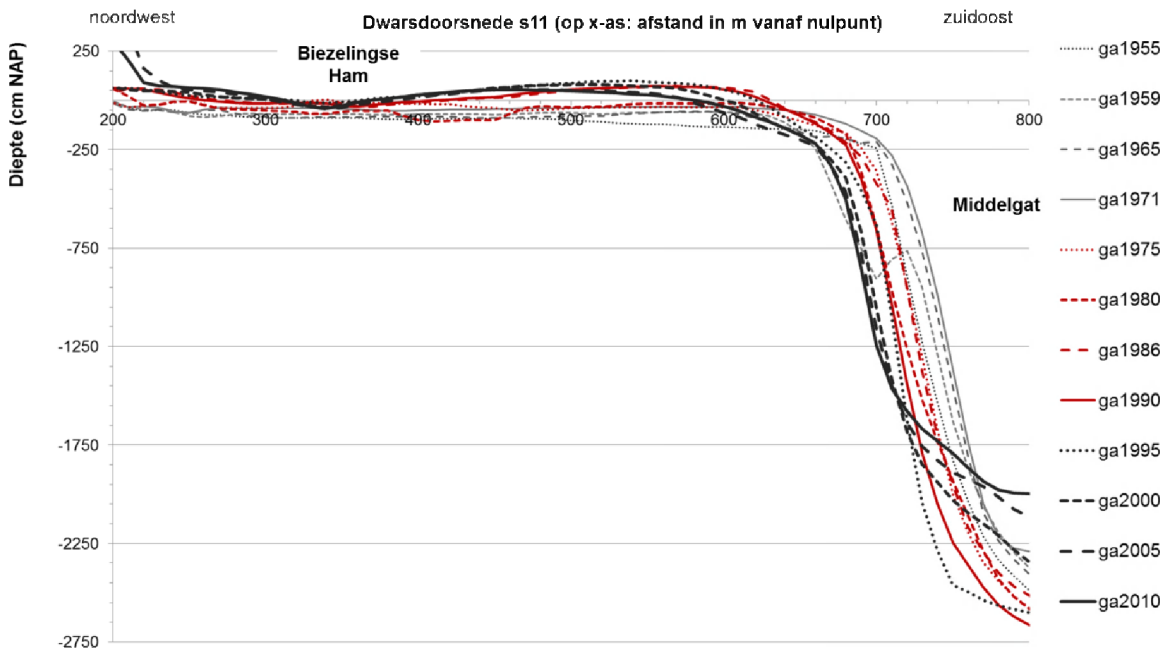
Biezelingsche Ham

Het laagdynamische slik is slibrijk, zeer stabiel en is wordt intensief benut door foeragerende vogels. In de ondergrond is in een deel van het gebied een harde laag aanwezig. Door de aanwezigheid van een geul (het verlengde van het Zwake) is deze harde laag in het noordelijk deel afwezig. In de dwarsdoorsnede in

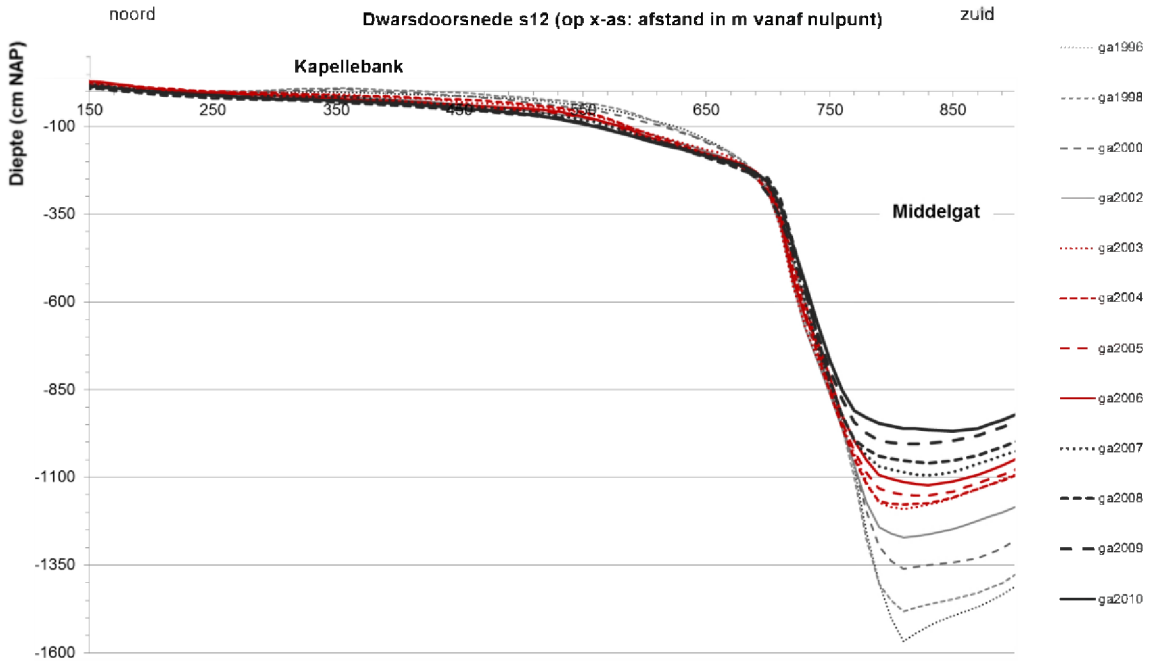
figuur 5.25 is zichtbaar dat de landwaartse verplaatsing van de geulwand resulteert in een afname van het areaal van het slik. In de dwarsdoorsnede is ook enige sedimentatie op het slik zichtbaar.
Het schor dat hier nog aanwezig is, is qua omvang en natuurwaarden zeer beperkt. Het prieletje dat door het slik loopt wordt gevoed vanuit een gemaal/sluis, die tevens als afvoer van het water van de rioolwaterzuiveringsinstallatie fungeert. Dat laatste betekent dat er een meer continue afvoer van water plaatsvindt dan vanuit andere sluizen/gemalen.

Kapellebank
Het slik is vergelijkbaar met de Biezelingsche ham (vogelrijk, slibrijk, geen vegetatie). Hier ligt een afvoer van industriewater (conservenfabriek) midden in het slik. Figuur 5.26 toont een dwarsdoorsnede, waarin zichtbaar is dat de hoogte het slik iets is afgenomen. In de dwarsdoorsnede is ook de lokale sedimentatie van Middelgat zichtbaar.

In de voormalige werfhaven bij Hansweert heeft dusdanige sedimentatie heeft plaatsgevonden dat het een slik is geworden, waarbij ook langzaam schorvorming plaatsvindt (figuur 5.27).



Figuur 5.25 Dwarsdoorsnede Biezelingsche Ham en het Middelgat (locatie van de dwarsdoorsnede in figuur 5.6).



Figuur 5.26 Dwarsdoorsnede Kapellebank en Middelgat (locatie van de dwarsdoorsnede in figuur 5.6).

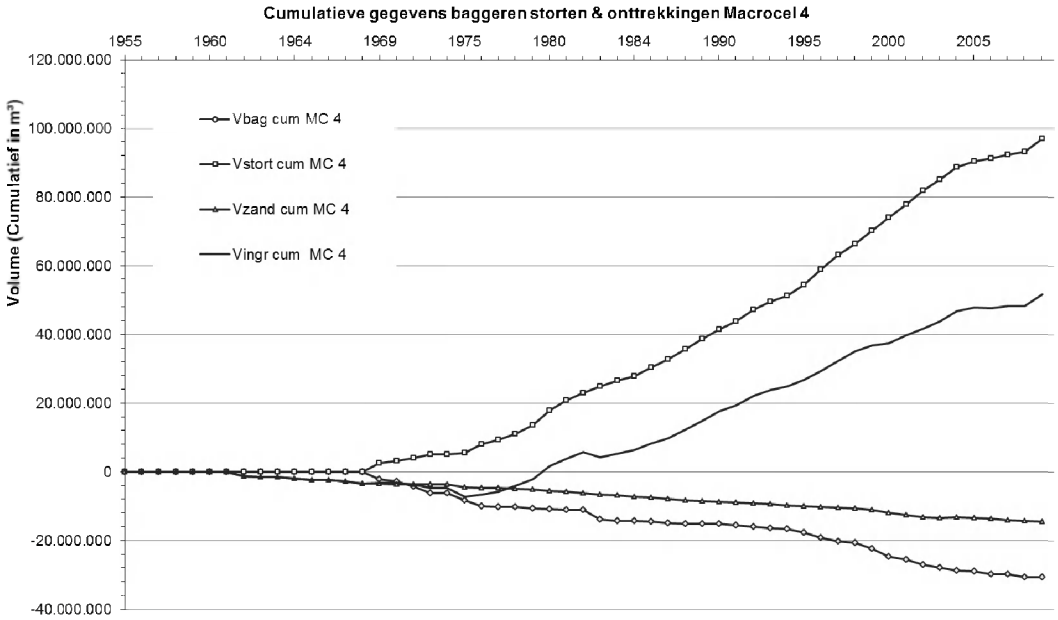
Figuur 5.27 Voormalige werfhaven bij Hansweert, met schorvorming aan de westzijde.

5.10 SAMENHANG MET BEHEERINGREPEN EN ANDERE BOCHTGROEPEN

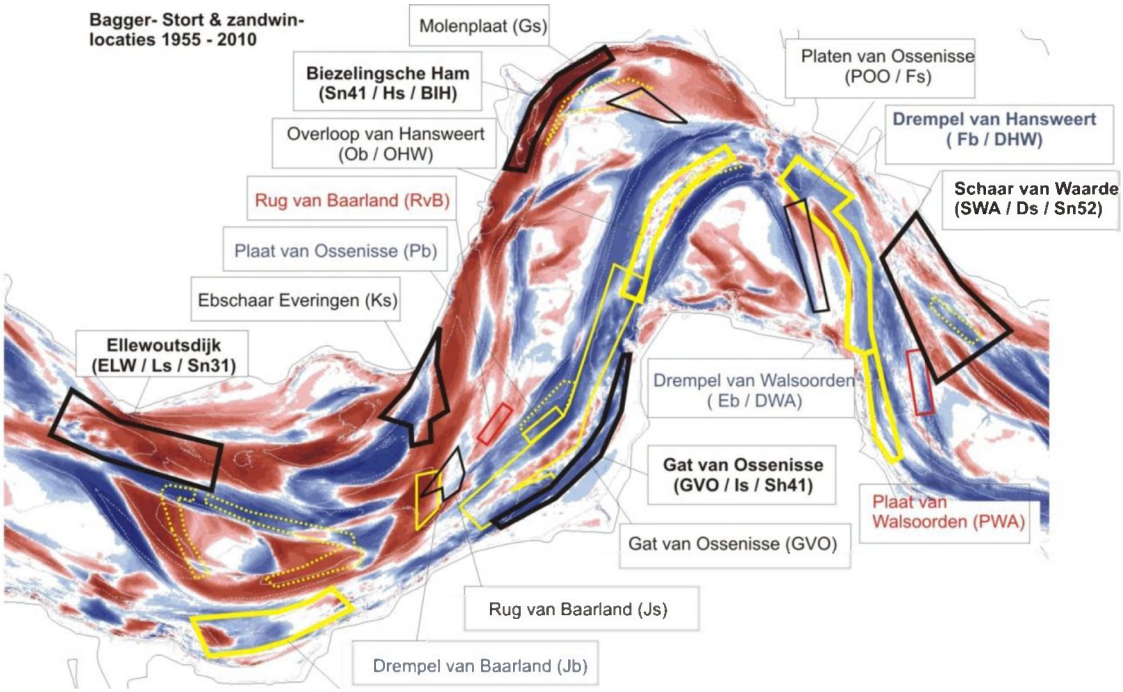
In de loop van de tijd is veel gebaggerde specie gestort in macrocel 4, zoals zichtbaar is in de grafiek met de cumulatieve ingreepvolumes in figuur 5.28. Het totale volume gestort materiaal gaat in de richting van 100 x 10^6 m^3. Het netto toegevoegde volume is kleiner dan dat, omdat in macrocel 4 ook zand is gewonnen en in de vaarweg is gebaggerd. In totaal bedraagt het netto toegevoerde sedimentvolume ruim 50 x 10^6 m^3.

Het sediment dat door storten is aangevoerd naar macrocel 4 is ten het oosten van macrocel 4 gebaggerd. In macrocel 4 en in de nabije omgeving zijn veel verschillende locaties in gebruik en in gebruik geweest waar onttrekkingen hebben plaatsgevonden (baggeren en zandwinning) en waar sediment is gestort (figuur 5.29).

Het aanvoeren van baggerspecie uit de oostelijke gelegen macrocellen gaat tot de jaren '90 gelijk op met toenemen van het sedimentvolume macrocel 4. In de grafiek in figuur 5.4 is de ontwikkeling van het sedimentvolume in de geulen van de gehele macrocel weergegeven, evenals de aparte ontwikkeling van de hoofdgeul Overloop van Hansweert en de nevengeul Middelgat. De sedimentatie in macrocel 4 heeft plaatsgevonden in het Middelgat. De Overloop van Hansweert is ondertussen steeds ruimer geworden. Het sedimentvolume van de Overloop van Hansweert is versneld afgenomen vanaf het begin van de jaren '90. In het Middelgat is in dezelfde periode de snelheid van de sedimentatie toegenomen, maar dit heeft de afname in de Overloop niet volledig kunnen compenseren. Ook de netto aanvoer van baggerspecie heeft deze afname niet gecompenseerd. De consequentie hiervan is na de jaren '90 het sedimentvolume in macrocel 4 is afgenomen.

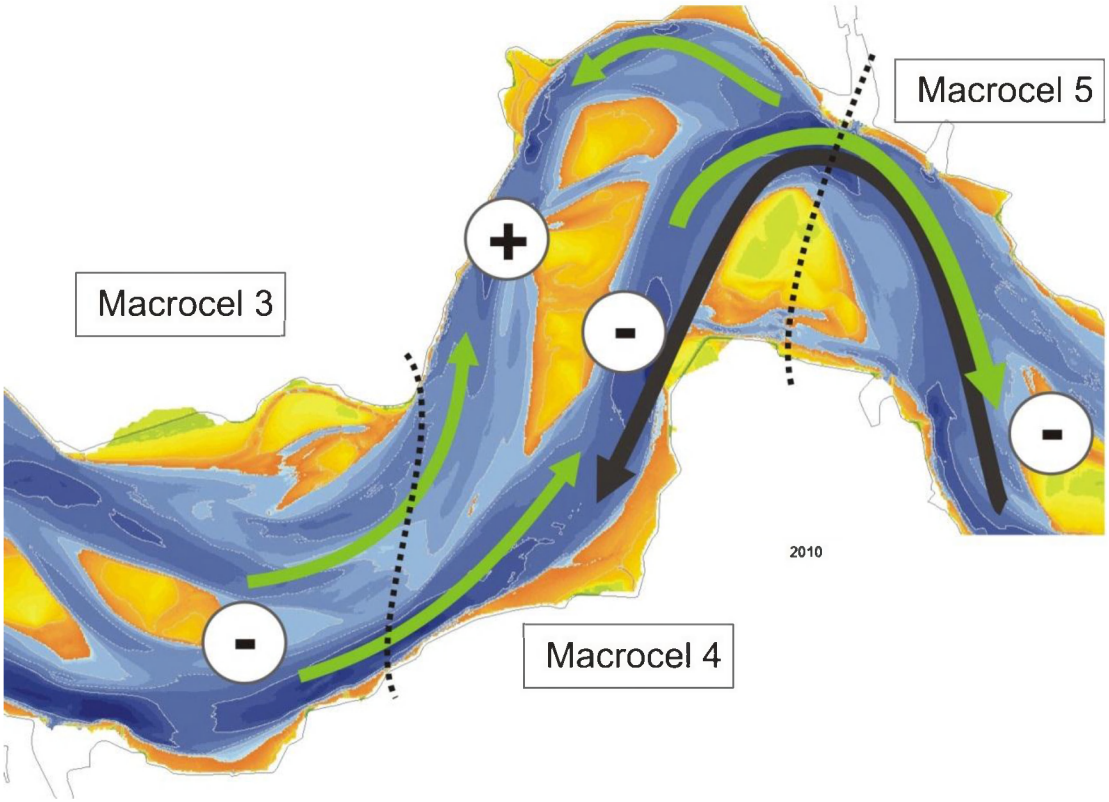


Figuur 5.28 Cumulatieve bagger, stort en zandwinvolumes en het cumulatieve totale ingrepen volume, voor de periode 1955-2008 in macrocel 4 (op basis van de Rijkswaterstaat zandbalans).



Figuur 5.29 Kaart met de verschillende bagger en zandwinlocaties (geel), reguliere stortlocaties (zwart) en plaatrandstortingen (rood).

Macrocel 4 ontvangt niet alleen specie die in de meer oostelijke gelegen macrocellen wordt opgebaggerd, maar ontvangt ook sediment uit macrocel 3 (zie de sedimentbalansen: o.a. Nederbragt en Liek, 2005; Haecon, 2006; LTV V&T-rapport G-2 en modelsimulaties: o.a. LTV V&T-rapport G-11).De afname van het sedimentvolume in de aangrenzende macrocel 3 is (zoals volgt de sedimentbalansen) gerelateerd aan het transport door natuurlijke sedimenttransportprocessen, naar de oostelijk daarvan gelegen macrocel 4. Ondanks deze aanvoer van sediment neemt sinds 1990 het sedimentvolume van de geulen (zie figuur 5.29) niet toe. Dat betekent dus dat sediment verder wordt getransporteerd naar het oosten.
Op basis van de waargenomen sedimentatie in de nevengeul en de erosie in de hoofdgeul in macrocel 4, in combinatie met de netto aangevoerde baggerspecie die afkomstig is uit de oostelijk gelegen macrocellen, kunnen de aanvoerroutes van sediment worden geschetst. Dit is in figuur 5.30 gedaan. Het is vooralsnog niet mogelijk om bij al deze pijlen de omvang van de transporten op te geven. Dat is wel mogelijk bij de netto aanvoer van baggerspecie (cumulatief netto 50 x 10^6 m^3), maar niet voor de sedimenttransporten door de natuurlijke processen.



Figuur 5.30 Schematische weergave van de sedimentatie (+) en erosie (-) in de macrocellen 3, 4 en 5, de verplaatsing van baggerspecie van macrocel 5 naar 4 (grijze pijl) en de sedimenttransporten (groene pijlen).

5.11 VERWACHTE ONTWIKKELINGEN MACROCEL 4 IN SAMENHANG MET HET BEHEER

De dominante ontwikkeling in macrocel 4 is de wisseling van de hoofd- en nevengeul. Naar verwachting heeft deze wisseling tot gevolg dat in het Middelgat sprake zal zijn van doorgaande sedimentatie. Naar verwachting zal de omvang van de Overloop van Hansweert blijven toenemen.

Beheeringrepen in het Middelgat, waarbij sediment wordt aangevoerd, zullen naar verwachting bijdragen aan een snellere opvulling ervan. Dit geldt voor stortingen binnen de gehele contour die de nevengeul omvat, inclusief de reguliere stortvakken en het gebied van de plaatrandstortingen. De plaatrandstortingen bij de Rug van Baarland (RvB) hebben plaatsgevonden in een gebied waar van nature aanzanding plaatsvind en dit verklaart waarom de toename van het sedimentvolume groter is dan het in de plaatrandstortingen aangebrachte sedimentvolume.

Een extrapolatie van de waargenomen ontwikkeling geeft zicht op de verwachte termijnen bij de ontwikkelingen:

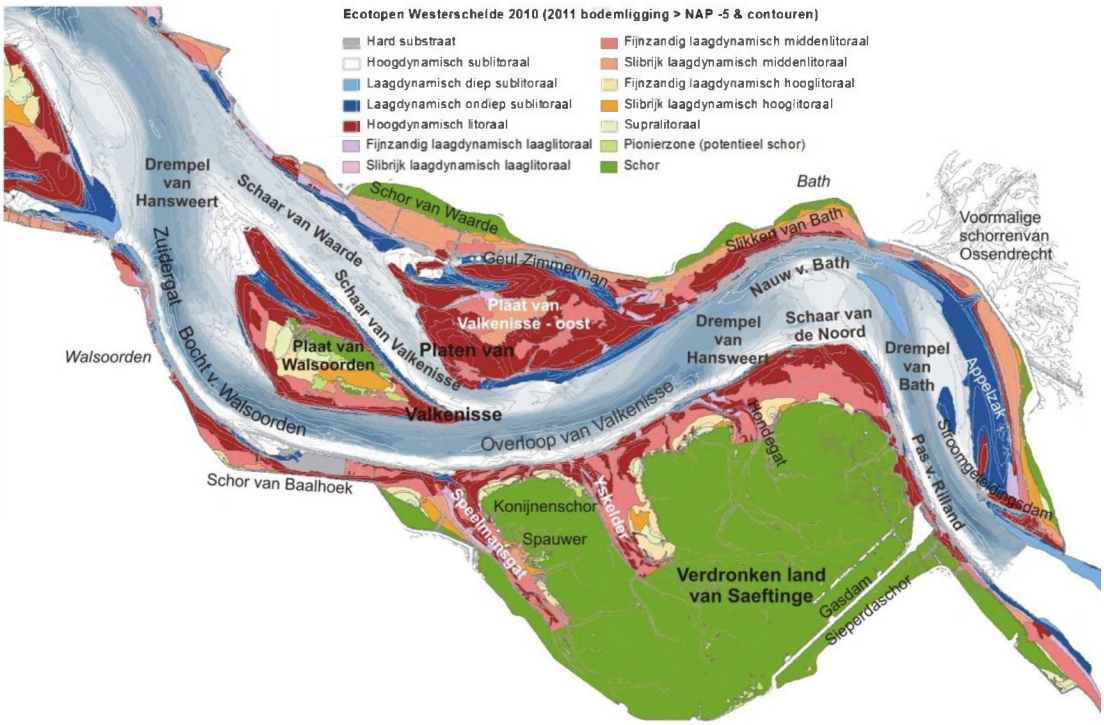
- Bij storten conform de eerder uitgevoerde stortingen zal naar verwachting de opvulling van het Middelgat doorgaan met hoge snelheid. Dat betekent dat de levensduur van het Middelgat nog tenminste 75 jaar zal bedragen .
- Bij niet storten in het Middelgat zal naar verwachting de opvulling van het Middelgat doorgaan met lage snelheid. Dat betekent dat de levensduur van het Middelgat nog tenminste 175 jaar zal bedragen .
- Bij het verruimen van het Middelgat door in de geul te baggeren zal de levensduur mogelijk worden verlengd (waarbij de aanname is dat de sedimentatiesnelheden niet toenemen na het baggeren).

De waargenomen afname van het aantal kortsluitgeulen en ook de toekomstige ontwikkeling van de resterende kortsluitgeul is niet direct gekoppeld aan beheer. De ontwikkeling platen lijkt geen directe koppeling te hebben met de lokale beheeringrepen en ditzelfde geldt waarschijnlijk voor de toekomstige ontwikkelingen.

6 Macrocel 5 – Rondom de Platen van Valkenisse

6.1 INLEIDING EN GEBIEDSBESCHRIJVING

Macrocel 5 omvat het plaatcomplex van Valkenisse en is weergegeven in figuur 6.1. De hoofdgeul draagt van west naar oost achtereenvolgens de namen Zuidergat, Bocht van Walsoorden en Overloop van Valkenisse. Tegenwoordig is de belangrijkste nevengeul de Schaar van Valkenisse, die het plaatcomplex in tweeën deelt. De westelijke helft van deze Schaar heet de Schaar van Waarde, die naar het oosten via een drempelgebied overgaat in het restant van de Geul Zimmerman. Dit restant van de geul vormt de scheiding tussen de slikken en de Plaat van Valkenisse. De Schaar van Valkenisse scheidt de Plaat van Valkenisse van de Plaat van Walsoorden. Ten westen van de Geul Zimmerman ligt aan de noordoever het Schor van Waarde met slikken. Aan de zuidoever ligt het Schor van Baalhoek en het Land van Saeftinghe.

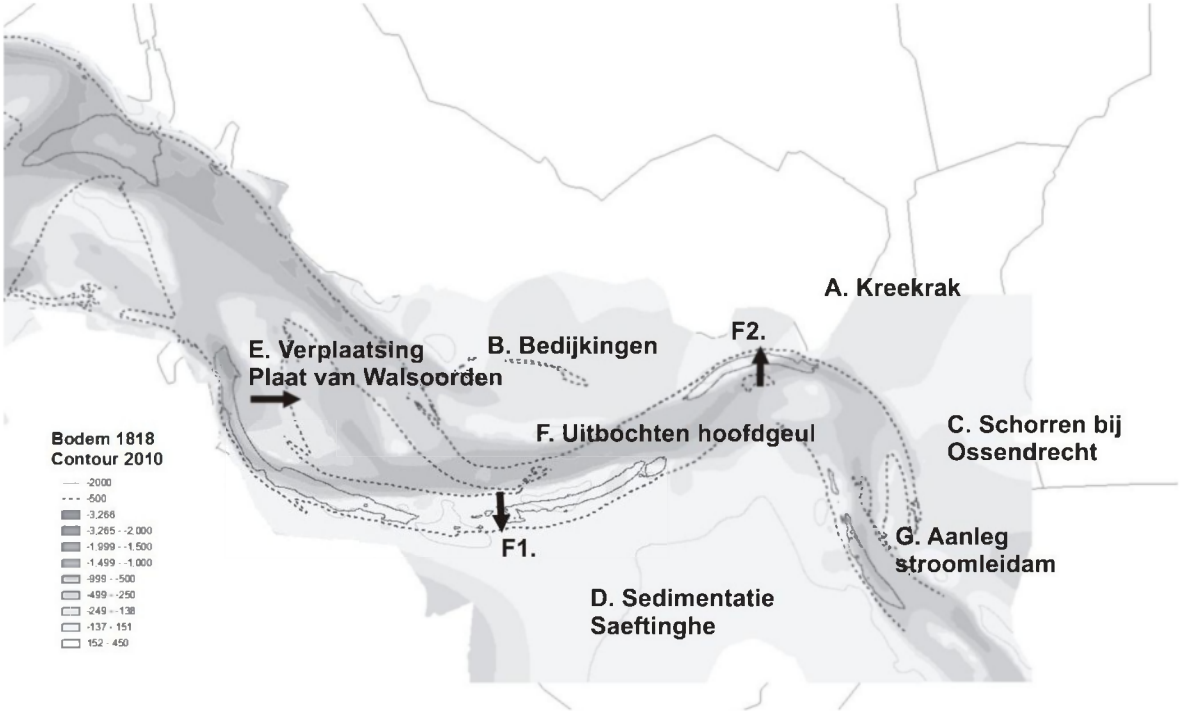


Figuur 6.1 Ecotopenkaart van macrocel 5, 6 en 7 in de Westerschelde, met de in tekst gebruikte namen.

6.2 SLEUTELASPECTEN

Aan de oostzijde van de Westerschelde is in de afgelopen twee eeuwen veel veranderd in de begrenzing van het estuarium en in de loop en ligging van geulen en drempels, zoals in figuur 6.2 zichtbaar is. In de kaart uit 1818 zijn de volgende aspecten gemarkeerd:

A. De afdamming van het Kreekrak (1867 – volgende hoofdstuk);
B. Verschillende bedijkingen bij Rilland ;
C. Bedijking schorren bij Ossendrecht (rond 1970 – volgende hoofdstuk);
D. Sedimentatie op het Land van Saeftinghe (volgende hoofdstuk);
E. Verplaatsing Plaat van Walsoorden;
F. Uitbochten van de hoofdgeul;
G. Aanleg van de stroomleidam (1986-1971- volgende hoofdstuk).



Figuur 6.2 Bodemligging in de oostelijke helft van Westerschelde in 1818 met de contouren uit 2010 en de sleutelaspecten voor de lange termijn ontwikkeling.

Verschillende bedijkingen bij Rilland
De bedijking bij Rilland heeft in de loop van de 19e eeuw de grens van het estuarium naar het zuiden verschoven. De ruimte die daarmee is overgebleven voor de dynamiek van de verplaatsing van de geulen is daarmee beperkt.

Verplaatsing Plaat van Walsoorden
De Plaat van Walsoorden is in de loop van de tijd naar het oosten opgeschoven. Hiermee is de ruimte voor het plaatcomplex van Valkenisse aan de westzijde afgenomen.

Uitbochten van de hoofdgeul
De buitenbochten van de hoofdgeul zijn in de loop van de jaren verder gaan uitbochten. De bocht bij de overloop van Valkenisse is naar het zuiden verplaatst (F1 in figuur 6.2) en de bocht bij het Nauw van Bath is naar het noorden verplaatst ((F2 in figuur 6.2). Door de ontwikkeling bij de Overloop van Valkenisse is

de ruimte voor het plaatcomplex ten noorden van de hoofdgeul toegenomen. De verplaatsing van de geul is doorgegaan totdat, met het aanbrengen van geulwandbestortingen, de ligging van de geulwand is gefixeerd.

Combinatie van ontwikkelingen
De combinatie van de hierboven beschreven ontwikkelingen heeft er voor gezorgd dat het hele complex van platen, hoofd- en nevengeulen, oftewel de gehele macrocel 5, een meer zuidwestelijke ligging heeft gekregen. Daarbij is de vorm van de hoofdgeul veranderd van meer langgerekt naar bochtiger.

De morfologische veranderingen die in dit hoofdstuk worden besproken zijn aangeven in de sedimentatie-erosiekaart in figuur 6.3. In figuur 6.4 zijn de persistente ontwikkelingen weergegeven, waarin de kleine maar consequente veranderingen zichtbaar worden, zoals het hoger worden van de platen. De ontwikkelingen die worden beschreven zijn:

1. Verdiepen van de drempel tussen de Put van Hansweert en de Bocht van Walsoorden, door baggeren;
2. Verplaatsing van de Schaar van Valkenisse naar het zuidwesten, met erosie aan de zuidwestzijde(2a) en sedimentatie (2b) aan de noordoostzijde ervan;
3. Overwegend sedimentatie in de Zimmermangeul, met lokaal erosie (3a en 3b);
4. Sedimentatie op en daarmee hoger worden van de Plaat van Valkenisse;
5. Sedimentatie op en daarmee hoger worden van de Plaat van Walsoorden;
6. Erosie bij het Zuidergat;
7. Verplaatsing van de noordelijke geulwand van de hoofdgeul naar het zuiden (7a en 7b), in samenhang met (F1): verdieping en verplaatsing van de hoofdgeul.

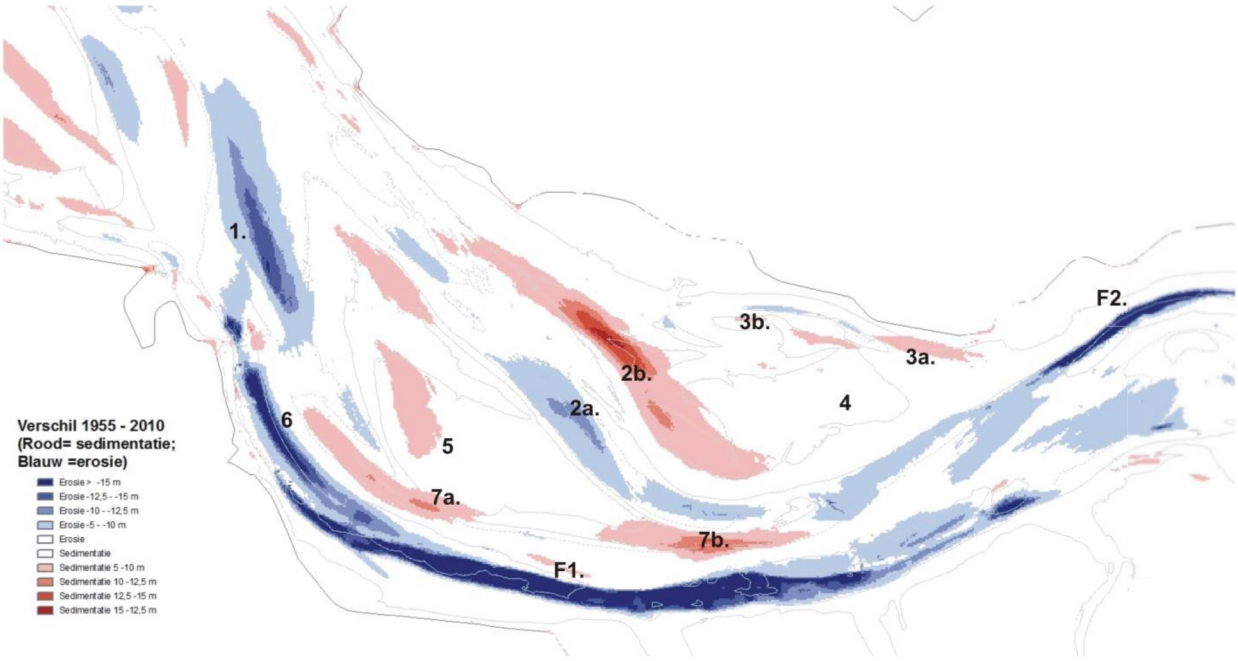
Deze ontwikkelingen zullen in samenhang worden beschreven. In paragraaf 6.3 wordt de toename van de hoofdgeul beschreven, waaronder 1, 6, 7a en 7b en F1 vallen. In paragraaf 6.4 wordt de hoogte toename van de platen beschreven die hierboven en in de figuren met 4 en 5 zijn gemarkeerd. De ontwikkelingen van de nevengeulen en de dynamiek (2a en 2b, 3a en 3b) staat beschreven in paragraaf 6.5. De waarde en ontwikkeling van de slikken en schorren staat beschreven in paragraaf 6.6.

6.3 DE HOOFDGEUL WORDT GROTER

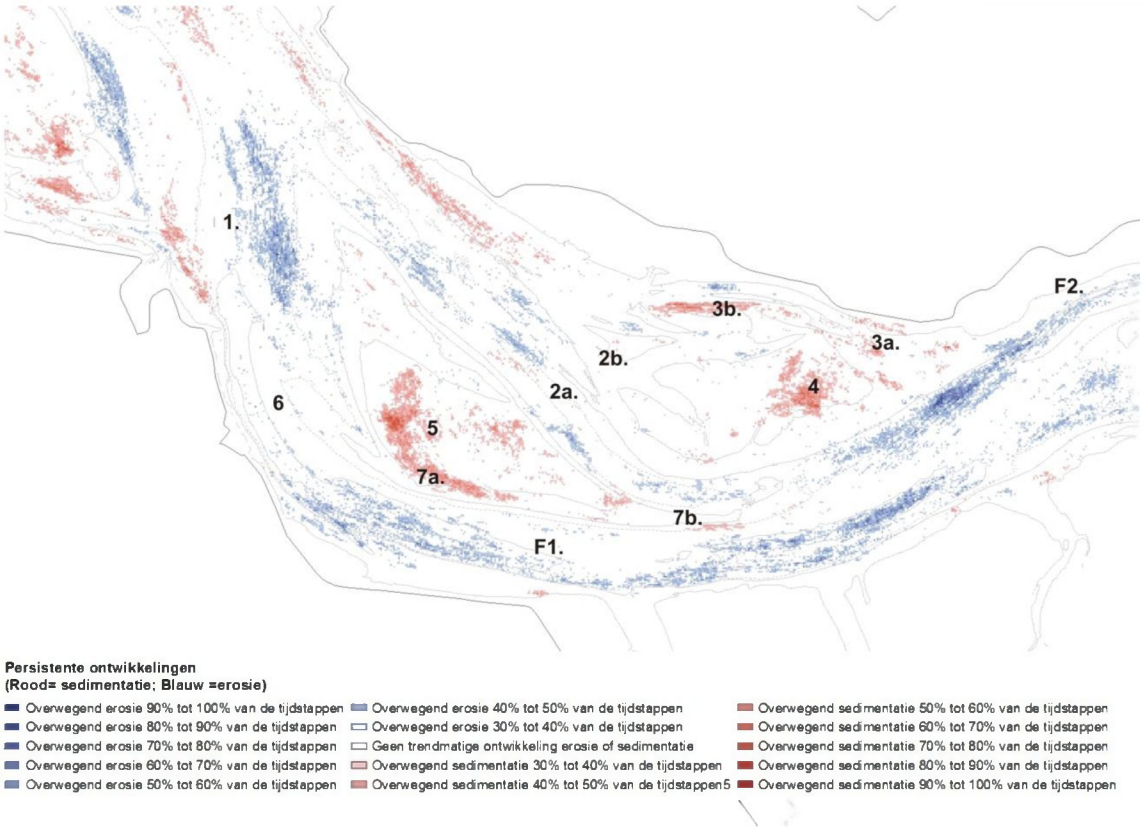
In de verschilkaart (figuur 6.3) is duidelijk zichtbaar dat op verschillende locaties de hoofdgeul dieper, dan wel breder is geworden. In de grafiek met de sedimentvolumes van de hoofd- en nevengeul in figuur 6.5 is zichtbaar dat het sedimentvolume na 1970 met ongeveer 65 x 10^6 m^3 is afgenomen. De gemiddelde diepte van de hoofdgeul is sinds 1955 met 3 meter toegenomen, van ruim NAP - 10 m tot ruim NAP -13 m. Deze afname van het sedimentvolume is het gevolg van de verschillende verdiepingen en verruimingen van de vaargeul en van het baggeren voor het onderhoud van de vaarweg (zie daarvoor paragraaf 6.7).

De locatie waar de relatie tussen de omvang van de hoofdgeul en het baggeren het meest uitgesproken is, is de Drempel van Hansweert (1 in figuur 6.3). Van nature is deze drempel een ondiepte, zoals die in het verleden in alle overgangen van de bochtgroepen werd aangetroffen (Van Veen, 1944, 1950, Van den Berg e.a., 1996). In de verschillende verdiepingen van de vaarweg is deze diepte waarop deze drempel wordt onderhouden stapsgewijs groter geworden. Vanwege de sedimentatie op deze locatie moet onderhoudsbaggerwerk worden uitgevoerd om de drempel op diepte te houden.

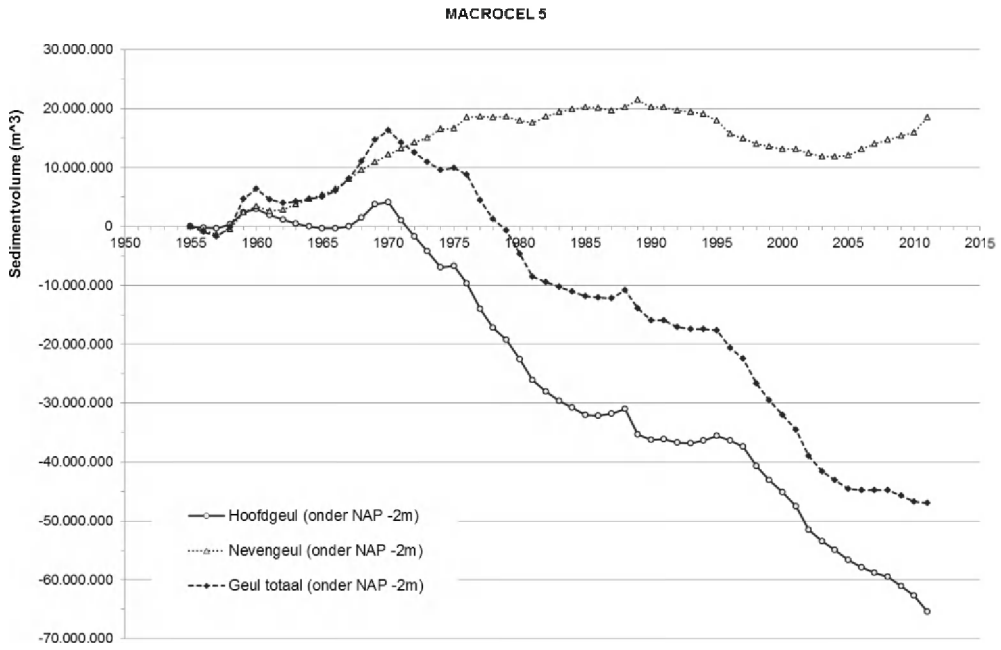
De verplaatsing van de Bocht van Walsoorden bestaat uit de zuidwaartse migratie van de buitenbocht (F1 in figuur 6.3) en de zuidwaartse migratie van de binnenbocht (7a en 7b in figuur 6.3). Naast de verplaatsing is er ook sprak van een toename van de doorstroomoppervlakte



Figuur 6.3 Verschil in bodemligging tussen 1955 en 2010 (blauw = erosie; rood = sedimentatie).

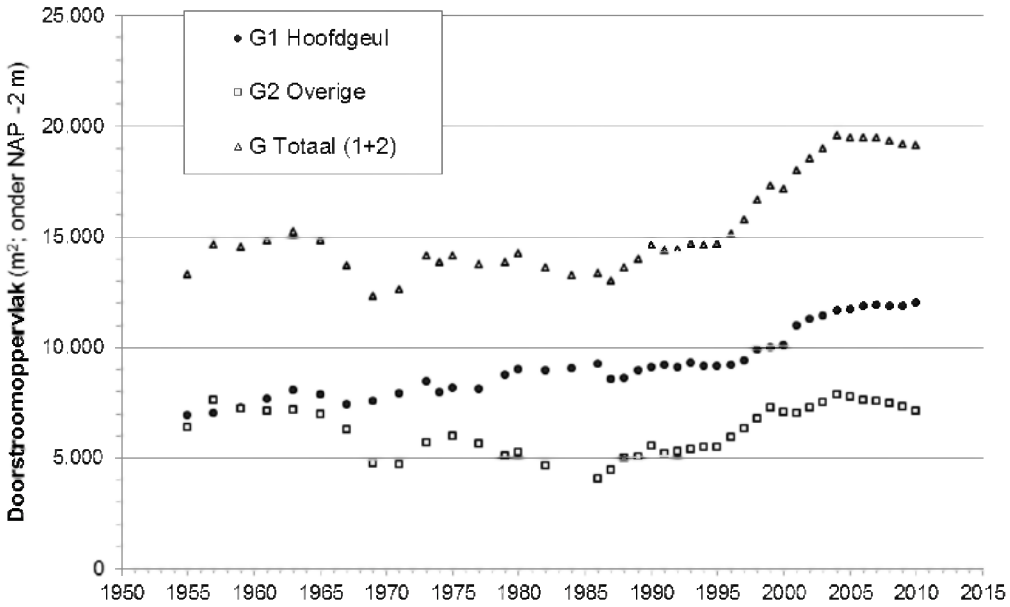


Figuur 6.4 Persistente morfologische veranderingen in macrocellen 1 en 2 (blauw = overwegend erosie ; rood = overwegend sedimentatie).

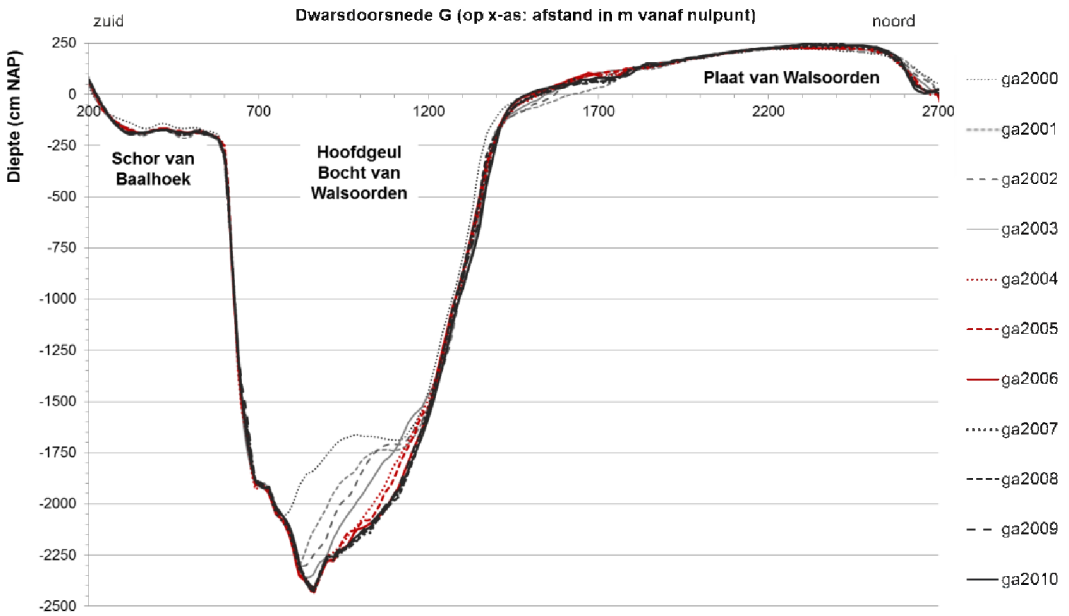


Figuur 6.5 Verandering in het sedimentvolume van de hoofdgeul, de nevengeul en het totale geulvolume in macrocel 5.

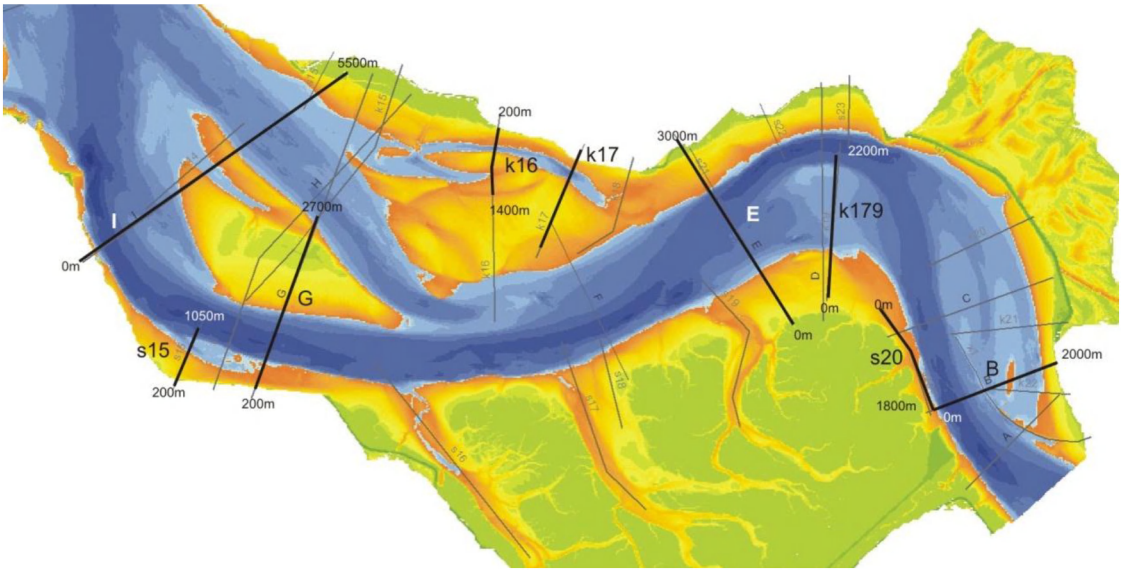
De toename van de doorstroomoppervlakte van de hoofdgeul is tot stand gekomen doordat in eerste instantie de verplaatsing van de zuidoever sneller verliep dan de verplaatsing van de noordoever. De verbreding van de hoofdgeul die hierdoor tot stand is gekomen, heeft plaatsgevonden tot de jaren '90. Met het vastleggen van de zuidoever met geulwandbestortingen is deze verbreding tot stilstand gekomen. Naast het verbreden van de hoofdgeul heeft ook een verdieping plaatsgevonden, die heeft bijgedragen aan de toename van de doorstroomoppervlakte. In de dwarsdoorsnede in figuur 6.7 is zichtbaar dat deze verdieping tot halverwege de jaren '00 heeft plaatsgevonden. Deze verdieping is geen gevolg van baggerwerkzaamheden op deze locatie. De natuurlijke diepte van de geul is op deze locatie toereikend.



Figuur 6.6 Ontwikkeling van de doorstroomoppervlakte (onder NAP -2 m) in dwarsdoorsnede G, van de hoofdgeul, het totaal en de nevengeulen (locatie in figuur 6.8).

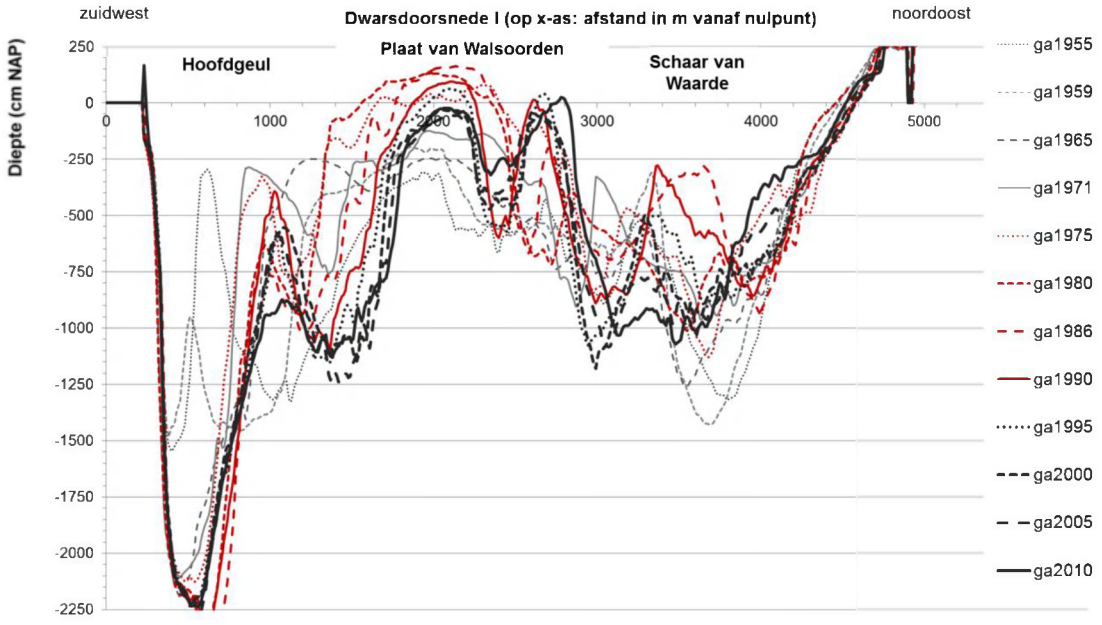


Figuur 6.7 Dwarsdoorsnede G door de Bocht van Walsoorden (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 6.8).



Figuur 6.8 Locaties van de dwarsdoorsneden op de bodemligging van 2011. De in het voorliggende rapport getoonde dwarsdoorsneden zijn in het zwart aangegeven, het begin en eindpunt is gemarkeerd.

In de verschilkaart in figuur 6.3 is zichtbaar dat bij het Zuidergat (gemarkeerd met een 6) forse erosie heeft plaatsgevonden, die samenhangt met een lokale verdieping. In de kaart met de persistente ontwikkelingen in figuur 6.4 is het op die locatie vrijwel wit en dat betekent dat er geen doorgaande erosie van jaar op jaar heeft plaatsgevonden. De verdieping bij het Zuidergat heeft dus in een kort tijdsbestek plaatsgevonden. In de dwarsdoorsneden in figuur 6.9 is zichtbaar dat de hoofdgeul in 1959 nog een maximale diepte van 15 m bereikte, terwijl deze in 1965 al tot onder de 20 m reikte. Na 1965 is de relatief stabiel gebleven.
Waarschijnlijk is deze verdieping van het Zuidergat een lokaal fenomeen, gekoppeld aan de aanwezigheid van een hard ophangpunt. De toename van de doorstroomoppervlakte is op deze locatie vooral het gevolg van het breder worden van de hoofdgeul.



Figuur 6.9 Dwarsdoorsnede I door het Zuidergat (hoofdgeul) en de Schaar van Waarde (nevengeul) (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 6.8).

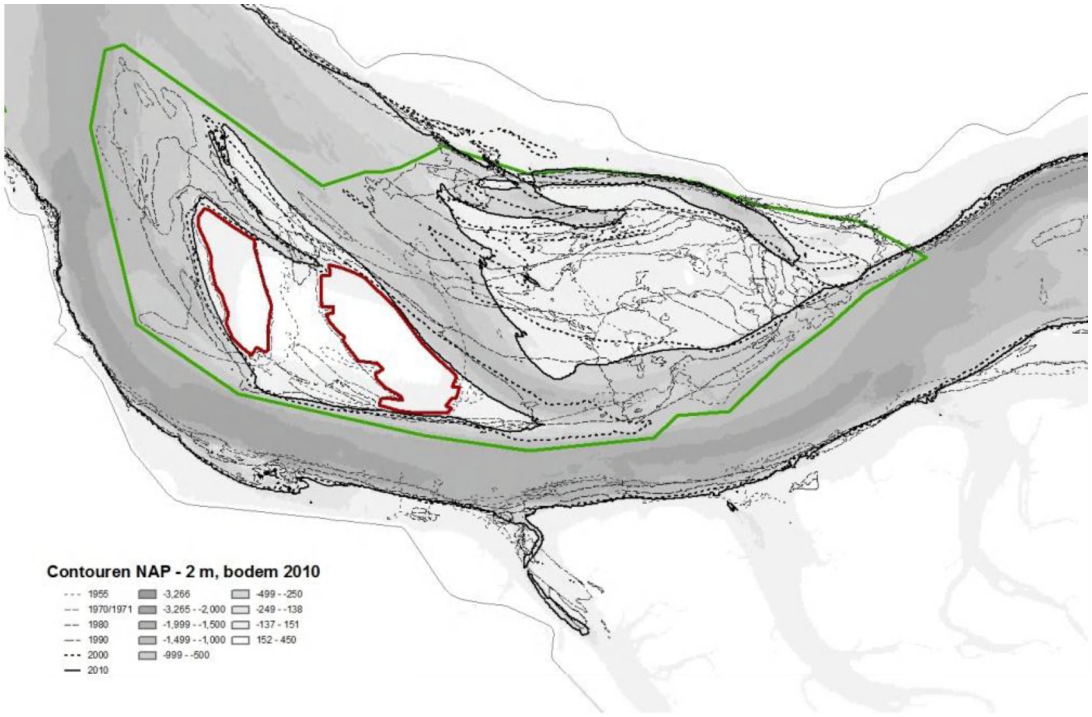
6.4 HOGERE PLATEN

Het Plaatcomplex omvat tegenwoordig de Plaat van Walsoorden (ook wel Plaat van Waarde genoemd) en de Plaat van Valkenisse. Langs de rand van de Plaat van Walsoorden zijn hoogdynamische delen aanwezig. De Plaat van Walsoorden is dusdanig hoog geworden dat er op de noordzijde een gesloten band van zeer hoog opgroeiende schorvegetatie aanwezig is waarin zeeaster dominant is. In de schorren ontstaan kreekstructuren. Hoewel de plaat relatief hoog is, is het bodemleven relatief rijk, met veel slijkgarnaaltjes, zandkokerwormpjes en wadslakjes, maar vrijwel geen tweekleppigen. Dat hogere delen relatief bodemdierrijk kunnen zijn (en ook diatomeeënrijk), omdat er vrij veel slib is gesedimenteerd waardoor de bodem lang vochtig blijft, zie je op meer plaatsen in de Westerschelde.

Aan de zuidoostzijde van de Plaat van Walsoorden zijn sinds 2011 enkele plaatvallen opgetreden. Deze plaatvallen zijn mogelijk het gevolg van zandwinning, in combinatie met verruiming, waardoor de helling van geul naar plaat steiler is geworden. Plaatvallen zelf treden over het algemeen op bij (zeer) lage waterstanden, door drukopbouw van het grondwater.

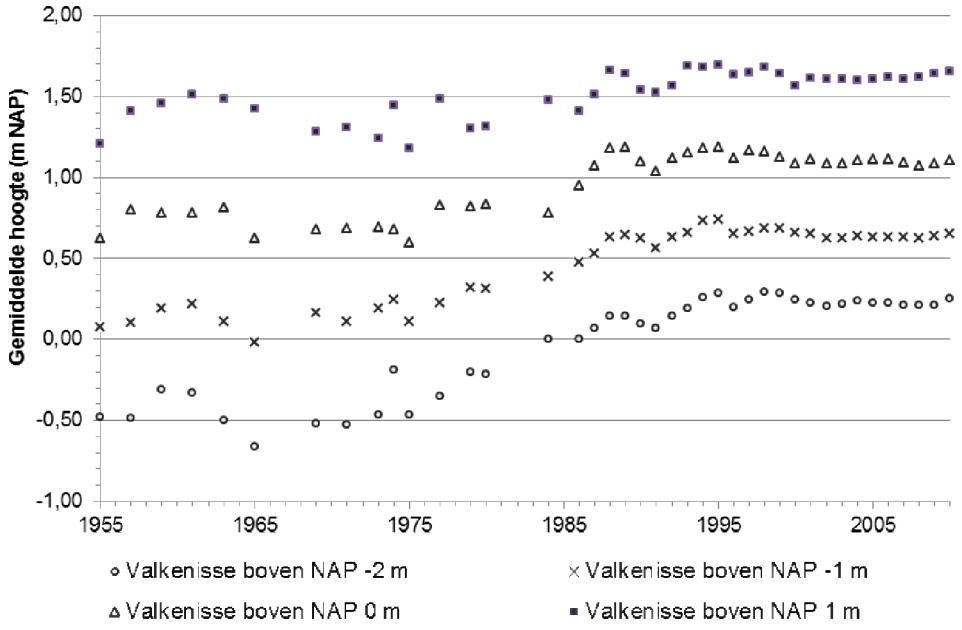
Op de Plaat van Valkenisse wordt ook schorvegetatie aangetroffen, in de vorm van *Spartina*-pollen, maar niet in de mate zoals op de Plaat van Walsoorden.

Figuur 6.11 toont een kaart waarin de contouren van de platen voor een aantal jaren in de periode van 1955 tot 2010 zijn weergegeven, met daarin de contouren die zijn gebruikt om de ontwikkelingen van de platen te bepalen. De rode contouren omvatten de hoge delen van de platen die in de periode van 1955 tot 2010 altijd boven de NAP – 2 m hebben uitgestoken

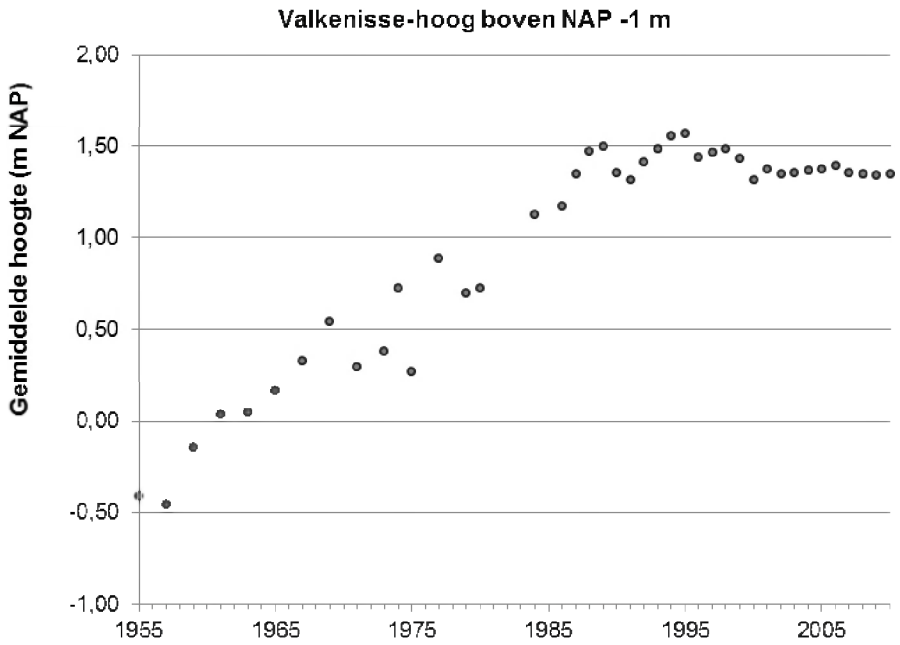


Figuur 6.10 Het plaatcomplex van Valkenisse met de NAP -2m dieptelijnen en de kuberingsgebieden voor de gemiddelde plaathoogte (groen) en de hoogste delen (rood).

De ontwikkeling van de gemiddelde hoogte van de platen is weergegeven in figuur 6.11. In deze grafiek is de gemiddelde hoogte boven vier referentiehoogtes weergegeven. Deze gemiddelde hoogtes nemen alle vier toe vanaf het begin de waarnemingen, tot aan ongeveer 1990 voor de gemiddelde hoogte boven NAP + 1m , tot aan ongeveer 1995 voor de gemiddelde hoogte boven NAP – 2 m. Daarna blijft de gemiddelde hoogte voor het complex als geheel vergelijkbaar. Voor de delen van het plaatcomplex die altijd hoog zijn geweest is de hoogte snel toegenomen tot ongeveer 1990, gevolgd door stabilisatie van de hoogte of zelfs een kleine afname (figuur 6.12).



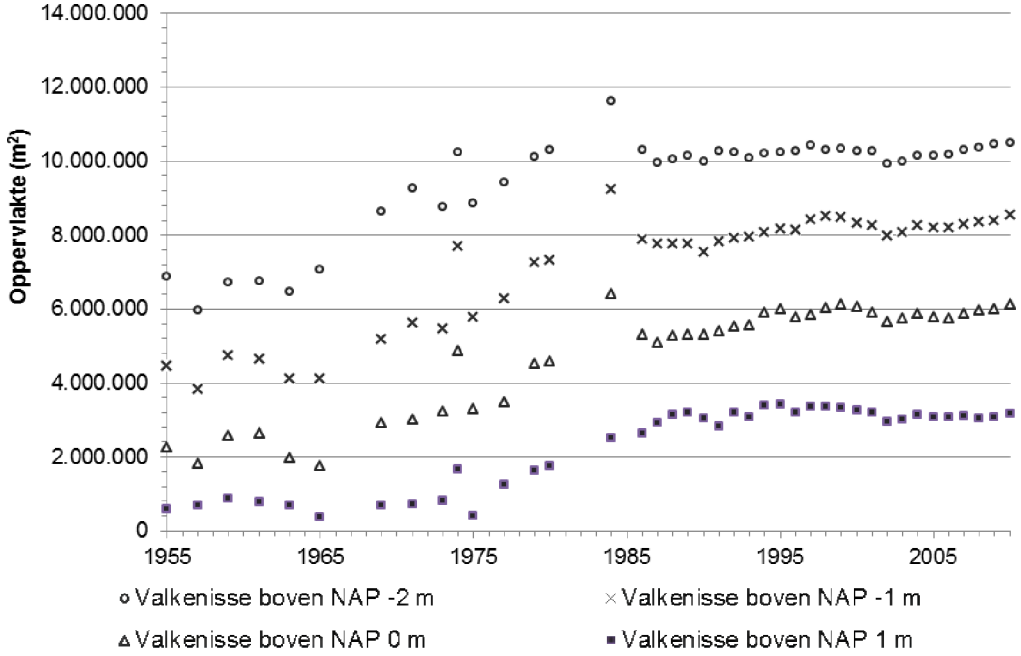
Figuur 6.11 Gemiddelde hoogte van het plaatcomplex van Valkenisse (kuberingsgebied in groen in figuur 6.10).



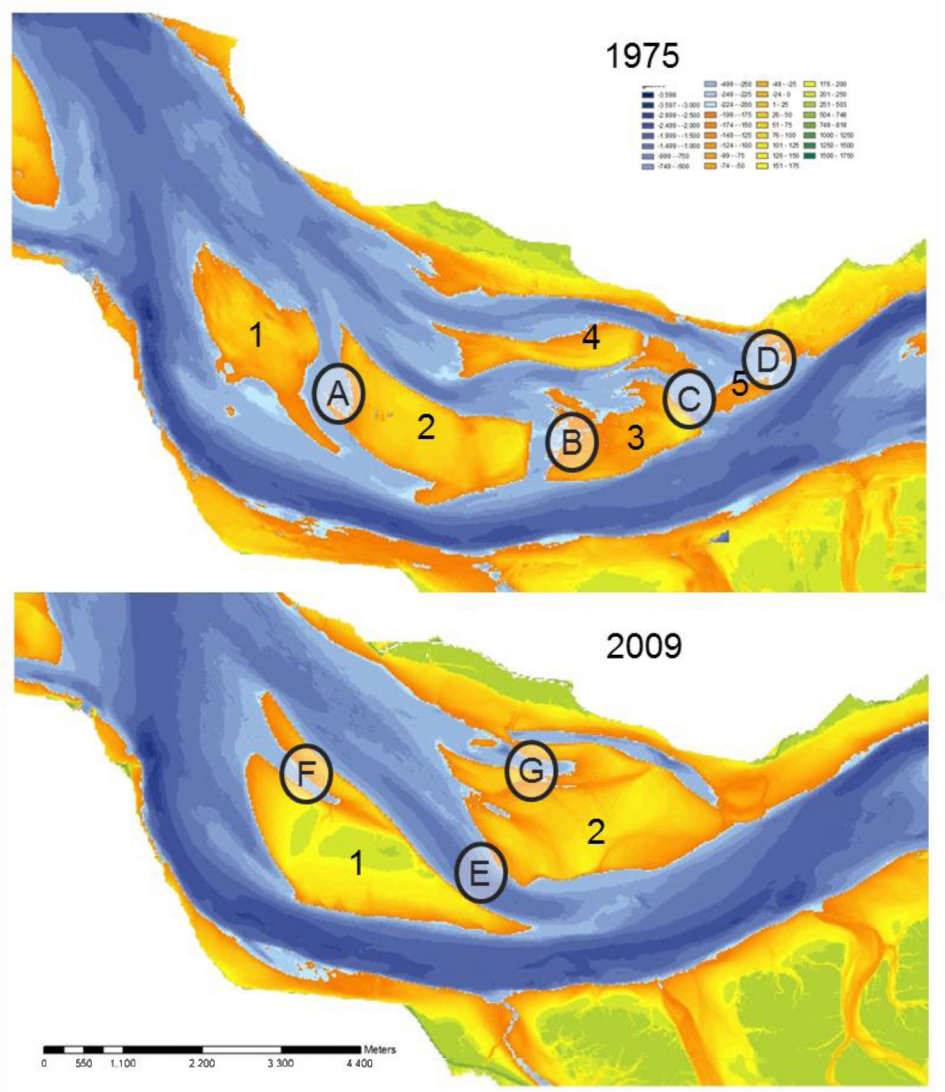
Figuur 6.12 Gemiddelde hoogte van de hoogste delen van het plaatcomplex van Valkenisse (Plaat van Walsoorden kuberingsgebied in rood in figuur 6.10).

De ontwikkeling van het plaatcomplex omvat niet alleen de hierboven geschetste toename en stabilisatie van de gemiddelde hoogte. Er is ook sprake van het aaneengroeien van de platen en een toename van het areaal. Figuur 6.13 toont het areaal van het plaatcomplex boven vier verschillende referentieniveaus. Zichtbaar is dat het areaal van het plaatcomplex boven NAP –2 m fors is toegenomen, van minimaal 600 ha tot rond de 1000 ha. Deze toename heeft plaatsgevonden tot het begin van de jaren ’80, waarna een periode van stabilisatie is opgetreden.

De toename van het areaal van het plaatcomplex bestaat voor een belangrijk deel uit de opvulling van de kortsluitgeulen die tussen de platen aanwezig waren. In de twee kaarten in figuur 6.14 is zichtbaar dat in 1975 sprake was van vijf platen in het complex (nummers 1 tot en met 5). De verbinding tussen de nevengeul en de hoofdgeul kwam tot stand door de aanwezigheid van vier kortsluitgeulen (A tot en met D in figuur 6.14), die samen met de nevengeulen Schaar van Valkenisse en Geul Zimmerman het plaatcomplex in plaatelementen verdeelden. Lokaal waren er ook kleine schaartjes aanwezig is, die de platen niet doorsneden, maar wel de waterlijn van het complex verlengden.
In de kaart van 2009 zijn er nog twee platen over (1 en 2). Ondanks de verbinding tussen de slikken en de Plaat van Valkenisse wordt deze plaat vooralsnog als een plaat beschouwd. De verbinding tussen de nevengeul en de hoofdgeul is tegenwoordig rechtstreeks (E), kortsluitgeulen ontbreken. Er zijn nog wel vloedscharen aanwezig die in de platen steken (F en G).
Zodra de kortsluitgeulen worden opgevuld boven het niveau van NAP -2 m gaan deze bijdragen aan het plaatareaal, zoals in het voorgaande hoofdstuk schematisch is weergegeven in figuur 5.20.



Figuur 6.13 Areaal boven vier referentieniveaus van het plaatcomplex van Valkenisse (kuberingsgebied in groen in figuur 6.10).



Figuur 6.14 Het plaatcomplex van Valkenisse in 1975 (boven) en in 2009 (onder). Het aantal plaatelementen is gemarkeerd (nummers). Ook de kortsluitgeulen (A tot en met D), de verbinding tussen neven- en hoofdgeul (E) en de vloedschaartjes (F en G) zijn aangegeven.

Op de westzijde levert de plaatrandstorting mogelijk een bijdrage aan de sedimentatie op de plaat en in de vloedschaar. Het schaartje in de plaat is hoogdynamisch gebleven.

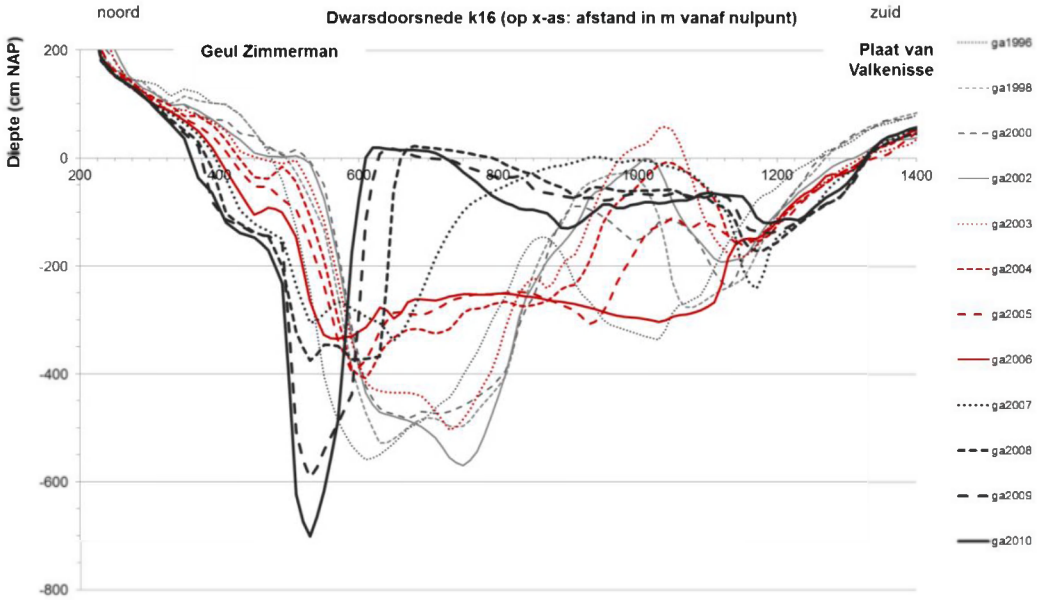
6.5 DYNAMIEK VAN DE SCHAREN EN HET EINDE VAN DE ZIMMERMAN GEUL

In de voorgaande paragraaf is in figuur 6.14 in twee kaartbeelden te zien dat in 1975 sprake was van vertakkende nevengeulen, die via vier kortsluitgeulen verbinding maakten met de hoofdgeul en dat in 2009 sprake was van een doorgaande verbinding van de nevengeul. De sterk veranderde geometrie van de nevengeulen wordt in deze paragraaf in twee delen beschreven.

Afnemend belang van de Geul Zimmerman

In de kaart uit 1975 (figuur 6.14) vormt de Geul Zimmerman de oostelijke verlenging van de Schaar van Waarde. In deze vorm is de geul tot ontwikkeling gekomen in de loop van de 20e eeuw. De geul Zimmerman heeft zijn maximale omvang bereikt in de jaren ’60 (de Looff, 1973; de Looff en Malde, 1977). De ontwikkeling van de geul en dynamiek van de drempelgeulen naar de overgang met het Nauw van

Bath zijn uitvoerig beschreven in De Looff (1973) en De Looff en Van Malde (1976). Nu heeft de Geul Zimmerman aan beide zijden een ondiepe drempel (figuur 6.14) en is de omvang, in termen van breedte en doorstroomoppervlakte, afgenomen. De afname van de breedte van de geul is zichtbaar in de dwarsdoorsnedes uit de periode van 1996 tot en met 2010, getoond in figuur 6.15. In deze figuur is ook zichtbaar dat de maximale diepte van de geul in de periode van 2006 tot 2010 sterk is toegenomen, van iets meer dan NAP -5 m tot bijna NAP -7 m. De ontwikkeling gaat samen op met de noordwaartse verplaatsing van de geulwand, waardoor lokaal het slik en schor onder druk staat. Lokaal kan de verdieping en landwaartse migratie (figuur 6.15) voor een achteruitgang van slikken en schorren zorgen. In potentie kan dit zelfs een bedreiging van de dijk opleveren.
De afname van de doorstroomoppervlakte is weergegeven in de grafiek in figuur 6.16,. Dit is de dwarsdoorsnede die door het meest omvangrijke midden van de geul gaat. Vanaf het begin van de jaren '90 heeft een relatief constante afname van de doorstroomoppervlakte plaatsgevonden. De oorzaak voor de afname van de Geul Zimmerman is waarschijnlijk dat de rol van deze geul is overgenomen door de Schaar van Valkenisse.

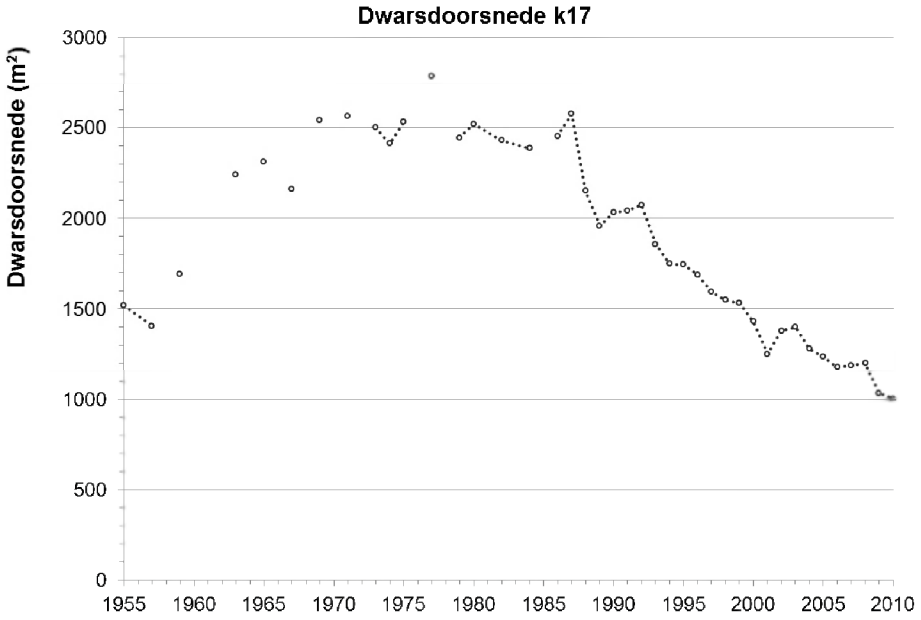


Figuur 6.15 Dwarsdoorsnede k16 door de Geul Zimmerman en de Plaat van Valkenisse (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 6.8).

Naar verwachting zal de afname van de omvang van de Geul Zimmerman zich voortzetten. De sedimentatie zal waarschijnlijk betekenen dat de geul vanaf de beide (westelijke en oostelijke) uiteinden verondiept. Dit gaat verwachting steeds meer lijken op de situatie van het Boerengat, bij de Plaat van Baarland (macrocel 3, paragraaf 4.8). Uiteindelijk zal dan de Plaat van Valkenisse verhelen met de noordoever. Bij het bedenken van eventuele beheermaatregelen die de achteruitgang van de slikken moet tegenhouden of de vooroever van de dijk moet stabiliseren kan rekening worden gehouden met de verwachte verdere opvulling van de geul. Naar verwachting zal namelijk op een iets langere termijn (jaren) de achteruitgang van slikken en schorren en een eventuele bedreiging van de dijk van nature tot stilstand komen en zelfs verbeteren.

Ten westen van de Geul Zimmerman zijn twee strekdammen aangelegd op het slik en aansluitend aan het schor voor het beschermen van de schor en het slik van Waarde, mede met het oog op daar aanwezige archeologische waarden. Het ontstaan van ontgrondingen aan de meest oostelijk dam en het verplaatsen van de geul tot aan deze dam heeft de aanstroming van de Geul Zimmerman beïnvloed. Naar verwachting

is de invloed van deze dammen tijdelijk en lokaal, omdat de dammen de verdeling van het water over de geul Zimmerman en de Schaar van Valkenisse niet wezenlijk heeft gewijzigd. In de ontwikkeling van de doorstroomoppervlakte zijn geen aanwijzingen zichtbaar voor een trendbreuk.



Figuur 6.16 Ontwikkeling van het doorstroomoppervlakte van de geul , onder NAP -2 m in dwarsdoorsnede k17 (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 6.8).

Verplaatsing van de Schaar van Valkenisse en verandering van de dynamiek

In de verschilkaart in figuur 6.3 is zichtbaar dat aan de zuidzijde van de Schaar van Valkenisse erosie (2a) plaatsvindt en aan de noordzijde sedimentatie (2b), zodat de geul een kleine rotatie naar het zuiden heeft ondergaan. Dit is samengegaan met het toenemen van het belang van de Schaar van Valkenisse als verbinding tussen de nevengeul en de hoofdgeul. De ontwikkeling is duidelijk zichtbaar in de kaarten in figuur 6.14. In het verleden was sprake van een vertakking van de Schaar van Waarde in meerdere geulen, waaronder de Schaar van Valkenisse en de Geul Zimmerman. Ook vertakte de geul in enkele vloedscharen die geul instaken. In de recente situatie loopt de Schaar van Waarde min of meer door in de Schaar van Valkenisse. De Schaar van Valkenisse loopt via een drempel over in hoofdgeul. Rond deze drempel is nog enige dynamiek door de vorming van kleine platen en ondieptes. In vergelijking met de vroegere dynamiek van de drempelgeulen (zie de beschrijving voor de geul Zimmerman in de Looff en Malde (1977) is de dynamiek op en rond de drempel zeer beperkt.

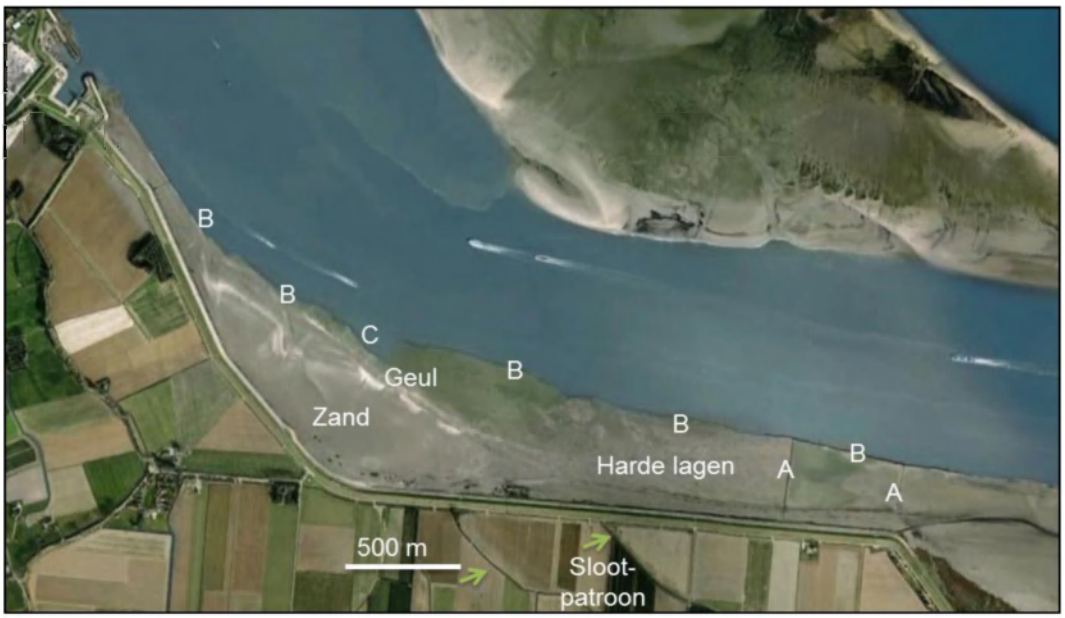
6.6 SLIKKEN EN SCHORREN

In macrocel 5 liggen verschillende slikken en schorren die in deze paragraaf worden beschreven. Bij Perkpolder ligt een klein hoogdynamisch slik dat is 'opgehangen' tussen twee dammen. De andere gebieden zijn omvangrijker en deze worden hieronder beschreven:

Schor van Baalhoek

Hoewel de naam Schor van Baalhoek anders doet vermoeden, bestaat het gebied uit zandig tot slibrijk slik, overgaand naar blootliggende harde lagen, zoals zichtbaar in figuur 6.17. Aan de westzijde van het gebied is bij de teen van de dijk sprake van enige schorvegetatie. Door de aanleg van dwarsdammen (A), in combinatie met de geulwandbestortingen (B) zijn twee 'bakken' ontstaan. Op basis van het bovenaanzicht en de gebiedskennis is niet duidelijk waarom deze 'bakken' slechts beperkt zijn opgevuld met sediment.

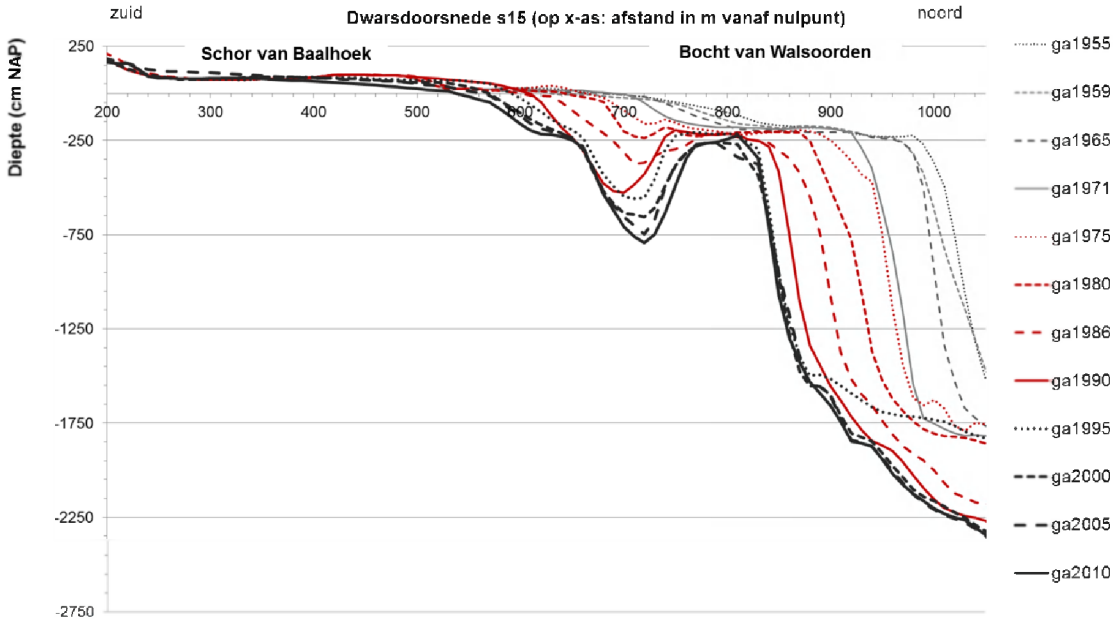
De geulwandbestorting (B) is niet doorgetrokken langs het schor. Door het niet bestorte deel van de geulwand (C) loopt een kleine geul (vloedschaar) in het slik. De dwarsdoorsnedes in figuur 6.18 laat zien dat de omvang van de geul in de loop van de jaren is toegenomen ten kosten van het aanwezige slik.



Figuur 6.17 Luchtfoto opname (2005) van het schor van Baalhoek (bron Google Earth).

De onderbreking van de geulwandbestorting, de geul en bedekking van de harde lagen met recent sediment (zand) liggen in het verlengde van het binnendijkse slootpatroon. Dit patroon suggereert de aanwezigheid van een voormalige geul (aangegeven in figuur 6.17). Daarnaast lijkt er in de vorm van de grens tussen zand en hard substraat een aanwijzing te zijn dat de stroombaan vanuit de geul over het slik loopt (ontspoort op de geulrand). Ten oosten van dit zand liggen de harde lagen bloot. Een mogelijke verklaring voor de afwezigheid van sediment op de harde lagen is het verschil in permeabiliteit van de ondergrond. Als de harde laag tijdens laagwater het wegzakken van het grondwater beperkt, dan wordt de consolidatie van het sediment mogelijk beperkt. Dit doet de erosiebestendigheid van het sediment

minder toenemen dan op de plekken waar het sediment beter kan consolideren.



Figuur 6.18 Dwarsdoorsnede Schor van Baalhoek en de Bocht van Walsoorden (locatie in figuur 6.8).

Schorren slikken van Waarde

De Schorren van Waarde liggen in een bocht van de dijk en worden tegenwoordig tegen schorerosie beschermd door de twee lange dammen op het slik (1 en 2 in figuur 6.19). In het schor zijn zeer zichtbare sporen aanwezig van kleiafgravingen, in de vorm van putten[5] (geen vegetatie, water met leven in en op de bodem- zager, krabbetjes), verlagingen en kades. De ontgraven klei is via de dammetjes afgevoerd en gebruikt voor de dijkversterkingen, voornamelijk na 1953. In het schor zijn ook de restanten van een voormalige geul, haventje en spuikom aanwezig. De vegetatie wordt gedomineerd door strandkweek. Lokaal worden andere kwelderplanten aangetroffen. Het verspreid aanwezige riet is minder vitaal en veel lager dan oostelijker bij Bath.

Figuur 6.19 Luchtfoto opname (2005) van de schorren en slikken van Waarde (bron Google Earth)

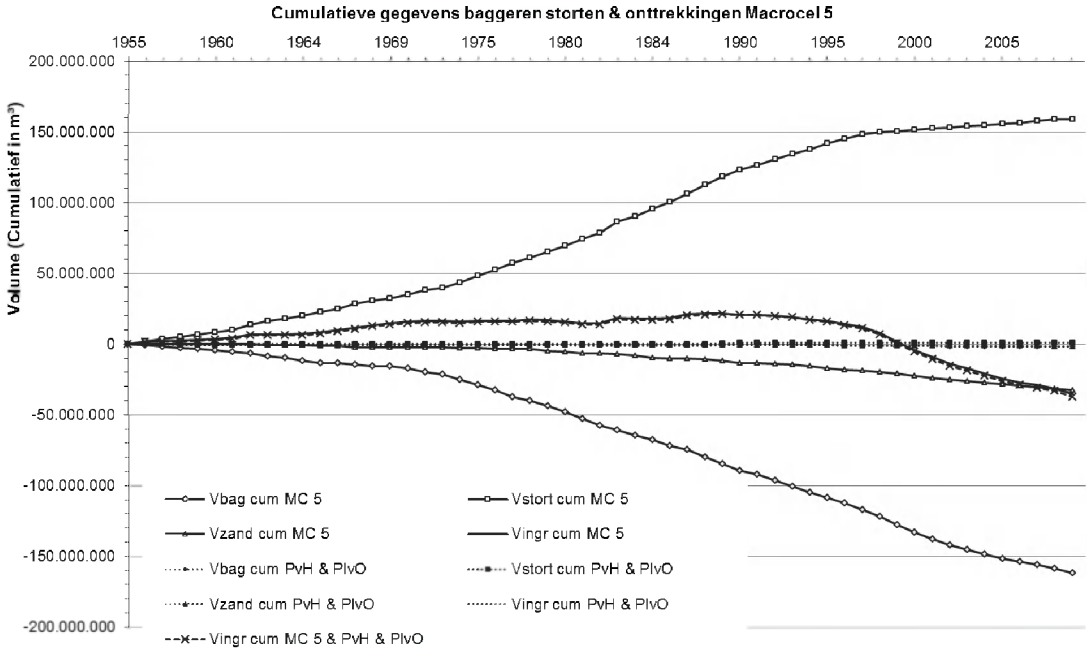
[5] Dergelijke putten en dammetjes t.b.v. kleiwinning zie ook op Zuidgors en mogelijk ook op andere schorren in de Westerschelde. In de Oosterschelde zijn dergelijke sporen ook veel aanwezig.

Langs de overgang van slik naar schor vindt nog steeds kliferosie plaats, waardoor de schorrand naar de noordoever terugschrijdt. Bij kliferosie op deze locatie raakt aan de bovenzijde de eerste halve meter vrij van vegetatie, waarbij de resterende vegetatielaag naar achter omklapt. In het hoge klif (1 m) is van onder naar boven een opeenvolging zichtbaar van, waarschijnlijk, slikafzetting, met resten van de begroeiing (kleiig, sterk doorworteld, geen herkenbare laagjesstructuur), met daarop steeds meer laagjes van de kwelderafzettingen en naar de top toe duidelijke zandlagen. De overgang van structuurloze klei, naar het meer gelaagde kweldersediment gaat gepaard met een kleurovergang van grijs naar bruin.

Het slik voor het schor is veel hoger geworden na de aanleg rond 2004 van twee lange en zeer solide strekdammen. Doel van de dammen was het behoud van de sporen van een verdronken kasteel en dorp in het slik (Valkenisse) en dat is door de bedekking met sediment gelukt. Voor een meer geleidelijk en natuurlijke ontwikkeling zou het (achteraf gezien) waarschijnlijk aanbevelenswaardig zijn geweest de hoogte van de strekdam stapsgewijs op te bouwen.

6.7 SAMENHANG MET BEHEERINGREPEN EN ANDERE BOCHTGROEPEN

De ontwikkeling van het sedimentvolume van de geulen is getoond in figuur 6.5. Hierin is zichtbaar dat het sedimentvolume van de geulen is afgenomen. De hoofdmoot van deze afname heeft plaatsvonden in de hoofdgeul. In de nevengeul is netto sediment geborgen sinds 1995. Ook op de platen is sediment geborgen, ruim 10 x 10^6 m^3 in de periode van 1955 tot 2010. De totale afname van het sedimentvolume van macrocel 5 is met 34 x 10^6 m^3 dan ook kleiner dan de afname van het sedimentvolume van de hoofdgeul. Bij de beschrijving van de toename van de hoofdgeul in 6.3 is al gemeld dat de toename van het watervolume waarschijnlijk het gevolg is van het baggeren (zowel van het initieel verdiepen als het verplaatsen van sediment uit de hoofdgeul voor onderhoud). De verschillende ingrepen zijn cumulatief weergeven in figuur 6.20. Voor de volledigheid van dit rapport zijn in de grafiek ook de ingrepen opgenomen in de westelijk gelegen vakken Plaat van Ossenisse (PlvO) en Put van Hansweert (PvH). In deze vakken hebben echter zo weinig ingrepen plaatsgevonden, dat de lijnen rond de nul schommelen. De grafiek wordt gedomineerd door de volumes tot boven de 150 x 10^6 m^3 die zijn gebaggerd en gestort binnen macrocel 5. Deze grote volumes betreffen het sediment dat is herverdeeld vanaf de stortlocaties De netto veranderingen zijn klein vergeleken bij deze grote bruto veranderingen. Tot eind jaren ’80 was sprake van een netto toevoer van sediment, omdat het gestorte volume afkomstig uit de meer oostelijk gelegen cellen het baggeren en zandwinnen overtrof. Na eind jaren ’80 kreeg het onttrekken van sediment de overhand en nam het cumulatieve volume af tot bij na 40 x 10^6 m^3 in 2010.



Figuur 6.20: Onttrekkingen (baggeren en zandwinning) en storten, in macrocel 5 (MC5) en in twee vakken aan de westzijde (Plaat van Ossenisse – PlvO en Put van hansweert - PvH).

Bij het beschouwen van de uitwisseling van sediment met macrocel 5 spelen de aanliggende macrocellen 4 en 6 een rol, evenals het Land van Saeftinghe. In de schematisatie van de macrocellen wordt verondersteld dat de uitwisseling met het land van Saeftinghe geheel met macrocel 5 plaatsvindt (Jeuken e.a., 2003; Nederbragt en Liek, 2004). Fysisch gezien zijn drie macrocellen (5, 6 en 7) verbonden met het Land van Saeftinghe. Het is dan ook waarschijnlijk dat alle drie de cellen sediment bijdragen aan het Land van Saeftinghe. Het land van Saeftinghe is namelijk een netto sedimentatiegebied, waar vanaf het begin van de 20e eeuw zo veel sediment is ingevangen dat het gebied van overwegend slik naar vooral hoog schor is ontwikkeld. Het blijkt echter niet goed mogelijk om op basis van meetgegevens (van de hoogteligging en de sedimentatie) een betrouwbare berekening uit te voeren van de jaarlijkse sedimentaanvoer naar het Land van Saeftinghe (LTV V&T, 2013a). Het is wel zo dat alle berekeningen en schattingen van de sedimentaanvoer naar het Land van Saeftinghe volumes per jaar opleveren die kleiner zijn dan de berekende transporten over de grenzen van de macrocellen.

Vanuit macrocel 4 wordt door de sedimenttransportprocessen netto sediment aangevoerd naar macrocel 5. Afhankelijk van de beschouwde periode en de in de sedimentbalans gehanteerde randvoorwaarden bedraagt dit volume enkele miljoenen m^3 per jaar. Vanuit macrocel 5 wordt door dezelfde processen sediment naar het oosten en naar het Land van Saeftinghe getransporteerd. Uit berekeningen van de sedimentbalansen volgt dat de met de stroming naar het oosten getransporteerde sedimentvolumes over het algemeen de helft bedragen van wat vanuit het westen naar macrocel 5 is getransporteerd.

6.8 VERWACHTE ONTWIKKELINGEN MACROCEL 5 IN SAMENHANG MET HET BEHEER

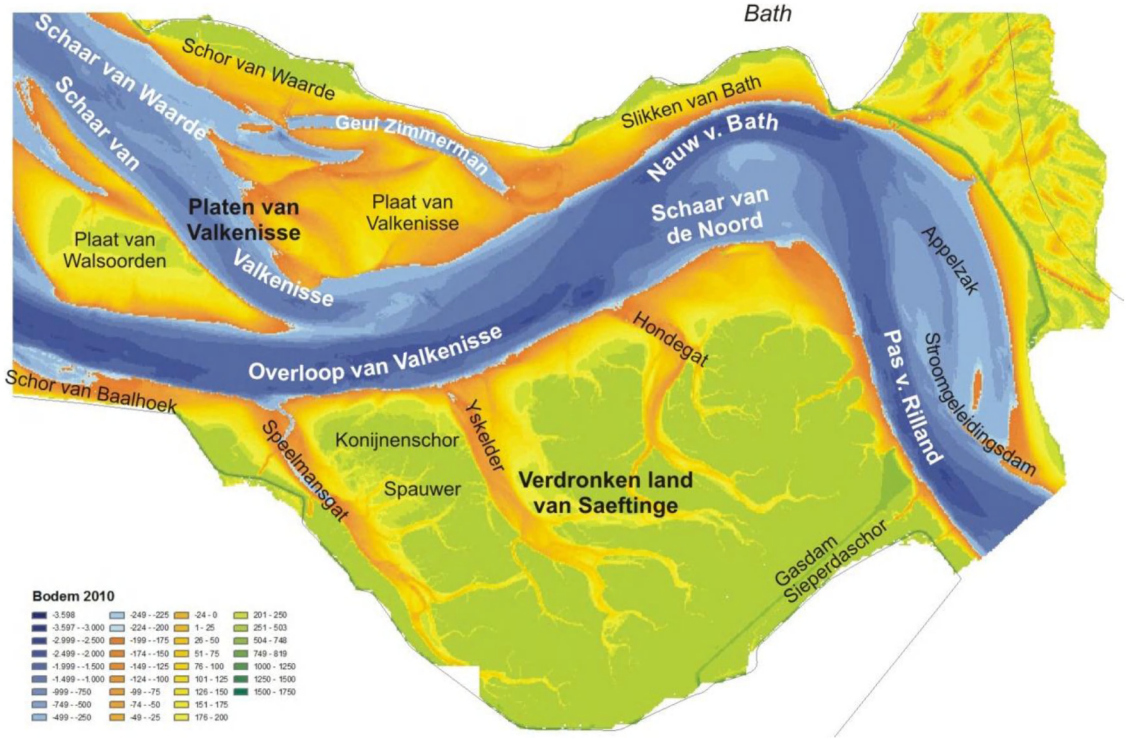
Verwachte beheermaatregelen in macrocel 5 omvatten de reguliere baggerinspanningen voor het op peil houden van vaarweg. Voortzetten van het huidige baggeren en storten betekent dat ook in de toekomst netto sediment wordt onttrokken aan macrocel, dat in het westen wordt gestort. Naar verwachting zal dit leiden tot een verdere toename van hat watervolume in deze macrocel, die zich zal concentreren in de hoofdgeul.

Lokaal leveren de plaatrandstortingen een bijdrage aan de ontwikkeling van het laagdynamische areaal. Op de schaal van de veranderingen van het watervolume van de macrocel spelen deze stortingen een relatief beperkte rol.

7 Macrocellen 6 & 7 –Het nauw van Bath, de Pas van Rilland en het Verdronken land van Saeftinge

7.1 INLEIDING EN GEBIEDSBESCHRIJVING

Dit hoofdstuk beschrijft de ontwikkelingen in het gebied dat macrocellen 6 en 7 omvat, evenals het grote aanliggende schorrengebied het (Verdronken) Land van Saeftinghe (figuur 7.1, zie ook figuur 6.1). De hoofdgeul draagt van west naar oost de namen Overloop van Valkenisse, Nauw van Bath en Pas van Rilland, om daarna over te gaan in de Beneden Zeeschelde. Bij het Nauw van Bath ligt een nevengeul, de Schaar van Noord. Deze nevengeul wordt tegenwoordig niet meer van de hoofdgeul gescheiden door droogvallende platen of ondieptes. Samen vormen het Nauw van Bath en de Schaar van de Noord macrocel 6. Bij de Pas van Rilland ligt de nevengeul Appelzak, die in de vorm van een vloedschaar naar het zuidoosten van hoofdgeul aftakt. De nevengeul Appelzak splitst tegenwoordig in twee geulen die verondiepen en van de hoofdgeul worden gescheiden door de stroomgeleidingsdam.



Figuur 7.1 Overzichtskaart van het gebied rond de macrocel 6 en 7 en het Land van Saeftinghe, met de in het rapport gebruikte namen.

Ten zuiden van de macrocellen 5, 6 en 7 ligt het grote schorrengebied het Land van Saeftinghe. Vanuit de hoofdgeul steken drie geulen de schorren in, dit zijn van west naar oost het Speelmansgat, de Yskelder en het Hondegat. Deze grote geulen vallen grotendeels droog tijdens laagwater en vormen een bijdrage aan het areaal slikken. Aan de zuidoostzijde van het Land van Saeftinghe ligt de 'gasdam'. Dit is een dijklichaam waarin verschillende (gas)leidingen liggen die onder de Pas van Rilland doorlopen. Ten zuidwesten van de gasdam ligt het smalle en langgerekte Sieperdaschor.
Aan de noordzijde van macrocel 6 liggen de slikken en schorren van Bath. Aan de oostzijde hiervan liggen een uitwateringsluis en de Bathse spuisluis. De Bathse spuisluis voert zoetwater af uit het Volkerak-Zoommeer. Bij de voormalige Schorren van Ossendrecht ligt een rand slikken en een smalle reep schor. Naar het zuidoosten gaat dit over in het Groot Buitenschor.

7.2 SLEUTELASPECTEN

De grootschalige veranderingen die voor dit gebied als sleutelaspecten worden beschouwd zijn opgenomen in figuur 6.2 in het voorgaande hoofdstuk. Specifiek voor de macrocellen 6 en 7 zijn van belang:
A. De afdamming van het Kreekrak (1867);
B. Verschillende bedijkingen bij Rilland;
C. Bedijking schorren bij Ossendrecht (rond 1970);
D. Sedimentatie op het Land van Saeftinghe in samenhang met de introductie Engels slijkgras;
G. Aanleg van de stroomleidam (1968-1971) bij de Appelzak & het Groot Buitenschoor.

De afdamming van het Kreekrak (1867)
Het Kreekrak vormde een verbinding tussen de Ooster- en de Westerschelde. In het verre verleden, voordat de Westerschelde tot ontwikkeling kwam, lag in deze omgeving de verbinding van de Schelderivier met de Noordzee. Na het ontstaan van de Honte is door sedimentatie, en geholpen door bedijkingen, de omvang van de verbinding afgenomen. In de loop van de 19e eeuw was er nog een relatief ondiepe geul aanwezig. De afdamming van het Kreekrak heeft plaatsgevonden in 1876, in eerste instantie voor de aanleg van een spoorlijn. Met de afdamming is de oostelijke verbinding tussen Ooster- en Westerschelde afgesloten. Lokaal is daarmee de komberging gewijzigd. Doorgaande bedijkingen (B) hebben geleidt tot een verdere afname van het areaal slikken en schorren.

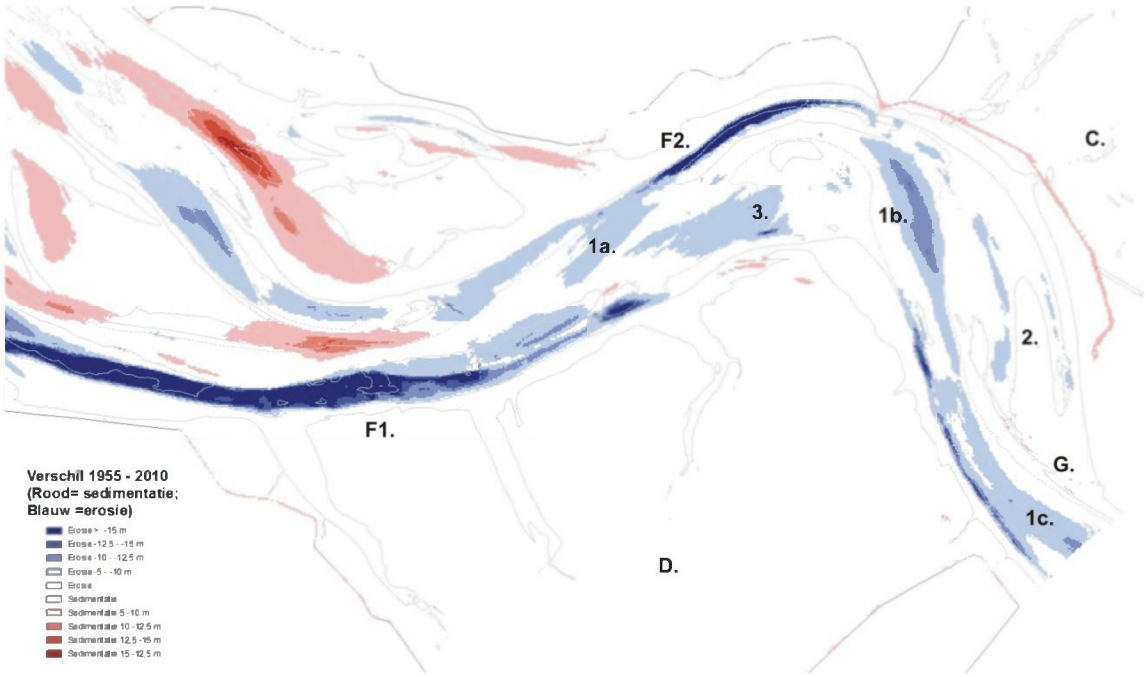
Bedijking schorren bij Ossendrecht (rond 1970)
De bedijking van de schorren bij Ossendrecht heeft relatief laat plaatsgevonden (rond 1970) in vergelijking met andere bedijkingen in deze omgeving (veelal in de 19e eeuw of eerder). Deze bedijking is uitgevoerd om de Schelde-Rijnverbinding mogelijk te maken. Het kanaal loopt door het voormalige schorrengebied. Naast het kanaal ligt het spuikanaal (aangelegd in de jaren '80), dat eindigt in de Bathse spuisluis. Door de bedijking is alleen nog een restant aanwezig van het schorrengebied.

Sedimentatie op het Land van Saeftinghe
De sedimentatie en uitbreiding van de schorren op de slikken in het Land van Saeftinghe heeft in hoog tempo plaatsgevonden in de 20e eeuw. Deze ontwikkeling en de bijbehorende afname van de komberging in het gebied zijn bijvoorbeeld beschreven in Van Veen (1944). Waarschijnlijk is de sedimentatie versneld door de introductie van het Engels slijkgras in de jaren '20. Het nadrukkelijk doel van deze introductie was om de sedimentatie te versnellen om sneller land te kunnen winnen (zie bijvoorbeeld de illustraties van het aanplanten en de groei in van Veen, 1955).

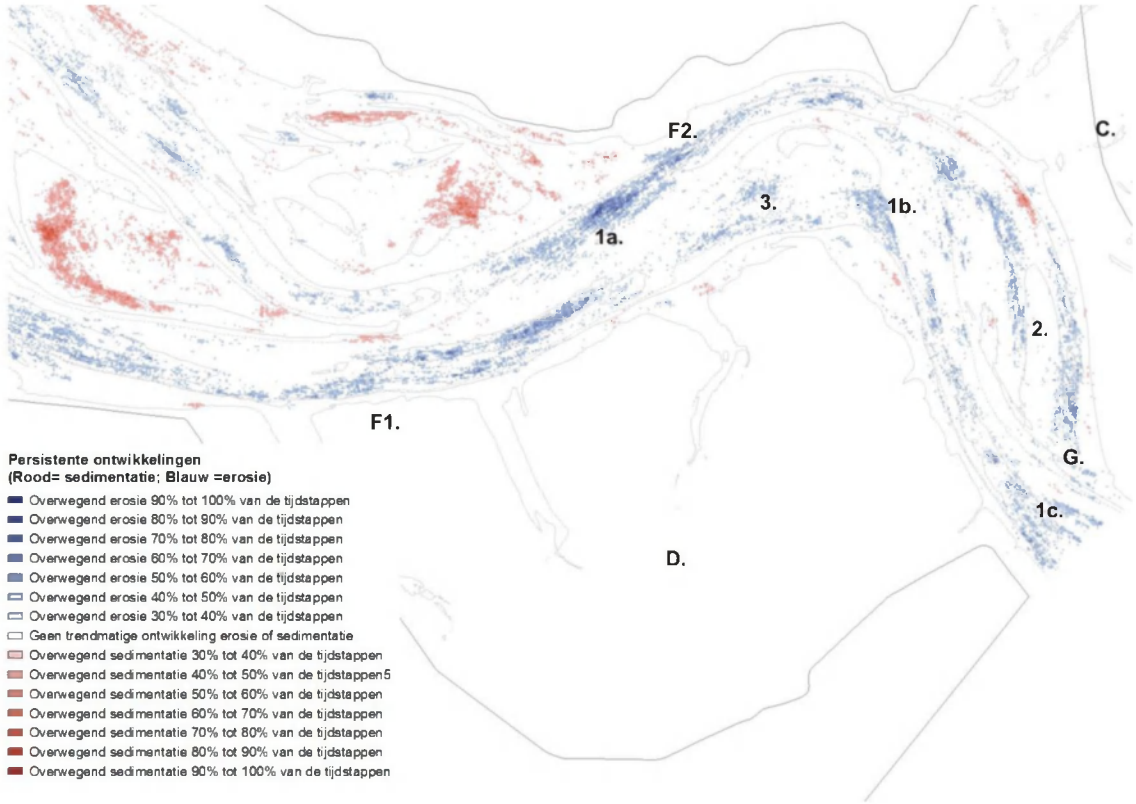
Aanleg van de stroomgeleidingsdam (1968-1971)
De stroomgeleidingsdam is aangelegd om de stroming in de hoofdgeul te concentreren. Daarmee wordt de scheepvaart gefaciliteerd (minder dwarsstromingen) en wordt het onderhoud aan de vaarweg beperkt. De stroomgeleidingsdam ligt tot in het intergetijdebereik en de hoogte loopt af naar het noorden. De stroming en de (ruimte voor de) morfodynamiek is door de aanleg veranderd.

In de sedimentatie-erosiekaart in figuur 7.2 overheerst in de macrocellen 6 en 7 het blauw van de erosie. Ook in de persistentiekaart in figuur 7.3 is dat het geval. Bedenk hierbij dat belangrijke sedimentatiegebied Land van Saeftinghe in de beide kaarten niet is opgenomen (de kwaliteit van de oudere kaarten is niet voldoende voor goede weergave). De overwegende erosie in macrocellen 6 en 7 wordt in het voorliggende hoofdstuk beschreven voor de volgende onderdelen (de nummers corresponderen met de nummers in de kaarten in de figuren 7.2 en 7.3).

1. Verdieping en verbreding van de hoofdgeul, in samenhang met het uitbochten (F1 en F2);
2. Erosie in de Appelzak;
3. Erosie van de Schaar van de Noord.



Figuur 7.2 Verschil in bodemligging tussen 1955 en 2010 (blauw = erosie; rood = sedimentatie).

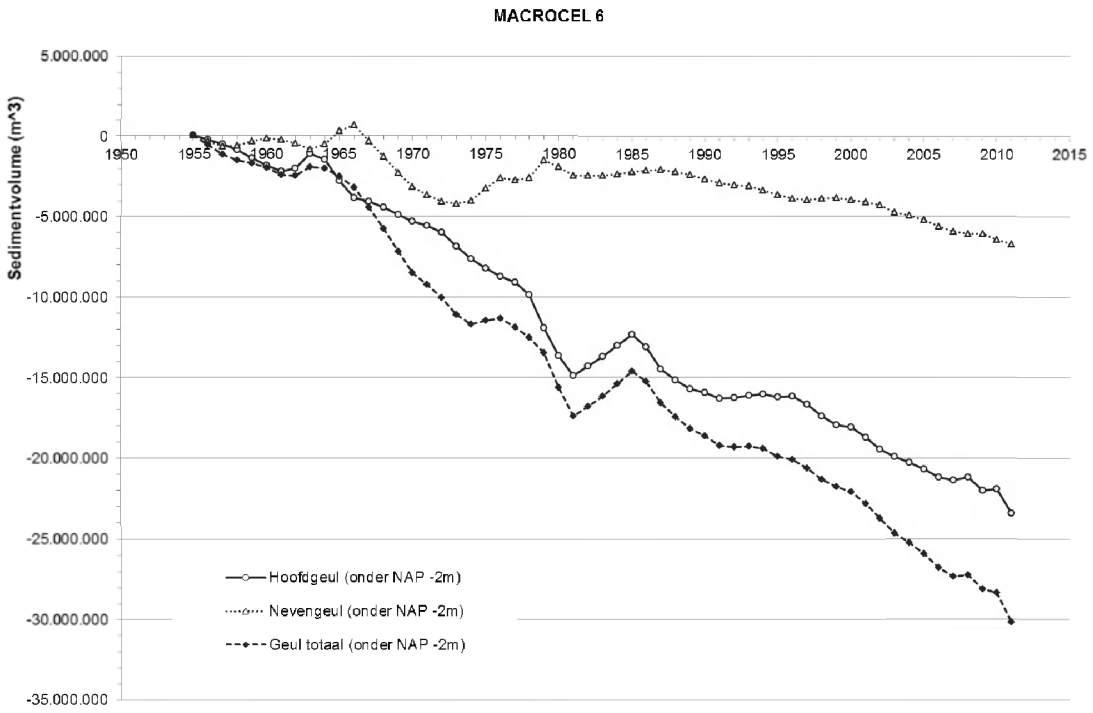


Figuur 7.3 Persistente morfologische veranderingen in macrocellen 1 en 2 (blauw = overwegend erosie ; rood = overwegend sedimentatie).

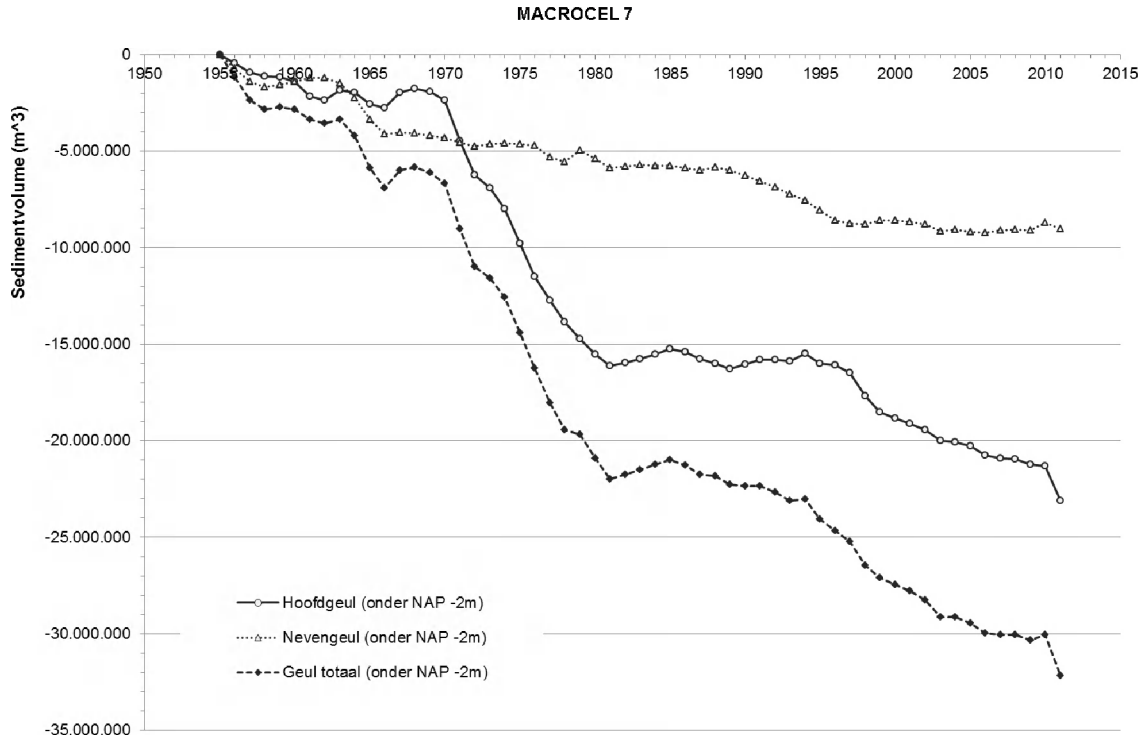
7.3 DE HOOFDGEUL WORDT GROTER

De toename van de omvang van de hoofdgeul Nauw van Bath is voor macrocel 6 af te lezen uit de grafiek in figuur 7.4, voor de Pas van Rilland (macrocel 7) in figuur 7.5. Tot en met 2010 bedraagt de afname ruim 23 x 10^6 m^3 voor zowel macrocel 6 als voor macrocel 7. De oppervlakte van beide macrocellen is relatief klein ten opzichte van de andere macrocellen en dat komt tot uitdrukking door de gemiddelde diepteverandering in de hoofdgeul te berekenen. Voor macrocel 6 bedraagt de toename van gemiddelde diepte ruim 3 m, van NAP -11 tot NAP -14 m en voor macrocel bedraagt de toename 4,5 m, van NAP -10 m naar NAP -14,5 m. Dit is de gemiddelde dieptetoename. Lokaal, vooral op de voormalige drempelgebieden, is de toename groter geweest.

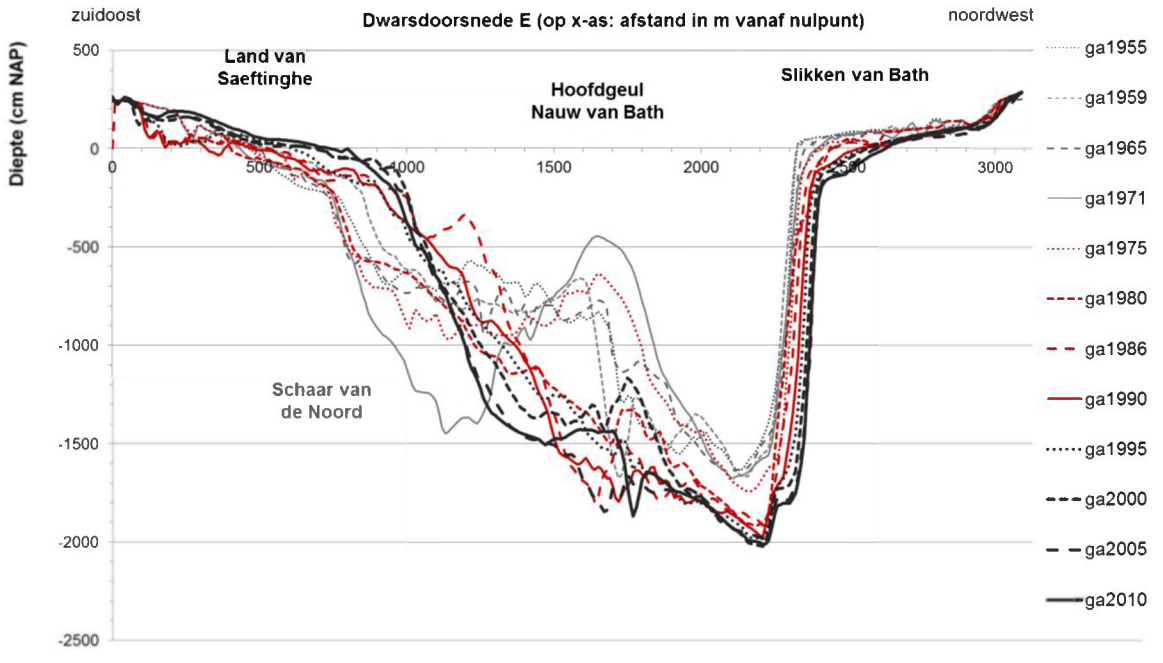
De toename van de omvang van de hoofdgeul heeft plaatsgevonden door het verbreden en verdiepen van de geul. In de dwarsdoorsnede E door het nauw van Bath (figuur 7.6) is dit duidelijk zichtbaar, net als in dwarsdoorsnede B door de Pas van Rilland (figuur 7.7). Beide dwarsdoorsneden hebben een steile geulwand, de buitenbocht, en een flauwe geulwand, de binnenbocht. De verplaatsing van de steile geulwand, naar respectievelijk het noordwesten en het zuidwesten in de twee dwarsdoorsneden, heeft te maken met het uitbochten van de geulen (F in figuur 6.2). Het uitbochten heeft al heel lang plaatsgevonden. Beide bochten zijn tot stilstand gebracht door het aanbrengen van steenbestortingen op de geulwanden.
In de beide dwarsdoorsneden is ook zichtbaar dat de diepe delen van de flauwe geulwanden zijn verplaatst, zodat de hoofdgeul in zijn geheel breder is geworden. Verder is de maximale diepte van de geul in beide dwarsdoorsneden toegenomen.



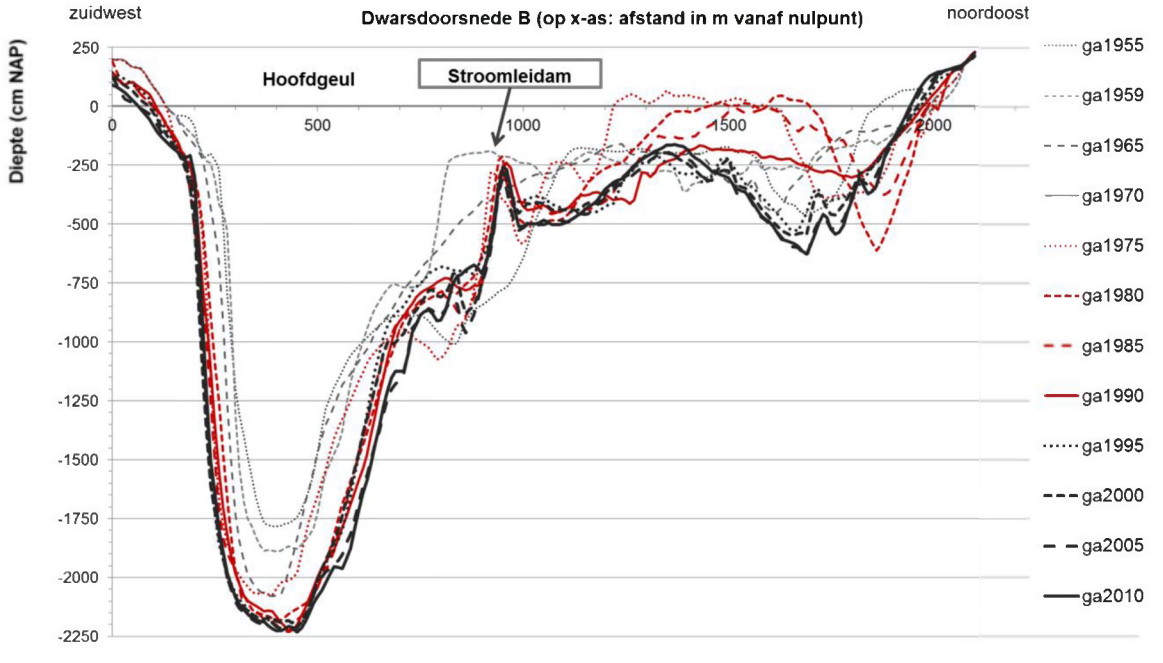
Figuur 7.4 Verandering in het sedimentvolume van de hoofdgeul, de nevengeul en het totale geulvolume in macrocel 6.



Figuur 7.5 Verandering in het sedimentvolume van de hoofdgeul, de nevengeul en het totale geulvolume in macrocel 7.



Figuur 7.6 Dwarsdoorsnede E door het Nauw van Bath (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 6.8).

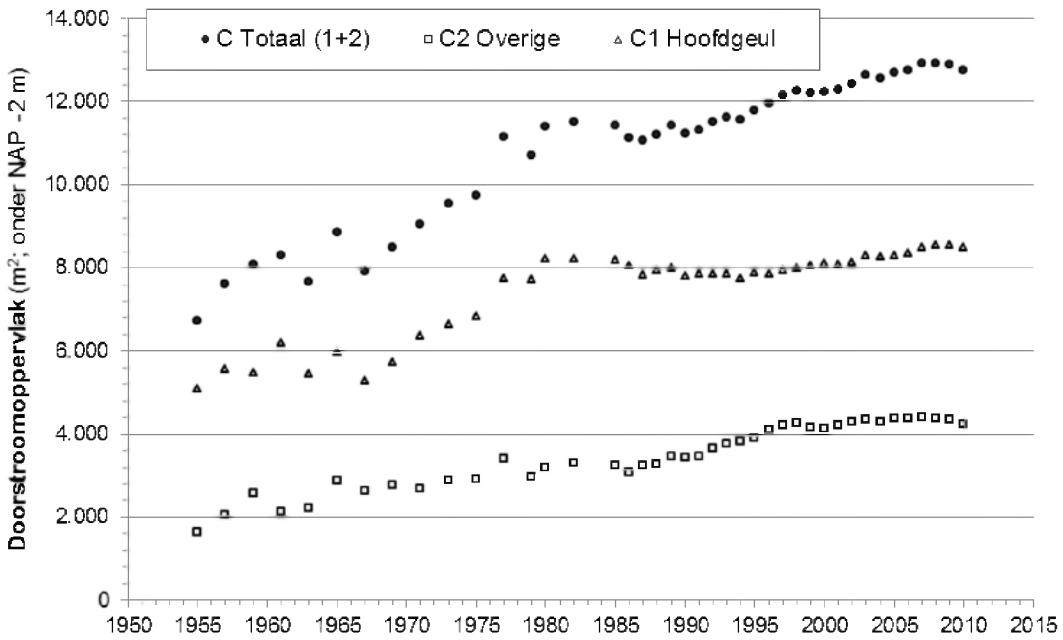


Figuur 7.7 Dwarsdoorsnede B door de Pas van Rilland en de Appelzak (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 6.8).

De toename van de omvang van de hoofdgeulen betekent ook dat de doorstroomoppervlakte van de geulen is toegenomen, zoals zichtbaar is in de grafiek in figuur 7.8. Ook van de nevengeul is de doorstroomoppervlakte toegenomen. Dit zal in de volgende paragrafen ter sprake komen.

In macrocellen 6 en 7 is naast de afname van het sedimentvolume van de hoofdgeulen sprake van een afname van het sedimentvolume van de nevengeulen (macrocel 6: figuur 7.4; macrocel 7: figuur 7.5). De afname van het sedimentvolume van de geulen bedraagt ruim 30 x 10^6 m^3 voor macrocel 6 en ruim 32 x 10^6

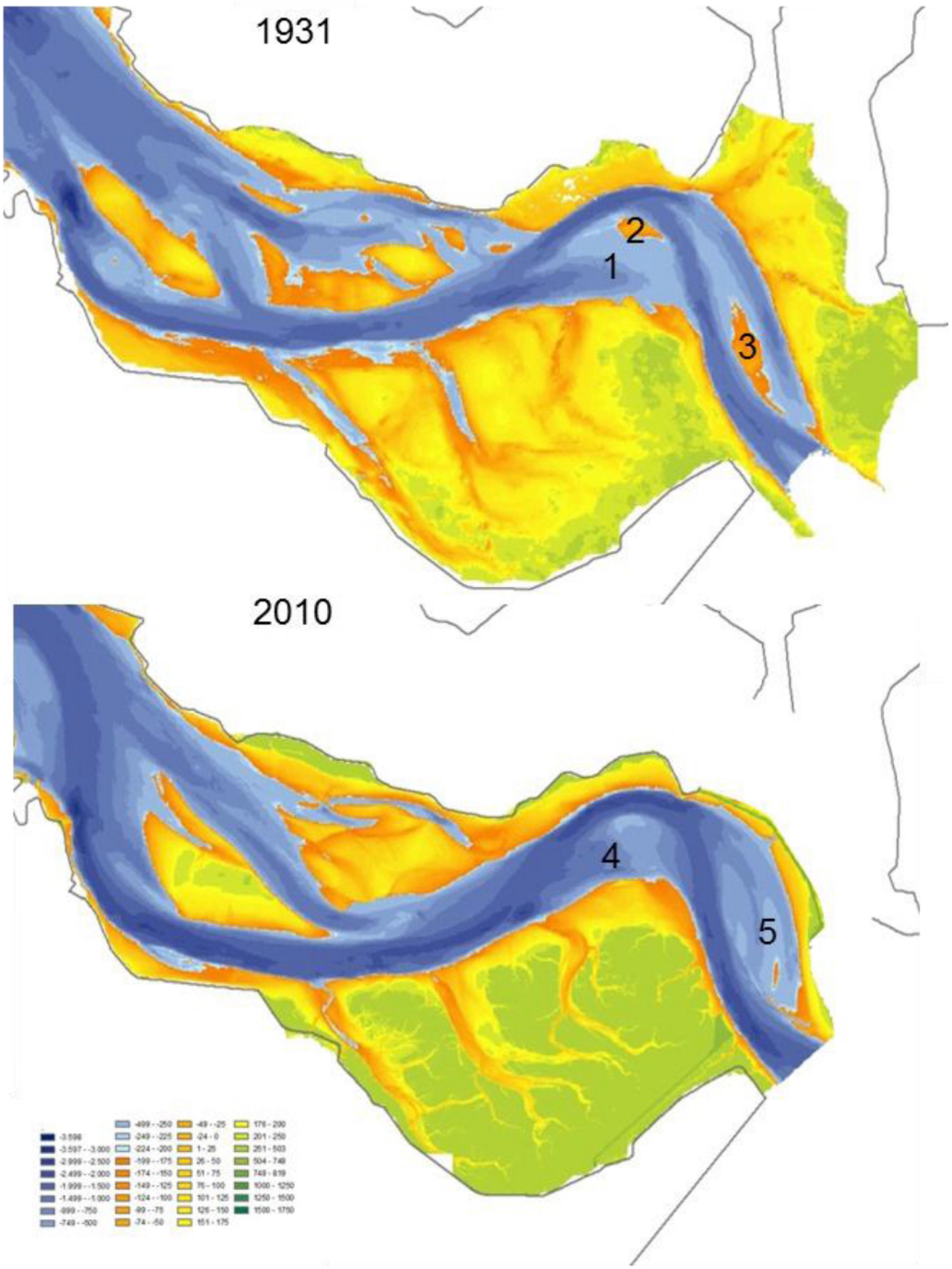
m³ voor macrocel 7. Deze afname is het gevolg van het baggeren in deze macrocellen. In paragraaf 7.8 wordt dieper ingegaan op de ingrepen in deze macrocellen en de uitwisseling met de aanliggende macrocel 5 en de Zeeschelde.



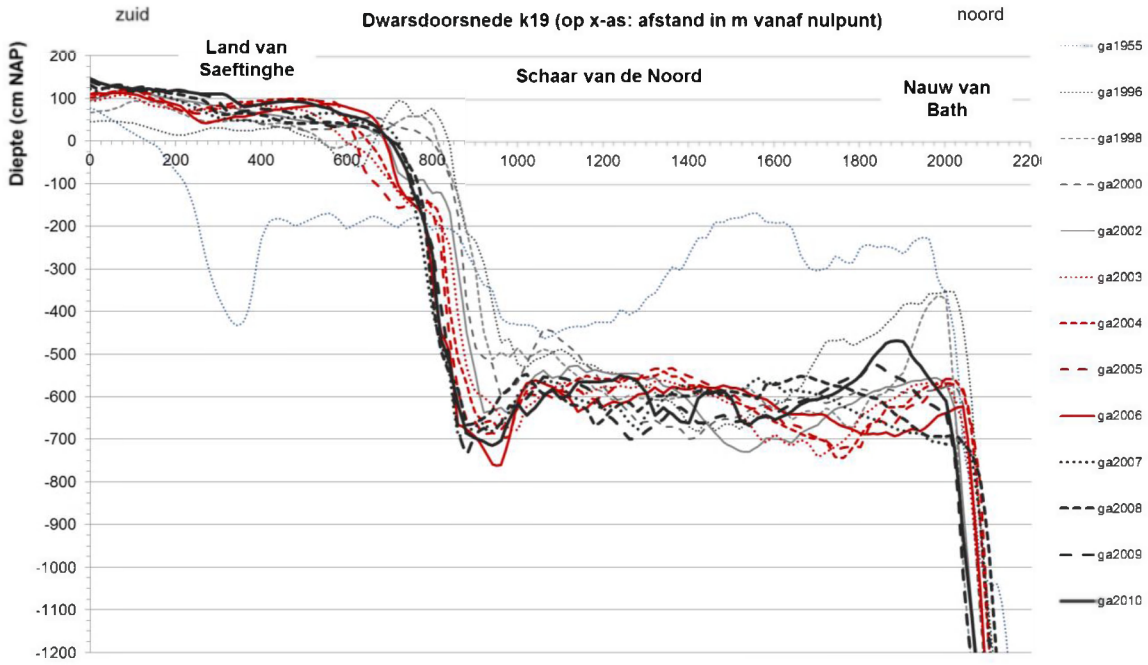
Figuur 7.8 Ontwikkeling van de doorstroomoppervlaktes van de hoofd- en de nevengeul in dwarsdoorsnede C in macrocel 7 (onder NAP -2 m, locatie van de dwarsdoorsnede in figuur 6.8).

7.4 SCHAAR VAN DE NOORD

De Schaar van de Noord (1) was een nevengeul, zoals zichtbaar is in de bovenste kaart in figuur 7.9., van de hoofdgeul gescheiden door een ondiepte (2). Dit is ook zichtbaar in de dwarsdoorsnede uit 1955 in figuur 7.6, die twee geulen toont, van elkaar gescheiden door een ondiepte. In de dwarsdoorsnede die is weergegeven in figuur 7.10 is ook een dwarsdoorsnede uit 1955 weergegeven, met verder relatief recente opnamen (vanaf 1996). Duidelijk is dat het hele gebied van de Schaar van Noord tegenwoordig een soort plateau vormt, met een waterdiepte van rond de NAP -6 m. Op het plateau worden op de overgang naar de hoofdgeul iets ondiepere delen gevormd en ook weer afgevlakt. Op kaartbeelden is, door de aanwezigheid van de ondiepere delen, nog een soort vloedschaar zichtbaar (4 in figuur 7.9). Deze vloedschaar heeft niet meer de gestroomlijnde vorm zoals die in 1931 (figuur 7.9) aanwezig was.
In figuur 7.9 is ook te zien dat de grens tussen het Land van Saeftinghe en de Schaar van de Noord naar het noorden is geschoven. Figuur 7.6, waar deze overgang in dwarsdoorsnede zichtbaar is, laat deze ontwikkeling ook zien: boven ongeveer NAP -6 m is de geulwand naar het noordwesten verschoven. Hierdoor is de ruimte voor de Schaar van de Noord afgenomen.
Ondanks het opschuiven van de overgang van de slikken naar de nevengeul naar het noorden, is het watervolume van deze nevengeul toegenomen. Dwarsdoorsnede C toont een toename van het doorstroomoppervlak.



Figuur 7.9 Twee detailkaarten van de Schaar van de Noord, in 1931 (boven) en 2011 (onder).



Figuur 7.10 Dwarsdoorsnede E door de Schaar van de Noord (locatie van deze dwarsdoorsnede in figuur 6.8).

7.5 APPELZAK EN DE STROOMGELEIDINGSDAM

De Appelzak vormde oorspronkelijk een nevengeul, die van de hoofdgeul werd gescheiden door een ondiepte (3 in figuur 7.9). De stroomgeleidingsdam heeft na de aanleg ervan de rol van de plaat als het ware overgenomen en scheidt de hoofd- en de vloedgeul (4 in figuur 7.9). Dit is duidelijk zichtbaar in de dwarsdoorsneden in figuur 7.7. Tot ongeveer 1995 is het sedimentvolume in de Appelzak afgenomen en daarna is het volume stabiel gebleven (figuur 7.5).

7.6 SLIKKEN EN SCHORREN BIJ BATH

Het schor bij Bath wordt gedomineerd door zeebies en riet. Het riet groeit zeer hoog op (> 2m) en is aanwezig in grote min of meer cirkelvormige verbreidingen. Dit zijn uitbreidingen door de wortelstokken van dezelfde plant. De zeebies die langs de schor-slikovergang staat is zeer stevig, meer naar binnen in het schor zijn de planten veel dunner en slapper. De stevige groei langs de schorrand is nodig om de golfaanval te kunnen opvangen. Ganzen foerageren op de knolletjes van de zeebies en zorgen daarmee voor erosie (beschreven voor de Dollard in Esselink e.a., 1997). Recentelijk lijkt deze begrazing minder te zijn, waardoor de zeebies en daarmee het schor kan aangroeien. Wellicht hebben ganzen elders een voedselbron gevonden.
In het uiterste westen is een oud landbouwhaventje vol gegroeid met schorvegetatie, dit is een voorbeeld van het creëren van een luwte sedimentatiegebied.

Bij de overgang slik-schor is bij Bath geen klif of rand aanwezig, er is sprake van een geleidelijke overgang. Voor het schor is een relatief hoog slik aanwezig, dat rijk is aan slijkgarnaaltjes. Bij de geleidelijke overgang naar lagere delen van het slik worden gaandeweg ook *Scrobicularia* sporen aangetroffen en op de nog lagere delen ook pseudofaeces van wadpieren. De overgang van hoogslik naar lagere delen en de geulrand vindt plaats over een relatief korte afstand. Weliswaar is de volledige hoogtezonering van hoog naar laag in het slik aanwezig, maar het areaal per zone is beperkt.

Parallel aan de geul wordt een afwisseling van hoog- en laagdynamische (ecologisch gezien) gebieden aangetroffen. Ook de overgang van vlak naar kleine ribbels worden op verschillende niveaus parallel aan de geul waargenomen. Een directe link met de optredende (stromings-, dan wel golf)condities is niet direct vast te stellen. Lokaal worden kleine poeltjes en erosiekuilen aangetroffen, mogelijk spelen foeragerende vogels (bergeenden) hierbij een rol.

Langs de geulwand zijn over een breedte van een tiental tot honderd meter veenlagen en kleilagen bloot gespoeld (figuur 7.11). In de veenbanken worden sporen van veenontginning aangetroffen in de vorm van een rechthoekig patroon van uitgravingen, met spadesporen en losse turfjes. In de veenputjes ligt oudere (geconsolideerde) klei en zachte sliblagen. Deze klei en slibopvullingen vormen lokale micromilieutjes, die benut worden door bodemdieren.

Figuur 7.11 De blootgespoelde veenlagen met sporen van moernering bij de slikken van Bath (kijkrichting oostnoordoost, opname 6 september 2012).

Ook op de geconsolideerde klei worden sporen aangetroffen van menselijk gebruik. Mogelijk is hier in het verleden klei gewonnen voor de steenindustrie of voor dijkbouw.
De geulwandverdediging is hier opgetrokken tot boven het niveau van laagwater. Op de bestorting groeien Japanse oesters.
Op het zand zijn lokaal schelpenbanken aanwezig, met waarschijnlijk lokaal losgespoelde schelpen. Het ontbreken van duidelijke sortering (verschillende jaarklassen door elkaar, zowel linkse als rechtse kleppen) wijst op beperkt transport. De waarschijnlijke bron van de schelpen zijn oudere (honderden jaren oude) slikafzettingen, bovenop de veenlagen. Verderop zijn de schelpen nog zichtbaar in deze afzettingen, gedeeltelijk in levensposities, gedeeltelijk verspoeld in stormlagen in/onder de schorafzettingen.

Verder naar het oosten ligt het schor bij de Appelzak. Het schor bij Appelzak is zo hoog, onder andere door het aanbrengen van sediment, dat het grootste deel feitelijk niet meer als schor kan worden

geclassificeerd. Het is een ruigte, waar bijvoorbeeld wilgen staan. Het aanwezige slik is zeer slibrijk. Het is te zacht voor het foerageren door steltlopers (die zouden wegzakken), maar wordt wel benut door bergeenden. Bergeenden ruien ook in het gebied.
Direct ten westen van de Appelzak ligt de Bathse spuisluis, waar tijdens laagwater een aanzienlijk debiet (tientallen tot honderd m^3/s) kan worden gespuid van voedselrijk zoet water. Het jaargemiddelde debiet van deze spuisluis bedraagt 23 m^3/s en is daarmee een orde van grootte kleiner dan de afvoer van de verschillende aanvoeren van de Zeeschelde (jaargemiddelde debiet ongeveer 120 m^3/s[6]). Lokaal is dit wel een belangrijke aanvoer van zoetwater en nutriënten.

7.7 HET LAND VAN SAEFTINGHE

Het Land van Saeftinghe is het grootste aaneengesloten schorgebied van de Westerschelde. Een groot deel van het Land van Saeftinghe bestaat uit schor. De toevoergeulen, die vertakken in kleinere geulen en uiteindelijk in schorkreken, zijn onbegroeid. De grote toevoergeulen en de kleinere geulen en kreken waarin deze vertakken vormen een behoorlijk areaal aan slikken (in de ecotopenkaarten zijn alleen delen van de grote geulen niet geclassificeerd als schor, zoals zichtbaar in figuur 6.1).

De sedimentatie in het Land van Saeftinghe heeft geleidt tot het hoger worden van grote delen van het gebied. Deze hoogtetoename heeft er toe geleid dat het begroeide areaal fors is toegenomen. Halverwege de jaren ’90 is geconstateerd dat de snelle sedimentatie mogelijk het gevolg was van het storten van grote volumes baggerspecie in de nabijheid (stortlocatie Konijneschor). De snelle sedimentatie leek vooral plaats te vinden in de toevoergeulen. Het storten in de nabijheid van het Land van Saeftinghe is daarna gestopt. Het is op basis van de meetgegevens niet vast te stellen of daarna de sedimentatiesnelheid is afgenomen.

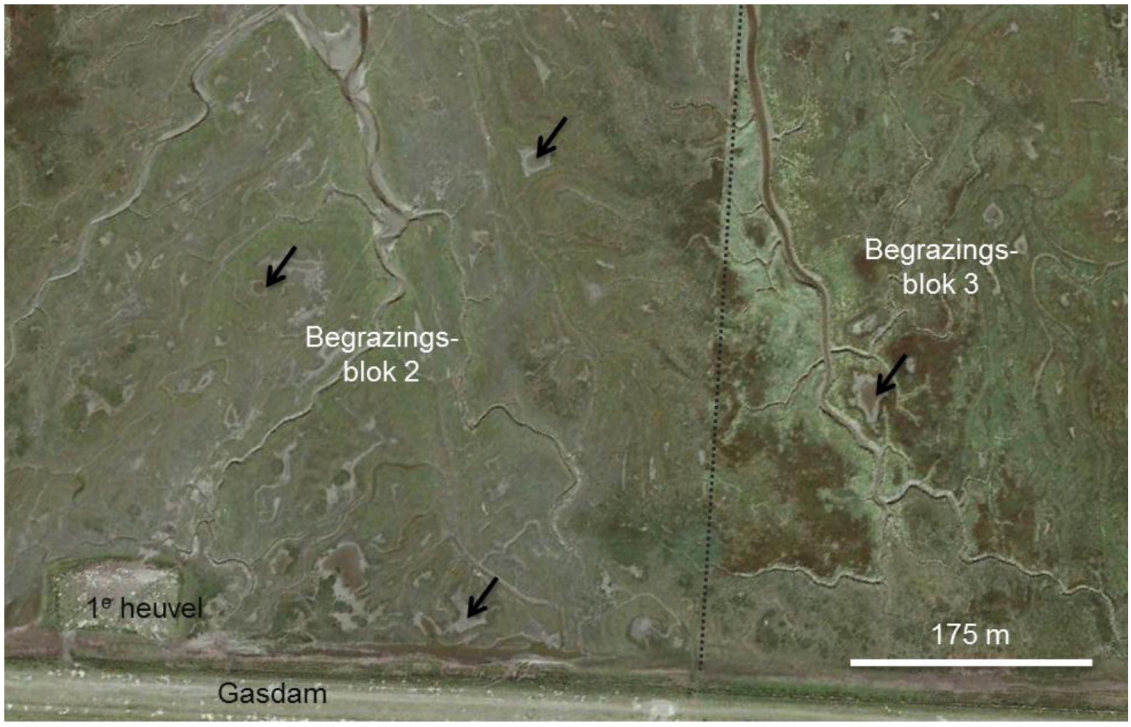
Het algemene beeld is dat in het Land van Saeftinghe nog steeds sedimentatie plaats vindt. Dit is ook de randvoorwaarde die in de sedimentbalansen wordt gehanteerd (Nederbragt en Liek, 2004; Haecon 2006). Het optreden van sedimentatie betekent niet noodzakelijkerwijs dat het gebied hoger wordt. Door compactie van oudere schor- en slikafzettingen kan zelfs sedimentatie optreden in schorren waarvan de hoogte afneemt (Stapel en de Jong, 1998). De veranderingen die in de toevoergeulen optreden worden gedomineerd door de lokale dynamiek van verplaatsende geulen en grote ribbels.

Het schor in het Land van Saeftinghe is zeer divers. Deze variatie is voor een deel het gevolg van verschillen in de abiotische randvoorwaarden. De relatief grote invloed van zoet water aan de oostzijde van het gebied verklaart bijvoorbeeld de grootschalige aanwezig van riet daar. De aanwezigheid van cirkelvormige uitbreidingen van riet aan de oostzijde van het gebied is duidelijk zichtbaar in luchtfoto’s, waarvan een voorbeeld wordt getoond in figuur 7.12 (in de getoonde opname uit de herfst is het riet bruin verkleurd en daarmee contrasteert het met overige kweldervegetatie).
Een andere factor die verantwoordelijk is voor de verschillen in de vegetatie is de begrazing, die in verschillende blokken van Saeftinghe wordt uitgevoerd. Ook binnen de begrazingsblokken treden verschillen op in de vegetatie, omdat de begrazingsdruk binnen deze gebieden verschilt (Van Laer, 2010). Het verschil in vegetatie per begrazingsblok is zichtbaar in luchtfoto’s (figuur 7.13). In de begraasde gebieden zijn ook niet begroeide delen en plassen te zien, die in de niet begraasde delen niet of minder frequent optreden.
Het is niet onwaarschijnlijk dat de sedimentatie in het Land van Saeftinghe een ruimtelijke variatie vertoont die samenhangt met de verschillen in vegetatie. Mogelijk heeft dit consequenties voor de omvang van de sedimentatie in het Land van Saeftinghe. Vooralsnog is er geen informatie beschikbaar over een dergelijke samenhang.

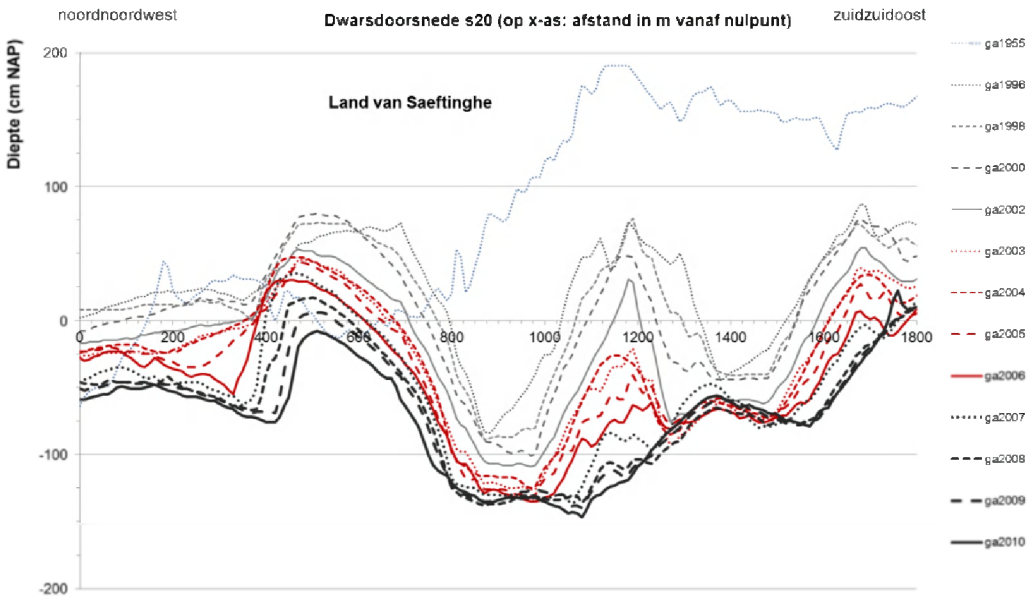
[6] Voor de volledigheid wordt ook de aanvoer bij Terneuzen vermeldt die jaargemiddeld 13 m^3/s bedraagt.

In de dwarsdoorsnede s20, weergegeven in figuur 7.14, aan de oostzijde van het Land van Saeftinghe, is zichtbaar dat op deze locatie verlaging van het slik plaatsvindt. Deze verlaging van het slik, parallel aan de hoofdgeul is vergelijkbaar met het beeld dat bij de Zeeschelde wordt aangetroffen.

Figuur 7.12 Noordoostzijde van het Land van Saeftinghe met aan de oostzijde in bruin rietvoorkomens (opname 2005, bron Google Earth).



Figuur 7.13 Zuidzijde van het Land van Saeftinghe met een scherpe grens in de kleuren (vegetatie) op de grens van begrazingsblok 2 en 3. De pijltjes markeren een aantal kale plekken en plassen in het gebied (opname 2009, bron Google Earth).



Figuur 7.14 Dwarsdoorsnede 6.20 over het slik voorlangs het Land van Saeftinghe (locatie van de dwarsdoorsnede in figuur 6.8).

7.8 SAMENHANG MET BEHEERINGREPEN EN ANDERE BOCHTGROEPEN

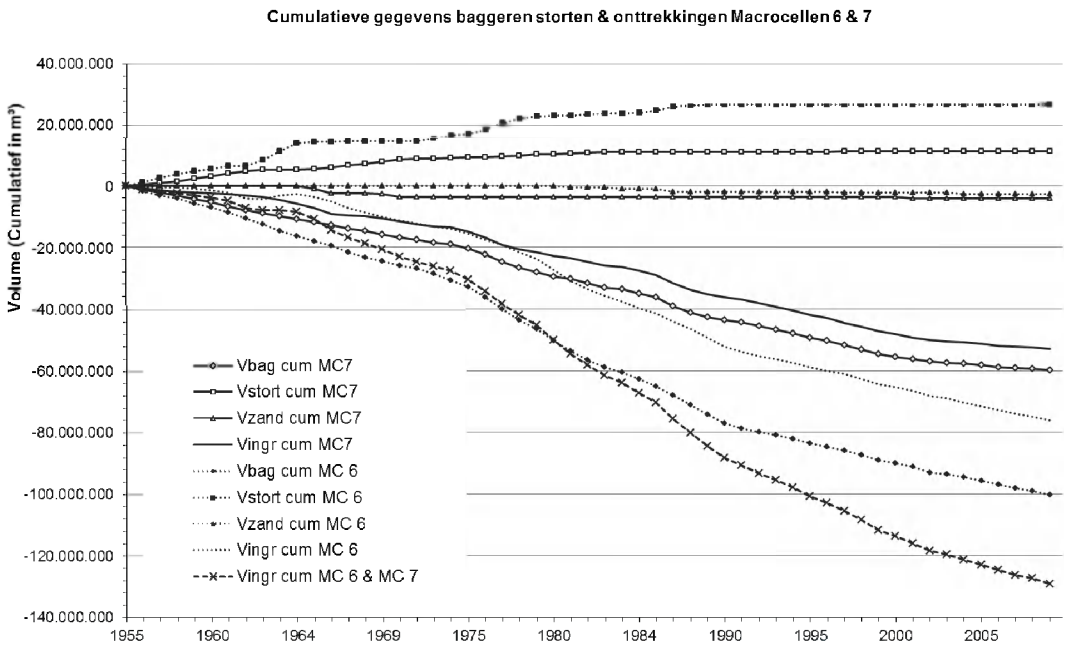
In paragraaf 7.3 is beschreven hoe het sedimentvolume van de hoofdgeul is afgenomen in de macrocellen 6 en 7 . In figuur 7.4 is zichtbaar dat in macrocel 6 naast de afname van het sedimentvolume van de hoofdgeul ook een afname van het sedimentvolume van de nevengeul heeft plaatsgevonden. In figuur 7.5 is zichtbaar dat in macrocel 7 een vergelijkbare afname van het sedimentvolume van hoofd- en nevengeul heeft plaatsgevonden. Het plaatareaal is afwezig in beide macrocellen en er is slechts een beperkt areaal aan slikken. De slikken leveren geen belangrijke bijdrage aan de netto sedimentatie en erosie. De afname van het sedimentvolume van de geulen komt overeen met de totale afname van het sedimentvolume van deze macrocellen. Ook is gesteld dat de afname van het sedimentvolume in de macrocellen 6 en 7 het gevolg is van het netto onttrekken van sediment.

Figuur 7.15 laat in een grafiek het cumulatieve ingrepen volume zien voor de beide macrocellen en voor de beide cellen gecombineerd. De grafiek laat zien dat in beide macrocellen het baggeren van sediment de totale ontwikkeling domineert. Tot het begin van de jaren ’90 werd sediment gestort in macrocel 6, maar na die tijd is dat vrijwel gestopt. In macrocel 7 is het storten van sediment al eerder gestopt. Zandwinning heeft in beide macrocellen geleid tot een relatief marginale extra onttrekking van sediment. In totaal is uit beide macrocellen tot 2008 bijna 130 x 10^6 m^3 sediment netto onttrokken. Het gebaggerde sediment is overwegend westwaarts gebracht en daar gestort.

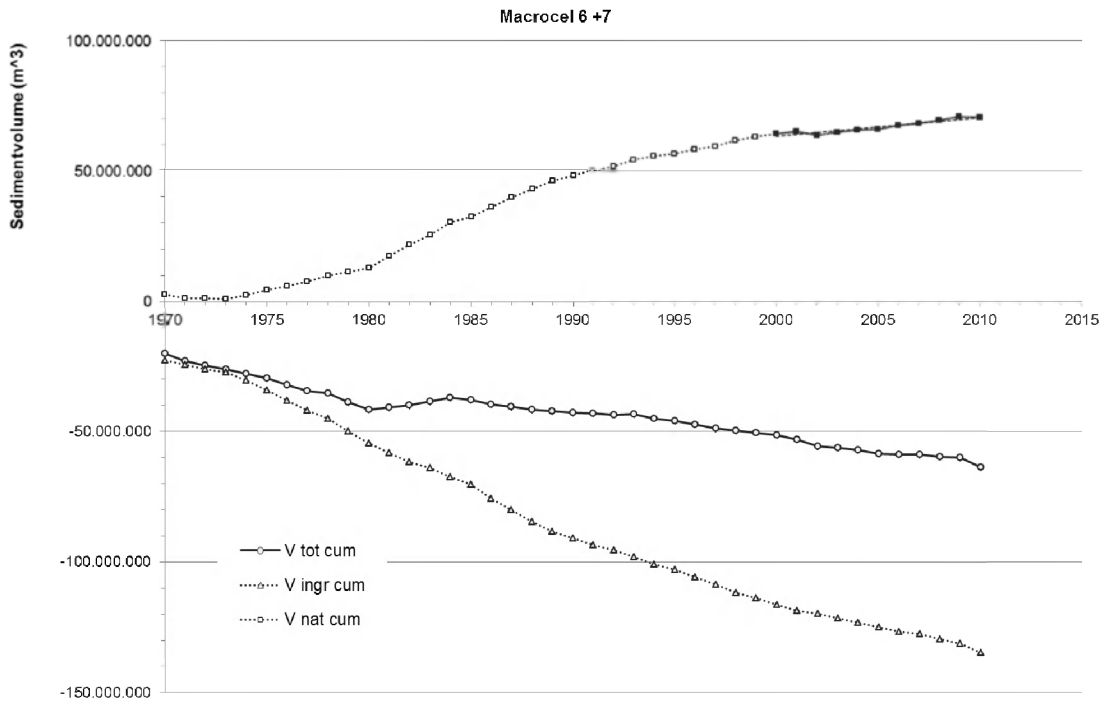
De afname van het sedimentvolume van de geulen is met ruim 62 x 10^6 m^3 minder dan de helft van het volume aan onttrekkingen van bijna 130 x 10^6 m^3. De verklaring voor afname van het sedimentvolume van de macrocellen, met minder dan de helft van het sedimentvolume dat er aan onttrokken is, betekent dat sediment met de stroming van buiten de macrocellen is aangevoerd en gesedimenteerd. De hoeveelheid aangevoerd sediment bedraagt tenminste het verschil tussen het onttrokken volume en de afname van het sedimentvolume van macrocel 6 en 7. Dit verschil wordt aangeduid met V_{nat} of V_{net} (Jeuken & Wang, 2010). De grafiek in figuur 7.16 geeft deze volumes voor de macrocellen 6 en 7 gecombineerd. Tot en met 2010 bedraagt het sedimentvolume dat is aangevoerd naar de beide macrocellen tenminste 70 x 10^6 m^3.

Gemiddeld over de hele periode betekent dit dat tenminste 1,6 x 10^6 m^3 per jaar met de stroming is aangevoerd en gesedimenteerd. In de grafiek in figuur 7.16 is zichtbaar dat de $V_{nat\ cum}$ een curve vertoont die gaandeweg afvlakt. Deze afvlakking suggereert dat er tegenwoordig minder sediment wordt afgezet in de macrocellen 6 en 7. De trend berekend over de periode van 2000 tot en met 2010 (de zwarte bolletjes in de $V_{nat\ cum}$) levert een netto sedimentatie van 0,7 x 10^6 m^3 per jaar voor het verschil tussen het sedimentvolume en de cumulatieve ingrepen.

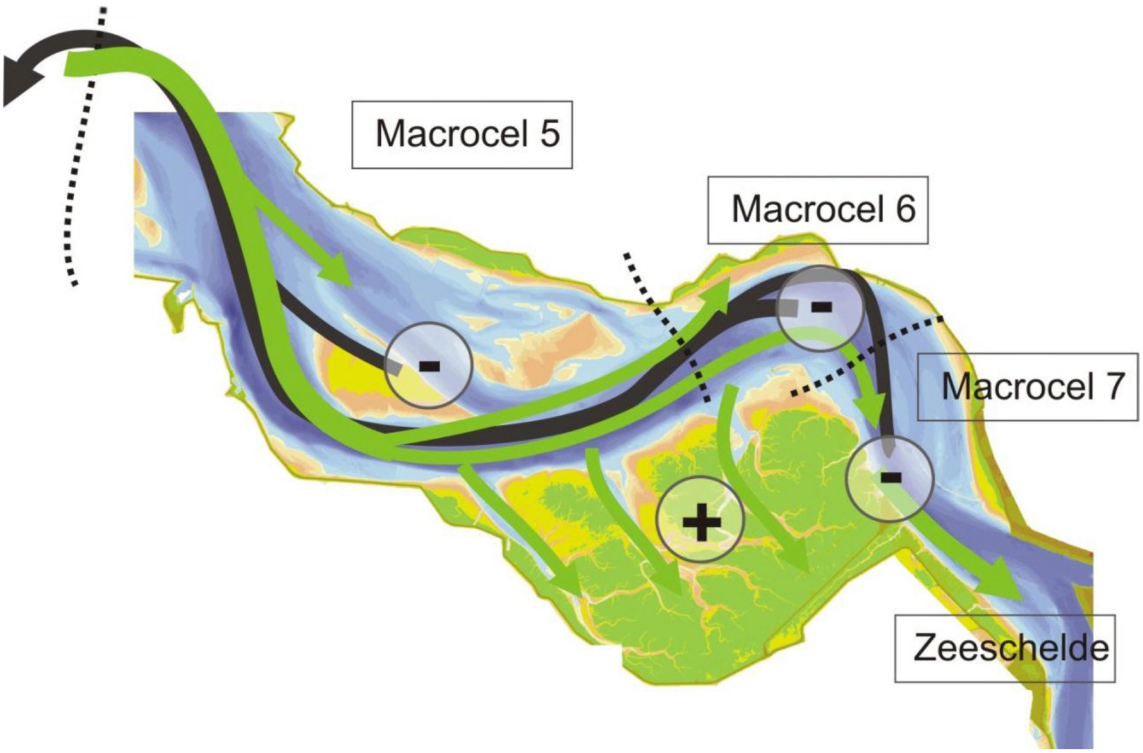
In de sedimentbalans van Nederbragt en Liek (2004) is een randvoorwaarde van geen transport naar de Zeeschelde opgelegd. In de sedimentbalans van Haecon (2006) is een transport van de Westerschelde (uit macrocel 7) naar de Zeeschelde berekend, op basis van de ontwikkeling van het sedimentvolume van de Zeeschelde en de gerapporteerde onttrekkingen van sediment. Verder wordt in de sedimentbalansen aangenomen dat er netto sediment wordt getransporteerd naar het Land van Saeftinghe. Gezien de aannames over de randvoorwaarden in de sedimentbalansen zijn Zeeschelde en Saeftinghe hoogstwaarschijnlijk geen bron van sediment. Andersom is waarschijnlijker, namelijk dat natuurlijke sedimenttransportprocessen vanuit macrocellen 6 en 7 sediment naar deze gebieden brengen. In figuur 7.17 is schematisch weergegeven hoe de transporten van sediment in de oostelijke helft van de Westerschelde zijn gericht, zowel de gebaggerde en gestorte volumes (grijze pijlen) als het transport van sediment door de stroming (groene pijlen).



Figuur 7.15 Onttrekkings- en stort volumes in macrocellen 6 en 7 (gegevens uit de zandbalans van Rijkswaterstaat).



Figuur 7.16 Waargenomen cumulatieve sedimentvolumes ($V_{tot\ cum}$), cumulatieve ingreepvolumes ($V_{ingr\ cum}$), en het verschil tussen beide ($V_{nat\ cum}$) in macrocel 6 en 7. De zwarte blokjes bij de $V_{nat\ cum}$ geven het deel van de curve weer dat is gebruikt om de trend te berekenen van 2000 tot 2010.



Figuur 7.17 Schematische weergave van de sedimentatie (+) en erosie (-) in de macrocellen 5, 6 , 7 en het Land van Saeftinghe, de netto verplaatsing van baggerspecie van deze macrocellen naar het westen (grijze pijl) en de sedimenttransporten (groene pijlen).

7.9 VERWACHTE ONTWIKKELINGEN MACROCEL 6 EN 7 IN SAMENHANG MET HET BEHEER

Naar verwachting zal in de toekomst het baggeren en storten mede sturend zijn voor de ontwikkelingen in macrocel 6 en 7. Voortzetten van het huidige beleid, waarbij netto sediment aan deze macrocellen wordt onttrokken, leidt naar verwachting tot een verdere toename van het watervolume van de hoofd- en de nevengeul. Het is niet goed mogelijk om te voorspellen met welke snelheid de toename van het watervolume zich zal voltrekken, hoewel de trend al jaren behoorlijk constant lijkt zijn. Maar omdat, naast de baggerinspanning, ook de aanvoer van de sediment door de stroming een belangrijke rol speelt in de ontwikkeling van het sedimentvolume, is de waargenomen toename van het watervolume niet zonder meer te extrapoleren.

Andere voorgenomen ingrepen en plannen in de nabijheid van macrocel 6 en 7 zijn de ontpoldering van de Hedwigepolder en de aanleg van het Saeftinghedok. Deze zullen naar verwachting voornamelijk lokaal effecten hebben, bijvoorbeeld doordat er één of meerdere toevoergeulen ontstaan naar de Hedwigeslikken en -kwelder.

8 Referenties

De rapporten van het LTV V&T project zijn onderaan de referenties weergegeven.

Bakker, W.Th.J.N.P. & de Looff, D. (1977). Onderzoek naar de mogelijkheden tot en de gevolgen van zandwinning in de Westerschelde. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Rijkswaterstaat. Directie Waterhuishouding en Waterbeweging: Vlissingen. Notitie WWKZ, 77.V004. 48 + bijlagen pp.

Cleveringa, J. (2007). MER verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Achtergrond-document morfologische ontwikkeling Westerschelde. Fenomenologisch onderzoek naar de ontwikkelingen op meso-schaal.

Cleveringa, J. (20008). Morphodynamics of the delta coast (south-west Netherlands); Quantative analysis of the morphological evolution 1964-2004. Alkyon rapport A1881R1r2.

Bouma. H., D.J. de Jong, F. Twisk & F, Wolfstein (2005) K. Zoute wateren EcotopenStelsel (ZES.1) Voor het in kaart brengen van het potentiële voorkomen van levensgemeenschappen in zoute en brakke rijkswateren. Rapport RIKZ/2005.024.

de Looff, D. & J. van Malde (1976). Over de cyclus der zogenaamde drempelgeulen in de oostelijke uitloop van de Zimmermangeul. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Rijkswaterstaat. Directie Waterhuishouding en Waterbeweging: Vlissingen. Publicatie 22.

de Looff, D. (1973). Over de cyclus der zogenaamde drempelgeulen in de oostelijke uitloop van de Zimmermangeul. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Rijkswaterstaat. Directie Waterhuishouding en Waterbeweging: Vlissingen. Nota 73.4.

Esselink P., G.J.F. Helder, B.A. Aerts & K. Gerdes (1997). The impact of grubbing by Greylag Geese (Anser anser) on the vegetation dynamics of a tidal marsh. Aquatic Botany, Volume 55, pp. 261-279.

Groot, T. (1960). De bevaarbaarheid van de Westerschelde voor schepen met grote diepgang. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Rijkswaterstaat. Directie Waterhuishouding en Waterbeweging: Vlissingen. 12 + bijlagen pp.

Haecon (2006). Actualisatie van de zandbalans van de Zee- en Westerschelde, Haecon rapport 124976008/lvp.

Hibma (2004). Morphodynamic modelling of estuarine channel-shoal systems. Proefschrift TU Delft.

Jeuken, M.C.J.L. & Z.B. Wang (2010). Impact of dredging and dumping on the stability of ebb–flood channel systems, Coastal Engineering, Volume 57, P. 553-566.

Jeuken, M.C.J.L. (2000). On the morphological behaviour of tidal channels in the Westerschelde estuary, Proefschrift Universiteit Utrecht, 378 pp.

LTV V&T (2013a).LTV Veiligheid en Toegankelijkheid (A) Sedimenthuishouding, Conceptrapport in drie delen.

Nederbragt, G. en G.J. Liek (2004). Beschrijving zandbalans Westerschelde en monding Rijkswaterstaat RIKZ Rapport RIKZ/2004.020.

Nolte. A.J. e.a. (2011). Natuurherstel in de Westerschelde - De mogelijkheden nader verkend; Hoofdrapport; Samenvatting rapport 'Natuurherstel in de Westerschelde'; Bijlagenrapport. Deltares 1204087-000-ZKS-0030.

Plancke, Y., M.Sas, F. Heinis & S. Ides (2008). Nota plaatrandstortingen Verruiming vaargeul Westerschelde. Mod 791_06. Waterbouwkundig Laboratorium.

Saathof, K. (2008). Geulwandverdediging Westerschelde. Rijkswaterstaat Waterdienst Rapport, 2008.003. RWS Zeeland 37 pp.

Soetaert, K.; Herman, P.M.J. (1995). Carbon flows in the Westerschelde estuary (The Netherlands) evaluated by means of an ecosystem model (MOSES). Hydrobiologia 311: 247-266

Stapel, J. & D.J. de Jong (1998). Sedimentatiemetingen op het schor bij Waarde en het Verdronken Land van Saeftinge, Westerschelde (ZW Nederland): sedimento et submergo. Rapport RIKZ = Report RIKZ, 98(22). Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat (RWS), Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ): Middelburg. 38 pp.

Van Braeckel. A., F. Piesschaert en E. van en Bergh (2006). Historische analyse van de Zeeschelde en haar getijgebonden zijrivieren. 19e eeuw tot heden, Instituut voor Natuur en Bosonderzoek, Rapport INBO.R.2006.29.

van den Berg, J.H., M.C.J.L. Jeuken & A.J.F van der Spek (1996). Hydraulic processes affecting the morphology and evolution of the Westerschelde Estuary, in K.F. Nordstrum en C.T. Roman (red.), Estuarine shores: Evolution, Environment and Human Alterations, London.

Van Kessel, T. J.J. van der Werf, A. Giardino (2011). Analyse stortvak W13. Deltares rapport 1204409

Van Laer, E. (2010). De invloed van ruimtelijke patronen op het foerageergedrag van runderen in een brakwaterschor. Thesis Universiteit Gent: Gent. 75 pp.

Van Veen, J. (1944). Schelderegiem en Schelderegie, fascimilie-uitgave Rijkswaterstaat 1993.

Van Veen, J. (1950). Eb- en Vloedschaar Systemen in de Nederlandse Getijwateren, Tijdschrift van het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap, Vol. 67, ook als speciale uitgave ter gelegenheid van het Waddensymposium 1949.

Van Veen, J. (1955). Dredge, drain, reclaim: the art of a nation, Nijhoff Den Haag.

Verbeek, H.; Tank, F.T.G.; Groenewoud, M.D. (1998). Drempels in de Westerschelde: natuur en mens samen aan het werk. [Shoals in the Westerschelde: nature and man working together]. Rapport RIKZ, 98(11). Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ): The Netherlands. ISBN 90-369-3472-9. 59 pp

LTV V&T Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis, 2013:

Data-analyse waterstanden Westerschelde. LTV V&T-rapport G-1

Grootschalige sedimentbalans van de Westerschelde. LTV V&T-rapport G-2

De rol van het slib in de sedimentbalans van de Westerschelde. LTV V&T-rapport G-3

Influence morphology on tide and sand transport. LTV V&T-rapport G-4

Data-analysis water levels, bathymetry Western Scheldt. LTV V&T-rapport G-5

Tidal Phenomena in the Scheldt Estuary, part 2. LTV V&T-rapport G-7

Aanvullend onderzoek historische ontwikkeling getij. LTV V&T-rapport G-8

Probleemanalyse zandwinning. LTV V&T-rapport G-10

Simulaties met effectanalyse op schaal estuarium. LTV V&T-rapport G-11

Effect morfologie monding Westerschelde op getij. LTV V&T-rapport G-12

Synthese en conceptueel model. LTV V&T-rapport G-13

Response of tidal rivers to deepening and narrowing. LTV V&T-rapport G-14

Ontwikkeling mesoschaal Westerschelde (factsheets). LTV V&T-rapport K-16

Samenhang ontwikkelingen tijd- en ruimteschalen. LTV V&T-rapport K-17

Ontwikkeling mesoschaal Zeeschelde (factsheets). LTV V&T-rapport K-18

Zeeschelde- nota analyse bodemligging. LTV V&T-rapport K-19
Simulaties met effectanalyse op mesoschaal. LTV V&T-rapport K-20
Analyse havenstortvak W13. LTV V&T-rapport B-21
Analyse alle havenstortvakken Westerschelde. LTV V&T-rapport B-22
Analyse stortvakken Beneden-Zeeschelde. LTV V&T-rapport B-23
Gebruik van nevengeulen voor binnenvaart. LTV V&T-rapport B-24
Mitigatie dwarsstroming Zuidergat. LTV V&T-rapport B-25
Actualisatierapport Finel 2D Schelde-estuarium. LTV V&T-rapport A-26
Actualisatierapport Delft3D Schelde-estuarium. LTV V&T-rapport A-27
Harde lagen Westerschelde. LTV V&T-rapport A-28
Harde lagen Beneden-Zeeschelde. LTV V&T-rapport A-29
Overzicht data, beschikbaarheid Open Earth, ftp. LTV V&T-rapport A-30
Baggeren en storten. LTV V&T-rapport A-31

Plancke, Y; Maximova, T; Ides, S; Peeters, P; Taverniers, E.; Mostaert, F. (2012). Werkgroep O&M - Projectgroep Veiligheid: Sub project 1: Dtata Analysis and hypothesis - Lower Sea Scheldt. Version 4.0. WL rapporten, 756/05. Flanders Hydraulics Research: Antwerp, Belgium

Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis, Waterbouwkundig Laboratorium, 2013. LTV V&T-rapport G-9: Toepassing van de Vlaamse en de Nederlandse methodes om het overstromingsrisico te bepalen van dijkring 31, Zuid-Beveland.

Vandenbruwaene, W.; Vos, G.; Plancke, E.; Mostaert, F. (2012). Werkgroep O&M - Projectgroep Veiligheid en Toegankelijkheid: Onderzoek naar de morfologie op meso-schaal ter hoogte van de stortlocaties. Versie 3.0. WL rapporten, 791/10a. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

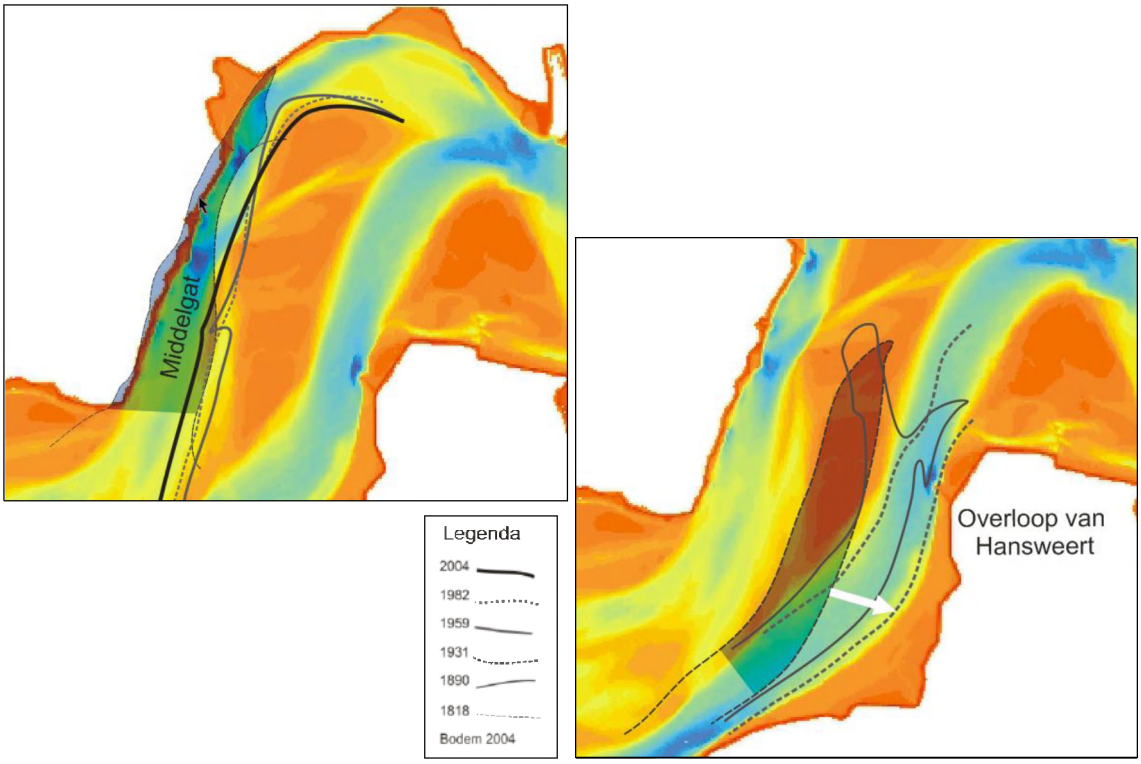
Bijlage 1 Aanvullende waarnemingen Middelgat

8.1 INLEIDING

In paragraaf 5.4 is ingegaan op de verwachte en toekomstige ontwikkelingen van het Middelgat. De omvang van het Middelgat is gaandeweg afgenomen, doordat in de geul sedimentatie heeft plaatsgevonden (ruim 100 x 10^6 m^3 m^3). De verwachting is dat deze ontwikkeling door zal gaan.In deze bijlage worden een aantal aanvullende waarnemingen getoond, die ter wille van de leesbaarheid en evenwichtigheid van het rapport niet in de betreffende paragraaf zijn opgenomen.

8.2 KAARTBEELDEN

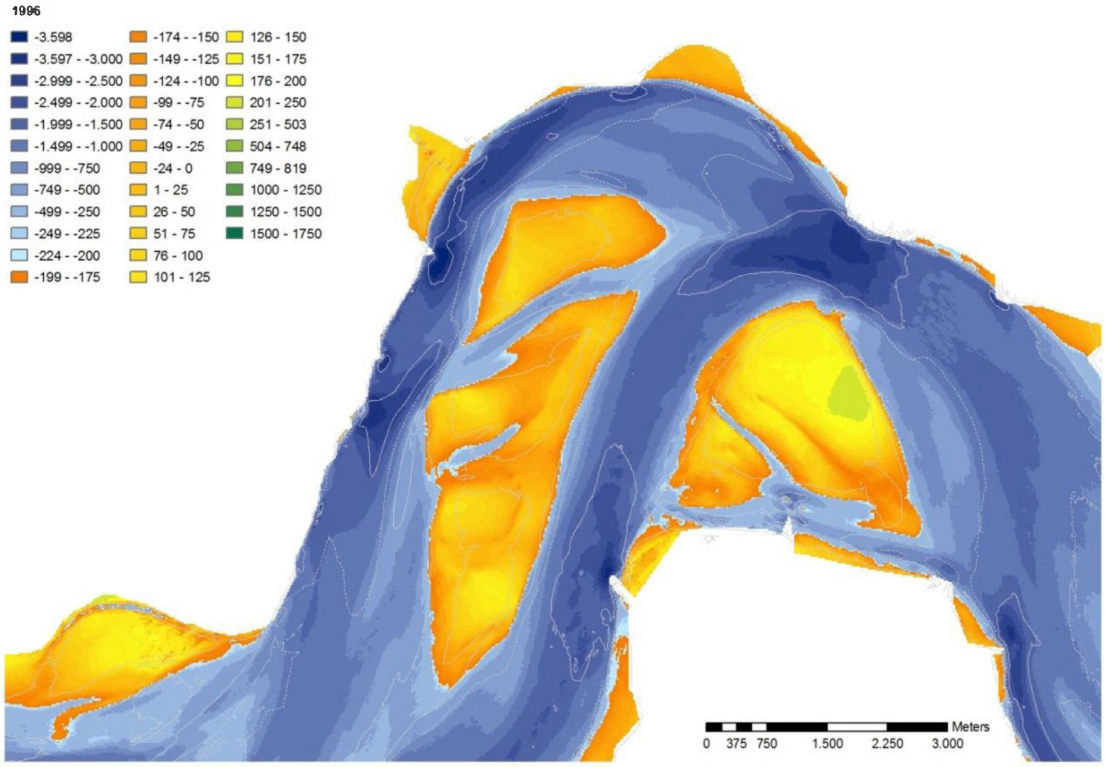
Het sleutelaspect in de ontwikkeling van Macrocel 4 is de rolwisseling die het Middelgat en de Overloop van Hansweert hebben doorgemaakt. Deze contouren van de geulen zijn zichtbaar in figuur 8.1. naast het ontstaan van de verbinding tussen de Overloop van Hansweert en de Put van Hansweert is ook de postie van de geul verschoven naar het westen. Met die verplaatsing is ruimte ontstaan voor de Rug van Baarland in zijn huidige vorm.



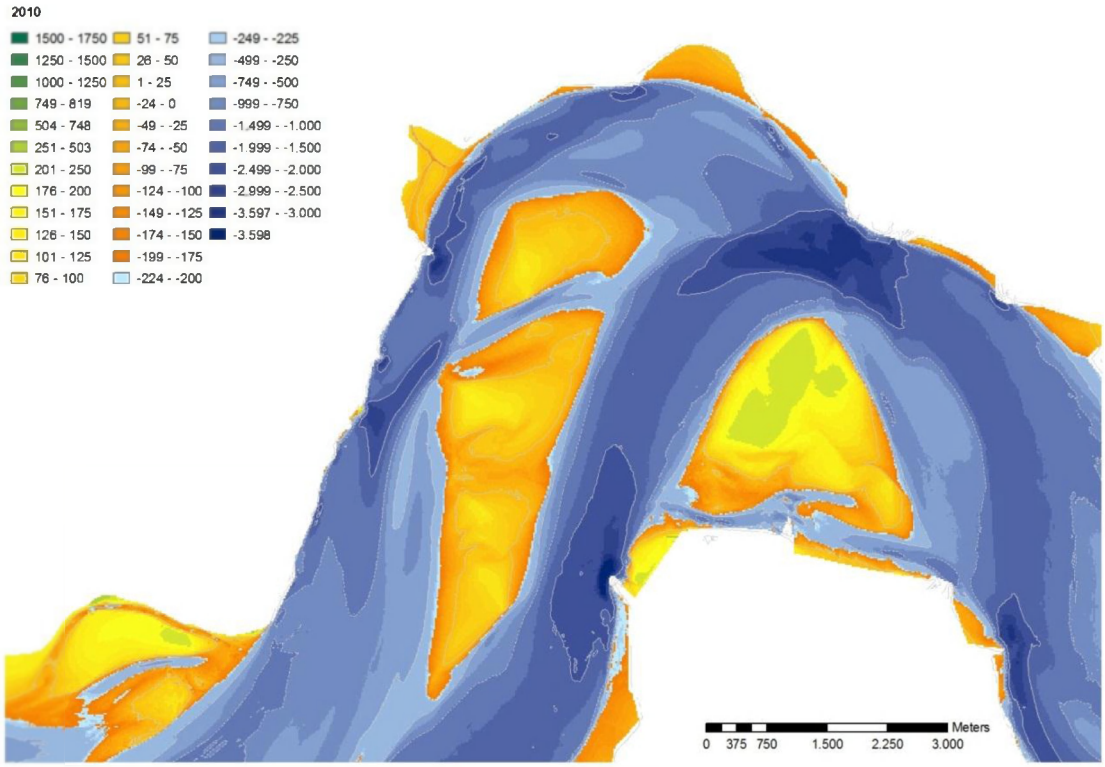
Figuur 8.1 Overzichtskaart waarin de lange termijn 'switch' van de hoofdgeul, van Middelgat naar de Overloop van Hansweert is weergegeven (Cleveringa, 2007).

De ontwikkelingen die zichtbaar zijn in opeenvolgende recente kaarten zijn minder spectaculair dan de ontwikkelingen zoals die tot aan de jaren '80 plaatsvonden, omdat de configuratie van platen en geulen min of meer vast lag. Ter illustratie zijn hieronder twee recente kaarten weergeven uit 1996 (figuur 8.2) en

uit 2010 (figuur 8.3). Belangrijke verschillen tussen de twee kaarten zijn de diepte van het Middelgat, de aanwezigheid van scharen in de plaatcomplexen in 1996 en de omvang van de Overloop van Hansweert.

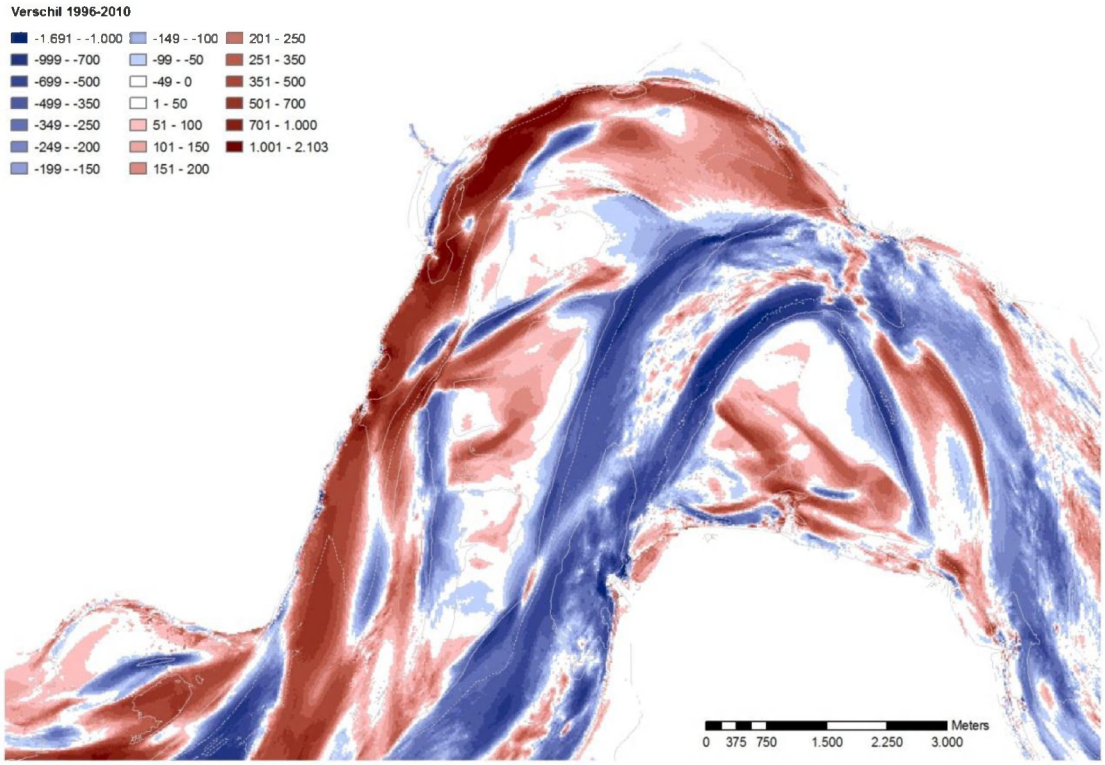


Figuur 8.2: Bodemligging in 1996 (contour 2010).



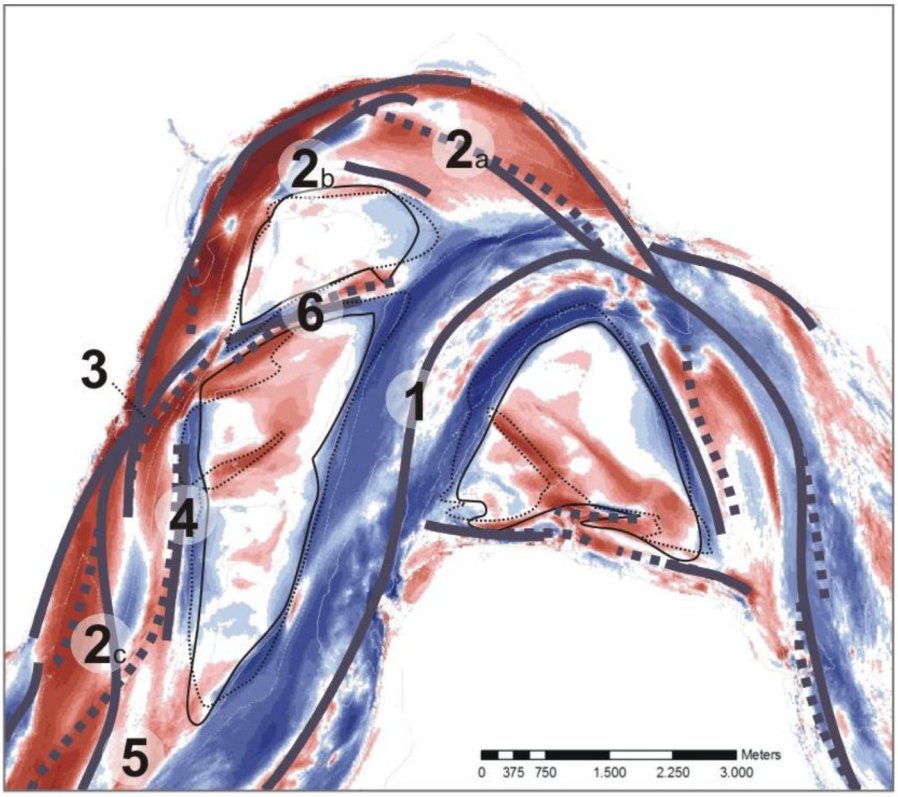
Figuur 8.3 Bodemligging in 2010 (contour 2010).

In de verschilkaart tussen 1996 en 2010 (figuur 8.4) is de overwegende rode kleur van het Middelgat die duidt op verondieping opvallend, net als de overwegend blauwe kleur bij de overloop van Hansweert, die duidt verdieping.



Figuur 8.4: Verschilkaart met de sedimentatie (rood) en erosie (blauw) in de periode 1996-2010

De waargenomen veranderingen zijn gemarkeerd in figuur 8.5. Inde figuur zijn de posities van de geulassen in 1996 gemarkeerd met stippellijnen en de geulassen in 201 met massieve lijnen. De geulas van de Overloop van Hansweert ligt vast, mede door het beheer van de vaarweg. Aan beide zijde van de geul vindt erosie plaats, zodat sprake is van het tweezijdig uitruimen van de Overloop van Hansweert (1). Het Middelgat vertoont overwegend sedimentatie (2), maar lokaal snijden geuldelen in en vindt erosie plaats (2b en 2c). Ook verplaatsen geuldelen van het Middelgat, zoals bij 4. De posities van de geulassen liggen voor een deel vast aan ophangpunten, dat zijn in dit van de Westerschelde overwegend door mensen gecreëerde harde punten (dammen, nollen) met onder water bestortingen en ontgrondingenkuilen. Het Middelgat is bijvoorbeeld bij (3) duidelijk gefixeerd aan het ophangpunt.
Op de platen vindt overwegend sedimentatie plaats, zoals is gemarkeerd bij de Rug van Baarland (5). De enige overgebleven kortluitgeul, de Geul van Molenplaat, vertoont een rotatie met de klok mee (6).
6. Rotatie Geul van Molenplaat.

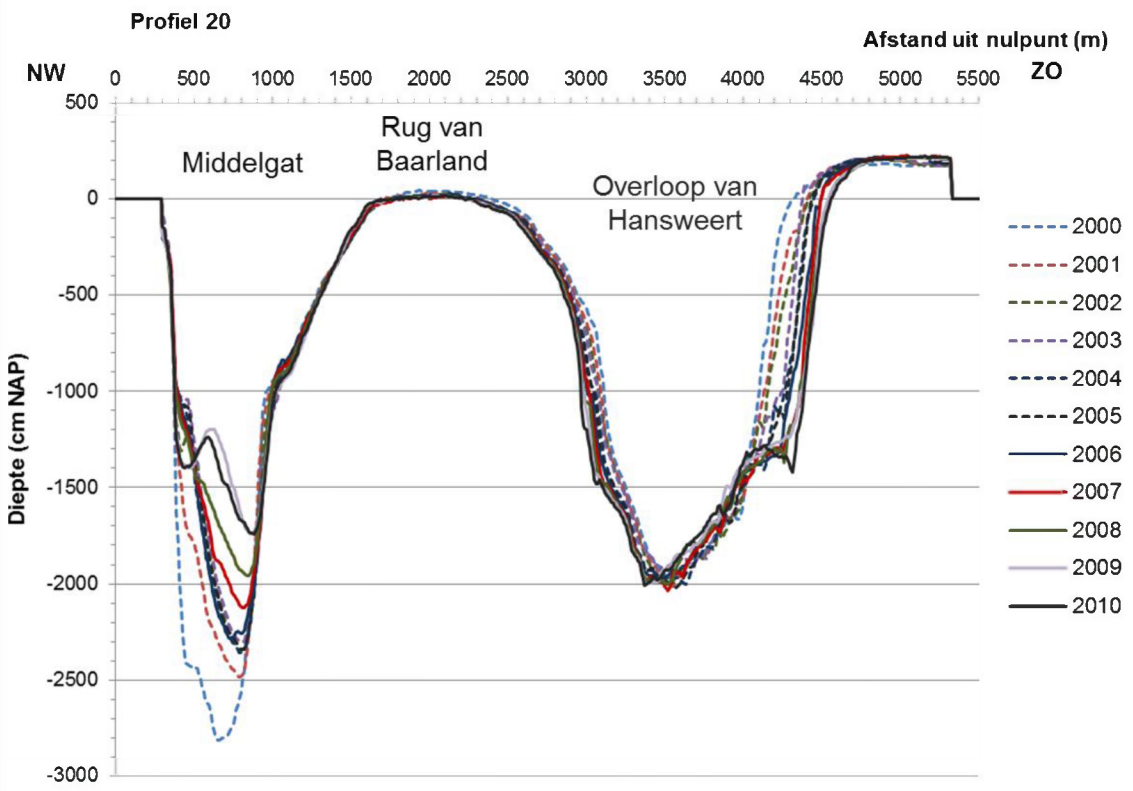


Figuur 8.5 Geannoteerde verschilkaart met de sedimentatie (rood, +) en erosie (blauw, -), geulassen (grijze lijnen) en ophangpunten (rode stippen) in de periode 1996-2010.

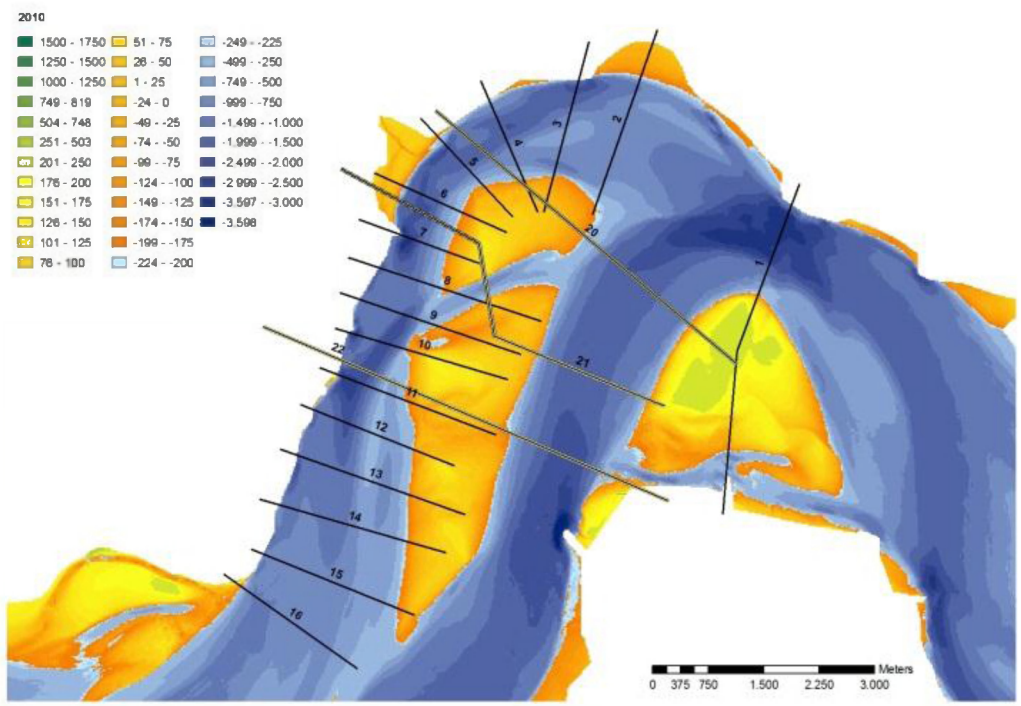
8.3 DWARSDOORSNEDEN

In de recente dwarsdoorsnede van het Middelgat en de Overloop van Hansweert in zijn de kenmerkende ontwikkelingen van beide geulen duidelijk zichtbaar: het Middelgat verondiept en de Overloop ruimt aan beide zijde uit.

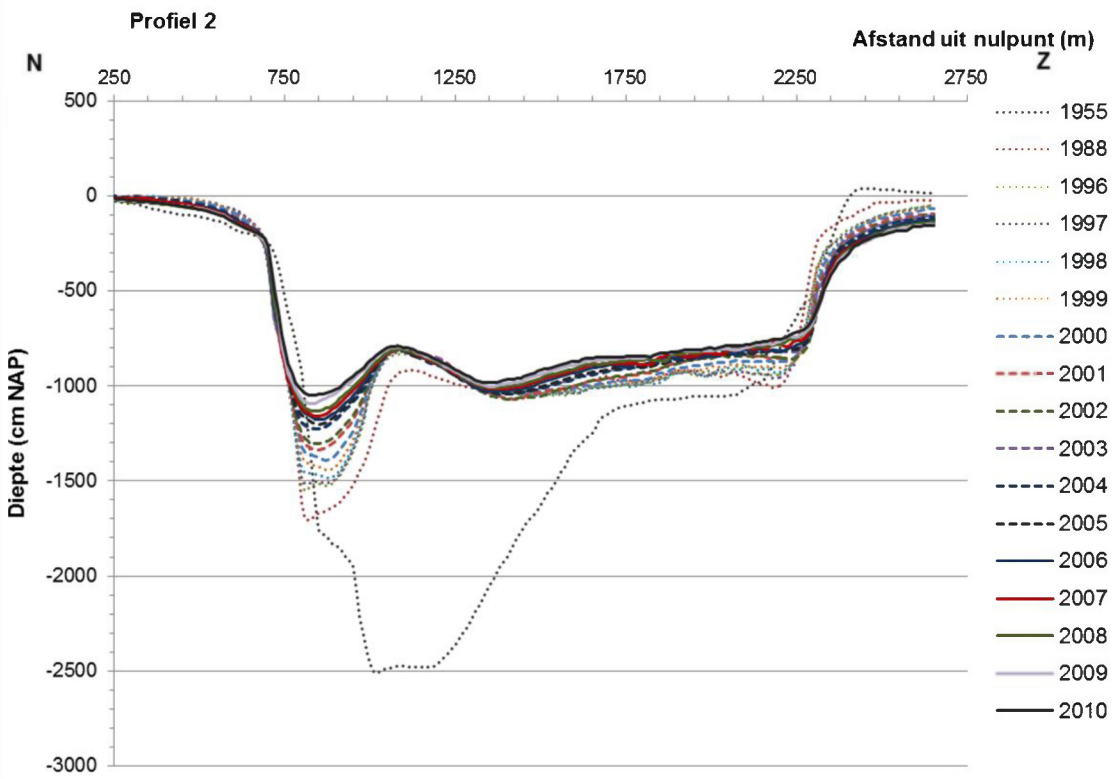
In een serie dwarsdoorsneden van noord (figuur 8.8) naar zuid (figuur 8.13) door het Middelgat wordt duidelijk dat de opvulling van het Middelgat niet overal op vergelijkbare wijze plaatsvindt. Op basis van de getoonde ontwikkeling van de sedimentvolumes kan de indruk ontstaan dat het Middelgat een soort verlaten geul is, waarin alle sediment wordt opgevangen dat er terecht komt. Dergelijke verlaten geulen ("abandonned channels") zijn aanwezig in de Voordelta (Brouwershavensche gat en het Rak van Scheelhoek), waar veel slibrijk sediment wordt afgezet, waarmee de geulen als het ware worden opgevuld. Deze indruk is niet juist voor het Middelgat, het is een actieve geul, waarin niet alleen netto sediment wordt afgezet maar waar ook herverdeling van het sediment plaatsvindt. Dit is zichtbaar in erosie en sedimentatie kaarten en ook in dwarsdoorsneden van de geul.



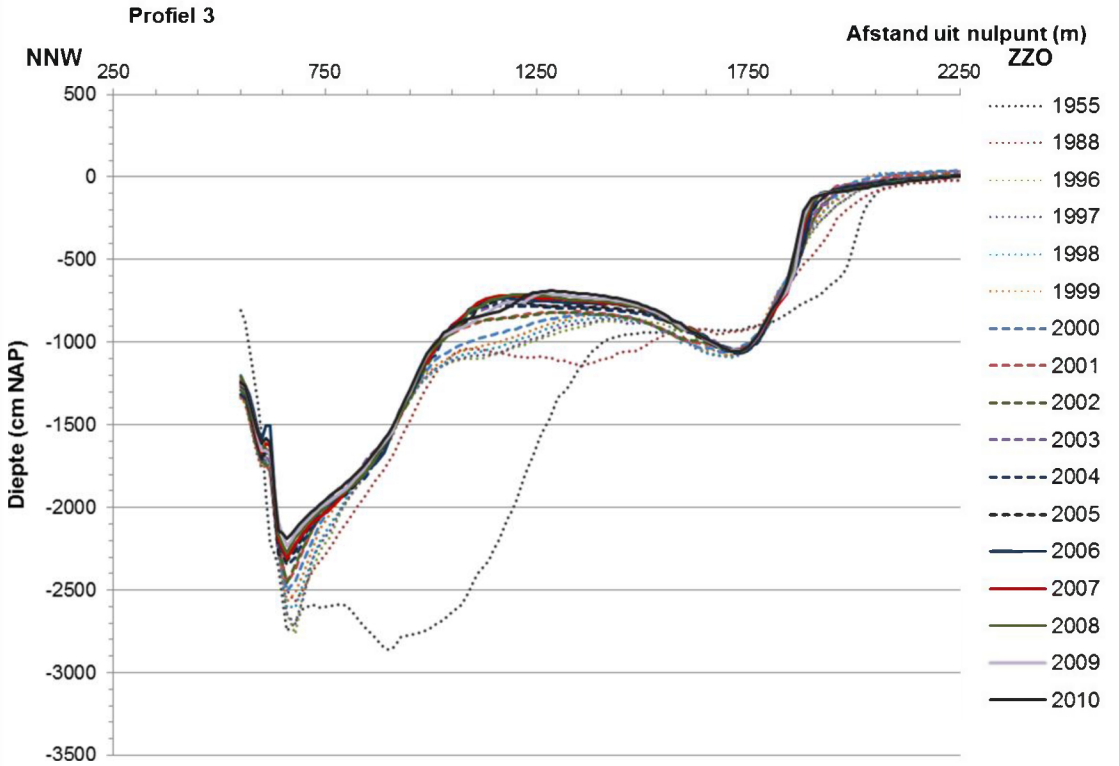
Figuur 8.6 Dwarsdoorsnede 20 door Macrocel 4, locatie in figuur 8.7.



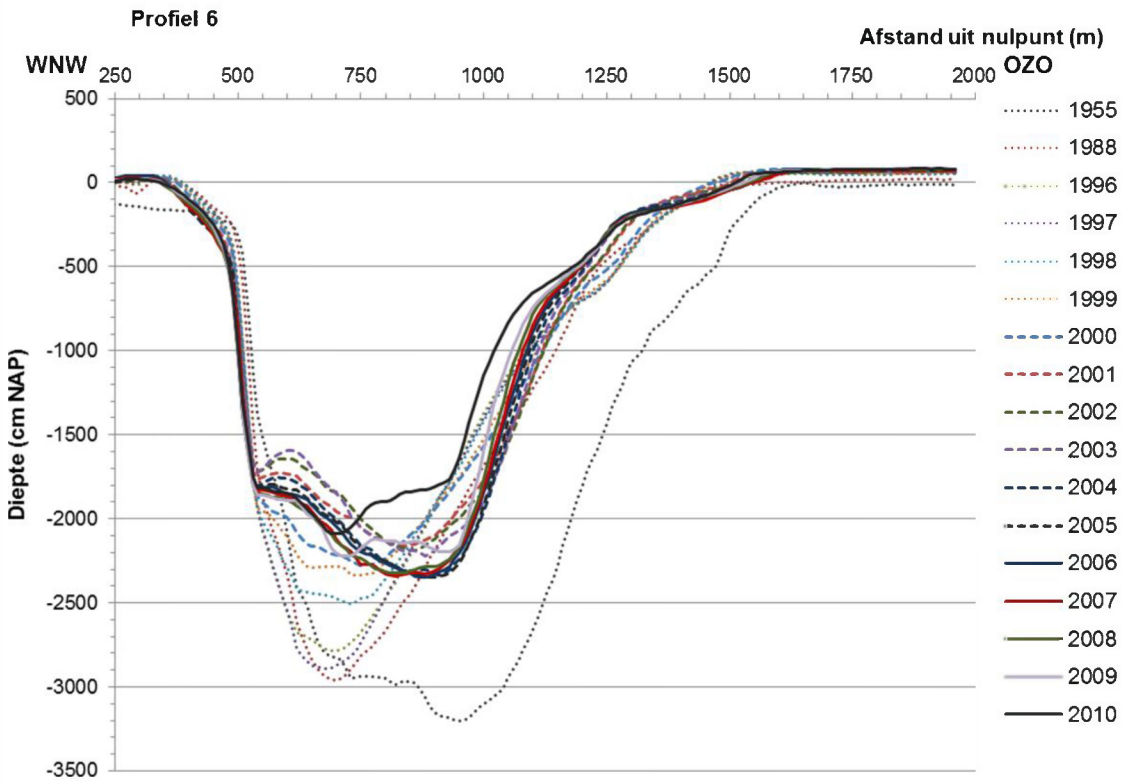
Figuur 8.7 Locaties van de verschillende dwarsdoorsnedes in macrocel 4.



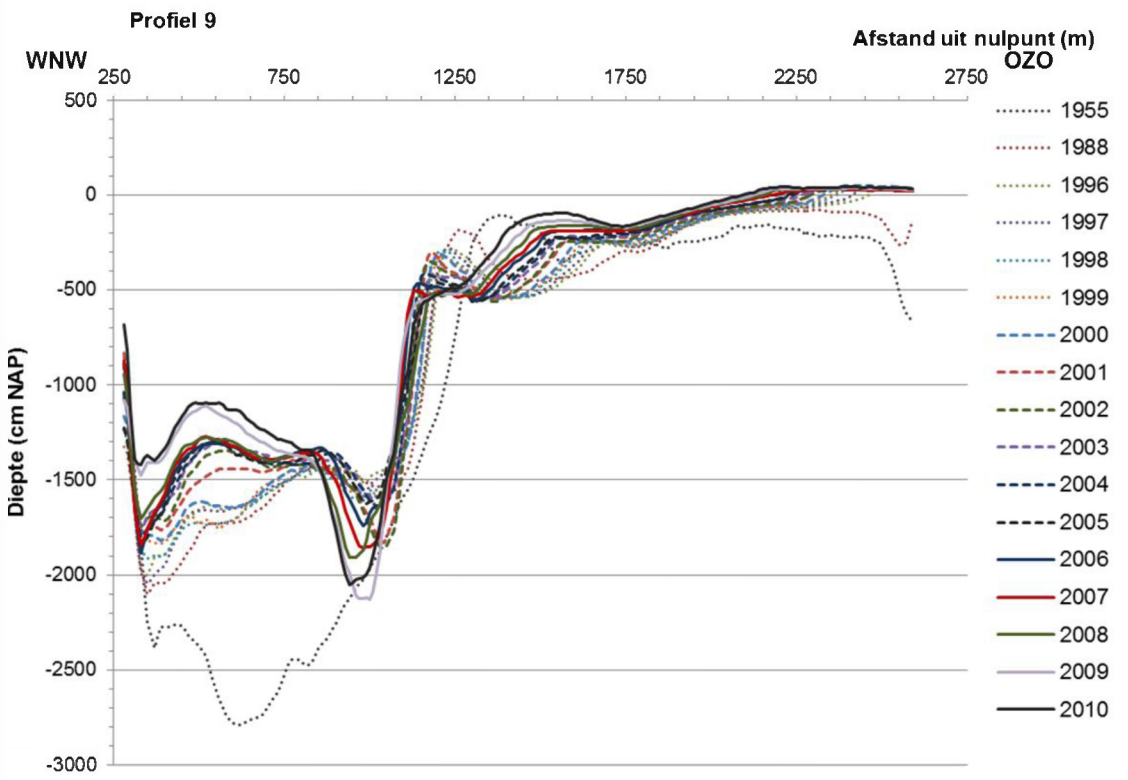
Figuur 8.8: Dwarsdoorsnede 2 op de noordelijke drempel van het Middelgat, locatie in figuur 8.7.



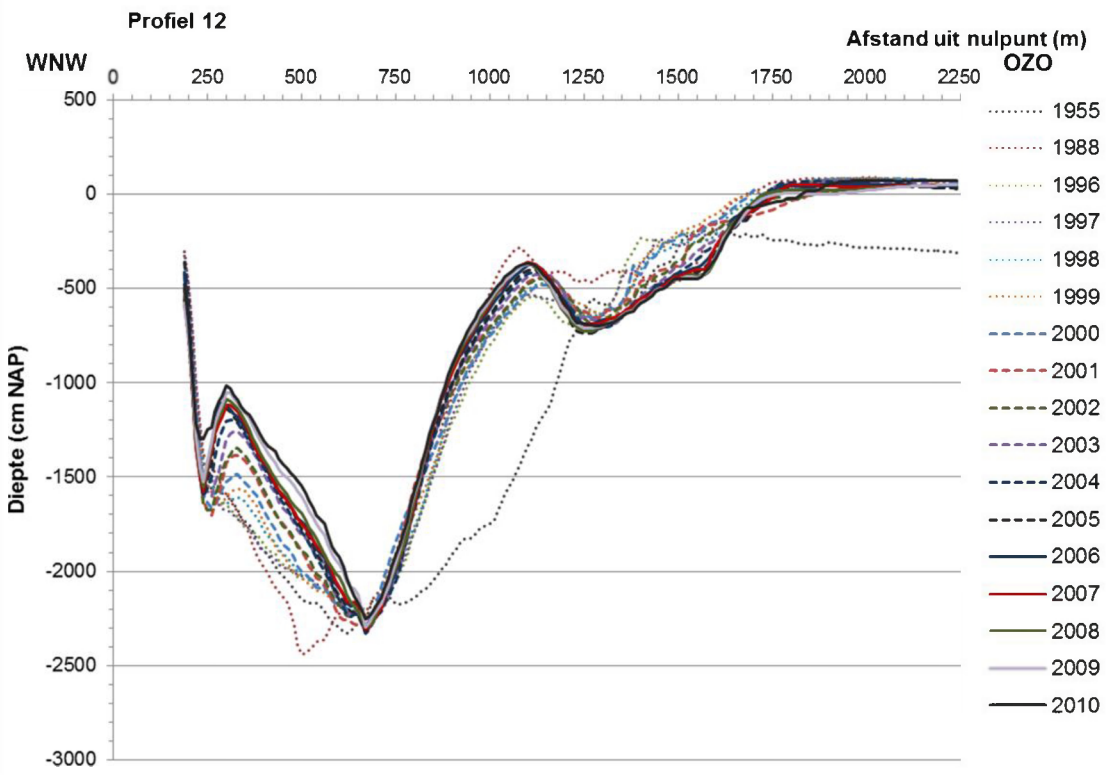
Figuur 8.9 Dwarsdoorsnede 3 aan de noordzijde van het Middelgat, locatie in figuur 8.7.



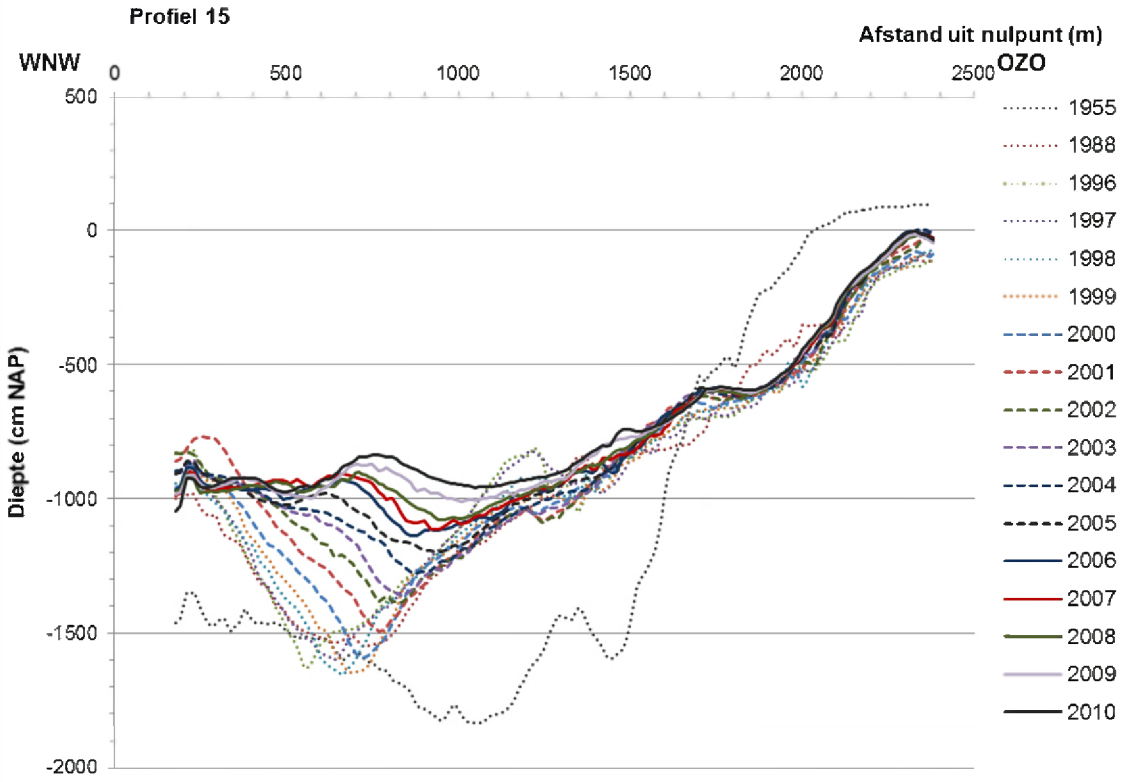
Figuur 8.10 Dwarsdoorsnede 6 aan de noordzijde van het Middelgat, locatie in figuur 8.7.



Figuur 8.11 Dwarsdoorsnede 9 in het Middelgat, locatie in figuur 8.7.



Figuur 8.12 Dwarsdoorsnede 12 aan de zuidzijde van het Middelgat, locatie in figuur 8.7.

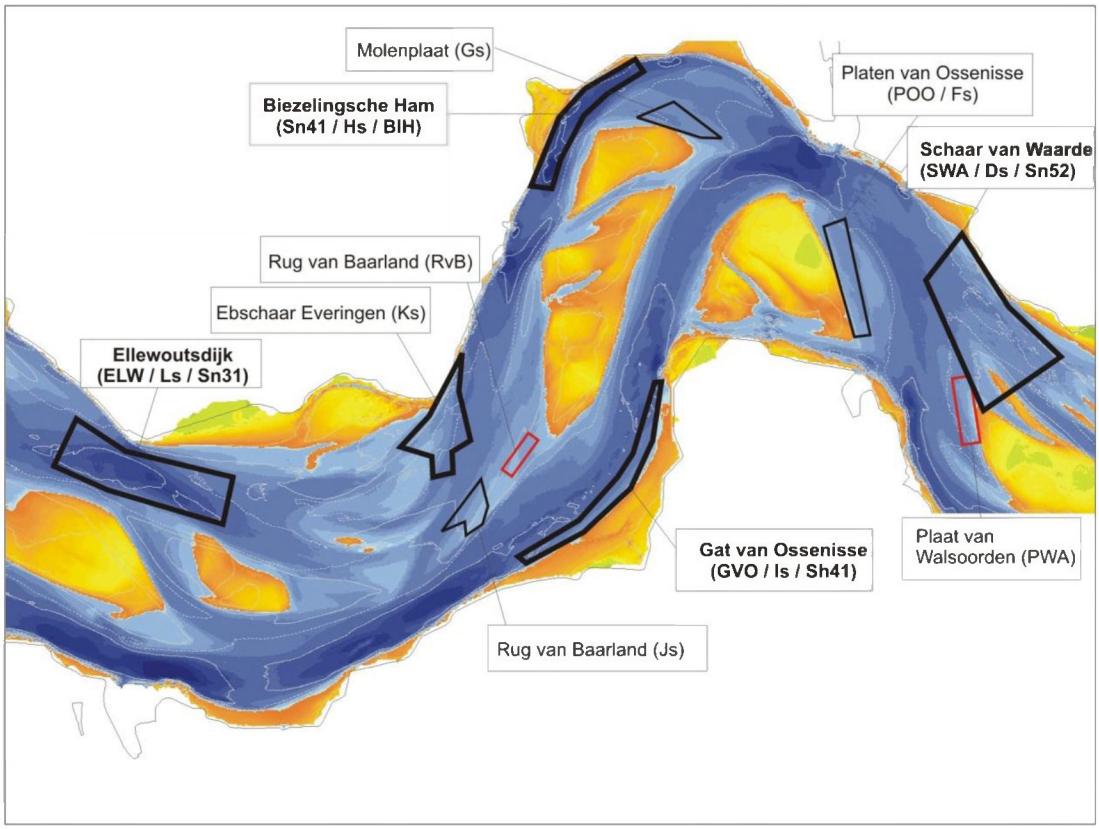


Figuur 8.13 Dwarsdoorsnede 15 op de zuidelijke drempel van het Middelgat, locatie in figuur 8.7.

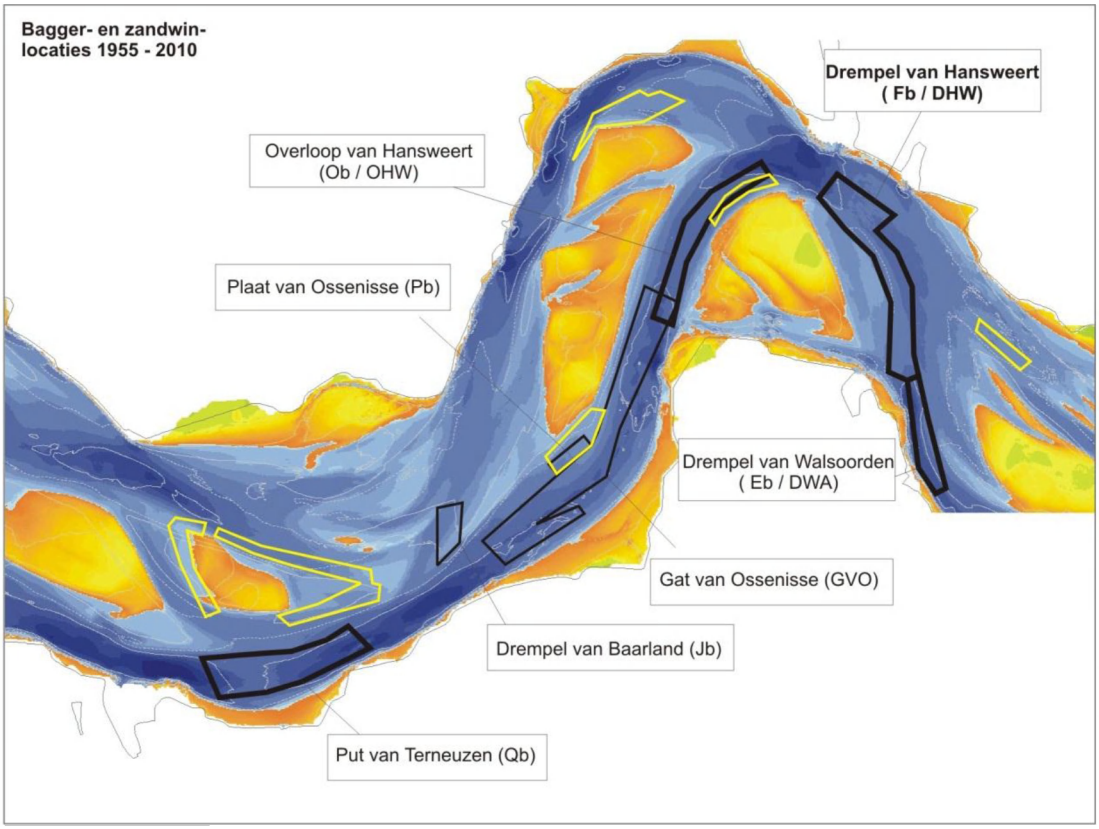
De beide drempels van het Middelgat, die aan de noord- en zuidzijde de geul begrenzen verondiepen. Dit is in figuur 8.8zichtbaar voor de noordzijde en bij figuur 8.13 voor de zuidzijde. Aan de noordzijde vindt verondieping plaats in het diepe deel van de geul tegen de noordoever van de Westerschelde. Dat juist in deze diepe put sedimentatie plaatsvindt heeft mogelijk te maken met de stortlocatie die tot recent in gebruik was. Dat geldt mogelijk ook voor de opvulling zoals die in profiel 6 zichtbaar is (figuur 8.10).Ook in profiel 9 vindt de verondieping plaats langs de oever. Deze locatie ligt in het verlengde van e stortlocatie en mogelijk wordt sediment van de stortlocatie naar het zuiden aangevoerd. Tegen de Middelplaat aan vindt juist verdieping plaats in de aanloop naar de kortsluitgeul (geul dor de Molenplaat).Ook zuidelijker in profiel 12 (figuur 8.12) vindt de sedimentatie plaats langs de oever.
Uit een vergelijking van de recente sedimentatie in het Middelgat met de oudste dwarsdoorsneden (1955) is op te maken dat de sedimentatie tussen 1955 en de jaren ’80 meer in het midden van de geul was geconcentreerd. Het gevolg daarvan was dat de diepste delen van de geul steeds dichter onder de oever van de Westerschelde kwamen te liggen. Mogelijk speelde de aanwezigheid van een aantal harde ophangpunten langs de oever daar en rol bij. De afgelopen 20 jaar heeft een belangrijk deel van de opvulling juist langs de oevers plaatsgevonden. De diepste delen worden nog wel aangetroffen bij de oevers, maar de maximale dieptes zij overwegende afgenomen.

8.4 INGREPEN EN OPHANGPUNTEN

In hoofdstuk zijn in figuur 5.29 in een kaart de locaties met bagger, storten en zandwinnen gecombineerd weergeven. De locaties waar is gestort zijn weergegeven in figuur 8.14. De locaties waar is gebaggerd en waar zand is gewonnen, zijn weergegeven in figuur 8.15.In het Middelgat zelf wordt sinds 1997 gestort aan de noordzijde, bij de Biezelingse Ham. Aan de zuidzijde wordt in de ebschaar van de Everingen gestort, vanaf 1969 tot 2002 (stortgebied Ks in figuur 8.14. De sedimentatie heeft niet alleen in deze stortvakken, maar in het hele Middelgat plaatsgevonden. De omvang van de sedimentatie in het Middelgat is ook vele malen groter dan de stortvolumes. De belangrijkste stortlocatie binnen macrocel 4 is het Gat van Ossenisse. Vanaf eind jaren zestig is daar ruim 75 x 10^6 m^3 sediment gestort. Van de stortgebieden in de aangrenzende macrocellen behoren die in de Schaar van Waarde en Ellewoutsdijk tot de belangrijke stortgebieden van de Westerschelde.

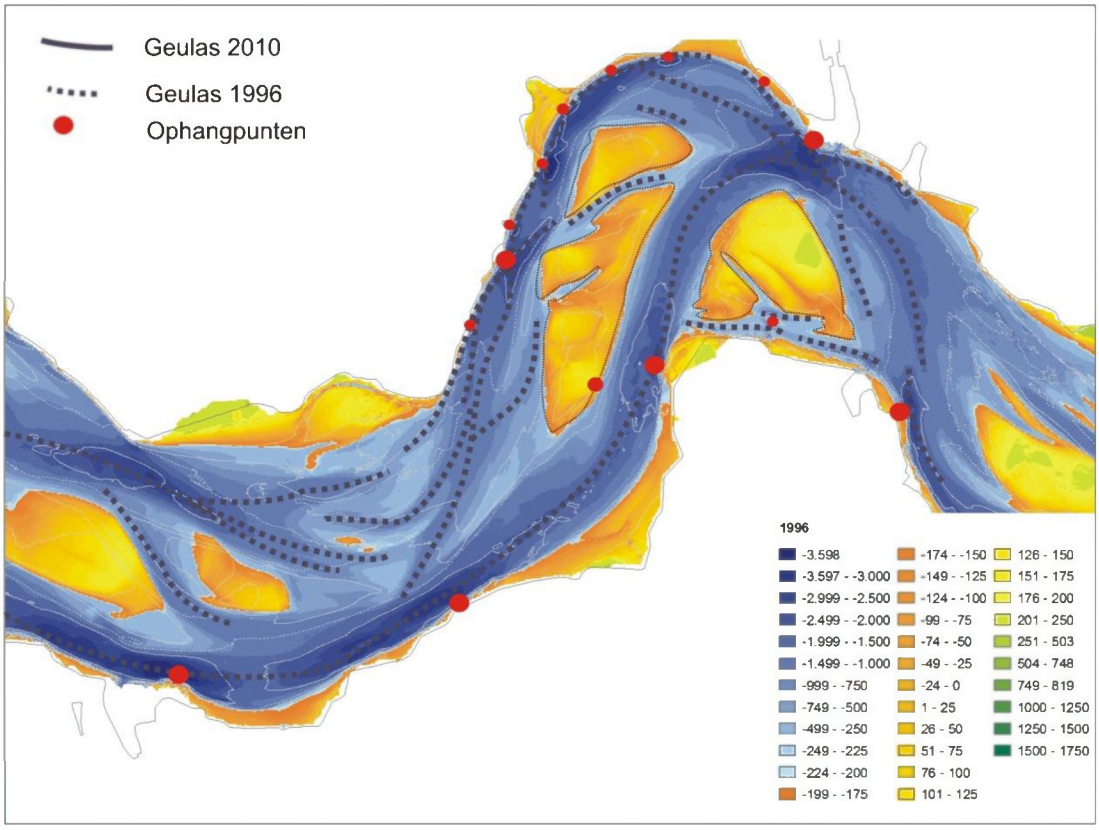


Figuur 8.14: De stortlocaties in de omgeving van het Middelgat en de Overloop van Hansweert (locaties naar Rijkswaterstaat, 2001, met aanvullingen uit bestand baggeren en storten). De stortlocaties waar in totaal de grootste volumes zijn aangebracht zijn **vet** weergegeven, de locaties van de plaatrandstortingen zijn rood gemarkeerd.



Figuur 8.15: De bagger- en zandwinlocaties in de omgeving van het Middelgat en de Overloop van Hansweert (locaties naar Rijkswaterstaat, 2001, met aanvullingen uit bestand baggeren en storten). Zandwinlocaties in geul, baggerlocaties in zwart.

Naast de menselijk ingrepen in de vorm van onttrekkingen en stortingen van sediment, hebben er ook steenbestortingen plaatsgevonden die lokaal een invloed gehad zullen hebben op de ontwikkelingen. Deze bestortingen hebben in eerste instantie vooral plaatsgevonden op punten waar dammen of hoofden zijn aangelegd om de stroming uit de dijk te houden. Veel van de dammen zijn al lang (meer dan een eeuw) aanwezig. Deze puntsgewijze bestortingen en de daarbij aanwezige ontgrondingenkuilen fungeren als ophangpunten voor de geuldynamiek. Overigens zijn er ook aantal natuurlijk ophangpunten aanwezig in de Westerschelde, die zijn gerelateerd aan de aanwezigheid van moeilijk erodeerbare (harde) lagen in de ondergrond. Ophangpunt betekent dat de geul hieraan 'verankerd' ligt. Waar er geen sprake is van een ophangpunt kan de geul verplaatsen. Zowel het Middelgat als de Overloop van Hansweert hebben een aantal van dergelijk ophangpunten, die zijn weergegeven in figuur 8.16.

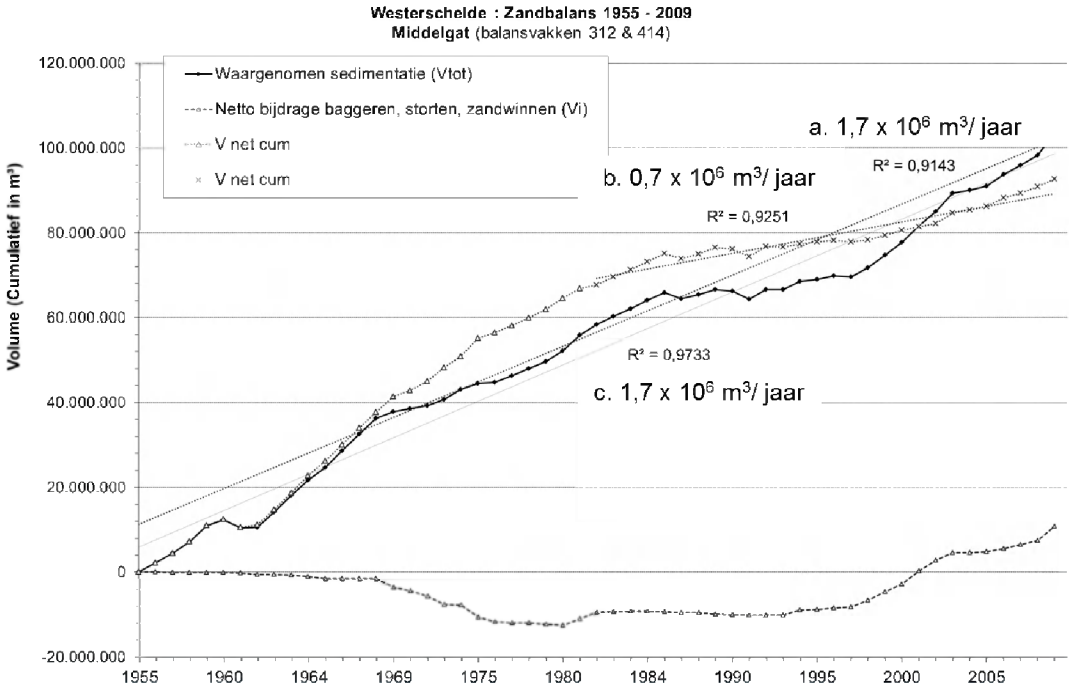


Figuur 8.16: Schematische weergave van een aantal 'ophangpunten' in de omgeving van het Middelgat en de Overloop van Hansweert.

De aanleg en ook het onderhoud in de vorm van de uitbreiding van de bestortingen van de ophangpunten kan een rol hebben gespeeld bij de ontwikkeling van de geulen. Maar omdat de geschiedenis van de aanleg en het onderhoud niet goed bekend is, is het moeilijk om vast te stellen hoe groot deze rol is geweest en of deze van doorslaggevende betekenis is geweest voor bepaalde ontwikkelingen.

8.5 TRENDS IN HET VOLUME

De wisseling van de rol van hoofd- en nevengeul van het Middelgat en de Overloop van Hansweert zijn van doorslaggeven belang voor de ontwikkeling van de beide geulen. Deze ontwikkelingen is hierboven beschreven als een autonome ontwikkeling die al lang geleden is ingezet. Wat de aandrijvende kracht is en is geweest achter deze geulwissel is vooralsnog onbekend. Uitspraken over de toekomstige ontwikkelingen zijn daarom gebaseerd op de ontwikkeling van de trends van de afgelopen jaren. Het resterende watervolume van de geul (onder NAP -2 m) bedraagt ongeveer 137 x 10^6 m^3 (in 2009, uit de Rijkswaterstaat sedimentbalans). Naar verwachting kan in het Middelgat verdere sedimentatie plaatsvinden en wordt het debiet van deze geul verder kan worden overgenomen door de uitruimende Overloop van Hansweert. De trends in de ontwikkelingen zijn weergegeven in tabel 5.1 in paragraaf 5.4. Deze trends zijn weergegeven in Figuur 8.17.



Figuur 8.17 Sedimentvolume in het Middelgat, met de berekende trends in de ontwikkelingen, a. Vnet cum 1955-2009; b: Vnet cum 1982-1009; c: .Vtot 1955-2009.

Extrapolatie van de waargenomen ontwikkelingen betekent dat het 80 jaar kost om het resterende geulvolume op te vullen. Bij een lagere sedimentatiesnelheid, zoals bepaald voor de ontwikkelingen na correctie voor de ingrepen, duurt het opvullen van het resterende geulvolume 185 jaar. Waarschijnlijk zal na verloop van tijd de sedimentatiesnelheid in de geul afnemen, zoals dit bij morfologische aanpassingen vaker wordt waargenomen. Voorbeelden daarvan zijn de sedimentatie in de Waddenzee na aanleg van de Afsluitdijk en de opvulling van het Slijkgat in de Monding van het Haringvliet, na de aanleg van de Haringvlietsluizen. De verwachte minimale levensduur van het Middelgat, zonder ingrepen in het Middelgat, bedraagt daarom 80 jaar.