Vlaamse overheid

Departement Mobiliteit en Openbare Werken

Afdeling Maritieme Toegang

# Monitoringprogramma Flexibel Storten



## Voortgangsrapportage 2014-2015: Data- en analyserapport

IMDC International Marine & Dredging Consultants

ECOSYSTEM MANAGEMENT RESEARCH GROUP

HWE onderzoek en advies in waterbeheer en ecologie

## Colofon

International Marine & Dredging Consultants

Adres: Van Immerseelstraat 66, 2018 Antwerp, Belgium

☎: + 32 3 270 92 95

🗐: + 32 3 235 67 11

Email: info@imdc.be

Website: www.imdc.be

## Document Identificatie

| | |
|---|---|
| **Titel** | Voortgangsrapportage 2014-2015: Data- en analyserapport |
| **Project** | Monitoringprogramma Flexibel Storten |
| **Opdrachtgever** | Vlaamse Overheid - Afdeling Maritieme Toegang |
| **Besteknummer** | 16EF/2011/22 |
| **Document ref.** | I/RA/11353/16073/DDP |
| **Documentnaam** | K:\PROJECTS\11\11353 - Monitorprogramma flexibel storten\10-Rap\Periode 2\DO10 Voortgangsrapport 3\RA16073_Voortgangsrapport 3 - datarapport\RA16073_Voortgangsrapport 3 - Analyserapport v3.0.docx |

## Revisies / Goedkeuring

| Versie | Datum | Omschrijving | Auteur | Nazicht | Goedgekeurd |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 | 14/10/2016 | Concept t.b.v. Overleg Flexibel Storten | Zie auteurslijst | Zie revisorenlijst | GVH |
| 2.0 | 08/12/2016 | Verwerking reacties OFS | Zie auteurslijst | Zie revisorenlijst | GVH |
| 3.0 | 28/04/2016 | Verwerking reacties CMW | Zie auteurslijst | Zie revisorenlijst | DDP |

**Auteurs:** Goossens M., Lanckriet T., Pandelaers C., Depreiter D.

**Revisoren:** Depreiter, D., Heinis, F. (HWE), Meire, P. (ECOBE), Van Holland G.

## Verdeellijst

| | | |
|---|---|---|
| 8 | Analoog | Mevr. C. Martens, Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid |
| 1 | Digitaal | |

## Contactpersoon IMDC

**Contactpersoon** Davy Depreiter
**Telefoonnummer** +32 3 270 23 51
**E-mail** davy.depreiter@imdc.be

## Abstract

Het Voortgangsrapport 2014-2015 brengt verslag over de monitoring uitgevoerd in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde in het kader van het MONEOS-T Uitvoeringsplan, aangevuld met analyse van zeehondentellingen, vogeltellingen en benthosgegevens voor de Westerschelde. De genoemde gegevens en de analyse ervan laten toe een evaluatie van de effecten van het project van de derde verruiming van de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde te maken en deze effecten af te toetsen tegen wat in het MER en/of andere beoordelingskaders als doelstelling of verwachting werd geformuleerd, en van hieruit adviezen inzake de strategie en monitoring te formuleren.

## Inhoudstafel

**1. INLEIDING ..... 1**
1.1 DE OPDRACHT ..... 1
1.2 ACHTERGROND ..... 1
1.3 DOEL VAN DE VOORTGANGSRAPPORTAGE ..... 2
1.4 OVERZICHT VAN DE VOORTGANGSRAPPORTAGE ..... 3
1.5 OPBOUW VAN HET ANALYSERAPPORT ..... 4
**2. OVERZICHT VAN AANGELEVERDE DATA ..... 6**
2.1 INGREPEN ..... 6
2.2 HYDRODYNAMIEK ..... 6
2.3 MORFOLOGIE EN LEEFOMGEVING ..... 11
*2.3.1 Morfologie ..... 11*
*2.3.2 Hoogte slikken en platen ..... 12*
*2.3.3 Integrale analyse meetpunten ..... 12*
*2.3.4 Het watervolume in de geulen ..... 12*
*2.3.5 Stabiliteit plaatrandstortingen ..... 13*
*2.3.6 Ecotooparealen ..... 13*
2.4 FYSICOCHEMIE EN WATERKWALITEIT ..... 13
2.5 FAUNA (WESTERSCHELDE) ..... 14
**3. INGREPEN ..... 16**
3.1 BAGGERWERKZAAMHEDEN WESTERSCHELDE ..... 16
*3.1.1 Baggeractiviteiten ..... 16*
*3.1.2 Stortgegevens ..... 20*
*3.1.3 Relatie bagger- en stortlocaties ..... 26*
3.2 BAGGERWERKZAAMHEDEN BENEDEN-ZEESCHELDE ..... 27
*3.2.1 Baggeractiviteiten ..... 27*
*3.2.2 Stortgegevens ..... 30*
*3.2.3 Relatie bagger- en stortlocaties ..... 31*
*3.2.4 Compensatiemaatregelen ..... 31*
3.3 ZANDWINNING ..... 32
*3.3.1 Westerschelde ..... 32*
*3.3.2 Beneden-Zeeschelde ..... 33*
3.4 HAVENSTORTINGEN (WESTERSCHELDE) ..... 34
3.5 GEULWANDVERDEDIGING ..... 36
3.6 SAMENVATTING INGREPEN ..... 36
**4. HYDRODYNAMIEK ..... 38**

4.1 HOOG- EN LAAGWATERSTANDEN EN GETIJSLAG ..... 38
*4.1.1 Methodologie ..... 38*
*4.1.2 Westerschelde ..... 40*
*4.1.3 Beneden-Zeeschelde ..... 47*
*4.1.4 Getijslag ..... 54*
*4.1.5 Bespreking en conclusies ..... 63*
4.2 GOLVEN ..... 64
*4.2.1 Inleiding ..... 64*
*4.2.2 Resultaten ..... 65*
*4.2.3 Conclusies ..... 66*
4.3 STROOMSNELHEDEN ..... 68
*4.3.1 Plaatranden in de Westerschelde ..... 68*
*4.3.2 Meetpunten in de Beneden-Zeeschelde ..... 72*
4.4 SAMENVATTING HYDRODYNAMIEK ..... 74
**5. MORFOLOGIE EN LEEFOMGEVING ..... 76**
5.1 RECENTE MORFOLOGISCHE VERANDERINGEN ..... 76
*5.1.1 Westerschelde ..... 76*
*5.1.2 Geulwandverdedigingen ..... 85*
*5.1.3 Beneden-Zeeschelde ..... 93*
5.2 SLIKKEN EN PLATEN ..... 98
*5.2.1 Hoogtemetingen bij de plaatrandstortzones (Westerschelde) ..... 98*
*5.2.2 Schorranderosiemetingen (Westerschelde) ..... 114*
*5.2.3 Schor-slikraaien Beneden-Zeeschelde ..... 137*
5.3 INTEGRALE ANALYSE MEETPUNTEN ..... 150
*5.3.1 Hooge Platen West ..... 151*
*5.3.2 Hooge Platen Noord ..... 152*
*5.3.3 Plaat van Walsoorden ..... 156*
*5.3.4 Rug van Baarland ..... 158*
*5.3.5 Samenvatting ..... 161*
5.4 WATERVOLUME IN DE GEULEN ..... 165
*5.4.1 Maximaal toegelaten verandering ..... 166*
*5.4.2 Ondergrens en waarschuwingsgrens ..... 167*
*5.4.3 Kantelindex ..... 168*
*5.4.4 Getijvolume ..... 168*
*5.4.5 Toetsing ..... 169*
5.5 STABILITEIT VAN DE PLAATRANDSTORTINGEN ..... 188
5.6 ECOTOOPAREALEN ..... 200

*5.6.1 Westerschelde ..... 200*
*5.6.2 Beneden-Zeeschelde ..... 215*
5.7 SAMENVATTING / CONCLUSIE MORFOLOGIE EN LEEFOMGEVING ..... 222
**6. FYSICOCHEMIE EN WATERBODEMKWALITEIT ..... 224**
6.1 ZWEVENDE STOF ..... 225
*6.1.1 Westerschelde ..... 225*
*6.1.2 Beneden-Zeeschelde ..... 226*
*6.1.3 Bespreking en conclusies ..... 238*
6.2 LICHTPENETRATIE ..... 240
*6.2.1 Westerschelde ..... 240*
*6.2.2 Beneden-Zeeschelde ..... 242*
6.3 CHLOROFYLGEHALTE ..... 243
*6.3.1 Westerschelde ..... 243*
*6.3.2 Beneden-Zeeschelde ..... 246*
6.4 CHLORIDEGEHALTE ..... 253
*6.4.1 Westerschelde ..... 253*
*6.4.2 Beneden-Zeeschelde ..... 255*
6.5 CHEMISCHE KWALITEIT VAN DE WATERBODEM ..... 259
6.6 SAMENVATTING / CONCLUSIE FYSICOCHEMIE EN WATERBODEMKWALITEIT ..... 271
**7. FAUNA ..... 274**
7.1 MACROZOÖBENTHOS ..... 274
*7.1.1 Inleiding ..... 274*
*7.1.2 Data ..... 276*
*7.1.3 Analyses ..... 281*
*7.1.4 Discussie ..... 291*
*7.1.5 Conclusies ..... 293*
7.2 VOGELS ..... 294
*7.2.1 Inleiding ..... 294*
*7.2.2 Data ..... 296*
*7.2.3 Niet-Broedvogels ..... 299*
*7.2.4 Broedvogels ..... 311*
*7.2.5 Conclusies ..... 318*
7.3 ZEEHONDEN ..... 319
*7.3.1 Inleiding ..... 319*
*7.3.2 Data ..... 320*
*7.3.3 Analyses ..... 322*
*7.3.4 Discussie ..... 328*

*7.3.5 Conclusies ..... 330*
**8. RANDINFORMATIE ..... 331**
8.1 INLEIDING ..... 331
8.2 METEOROLOGIE ..... 331
*8.2.1 Neerslag ..... 331*
*8.2.2 Wind ..... 332*
8.3 BOVENAFVOER ..... 334
**9. REFERENTIES ..... 338**
**10. BIJLAGEN ..... 347**

## Bijlagen

*De bijlagen zijn gebundeld in een afzonderlijk document (digitaal).*

**BIJLAGE A BAGGER- EN STORTVOLUMES**

**BIJLAGE B TRENDANALYSE (RESIDUEN) HOOG- EN LAAGWATERSTANDEN EN GETIJSLAG**

**BIJLAGE C STROOMSNELHEIDSMETINGEN WESTERSCHELDE**

**BIJLAGE D BATHYMETRIE VAN DE WESTERSCHELDE**

**BIJLAGE E BATHYMETRIE VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE**

**BIJLAGE F DETAILBATHYMETRIE VAN DE PLAATRANDSTORTZONES**

**BIJLAGE G RTK HOOGTEMEETPUNTEN (PLATEN WESTERSCHELDE)**

**BIJLAGE H INTEGRALE WEERGAVE DATA SEDIMENTATIE-EROSIEMEETPUNTEN**

**BIJLAGE I ECOTOPENKAARTEN VAN DE WESTESCHELDE**

**BIJLAGE J ECOTOPENKAARTEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE**

**BIJLAGE K TREND- EN BREEKPUNTANALYSE VAN DE FYSICOCHEMISCHE MEETGEGEVENS**

## Lijst van tabellen

TABEL 2-1: OVERZICHT VAN DE DATABRONNEN VOOR DE JAARGEMIDDELDE WATERSTANDEN....8
TABEL 2-2: OVERZICHT VAN DE DATABRONNEN VOOR DE GOLFWERKING. ....9
TABEL 2-3: OVERZICHT VAN DE DATABRONNEN VOOR DE STROOMSNELHEDEN AAN DE PLAATRANDEN IN DE WESTERSCHELDE. (* : DEZE PLAAT BETREFT GEEN PLAATRANDSTORTLOCATIE)....10
TABEL 2-4: OVERZICHT VAN DE DATABRONNEN VOOR DE STROOMSNELHEDEN IN DE MEETPUNTEN IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE. ....11
TABEL 2-5: OVERZICHT DATABRONNEN WESTERSCHELDE ....14
TABEL 2-6: OVERZICHT DATABRONNEN BENEDEN-ZEESCHELDE ....14
TABEL 3-1: JAARLIJKS ONDERHOUDSVOLUME (EXCL. AANLEG) ZAND IN DE WESTERSCHELDE [MM³ IN SITU] PER KALENDERJAAR. ....17
TABEL 3-2: JAARLIJKS BAGGERVOLUME IN DE WESTERSCHELDE [MM³ IN SITU] PER VERGUNNINGSJAAR (VJ). ....17
TABEL 3-3: MAXIMAAL VERGUNDE STORTCAPACITEIT (MM³ IN SITU) VOOR DE EERSTE VERGUNNINGSPERIODE (2010-2015) ....21
TABEL 3-4: MAXIMAAL VERGUNDE STORTCAPACITEIT (MM³ IN SITU) VOOR DE TWEEDE VERGUNNINGSPERIODE (2015 - 2022)....21
TABEL 3-5: SAMENVATTING GESTORTE IN-SITU VOLUMES (IN M³) TUSSEN 12 FEBRUARI 2010 EN 11 FEBRUARI 2015 (VERGUNNINGSJAAR 1 TEM 5), PER MACROCEL. ....21
TABEL 3-6: SAMENVATTING GESTORTE IN-SITU VOLUMES (IN M³) TUSSEN 12 FEBRUARI 2015 EN 30 JUNI 2016 (VERGUNNINGSJAAR 6 EN EEN DEEL VAN 7), PER MACROCEL. ....22
TABEL 3-7: UITGEVOERDE BAGGERHOEVEELHEDEN VOOR HET JAARLIJKS ONDERHOUD VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE [MM³ IN BEUN VOOR ZAND EN MM³ V' VOOR SLIB] ....27
TABEL 3-8: UITGEVOERDE BAGGERHOEVEELHEDEN VOOR HET JAARLIJKS ONDERHOUD EN VERDIEPING VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE [M³ IN BEUN]. ....27
TABEL 3-9: STORTHOEVEELHEDEN (ONVOLLEDIG; ZIE TEKST) VANUIT HAVENS IN DE WESTERSCHELDE [MM³] (DATA: RWS ZEE EN DELTA). NB BETEKENT "NIET BESCHIKBAAR". ....35
TABEL 4-1: OVERZICHT VAN DE REGRESSIEPARAMETERS TREND T2009, GETIJPOSTEN WESTERSCHELDE. ....40
TABEL 4-2: OVERZICHT VAN DE REGRESSIEPARAMETERS TREND T2009, GETIJPOSTEN BENEDEN-ZEESCHELDE. ....47
TABEL 4-3: OVERZICHT VAN DE REGRESSIEPARAMETERS TREND T2009, JAARGEMIDDELDE GETIJSLAG. ....56
TABEL 5-1: SEDIMENTATIE- EN EROSIENORM PER HOOGTEKLASSE ....99
TABEL 5-2: VERKLARING VAN DE AANWEZIGE GEOMORFOLOGISCHE EENHEDEN....151
TABEL 5-3: VERKLARING VAN GEBRUIKTE SYMBOLEN ....161
TABEL 5-4: ANALYSE PARAMETERS VOOR HOOGE PLATEN IN DE PERIODE 2009-2015. ....162
TABEL 5-5 ANALYSE PARAMETERS VOOR PLAAT VAN WALSOORDEN IN DE PERIODE 2009-2015. ....163

TABEL 5-6 ANALYSE PARAMETERS VOOR RUG VAN BAARLAND IN DE PERIODE 2009-2015.....164

TABEL 5-7: MAXIMAAL JAARLIJKS TE STORTEN HOEVEELHEID IN DE NEVENGEULEN .....167

TABEL 5-8: RAAI PER MACROCEL WAAR HET GETIJVOLUME WORDT BEPAALD. .....168

TABEL 5-9: GEWENSTE HOEVEELHEDEN SPECIE PER JAAR NA BEËINDIGEN STORTEN VERDIEPINGSSPECIE (STABILITEIT PLAATRANDSTORTING). .....188

TABEL 5-10: SAMENVATTING VAN DE STABILITEIT VAN DE PLAATRANDSTORTINGEN OP HOOGE PLATEN WEST. VOLUMES IN M³. TOETSWAARDEN STAAN IN VET GEDRUKT. GROTE PEILINGEN WORDEN IN DE NUMMERING MET '-GP' AANGEDUID. .....190

TABEL 5-11: SAMENVATTING VAN DE STABILITEIT VAN DE PLAATRANDSTORTINGEN OP HOOGE PLATEN NOORD. VOLUMES IN M³. TOETSWAARDEN STAAN IN VET GEDRUKT. .....192

TABEL 5-12: SAMENVATTING VAN DE STABILITEIT VAN DE PLAATRANDSTORTINGEN OP DE PLAAT VAN WALSOORDEN. VOLUMES IN M³. TOETSWAARDEN STAAN IN VET GEDRUKT. ....195

TABEL 5-13: SAMENVATTING VAN DE STABILITEIT VAN DE PLAATRANDSTORTINGEN OP DE RUG VAN BAARLAND. VOLUMES IN M³. TOETSWAARDEN STAAN IN VET GEDRUKT. .....197

TABEL 5-14: TOETSWAARDEN STABILITEIT PLAATRANDSTORTINGEN GELDIG VOOR HET JAAR 2014. VOLUMES IN M³. .....198

TABEL 5-15: TOETSWAARDEN STABILITEIT PLAATRANDSTORTINGEN GELDIG VOOR HET JAAR 2015, TEN OPZICHTE VAN BEGIN TWEEDE VERGUNNINGSPERIODE (HPW: T63; 5/02/2015; HPN: T64; 3/02/2015; PWA: T79; 16/01/2015; RVB: T47; 21/01/2015). VOLUMES IN M³. .....199

TABEL 5-16: ECOTOPEN ONTWIKKELING IN DE PERIODE 1996-2015 VOOR DE WESTERSCHELDE (IN HA). .....203

TABEL 5-17: ECOTOPEN TURNOVER IN DE PERIODE 2010-2015 VOOR DE WESTERSCHELDE (IN HA). .....204

TABEL 5-18: SAMENVATTING WAARDEVOL LAAGDYNAMISCH AREAAL OP DE HOOGE PLATEN WEST (OPP. IN HA). .....206

TABEL 5-19: VERSCHIL WAARDEVOL LAAGDYNAMISCH AREAAL OP DE HOOGE PLATEN WEST (OPP. IN HA). .....207

TABEL 5-20: SAMENVATTING WAARDEVOL LAAGDYNAMISCH AREAAL OP DE HOOGE PLATEN NOORD (OPP. IN HA). .....207

TABEL 5-21: VERSCHIL WAARDEVOL LAAGDYNAMISCH AREAAL OP DE HOOGE PLATEN NOORD (OPP. IN HA). .....207

TABEL 5-22: SAMENVATTING WAARDEVOL LAAGDYNAMISCH AREAAL OP DE PLAAT VAN WALSOORDEN (OPP. IN HA). .....209

TABEL 5-23: VERSCHIL WAARDEVOL LAAGDYNAMISCH AREAAL OP DE PLAAT VAN WALSOORDEN (OPP. IN HA). .....210

TABEL 5-24: SAMENVATTING WAARDEVOL LAAGDYNAMISCH AREAAL OP DE RUG VAN BAARLAND (OPP. IN HA). .....211

TABEL 5-25: VERSCHIL WAARDEVOL LAAGDYNAMISCH AREAAL OP DE RUG VAN BAARLAND (OPP. IN HA). .....211

TABEL 5-26: EVOLUTIE VAN DE ECOTOPEN IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE TUSSEN 2010 EN 2014 (IN HA) (INBO, 2016). .....216

TABEL 5-27: OMZETTING VAN DE ECOTOPENAREALEN IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE TUSSEN 2010 EN 2014 (IN HA). .....218

TABEL 5-28: OMZETTING VAN DE ECOTOPENAREALEN OP HET **GROOT BUITENSCHOOR** TUSSEN 2010 EN 2014 (IN M²). ....219

TABEL 5-29: OMZETTING VAN DE ECOTOPENAREALEN OP HET **PAARDESCHOOR** TUSSEN 2010 EN 2014 (IN M²). ....220

TABEL 5-30: OMZETTING VAN DE ECOTOPENAREALEN OP HET **GALGENSCHOOR** TUSSEN 2010 EN 2014 (IN M²). ....221

TABEL 6-1: JAARGEMIDDELDES, STANDAARDAFWIJKING, 99STE PERCENTIELWAARDE, EN PERCENTAGE BOVEN DREMPELWAARDE 800 MG/L (OP BASIS VAN VOLLEDIGE DATASET) VAN DE CONTINUE METINGEN SUSPENSIEGEHALTE, IN MG/L. LEGE VELDEN: GEEN DATA OF GEEN WAARDE DOOR SATURATIE VAN DE SENSOR. ....234

TABEL 6-2: NORMOVERSCHRIJDINGEN ORGANISCHE PARAMETERS IN DE BEZS (2002 T.E.M. 2015). EEN LEGE CEL WIL ZEGGEN DAT ER GEEN NORMEN OVERSCHREDEN ZIJN. DE RODE WAARDEN DUIDEN ER OP DAT DE CRITERIA MET MEER DAN 50 % WERD OVERSCHREDEN (VMM, 2002, 2003, 2004, 2006, 2007, 2009A, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015A). ....265

TABEL 6-3: EVOLUTIE KWALITEIT WS VOOR STORTING IN ZOUTE WATEREN (VMM, 2015B). ....270

TABEL 7-1: NIET-BROEDVOGELS EN BROEDVOGELS IN DE WESTERSCHELDE WAARVOOR EEN INSTANDHOUDINGSDOELSTELLING BESTAAT EN DIE AFHANKELIJK ZIJN VAN HET GEBIED (CONSORTIUM ARCADIS-TECHNUM, 2007D; MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN VAN NEDERLAND, 2014). ....296

TABEL 7-2: TELPLAATSEN BROEDVOGELS PER DEELGEBIED VAN DE WESTERSCHELDE ....298

TABEL 7-3: TRENDS IN AANTALLEN NIET-BROEDVOGELS IN DE WESTERSCHELDE: (++) SIGNIFICANTE STERKE TOENAME VAN >5 % PER JAAR, (+) SIGNIFICANTE MATIGE TOENAME VAN < 5 % PER JAAR, (0) STABIEL, GEEN SIGNIFICANTE TREND, (-) MATIGE SIGNIFICANTE AFNAME VAN < 5 % PER JAAR, (--) STERKE SIGNIFICANTE AFNAME VAN >5 % PER JAAR, (?) ONZEKER, GEEN BETROUWBARE TRENDINDICATIE MOGELIJK. BRON: NETWERK ECOLOGISCHE MONITORING (SOVON, RWS, CBS). ....300

TABEL 7-4: 1%-NORMEN VOOR DE RELEVANTE SOORTEN (VAN HTTP://WPE.WETLANDS.ORG/). ....307

TABEL 7-5: VERGELIJKING SEIZOENSGEMIDDELDES (JULI JAAR 1 – JUNI JAAR 2) VAN NIET-BROEDVOGELS IN DE WESTERSCHELDE PER JAAR MET NATURA 2000 IHD (ONDER DE NORM: ROOD; BOVEN DE NORM: GROEN) EN 1 %-NORM VAN RAMSAR. DE INTERNATIONALE TREND IS GEBASEERD OP TRENDS IN DE WEST-EUROPESE POPULATIES (HTTP://WPE.WETLANDS.ORG/) ....308

TABEL 7-6: TRENDS IN AANTALLEN BROEDPAREN IN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 2010 EN 2015 (INCLUSIEF SAEFTINGHE).GROEN: WESTERSCHELDE STREEFDOEL GEHAALD, ROOD: WESTERSCHELDE STREEFDOEL NIET GEHAALD. ....317

TABEL 7-7: LIGPLAATSEN PER MACROCEL EN DEELGEBIED VAN DE WESTERSCHELDE (STRUCKER ET AL., 2011, 2012, 2013, ARTS ET AL., 2014, 2015, 2016) ....321

TABEL 7-8: TELLINGEN MWTL VAN DE GEWONE ZEEHOND, INCLUSIEF DE JONGEN (2008-2014; DE TELLINGEN IN FEBRUARI 2012, NOVEMBER 2013 EN SEPTEMBER, OKTOBER, NOVEMBER 2014 WERDEN NIET UITGEVOERD) ....322

TABEL 8-1: CORRELATIECOËFFICIËNT EN P-WAARDE VAN DE KRUISCORRELATIE TEST (PEARSON) TUSSEN DE JAARGEMIDDELDE WINDSNELHEID (COMPONENT T.O.V. 0°N) EN DE JAARGEMIDDELDE HW/LW RESIDUEN OP DE T2009 TREND TE VLISSINGEN. VERGELIJKING VAN DE CORRELATIECOËFFICIËNT EN P-WAARDE TUSSEN DE PERIODEN 1971-2009 EN 1971-2015. ....333

TABEL 8-2: CORRELATIECOËFFICIËNT EN P-WAARDE VAN DE KRUISCORRELATIE TEST (PEARSON) TUSSEN HET JAARGEMIDDELD AFVOERDEBIET IN SCHELLE EN DE JAARGEMIDDELDE HW/LW RESIDUEN OP DE T2009 TREND IN SCHELLE EN ANTWERPEN. VERGELIJKING VAN DE CORRELATIECOËFFICIËNT EN P-WAARDE TUSSEN DE PERIODEN 1991-2009 EN 1991-2015.....336

## Lijst van figuren

FIGUUR 2-1: LOCATIES VAN DE NEDERLANDSE GETIJMEETSTATIONS IN DE MET INDICATIE VAN DE STATIONS BESCHOUWD IN DIT RAPPORT (OMCIRKELD). .....7

FIGUUR 2-2: LOCATIES VAN DE VLAAMSE GETIJ MEETSTATIONS IN DE ZEESCHELDE MET INDICATIE VAN DE STATIONS BESCHOUWD IN DIT RAPPORT (OMCIRKELD).....7

FIGUUR 2-3: MEETLOCATIES VAN DE GOLVEN LANGSHEEN DE WESTERSCHELDE. .....9

FIGUUR 3-1: CUMULATIEF BAGGERVOLUME WESTERSCHELDE (AANLEG EN ONDERHOUD).....17

FIGUUR 3-2: BAGGERVOLUMES OP VERSCHILLENDE LOCATIES IN DE WESTERSCHELDE (1980 – 2015). ELKE MACROCEL WORDT WEERGEGEVEN IN EEN VERSCHILLENDE KLEUR, EN DE VERSCHILLENDE BAGGERZONES BINNEN ELKE MACROCEL DOOR VERSCHILLENDE SCHAKERINGEN. .....20

FIGUUR 3-3: STORTLOCATIES IN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 1980 EN 2015. ELKE MACROCEL WORDT WEERGEGEVEN IN EEN VERSCHILLENDE KLEUR, EN DE VERSCHILLENDE STORTZONES BINNEN ELKE MACROCEL DOOR VERSCHILLENDE SCHAKERINGEN.....25

FIGUUR 3-4: BAGGERVOLUME EN -LOCATIE VAN SLIBRIJKE SPECIE ($M^3$ V" EN TDS) IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE TUSSEN 1981 EN 2015.....29

FIGUUR 3-5: BAGGERVOLUME EN -LOCATIE VAN ZANDRIJKE SPECIE IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE TUSSEN 1981 EN 2015 [$M^3$ IN BEUN]. .....29

FIGUUR 3-6: STORTVOLUMES VOOR SLIBRIJKE SPECIE IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (1981 EN 2015) .....30

FIGUUR 3-7: STORTVOLUMES VOOR ZANDRIJKE SPECIE IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (1981 EN 2015).....31

FIGUUR 3-8: OVERZICHT VAN DE HOEVEELHEID GEWONNEN ZAND IN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 2009 EN 2014 PER ZANDWINNINGSVAK [$M^3$] .....32

FIGUUR 3-9: OVERZICHT VAN DE HOEVEELHEID GEWONNEN ZAND IN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 2009 EN 2015. MERK OP DAT IN 2015 ENKEL IN DE PERIODE SEPTEMBER-DECEMBER ZAND GEWONNEN IS IN KADER VAN EEN PILOOTPROJECT.....33

FIGUUR 3-10: OVERZICHT VAN DE HOEVEELHEID GEWONNEN ZAND IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (SCHAAR VAN OUDEN DOEL) TUSSEN 2009 EN 2014 TOTAAL [$M^3$].....33

FIGUUR 4-1: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTAND TE VLISSINGEN, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL.....42

FIGUUR 4-2: JAARGEMIDDELD HW RESIDU T.O.V. T2009 TREND, GECORRIGEERD VOOR LINEAIR VERBAND TUSSEN RESIDUEN EN OPZET .....42

FIGUUR 4-3: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE LAAGWATERSTAND TE VLISSINGEN, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL.....43

FIGUUR 4-4: JAARGEMIDDELD HW RESIDU T.O.V. T2009 TREND, GECORRIGEERD VOOR LINEAIR VERBAND TUSSEN RESIDUEN EN OPZET .....43

FIGUUR 4-5: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTAND TE TERNEUZEN, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. .....44

FIGUUR 4-6: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE LAAGWATERSTAND TE TERNEUZEN, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. .....44

FIGUUR 4-7: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTAND TE HANSWEERT, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. .....45

FIGUUR 4-8: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE LAAGWATERSTAND TE HANSWEERT, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. .....45

FIGUUR 4-9: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTAND TE BATH, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. .....46

FIGUUR 4-10: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE LAAGWATERSTAND TE BATH, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. .....46

FIGUUR 4-11: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTAND TE PROSPERPOLDER, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. .....49

FIGUUR 4-12: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE LAAGWATERSTAND TE PROSPERPOLDER, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. .....49

FIGUUR 4-13: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTAND TE KALLOSLUIS, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. .....50

FIGUUR 4-14: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE LAAGWATERSTAND TE KALLOSLUIS, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. .....50

FIGUUR 4-15: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTAND TE ANTWERPEN-LOODSGEBOUW, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. .....51

FIGUUR 4-16: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE LAAGWATERSTAND TE ANTWERPEN-LOODSGEBOUW, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. .....51

FIGUUR 4-17: RESIDUEN VAN DE HOOGWATERSTAND IN ANTWERPEN-LOODSGEBOUW TEN OPZICHTE VAN DE T2009-TRENDLIJN, AL DAN NIET GECORRIGEERD OP BASIS VAN EEN LINEAIRE RELATIE MET HET AFVOERDEBIET IN SCHELLE. .....52

FIGUUR 4-18: RESIDUEN VAN DE LAAGWATERSTAND IN ANTWERPEN-LOODSGEBOUW TEN OPZICHTE VAN DE T2009-TRENDLIJN, AL DAN NIET GECORRIGEERD OP BASIS VAN EEN LINEAIRE RELATIE MET HET AFVOERDEBIET IN SCHELLE. .....52

FIGUUR 4-19: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTAND TE SCHELLE, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. .....53

FIGUUR 4-20: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE LAAGWATERSTAND TE SCHELLE, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. ....53

FIGUUR 4-21: RESIDUEN VAN DE HOOGWATERSTAND IN SCHELLE TEN OPZICHTE VAN DE T2009-TRENDLIJN, AL DAN NIET GECORRIGEERD OP BASIS VAN EEN LINEAIRE RELATIE MET HET AFVOERDEBIET IN SCHELLE. ....54

FIGUUR 4-22: RESIDUEN VAN DE LAAGWATERSTAND IN SCHELLE TEN OPZICHTE VAN DE T2009-TRENDLIJN, AL DAN NIET GECORRIGEERD OP BASIS VAN EEN LINEAIRE RELATIE MET HET AFVOERDEBIET IN SCHELLE. ....54

FIGUUR 4-23: 10-JARIG GEMIDDELDE GETIJSLAG VOOR OPEENVOLGENDE DECADEN TUSSEN 1901 EN 2010 (K. KUIJPER, 2012). ....55

FIGUUR 4-24: ONTWIKKELING VAN DE ABSOLUTE GETIJSLAG TE VLISSINGEN. ....56

FIGUUR 4-25: ONTWIKKELING VAN DE ABSOLUTE GETIJSLAG TE TERNEUZEN. ....57

FIGUUR 4-26: ONTWIKKELING VAN DE ABSOLUTE GETIJSLAG TE HANSWEERT. ....57

FIGUUR 4-27: ONTWIKKELING VAN DE ABSOLUTE GETIJSLAG TE BATH. ....58

FIGUUR 4-28: ONTWIKKELING VAN DE ABSOLUTE GETIJSLAG TE PROSPERPOLDER (GEEN DATA TIJDENS 2001-2006). ....58

FIGUUR 4-29: ONTWIKKELING VAN DE ABSOLUTE GETIJSLAG TE KALLOSLUIS. ....59

FIGUUR 4-30: ONTWIKKELING VAN DE ABSOLUTE GETIJSLAG TE ANTWERPEN. ....59

FIGUUR 4-31: ONTWIKKELING VAN DE ABSOLUTE GETIJSLAG TE SCHELLE. ....60

FIGUUR 4-32: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE GETIJSLAG TEN OPZICHTE VAN VLISSINGEN PER STATION IN HET ESTUARIUM (T.E.M. 2015) MET AANDUIDING VAN HET JAAR 2009 (GESTIPPELDE LIJN). ....61

FIGUUR 4-33: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE GETIJSLAG TEN OPZICHTE VAN VLISSINGEN PER STATION IN HET ESTUARIUM (T.E.M. 2015) MET AANDUIDING VAN HET JAAR 2009 (GESTIPPELDE LIJN). FOCUS OP PERIODE 1985-2015. ....61

FIGUUR 4-34: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE GETIJSLAG IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE, TEN OPZICHTE VAN VLISSINGEN TUSSEN 2000-2009 (BOVEN) EN 2009-2015 (ONDER). ....62

FIGUUR 4-35: EMPIRISCHE CUMULATIEVE WAARSCHIJNLIJKHEIDSVERDELING VAN DE SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE VAN DE VERSCHILLENDE MEETLOCATIES. ....67

FIGUUR 4-36: VLOEDSNELHEID T.O.V. GETIJRIJZING VOOR RAAI 3, MEETPUNT 11 VAN HOOGE PLATEN NOORD. ....69

FIGUUR 4-37: VLOEDSNELHEID (LINKS) EN EBSNELHEID (RECHTS) T.O.V. GETIJRIJZING VOOR RAAI 3, MEETPUNT 9 VAN HOOGE PLATEN NOORD. ....70

FIGUUR 4-38: VLOEDSNELHEID (LINKS) EN EBSNELHEID (RECHTS) T.O.V. GETIJRIJZING OP PUNT 1 (LINKS) VAN RAAI 1 OP DE PLAAT VAN WALSOORDEN. ER WORDT EEN STIJGING VAN DE VLOEDSNELHEID WAARGENOMEN. ....70

FIGUUR 4-39: VLOEDSNELHEID (LINKS) EN EBSNELHEID (RECHTS) T.O.V. GETIJRIJZING OP PUNT 10 (LINKS) VAN RAAI 3 OP DE PLAAT VAN WALSOORDEN. ....71

FIGUUR 4-40: MAXIMALE EBSNELHEID TE OOSTERWEEL (BENEDEN-ZEESCHELDE), BOVENSTE MEETTOESTEL, VERSUS DE DALING IN WATERPEIL TE ANTWERPEN (VANLIERDE ET AL., 2016). ....73

FIGUUR 4-41: MAXIMALE VLOEDSNELHEID TE OOSTERWEEL (BENEDEN-ZEESCHELDE), BOVENSTE MEETTOESTEL, VERSUS DE STIJGING IN WATERPEIL TE ANTWERPEN (VANLIERDE ET AL., 2016). ....73

FIGUUR 5-1: MACROCEL 1: BATHYMETRIE 2015 (LINKS) EN VERSCHILKAART 2015-2009 (RECHTS). ZIE OOK BIJLAGE D. LETTERS BETREFFEN VERWIJZINGEN IN DE TEKST. ....77

FIGUUR 5-2: MACROCEL 3: BATHYMETRIE 2015 (ONDER) EN VERSCHILKAART 2015-2009 (BOVEN). ZIE OOK BIJLAGE D. LETTERS BETREFFEN VERWIJZINGEN IN DE TEKST. ....80

FIGUUR 5-3: MACROCEL 4: BATHYMETRIE 2015 (LINKS) EN VERSCHILKAART 2015-2009 (RECHTS). ZIE OOK BIJLAGE D. LETTERS BETREFFEN VERWIJZINGEN IN DE TEKST. ....82

FIGUUR 5-4: MACROCEL 5: BATHYMETRIE 2015 (LINKS) EN VERSCHILKAART 2015-2009 (RECHTS). ZIE OOK BIJLAGE D. LETTERS BETREFFEN VERWIJZINGEN IN DE TEKST. ....83

FIGUUR 5-5: MACROCEL 6 EN 7: BATHYMETRIE 2015 (LINKS) EN VERSCHILKAART 2015-2009 (RECHTS). ZIE OOK BIJLAGE D. LETTERS BETREFFEN VERWIJZINGEN IN DE TEKST. ....84

FIGUUR 5-6: LOCATIES VAN GEULWANDVERDEDIGINGEN (BRON: SINKE, 2011). ....86

FIGUUR 5-7: EROSIE EN SEDIMENTATIE IN DE VAARGEUL LANGSHEEN DE GEULWAND TE OSSENISSE. (SINKE, 2014) ....87

FIGUUR 5-8: EROSIE VAN DE GEULWANDVERDEDIGINGEN OSSENISSE I EN AANZANDING AAN DE VOET VAN DE GEULWAND DOOR STORTINGEN IN HOOFDGEULSTORTVAK SH41 (SINKE, 2014). ....88

FIGUUR 5-9: VERDIEPING EN TERUGSCHRIJDEN VAN DE GEULWAND TUSSEN DE ZONES MET GEULWANDVERDIGINGEN OSSENISSE I EN II (SINKE, 2014). ....88

FIGUUR 5-10: AFGLIJDING VAN DE GEULWAND TER HOOGTE VAN DE GEULWANDVERDEDIGING AAN OSSENISSE II. AAN DE VOET VAN DE GEULWAND ZIJN GEULWANDSTORTINGEN UITGEVOERD (SINKE, 2014). ....89

FIGUUR 5-11: EROSIE VAN DE GESTORTE BAGGERSPECIE IN SH51 (SINKE, 2014). ....89

FIGUUR 5-12: EROSIE ACHTER HET OOSTELIJKE UITEINDE VAN DE GEULWANDVERDEDIGING TER HOOGTE VAN VALKENISSE (SINKE, 2014). ....90

FIGUUR 5-13: AFGLIJDING EN HERSEDIMENTATIE TER HOOGTE VAN DE AFWATERINGSGEUL 'YSKELDER' VAN SAEFTINGE (SINKE, 2014). ....91

FIGUUR 5-14: DE AFGLIJDING VAN DE ONVERDEDIGDE GEULWAND BIJ BATH IN 2010 WERD TERUG OPGEVULD EN STABILISEERT IN DE DAAROPVOLGENDE JAREN (SINKE, 2014). ....91

FIGUUR 5-15: TEN NOORDEN VAN DE GEULWANDVERDEDIGING VAN SAEFTINGHE VINDT ZOWEL SEDIMENTATIE (BOVEN) ALS VERDIEPING (ONDER) PLAATS (SINKE, 2014). ....92

FIGUUR 5-16: VERSCHILKAART 2009-2015 TER HOOGTE VAN SCHAAR OUDEN DOEL ....94

FIGUUR 5-17: VERSCHILKAART 2009-2015 TER HOOGTE VAN HET DEURGANCKDOK. ....95

FIGUUR 5-18: VERSCHILKAART 2009-2015 TER HOOGTE VAN DE PLAAT VAN BOOMKE. ....96

FIGUUR 5-19: VERSCHILKAART 2009-2015 TER HOOGTE VAN DE REDE VAN ANTWERPEN. ....97

FIGUUR 5-20: VERSCHILKAART 2009-2015 TER HOOGTE VAN BURCHT-RUPELMONDE. ....98

FIGUUR 5-21: BATHYMETRIE TER HOOGTE VAN PLAATRANDSTORTVAK HOOGE PLATEN WEST OP 4/2/2010 EN 24/1/2016 (ZIE BIJLAGE F.1). ....100

FIGUUR 5-22: LOCATIE (BLAUW OMLIJNDE VAKJES) VAN DE PLAATRANDSTORTING IN STORTVAK HPW (LINKS: TUSSEN 16/7/2010 EN 4/2/2010; RECHTS: TUSSEN 5/2/15 EN 4/1/16). ....100

FIGUUR 5-23: STROOMBEELD HOOGE PLATEN WEST OP BASIS VAN AQUADOPP STROOMMETINGEN (M. SCHRIJVER, RIJKSWATERSTAAT, OVERLEG FLEXIBEL STORTEN 10 DECEMBER 2013). ....101

FIGUUR 5-24: RTK-RAAI 2070 AAN DE HOOGE PLATEN WEST (BRON: JENTINK, 2015A) ....101

FIGUUR 5-25: SEDIMENTATIE / EROSIE IN DE RTK MEETPUNTEN VAN DE HOOGE PLATEN WEST VOOR HET 2DE HALFJAAR VAN 2015 (BRON: JENTINK, 2015A) ....102

FIGUUR 5-26: VERSCHILKAART HOOGE PLATEN NOORD OP 22/9/2011. VAKJES MET BLAUWE CONTOUREN ZIJN DE GEBRUIKTE STORTVAKJES. BRON: (IMDC, 2012B) ....103

FIGUUR 5-27: PLAATRANDLODING 02000 AAN DE HOOGE PLATEN NOORD. (JENTINK ET AL., 2016) ....104

FIGUUR 5-28: PLAATRANDLODING 03600 AAN DE HOOGE PLATEN NOORD. (JENTINK ET AL., 2016) ....105

FIGUUR 5-29: RAAILENGTE VOOR DE DROOGVALDUUR-KLASSE 30-70 (-100,3 CM TOT 104,6 CM T.O.V. NAP). BRON: IMDC & ARCADIS (2014). ....105

FIGUUR 5-30: RTK-RAAI 2080 AAN DE HOOGE PLATEN NOORD (BRON: (JENTINK, 2015B) ....106

FIGUUR 5-31: SEDIMENTATIE / EROSIE IN DE RTK MEETPUNTEN VAN DE HOOGE PLATEN NOORD VOOR HET 2DE KWARTAAL VAN 2014 (JENTINK, 2015B). ....106

FIGUUR 5-32: DIEPTEKAARTEN VAN PLAATRANDSTORTVAK PWA, OP 1/2/2010 (LINKS), 21/8/2010 (MIDDEN) EN 3/2/2016 (RECHTS). ....107

FIGUUR 5-33: RTK-RAAI 2555 AAN DE PLAAT VAN WALSOORDEN (BRON: JENTINK, 2015C) ....107

FIGUUR 5-34: LOCATIE VAN DE RAAIEN OP DE PLAAT VAN WALSOORDEN ....108

FIGUUR 5-35: RTK-RAAI 2560 AAN DE PLAAT VAN WALSOORDEN. BRON: (JENTINK, 2015D) ....108

FIGUUR 5-36: RTK-RAAI 2590 AAN DE PLAAT VAN WALSOORDEN (BRON: (JENTINK, 2015D) ....109

FIGUUR 5-37: SEDIMENTATIE / EROSIE IN DE RTK MEETPUNTEN VAN DE PLAAT VAN WALSOORDEN VOOR HET 2DE HALFJAARRAPPORT VAN 2015 (BRON: JENTINK, 2015C) ....109

FIGUUR 5-38: BATHYMETRIE VAN PLAATRANDSTORTVAK RUG VAN BAARLAND (JANUARI 2016) EN DE VERSCHILKAART MET 2010. BLAUWE RECHTHOEKJES ZIJN DE INGEZETTE STORTVAKKEN. ....110

FIGUUR 5-39: RTK-RAAI 2410 AAN DE RUG VAN BAARLAND (BRON: (JENTINK, 2015E) ....111

FIGUUR 5-40: RTK-RAAI 2430 AAN DE RUG VAN BAARLAND (BRON: (JENTINK, 2015E) ....112

FIGUUR 5-41: RTK-RAAI 2415 AAN DE RUG VAN BAARLAND (BRON: (JENTINK, 2015E) ....112

FIGUUR 5-42: PLAATRANDLODING 04000 AAN DE RUG VAN BAARLAND. BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....113

FIGUUR 5-43: SEDIMENTATIE / EROSIE IN DE RTK MEETPUNTEN VAN DE RUG VAN BAARLAND VOOR HET 2DE HALFJAAR VAN 2015 (BRON: (JENTINK, 2015E) ....114

FIGUUR 5-44: VOORBEELDGRAFIEK VOOR KLIFGEGEVENS (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....115

FIGUUR 5-45: LIGGING PROFIELEN TER HOOGTE VAN HET LAND VAN SAEFTINGE (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....116

FIGUUR 5-46: SCHOR-SLIKPROFIEL 2780 VAN LAND VAN SAEFTINGE (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....117

FIGUUR 5-47: KLIFHOOGTE EN GEMIDDELDE AFSTAND ZONE +1,0 M NAP EN 0 M NAP VOOR PROFIEL 2780 VAN LAND VAN SAEFTINGE (BRON: (JENTINK ET AL., 2016). ....117

FIGUUR 5-48: SCHOR-SLIKPROFIEL 2790 VAN LAND VAN SAEFTINGE (BRON: (JENTINK ET AL., 2016)....118
FIGUUR 5-49: KLIFHOOGTE EN GEMIDDELDE AFSTAND ZONE +1,0 M NAP EN 0 M NAP VOOR PROFIEL 2790 VAN LAND VAN SAEFTINGE (BRON: (JENTINK ET AL., 2016)....118
FIGUUR 5-50: SCHOR-SLIKPROFIEL 2800 VAN LAND VAN SAEFTINGE (BRON: (JENTINK ET AL., 2016)....119
FIGUUR 5-51: KLIFHOOGTE EN GEMIDDELDE AFSTAND ZONE +1,5 M NAP EN 0,5 NAP VOOR PROFIEL 2800 VAN LAND VAN SAEFTINGE (BRON: (JENTINK ET AL., 2016)....119
FIGUUR 5-52: LIGGING PROFIELEN TER HOOGTE VAN BATH (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....120
FIGUUR 5-53: SCHOR-SLIKPROFIEL 2810 VAN BATH (BRON: (JENTINK ET AL., 2016)....121
FIGUUR 5-54: SCHOR-SLIKPROFIEL 2840 VAN BATH (BRON: (JENTINK ET AL., 2016)....121
FIGUUR 5-55: LIGGING PROFIELEN TER HOOGTE VAN WAARDE (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....122
FIGUUR 5-56: SCHOR-SLIKPROFIEL 2610 VAN WAARDE (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....123
FIGUUR 5-57: SCHOR-SLIKPROFIEL 2625 VAN WAARDE (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....123
FIGUUR 5-58: SCHOR-SLIKPROFIEL 2650 VAN WAARDE (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....124
FIGUUR 5-59: LIGGING PROFIEL TER HOOGTE VAN OSSENISSE (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....124
FIGUUR 5-60: SCHOR-SLIKPROFIEL 2390 VAN KNUITERSHOEK/OSSENISSE (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....125
FIGUUR 5-61: LIGGING PROFIELEN TER HOOGTE VAN BIEZELINGSE HAM (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....126
FIGUUR 5-62: SCHOR-SLIKPROFIEL 2400 VAN BIEZELINGSE HAM (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....127
FIGUUR 5-63: SCHOR-SLIKPROFIEL 2410 VAN BIEZELINGSE HAM (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....127
FIGUUR 5-64: LIGGING PROFIELEN TER HOOGTE VAN PLATEN VAN HULST (BRON: JENTINK ET AL., 2014) ....128
FIGUUR 5-65: SCHOR-SLIKPROFIEL 2370 VAN PLATEN VAN HULST (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....128
FIGUUR 5-66: LIGGING PROFIELEN TER HOOGTE VAN BAARLAND (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....129
FIGUUR 5-67: SCHOR-SLIKPROFIEL 2300 VAN BAARLAND (BRON: (JENTINK ET AL., 2016).....130
FIGUUR 5-68: SCHOR-SLIKPROFIEL 2310 VAN BAARLAND (BRON: (JENTINK ET AL., 2016).....130
FIGUUR 5-69: LIGGING PROFIELEN TER HOOGTE VAN ZUIDGORS (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....131
FIGUUR 5-70: SCHOR-SLIKPROFIEL 2210 VAN ZUIDGORS (BRON: (JENTINK ET AL., 2016).....132
FIGUUR 5-71: KLIFHOOGTE EN GEMIDDELDE AFSTAND ZONE +1,5 M NAP EN 0,5 M NAP VOOR PROFIEL 2210 VAN ZUIDGORS (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....132
FIGUUR 5-72: SCHOR-SLIKPROFIEL 2250 VAN ZUIDGORS (BRON: (JENTINK ET AL., 2016).....133
FIGUUR 5-73: LIGGING PROFIELEN TER HOOGTE VAN PAULINAPOLDER (BRON: (JENTINK ET AL., 2016)....133

FIGUUR 5-74: SCHOR-SLIKPROFIEL 2130 VAN PAULINAPOLDER (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....134
FIGUUR 5-75: KLIFHOOGTE EN GEMIDDELDE AFSTAND ZONE +1 M NAP EN 0 M NAP VOOR PROFIEL 2130 VAN PAULINAPOLDER (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....135
FIGUUR 5-76: SCHOR-SLIKPROFIEL 2140 VAN PAULINAPOLDER (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....135
FIGUUR 5-77: LIGGING PROFIELEN TER HOOGTE VAN RAMMEKENSHOEK (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....136
FIGUUR 5-78: SCHOR-SLIKPROFIEL 2060 VAN RAMMEKENSHOEK (BRON: (JENTINK ET AL., 2016) ....137
FIGUUR 5-79: SITUERING VAN DE MONEOS-RAAIEN IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (INBO, 2016). ....138
FIGUUR 5-80: SCHOR-SLIKPROFIEL GBSA OP GROOT BUITENSCHOOR (BRON: INBO, 2016) ....139
FIGUUR 5-81: SCHOR-SLIKPROFIEL GBSB OP GROOT BUITENSCHOOR (BRON: (INBO, 2016) ....139
FIGUUR 5-82: SCHOR-SLIKPROFIEL GBSD OP GROOT BUITENSCHOOR (BRON: (INBO, 2016) ....140
FIGUUR 5-83: SCHOR-SLIKPROFIEL ODA OP SCHOR OUDEN DOEL (BRON: (INBO, 2016).....140
FIGUUR 5-84: SCHOR-SLIKPROFIEL DO OP PAARDESCHOR (BRON: (INBO, 2016).....141
FIGUUR 5-85: SCHOR-SLIKPROFIEL GSB OP GALGENSCHOOR (BRON: (INBO, 2016).....141
FIGUUR 5-86: SCHOR-SLIKPROFIEL GSC OP GALGENSCHOOR (INBO, 2016) ....142
FIGUUR 5-87: SCHOR-SLIKPROFIEL GSD OP GALGENSCHOOR (BRON: (INBO, 2016) .....142
FIGUUR 5-88: SCHOR-SLIKPROFIEL KPE OP KETENISSE (BRON: (INBO, 2016).....143
FIGUUR 5-89: SCHOR-SLIKPROFIEL KPB OP KETENISSE (BRON: (INBO, 2016).....143
FIGUUR 5-90: SCHOR-SLIKPROFIEL KPD OP KETENISSE (BRON: (INBO, 2016).....144
FIGUUR 5-91: SCHOR-SLIKPROFIEL KPO OP KETENISSE (BRON: (INBO, 2016). .....144
FIGUUR 5-92: SCHOR-SLIKPROFIEL LH OP LILLO-HAVEN (BRON: (INBO, 2016).....145
FIGUUR 5-93: SCHOR-SLIKPROFIEL LP OP LILLO-POTPOLDER (BRON: (INBO, 2016).....145
FIGUUR 5-94: SCHOR-SLIKPROFIEL TS AAN TWAALFSLUIZEN (BRON: (INBO, 2016) .....146
FIGUUR 5-95: SCHOR-SLIKPROFIEL BOE OP BOERENSCHANS (BRON: (INBO, 2016).....147
FIGUUR 5-96: SCHOR-SLIKPROFIEL BOEB OP BOERENSCHANS (BRON: (INBO, 2016).....147
FIGUUR 5-97: SCHOR-SLIKPROFIEL FF AAN FORT FILIP (BRON: (INBO, 2016). .....148
FIGUUR 5-98: SCHOR-SLIKPROFIEL BO OP DE PLAAT VAN BOOMKE (BRON: (INBO, 2016). .....148
FIGUUR 5-99: SCHOR-SLIKPROFIEL GW OP GALGENWEEL (BRON: (INBO, 2016) .....149
FIGUUR 5-100: SCHOR-SLIKPROFIEL HO OP HOBOKENSE POLDER (BRON: (INBO, 2016). .....149
FIGUUR 5-101: LIGGING VAN DE TWEE MEETPUNTEN OP HOOGE PLATEN WEST. BRON: (JENTINK ET AL., 2016). .....151
FIGUUR 5-102: LIGGING VAN DE TWEE MEETPUNTEN OP HOOGE PLATEN NOORD / OOSTELIJK (BRON: (JENTINK ET AL., 2016). .....152

FIGUUR 5-103: LIGGING VAN DE MEETPUNTEN OP HOOGE PLATEN NOORD / CENTRAAL (BRON: (JENTINK ET AL., 2016).....153

FIGUUR 5-104: LIGGING VAN DE ZES MEETPUNTEN OP HOOGE PLATEN NOORD / WESTELIJK (BRON: (JENTINK ET AL., 2016).....155

FIGUUR 5-105: LIGGING VAN DE MEETPUNTEN OP PLAAT VAN WALSOORDEN (BRON: (JENTINK ET AL., 2016).....156

FIGUUR 5-106: MEETPUNTEN OP DE RUG VAN BAARLAND / CENTRAAL-ZUIDELIJK (BOVENSTE RIJ) EN ZUIDELIJK (ONDERSTE RIJ) (BRON: (JENTINK ET AL., 2016).....158

FIGUUR 5-107: LIGGING VAN MEEPUNTEN OP RUG VAN BAARLAND / CENTRAAL-NOORDELIJK (ONDERSTE RIJ) EN NOORDELIJK (BOVENSTE RIJ) (BRON: (JENTINK ET AL., 2016).....160

FIGUUR 5-108: NETTO VOLUME VLOEDSCHAAR NEVENGEUL MACROCEL 1 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....170

FIGUUR 5-109: NETTO VOLUME EBSCHAAR HOOFDGEUL MACROCEL 1 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....170

FIGUUR 5-110: DE EVOLUTIE VAN DE KANTELINDEX VOOR MACROCEL 1 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....171

FIGUUR 5-111: GETIJVOLUMEVERDELING RAAI 9 IN MACROCEL 1 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....172

FIGUUR 5-112: NETTO VOLUME VLOEDSCHAAR NEVENGEUL MACROCEL 3 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....173

FIGUUR 5-113: NETTO VOLUME EBSCHAAR HOOFDGEUL MACROCEL 3 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....174

FIGUUR 5-114: DE EVOLUTIE VAN DE KANTELINDEX VOOR MACROCEL 3 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....174

FIGUUR 5-115: GETIJVOLUMEVERDELING RAAI 7 IN MACROCEL 3 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....175

FIGUUR 5-116: NETTO VOLUME EBSCHAAR NEVENGEUL MACROCEL 4 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....176

FIGUUR 5-117: NETTO VOLUME VLOEDSCHAAR HOOFDGEUL MACROCEL 4 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....177

FIGUUR 5-118: DE EVOLUTIE VAN DE KANTELINDEX VOOR MACROCEL 4 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....177

FIGUUR 5-119: GETIJVOLUMEVERDELING RAAI 6 IN MACROCEL 4 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....178

FIGUUR 5-120: NETTO VOLUME VLOEDSCHAAR NEVENGEUL MACROCEL 5 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....179

FIGUUR 5-121: NETTO VOLUME VLOEDSCHAAR HOOFDGEUL MACROCEL 4 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....180

FIGUUR 5-122: DE EVOLUTIE VAN DE KANTELINDEX VOOR MACROCEL 5 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....180

FIGUUR 5-123: GETIJVOLUMEVERDELING RAAI 5 EN 5A IN MACROCEL 5 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....181

FIGUUR 5-124: NETTO VOLUME VLOEDSCHAAR NEVENGEUL MACROCEL 6 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....182

FIGUUR 5-125: NETTO VOLUME EBSCHAAR HOOFDGEUL MACROCEL 6 (BRON: (SCHRIJVER, 2015) ....183
FIGUUR 5-126: DE EVOLUTIE VAN DE KANTELINDEX VOOR MACROCEL 6 (BRON: (SCHRIJVER, 2015) ....183
FIGUUR 5-127: GETIJVOLUMEVERDELING RAAI 2 IN MACROCEL 6 (BRON: (SCHRIJVER, 2015) ....184
FIGUUR 5-128: NETTO VOLUME VLOEDSCHAAR NEVENGEUL MACROCEL 7 (BRON: (SCHRIJVER, 2015) ....185
FIGUUR 5-129: NETTO VOLUME EBSCHAAR HOOFDGEUL MACROCEL 7 (BRON: (SCHRIJVER, 2015) ....186
FIGUUR 5-130: DE EVOLUTIE VAN DE KANTELINDEX VOOR MACROCEL 7 (BRON: (SCHRIJVER, 2015) ....186
FIGUUR 5-131: GETIJVOLUMEVERDELING RAAI 1 IN MACROCEL 7 (BRON: (SCHRIJVER, 2015) ....187
FIGUUR 5-132: VERLOOP VAN HET DAGELIJKS EN CUMULATIEF VOLUME GESTORT MATERIAAL (M³) EN HET VOLUMEVERSCHIL OP BASIS VAN DE PEILINGEN (TEN OPZICHT VAN DE BEGINSITUATIE) (M³) VOOR DE STORTZONE HOOGE PLATEN WEST. ....190
FIGUUR 5-133: VERLOOP VAN DE STABILITEIT (%) VAN HET GESTORTE VOLUME EN HET CUMULATIEF STORTVOLUME (M³) VOOR DE STORTZONE HOOGE PLATEN WEST. ....191
FIGUUR 5-134: VERLOOP VAN HET DAGELIJKS EN CUMULATIEF VOLUME GESTORT MATERIAAL EN HET VOLUMEVERSCHIL OP BASIS VAN DE PEILINGEN (TEN OPZICHT VAN DE BEGINSITUATIE) VOOR DE STORTZONE HOOGE PLATEN NOORD. ....193
FIGUUR 5-135: VERLOOP VAN DE STABILITEIT (%) VAN HET GESTORTE VOLUME EN HET CUMULATIEF STORTVOLUME (M³) VOOR DE STORTZONE HOOGE PLATEN NOORD. ....193
FIGUUR 5-136: VERLOOP VAN HET DAGELIJKS EN CUMULATIEF VOLUME GESTORT MATERIAAL EN HET VOLUMEVERSCHIL OP BASIS VAN DE PEILINGEN (TEN OPZICHT VAN DE BEGINSITUATIE) VOOR DE STORTZONE AAN DE PLAAT VAN WALSOORDEN. ....195
FIGUUR 5-137: VERLOOP VAN DE STABILITEIT (%) VAN HET GESTORTE VOLUME EN HET CUMULATIEF STORTVOLUME (M³) VOOR DE STORTZONE AAN DE PLAAT VAN WALSOORDEN ....196
FIGUUR 5-138: VERLOOP VAN HET DAGELIJKS EN CUMULATIEF VOLUME GESTORT MATERIAAL EN HET VOLUMEVERSCHIL OP BASIS VAN DE PEILINGEN (TEN OPZICHT VAN DE BEGINSITUATIE) VOOR DE COMPLETE STORTZONE AAN DE RUG VAN BAARLAND. ....197
FIGUUR 5-139: VERLOOP VAN DE STABILITEIT (%) VAN HET GESTORTE VOLUME EN HET CUMULATIEF STORTVOLUME (M³) VOOR DE COMPLETE STORTZONE AAN DE RUG VAN BAARLAND ....198
FIGUUR 5-140: AFBAKENING REKENPOLYGONEN LAAGDYNAMISCH GEBIED TER HOOGTE VAN DE PLAATRANDSTORZONES OP DE ECOTOPENKAART 2015. ....201
FIGUUR 5-141: GEWENSTE ONTWIKKELING LAAGDYNAMISCH GEBIED NA AFLOOP VAN DE EERSTE VERGUNNINGSPERIODE ....202
FIGUUR 5-142: ECOTOPENKAART 2010 (BOVEN) VERSUS 2015 (ONDER) TER HOOGTE VAN DE HOOGE PLATEN. ....206
FIGUUR 5-143: EVOLUTIE VAN HET LAAGDYNAMISCHE ECOTOOPAREAAL OP DE HOOGE PLATEN WEST ....208
FIGUUR 5-144: EVOLUTIE VAN HET LAAGDYNAMISCHE ECOTOOPAREAAL OP DE HOOGE PLATEN NOORD ....208

FIGUUR 5-145: ECOTOPENKAART 2010 (LINKS) VERSUS 2015 (RECHTS) TER HOOGTE VAN DE PLAAT VAN WALSOORDEN.LAAGDYNAMISCH AREAAL PLAATRANDEN.....209

FIGUUR 5-146: EVOLUTIE VAN HET LAAGDYNAMISCHE ECOTOOPAREAAL OP DE PLAAT VAN WALSOORDEN .....210

FIGUUR 5-147: ECOTOPENKAART 2010 (LINKS) VERSUS 2015 (RECHTS) TER HOOGTE VAN DE RUG VAN BAARLAND. .....211

FIGUUR 5-148: EVOLUTIE VAN HET LAAGDYNAMISCHE ECOTOOPAREAAL OP DE RUG VAN BAARLAND .....212

FIGUUR 5-149: EVOLUTIE VAN HET WAARGENOMEN LAAGDYNAMISCH AREAAL TOV 2010 (T0) VS DE VERWACHTE TOENAME OP DE PLAATRANDEN VOLGENS HET PROTOCOL FLEXIBEL STORTEN. .....213

FIGUUR 5-150: HYPSOMETRISCHE KROMME, UITGEDRUKT IN ABSOLUTE OPPERVLAKTE, VOOR MACROCEL 5. HOOG- EN LAAGWATERPEILEN ZIJN VOOR HET NABIJGELEGEN GETIJSTATION IN HANSWEERT. .....214

FIGUUR 6-1: JAAR- EN SEIZOENSGEMIDDELDE SEDIMENTCONCENTRATIE IN DE WESTERSCHELDE. .....226

FIGUUR 6-2: JAAR- EN SEIZOENSGEMIDDELDE VAN PERIODIEKE METINGEN SUSPENSIEGEHALTE IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE. .....228

FIGUUR 6-3: LANGSVERDELING VAN SEDIMENTCONCENTRATIES IN HET GEHELE SCHELDE-ESTUARIUM (NAAR COX ET AL., 2015). BREDE LIJN GEEFT HET GEMIDDELDE WEER; GEKLEURDE GEBIEDEN GEVEN DE 10E EN 90STE PERCENTIEL VAN DE JAARGEMIDDELDEN WEER OVER DE BESCHOUWDE PERIODE. .....229

FIGUUR 6-4: SEDIMENTCONCENTRATIE OP BASIS VAN DIEPTESTALEN. BOVENSTE RIJ: STALEN IN DE VOLLEDIGE WATERKOLOM. MIDDELSTE RIJ: ENKEL STALEN IN DE BOVENSTE HELFT VAN DE WATERKOLOM. ONDERSTE RIJ: ENKEL STALEN IN DE ONDERSTE HELFT VAN DE WATERKOLOM. LINKERKOLOM: JAARGEMIDDELDE. MIDDELSTE KOLOM: ZOMERGEMIDDELDE. RECHTSE KOLOM: WINTERGEMIDDELDE. .....231

FIGUUR 6-5: JAARGEMIDDELDE VERTICALE CONCENTRATIEGRADIËNT OP BASIS VAN DE DIEPTESTALEN. BREDE ZWARTE LIJN GEEFT EEN LOPEND GEMIDDELDE WEER DOOR ALLE MEETLOCATIES.....232

FIGUUR 6-6: CONTINUE METINGEN SEDIMENTCONCENTRATIE OOSTERWEEL. METINGEN IN BLAUW WERDEN UITGEVOERD MET HET SEAGUARD-500 TOESTEL. .....236

FIGUUR 6-7: CONTINUE METINGEN SUSPENSIEGEHALTE BOEI 84. METINGEN IN BLAUW WERDEN GENOMEN MET HET SEAGUARD-500 TOESTEL. .....237

FIGUUR 6-8: CONTINUE METINGEN SUSPENSIEGEHALTE DRIEGOTEN. METINGEN IN BLAUW WERDEN GENOMEN MET HET SEAGUARD-500 TOESTEL. .....238

FIGUUR 6-9: CONTINUE METINGEN SUSPENSIEGEHALTE LILLO. METINGEN IN BLAUW WERDEN UITGEVOERD MET HET SEAGUARD-500 TOESTEL.....238

FIGUUR 6-10: JAAR- EN SEIZOENSGEMIDDELDE LICHTEXTINCTIE IN DE WESTERSCHELDE.....241

FIGUUR 6-11: JAARGEMIDDELDE EUFOTISCHE DIEPTE BENEDEN-ZEESCHELDE.....242

FIGUUR 6-12: JAARGEMIDDELDE CHLOROFYL A-GEHALTE DIEPTE IN DE WESTERSCHELDE, SAMEN MET LENTEGEMIDDELDE (APRIL EN MEI). BEMERK DE VERSCHILLENDE VERTICALE SCHAAL IN DE 3 PANELEN. .....244

FIGUUR 6-13: METINGEN CHLOROFYL A-GEHALTE IN OPPERVLAKTEWATER, WESTERSCHELDE .....245

FIGUUR 6-14: JAARGEMIDDELDE CHLOROFYL A-GEHALTE DIEPTE IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE, SAMEN MET LENTEGEMIDDELDE (APRIL EN MEI). BEMERK DE VERSCHILLENDE VERTICALE SCHAAL IN DE 3 PANELEN. ....247

FIGUUR 6-15: CHLOROFYL A-GEHALTE IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE. ....248

FIGUUR 6-16: MAANDELIJKSE TEMPERATUUR EN ZONNESCHIJNDUUR IN UKKEL, 2015. BRON: KMI (2016). ....249

FIGUUR 6-17: JAARGEMIDDELDE CHLOROFYLGEHALTES UIT BODEMSTALEN OP HET GROOT BUITENSCHOOR ....250

FIGUUR 6-18: JAARGEMIDDELDE CHLOROFYLGEHALTES UIT BODEMSTALEN OP DE BOERENSCHANS ....250

FIGUUR 6-19: PERIODIEKE METINGEN CHLOROFYL A-GEHALTE OP GROOT BUITENSCHOOR ....252

FIGUUR 6-20: PERIODIEKE METINGEN CHLOROFYL A-GEHALTE OP BOERENSCHANS ....252

FIGUUR 6-21:JAAR- EN SEIZOENSGEMIDDELDE CHLORIDEGEHALTES IN DE WESTERSCHELDE. ....254

FIGUUR 6-22: CONTINUE METINGEN CHLORIDEGEHALTE WESTERSCHELDE. LICHTBLAUWE LIJN: CONTINUE METINGEN. DONKERBLAUWE LIJN: LOPEND GEMIDDELDE MET VENSTER VAN 2 DAGEN. ....255

FIGUUR 6-23: JAAR-EN SEIZOENSGEMIDDELDE CHLORIDEGEHALTE BENEDEN-ZEESCHELDE. ....256

FIGUUR 6-24: SPREIDINGSDIAGRAM VAN JAARGEMIDDELD CHLORIDEGEHALTE IN ANTWERPEN EN AFVOERDEBIET IN SCHELLE. ....257

FIGUUR 6-25: JAARGEMIDDELD CHLORIDEGEHALTE IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE, GECORRIGEERD OP BASIS VAN EEN LINEAIRE RELATIE MET DE BOVENAFVOER. ....257

FIGUUR 6-26: CONTINUE METINGEN CHLORIDEGEHALTE BENEDEN-ZEESCHELDE. LICHTBLAUWE LIJN: CONTINUE METINGEN. DONKERBLAUWE LIJN: LOPEND GEMIDDELDE MET VENSTER VAN 2 DAGEN. ....258

FIGUUR 6-27: SITUERING BEMONSTERINGSPLAATSEN VMM IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (VMM, 2015A). ....260

FIGUUR 6-28: SITUERING BEMONSTERINGSPLAATSEN VMM IN DE WS (VMM, 2015B). ....268

FIGUUR 7-1: BENTHOSSOORTEN (BRON: WIKIMEDIA COMMONS) ....275

FIGUUR 7-2: MONSTERNAMEPUNTEN SCHELPDIERENSURVEY IN WESTELIJK GEBIED WESTERSCHELDE. ....276

FIGUUR 7-3: MONSTERNAMEPUNTEN SCHELPDIERENSURVEY IN MIDDENGEBIED WESTERSCHELDE. ....277

FIGUUR 7-4: MONSTERNAMEPUNTEN SCHELPDIERENSURVEY IN OOSTELIJK GEBIED WESTERSCHELDE. ....277

FIGUUR 7-5: TEMPORELE EVOLUTIE VAN HET TOTAAL AANTAL STALEN GENOMEN PER DEELGEBIED VAN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 1992 EN 2014. (MTWL BEMONSTERING) ....279

FIGUUR 7-6: STAALNAMELOCATIES MWTL 2014 IN WESTELIJK GEBIED WESTERSCHELDE. ....280

FIGUUR 7-7: STAALNAMELOCATIES MWTL 2014 IN MIDDENGEBIED WESTERSCHELDE. ....280

FIGUUR 7-8: STAALNAMELOCATIES MWTL 2014 IN OOSTELIJK GEBIED WESTERSCHELDE. ....281

FIGUUR 7-9: TEMPORELE EVOLUTIE VAN DE TOTALE DENSITEIT (BLAUW) EN BIOMASSA (ORANJE) VAN CERASTODERMA EDULE IN DE GEHELE WESTERSCHELDE TUSSEN 1992 EN 2015. (WOT) ....282

FIGUUR 7-10: TEMPORELE EVOLUTIE VAN DE TOTALE DENSITEIT (BLAUW) EN BIOMASSA (ORANJE) VAN MACOMA BALTHICA IN DE GEHELE WESTERSCHELDE TUSSEN 1992 EN 2015. ....282

FIGUUR 7-11: DE VERSPREIDING VAN CERASTODERMA EDULE (ROOD) EN MACOMA BALTHICA (BLAUW) IN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 2009 EN 2015. DE GROOTTE VAN HET SYMBOOL GEEFT EEN RELATIEVE DENSITEIT WEER. ....284

FIGUUR 7-12: GEMIDDELDE DENSITEIT (BOVEN) EN BIOMASSA (VERSGEWICHT, ONDER) KOKKELS, OP BASIS VAN WOT KOKKELSURVEY, PER PLAAT EN JAAR. ....285

FIGUUR 7-13: GEMIDDELDE DENSITEIT (BOVEN) EN BIOMASSA (VERSGEWICHT, ONDER) NONNETJES, OP BASIS VAN WOT KOKKELSURVEY, PER PLAAT EN JAAR. ....286

FIGUUR 7-14: TEMPORELE EVOLUTIE PER ECOTOOP VAN GEMIDDELDE BIOMASSA PER DEELGEBIED VAN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 1992 EN 2014. BEMERK DE VERSCHILLENDE VERTICALE SCHAAL BIJ HET LAAGDYNAMISCH SUBLITTORAAL. ....288

FIGUUR 7-15: TEMPORELE EVOLUTIE PER ECOTOOP VAN DE GEMIDDELDE SOORTENRIJKDOM PER STAAL VOOR DE DRIE DEELGEBIEDEN VAN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 1992 EN 2014. ....289

FIGUUR 7-16: TEMPORELE EVOLUTIE VAN DE TOTALE DENSITEIT EN BIOMASSA AAN EXOTEN IN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 1992 EN 2014. ....290

FIGUUR 7-17: TURELUUR (LINKS; © ANDREAS TREPTE, WWW.PHOTO-NATUR.DE), ZWARTE RUITER (MIDDEN LINKS), GROENPOOTRUITER (MIDDEN RECHTS) EN VISDIEF (RECHTS; © ANDREAS TREPTE, WWW.PHOTO-NATUR.DE (BRON: WIKIMEDIA COMMONS) ....295

FIGUUR 7-18: EVOLUTIE VAN DE SEIZOENSGEMIDDELDE JULI T/M JUNI (RODE PUNTEN) VAN DE **BENTHIVORE VOGELS** IN DE WESTERSCHELDE. DE TRENDLIJN IS WEERGEGEVEN MET EEN DONKER GEKLEURDE LIJN EN HET 95 % BETROUWBAARHEIDSINTERVAL VAN DE TRENDLIJN MET EEN LICHTGEKLEURDE LIJN. IN GROEN WORDT DE INSTANDSHOUDINGSDOELSTELLING VOOR DE SOORT WEERGEGEVEN. DE ORANJE LIJN GEEFT HET GEMIDDELDE OVER DE LAATSTE VIJF SEIZOENEN. ....301

FIGUUR 7-19: EVOLUTIE VAN DE SEIZOENSGEMIDDELDE JULI T/M JUNI (RODE PUNTEN) VAN DE **BENTHIVORE VOGELS** IN DE WESTERSCHELDE. DE TRENDLIJN IS WEERGEGEVEN MET EEN DONKER GEKLEURDE LIJN EN HET 95 % BETROUWBAARHEIDSINTERVAL VAN DE TRENDLIJN MET EEN LICHTGEKLEURDE LIJN. IN GROEN WORDT DE INSTANDSHOUDINGSDOELSTELLING VOOR DE SOORT WEERGEGEVEN. DE ORANJE LIJN GEEFT HET GEMIDDELDE OVER DE LAATSTE VIJF SEIZOENEN. ....302

FIGUUR 7-20: EVOLUTIE VAN DE SEIZOENSGEMIDDELDE JULI T/M JUNI (RODE PUNTEN) VAN DE **BENTHIVORE VOGELS** IN DE WESTERSCHELDE. DE TRENDLIJN IS WEERGEGEVEN MET EEN DONKER GEKLEURDE LIJN EN HET 95 % BETROUWBAARHEIDSINTERVAL VAN DE TRENDLIJN MET EEN LICHTGEKLEURDE LIJN. IN GROEN WORDT DE INSTANDSHOUDINGSDOELSTELLING VOOR DE SOORT WEERGEGEVEN. DE ORANJE LIJN GEEFT HET GEMIDDELDE OVER DE LAATSTE VIJF SEIZOENEN. ....303

FIGUUR 7-21: EVOLUTIE VAN DE SEIZOENSGEMIDDELDE JULI T/M JUNI (RODE PUNTEN) VAN DE **HERBIVORE VOGELS** IN DE WESTERSCHELDE. DE TRENDLIJN IS WEERGEGEVEN MET EEN DONKER GEKLEURDE LIJN EN HET 95 % BETROUWBAARHEIDSINTERVAL VAN DE TRENDLIJN MET EEN LICHTGEKLEURDE LIJN. IN GROEN WORDT DE INSTANDSHOUDINGSDOELSTELLING VOOR DE SOORT WEERGEGEVEN. DE ORANJE LIJN GEEFT HET GEMIDDELDE OVER DE LAATSTE VIJF SEIZOENEN. ....304

FIGUUR 7-22: EVOLUTIE VAN DE SEIZOENSGEMIDDELDE JULI T/M JUNI (RODE PUNTEN) VAN DE **OMNIVORE VOGELS** IN DE WESTERSCHELDE. DE TRENDLIJN IS WEERGEGEVEN MET EEN DONKER GEKLEURDE LIJN EN HET 95 % BETROUWBAARHEIDSINTERVAL VAN DE TRENDLIJN MET EEN LICHTGEKLEURDE LIJN. IN GROEN WORDT DE

INSTANDSHOUDINGSDOELSTELLING VOOR DE SOORT WEERGEGEVEN. DE ORANJE LIJN GEEFT HET GEMIDDELDE OVER DE LAATSTE VIJF SEIZOENEN.....305

FIGUUR 7-23: EVOLUTIE VAN DE SEIZOENSGEMIDDELDE JULI T/M JUNI (RODE PUNTEN) VAN DE **VOGELS DIE MINDER AFHANKELIJK ZIJN VAN DE WESTERSCHELDE**. DE TRENDLIJN IS WEERGEGEVEN MET EEN DONKER GEKLEURDE LIJN EN HET 95 % BETROUWBAARHEIDSINTERVAL VAN DE TRENDLIJN MET EEN LICHTGEKLEURDE LIJN. IN GROEN WORDT DE INSTANDSHOUDINGSDOELSTELLING VOOR DE SOORT WEERGEGEVEN. DE ORANJE LIJN GEEFT HET GEMIDDELDE OVER DE LAATSTE VIJF SEIZOENEN. .....306

FIGUUR 7-24: EVOLUTIE VAN DE 30 % (BLAUWE PIJLEN) EN 70 % (ZWARTE PIJLEN) DROOGVALDUUR LIJN. CONTOURKLEUREN: ROOD=2000, GEEL =2006, GROEN=2012. ....310

FIGUUR 7-25: ONTWIKKELING VAN HET AANTAL BROEDPAREN VAN STERNEN EN VISDIEF. .....313

FIGUUR 7-26: ONTWIKKELING VAN HET AANTAL BROEDPAREN VAN KLUUT EN PLEVIEREN. .....314

FIGUUR 7-27: ONTWIKKELING VAN HET AANTAL BROEDPAREN VAN MEEUWENSOORTEN. .....316

FIGUUR 7-28: GEWONE ZEEHOND (LINKS) EN GRIJZE ZEEHOND (RECHTS) (BRON: WIKIMEDIA COMMONS).....320

FIGUUR 7-29: TEMPORELE EVOLUTIE VAN HET AANTAL GEWONE ZEEHONDEN, INCLUSIEF DE JONGEN, IN DE WESTERSCHELDE TUSSEN JULI 2008 EN JULI 2015.....323

FIGUUR 7-30: SPATIOTEMPORELE EVOLUTIE HET AANTAL VOLWASSEN GEWONE ZEEHONDEN IN DE WESTERSCHELDE (W: WEST; M: MIDDEN; O: OOST) TUSSEN JULI 2009 EN JUNI 2015. DE MAANDEN ZONDER ZEEHONDENAANTALLEN ZIJN MAANDEN ZONDER TELLINGEN.....324

FIGUUR 7-31: SPATIOTEMPORELE EVOLUTIE VAN HET AANTAL JONGE GEWONE ZEEHONDEN IN DE WESTERSCHELDE (W: WEST; M: MIDDEN; O: OOST) TUSSEN JULI 2009 EN JUNI 2015 .....325

FIGUUR 7-32: SPATIOTEMPORELE EVOLUTIE VAN HET AANTAL GEWONE ZEEHONDEN IN DE MAAND AUGUSTUS IN DE WESTERSCHELDE (W: WEST; M: MIDDEN; O: OOST) TUSSEN 2009 EN 2014 .....326

FIGUUR 7-33: SPATIOTEMPORELE EVOLUTIE VAN HET AANTAL VOLWASSEN GRIJZE ZEEHONDEN IN DE WESTERSCHELDE (W: WEST; M: MIDDEN; O: OOST) TUSSEN JULI 2009 EN JUNI 2015.....327

FIGUUR 7-34: EVOLUTIE VAN DE GEWONE EN GRIJZE ZEEHOND POPULATIES IN NEDERLAND TUSSEN 1960 EN 2014 (BRON: IMARES (WUR); DELTA PROJECTMANAGEMENT IN OPDRACHT VAN RWS/ PROVINCIE ZEELAND) .....329

FIGUUR 8-1: JAARTOTAAL NEERSLAG IN UKKEL (BRON: KMI). ZWARTE STIPPELLIJN GEEFT HET KLIMATOLOGISCH GEMIDDELDE (1981-2010) WEER.....332

FIGUUR 8-2: VECTORIEEL JAARGEMIDDELDE WINDSNELHEID, COMPONENT T.O.V. 0° N, GEMETEN IN CADZAND EN DE VLAKTE VAN DE RAAN.....333

FIGUUR 8-3: SPREIDINGSDIAGRAM VAN DE JAARGEMIDDELDE WINDSNELHEID CADZAND VS. DE RESIDU T.O.V. DE T2009 TREND VAN LAAGWATER (LINKS) EN HOOGWATER (RECHTS) IN VILSSINGEN. .....333

FIGUUR 8-4: JAAR- EN SEIZOENSGEMIDDELDE BOVENAFVOER IN SCHELLE .....334

FIGUUR 8-5: PENTADEGEMIDDELDE EN LOPEND GEMIDDELDE BOVENAFVOER IN SCHELLE .....335

FIGUUR 8-6: JAARGEMIDDELDE BOVENAFVOER IN MELLE.....335

FIGUUR 8-7: SPREIDINGSDIAGRAM VAN HET JAARGEMIDDELDE AFVOERDEBIET IN VLISSINGEN VS. DE RESIDU T.O.V. DE T2009 TREND VAN LAAGWATER (LINKS) EN HOOGWATER (RECHTS) IN SCHELLE ..... 337

FIGUUR 8-8: SPREIDINGSDIAGRAM VAN HET JAARGEMIDDELDE AFVOERDEBIET IN VLISSINGEN VS. DE RESIDU T.O.V. DE T2009 TREND VAN LAAGWATER (LINKS) EN HOOGWATER (RECHTS) IN ANTWERPEN ..... 337

## Afkortingen en acronymen

| | |
|---|---|
| ADCP | Acoustic Doppler Current Profiler |
| BIS | Bagger Informatie Systeem (van de Vlaamse Overheid) |
| HMCZ | Hydro Meteo Centrum Zeeland (Rijkswaterstaat) |
| HPN | Hooge Platen Noord (plaatrandstortvak) |
| HPN | Hooge Platen West (plaatrandstortvak) |
| HW | Hoogwater |
| INBO | Instituut voor Natuur en Bos Onderzoek |
| LAT | Lowest Astronomical Tide (laagste astronomisch getij) |
| LW | Laagwater |
| LTV | Lange Termijn Visie (voor het Schelde-estuarium in 2030) |
| MER | Milieueffectrapport |
| $Mm^3$ | Miljoen $m^3$ |
| MONEOS | Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets 2010 |
| MWTL | Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands |
| NAP | Nieuw Amsterdams Peil (Nederlands verticaal referentievlak) |
| OLS-CUSUM | Ordinary Least Squares - Cumulative Summation |
| PWA | Plaat van Walsoorden (plaatrandstortvak) |
| RVB | Rug van Baarland (plaatrandstortvak) |
| RTK | Real time kinematics (GPS correctie) |
| RWS | Rijkswaterstaat |
| SH(i,j) | Stortvak in de hoofdgeul, macrocel i, vak j |
| SN(i,j) | Stortvak in de nevengeul, macrocel i, vak j |
| TAW | Tweede Algemene Waterpassing (Belgisch verticaal referentievlak) |
| VLIZ | Vlaams Instituut voor de Zee |
| VNSC | Vlaams-Nederlandse Schelde Commissie |
| WL | Waterbouwkundig Laboratorium |
| WOT | Wettelijke Onderzoekstaken |

# 1. INLEIDING

## 1.1 DE OPDRACHT

Het Voortgangsrapport Flexibel Storten 2014-2015 is opgesteld door International Marine & Dredging Consultants NV (IMDC) in samenwerking met Heinis Waterbeheer en Ecologie (HWE) en de Ecosystems Management Research Group (ECOBE, Universiteit Antwerpen) onder deelopdracht 10 van het 'Monitoringprogramma Flexibel Storten', in opdracht van afdeling Maritieme Toegang van de Vlaamse Overheid (bestek nummer 16EF/2011/22).

De overkoepelende opdracht voorziet in het leveren van analyses, inhoudelijke rapportering en opmaak van afgeleide producten op basis van de monitoringdata die gegenereerd worden in het kader van de effectmonitoring uit de Ontwikkelingsschets 2010 (OS2010) in het algemeen en het monitoringsprogramma Moneos-T in het bijzonder, gedurende 6 jaar.

## 1.2 ACHTERGROND

In 2005 werd door de Vlaamse Regering en het Koninkrijk Nederland beslist in een verdrag over de uitvoering van de Ontwikkelingsschets 2010 dat de Schelde zou verdiept worden. De Ontwikkelingsschets 2010 is een plan dat de nodige projecten, maatregelen en monitoringrichtlijnen om de Schelde te doen evolueren naar een staat zoals bepaald in de Lange Termijn Visie (in het jaar 2030), omschrijft. In het verdrag wordt onder andere gesteld dat zeeschepen tot een diepgang van 13,1 m op getij-onafhankelijke wijze de haven van Antwerpen dienen te kunnen bereiken.

Om dit doel te bereiken werd in 2010 de derde verruiming gerealiseerd. De eerste verdieping vond plaats in de jaren '70 van vorige eeuw: drempels werden 3 tot 4 meter verdiept. In 1997-1998 werd een tweede verdieping uitgevoerd waardoor schepen tot 11,6 m diepgang getij-onafhankelijk konden varen.

De baggerwerken die nodig waren in de Westerschelde om de derde verruiming uit te voeren omvatten 7,7 miljoen m³ aanlegbaggerwerk, zoals de verwachting vooropgesteld in het milieueffectrapport (Consortium Arcadis-Technum, 2007a). Hierop volgend werd – en wordt nog steeds – baggeronderhoud uitgevoerd, met een verwachte omvang van 11,7 miljoen m³ per jaar. Hierbij worden de drempels onderhouden op een gegarandeerde diepte van -14,5 m LAT. In de praktijk blijken de totale onderhoudsvolumes de afgelopen jaren iets lager te liggen.

De verwachting voor de verruiming in de Zeeschelde omvatte 6,35 Mm³ aanlegvolume (hoofdzakelijk zand, uitgevoerd in 2008-2010), terwijl het jaarlijks onderhoud voor zand op 2,1 Mm³ werd geraamd. Voor het slib-onderhoud werd in totaal 6,8 Mm³ in beun (bulk densiteit 1,25 ton/m³) of 1,7 Mm³ V' (referentiedensiteit 2 ton/m³) verwacht (Consortium Arcadis-Technum, 2007a). In de praktijk blijken de zandvolumes lager, en de slibvolumes hoger te liggen.

In het verdrag wordt ook melding gemaakt van een flexibele stortstrategie die inhoudt dat, op basis van monitoring, de stortstrategie wordt aangepast om zo de fysieke kenmerken van het systeem binnen zijn natuurlijke dynamiek te bewaren. Deze stortstrategie is ook meegenomen in de milieueffectrapportage en de hierop volgende milieuvergunningen.

Het monitoringsprogramma dat in de vergunningen is vastgelegd is het MONEOS-T Uitvoeringsplan 2008-2018 (Schrijver en Plancke, 2008) en het MONEOS-T Uitvoeringsplan 2015-2022 (Schrijver en Plancke, 2015), met uitbreiding van de vogel- en zeehondentellingen voor de Westerschelde voor wat betreft de Natuurbeschermings-vergunning. Het MONEOS-T Uitvoeringsplan is gemeenschappelijk opgesteld door Nederland en Vlaanderen en beschrijft de metingen in de periode van 1 januari 2008 tot 1 januari 2023 die nodig zijn om de evaluatie van de effecten voor het thema toegankelijkheid, zoals opgelegd in de Ontwikkelingsschets Schelde-estuarium 2010, mogelijk te maken.

Het milieueffectrapport (Consortium Arcadis-Technum, 2007b) focust op verschillende stortstrategieën. De conclusie hierbij was dat de flexibele stortstrategie met de bijbehorende plaatrandstortingen, waarbij er een mogelijkheid was dat bijkomend laagdynamisch intertidaal gebied (met hoog ecologisch potentieel) zou gecreëerd worden, de meest milieuvriendelijke aanpak zou zijn. Hierdoor zouden ook de nevengeulen minder sterk belast worden door stortingen, wat strookt met het wensbeeld uit de Lange Termijn Visie van het behoud van een meergeulensysteem.

De evaluatie van de stortstrategie is gebaseerd op een aantal parameters die gedefinieerd zijn in het “Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten – Kwaliteitsparameters”. De voorwaarden houden in dat bepaalde grenswaarden niet mogen overschreden worden zonder dat bijkomende maatregelen of onderzoek wordt opgestart. Om dit proces te bewaken en realiseren, werd binnen de werkgroep Onderzoek en Monitoring van de VNSC het Overleg Flexibel Storten opgericht als overlegplatform waaraan deskundigen van verschillende instanties deelnemen met als doel de monitoringgegevens vanuit de ecosysteemmonitoring op te volgen, de monitoringgegevens aan bovengenoemd Protocol te toetsen, de stortstrategie bij te sturen waar en wanneer nodig, bijkomend onderzoek op te dragen aan andere projectgroepen, en hierbij de Commissie Monitoring Westerschelde in te schakelen wanneer nodig.

## 1.3 DOEL VAN DE VOORTGANGSRAPPORTAGE

Afdeling Maritieme Toegang dient in het kader van de derde verruiming van de Schelde een tweejaarlijks Voortgangsrapport op te stellen. Deze voorwaarde is opgenomen in de vergunningen in het kader van de Wet beheer Rijkswaterstaatswerken (kenmerk 8500187272/D00994117 RWS-Zld), de Natuurbeschermingsvergunning (kenmerk DRZZ/2009-1236), en de milieuvergunningen afgeleverd door de provincie Antwerpen (MLAV1/0700000385/BV/AG) en de provincie Oost-Vlaanderen (082/46003/331/1/A/4/LDR/CL).

Uit de vergunningsaanvragen van Nederland is onderstaande tekst uit het Tracébesluit gekopieerd (Rijkswaterstaat, 2009):

> *"Op basis van de voortgang van de werkzaamheden, de uitkomsten van de integrale monitoring en de resultaten van studies en proefprojecten wordt onder verantwoordelijkheid van Afdeling Maritieme Toegang per 2 jaar, of zoveel eerder als vastgesteld door het 'Baggeroverleg', een Voortgangsrapport opgesteld. In het Voortgangsrapport wordt op basis van de waargenomen ontwikkelingen binnen de monitoring en resultaten van studies en proefprojecten aan de beheerder (i.c. Rijkswaterstaat) een voorstel gedaan voor eventuele aanpassing van de stortstrategie, de monitoring of het nader onderzoek."*

In de Vlaamse milieuvergunningen is sprake van een tweejaarlijks syntheserapport.

In de praktijk zijn beide rapporten bijeen gebracht in één grensoverschrijdend Voortgangsrapport. Omdat de effecten van het project van de derde verruiming in beeld gebracht dienen te worden, betekent dit voor de analyse dat in het rapport niet uitsluitend de data van 2014-2015 beschouwd wordt, maar dat de volledige periode vanaf de derde verruiming (2010) in rekening wordt gebracht.

Alhoewel alle parameters in dit rapport gelijkwaardig worden beschouwd, is er wel degelijk een onderscheid tussen verschillende types. In het Overleg Flexibel Storten en de jaarlijkse toetsing van de toestand van de parameters, wordt in hoofdzaak naar de Kwaliteitsparameters uit het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten gekeken. In de voorliggende rapportage is dit ruimer opgevat. In het Overleg Flexibel Storten komt ook enkel de Westerschelde aan bod; in deze rapportage wordt ook de toestand Beneden-Zeeschelde beschouwd.

## 1.4 OVERZICHT VAN DE VOORTGANGSRAPPORTAGE

Het voortgangsrapport brengt verslag over de monitoring uitgevoerd in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde in het kader van het MONEOS-T Uitvoeringsplan, aangevuld met analyse van zeehondentellingen, vogeltellingen en benthosgegevens voor de Westerschelde. De genoemde gegevens en de analyse ervan laten toe een evaluatie van de effecten van het project van de derde verruiming van de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde te maken en deze effecten af te toetsen tegen wat in het MER en/of andere beoordelingskaders als doelstelling of verwachting werd geformuleerd.

Het voorliggende voortgangsrapport volgt op twee eerdere voortgangsrapportages: Voortgangsrapport 2010-2011 (IMDC *et al.*, 2013b) en Voortgangsrapport 2012-2013 (IMDC, 2013, 2014a).

Het derde voortgangsrapport bestaat uit twee deelrapporten. Om een goede leesbaarheid van de voortgangsrapportage te verzekeren, is gekozen om de uitgebreide analyse af te scheiden van een syntheserapport waarin resultaten op beknopte wijze worden besproken, en via een integrale discussie de evaluatie van de monitoring wordt belicht.

**Voorliggend deelrapport vormt het data- en analyserapport.** Het rapport bevat een weergave, beschrijving en waar mogelijk een verdere analyse van de verschillende parameters die in de Voortgangsrapportage dienen behandeld te worden. De bijlagen van het rapport zijn omwille van de omvang afzonderlijk gebundeld en digitaal beschikbaar gesteld.

Het tweede deelrapport, het syntheserapport, is een verhandeling waarin waarnemingen en analyseresultaten samengevat, en vervolgens in een breder kader geplaatst worden indien mogelijk. Rekening houdend met inzichten uit recente studies gerelateerd aan het Schelde-estuarium en het evaluatiekader dat is opgezet in de T2009-rapportage (T2009 Consortium, 2013) en de verwachtingen van het MER, wordt voor de verschillende parameters geëvalueerd of de toestand (significant) beïnvloed of gewijzigd is en of dit veroorzaakt kan zijn door het proces van flexibel storten of de andere ingrepen in het estuarium. Er wordt ook verwezen naar het lopend onderzoek dat nog wordt uitgevoerd in het kader van de Agenda van de Toekomst en buiten de focus van onderhavige rapportage valt.

Het syntheserapport omvat verder ook een advies inzake stortstrategie, monitoring en onderzoek, en ook een afzonderlijke vermelding van de toestand van de Kwaliteitsparameters uit het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten.

## 1.5 OPBOUW VAN HET ANALYSERAPPORT

Na dit eerste inleidende hoofdstuk, geeft het tweede hoofdstuk van het analyserapport een beknopt overzicht van de aangeleverde en geanalyseerde gegevens. Het verdere rapport is ingedeeld per thema:

- Hoofdstuk 3 behandelt de uitgevoerde ingrepen in de periode 2010-2015 (en een deel van 2016) in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde;
- In hoofdstuk 4 worden hydrodynamische parameters behandeld: ontwikkeling van hoog- en laagwaterstanden, getijslag, getijvolume, golven en stroomsnelheden;
- In hoofdstuk 5 worden de morfologische aspecten en habitateigenschappen besproken, m.n. de grootschalige bathymetrische veranderingen, de ontwikkeling van slikken en platen, het watervolume in de geulen (Westerschelde), de stabiliteit van de plaatrandstortingen in de Westerschelde, en de fysiotoop- en ecotooparealen en veranderingen hierin;
- Hoofdstuk 6 gaat verder in op fysicochemische parameters alsook de chemische kwaliteit van de waterbodem;
- In hoofdstuk 7 komen fauna en flora aan bod: vogel- en zeehondentellingen alsook gegevens over macrobenthos;
- In hoofdstuk 8 worden enkele randgegevens vermeld, waaronder meteorologische aspecten en bovenafvoer.

Achteraan het rapport zijn referenties ingevoegd. De bijlagen zijn afzonderlijk gebundeld.

Voor een samenvatting van de analyseresultaten, een integrale discussie en adviezen wordt naar het bijhorende syntheserapport van dit derde Voortgangsrapport verwezen.

De eerste conceptversie van het derde voortgangsrapport, (versie 1.0, dd. 14/10/2016), is opgemaakt ten behoeve van de projectgroep Flexibel Storten ter bespreking van de resultaten en geformuleerde adviezen.

De tweede versie van het rapport bevat de verwerkte commentaren van het Overleg Flexibel Storten (versie 2.0, dd. 06/12/2016) en wordt verspreid naar de vergunningverlenende instanties. Deze versie wordt ook voorgelegd aan de Commissie Monitoring Westerschelde.

De derde versie is het definitief rapport en is opgesteld na verwerking van de reactie en commentaar van de Comissie Monitoring Westerschelde (versie 3.0, dd. 28/04/2017).

# 2. OVERZICHT VAN AANGELEVERDE DATA

*In dit hoofdstuk wordt een beknopt overzicht gegeven van de aangeleverde en geanalyseerde data.*

De monitoringgegevens worden over het algemeen verzameld, beheerd en herverdeeld door het Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ). Het VLIZ heeft dan ook een belangrijke rol gespeeld bij de dataverstrekking in het kader van de huidige studie. Alle gegevens werden gevalideerd door de aanleverende instanties.

## 2.1 INGREPEN

### *Bagger- en stortactiviteiten*

De gedetailleerde gegevens inzake bagger- en stortactiviteiten sinds de derde verruiming worden bijgehouden door afdeling Maritieme Toegang in het Bagger Informatie Systeem (BIS) en zijn voor deze opdracht aangeleverd in Excel formaat. Deze dataset staat gekend als Moneos fiche S-MD-V-007b_Ingreepgegevens_baggerhoeveelheden. De data is in voorliggend rapport weergegeven tot en met juni 2016.

De baggerstatistiek sinds 1895 werd aangeleverd door afdeling Maritieme Toegang. Deze dataset bevat bagger- en stortgegevens voor de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde tot en met 2015, gegroepeerd per week.

### *Zandwinning*

Gegeven inzake zandwinning in de Westerschelde voor 2014 en 2015 werden aangeleverd in Excel-formaat vanuit Rijkswaterstaat.

Gegeven inzake zandwinning in de Beneden-Zeeschelde voor 2014 werden aangeleverd in Excel-formaat vanuit afdeling Maritieme Toegang. De zandwinvolumes voor 2015 in de Beneden-Zeeschelde werden meegedeeld vanuit afdeling Maritieme Toegang (per email).

### *Havenstortingen Westerschelde*

Vanuit Rijkswaterstaat werden gegevens inzake havenstortingen in de Westerschelde aangeleverd als Excel-bestand tot eind 2015.

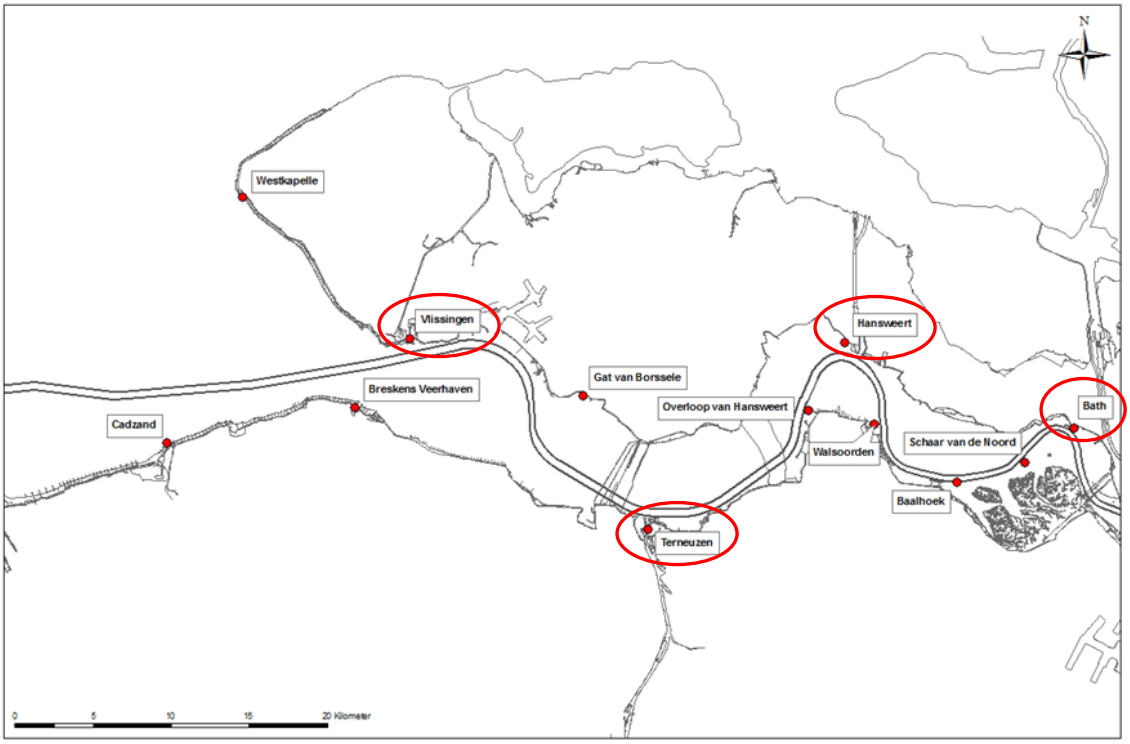
### *Geulwandverdedigingen*

Gegevens inzake geulwandstortingen zijn opgenomen in het databestand Moneos fiche S-MD-V-007b_Ingreepgegevens_baggerhoeveelheden.

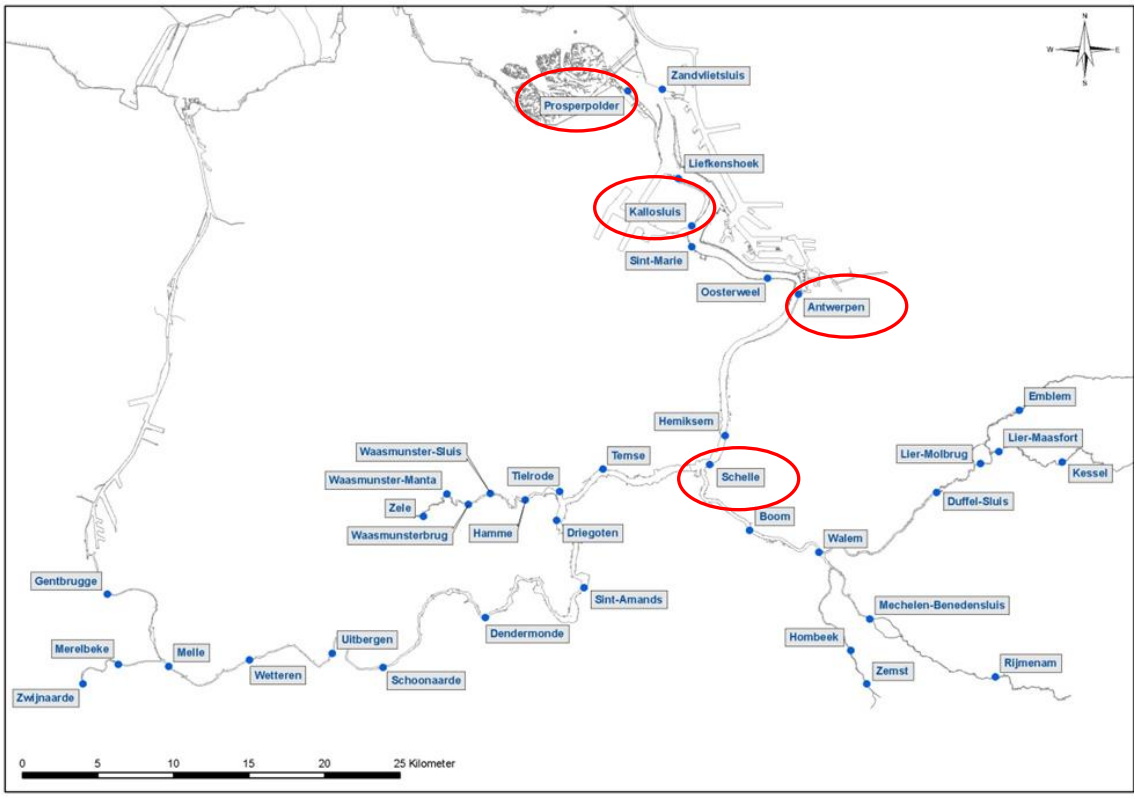
## 2.2 HYDRODYNAMIEK

### *Getij*

Getijgegevens zijn beschikbaar in verschillende meetstations in zowel de Westerschelde (Nederland) als de Zeeschelde (Vlaanderen). In de Westerschelde worden in dit rapport de meetstations te Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Bath beschouwd (Figuur 2-1). In de Beneden-Zeeschelde worden de meetstations te Prosperpolder, Kallosluis, Antwerpen-loodsgebouw en Schelle beschouwd (Figuur 2-2).




*Figuur 2-1: Locaties van de Nederlandse getijmeetstations in de met indicatie van de stations beschouwd in dit rapport (omcirkeld).*




*Figuur 2-2: Locaties van de Vlaamse getij meetstations in de Zeeschelde met indicatie van de stations beschouwd in dit rapport (omcirkeld).*

Tabel 2-1 geeft een overzicht van de databronnen voor de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden en de getijslag. Tot en met 2009 worden de data en trends overgenomen van het T2009 rapport (T2009-consortium, 2014). Vanaf 2010 worden deze tijdreeksen aangevuld met de nieuw beschikbare metingen.

Alle jaargemiddelde waterstanden zijn uitgedrukt in TAW voor de Vlaamse stations en in NAP voor de Nederlandse stations.

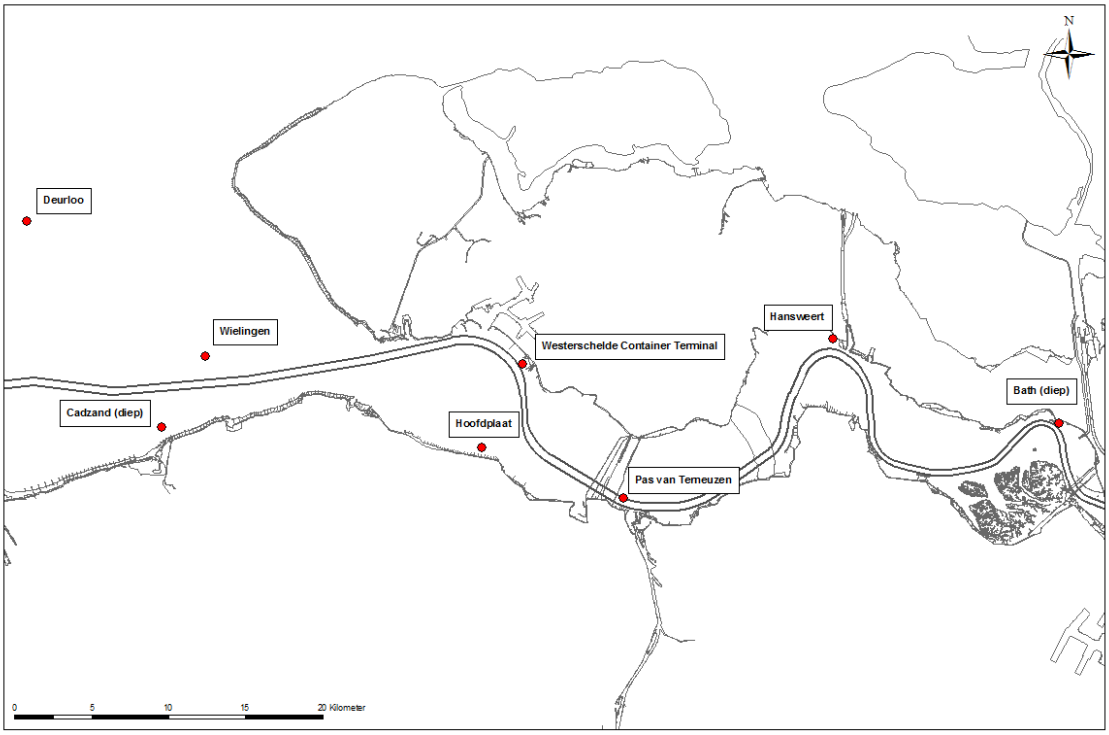
*Tabel 2-1: Overzicht van de databronnen voor de jaargemiddelde waterstanden.*

| Bron | Locatie | Periode | Parameters |
|---|---|---|---|
| T2009 dataset (T2009-consortium, 2014) | Beneden-Zeeschelde en Westerschelde | t.e.m. 2009 | Jaargemiddeld HW, LW en getijslag |
| MONEOS 2010 (Taverniers *et al.*, 2011) | Beneden-Zeeschelde | 2010 | Jaargemiddeld HW, LW en getijslag |
| MONEOS 2011 (Vereecken *et al.*, 2012) | Beneden-Zeeschelde | 2011 | Jaargemiddeld HW, LW en getijslag |
| MONEOS 2012 (Vanlierde et al., 2013) | Beneden-Zeeschelde | 2012 | Jaargemiddeld HW, LW en getijslag |
| MONEOS 2013 (Vanlierde et al., 2014) | Beneden-Zeeschelde | 2013 | Jaargemiddeld HW, LW en getijslag |
| MONEOS 2014 (Vanlierde *et al.*, 2015) | Beneden-Zeeschelde | 2014 | Jaargemiddeld HW, LW en getijslag |
| MONEOS 2015 (Vanlierde *et al.*, 2016) | Beneden-Zeeschelde | 2015 | Jaargemiddeld HW, LW en getijslag |
| Voortgangsrapport 1 (IMDC *et al.*, 2013b) | Westerschelde | 2010 - 2011 | Jaargemiddeld HW, LW en getijslag |
| Datarapportage 2013 Westerschelde | Westerschelde | 2012 | Jaargemiddeld HW, LW en getijslag |
| Dataset Rijkswaterstaat (HWLW_HC_Westerschelde_ 2013) | Westerschelde | 2013 | Jaargemiddeld HW, LW en getijslag |
| Dataset Rijkswaterstaat (Bijlage 11a_datarapportage_mwtl_ rws_2014_wat_getij_golven_ctu.xlsx) | Westerschelde | 2014 | Jaargemiddeld HW, LW en getijslag |
| Dataset Rijkswaterstaat (hwlw2015.zip) | Westerschelde | 2015 | Jaargemiddeld HW, LW en getijslag |

De peilschalen langs de Zeeschelde zijn midden 2013 opnieuw topografisch ingemeten. Hieruit bleek dat er verticale fouten aanwezig waren, opgetreden tussen 2013 en de laatste opmetingen (enkele decennia geleden). De door het WL aangeleverde gegevens voor 2013, 2014 en 2015 werden hiervoor gecorrigeerd. Om vergelijkbaarheid met de voorgaande datapunten mogelijk te maken, en verdere aanpassingen in de trendanalyse te vermijden, werd in dit rapport gewerkt met de data zonder correctie voor de peilschalen.

### *Golven*

Op verschillende locaties langsheen de Westerschelde en in de monding van de Westerschelde (Figuur 2-3, Tabel 2-2) worden golfmetingen uitgevoerd door de Meetinformatiedienst van Rijkswaterstaat Zee en Delta. De veldmetingen worden ingewonnen en globaal gevalideerd door Hydro Meteo Centrum Zeeland (HMCZ).




*Figuur 2-3: Meetlocaties van de golven langsheen de Westerschelde.*

*Tabel 2-2: Overzicht van de databronnen voor de golfwerking.*

| Locatie | Code | X-coord RD [m] | Y-coord RD [m] | Type | Meetperiode | Bron |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bath (diep) | BAT2 | 73080 | 379550 | stappenbaak | 1998 - heden | Rijkswaterstaat |
| Hansweert | HAWI | 58395 | 384989 | stappenbaak | 1998 - heden | Rijkswaterstaat |
| Pas van Terneuzen | PVT1 | 44795 | 374708 | waverider | 2001 - 2011 | Rijkswaterstaat |
| Hoofdplaat | HFPL | 35614 | 377930 | stappenbaak | 1998 - heden | Rijkswaterstaat |
| Westerschelde Container Terminal | WTC1[1] | 38268 | 383383 | waverider | 2000 - 2010 | Rijkswaterstaat |
| Cadzand (diep) | CADW[2] | 14800 | 379251 | dir. waverider | 1997 - heden | Rijkswaterstaat |
| Wielingen | WIEL | 17641 | 383875 | waverider | 1984 - heden | Rijkswaterstaat |
| Deurloo | DELO[3] | 6071 | 392601 | dir. waverider | 1984 - heden | Rijkswaterstaat |

[1] De positie van de meetlocatie WTC1 is per 12 mei 2005 gewijzigd, na deze datum is de locatie X=38185; Y=383481 geworden.

[2] De positie van de meetlocatie CADW is per 21 paril 2006 gewijzigd, na deze datum is de locatie X=14588; Y=379998 geworden.

[3] Per 13 maart 2002 werd de gewone waverider te Deurloo vervangen door een directionele waverider.

### *Stroomsnelheden*

#### *Plaatranden in de Westerschelde*

Als onderdeel van de metingen binnen het MONEOS-T Uitvoeringsplan wordt op iedere plaatrandstortzone in de Westerschelde op verschillende tijdstippen de stroomsnelheid en -richting gemeten. Er zijn in totaal 12 raaien gedefinieerd in de Westerschelde, waarbij per raai één punt gelegen is in het ondiep water in de stortzone en drie punten op het intergetijdengebied op de plaat (zie Bijlage C.1). Afhankelijk van de ontwikkelingen en de uitgevoerde werken worden bepaalde locaties gemeten. Minstens één maal per jaar worden de verschillende raaien opgemeten. De meetduur bedraagt ongeveer 2 volledige springtij-doodtij-cycli (1 maand). Op de plaat wordt gemeten met een AquaDopp Profiler (2Mhz) en op een diepte van -5 m LAT m.b.v. een Teledyne RDI ADCP gemonteerd in een frame.

De data zijn rechtstreeks van Rijkswaterstaat verkregen via https://waterberichtgeving.rws.nl/nl/monitoring_stroom.htm. Een overzicht wordt gegeven in Tabel 2-3. De resultaten worden ook weergegeven in Bijlage C.2: hierbij wordt telkens de maximum vertikaalgemiddelde vloedsnelheid uitgezet tegenover de gemiddelde rijzing in een nabijgelegen waterstandspunt, en analoog voor de ebsnelheid tov. de daling.

De resultaten van de metingen zijn ook weergegeven in de kwartaalrapporten van RWS (Zee en Delta, Meetadviesdienst) in het kader van de opvolging van het Flexibel Storten, verzameld in ‘Datarapportage 2015’ (Jentink *et al.*, 2016) en een memo ‘Toelichting op de resultaten toetsing criterium sedimentatie/erosie plaathoogtes’ (Schrijver, 2014b).

Sinds het voorgaande voortgangsrapport werden enkel nieuwe metingen uitgevoerd op Hooge Platen Noord en de Plaat van Walsoorden. Voor de andere locaties (Hooge Platen West, Rug van Baarland, Plaat van Valkenisse) is geen nieuwe data beschikbaar; deze worden in het huidige rapport dan ook niet verder beschouwd.

*Tabel 2-3: Overzicht van de databronnen voor de stroomsnelheden aan de plaatranden in de Westerschelde. (* : deze plaat betreft geen plaatrandstortlocatie)*

| Bron | Locatie | Periode | Parameters | Aantal meetraaien |
|---|---|---|---|---|
| Rijkswaterstaat | Hooge Platen West | 2010 - 2015 | Stroomsnelheid en -richting | 1 |
| Rijkswaterstaat | Hooge Platen Noord | 2010 - 2015 | Stroomsnelheid en -richting | 4 |
| Rijkswaterstaat | Rug van Baarland | 2010 - 2015 | Stroomsnelheid en -richting | 4 |
| Rijkswaterstaat | Plaat van Ossenisse* | 2010 - 2015 | Stroomsnelheid en -richting | 10 meetlocaties |
| Rijkswaterstaat | Plaat van Walsoorden | 2010 - 2015 | Stroomsnelheid en -richting | 2 |
| Rijkswaterstaat | Plaat van Valkenisse* | 2010 - 2015 | Stroomsnelheid en -richting | 1 |

*Meetpunten in de Beneden-Zeeschelde*

De stroomsnelheden in de Beneden-Zeeschelde worden gerapporteerd in het MONEOS factual datarapport van het Waterbouwkundig Laboratorium (Vanlierde *et al.*, 2016). De figuren worden hieruit rechtstreeks overgenomen.

*Tabel 2-4: Overzicht van de databronnen voor de stroomsnelheden in de meetpunten in de Beneden-Zeeschelde.*

| Bron | Locatie | Periode | Parameters |
|---|---|---|---|
| MONEOS 2015 (Vanlierde *et al.*, 2016) | Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) | 2008 - 2015 | Maximale eb- en vloedsnelheid van de stroom i.f.v. respectievelijk de daling en rijzing van het getij |

## 2.3 MORFOLOGIE EN LEEFOMGEVING

### 2.3.1 Morfologie

***Westerschelde***

Voor de Westerschelde werden de vaklodingskaarten, opgenomen door Rijkswaterstaat in 2014 en 2015, beschikbaar gesteld. Deze diepterasters geven de bathymetrie en de morfologie weer van de Westerschelde in het betreffende jaar. De aangeleverde bodemgrids hebben een celgrootte van 20 m met het NAP-vlak als verticaal referentiepeil. De vaklodingen startten in de jaren ’50 en worden jaarlijks herhaald. Aan de hand van het verschil van deze dieptegegevens worden bodemveranderingen zichtbaar. Om de morfologische entiteiten beter te kunnen onderscheiden werden de aangeleverde diepterasters ook gebruikt om schaduw nuances (*hill shade*) aan te geven.

De vakloding van 2014 bedekt het gebied vanaf de Drempel van Zandvliet, stroomafwaarts tot aan de Westerscheldemonding nabij Vlissingen. Het aangeleverde diepteraster van 2015 strekt zich verder uit, tot voorbij Westkapelle. De diepte- en verschilkaarten van de Westerschelde zijn opgenomen in Bijlage D.

Er werd een recent rapport inzake de monitoring van de geulwandverdedigingen in de Westerschelde opgeleverd (Sinke, 2014).

***Beneden-Zeeschelde***

De gebiedsdekkende vaklodingskaarten van de Beneden-Zeeschelde, opgenomen in 2014 en 2015 werden beschikbaar gesteld door de Vlaams Hydrografie en Maritieme Toegang. De bodemgrids worden aangeleverd met een celgrootte van 1m. De aanlevering is een compilatie van de bathymetrische data van volgende secties: Saeftinge-Doel, Doel-Fort Filip, Fort Filip-Oosterweel, Rede van Antwerpen, Rupelmonde-Burcht, de Noordzeeterminal en het Deurganckdok. Daarnaast worden ook de sluiscomplexen afzonderlijk gepeild. De diepte- en verschilkaarten van de Beneden-Zeeschelde zijn opgenomen in Bijlage E.

### 2.3.2 Hoogte slikken en platen

De hoogte van de slikken en platen in de Westerschelde wordt 2 maal per jaar bepaald door Rijkswaterstaat. Hiertoe worden de volgende (meet)gegevens verzameld:

- RTK-raai hoogtemeting op slikken en platen (1 maal per jaar). (Bijlage G).
- RTK-punt hoogtemeting (sedimentatie/erosie; 2 maal per jaar). (Bijlage G, Bijlage H)
- Plaatrandlodingen (2 maal per jaar) (Bijlage F)
- RTK-raai hoogtemeting op schorranden (1 maal per jaar).

Deze data worden jaarlijks gebundeld en werden ook gedeeltelijk digitaal beschikbaar gesteld (Jentink *et al.*, 2014, 2016; Jentink, 2015a). Per plaatrand zijn er ook afzonderlijke kwartaalrapporten of halfjaarlijkse rapporten aangeleverd (Jentink, 2015b, 2015c, 2015d, 2015e).

Voor de hoogtemetingen op slikken en de schorren in de Beneden-Zeeschelde wordt verwezen naar de eerstelijnsrapportage inzake de toestand in 2015, opgesteld in kader van het MONEOS-project (INBO, 2016).

### 2.3.3 Integrale analyse meetpunten

Bemonstering van de RTK-meetpunten, uitgevoerd door Rijkswaterstaat, gebeurde tot 2014 vier maal per jaar. Vanaf 2015 wordt deze bemonstering slechts twee maal uitgevoerd. Naast de RTK-hoogteligging wordt ook het geomorfologisch type, het lutumgehalte, en de hoeveelheid wadpieren, vlokreeftjes (*Corophium*), kokkels (*Cerastoderma* edule) en algemeen bodemleven (rijkdom) bepaald. De data wordt opgeleverd per meetpunt als Excel-bestand. Het ecotooptype werd afgeleid uit de beschikbare ecotoopkaarten opgesteld voor de Westerschelde.

Merk op dat er geen bemonsteringen meer zijn uitgevoerd voor bepaling van de sedimentsamenstelling en chlorofyl-A gehalte, zoals in vorige rapportages weergegeven.

### 2.3.4 Het watervolume in de geulen

Jaarlijks worden het watervolume in de neven- en hoofdgeulen van de Westerschelde berekend door Rijkswaterstaat Zee en Delta. Hier worden ook aanvullende analysegegevens zoals de kantelindex, de getijdevolumes en ingreepgegevens toegelicht.

De veranderingen van het berekende watervolume in de nevengeulen worden jaarlijks bepaald aan de hand van:

- Jaarlijkse topobathymetrische opnames (Rijkswaterstaat Zee en Delta);
- Maximaal stortvolume per jaar per nevengeul zoals vastgelegd in de vergunningen.

De data die in voorliggend rapport zijn opgenomen bevatten metingen tot en met 1 januari 2015 (Schrijver, 2015). De gepresenteerde volumes zijn dus geldig voor de periode van vijf jaar na de start van de verruiming.

### 2.3.5 Stabiliteit plaatrandstortingen

De monitoring van de plaatrandstortingen gebeurt aan de hand van maandelijkse rapportages. Hierin worden volgende gegevens verwerkt:

- Topobathymetrische opnames van de stortgebieden bij de plaatranden (Bijlage F).
- Bagger- en stortgegevens.

Op basis daarvan wordt via (twee)maandelijkse rapporten verslag uitgebracht, met een beschrijving en analyse van de aangeleverde gegevens. In deze rapporten gaat bijzondere aandacht naar de plaatrandstortingen en de stabiliteit van de teruggestorte sedimenten op die locaties. In voorliggend rapport worden de gegevens t.e.m. de toetsing 6 jaar na de start van de verdiepingswerken mee opgenomen.

### 2.3.6 Ecotooparealen

#### *Westerschelde*

Voor de derde voortgangsrapportage werd de ecotopenkaart van 2015 verwerkt. Deze werd opgesteld en is aangeleverd in GIS-formaat door Rijkswaterstaat Zee en Delta. De ecotopenkaart van 2015 geeft de status weer 5 jaar na de start van de verruiming.

De ecotopenkaarten zijn niet enkel opgesteld op basis van reële metingen maar ook op basis van interpretatie en deskundig oordeel van geomorfologische kaarten en modelberekeningen (Rijkswaterstaat, 2006). De kaarten zijn weergegeven in Bijlage I.

#### *Beneden-Zeeschelde*

Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) stelt de ecotopenkaarten op voor de Zeeschelde. De ecotopenkaart van de Zeeschelde wordt opgebouwd op basis van 2 basisinformatielagen: een fysiotopenkaart en een geomorfologische kaart (INBO, 2016).

In voorliggend rapport zijn de ecotoopkaarten van 2013 en 2014 opgenomen. Naast de areaaloppervlaktes, kunnen ook de ecotoop oppervlakte-veranderingen worden afgeleid. Bijlage J bevat de ecotoopkaarten van 2010, 2013 en 2014 en de wijzigingen tussen de initiële situatie in 2010 en de meest recente in 2014.

## 2.4 FYSICOCHEMIE EN WATERKWALITEIT

Fysicochemische gegevens werden verzameld volgens het Uitvoeringsplan MONEOS-T (Schrijver en Plancke, 2008) en samengevat in Tabel 2-5 (Westerschelde) en Tabel 2-6 (Beneden-Zeeschelde).

*Tabel 2-5: Overzicht databronnen Westerschelde*

| Parameter | Bron | Locaties | Periode | MONEOS - datafiche |
|---|---|---|---|---|
| Zwevende Stof | Rijkswaterstaat (Vroom *et al.*, 2013) | Vlissingen boei SSVH, Terneuzen boei 20, Hansweert geul, Schaar van Ouden Doel | 1980-2015 | S-FC-N-019 |
| Lichtextinctie | Rijkswaterstaat (Vroom *et al.*, 2013) | Vlissingen boei SSVH, Terneuzen boei 20, Hansweert geul, Schaar van Ouden Doel | 1993-2015 | S-FC-N-028 |
| Chlorofyl a gehalte waterkolom | Rijkswaterstaat (Vroom *et al.*, 2013) | Vlissingen boei SSVH, Terneuzen boei 20, Hansweert geul, Schaar van Ouden Doel | 1990-2015 | S-FC-N-012 |
| Chloride-gehalte | Rijkswaterstaat (Vroom *et al.*, 2013) | Vlissingen boei SSVH, Terneuzen boei 20, Hansweert geul, Schaar van Ouden Doel | 1965-2015 | S-FC-N-021 |
| Chloride-gehalte (continue metingen) | (Spronk en Vereecken, 2010) | Vlakte van de Raan, Overloop van Hansweert, Baalhoek | 2012-2015 | S-FC-N-001 |
| Chemische kwaliteit waterbodem | Vlaamse Milieu-maatschappij (VMM 2002-2015b) | Zie sectie 6.5.1.2.1 | 1995-2015 | S-MD-V-004c |

*Tabel 2-6: Overzicht databronnen Beneden-Zeeschelde*

| Parameter | Bron | Locaties | Periode | MONEOS-datafiche |
|---|---|---|---|---|
| Zwevende stof (periodieke metingen) | OMES-MONEOS (Maris *et al.*, 2013; Vanlierde *et al.*, 2016) | Grens, Liefkenshoek, Punt van Melsele, Antwerpen, Kruibeke | 1996-2015 | S-FC-V-019 |
| Zwevende stof (continue metingen) | OMES-MONEOS (Maris *et al.*, 2013; Vanlierde *et al.*, 2016) | Oosterweel | 2001-2015 | S-FC-V-005 |
| | | Boei 84, Driegoten | 2006-2015 | S-FC-V-005 |
| | | Lillo | 2015 | S-FC-V-005 |
| Lichtextinctie | OMES-MONEOS (Maris *et al.*, 2013; Vanlierde *et al.*, 2016) | Grens, Liefkenshoek, Punt van Melsele, Antwerpen, Kruibeke | 2002-2015 | S-FC-V-020 |
| Chlorofyl a gehalte in de waterkolom | OMES-MONEOS (Maris *et al.*, 2013; Vanlierde *et al.*, 2016) | Grens, Liefkenshoek, Punt van Melsele, Antwerpen, Kruibeke | 2002-2015 | S-FC-V-012 |
| Chlorofyl a gehalte op de schorren | OMES (Maris *et al.*, 2013) | Groot Buitenschoor, Boerenschans | 2006-2015 | S-EF-V-002 |
| Chloride-gehalte | OMES-MONEOS (Maris *et al.*, 2013; Vanlierde *et al.*, 2016) | Grens, Liefkenshoek, Punt van Melsele, Antwerpen, Kruibeke | 1996-2015 | S-FC-V-021 |
| Chloride-gehalte (continue metingen) | OMES-MONEOS (Maris *et al.*, 2013; Vanlierde *et al.*, 2016) | Oosterweel, Boei 84, Driegoten | 2010-2015 | S-FC-V-001 |
| Chemische kwaliteit waterbodem. | Vlaamse Milieu-maatschappij (VMM 2002-2015a) | Zie §6.5.1.1.1 | 2002-2015 | S-MD-V-004c |

## 2.5 FAUNA (WESTERSCHELDE)

De data voor de fauna rapportage en analyse worden hieronder per type opgelijst. Dit onderdeel handelt specifiek over de Westerschelde, die worden opgelegd i.k.v. de Nb-vergunning. De parameters maken geen onderdeel uit van het Uitvoeringsplan MONEOS-T, maar horen verder thuis bij de 6-jaarlijkse evaluatie van de systeemmonitoring.

### *Benthos*

#### *Kwantitatieve data*

- Monitoring schelpdieren 1992-2015 Westerschelde (WOT Westerschelde: kokkelsurvey); Er wordt opgemerkt dat deze gegevens niet het volledige benthos omvatten. De weergegeven biomassa's zijn gebaseerd op versgewicht.
- Monitoring benthos Westerschelde 1992-2014 (Water, Verkeer en Leefomgeving dienst van Rijkswaterstaat – MWTL meetplan (Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands – Milieumeetnet Rijkswateren)). De gegevens zijn afkomstig van MWTL Macrozoöbenthos bemonsteringen, analyses en sedimentbemonstering in de Delta; Westerschelde en Oosterschelde, (perceel A), uitgevoerd door de Monitor Taakgroep van het NIOZ. De weergegeven biomassa's zijn gebaseerd op asvrij drooggewicht.

  Merk op dat de sedimentanalysegegevens niet mee geleverd zijn.

#### *Kwalitatieve data*

- Monitoring sedimentatie-erosie op ca. 130 locaties in de Westerschelde. Iedere locatie wordt vier maal per jaar gemeten door RWS, in de maanden maart, mei, september en december, sinds september 2008.

### *Vogels*

#### *Watervogels*

- Monitoring watervogels juli 2009 - juni 2015 (MWTL)
  - Rapportages "Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta" (Strucker *et al.*, 2010, 2011, 2012, 2013, Arts *et al.*, 2014, 2015, 2016).
  - Vanaf maart 2013 is het telprogramma gewijzigd, waardoor deze data niet één op één vergeleken kan worden met de voorgaande jaren. Aangezien Sovon Vogelonderzoek Nederland reeds een uitgebreide analyse heeft gemaakt van deze vogelteldata, zijn deze resultaten in het voortgangsrapport overgenomen.

#### *Broedvogels*

- Monitoring broedvogels 1979-2015 (MWTL) op basis van aangeleverde data (199-2008 en 2013-2015) en datarapporten (Kustbroedvogels in het Deltagebied) 2009-2012.

### *Zeehonden (Westerschelde)*

- Monitoring zeezoogdieren juli 2008 - juni 2015 (MWTL)
  - Rapportages "Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta" (Strucker *et al.*, 2010, 2011, 2012, 2013, Arts *et al.*, 2014, 2015, 2016).
  - De provincie Zeeland voerde tot in juni 2013 tellingen uit, maar met ingang van seizoen 2013/2014 worden de tellingen uitgevoerd in samenwerking met Rijkswaterstaat en worden de resultaten niet afzonderlijk weergegeven.

# 3. INGREPEN

*In het hoofdstuk Ingrepen wordt een overzicht gegeven van de bagger- en stortwerkzaamheden, zandwinningsactiviteiten, en andere menselijke ingrepen die in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde zijn uitgevoerd.*

Sinds de jaren ’90 hebben de baggerschepen die actief zijn op de Schelde, het Baggerinformatiesysteem (BIS) aan boord. Dit systeem registreert continu de positie van het schip en de voornaamste baggerparameters. De geregistreerde gegevens worden verzameld in een databank met baggergegevens, de zgn. baggerstatistiek. Dit laat ons toe de gebaggerde en gestorte hoeveelheden te gaan opdelen, bijvoorbeeld per land (Nederland of België), per jaar, per soort specie (zand of slib), per type baggerwerk (onderhoud of verdieping).

In dit hoofdstuk worden de uitgevoerde baggerhoeveelheden van de derde verruiming vergeleken met de vergunde hoeveelheden en de berekende prognoses uit het MER (Consortium Arcadis-Technum, 2007b, 2007a). Ook worden de onderhoudsvolumes weergegeven.

*Opmerking: De bagger- en storthoeveelheden zijn in de baggerstatistiek uitgedrukt in m³ in beun voor zand en in m³ equivalent (of gereduceerd) volume (V’) voor slib. Het equivalent volume V’ is het volume slib omgerekend naar een bulkdensiteit van 2 ton per m³ op basis van het waargenomen beunvolume en de beunmassa. Het voordeel van deze weergave t.o.v. beunvolumes is dat densiteitsverschillen ten gevolg van variërende waterinhoud geen rol spelen. Daarnaast valt de ook de massa droge stof te berekenen, door het gereduceerde volume te vermenigvuldigen met 1,606* (Roose, 2008)*.*

*Voor de zandvolumes in de Westerschelde wordt in voorliggend rapport echter gewerkt met in situ volumes, waarbij volgende omrekening gebruikt wordt:* $V_{beun}$ / $V_{in\ situ}$ = *1,12* (Consortium Arcadis-Technum, 2007a)*. De zandvolumes voor de Beneden-Zeeschelde worden steeds weergegeven in beun m³.*

## 3.1 BAGGERWERKZAAMHEDEN WESTERSCHELDE

### 3.1.1 Baggeractiviteiten

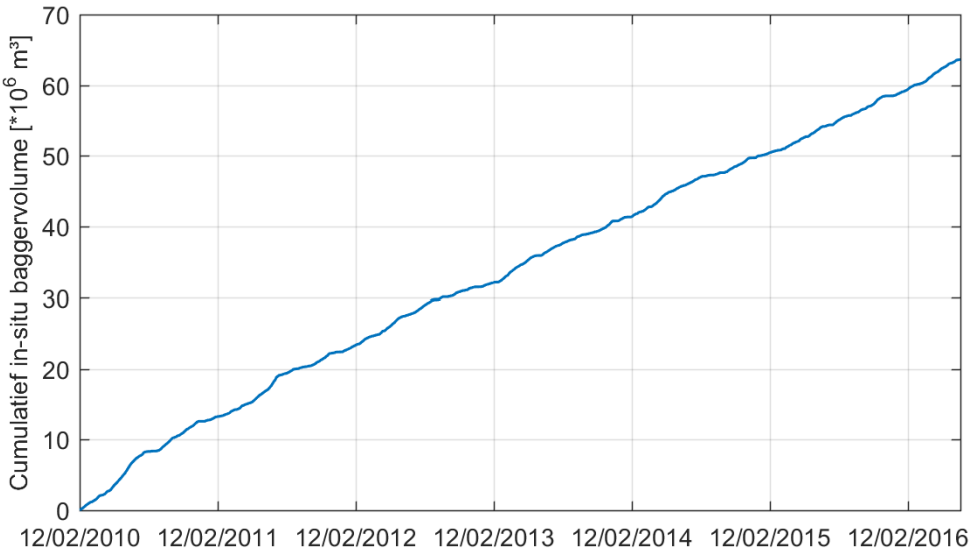
Het verwachte jaarlijkse baggeronderhoudsvolume voor de eerste 5 jaar (vanaf 2010) in de Westerschelde, zoals weergegeven in het MER (Consortium Arcadis-Technum, 2007b, 2007a), bedraagt 11,7 Mm³. Het gerealiseerde jaarlijks gebaggerde volume zand wordt weergegeven in Tabel 3-1. Het onderhoudsvolume voor 2010 is relatief laag (5,7 Mm³) omdat het aanlegvolume van 7,7 Mm³ hierbij niet is inbegrepen. Vanaf 2011 ligt het onderhoudsvolume hoger dan voorafgaand aan 2010, maar de totalen blijven wel ruim onder de verwachtingswaarde uit het MER en liggen rond de 9 à 10 Mm³. Per kalenderjaar lijken ze iets af te nemen, maar per vergunningsjaar is dit minder duidelijk. Aangezien er eind juni 2016 5,2 Mm³ in situ gebaggerd is, wordt verwacht dat in het zesde jaar na de verruiming opnieuw ca. 9 à 10 Mm³ onderhoudsbaggerwerk zal uitgevoerd worden. Figuur 3-1 illustreert het cumulatieve verloop van het totale baggervolume over de gehele Westerschelde over de eerste 6 vergunningsjaren (onderhoud en aanleg).

*Tabel 3-1: Jaarlijks onderhoudsvolume (excl. aanleg) zand in de Westerschelde [Mm³ in situ] per kalenderjaar.*

| 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | *2016 tot 30/6* | Verwachting MER |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **5,7** | 9,5 | 9,1 | 9,3 | 8,9 | 8,8 | *5,2* | 11,7 |

*Tabel 3-2: Jaarlijks baggervolume in de Westerschelde [Mm³ in situ] per vergunningsjaar[4] (VJ).*

| VJ 1 | VJ 2 | VJ 3 | VJ4 | VJ 5 | VJ 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| **13,2** | 10,1 | 8,8 | 9,3 | 9,0 | 8,9 |




*Figuur 3-1: Cumulatief baggervolume Westerschelde (aanleg en onderhoud).*

In Bijlage A.1 worden de cumulatieve bagger- en storthoeveelheden weergegeven per vergunningsjaar en locatie (grafieken en tabellen).

- Het eerste vergunningsjaar (12/02/2010 - 11/02/2011) omvat verdiepingswerk en onderhoud. Verdiepingswerkzaamheden (ca. 7,7 Mm³) zijn uitgevoerd op alle drempels opwaarts van Vlissingen. Het grootste volume aan verdiepingsspecie werd weggehaald op de Drempel van Hansweert (ca. 1,4 Mm³) en op de Drempel van Valkenisse (ca. 1,1 Mm³). Het zwaartepunt van de onderhoudswerkzaamheden is gelegen op de Drempel van Hansweert (ca. 1,4 Mm³) en de Drempel van Borssele (ca. 1,3 Mm³).

[4] Een vergunningsjaar omvat de periode tussen 12 februari van een jaar tot en met 11 februari van het daaropvolgende jaar. Het eerste vergunningsjaar loopt van 12 februari 2010 tot en met 11 februari 2011.

- In het tweede vergunningsjaar (12/02/2011 - 11/02/2012) zijn er nog ca. 0,2 Mm³ verdiepingsbaggerwerken uitgevoerd, vooral in het Gat van Ossenisse. Het totale volume aan onderhoudsbaggerwerken bedraagt ca. 9,9 Mm³. De grootste onderhoudsvolumes zijn afkomstig uit macrocel 5 (bevat de Drempel van Hansweert) (ca. 3,5 Mm³) en macrocel 3 (ca. 2 Mm³).
- In het derde vergunningsjaar (12/02/2012 - 11/02/2013) is de baggerinspanning op een vergelijkbare manier verdeeld over de verschillende drempels. De Drempel van Hansweert (ca. 1,9 Mm³) is de belangrijkste baggerlocatie, gevolgd door de Drempel van Borssele (ca. 1 Mm³).
- Tijdens het vierde vergunningsjaar (12/02/2013 - 11/02/2014) vindt opnieuw een belangrijk deel van de baggerwerken plaats in macrocel 5 (ca. 3,9 Mm³), zowel op de Drempel van Hansweert (ca. 2,6 Mm³) als op de Overloop van Valkenisse (ca. 1,3 Mm³). Ook op de Drempel van Borssele werd ca. 1,3 Mm³ sediment verwijderd.
- Gedurende het vijfde vergunningsjaar (12/02/2014 – 11/02/2015) zijn de baggerinspanningen op een gelijkaardige manier verdeeld. Op de Drempel van Hansweert is ca. 2,3 Mm³ weggehaald, op de Overloop van Valkenisse ca. 1,3 Mm³ en op de Drempel van Borssele is ca. 1,4 Mm³ verwijderd.
- Ook het zesde vergunningsjaar (12/02/2015 – 11/02/2016) kent een gelijkaardige verdeling van de baggerwerken. Op de Drempel van Hansweert werd 2,7 Mm³ opgebaggerd, op de Drempel van Borssele werd 1,2 Mm³ verwijderd.
- Het zevende vergunningsjaar (vanaf 12/02/2016) lijkt qua verhoudingen dezelfde richting op te gaan. Op de Drempel van Hansweert is er op 30/06/2016 reeds 1,8 Mm³ sediment gebaggerd.

Bijlage A bevat ook grafieken met de baggervolumes per locatie over de verschillende vergunningsjaren heen.

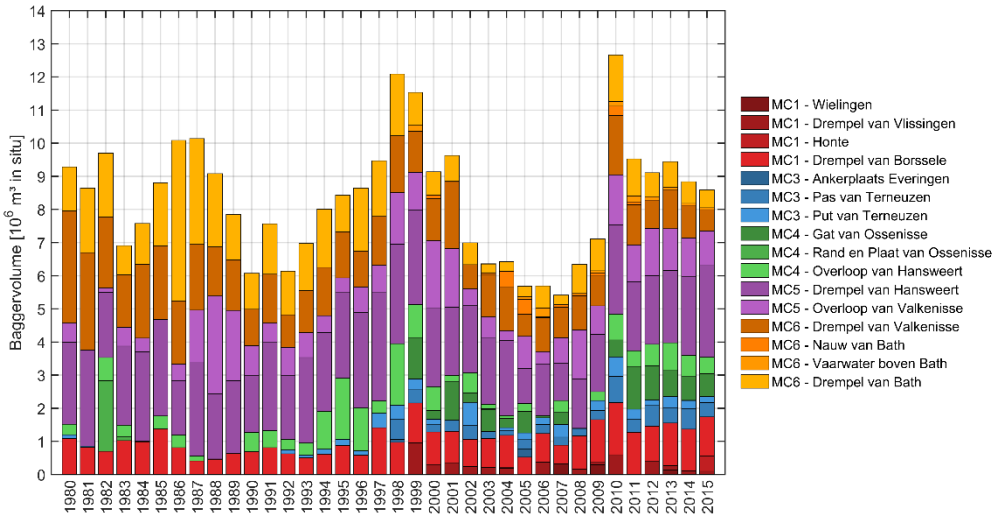
- Op de Drempel van Vlissingen (macrocel 1) worden sporadisch beperkte volumes baggermateriaal verwijderd. Tijdens de eerste vijf vergunningsjaren werd 1,2 Mm³ specie opgebaggerd. In de tweede vergunningsperiode (van 12/02/2015 tot 30/06/2016) is reeds ca. 340 000 m³ verwijderd.
- Sinds het voorjaar van 2015 worden ook in de Honte ongeveer tweemaal per jaar baggerwerkzaamheden uitgevoerd. Het totaal in de tweede vergunningsperiode tot 30/06/2016 bedraagt ca. 290 000 m³.
- De Drempel van Borssele (macrocel 3) is een belangrijke baggerlocatie die frequent onderhouden wordt. Het gebaggerde volume bedraagt op het einde van de eerste vergunningsperiode 6,6 Mm³ in situ. In de tweede vergunningsperiode is tot 30/06/2016 reeds 1,6 Mm³ verwijderd.
- Aan de Pas van Terneuzen (macrocel 3) wordt sinds de start van de verdieping enkele keren per jaar gebaggerd. In de eerste vergunningsperiode is hier 2,9 Mm³ materiaal verwijderd. Voor de tweede vergunningsperiode bedraagt dit op 30/06/2016 ca. 680 000 m³.

- De Put van Terneuzen (macrocel 3) kent jaarlijks of halfjaarlijks korte, intensieve baggercampagnes. In de eerste vergunningsperiode bedraagt het verwijderde volume 1,6 Mm³, in de tweede vergunningsperiode bedraagt het verwijderde volume op 30/06/2016 ca. 250 000 m³.
- In de eerste jaren na de verdieping werd het Gat van Ossenisse (macrocel 4) regelmatig onderhouden. Sindsdien neemt het jaarlijks baggervolume langzaam af. In de eerste vijf vergunningsjaren werd er 4,4 Mm³ baggerspecie opgehaald. In de tweede vergunningsperiode bedraagt dit op 30/06/2016 reeds 1,1 Mm³.
- De Overloop van Hansweert (macrocel 4) wordt regelmatig onderhouden. Het totaal gebaggerde volume in de eerste vergunningsperiode bedraagt bijna 3,4 Mm³. In de tweede vergunningsperiode is op 30/06/2016 reeds 700 000 m³ in situ gebaggerd.
- Op de Drempel van Hansweert (macrocel 5) is intensief onderhoud noodzakelijk. In de periode juni-juli 2010 is er sterk gebaggerd voor de derde verruiming, nadien worden continu onderhoudsbaggerwerken uitgevoerd. In de eerste vergunningsperiode wordt er een totaal in-situ volume verwijderd van 11,8 Mm³. Ook in de tweede vergunningsperiode ligt het verwijderde volume hoog.
- Ook op de Overloop van Valkenisse (macrocel 5) zijn regelmatig intensieve onderhoudswerkzaamheden noodzakelijk. In de eerste vergunningsperiode werd er ca. 6,3 Mm³ materiaal verwijderd. Tot 30/06/2016 werd er in de tweede vergunningsperiode ook reeds 1,4 Mm³ verwijderd.
- De Bocht van Walsoorden (macrocel 5) werd vooral in vergunningsjaar 1 en 2 en recent opnieuw in vergunningsjaar 6 en 7 onderhouden. In de eerste vergunningsperiode werd er ca. 700 000 m³ sediment opgebaggerd, in de tweede vergunningsperiode bedraagt dit op 30/06/2016 ca. 180 000 m³.
- De Drempel van Valkenisse (macrocel 6) kende in de eerste vergunningsperiode een totaal onderhoud van 6 Mm³. Sinds 12/02/2015 bedraagt het onderhoud 1,1 Mm³.
- In het Nauw van Bath (macrocel 6) is er in vergunningsjaar 1 en 2 een hoeveelheid van bijna 370 000 m³ in situ gebaggerd. Nadien werden geen baggerwerken meer uitgevoerd.
- De Drempel van Bath (macrocel 7) is een belangrijke baggerlocatie waar regelmatig onderhoudsbaggerwerken worden uitgevoerd. In de eerste vijf vergunningsjaren werd hier bijna 4,7 Mm³ materiaal verwijderd. In de tweede vergunningsperiode bedraagt het onderhoudsvolume bijna 1 Mm² tussen 12/02/2015 en 30/06/2016.
- In het Vaarwater boven Bath (macrocel 7) wordt na de initiële verdieping ongeveer jaarlijks een bijkomende baggerinspanning geleverd voor onderhoud. De onderhoudsvolumes zijn doorgaans klein. In de eerste vergunningsperiode werd er ca. 540 000 m³ sediment verwijderd. In de tweede vergunningsperiode bedraagt dit op 30/06/2016 ca. 51 000 m³.

Een overzicht van de baggerwerkzaamheden wordt weergegeven in Figuur 3-2 en Bijlage A.1.1 (groter formaat). Elke macrocel wordt weergegeven in een verschillende kleur in Figuur 3-2, en de verschillende baggerzones binnen elke macrocel door verschillende schakeringen.

***Samenvatting***

- In de periode sinds het begin van de derde verruiming tot de laatste dag waarvoor gegevens beschikbaar waren (12/2/2010 tot 30/06/2016) lag het zwaartepunt van de baggerwerken (onderhoud en aanleg) in macrocel 5 (ca. 25 Mm³ in situ). Voor macrocel 3 betrof het baggervolume bijna 14 Mm³ in situ, terwijl er in macrocellen 4, 6 en 7 respectievelijk ca. 10, 7 en 6 Mm³ in situ gebaggerd werd. Macrocel 1 omvatte bijna 2 Mm³ in situ aan baggerwerken.
- De belangrijkste baggerzones zijn de Drempel van Hansweert (>16 Mm³ in situ) en de Drempel van Borssele (ruim 8 Mm³), Overloop van Valkenisse (bijna 8 Mm³) en de Drempel van Valkenisse (ruim 7 Mm³).




*Figuur 3-2: Baggervolumes op verschillende locaties in de Westerschelde (1980 – 2015). Elke macrocel wordt weergegeven in een verschillende kleur, en de verschillende baggerzones binnen elke macrocel door verschillende schakeringen.*

## 3.1.2 Stortgegevens

Tabel 3-5 geeft een overzicht van de totaal gestorte in situ volumes in de Westerschelde tijdens de eerste vergunningsperiode. In Tabel 3-6 zijn de gestorte in situ volumes voor de periode 12/02/2015 – 30/06/2016 opgenomen. De tabellen geven het totale gestorte volume per macrocel en de totalen voor alle hoofdgeulen, nevengeulen en plaatranden van alle macrocellen samen. Zowel de aanlegvolumes van de verruiming als de onderhoudsvolumes worden beschouwd. In Tabel 3-3 en Tabel 3-4 is de maximaal vergunde stortcapaciteit per stortzone voor beide vergunningsperiodes weergegeven.

In de eerste vergunningsperiode werd in geen enkele stortzone de vergunde hoeveelheid overschreden. Alle verdiepingsspecie en een deel van de onderhoudsspecie werd aangebracht op de plaatranden. Van de vijf vergunde nevengeulstortzones, werd tijdens de eerste vergunningsperiode enkel baggermateriaal aangebracht in SN11, SN31 en SN51.

In nevengeulstortvak SN51 werd beperkt gestort als gevolg van bezorgdheid over te sterke verondieping. Door sterke autonome sedimentatie werd ook beslist om ook geen aanvullend sediment te verspreiden in het Middelgat (nevengeulstortvak SN41).

Ook in SN61 zijn geen stortingen uitgevoerd als gevolg van de te ondiepe ligging van het stortvak. In de hoofdgeulstortvakken is in SH41 94 %, in SH51 92 % en in SH61 57 % van de vergunde volumes uitgevoerd. Tabel 3-5 en Tabel 3-6 geven de jaarlijkse stortvolumes in de verschillende macrocellen en gebieden.

In de tweede vergunningsperiode worden de stortvolumes gelijkmatig verdeeld over de plaatranden, de nevengeulen en de hoofdgeulstortzones. Reeds 11 % van de vergunde capaciteit voor de tweede vergunningsperiode is op 30/06/2016 al op de plaatranden aangebracht, een gelijkaardig percentage is reeds in de hoofgeulstortzones gestort en ca. 10 % van de vergunde capaciteit is in de nevengeulen geklept.

*Tabel 3-3: Maximaal vergunde stortcapaciteit (Mm³ in situ) voor de eerste vergunningsperiode (2010-2015)*

| Macrocel | Hoofdgeul | Nevengeul | Plaatrand(en) | Totaal |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 5 500 000 | 8 200 000 | **13 700 000** |
| 3 | 0 | 6 000 000 | 0 | **6 000 000** |
| 4 | 15 500 000 | 2 000 000 | 5 000 000 | **22 500 000** |
| 5 | 3 500 000 | 7 000 000 | 6 500 000 | **17 000 000** |
| 6 | 3 500 000 | 1 500 000 | 0 | **5 000 000** |
| 7 | 2 000 000 | 0 | 0 | **2 000 000** |
| **Totaal** | **24 500 000** | **22 000 000** | **19 700 000** | **66 200 000** |

*Tabel 3-4: Maximaal vergunde stortcapaciteit (Mm³ in situ) voor de tweede vergunningsperiode (2015 - 2022)*

| Macrocel | Hoofdgeul | Nevengeul | Plaatrand(en) | Totaal |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 7 700 000 | 7 100 000 | **14 800 000** |
| 3 | 0 | 8 400 000 | 0 | **8 400 000** |
| 4 | 27 700 000 | 2 800 000 | 3 400 000 | **33 900 000** |
| 5 | 4 900 000 | 9 800 000 | 6 300 000 | **21 000 000** |
| 6 | 4 900 000 | 2 100 000 | 0 | **7 000 000** |
| 7 | 2 800 000 | 0 | 0 | **2 800 000** |
| **Totaal** | **40 300 000** | **30 800 000** | **16 800 000** | **87 900 000** |

*Tabel 3-5: Samenvatting gestorte in-situ volumes (in m³) tussen 12 februari 2010 en 11 februari 2015 (vergunningsjaar 1 tem 5), per macrocel.*

| 12-02-2010 tot en met 11-02-2015 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Macrocel** | **Hoofdgeul** | **Nevengeul** | **Plaatrand(en)** | **Totaal** |
| 1 | -- | 5 382 188 | 6 932 439 | **12 314 628** |
| 3 | -- | 5 463 487 | -- | **5 463 487** |
| 4 | 14 552 452 | 0 | 1 305 019 | **15 857 470** |
| 5 | 3 207 079 | 2 984 518 | 6 200 722 | **12 392 319** |
| 6 | 1 997 428 | 0 | -- | **1 997 428** |
| 7 | 0 | -- | -- | **0** |
| **Totaal** | **19 756 958** | **13 830 193** | **14 438 180** | **48 025 331** |

*Tabel 3-6: Samenvatting gestorte in-situ volumes (in m³) tussen 12 februari 2015 en 30 juni 2016 (vergunningsjaar 6 en een deel van 7), per macrocel.*

| 12-02-2015 tot en met 30-06-2016 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Macrocel** | **Hoofdgeul** | **Nevengeul** | **Plaatrand(en)** | **Totaal** |
| 1 | -- | 1 296 653 | 796 229 | **2 092 881** |
| 3 | -- | 1 734 823 | -- | **1 734 823** |
| 4 | 3 250 422 | 0 | 0 | **3 250 422** |
| 5 | 766 631 | 0 | 1 003 661 | **1 770 292** |
| 6 | 178 237 | 0 | -- | **178 237** |
| 7 | 272 073 | -- | -- | **272 073** |
| **Totaal** | **4 467 363** | **3 031 476** | **1 799 889** | **9 298 729** |

In de vergunning is een extra randvoorwaarde voor de stortingen opgenomen. De maximale storthoeveelheden in de nevengeulen zijn ook per jaar beperkt, ook deze zijn nooit overschreden.

Net zoals voor de baggervolumes, wordt voor de tabellen met de storthoeveelheden per vergunningsjaar voor de verschillende locaties en macrocellen verwezen naar Bijlage A.

- In het eerste vergunningsjaar is het merendeel van de stortingen uitgevoerd in de plaatrandstortzones. Verdiepingsbaggerspecie is er aangewend voor de aanleg van ondiepe zandruggen op de plaatranden, met als doel om op termijn laagdynamisch, ecologisch waardevol gebied te creëren zoals vooropgesteld in het Protocol Voorwaarden Flexibel Storten. De grootste hoeveelheden zijn aangebracht op Hooge Platen Noord (ca. 3,5 Mm³) en Plaat van Walsoorden (ca. 3,7 Mm³). Op de Hooge Platen West (ca. 2 Mm³) en de Rug van Baarland (ca. 0,7 Mm³) is er gedurende het eerste vergunningsjaar minder baggerspecie aangebracht. Nevengeul stortvakken SN31 (ca. 1 Mm³) en SN51 (ca. 1,3 Mm³) worden ook intensief gebruikt. De stortvolumes in andere stortzones zijn beperkt.
- Tijdens het tweede vergunningsjaar verschuift het zwaartepunt van de stortingen naar hoofdgeulstortvak SH41 (ca. 3,9 Mm³). De overige baggerspecie wordt verdeeld over de beschikbare stortzones, geen enkele zone ontvangt meer dan 1 Mm.
- De stortstrategie gedurende het derde vergunningsjaar is gelijkaardig aan dat van vergunningsjaar twee. In SH41 wordt 2,9 Mm³ gestort. Zowel in SN31 als in SN11 wordt ca. 1,2 Mm³ baggerspecie aangebracht. De overige specie wordt verdeeld over de resterende stortzones.
- Ook het vierde vergunningsjaar kent een gelijkaardige strategie. Er wordt ca. 4,5 Mm³ baggerspecie gestort in SH41, ca. 1,4 Mm³ in SN11 en ca. 1,1 Mm³ in SN31. De overige specie wordt opnieuw verdeeld over de andere stortlocaties.
- Gedurende het vijfde vergunningsjaar ligt het zwaartepunt van de stortingen opnieuw in SH41 (ca. 3,3 Mm³). Nevengeulstortzones SN11 (ca. 1,6 Mm³) en SN31 (ca. 1,2 Mm³) ontvangen ook significante hoeveelheden baggermateriaal. Daarnaast wordt ook een belangrijke hoeveelheid sediment gestort aan de geulwand ter hoogte van het Gat van Ossenisse (ca. 1,3 Mm³). Deze stortingen gebeuren in een afzonderlijk kader en hebben als doel om de erosie aan de geulwandverdediging tegen te gaan. In de overige stortzones zijn de gestorte hoeveelheden beperkt.

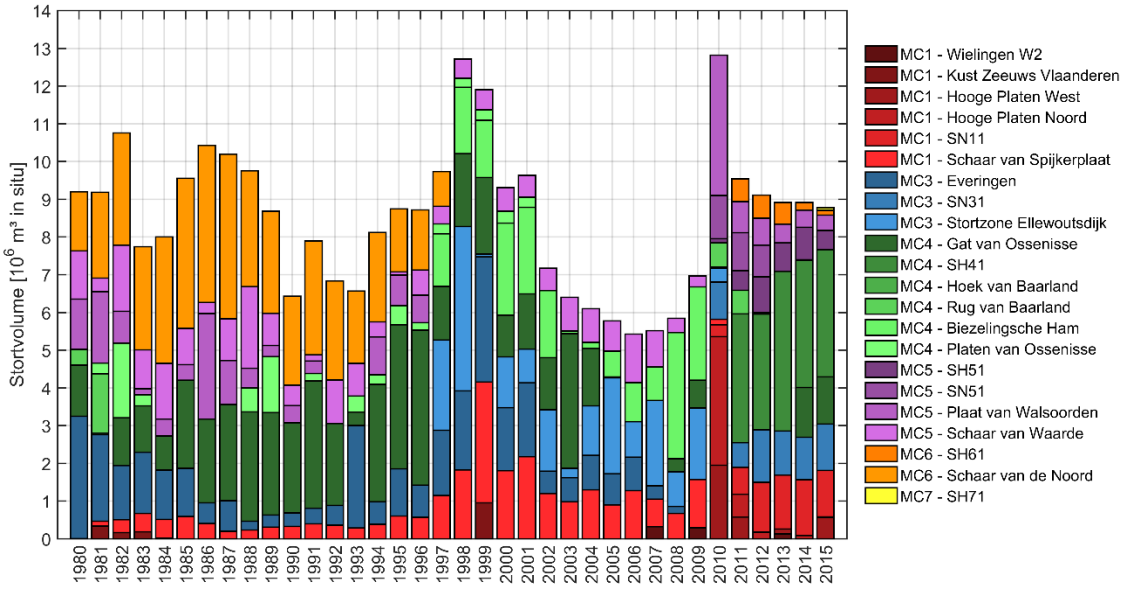
- In de loop van het zesde vergunningsjaar wordt opnieuw een belangrijk deel van het totale stortvolume (ca. 8,9 Mm³) aangebracht in SH41 (ca. 3,1 Mm³). In SN31 (ca. 1,2 Mm³) en SN11 (ca. 1,1 Mm³) worden ook vrij grote volumes aangebracht. Opnieuw worden stortingen aan de Geulwand van het Gat van Ossenisse uitgevoerd. Gedurende vergunningsjaar 6 bedragen de totale hoeveelheid ervan ca. 1,3 Mm³.
- Tijdens de beginmaanden van het zevende vergunningsjaar worden naast de vergunde stortingen en stortingen aan de geulwand van het Gat van Ossenisse ook een aantal stortproeven uitgevoerd die een belangrijk deel van het totale gestorte volume betreffen. Zowel in proefstortzone aan de Diepe Put van Hansweert als in deze aan de Inloop van Ossenisse werd ca. 1 Mm³ baggermateriaal aangebracht. Aan de geulwand van het Gat van Ossenisse is tot 30/06/2016 reeds ca. 3,13 Mm³ aangebracht. Binnen de traditionele stortvergunning liggen de gestorte volumes opmerkelijk lager door het gebruik van deze bijkomende stortzones. In nevengeulstortzone SN31 is ca. 480 000 m³ aangebracht, op de plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden is ca. 400 000 m³ gestort. In alle andere reguliere stortzones is minder dan 200 000 m³ baggerspecie aangebracht.

Verder worden in Bijlage B grafieken weergegeven met de cumulatieve stortvolumes per locatie over de verschillende vergunningsjaren heen.

- Stortvak Hooge Platen Noord (HPN, macrocel 1) werd voornamelijk in de eerste twee vergunningsjaren intensief gebruikt. Hierbij werden ondiepe zandtongen aangelegd waartussen een luw gebied gecreëerd werd (zie ook hoofdstuk 5). In jaar drie, vijf en in het begin van het zesde jaar worden nog kleine hoeveelheden bij gestort. In totaal werd er in de eerste vergunningsperiode ca. 4,3 Mm³ stortingen aangebracht op de plaatrandstortzone. In het begin van het zesde vergunningsjaar is slechts 18 000 m³ gestort.
- Op de Hooge Platen West (macrocel 1) wordt in het eerste vergunningsjaar een groot volume verdiepingsspecie aangebracht. In het tweede vergunningsjaar wordt opnieuw op de plaatrand gestort, waarna er sporadische kleinere volumes worden bijgestort. Vanaf september 2015 wordt weer intensiever gestort op de plaatrand. In de eerste vijf vergunningsjaren werd reeds 2,7 Mm³ baggermateriaal op de plaatrand aangebracht. In de tweede vergunningsperiode is hier tot 30/06/2016 nog ca. 780 000 m³ bijgestort.
- SN11, een nevengeulstortvak in macrocel 1, werd vanaf het einde van het eerste vergunningsjaar tot halfweg het zesde vergunningsjaar vrij continu gebruikt als stortzone. In de eerste vergunningsperiode werd hier 5,4 Mm³ gestort, sindsdien werd 1,3 Mm³ bijgestort (tot 30/06/2016).
- Nevengeulstortvak SN31 (macrocel 3) wordt doorheen de hele periode regelmatig gebruikt als stortvak. In het eerste vergunningsperiode is hier ca. 5,5 Mm³ gestort. In de tweede vergunningsperiode is er tot 30/06/2016 nog 1,7 Mm³ aan aanvullende stortingen uitgevoerd.
- Op de Rug van Baarland (macrocel 4) is enkel in de eerste twee vergunningsjaren gestort (met een totaal volume van 1,3 Mm³). Omwille van bezorgdheid over de sterke autonome sedimentatie is door het Overleg Flexibel Storten beslist hier niet meer te storten sinds begin 2012.

- Het hoofdgeulstortvak SH41 (macrocel 4), een stortvak waarbinnen de diepe erosieput ter hoogte van de Nol van Ossenisse is gelegen, is sinds het tweede vergunningsjaar in gebruik. De stortzone kent in de eerste vijf vergunningsjaren een hoge stortintensiteit en is er 14,6 Mm³ aan baggerspecie aangebracht. Dit is mogelijk door de relatief lage stabiliteit van het gestorte sediment: de lokale hydrodynamica zorgt voor snelle resuspensie (IMDC, 2014b). In het zesde vergunningsjaar ligt de stortintensiteit echter iets lager dan in de jaren ervoor. In het begin van het zevende vergunningsjaar is er door de stortproeven en geulwandstortingen minder gebruik gemaakt van stortvak SH41. Tot 30/06/2016 is tijdens de tweede vergunningsperiode bijna 3,3 Mm³ aan stortingen uitgevoerd in SH41.
- Plaatrandstortvak Plaat van Walsoorden (macrocel 5) is in het eerste vergunningsjaar intensief gebruikt, nadien zijn er ongeveer jaarlijks korte stortcampagnes uitgevoerd waarbij er beperktere volumes op de plaatrand werden aangebracht. In de eerste vergunningsperiode is er 6,2 Mm³ op de plaatrand aangebracht, tussen 12/02/2015 en 30/06/2016 is hier bijkomend nog 1 Mm³ aan stortingen uitgevoerd.
- Hoofdgeulstortvak SH51 (macrocel 5) is over de 5 verschillende vergunningsjaren gebruikt. In de eerste vergunningsperiode bedraagt het totale in-situ stortvolume 3,2 Mm³, in de tweede vergunningsperiode is hier tot 30/06/2016 reeds 770 000 m³ gestort.
- Nevengeulstortvak SN51 (macrocel 5) werd slechts tot het begin van het derde vergunningsjaar gebruikt (3 Mm³) omwille van de ontwikkeling van het watervolume in de nevengeul (toetsparameter Protocol Voorwaarden voor flexibel storten).
- Hoofdgeulstortvak SH61 (macrocel 6) werd sinds het tweede vergunningsjaar vrij frequent als stortvak gebruikt, maar slechts voor kleine hoeveelheden. Sinds het vierde vergunningsjaar nemen de jaarlijkse stortvolumes af, aangezien de bergingscapaciteit in de stortzone sterk verminderd. In de eerste vergunningsperiode werd er ongeveer 2 Mm³ in situ gestort. Tussen 12/02/2015 en 30/06/2016 werd er in de tweede vergunningsperiode nog ca. 180 000 m³ bijkomend aangebracht.
- Hoofdgeulstortzone SH71 werd in de eerste vergunningsperiode niet gebruikt, in de tweede vergunningsperiode is hier tot 30/06/2016 300 000 m³ geklept.
- In het zevende vergunningsjaar zijn er in het kader van een proefstortvergunning stortingen uitgevoerd in die Diepe Put van Hansweert en aan de Inloop van Ossenisse. In beide zones bedraagt het gestorte volume bijna 1 Mm³.
- Ten slotte wordt vermeld dat in het kader van een afzonderlijke vergunning, zand gesuppleerd is aan het strand van Hoek van Baarland (MC4, 32 000 m³). Verder zijn geulwandstortingen uitgevoerd in het Gat van Ossenisse (MC4) ter hoogte van de Platen van Hulst in de periode 2014-2016. Het betreft tot 30/06/2016 een volume van 3,1 Mm³ in situ. Deze geulwandstoringen vallen buiten de reguliere stortvergunning, maar dienen wel vermeld te worden vanuit het belang voor de ontwikkeling van het gebied.

Deze ontwikkelingen worden ook weergegeven in Bijlage A en Figuur 3-3 waar eveneens de belangrijkste stortlocaties in de voorbije decennia aangegeven zijn.




*Figuur 3-3: Stortlocaties in de Westerschelde tussen 1980 en 2015. Elke macrocel wordt weergegeven in een verschillende kleur, en de verschillende stortzones binnen elke macrocel door verschillende schakeringen.*

### *Samenvatting*

- Enkele stortvakken zoals SN41 en SN61 werden nog niet gebruikt om specie te bergen;
    - In SN41 (Middelgat) werd niet gestort op basis van de reeds sterke autonome sedimentatie in het gebied. Bijkomend storten zou conflicteren met de Voorwaarde voor Flexibel Storten dat het watervolume in de nevengeul niet onder een specifieke grenswaarde mag afnemen.
    - SN61 is niet gebruikt omdat het praktisch onmogelijk is om met baggerschepen in het gebied te komen wegens beperkte diepgang.
- De stortingen op de plaatranden (HPN, HPW, RVB en PWA) gebeurden voornamelijk in de eerste twee vergunningsjaren omdat het grootste aandeel van de plaatrandstortingen werd gerealiseerd met de aanlegspecie van de derde verruiming.
    - Op de Hooge Platen West wordt baggerspecie aangebracht op de westelijke plaatpunt. De specie migreert opwaarts doorheen de vloedschaar aan het Plaatje van Breskens en voedt zo de groei van dit plaatje.
    - Op de Hooge Platen Noord werden in mei en augustus 2014 en februari 2015 nog beperkte volumes aan stortingen uitgevoerd om erosie van de oostelijke zandtong te voorkomen.

  - In aansluiting met de conclusies van het Overleg Flexibel Storten op 17/04/2012 werd in het derde vergunningsjaar en nadien niet meer op de plaatrandstortzone Rug van Baarland gestort. Voor de deze stortzone geldt dezelfde opmerking als SN41: omdat de plaatrandstortzone deels in de nevengeul ligt, en de bezorgdheid door de sterke autonome sedimentatie, is er niet meer gestort in deze stortzone.
  - Op de Plaat van Walsoorden werd de oorspronkelijk aangelegde megaduin uitgebreid en werden er stortingen aan de zuidelijke vloedschaar uitgevoerd om ook daar een verondieping te realiseren.

- De stortingen in de hoofdgeul gebeurden in de eerste vergunningsperiode enkel in de macrocellen 4, 5 en 6 met een duidelijke overheersing van macrocel 4: bijna 18 Mm³ in situ. In de tweede vergunningsperiode wordt er ook voor het eerst een beperkt volume (270 000 m³) in SH71 gestort.
- In de nevengeul worden vooral de vakken SN11 en SN31 gebruikt. Omwille van de afname van het watervolume, wordt niet meer gestort in SN51.
- De meest gebruikte stortvakken zijn SH41 (bijna 18 Mm³ in situ), Plaat van Walsoorden en SN31 (beiden ruim 7 Mm³ in situ) en SN11 (bijna 7 Mm³ in situ).

De resultaten liggen in de lijn van de vergunde stortcapaciteit. Zoals te lezen in Tabel 3-5, verschillen de volumes sterk per macrocel en per geul/plaatrand. Het zwaartepunt van de reeds uitgevoerde stortingen valt samen met dat van de vergunde volumes.

### 3.1.3 Relatie bagger- en stortlocaties

Dit hoofdstuk beschrijft verder waar de gebaggerde specie gestort wordt. In Bijlage A.1.3 wordt per vergunningsjaar een tabel gegeven waarin de hoeveelheden opgesplitst worden per macrocel en dan per bagger- of stortvak.

Alle verdiepingsspecie is naar de plaatranden gebracht. De stortcampagne op Hooge Platen West (HPW) is uitgevoerd met zand met voldoende korrelgrootte om aan de sterke stromingen te weerstaan, en aangevoerd vanuit het oostelijk deel van de Westerschelde.

Na de aanleg was het uitgangspunt om zoveel mogelijk specie binnen dezelfde macrocel te storten als waar ze gebaggerd is. Ten gevolge van besluiten in het kader van het Overleg Flexibel storten, konden niet alle stortzones volledig benut worden en is er specie stroomafwaarts gestort wanneer de stortcapaciteit van de cel niet toereikend bleek. Initieel betrof het voornamelijk specie afkomstig uit Macrocellen 6 en 7, maar later is dit ook gebeurd met specie afkomstig uit macrocellen 3, 4 en 5.

De gebaggerde specie wordt steeds terug in de Schelde gestort, binnen dezelfde landsgrenzen. De uitzondering hierop is dat het Vlaams Gewest jaarlijks ongeveer 300 000 m³ in situ specie van Nederland (drempel van Bath t/m drempel van Hansweert) uit de Westerschelde mocht halen en naar België mag brengen. Deze specie werd aan land gebracht (bijna steeds aan de Waaslandhaven). Binnen deze vergunning werd in 2010 en 2011 ca. 530 000 m³ baggerspecie naar het Doeldok gebracht. In 2013 werd ca. 266 000 m³ naar opgespoten in Prosperpolder. In 2013 is er aanvullend ongeveer 500 000 m³ in situ naar België gebracht (eveneens Prosperpolder).

Dit betreft 2 campagnes die deel uitmaken van een aparte vergunning, in januari-februari 2013 en december 2013. In 2014 en 2015 werd omwille van de stopzetting van zandwinning geen opgebaggerd materiaal naar België afgevoerd. Een overzicht van deze volumes is weergegeven in Bijlage A.1.4.

## 3.2 BAGGERWERKZAAMHEDEN BENEDEN-ZEESCHELDE

### 3.2.1 Baggeractiviteiten

De jaarlijkse hoeveelheid onderhoudsspecie in de Beneden-Zeeschelde wordt weergegeven in Tabel 3-7. Er wordt onderscheid tussen zand en slib gemaakt. De verruiming van de Beneden-Zeeschelde werd in 2010 afgerond. Vanaf 2011 kan het onderhoud na de verruiming geëvalueerd worden.

Vlak na de verruiming ligt het onderhoudsvolume voor zowel zand als slib hoog. De hoeveelheid gebaggerd zand voor onderhoud overstijgt echter nooit het geraamde jaarlijkse onderhoudsvolume in het MER (Consortium Arcadis-Technum, 2007a). Gemiddeld wordt er jaarlijks ca. 1,5 Mm³ zandige onderhoudsspecie gebaggerd in de Beneden-Zeeschelde.

Voor slib ligt het jaarlijkse onderhoudsvolume steeds boven de verwachting die werd vooropgesteld in het MER (Consortium Arcadis-Technum, 2007a), al dient hierbij wel opgemerkt te worden dat dit ook reeds voor de verruiming het geval was. In 2011 ligt het volume aan gebaggerd slib bijna driemaal zo hoog als het verwachte volume. Nadien vertoont het jaarlijkse onderhoudsvolume slib een dalende trend. In 2015 werd nog 2,4 Mm³ V' slib gebaggerd in de Beneden-Zeeschelde, minder dan anderhalf keer het voorspelde volume.

*Tabel 3-7: Uitgevoerde baggerhoeveelheden voor het jaarlijks onderhoud van de Beneden-Zeeschelde [Mm³ in beun voor zand en Mm³ V' voor slib[5]]*

| Soort specie | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | MER |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zand | 1,4 | 1,5 | 0,9 | 2,3 | 1,4 | 1,9 | 2,0 | 1,2 | 2,4 |
| Slib | 1,9 | 2,2 | 2,8 | 4,8 | 3,4 | 3,1 | 2,9 | 2,4 | 1,7 |

*Tabel 3-8: Uitgevoerde baggerhoeveelheden voor het jaarlijks onderhoud en verdieping van de Beneden-Zeeschelde [m³ in beun].*

| Soort specie | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zand | 2,5 | 3,3 | 4,6 | 2,3 | 1,4 | 1,8 | 2,0 | 1,2 |

[5] De verhouding tussen gereduceerd volume V' en het beunvolume is ongeveer 1:4. Deze verhouding varieert als functie van het watergehalte in het gebaggerde slib.

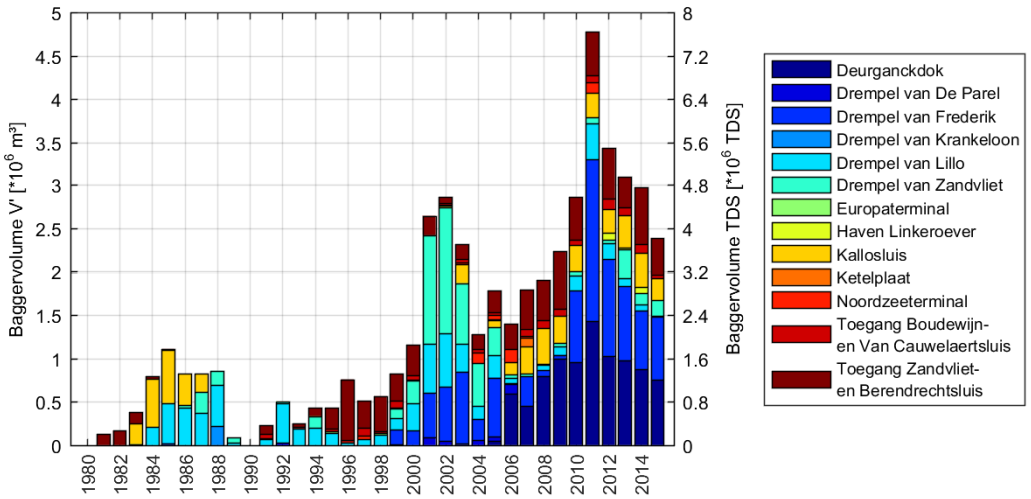
In de Bijlage A.2 worden de volumes uit Tabel 3-7 opgeteld met de verdiepingsvolumes weergegeven waarbij per jaar de onderverdeling in bagger- en stortvakken gemaakt is (de volumes zand zijn weergegeven in m³ in situ, de volumes slib in m³ V').

Het baggeren van slibrijk materiaal concentreert zich vanaf 2008 voornamelijk in het Deurganckdok, na de verdieping in 2010 neemt onderhoudsvolume afkomstig van de Drempel van Frederik sterk toe. Zowel voor als na de verdieping blijven baggerwerken aan de toegangen van de sluizen naar de havendokken op rechter- en linkeroever belangrijke volumes baggerslib leveren. Na de piek in 2011 neemt het totale volume aan gebaggerd slib jaarlijks af met ca. 300 000 tot 500 000 m³.

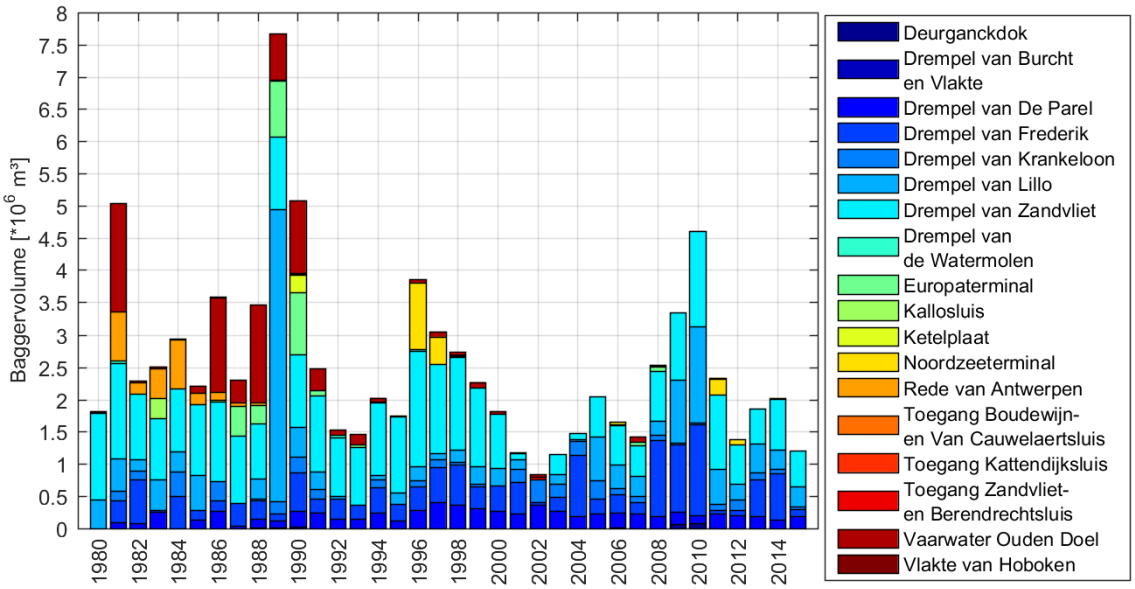
In 2014 wordt 870 000 m³ V' slib opgebaggerd uit het Deurganckdok, ook in 2015 is dit de belangrijkste baggerzone voor slib, dan wordt hier ruim 750 000 m³ V' slib verwijderd. Het Deurganckdok wordt op de voet gevolgd door de Drempel van Frederik als belangrijkste baggerlocatie: 680 000 m³ V' in 2014 en bijna 730 000 m³ V' in 2015. Samen zijn de sluistoegangen ook verantwoordelijk voor een groot volume aan baggermateriaal. In 2014 vertegenwoordigen ze ca. 1,2 Mm³ V' slib en in 2015 ongeveer 720 000 m³ V'. Dit wordt ook weergegeven in Figuur 3-4 waar eveneens de belangrijkste locaties in de voorbije decennia aangegeven zijn.

In het MER (Consortium Arcadis-Technum, 2007c) werd voorspeld dat er meer slib zou gaan sedimenteren aan o.a. de Drempel van Frederik en ter hoogte van de monding van het Deurganckdok als gevolg van de autonome ontwikkeling, en ter hoogte van de Drempel van Frederik als gevolg van de derde verruiming, wat nu inderdaad blijkt te gebeuren. De derde verruiming zelf zou leiden tot een afname van de aanslibbing in het Deurganckdok. Daarnaast werd ook aangegeven dat het totale slibvolume niet significant zou toenemen (er is sprake van een herverdeling, met afname in toegangsgeulen). De slibsedimentatie en hieruit volgende onderhoudsvolumes vallen duidelijk hoger uit dan wat in het MER werd voorzien. De ontwikkelingen rond het Deurganckdok spelen hier echter een rol in: de extensie van het dok in 2007 en de verdieping van het onderhoudsbaggerpeil in 2011. Vooral dit laatste heeft op korte tijd een groot volume slib in het systeem gebracht. Sindsdien wordt echter opnieuw een dalende trend van de jaarlijkse baggervolumes waargenomen, maar in 2015 zijn de baggervolumes nog niet afgenomen tot het peil van voor de verruiming.

Tussen 2008 en 2010 vonden verdiepingswerken plaats in de Beneden-Zeeschelde. De grootste verdiepingsvolumes zand worden verwijderd ter hoogte van de Drempel van Frederik (bijna 2,5 Mm³ zand), op de Drempel van Lillo (ca. 1,8 Mm³ zand) en op de Drempel van Zandvliet (ca. 1,4 Mm³ zand). Nadien concentreert het onderhoud van zandige specie zich voornamelijk op de Drempel van Zandvliet (gemiddeld jaarlijks 500 000 m³), en in mindere mate op de Drempels van Lillo, van Frederik (beiden gem. 300 000 m³ per jaar), van De Parel (ca. 150 000 m³ per jaar) en van Krankeloon (ca. 75 000 m³ per jaar). Sporadisch worden ook kleine onderhoudsvolumes zand weggenomen ter hoogte van de Noordzeeterminal en de Rede van Antwerpen. Dit wordt ook weergegeven in Figuur 3-5 waar eveneens de belangrijkste locaties in de voorbije decennia aangegeven zijn.




*Figuur 3-4: Baggervolume en -locatie van slibrijke specie (m³ V" en TDS) in de Beneden-Zeeschelde tussen 1981 en 2015*




*Figuur 3-5: Baggervolume en -locatie van zandrijke specie in de Beneden-Zeeschelde tussen 1981 en 2015 [m³ in beun].*

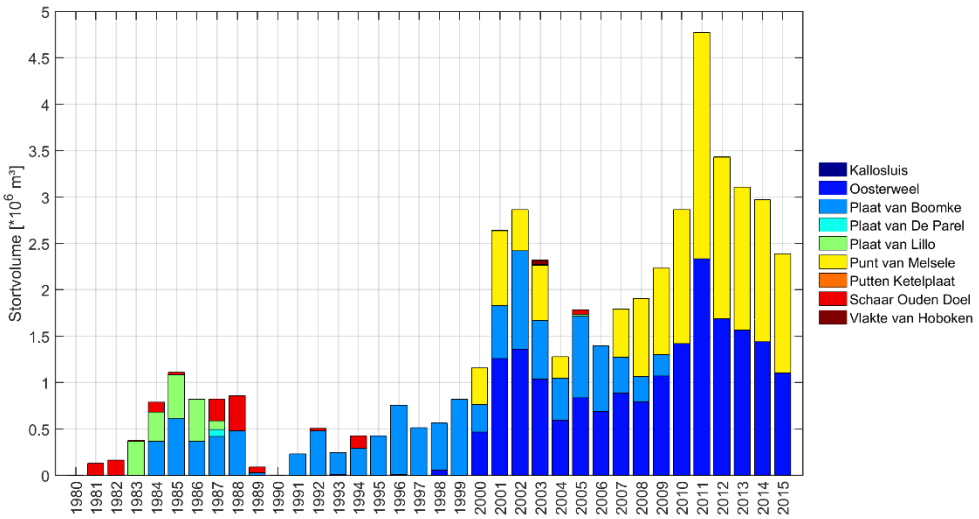
### 3.2.2 Stortgegevens

Net zoals voor de baggervolumes, worden ook voor de Beneden-Zeeschelde de tabellen met de storthoeveelheden per jaar voor de verschillende locaties weergegeven in A.2 (zie hierbij naar de laatste rij van elke tabel).

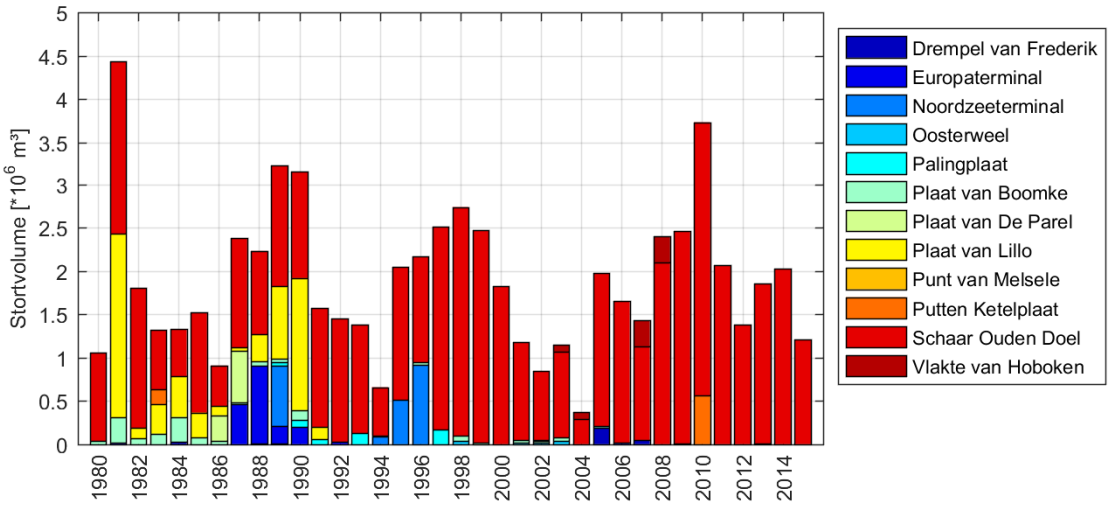
Er kunnen de volgende bemerkingen gemaakt worden:

- De twee in gebruik zijnde **slib**stortvakken zijn de locaties Oosterweel en Punt van Melsele. De stortzones worden gelijkmatig gebruikt, wat bepaald wordt door de stortstrategie waarbij in functie van de getijfase wordt gestort. De Plaat van Boomke werd in 2008 en 2009 voor het laatst gebruikt als stortlocatie. Dit wordt ook weergegeven in Figuur 3-6 waar eveneens de belangrijkste locaties in de voorbije decennia aangegeven zijn.

- De stortlocatie voor **zand** is de Schaar van Ouden Doel (ruim 15 Mm³ in situ sinds 2008). In 2010 werd ook eenmalig ruim 500 000 m³ zand aangebracht in de diepe putten in de vaargeul ter hoogte van de Ketelplaat, dit in kader van een proefstorting met aanlegspecie van de derde verruiming. Verder zijn er de voorbije jaren enkele opspuitwerken uitgevoerd. Deze bestonden meestal uit relatief korte campagnes van enkele honderdduizenden m³ in situ zoals deze te Vlakte van Hoboken (2008) en aan de Prosperpolder (2011). In de Waaslandhaven is er bijna 2 Mm³ in situ opgespoten (2008-2011). Specie die aan land werd gebracht is niet opgenomen in Figuur 3-7.




*Figuur 3-6: Stortvolumes voor slibrijke specie in de Beneden-Zeeschelde (1981 en 2015)*




*Figuur 3-7: Stortvolumes voor zandrijke specie in de Beneden-Zeeschelde (1981 en 2015)*

### 3.2.3 Relatie bagger- en stortlocaties

In de tabellen van Bijlage A.2 worden de slib- en zandhoeveelheden per kalenderjaar opgesplitst en weergegeven waar de gebaggerde specie uit een bepaald baggervak gestort wordt.

Voor slib:

- De gebaggerde slibhoeveelheden worden zeer gelijkmatig verdeeld over de stortvakken Oosterweel en Punt van Melsele, wat verband houdt met de stortstrategie waarbij het stortvak afhangt van de getijfase.

Voor zand:

- Alle gebaggerde zand is de voorbije jaren in de Schaar van Ouden Doel gestort.

### 3.2.4 Compensatiemaatregelen

In de Passende Beoordeling uit het MER (Consortium Arcadis-Technum, 2007d) van de verruiming wordt een concrete uitwerking van de natuurcompensatie voor de verdiepingswerken vermeld (zie Hoofdstuk 6 in de Passende Beoordeling; 4 ha). Het gebied langs de Schelde tussen het Noordkasteel en Fort Filip (zone met een lengte van ongeveer 4,3 km) wordt hier als een zoekgebied voor de compensatie aangeduid. In combinatie met de dijkwerken van Sigmaproject 35 kan er door het afgraven tot een goede uitgangshoogte slik- en schorontwikkeling tot stand komen. Er kan zo 3 ha slik en 3 ha schor gerealiseerd worden.

De aanlegwerken voor slik en schor zijn beëindigd sinds half juli 2014. De totale oppervlakte van het slik en schor dat is gerealiseerd bedraagt 7 ha. In fase 1 van de werken: 2,7 ha en 4,3 ha voor fase 2.

## 3.3 ZANDWINNING

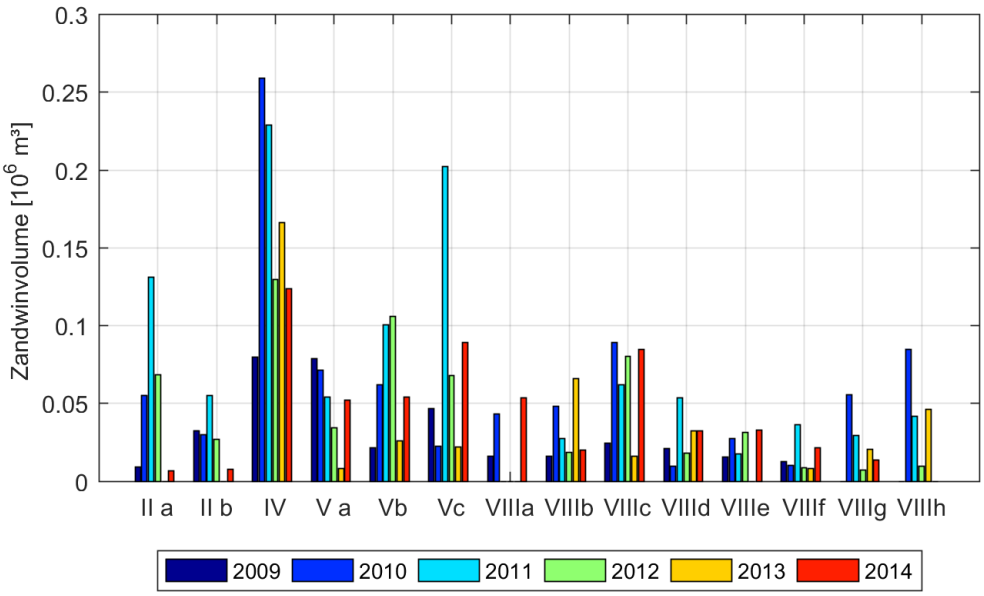
### 3.3.1 Westerschelde

De hoeveelheid gewonnen zand in de Westerschelde tussen 2009 en 2014 wordt weergegeven in Figuur 3-8 per zandwinningsvak (exclusief de (maximaal) 300 000 m³ die jaarlijks naar Vlaanderen wordt gebracht, zie §3.1.3). De locatie van de winningsvakken is weergegeven in Bijlage A.3. Uit vak IV op de Platen van Ossenisse worden de grootste volumes zand onttrokken.

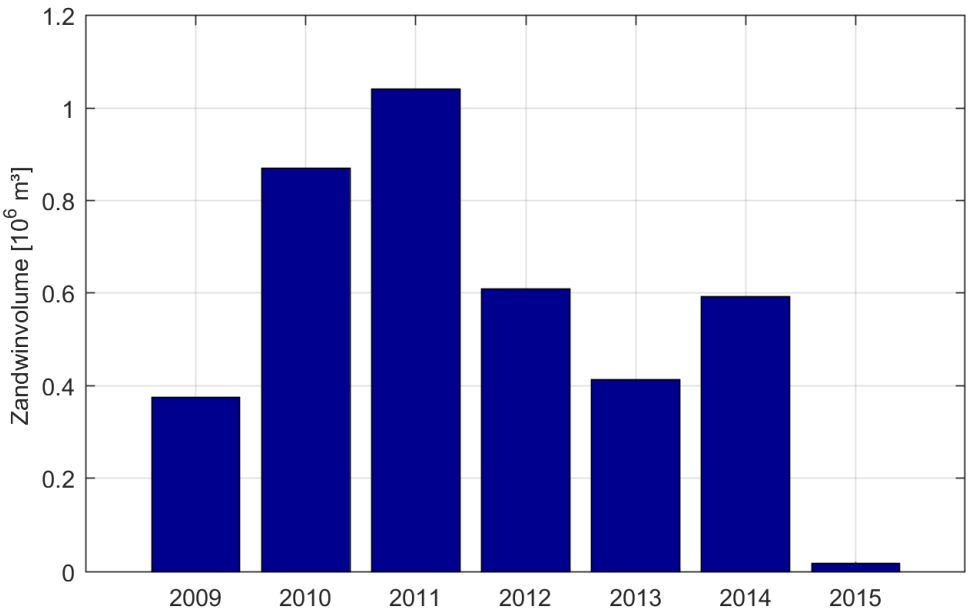
De jaarlijkse totale zandwinvolumes zijn weergegeven in Figuur 3-9. Het grootste volume aan zand werd gewonnen in 2011, in 2012 en 2013 volgde een gestage afbouw als gevolg van het beleid om zandwinning stop te zetten. In 2014 werd nog ruim 600 000 m³ zand gewonnen.

Na 2014 wordt de reguliere zandwinning in de Westerschelde volledig beëindigd. Een pilootproject met zandwinning en terugstorten van zeezand is van start gegaan in september 2015. De eerste resultaten hiervan zijn ook opgenomen in Figuur 3-9, in 2015 werd enkel zand gewonnen (ruim 18 000 m³) en waren nog geen terugstortingen gebeurd.

Merk op dat bij Walsoorden de stortzones en zandwinningsvakken ruimtelijk overlappen en er dus zowel baggerspecie gestort als zand gewonnen wordt. Sinds 2014 is dit echter minder het geval geweest.



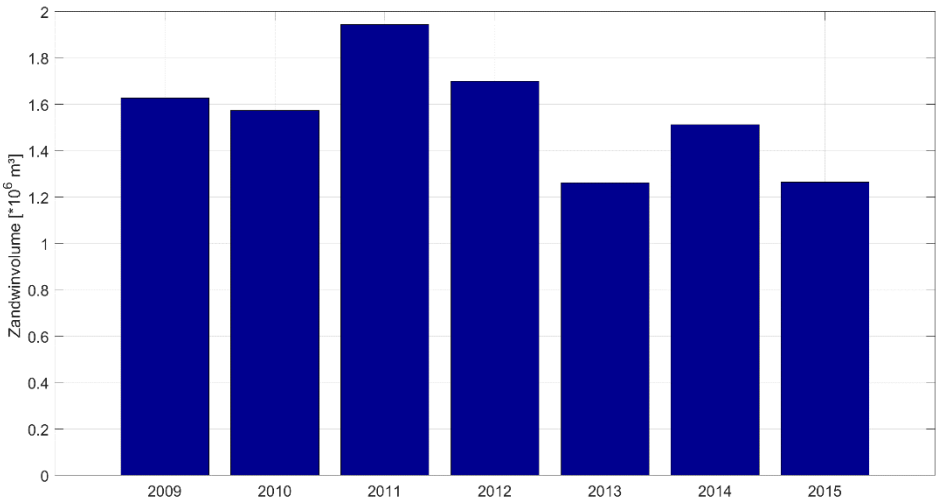

*Figuur 3-8: Overzicht van de hoeveelheid gewonnen zand in de Westerschelde tussen 2009 en 2014 per zandwinningsvak [m³]*




*Figuur 3-9: Overzicht van de hoeveelheid gewonnen zand in de Westerschelde tussen 2009 en 2015. Merk op dat in 2015 enkel in de periode september-december zand gewonnen is in kader van een pilootproject.*

### 3.3.2 Beneden-Zeeschelde

Ook in de Beneden-Zeeschelde werd er de voorbije jaren zand gewonnen. Dit gebeurt op de Schaar van Ouden Doel wat ook de standaard stortlocatie is voor zand in de Beneden-Zeeschelde (zie Hoofdstuk 3.3.2). In Figuur 3-10 worden de jaarlijkse totalen weergeven. De hoeveelheden schommelen rond een gemiddelde van 1,5 Mm³ jaarlijks. Ook hier is het grootste volume zand onttrokken in 2011 (ruim 1,9 Mm³). In 2014 werd er ruim 1,5 Mm³ zandig materiaal uit de Schaar van Ouden Doel verwijderd, en bijna 1,3 Mm³ in 2015.




*Figuur 3-10: Overzicht van de hoeveelheid gewonnen zand in de Beneden-Zeeschelde (Schaar van Ouden Doel) tussen 2009 en 2014 totaal [m³]*

## 3.4 HAVENSTORTINGEN (WESTERSCHELDE)

De storthoeveelheden vanuit de havens (aanleg en onderhoud) tot juli 2015 zijn weergegeven in Tabel 3-9. Dit beeld kan veranderen als de definitieve stortgegevens vanuit de Rijkshavens (bv. Terneuzen Westbuitenhaven) voor 2009 en 2010 beschikbaar komen. Deze worden beheerd door Rijkswaterstaat Zee en Delta. Verder ontbreken nog enkele storthoeveelheden vanuit kleinere havens. De volumes voor Terneuzen Autrichehaven zijn enkel beschikbaar in 2011. In 2008-2009 is de Autrichehaven uitgebreid is van een oorspronkelijke lengte van 225 meter tot een totale lengte van 630 meter.

Bij vergelijking van de havenstortingen over de verschillende jaren, blijkt dat het gestort volume voor de meeste havens gedaald is tot 2010, maar in 2011 stuk hoger ligt. Voornamelijk uit Terneuzen Braakmanhaven en Vlissingen Oost havens werd een groot volume gebaggerd. In 2012 liggen de hoeveelheden opnieuw rond dezelfde grootteorde als voor 2011 met een totaal van 3 à 5 Mm³. In 2015 is 5,7 Mm³ gebaggerd, het hoogste jaarvolume tot nu toe. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen zand en slib aangezien geen exacte sedimentsamenstelling bekend is. Aangezien de sedimentsamenstelling tussen 1955 en 2009 als 60 % zand en 40 % slib beschouwd werd (IMDC *et al.*, 2013a), kan dit voor de jaren nadien benaderend ook gedaan worden.

Het is belangrijk op te merken dat er in de brongegevens geen onderscheid gemaakt wordt tussen onderhoud en nieuwe aanlegwerken. Onderhoudsstortingen worden bovendien gegroepeerd, wat leidt tot geconcentreerde grote hoeveelheden en grote jaarlijkse variaties.

Uit het Basisrapport Morfologie uit het MER Verruiming vaargeul (Consortium Arcadis-Technum, 2007e), blijkt dat er geen negatieve effecten met betrekking tot de stabiliteit van het meergeulensysteem verwacht worden als gevolg van havenstortingen: *“Op schaalniveau van het hele estuarium wordt het effect van de beschouwde storthoeveelheden op de zandbalans verwaarloosbaar klein geschat. Het gebaggerde materiaal uit de havens is immers ooit van het estuarium vandaan gekomen. Er wordt ook voornamelijk gestort in de buurt van de havens. Dit betekent dat de effecten op de zandbalans op het schaalniveau van de verschillende bochtgroepen (macrocellen) ook klein zijn.”*

Desalniettemin is het belangrijk te vermelden dat de omvang van de havenstortingen in vergelijking met de omvang van de onderhoudsbaggerwerken in de Westerschelde, niet onderschat mag worden. Het totaalvolume van de periode begin 2008 – juli 2015 aan gestort sediment vanuit havens (34,4 Mm³) is bijna half zo groot als het volume dat in die periode aan vaargeulonderhoud en –verdieping is uitgevoerd (bijna 77,0 Mm³).

*Tabel 3-9: Storthoeveelheden (onvolledig; zie tekst) vanuit havens in de Westerschelde [Mm³] (data: RWS Zee en Delta). NB betekent "niet beschikbaar".*

| Locatie | Stortvak | Macrocel | Stortvolume (Mm³ in situ) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| **Havens RWS Zee en Delta** | meerdere | meerdere | 1,22 | 1,25 | 1,04 | 1,23 | 1,23 | 1,68 | 2,39 | 2,76 |
| **Terneuzen Braakmanhaven** | W15H | 3 | 1,02 | 1,19 | 0,72 | 1,32 | 0,31 | 1,41 | 0,92 | 1,11 |
| **Terneuzen Autrichehaven** | W16 | 3 | *NB* | *NB* | *NB* | 0,27 | *NB* | *NB* | *NB* | *NB* |
| **Vlissingen Buitenhaven** | W09/W10 | 1 | 0,31 | 0,22 | 0,18 | 0,05 | 0,22 | 0,22 | 0,06 | 0,28 |
| **Vlissingen Oost havens** | W13 | 1 | 1,53 | 1,07 | 0,89 | 1,34 | 1,87 | 1,09 | 1,06 | 1,45 |
| **Hoedekenskerke Jachthaven** | W19 | 4 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| **Jetty steiger Braakmanhaven** | W15H | 3 | *NB* | *NB* | *NB* | 0,55 | *NB* | *NB* | *NB* | *NB* |
| **Vlissingen Sloehaven Scheldepoort werf** | W13 | 1 | *NB* | 0,11 | *NB* | *NB* | *NB* | *NB* | *NB* | *NB* |
| **EPZ Koelwaterinlaat Kerncentrale Borssele** | W20/W21 | 1 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,08 | 0,06 | 0,06 | 0,04 |
| **Breskens Jachthaven** | W17/W18 | 2 | *NB* | *NB* | *NB* | 0,04 | 0,03 | 0,07 | 0,07 | 0,05 |
| **Walsoorden Landbouwhaven** | W22 | 5 | *NB* | *NB* | *NB* | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| **TOTAAL** | | | **4,12** | **3,89** | **2,89** | **4,91** | **3,76** | **4,56** | **4,58** | **5,71** |

## 3.5 GEULWANDVERDEDIGING

Sinds februari 2014 worden er op regelmatige basis geulwandstortingen uitgevoerd ter hoogte van het Gat van Ossenisse. Het totale aangebrachte volume sindsdien bedraagt op 30/06/16 3,13 $Mm^3$.

## 3.6 SAMENVATTING INGREPEN

- De belangrijkste baggerlocaties in de Westerschelde vanaf de 3e verruiming in 2010 en 30 juni 2016 zijn:
    - Drempel van Hansweert
    - Drempel van Valkenisse
    - Drempel van Borssele
    - Ov. Van Valkenisse
    - Drempel van Bath

    Alhoewel ze ruimtelijk beperkter in omvang zijn dan de westelijke drempels, leveren de oostelijke drempels de grootste hoeveelheid onderhoudswerk.

    In de Zeeschelde zijn de belangrijkste onderhoudsbaggerlocaties:

    - Deurganckdok, Drempel van Frederik, Kallosluis en Berendrecht-Zandvlietsluis voor wat betreft het baggeren van slib
    - Drempel van Zandvliet en de Drempel van Lillo voor wat betreft het baggeren van zand.

- De plaatrandstortingen concentreren zich qua omvang in het eerste (aanleg)jaar van het project. In de navolgende jaren zijn eerder kleinere campagnes uitgevoerd.
- Vanuit het Overleg Flexibel Storten is beslist om vanaf het tweede werkjaar niet meer op de Rug van Baarland te storten als voorzorgsmaatregel inzake de sterke autonome sedimentatie in het gebied (incl. de aangrenzende nevengeul Middelgat). Op HPN wordt ook omzichtig omgesprongen omwille van ongewenste ophoging van het westelijk deel van de plaat, en zijn enkel nog stortingen uitgevoerd om de morfologische stabiliteit van de oostelijke zandtong te verzekeren.
- Vanaf projectjaar 2 is het hoofdgeulstortvak SH41 het meest gebruikte stortvak, wat mogelijk is dankzij de relatief snelle resuspensie van het gestorte sediment.
- Enkele nevengeulstortvakken worden niet gebruikt: SN41 (nevengeul Middelgat, autonome sedimentatie), SN61 (Schaar van de Noord, te ondiep). Ook in SN51 is de laatste jaren niet meer gestort omwille van een sterke verondieping.
- In de Beneden-Zeeschelde is in het zand-onderhoud geen duidelijke trend waarneembaar. Voor slib was er een maximum in 2011 (met Drempel van Frederik en Deurganckdok als belangrijke baggerlocaties). Sindsdien vertonen de volumes opnieuw een dalende trend, maar blijven hoger dan voor de verruiming. De slibonderhoudsvolumes liggen ook beduidend hoger dan wat in het MER voorzien was.

- Deurganckdok en de Drempel van Frederik vormen de twee belangrijkste slibsedimentatiegebieden in de laatste jaren, zoals voorspeld in het MER, niet alleen als gevolg van de verruiming maar ook de autonome ontwikkeling. Het MER voorzag een herverdeling in de slibsedimentatie waardoor de totale slibsedimentatie en –onderhoud niet significant zou toenemen, terwijl dit laatste wel het geval blijkt.
- Slibstortingen vinden vooral plaats te Oosterweel en Punt van Melsele, met een intensiteitspiek in 2011. De Plaat van Boomke werd sinds 2009 niet meer benut. De stortplaats voor zand is de Schaar Ouden Doel.
- De zandwinning in de Westerschelde is sinds 2015 beëindigd.
- De stortingen van slib en zand afkomstig uit de havens varieert sterk van jaar tot jaar, maar is ook een belangrijke baggeractiviteit in de Westerschelde die qua omvang ruim 40 % bedraagt van de verruiming en onderhoud sinds 2010.

# 4. HYDRODYNAMIEK

*De veranderingen in de waterbeweging in het estuarium worden bepaald door randvoorwaarden (getij, wind, ruwheid, bovenafvoer) en geometrische eigenschappen (breedte, diepte, convergentie, …). In dit hoofdstuk wordt voor een aantal parameters nagegaan hoe de waterbeweging geëvolueerd is ten opzichte van de situatie voorafgaand aan de derde verruiming en het flexibel storten.*

## 4.1 HOOG- EN LAAGWATERSTANDEN EN GETIJSLAG

### 4.1.1 Methodologie

Om een evaluatie van de ontwikkeling van het getij te kunnen maken, moeten er verwachtingswaarden voor de jaargemiddelde waterstanden van 2010 t.e.m. 2015 opgesteld worden, gebaseerd op de reeds bestaande toestand. Omdat de Westerschelde een natuurlijk systeem is, kan de waterstand niet volledig deterministisch bepaald worden en wordt er een 95 % verwachtingsinterval (of voorspellingsinterval) opgesteld voor de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden. Dit betekent dat er verwacht wordt dat 95 % van de toekomstige waterstanden binnen dit interval zal vallen. Het verwachtingsinterval wordt opgesteld op basis van een trendanalyse over de jaren voorafgaand aan 2010.

Wanneer de gemeten jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden binnen de verwachtingswaarden vallen, dan vallen deze binnen de fluctuaties van het natuurlijke systeem en is er geen reden om aan te nemen dat de verruiming van de Schelde, de strategie van het flexibel storten of andere projecten een significante invloed hebben op de jaargemiddelde hoogwaters en laagwaters.

De trendanalyse zal worden beperkt tot de curvefitting van een aangenomen relatie met betrouwbaarheidsintervallen. Gebaseerd op de kennis van de Westerschelde en Zeeschelde wordt a priori aangenomen dat de trend wordt samengesteld uit een sinusoïdale component, gerelateerd aan de 18,6-jarige nodale cyclus, en een lineaire component:

$$HW(t_n) = mt_n + b + C.\cos(2\pi f t_n - \varphi) + \epsilon(t_n) \text{ of} \qquad \text{(formule 1)}$$

$$HW(t_n) = mt_n + b + A.\cos(2\pi f t_n) + B.\sin(2\pi f t_n) + \epsilon(t_n) \qquad \text{(formule 2)}$$

Waarin :

- $HW$ : jaargemiddelde hoogwater
- $b$ : een constante waarde
- $m$ : de regressiecoëfficiënt van de lineaire component
- $C$ : de amplitude van de nodale tijmodulatie
- $f$ : de frequentie van de nodale tijmodulatie ( = 1/18,613 Hz )
- $\varphi$ : de faseverschuiving van de nodale tijmodulatie (met periode 18,613 jaar)
- $A$ : $A = C * cos(\varphi)$

$B$ : $B = C * sin(\varphi)$

$\epsilon$ residu, of verschil tussen meting en model (trendlijn)

$t_n$ : jaartal

De trend op de jaargemiddelde laagwaters is van dezelfde vorm als de trend op de jaargemiddelde hoogwaters, waarbij er op gelet moet worden dat de invloed van het nodale tijmodulatie op laagwater precies in tegenfase is met de invloed op hoogwater. Tevens moet er rekening gehouden worden met het feit dat de invloed van de nodale tijmodulatie op de verschillende locaties in fase is.

Deze fasen worden geëvalueerd voor Vlissingen door middel van een multivariate regressieanalyse voor de volledige periode 1882-2009 met formule 1. De faseverschuiving wordt berekend aan de hand van parameters A en B met behulp van de volgende formule :

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{B}{A}\right) \quad \text{(formule 3)}$$

De hieruit bekomen nodale faseverschuivingen zijn:

- $\varphi_{HW} = 95{,}779°$ voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden;
- $\varphi_{LW} = -84{,}221°$ voor de jaargemiddelde laagwaterstanden.

De overige parameters worden berekend voor de andere stations door middel van een regressieanalyse met formule 2 waarbij bovenstaande fase wordt opgelegd.

Daarnaast wordt voor elk station ook een analyse gedaan van de residuen op de (geëxtrapoleerde) T2009 trendlijn. De analyse van de residuen voor een lineaire regressie (OLS-CUSUM; Ordinary Linear Squares regressie, cumulative sum) is gebaseerd op de methode van Zeileis *et al.* (2005) en is beschreven in Bijlage B en Bijlage K. Indien deze OLS-CUSUM-grafiek buiten één van zijn controlegrenzen treedt, kan er gesproken worden over een afwijking van de T2009 trend en in extensie daarvan een mogelijke invloed van de projecten uit OS2010 (en in het bijzonder de derde verruiming) op het gedrag van het getij.

Er wordt nog opgemerkt dat deze analyse voor hoog- en laagwaterstanden vanaf het huidige voortgangsrapport gebruik maakt van de trendlijn die in het kader van het T2009-rapport (T2009-consortium, 2014) werd opgesteld per meetlocatie. Deze trend werd bepaald op de periode tussen T2009 en de laatste voorgaande statistisch bepaalde trendbreuk. De voorgaande methodologie wordt dan ook toegepast op de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstandtijdreeksen van zowel de Westerschelde als de Beneden-Zeeschelde.

## 4.1.2 Westerschelde

### 4.1.2.1 Analyse

In dit deel wordt voor Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Bath de evolutie van de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden afgebeeld voor hun respectieve T2009 regressieperioden. De trendlijn (samen met de 95% betrouwbaarheids- en voorspellingsintervallen) is gekalibreerd op deze perioden en geëxtrapoleerd (voorspeld) voor 2010 - 2015.

In Tabel 4-1 worden de amplitude van de nodale cyclus en de helling van de lineaire component uit de regressievergelijking van het jaargemiddeld hoog- en laagwater voor vier stations in de Westerschelde (Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Bath) weergegeven.

Hieruit blijkt dat de amplitude van de nodale getijcyclus (18,6 jarige cyclus) op de hoogwaters opwaarts afneemt, terwijl de gemiddelde stijging van het hoogwater toeneemt. Op de laagwaters wordt de omgekeerde trend waargenomen.

*Tabel 4-1: Overzicht van de regressieparameters trend T2009, getijposten Westerschelde.*

| Locatie | Jaargemiddeld hoogwater | | | Jaargemiddeld laagwater | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| - | Regressie-periode | Amplitude nodale cyclus | Helling lineaire component | Regressie-periode | Amplitude nodale cyclus | Helling lineaire component |
| Vlissingen | 1965-2009 | 3,15 cm | 0,24 cm/jr | 1965-2009 | 3,87 cm | 0,22 cm/jr |
| Terneuzen | 1960-2009 | 3,53 cm | 0,28 cm/jr | 1960-2009 | 3,21 cm | 0,12 cm/jr |
| Hansweert | 1960-2009 | 3,00 cm | 0,30 cm/jr | 1980-2009 | 4,15 cm | 0,17 cm/jr |
| Bath | 1975-2009 | 2,25 cm | 0,40 cm/jr | 1976-2009 | 3,21 cm | 0,01 cm/jr |

### 4.1.2.2 Resultaten

Figuur 4-1 tot en met Figuur 4-10 geven de resultaten weer voor verschillende getijposten voor hoog- en laagwater in de Westerschelde. De meetwaarden gebruikt voor de regressie zijn in het blauw weergegeven. De groene volle lijn geeft de regressielijn weer, terwijl de gestippelde groene lijn het 95 %-betrouwbaarheidsinterval weergeeft (dit komt overeen met de mate van nauwkeurigheid van de schatting van de regressieparameters). De oranje gestippelde lijn geeft het 95 %-voorspellingsinterval weer (hierbij wordt ook rekening gehouden met de variabiliteit van de hoog- of laagwaters). Ten slotte worden de recente meetwaarden als zwarte kruisjes weergegeven op de grafiek.

Bijlage B bevat een verdere analyse van de residuen van de metingen van de laatste jaren ten opzichte van de voorspelde trend. Hierin wordt gecontroleerd of het gedrag van de OLS-CUSUM-waarden wijst op een mogelijk afwijking ten opzichte van de trend door middel van controlegrafieken.

### *Vlissingen*

De meetwaarden van het jaargemiddelde hoog- en laagwater te Vlissingen liggen sinds 2009 bijna allemaal onder de verwachtingswaarde, maar binnen het 95 % voorspellingsinterval (Figuur 4-1, Figuur 4-3). Enkel in het jaar 2015 ligt de jaargemiddelde hoogwaterstand iets hoger dan de verwachtingswaarde. De OLS-CUSUM-waarden (Bijlage B.2) liggen echter nog binnen de controlegrenzen; er is dus nog geen sprake van een trendbreuk.

Vlissingen ligt nabij de monding van het estuarium. De hoog- en laagwaterstanden zijn daarom relatief sterk afhankelijk van processen buiten het Schelde-estuarium (o. a. windopzet en zeestromingen in de Noordzee) en slechts in mindere mate afhankelijk van veranderingen in het estuarium zelf. In §8.2.2 wordt aangetoond dat de residuen van de hoog- en laagwaterstanden ten opzichte van de T2009-trend een significante correlatie vertonen met de noordelijke component van de jaargemiddelde windsnelheid gemeten in Cadzand. Figuur 4-2 en Figuur 4-4 geven de residuen van de hoog- en laagwaterstanden ten opzichte van de T2009-trend weer, met en zonder een correctie op basis van een lineair verband tussen de jaargemiddelde windsnelheid in Cadzand. De residuen vertonen minder variabiliteit doorheen de tijd, en zijn ook minder sterk negatief in de periode 2009-2015. Er kan dus besloten worden dat de lage hoog-en laagwaterstanden in de periode 2009-2015 deels het gevolg zijn van lage windopzet buiten het estuarium.

### *Terneuzen*

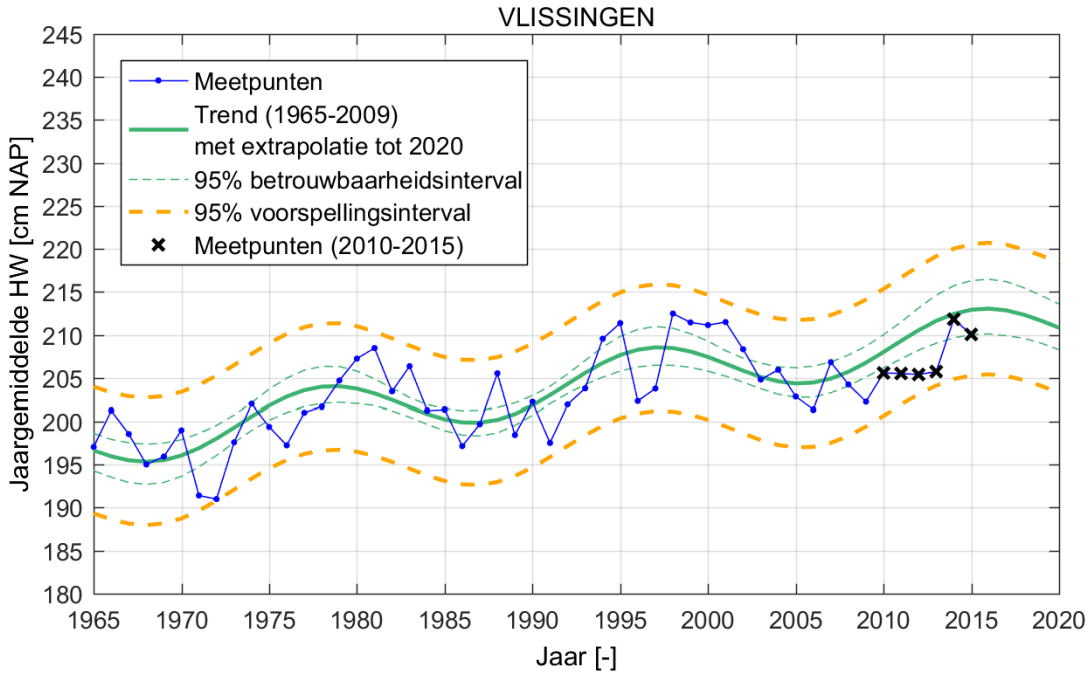
In Terneuzen liggen de jaargemiddelde laagwaterstanden zeer dicht bij de voorspelde waarden, er is dus geen afwijking van de voorafbestaande trend (Figuur 4-6). De hoogwaterstanden liggen sinds 2008 steeds onder de voorspelde waarde (enkel 2014 ligt net op de voorspelde waarde; Figuur 4-5). De OLS-CUSUM-waarden (Bijlage B.2) liggen echter nog binnen de controlegrenzen; er is dus nog geen sprake van een trendbreuk.

### *Hansweert*

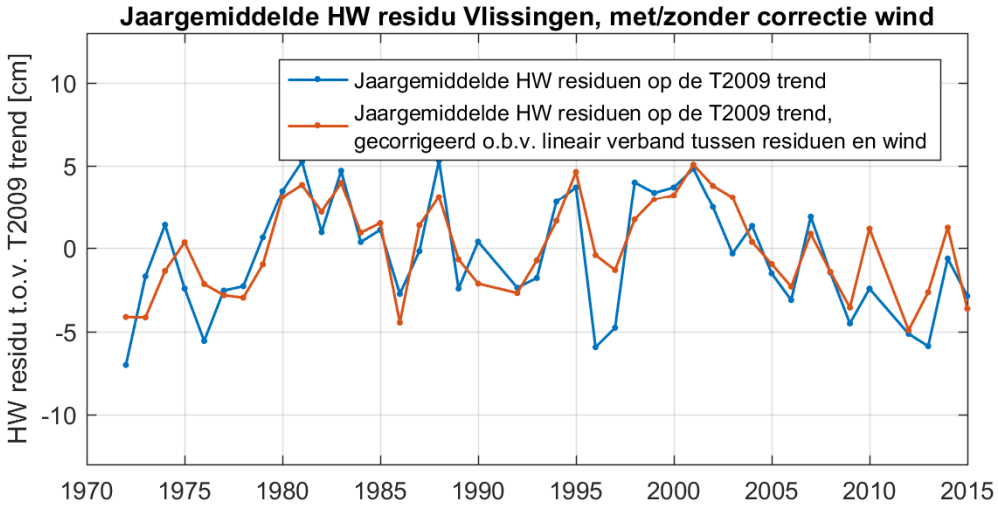
Tussen 2010 en 2015 lagen de hoogwaterstanden in Hansweert min of meer rond de voorspelde trend; de waarden in 2010-2013 lagen er licht onder; de waarden in 2014 en 2015 lagen er licht boven. De laagwaterstanden lagen sinds 2010 licht boven de voorspelde waarde maar nog steeds binnen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval (enkel de waarde van 2015 is net boven het 95 %-betrouwbaarheidinterval, maar nog steeds binnen het 95 %-voorspellingsinterval). De OLS-CUSUM-waarden (Bijlage B.2) liggen ook steeds zeer dicht bij nul.

### *Bath*

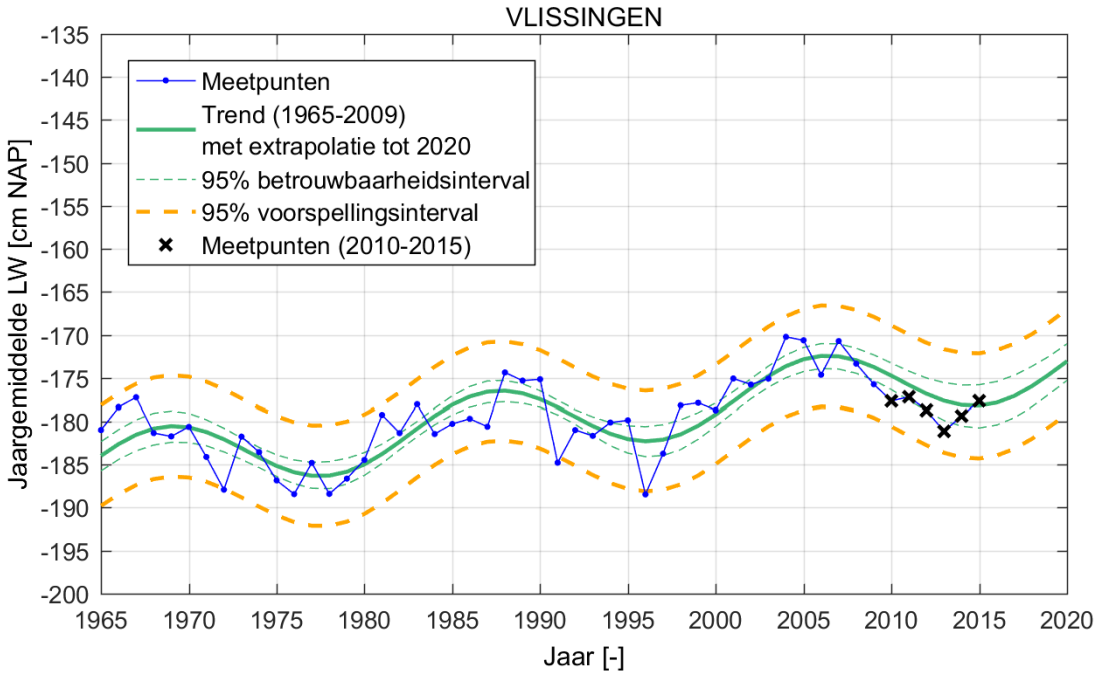
De meetwaarden van het jaargemiddelde hoog- en laagwater te Bath liggen meestal onder de verwachtingswaarde, maar binnen het 95% voorspellingsinterval en dikwijls zelfs binnen het 95 % betrouwbaarheidsinterval (cf. Figuur 4-10). De hoogwaters liggen slechts weinig onder de verwachtingswaarde en in 2014 zelfs erboven. De laagwaters lagen tussen 2010 en 2014 steeds onder de verwachte waarde maar nog binnen het 95 %-predictieinterval; in 2015 was het laagwater nagenoeg gelijk aan de verwachte waarde. Omdat de laagwaters bijna steeds onder de verwachte waarde liggen, bereikte de OLS-CUSUM-grafiek bijna de controlegrens (Bijlage B.2). Er was dus bijna sprake van een trendbreuk voor de laagwaters in Bath, maar de afwijking was net niet groot genoeg om met 95% significantie te spreken van een trendbreuk.



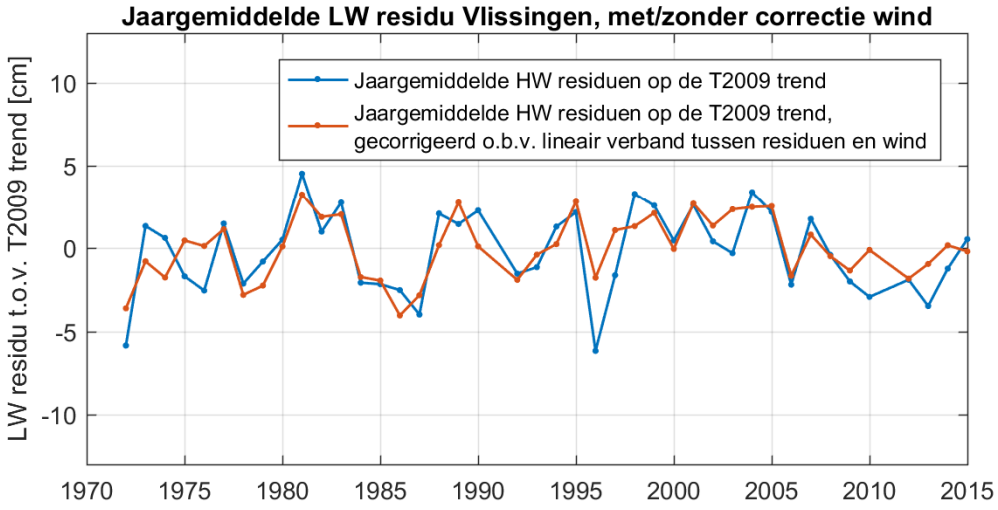

*Figuur 4-1: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Vlissingen, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.*



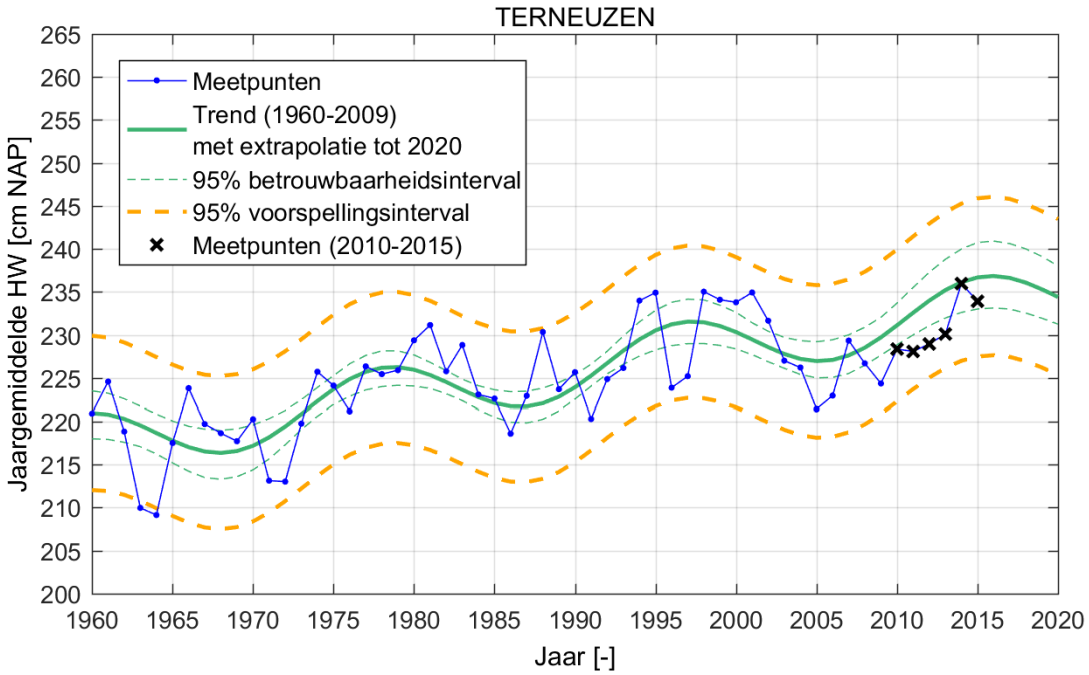

*Figuur 4-2: Jaargemiddeld HW residu t.o.v. T2009 trend, gecorrigeerd voor lineair verband tussen residuen en opzet*



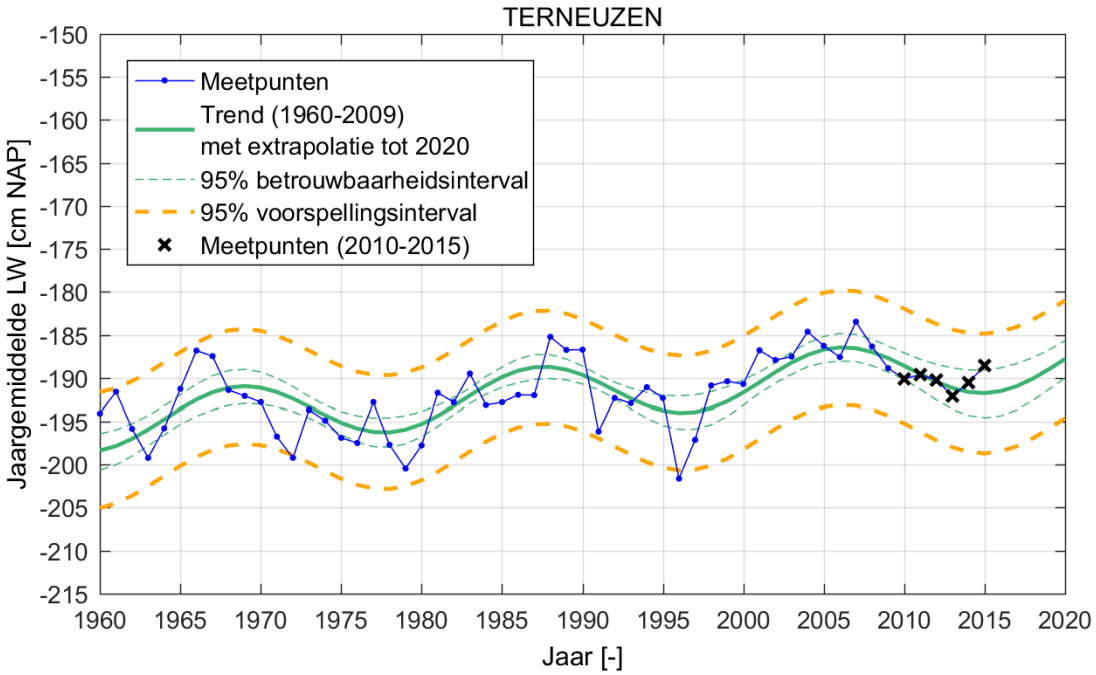

*Figuur 4-3: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Vlissingen, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.*



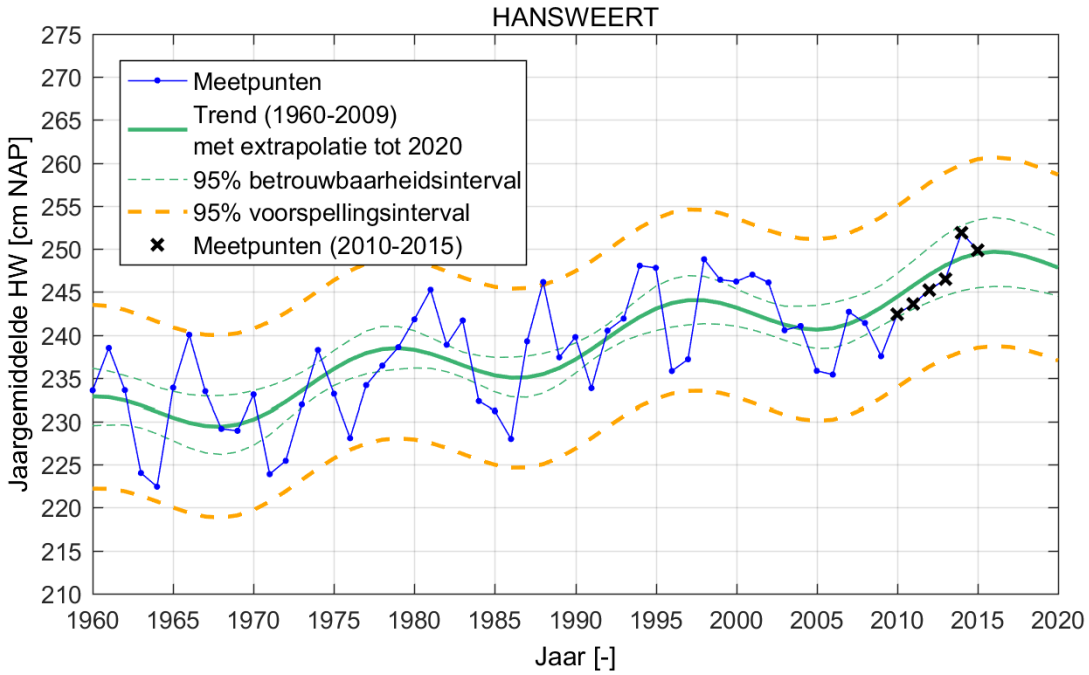

*Figuur 4-4: Jaargemiddeld HW residu t.o.v. T2009 trend, gecorrigeerd voor lineair verband tussen residuen en opzet*



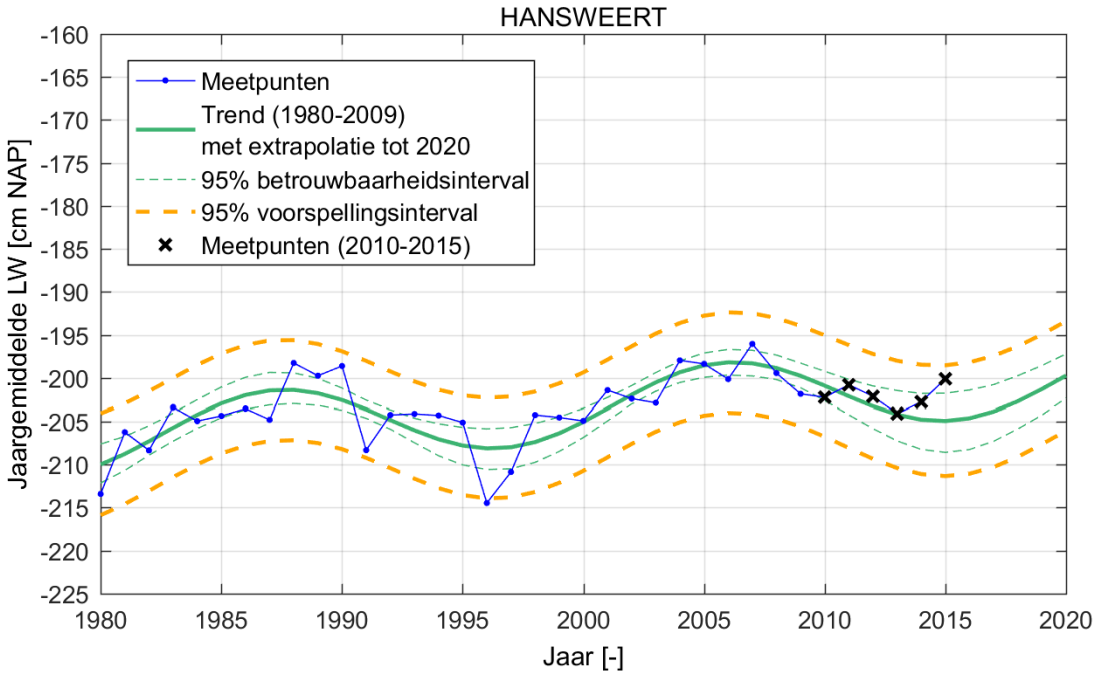

*Figuur 4-5: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Terneuzen, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.*



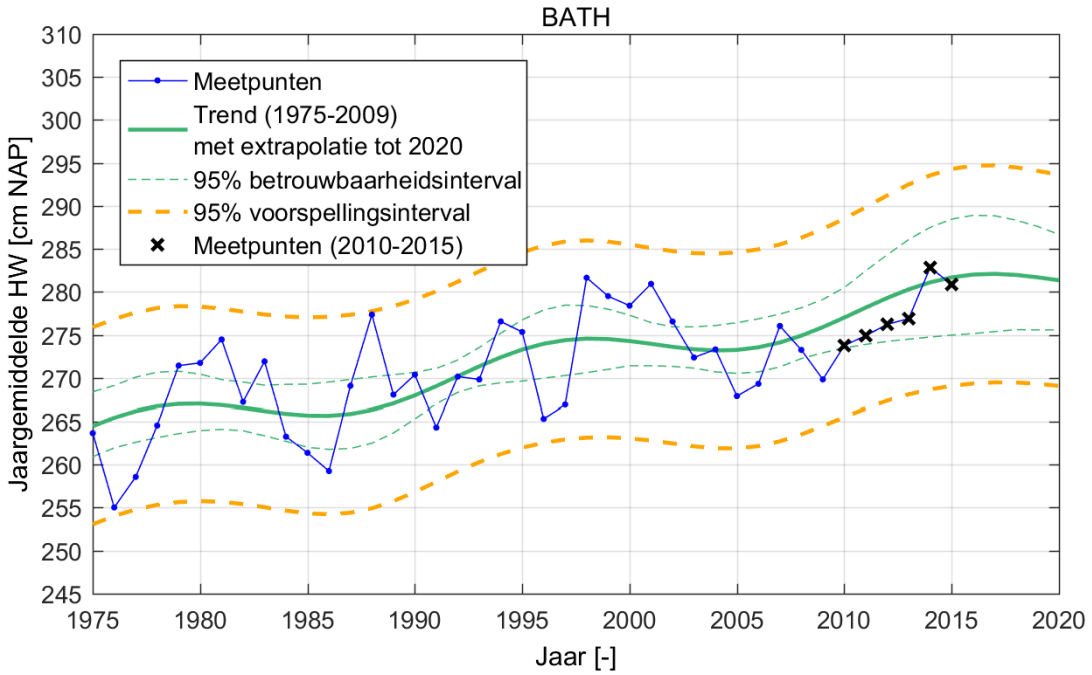

*Figuur 4-6: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Terneuzen, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.*



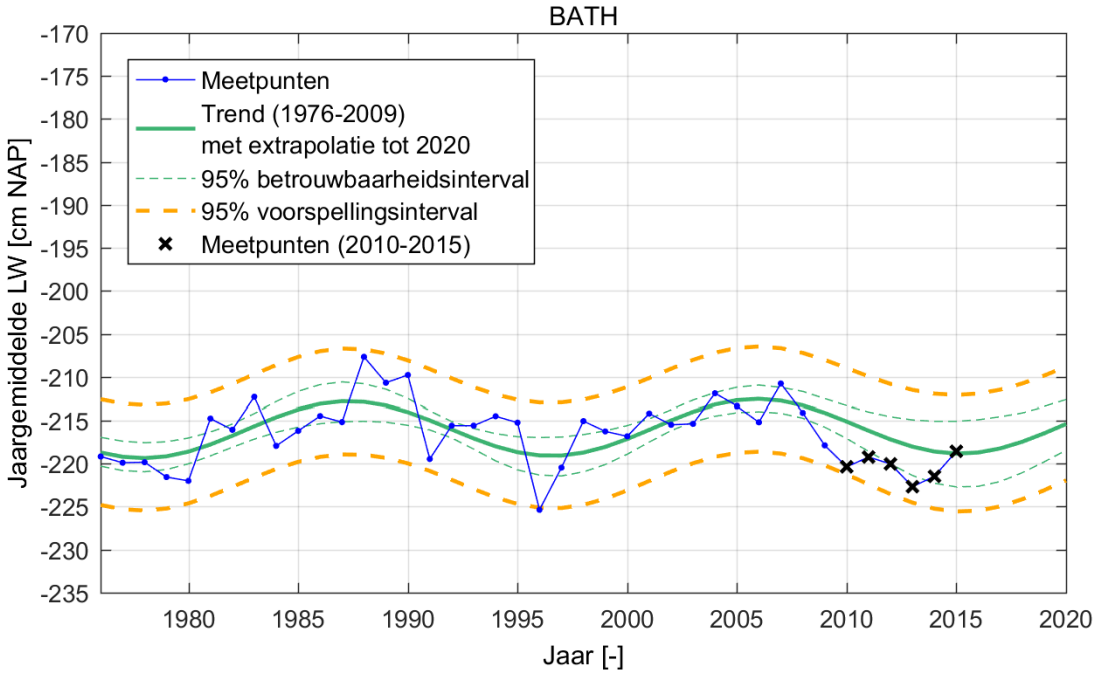

*Figuur 4-7: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Hansweert, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.*




*Figuur 4-8: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Hansweert, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.*




*Figuur 4-9: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Bath, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.*




*Figuur 4-10: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Bath, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.*

## 4.1.3 Beneden-Zeeschelde

### 4.1.3.1 Analyse

In dit hoofdstuk wordt voor Prosperpolder, Kallosluis, Antwerpen-Loodsgebouw en Schelle de evolutie van de jaargemiddelde hoog- en laagwaters afgebeeld voor hun respectieve T2009 regressieperioden, op een analoge manier als voor de Westerschelde. De trendlijn (samen met de 95 % betrouwbaarheids- en voorspellingsintervallen) is gekalibreerd op deze perioden en geëxtrapoleerd (voorspeld) voor 2010 - 2015.

In Tabel 4-1 worden de amplitude van de nodale cyclus en de helling van de lineaire component uit de regressievergelijking van het jaargemiddeld hoog- en laagwater voor de vier stations (Prosperpolder, Kallosluis, Antwerpen-Loodsgebouw en Schelle) weergegeven.

Hieruit blijkt dat de amplitude van de nodale getijcyclus (18,6 jarige cyclus) op de hoogwaters opwaarts verder afneemt, terwijl de gemiddelde stijging van het hoogwater opnieuw toeneemt. Op de laagwaters wordt de omgekeerde trend waargenomen, uitgezonderd de gemiddelde stijging die eerst daalt en daarna weer toeneemt in opwaartse richting.

*Tabel 4-2: Overzicht van de regressieparameters trend T2009, getijposten Beneden-Zeeschelde.*

| **Locatie** | **Jaargemiddeld hoogwater** | | | **Jaargemiddeld laagwater** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| - | *Regressie-periode* | *Amplitude nodale cyclus* | *Helling lineaire component* | *Regressie-periode* | *Amplitude nodale cyclus* | *Helling lineaire component* |
| Prosperpolder | 1975-2009 | 3,83 cm | 0,40 cm/jr | 1971-2009 | 2,61 cm | 0,19 cm/jr |
| Kallosluis | 1982-2009 | 3,79 cm | 0,59 cm/jr | 1982-2009 | 2,70 cm | -0,01 cm/jr |
| Antwerpen-loodsgebouw | 1974-2009 | 3,05 cm | 0,48 cm/jr | 1975-2009 | 3,63 cm | 0,12 cm/jr |
| Schelle | 1975-2009 | 2,02 cm | 0,61 cm/jr | 1976-2009 | 2,96 cm | 0,18 cm/jr |

### 4.1.3.2 Resultaten

Figuur 4-12 tot en met Figuur 4-20 presenteren de resultaten voor de verschillende getijposten voor hoog- en laagwater in de Beneden-Zeeschelde. De meetwaarden gebruikt voor de regressie zijn in het blauw weergegeven. De groene volle lijn geeft de regressielijn weer, terwijl de gestippelde groene lijn het 95%-betrouwbaarheidsinterval weergeeft (dit komt overeen met de mate van nauwkeurigheid van de schatting van de regressieparameters). De oranje gestippelde lijn geeft het 95 %-voorspellingsinterval weer (hierbij wordt tevens rekening gehouden met de variabiliteit van de hoog- of laagwaters). Ten slotte worden de recente meetwaarden als zwarte kruisjes aangeduid in de grafiek.

### *Prosperpolder*

In Prosperpolder liggen de jaargemiddelde hoogwaterstanden sinds 2008 onder de verwachtingswaarde, maar wel nog binnen het 95 %-betrouwbaarheids- en voorspellingsinterval (cf. Figuur 4-11 en Figuur 4-12). De laagwaterstanden sinds 2010 liggen vrij dicht bij de voorspelde trend. Meestal ligt de waargenomen waarde licht onder de voorspelde trend; in 2015 lag de waargenomen waarde licht hoger dan de voorspelde waarde.

De OLS-CUSUM-grafieken van hoog- en laagwaters liggen wel nog binnen de controlegrenzen (Bijlage B.3); er is dus nog geen sprake van een significante afwijking ten opzichte van de vooraf bestaande trend.

### *Kallosluis*

De waarnemingen op het getijmeetstation Kallosluis (Figuur 4-13, Figuur 4-14) zijn gelijkaardig aan de waarnemingen in Prosperpolder. De hoogwaters liggen tussen 2009 en 2015 steeds onder de verwachte waarde, maar nog binnen het voorspellingsinterval. De laagwaters liggen vrij dicht bij de voorspelde waarde, maar meestal onder de voorspelde waarde en enkel in 2015 erboven. Ook hier liggen de OLS-CUSUM-grafieken nog binnen de controlegrenzen (Bijlage B.3).

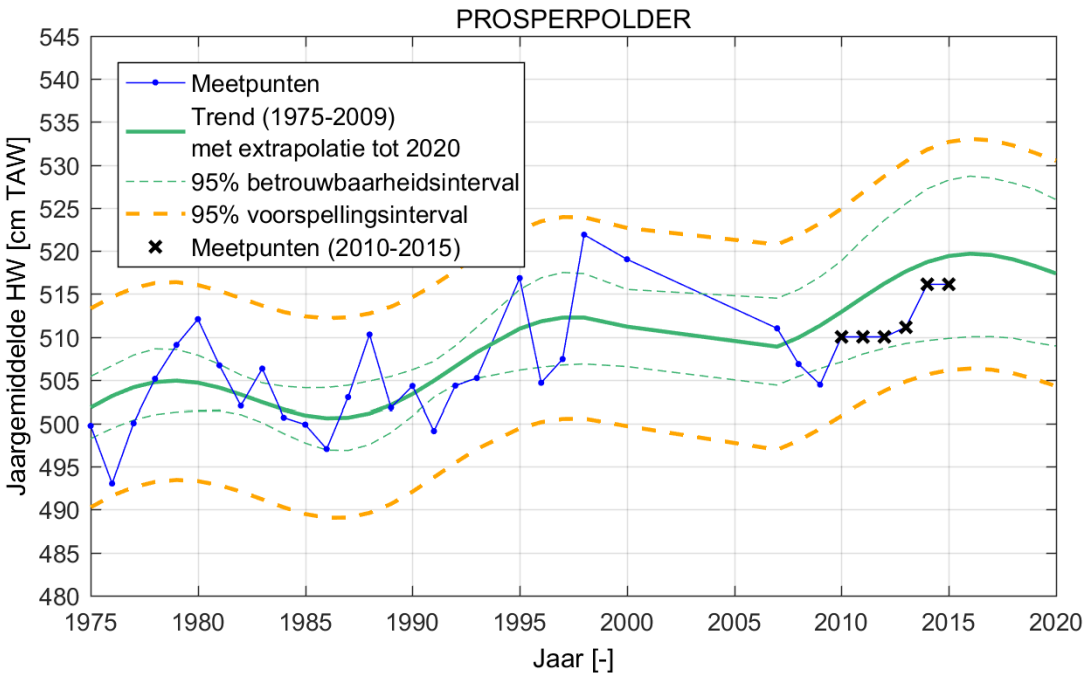
### *Antwerpen-Loodsgebouw*

Ook aan Antwerpen-Loodsgebouw liggen de jaargemiddelde hoog- en laagwaters onder de verwachtingswaarde, maar binnen het 95 % voorspellingsinterval (cf. Figuur 4-15 en Figuur 4-16). De OLS-CUSUM-grafieken liggen nog steeds binnen de controlegrenzen (Bijlage B.3).

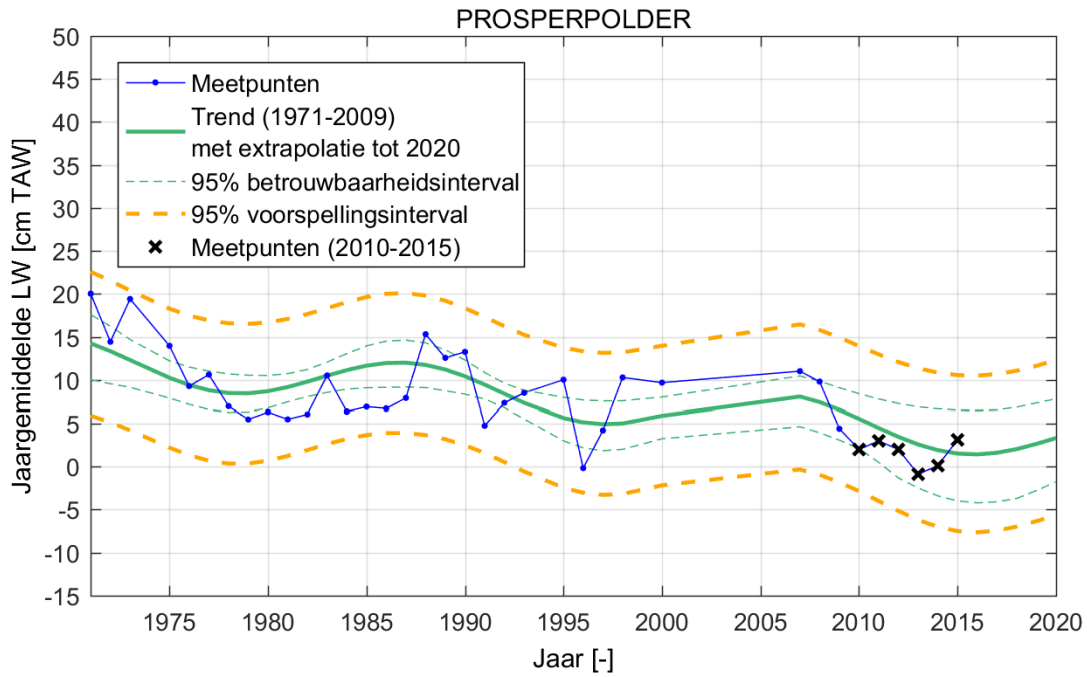
### *Schelle*

De jaargemiddelde hoogwaters liggen ook in Schelle onder de verwachte waarde, maar nog binnen het 95 %-voorspellingsinterval. De laagwaters liggen in 2010-2013 onder de verwachte waarde, maar in 2014 en 2015 liggen ze boven de verwachte waarde, in tegenstelling tot de stations verder afwaarts. De OLS-CUSUM-grafieken liggen opnieuw nog steeds binnen de controlegrenzen (Bijlage B.3).

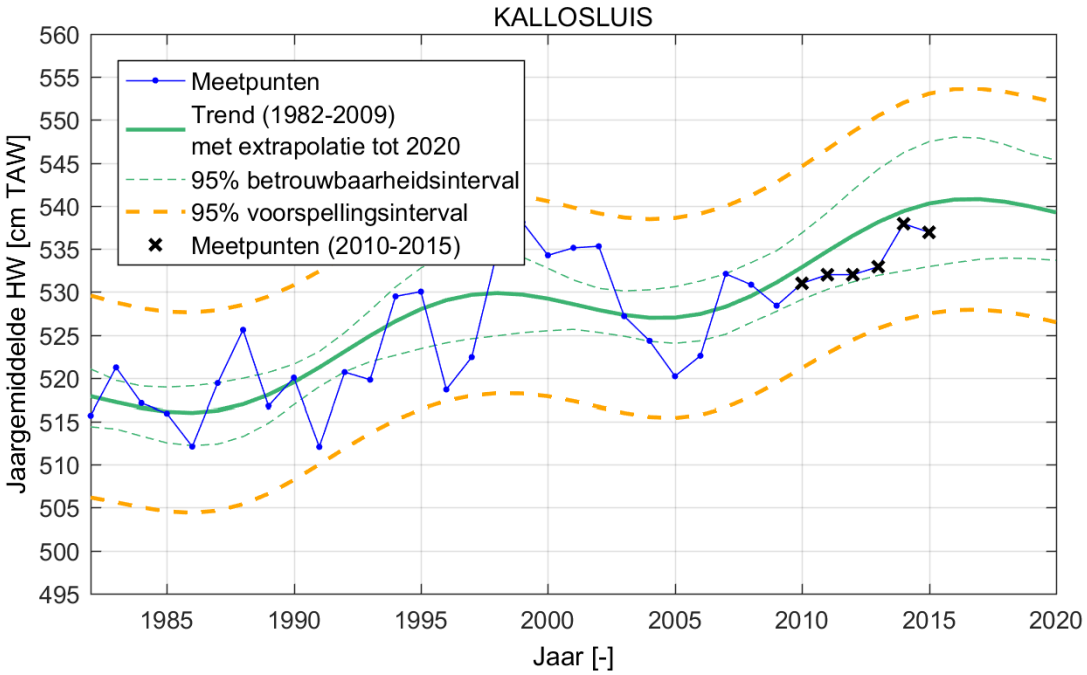
In §8.3 wordt aangetoond dat de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden in de opwaartse stations deels bepaald worden door het jaargemiddeld bovenafvoerdebiet. Figuur 4-17, Figuur 4-18, Figuur 4-21 en Figuur 4-22 geven daarom de residuen tussen de hoog- en laagwaterstanden ten opzichte van de T2009-trend weer in Antwerpen en Schelle, met een correctie op basis van een lineair verband tussen de residuen en het bovenafvoerdebiet. De gecorrigeerde residuen vertonen in het algemeen minder spreiding ten opzichte van de nulwaarde, en zijn ook minder sterk negatief in de recente jaren 2010-2015 dan de niet-gecorrigeerde residuen. Dit toont aan dat de relatief lage waterstanden in Antwerpen en Schelle in de laatste jaren deels te verklaren zijn door een lagere bovenafvoer (en lagere neerslag) tijdens deze jaren.



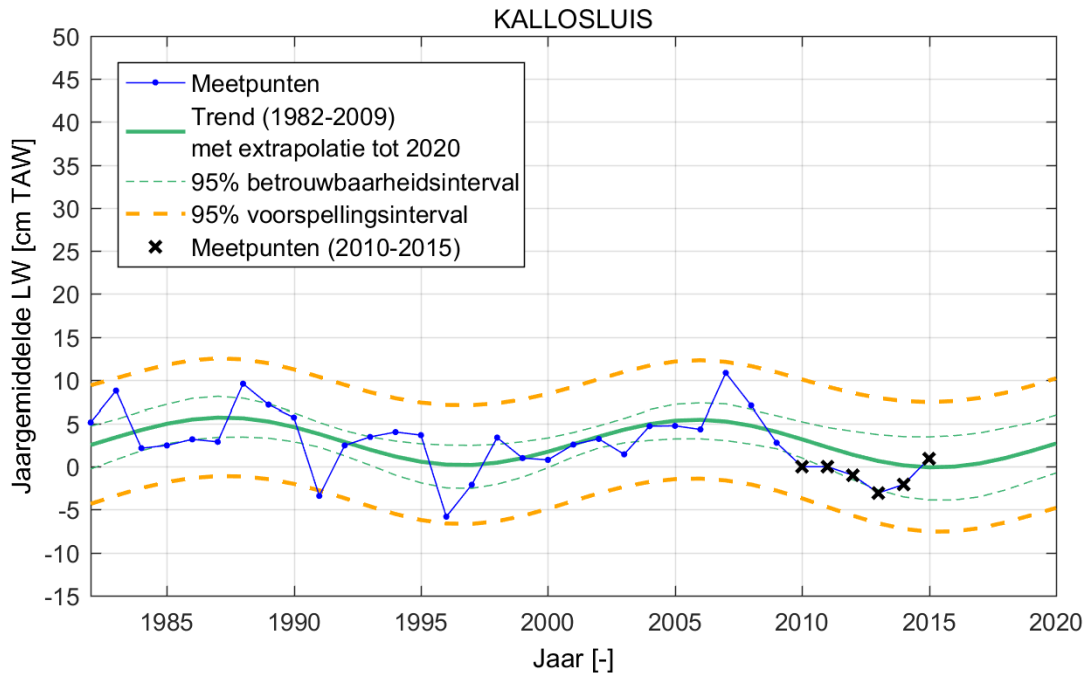

*Figuur 4-11: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Prosperpolder, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.*



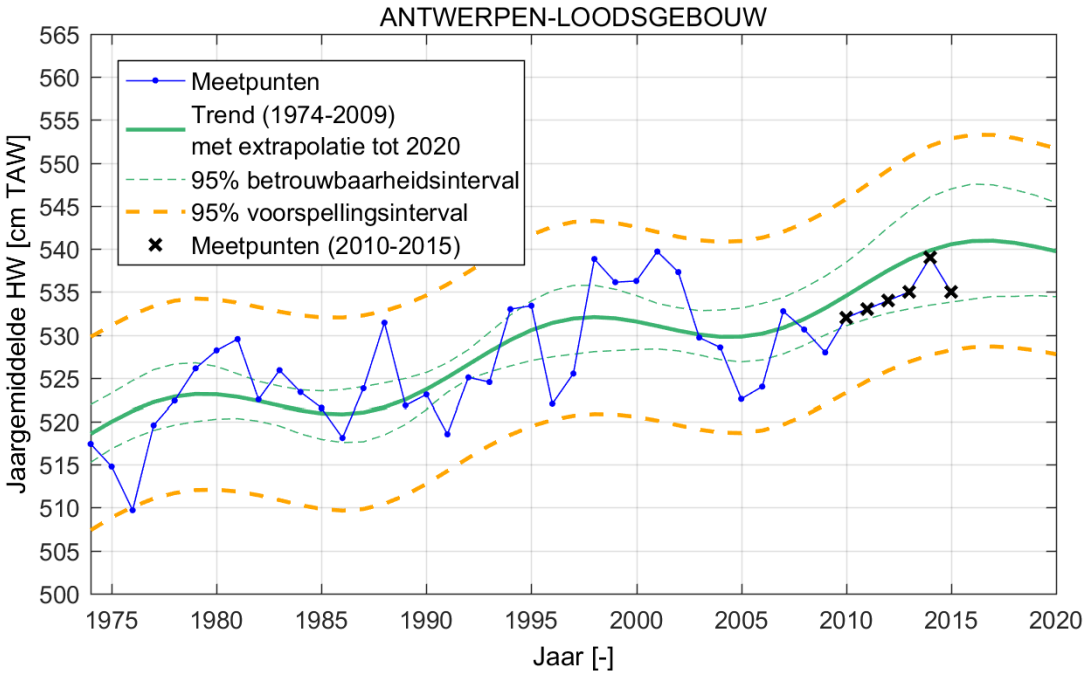

*Figuur 4-12: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Prosperpolder, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.*



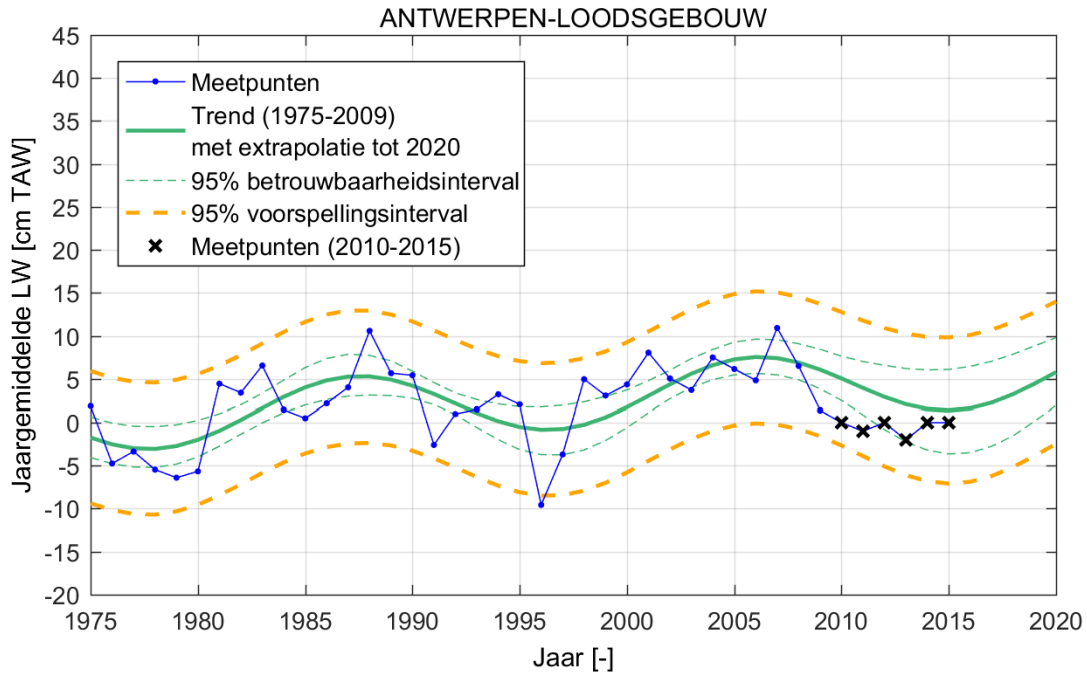

*Figuur 4-13: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Kallosluis, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.*



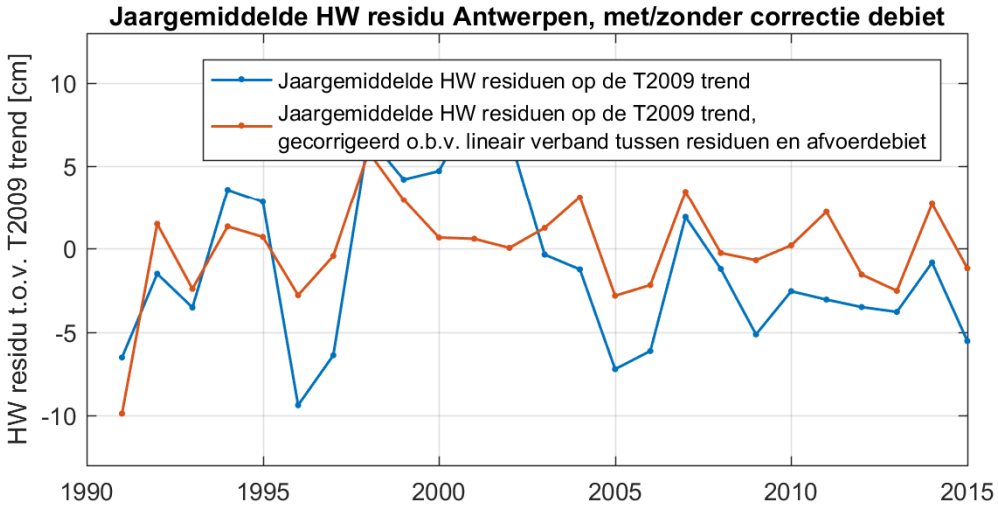

*Figuur 4-14: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Kallosluis, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.*



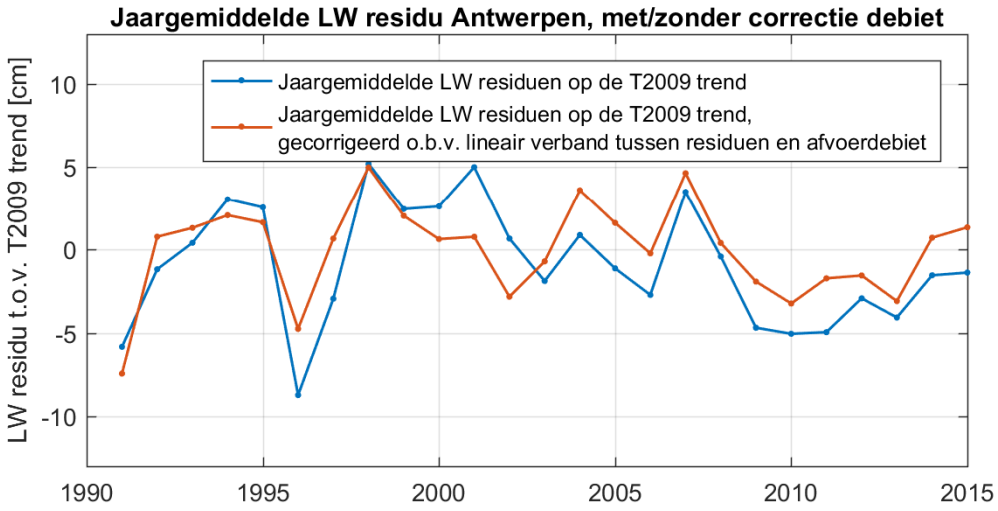

*Figuur 4-15: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Antwerpen-Loodsgebouw, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.*



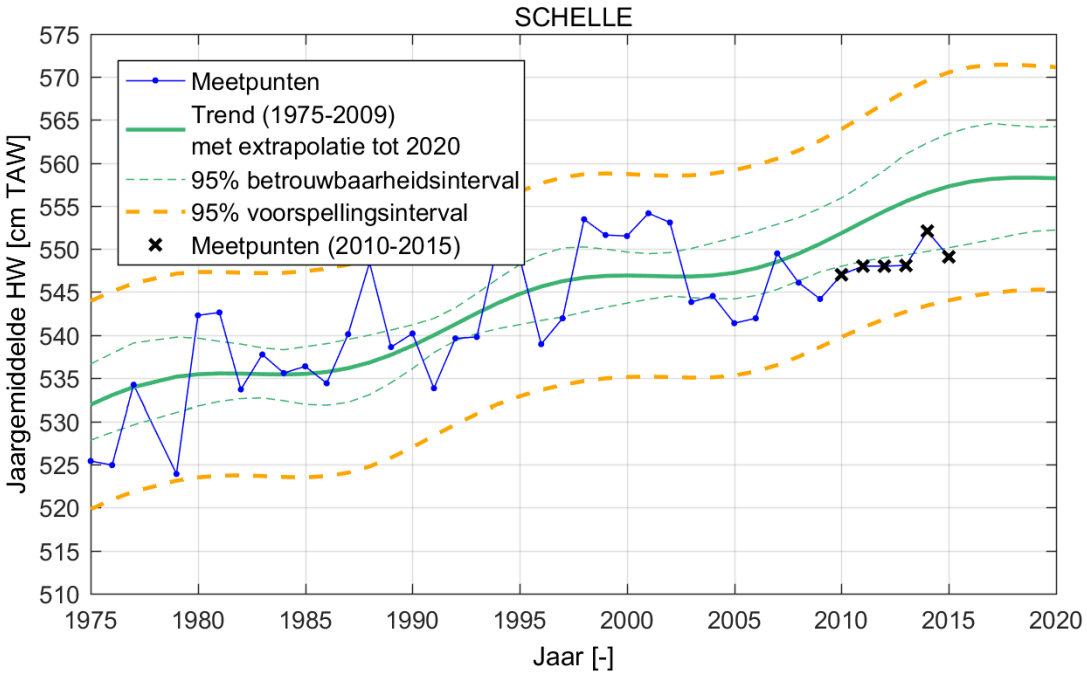

*Figuur 4-16: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Antwerpen-Loodsgebouw, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.*



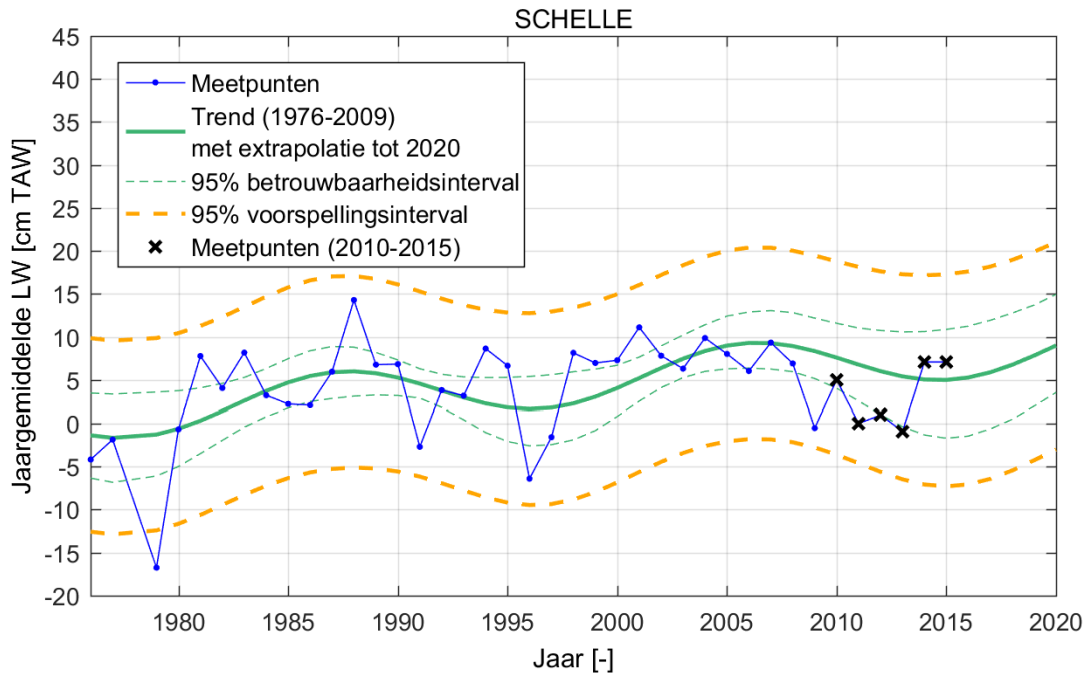

*Figuur 4-17: Residuen van de hoogwaterstand in Antwerpen-Loodsgebouw ten opzichte van de T2009-trendlijn, al dan niet gecorrigeerd op basis van een lineaire relatie met het afvoerdebiet in Schelle.*



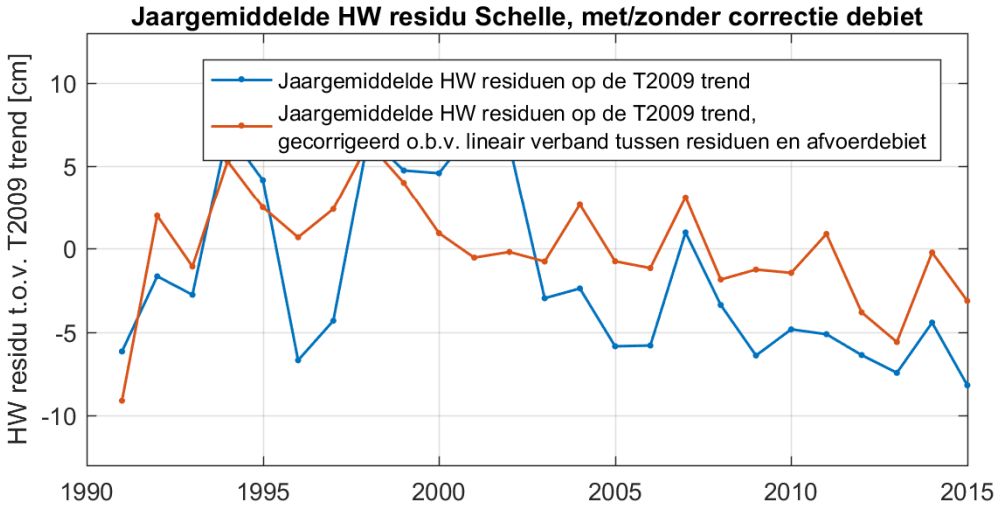

*Figuur 4-18: Residuen van de laagwaterstand in Antwerpen-Loodsgebouw ten opzichte van de T2009-trendlijn, al dan niet gecorrigeerd op basis van een lineaire relatie met het afvoerdebiet in Schelle.*



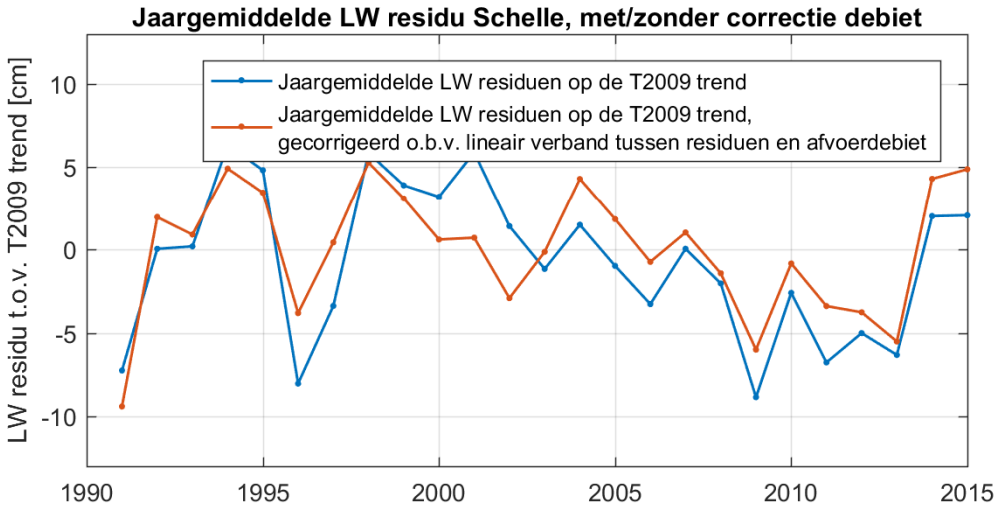

*Figuur 4-19: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Schelle, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.*




*Figuur 4-20: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Schelle, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.*




*Figuur 4-21: Residuen van de hoogwaterstand in Schelle ten opzichte van de T2009-trendlijn, al dan niet gecorrigeerd op basis van een lineaire relatie met het afvoerdebiet in Schelle.*

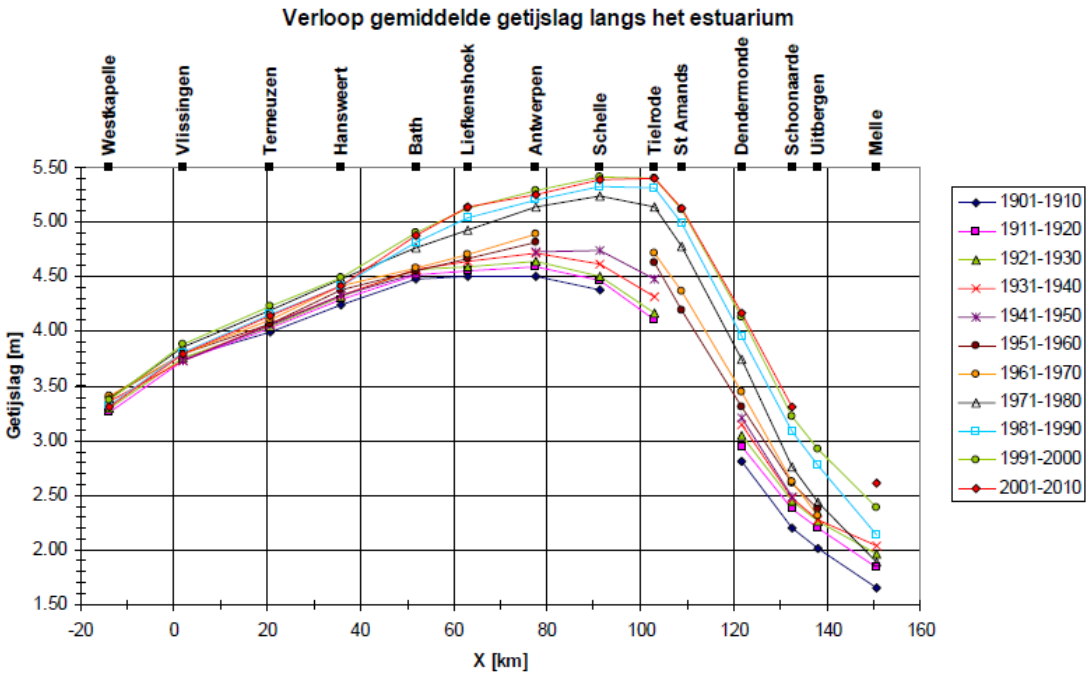



*Figuur 4-22: Residuen van de laagwaterstand in Schelle ten opzichte van de T2009-trendlijn, al dan niet gecorrigeerd op basis van een lineaire relatie met het afvoerdebiet in Schelle.*

### 4.1.4 Getijslag

De jaargemiddelde getijslag, het verschil tussen het jaargemiddelde hoog- en laagwaterstand, is een maat voor de amplitude van de getijgolf. Zowel de absolute getijslag (in meter), als de relatieve getijslag (absolute getijslag gedeeld door absolute getijslag aan de monding in Vlissingen) zijn van belang. De relatieve getijslag geeft aan hoe sterk de getijgolf geamplificeerd of gedempt wordt doorheen het estuarium; de absolute getijslag is wat uiteindelijk bepalend is voor o.a. stroomsnelheden en sedimenttransport.

Er is in het kader van een studie van LTV – Veiligheid & Toegankelijkheid (Kuijper, 2012) een analyse gemaakt van de evolutie van de getijslag doorheen het estuarium voor de laatste honderd jaar. Een dergelijke aanpak is van belang voor het inzicht in de getijontwikkeling in het estuarium. Het fenomeen van toenemende getijslag is een ongewenste evolutie vanuit het standpunt van bevaarbaarheid, ecologie en overstromingsrisico. Uit de LTV-analyse (cf. Figuur 4-23) is onder meer gebleken dat de maximale getijslag de afgelopen decennia fors is toegenomen en bovendien dieper het estuarium indringt.




*Figuur 4-23: 10-jarig gemiddelde getijslag voor opeenvolgende decaden tussen 1901 en 2010 (K. Kuijper, 2012).*

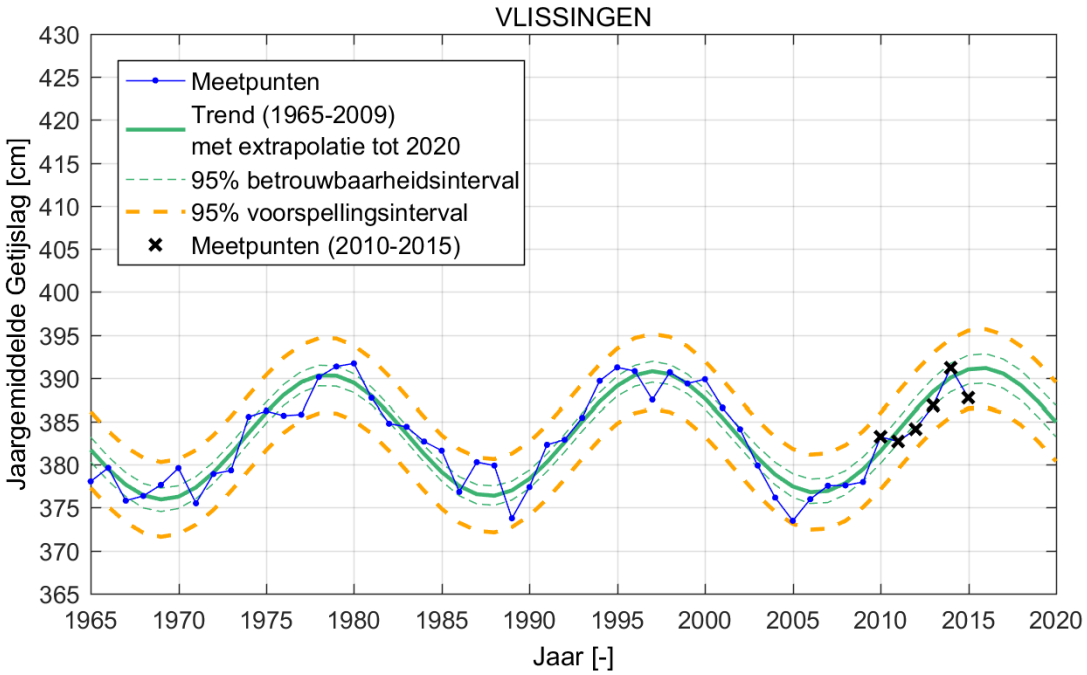
De jaargemiddelde waarden van *absolute* getijslag voor dezelfde stations als de hoog-en laagwaters zijn weergegeven in Figuur 4-24 - Figuur 4-31, en zijn opnieuw vergeleken met de T2009-trend (lineaire trend + 18,6-jarige cyclus), weergegeven in Tabel 4-3. Er werd opnieuw gecontroleerd met de OLS-CUSUM-test, hiervan zijn de controlegrafieken weergegeven in Bijlage B.

- In Vlissingen (Figuur 4-24) ligt de getijslag dicht bij de vooraf bestaande trend. In 2014 is de getijslag licht groter dan de verwachte waarde, in 2015 is deze iets kleiner.
- In Terneuzen (Figuur 4-25) is de getijslag steeds iets kleiner in de jaren 2011, 2012, 2013 en 2015, maar nooit buiten het 95 %-voorspellingsinterval. De OLS-CUSUM-controlegrafiek ligt dichtbij de onderste controlegrens, maar nog steeds binnen de grens. Dat wil zeggen dat de getijslag in Terneuzen bijna een trendbreuk vertoont met de voorgaande trend.

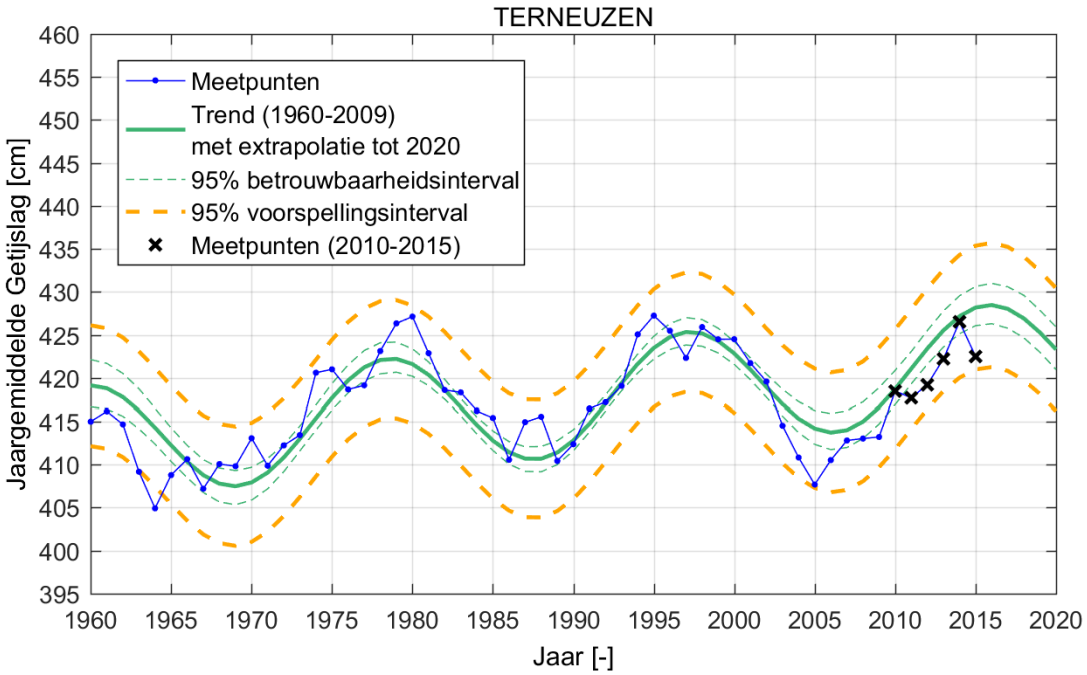
- In de stations verder opwaarts, nameljik Hansweert, Bath, Prosperpolder en Antwerpen-Loodsgebouw kan hetzelfde worden geconcludeerd als in Vlissingen: de absolute getijslag ligt dicht bij de voorafbestaande trend; in 2014 was deze licht groter dan de vooraf bestaande trend, in 2015 lag deze licht kleiner dan de vooraf bestaande trend.
- In Schelle volgt de getijslag tussen 2010 en 2013 vrij goed de bestaande trend. In 2014 en 2015 is de getijslag beduidend kleiner dan de verwachte waarde; de getijslag in 2015 ligt zelfs buiten het 95 %-voorspellingsinterval. In alle stations ligt de OLS-CUSUM-grafiek van de getijslag nog binnen de controlegrens, maar in Schelle komt ze in 2015 wel dichtbij de rand van de controlegrens (Bijlage B).

*Tabel 4-3: Overzicht van de regressieparameters trend T2009, jaargemiddelde getijslag.*

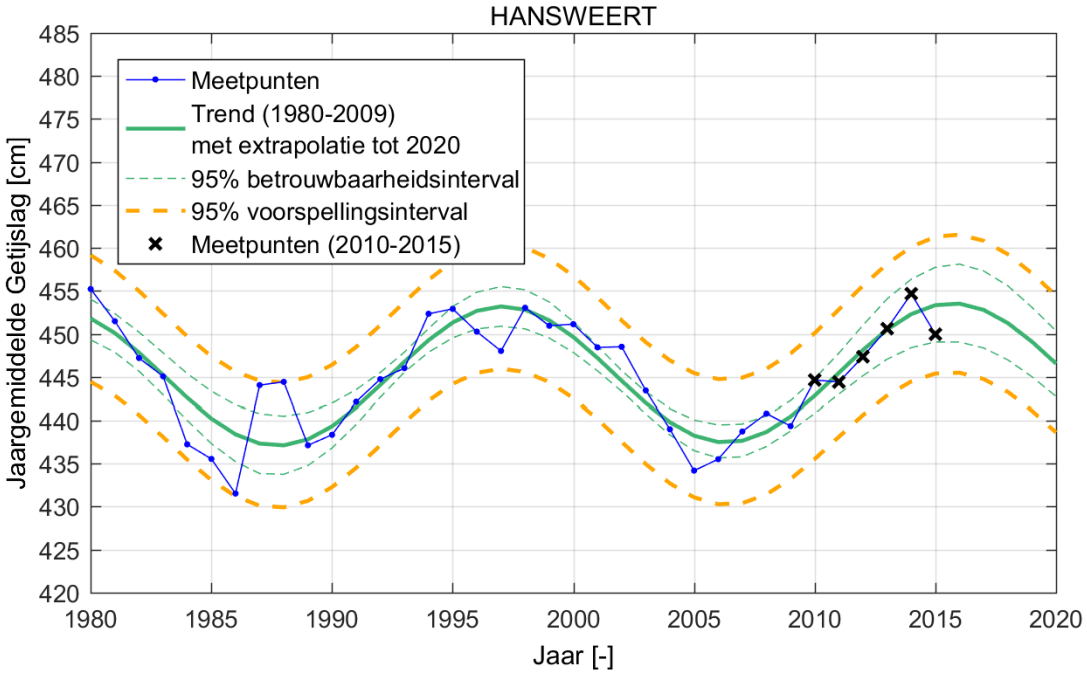
| Locatie | Jaargemiddeld getijslag | | |
|---|---|---|---|
| - | *Regressie-periode* | *Amplitude nodale cyclus* | *Helling lineaire component* |
| Vlissingen | 1965-2009 | 7,11 cm | 0,02 cm/jr |
| Terneuzen | 1960-2009 | 6,58 cm | 0,17 cm/jr |
| Hansweert | 1980-2009 | 7,96 cm | 0,02 cm/jr |
| Bath | 1976-2009 | 5,81 cm | 0,40 cm/jr |
| Prosperpolder | 1975-2009 | 6,13 cm | 0,50 cm/jr |
| Kallosluis | 1982-2009 | 6,83 cm | 0,61 cm/jr |
| Antwerpen | 1975-2009 | 7,01 cm | 0,36 cm/jr |
| Schelle | 1976-2009 | 5,04 cm | 0,40 cm/jr |



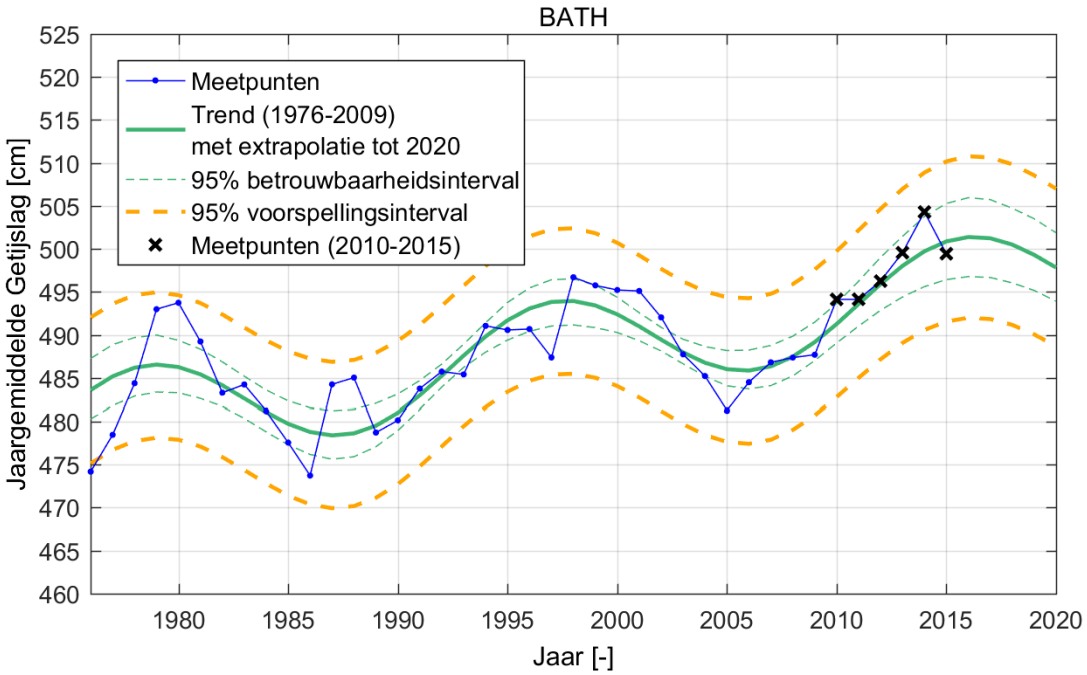

*Figuur 4-24: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Vlissingen.*



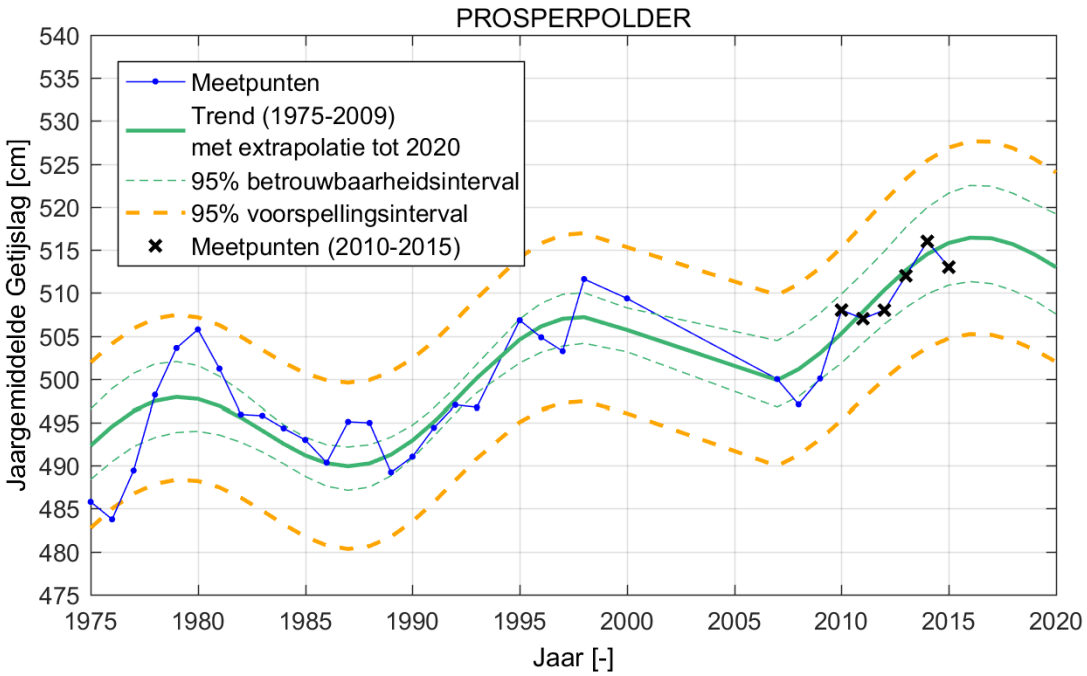

*Figuur 4-25: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Terneuzen.*



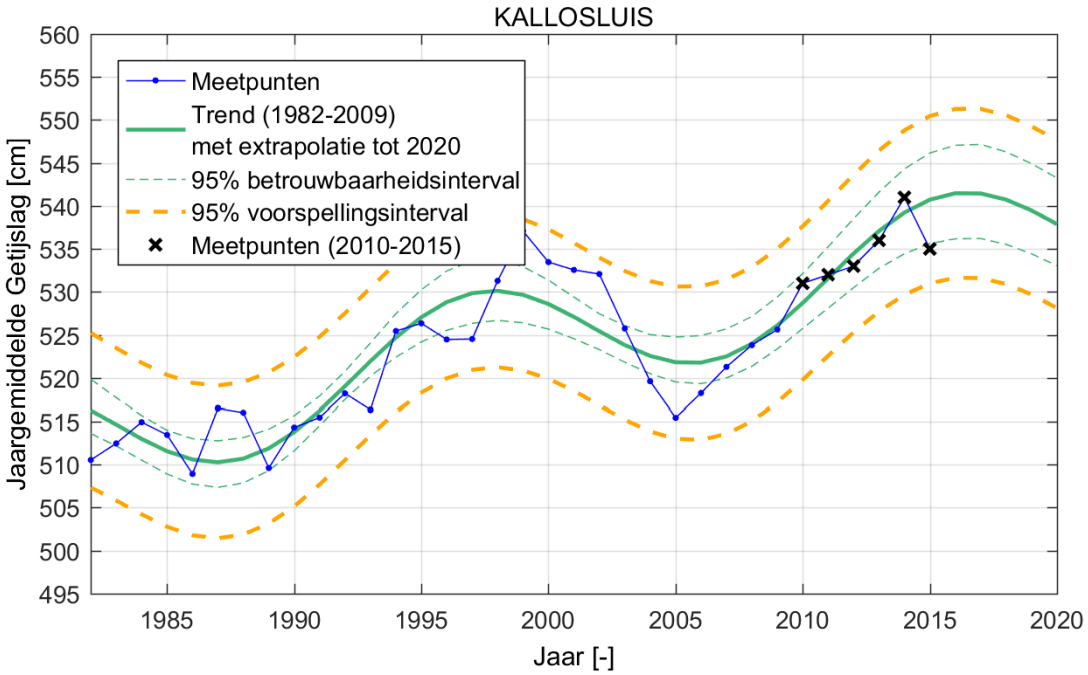

*Figuur 4-26: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Hansweert.*



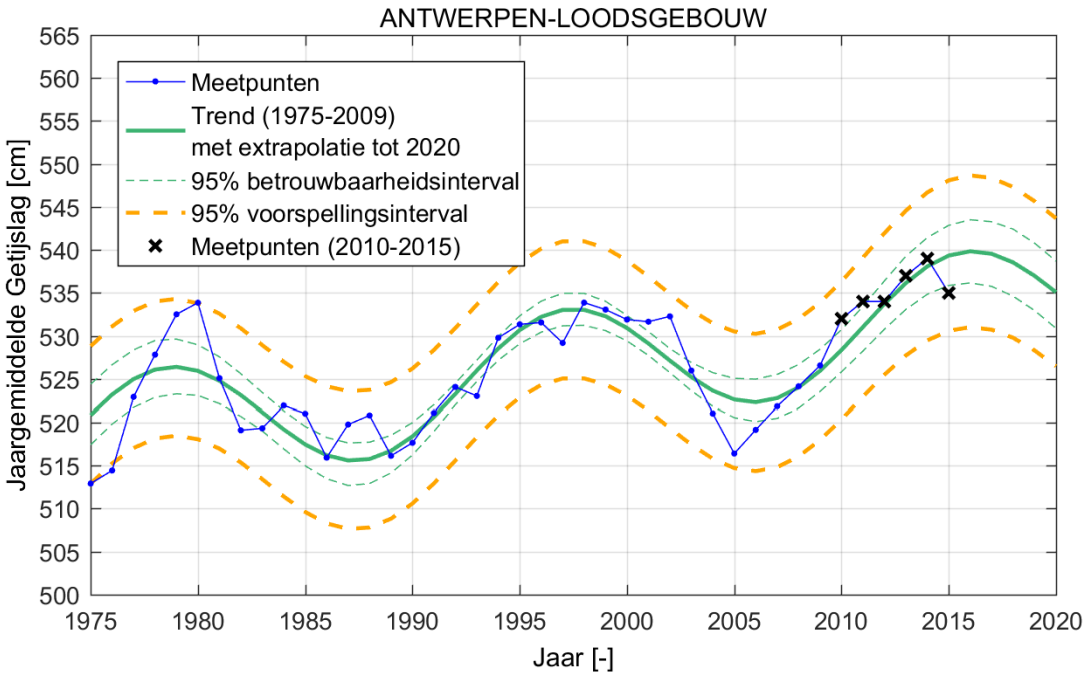

*Figuur 4-27: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Bath.*



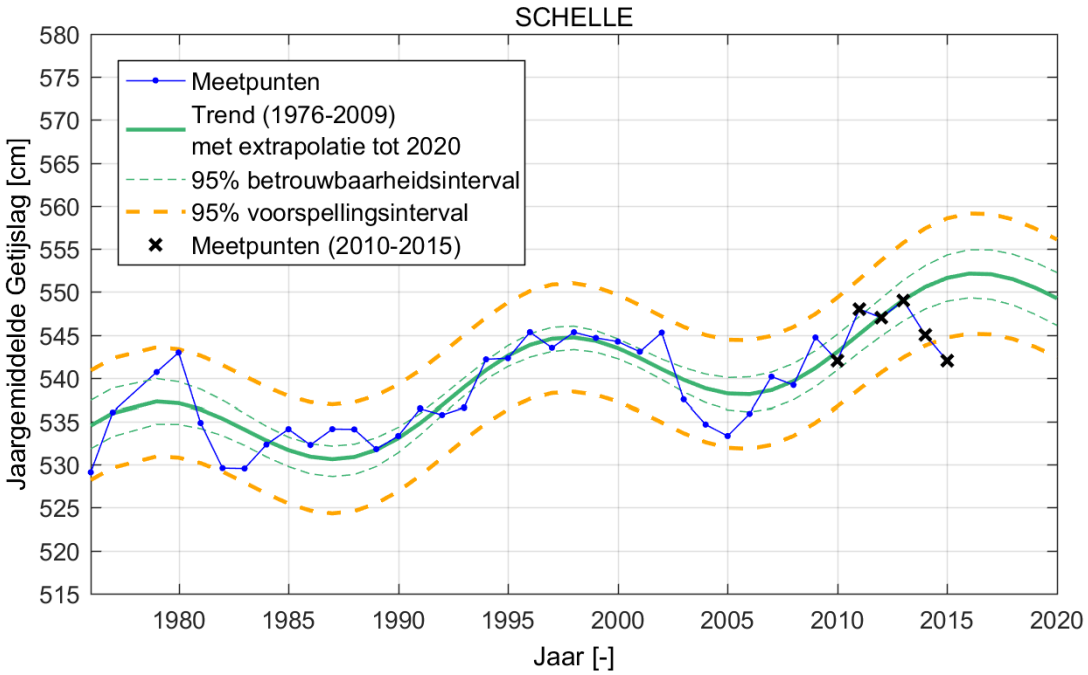

*Figuur 4-28: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Prosperpolder (geen data tijdens 2001-2006).*




*Figuur 4-29: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Kallosluis.*




*Figuur 4-30: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Antwerpen.*

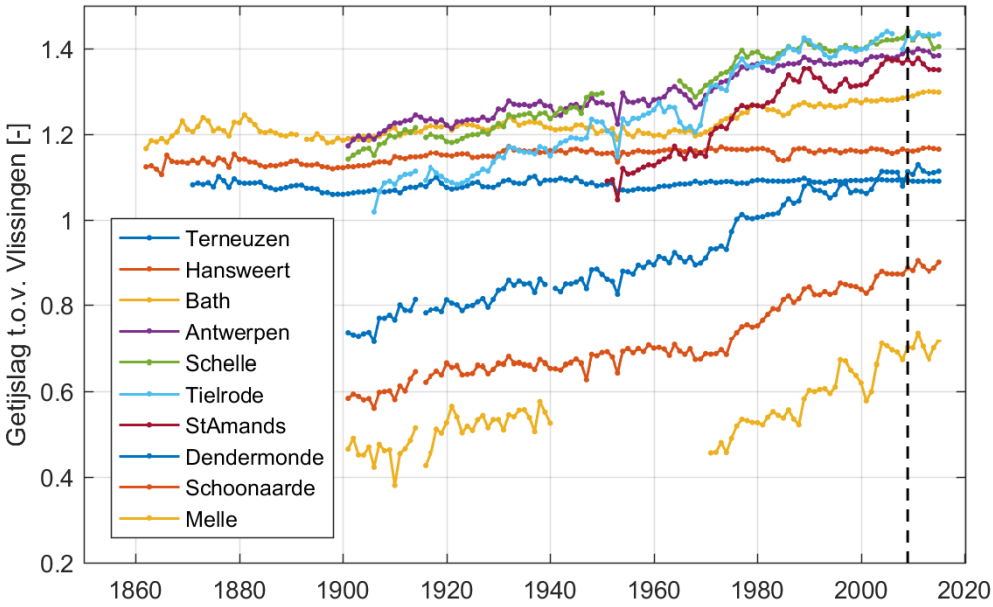



*Figuur 4-31: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Schelle.*

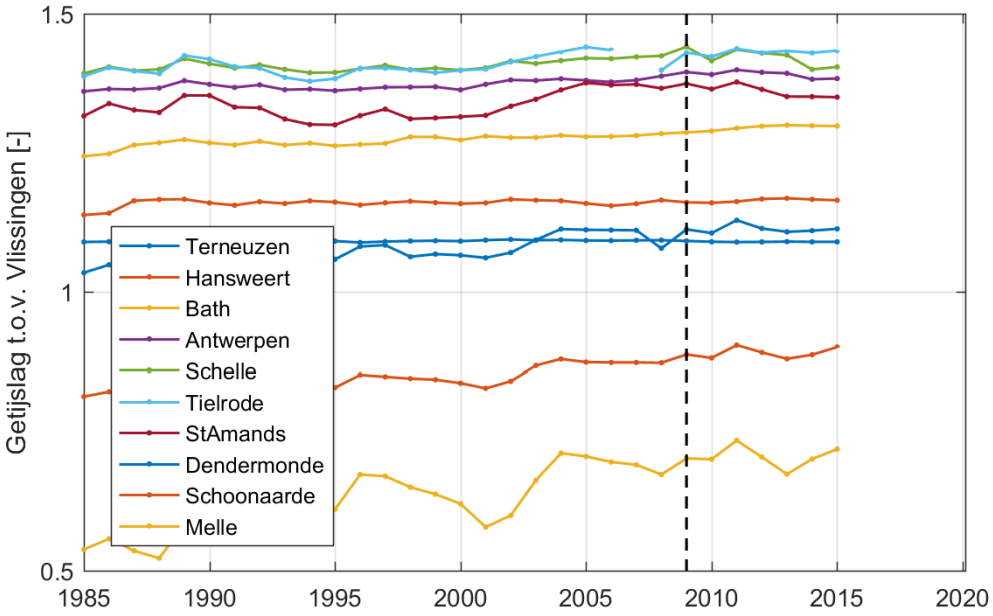
De *relatieve* getijslag wordt weergegeven in functie van de tijd in Figuur 4-32 - Figuur 4-33, en ruimtelijk in Figuur 4-34. De stijging van de relatieve getijslag op lange termijn is opnieuw zichtbaar in de Figuur 4-32, die de evolutie sinds 1860 weergeeft. Figuur 4-33 geeft de meer recente periode sinds 1985 weer. De volgende zaken kunnen worden waargenomen in deze figuur:

- In Terneuzen, Hansweert en in Bath bleef de relatieve getijslag sinds 2005 zo goed als constant.
- In Antwerpen bereikte de relatieve getijslag een maximum in ca. 2009-2011, en vertoonde sindsdien een lichte daling. De maximale relatieve getijslag ten opzichte van Vlissingen in 2011 was 1,3954; in 2015 bedroeg deze 1,3799. Deze daling van 1% is dus (voorlopig) zo klein dat het nog te vroeg is om definitief te zeggen dat de relatieve getijslag is afgenomen.
- In Schelle en Tielrode bereikte de relatieve getijslag een maximum rond 2005 (Tielrode) - 2009 (Schelle); sindsdien neemt de relatieve getijslag af. De relatieve getijslag in Schelle in 2015 bedroeg 1,398; 3% lager dan de piekwaarde in 2009. De daling is dus nog steeds klein maar toch groter dan in Antwerpen, zodat hier met meer vertrouwen kan worden gezegd dat er effectief een afname plaatsvond van de relatieve getijslag.
- Verder opwaarts in Sint-Amands, wordt net als in Antwerpen een maximum waargenomen in ca. 2011, en nadien een lichte afname. De afname is echter nog zeer klein en kan dus nog niet als statistisch significant worden beschouwd.
- In de meer opwaartse stations in de Boven-Zeeschelde, Dendermonde, Schoonaarde en Melle, wordt in de laatste twee decennia wel nog steeds een toename van de getijslag waargenomen.

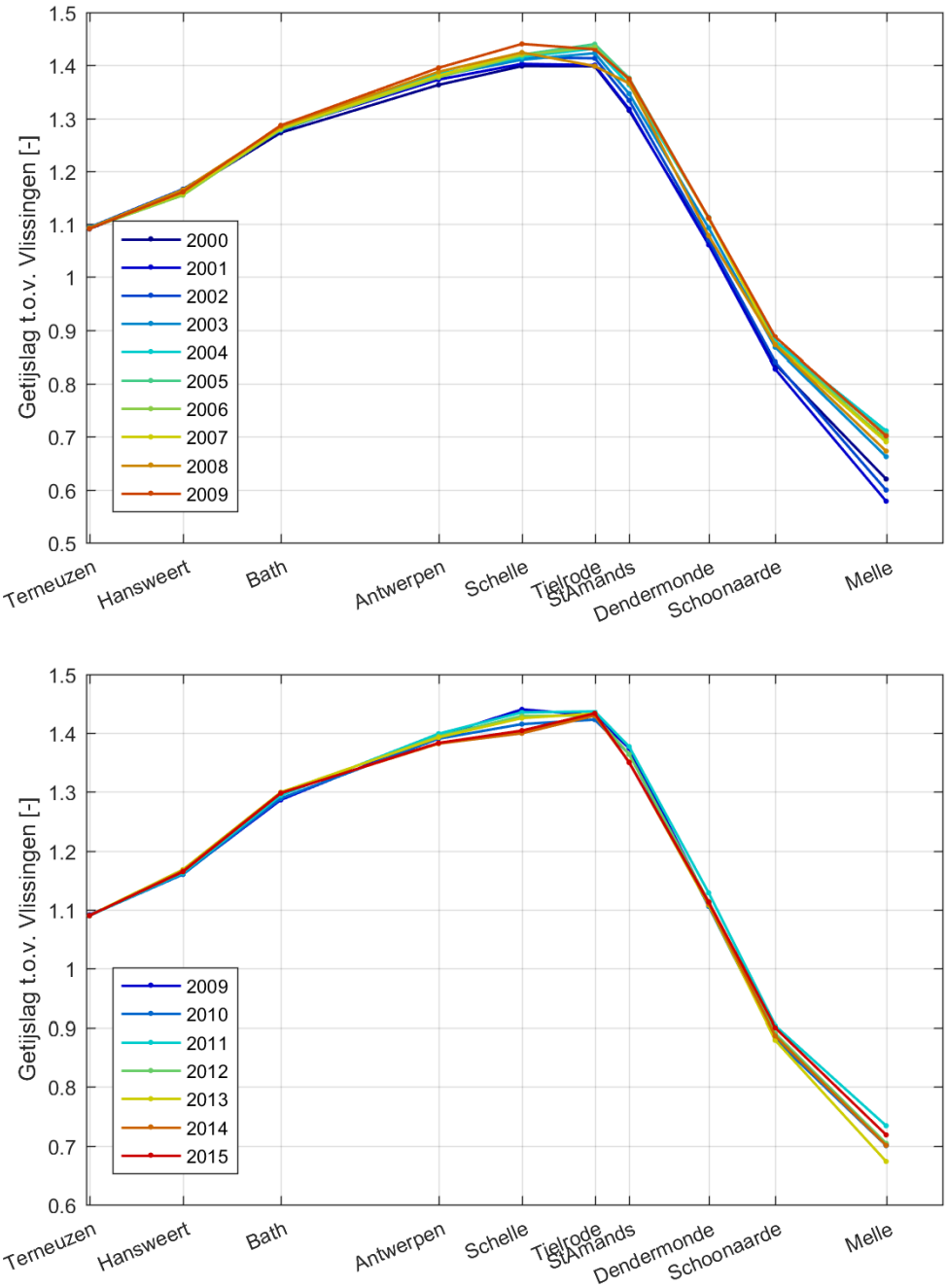
Figuur 4-34 toont de evolutie van de relatieve getijslag in ruimtelijke zin. Het station Tielrode vertoont een sprong voor het jaar 2015. Dit station ligt echter in de Durme, waar recent baggerwerken zijn uitgevoerd, dus de afwijkende waarde in 2015 is geen belangrijke indicator voor de getijwerking in de Schelde in het algemeen.




*Figuur 4-32: Evolutie van de jaargemiddelde getijslag ten opzichte van Vlissingen per station in het estuarium (t.e.m. 2015) met aanduiding van het jaar 2009 (gestippelde lijn).*




*Figuur 4-33: Evolutie van de jaargemiddelde getijslag ten opzichte van Vlissingen per station in het estuarium (t.e.m. 2015) met aanduiding van het jaar 2009 (gestippelde lijn). Focus op periode 1985-2015.*




*Figuur 4-34: Evolutie van de jaargemiddelde getijslag in de Beneden-Zeeschelde, ten opzichte van Vlissingen tussen 2000-2009 (boven) en 2009-2015 (onder).*

### 4.1.5 Bespreking en conclusies

De hoog- en laagwaterstanden zijn absolute peilen (in m TAW), en de getijslag is het verschil tussen beide, en dus enkel een afstand (in m). Sommige zaken kunnen beter worden begrepen vanuit de hoog- en laagwaterstanden, en sommige effecten beter vanuit de getijslag, en daarom worden de drie parameters samen besproken. Een verhoogde bovenafvoer zal bijvoorbeeld voornamelijk een stijging van de hoog- en laagwaters tot gevolg hebben (maar niet noodzakelijk dezelfde stijging voor hoog- als voor laagwater) en minder een verandering van de getijslag. Aan de andere kant zal een vermindering van de hydraulische weerstand in het estuarium voornamelijk een stijging van de getijslag tot gevolg hebben.

Wat de **absolute getijslag** betreft liggen de waarden meestal dicht bij de T2009-trend, met uitzondering van Terneuzen en Schelle. In Terneuzen ligt de jaargemiddelde getijslag meestal onder de verwachte waarde, maar nooit buiten het 95%-verwachtingsinterval. Net als in de omliggende stations waren de jaargemiddelde hoogwaterstanden in Terneuzen in 2010-2015 meestal lager dan de T2009-trend. De jaargemiddelde laagwaterstanden waren echter ongeveer gelijk aan de T2009-trend, en dit in tegenstelling tot de omliggende stations, waar de laagwaters meestal lager waren dan de T2009-trend. Het verschil met de T2009-trend is echter vrij klein (niet voldoende om een significante trendbreuk te vormen) en moeilijk te verklaren. Er wordt opgemerkt dat de stopzetting van zandwinning in de Westerschelde naar verwachting ook een positief effect op de trend van de getijslag zal hebben, alhoewel dit na één jaar nog niet aantoonbaar is.

In Schelle was de getijslag in 2010-2013 ongeveer gelijk aan de verwachte waarde, maar in 2014 en 2015 lagen de waarnemingen sterk onder de T2009-trend, tot ca. 10 cm (2 %). Een verklaring voor de lokale reductie van de getijslag is een verdieping door baggerwerken die rond 2013-2014 zijn uitgevoerd in de zone rond Rupelmonde en Wintam (zandwinning t.b.v. aanleg Hedwigepolder). Baggerwerken opwaarts van Antwerpen worden niet systematisch gedocumenteerd en de meest recente oplijstingen van de baggerwerken in de Zeeschelde (Van Braeckel *et al.*, 2006; IMDC, 2015a) geven hierover geen informatie. Daarnaast werden in 2014 en 2015 de eerste twee (kleinere) delen van het GGG-gebied (Gebied met Gereduceerd Getij) in Kruibeke-Basel-Rupelmonde geopend: in de Baselse GGG-zone werd de eerste inwateringssluis in werking gesteld in april 2014, en de tweede inwateringssluis in maart 2015. Voor het grotere, noordelijke GGG-zone staat de opening gepland eind 2016 of begin 2017. In theorie zorgt de bijkomende komberging van het GGG-gebied voor een demping van de getijgolf, maar het huidige GGG-gebied is waarschijnlijk te klein om de reductie van de getijslag in Schelle te verklaren.

Op de andere stations volgt de absolute getijslag de vooraf bestaande trend. Omdat de bestaande trendrelaties een stijgende trend bevatten, is dit op zich niet positief.

De **relatieve getijslag** bleef de laatste 10 jaar relatief constant in Hansweert en Bath. In Antwerpen en Schelle vertoont de relatieve getijslag zelfs een zeer lichte daling. Deze daling is (vooral voor Antwerpen) nog te klein om als significant te worden beschouwd. Dit betekent dat de getijslag in bv. Antwerpen de voorbije jaren iets minder snel is gestegen dan in Vlissingen (de laatste jaren waren een stijgende fase van de 18,6-jarige cyclus).

Samen betekent dit dus dat de getijamplificatie binnen het estuarium (tussen Vlissingen[6] en Antwerpen) niet meer is toegenomen in de laatste 10 jaar.

De **jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden** lagen in Vlissingen beiden onder de verwachte trend in de periode 2009-2015. Op basis van de relatie tussen de hoog- en laagwaterstanden en de windsnelheid gemeten in Cadzand werd aangetoond dat dit waarschijnlijk veroorzaakt wordt door invloed van wind buiten het estuarium. In Terneuzen lagen de hoogwaterstanden ook onder de voorspelde waarden in de periode 2010-2015; dit is waarschijnlijk ook te wijten aan windopzet, aangezien Terneuzen nog steeds relatief dicht bij de monding ligt. De laagwaterstanden lagen wel dicht bij de voorspelde waarde; het gecombineerd effect hiervan is dat de absolute getijslag relatief laag lag in de voorbije jaren.

In Hansweert lagen zowel de hoog- als de laagwaterstanden vrij dicht bij de voorspelde waarden van de T2009-trendlijn. Verder opwaarts, in Bath, Prosperpolder, Kallosluis, Antwerpen-Loodsgebouw, en Schelle, liggen de hoog- en laagwaterstanden opnieuw relatief laag. De waterstanden in het meer opwaartse deel van het estuarium worden echter deels bepaald door het bovenafvoerdebiet, dat tijdens de laatste jaren meestal lager dan gemiddeld was (zie §8.3). Wanneer de tijdreeksen van de residuen van hoog- en laagwater worden gecorrigeerd voor het afvoerdebiet, wordt duidelijk dat de laatste jaren geen sterk afwijkend gedrag vertonen; de lage hoog- en laagwaterstanden worden dus waarschijnlijk veroorzaakt door een lage bovenafvoer.

Algemeen kan men dus stellen dat er zowel in het opwaartse als het afwaartse deel eerder lage hoog- en laagwaterstanden werden waargenomen tijdens de rapportageperiode 2010-2015, maar dit is waarschijnlijk te wijten aan een combinatie van relatief lage windopzet en relatief lage bovenafvoer. In geen enkel getijstation liggen de OLS-CUSUM-grafieken buiten de controlegrenzen; er is dus op op geen enkel station een significante afwijking van de voorafbestaande trend.

## 4.2 GOLVEN

### 4.2.1 Inleiding

Volgens de meest recente update van de evaluatiemethodiek wordt de golfwerking geanalyseerd in het kader van de LTV Hoofdfunctie ‘Veiligheid’ in relatie tot overstromingsgevaar (Maris *et al.*, 2014). Golfwerking is echter ook van belang voor oevererosie. Naar oevererosie toe wordt vermoed dat scheepsgolven een groter effect kunnen hebben dan windgolven wegens de grotere golflengtes en amplitudes (en dus grotere krachten uitgeoefend op de oever).

[6] Vlissingen ligt nabij de Scheldemonding, waardoor het getij hoofdzakelijk wordt beïnvloed door processen buiten het estuarium zoals meteorologische invloeden of de grootschalige variatie van het getij binnen de Noordzee. Het mondingsgebied is echter ook nog steeds een dynamisch morfologisch gebied, dus de onafhankelijkheid van lokale morfodynamische evoluties op de getijslag in Vlissingen is niet 100 procent.

Bij de analyse van de golfwerking is het praktisch moeilijk om een onderscheid te maken tussen wind- en scheepsgolven. De Commissie Monitoring Westerschelde adviseerde om dit onderscheid wel trachten te maken (desnoods door aanpassing van de meetstrategie), rekening houdend met de gekende scheepsbeweging. In het verleden is reeds onderzoek uitgevoerd naar de relatie tussen scheepsgolven en oeverbescherming, morfologie of ecologie, telkens met opzet van gerichte monitoring (De Roo *et al.*, 2010, 2012; Huisman *et al.*, 2010; De Roo, 2013). De beschikbare inzichten in de effecten van scheepsgolven zijn echter nog beperkt en voorlopig onvoldoende om in een voortgangsrapportage wind- en scheepsgolven afzonderlijk te beschouwen.

In het eerste voortgangsrapport (IMDC *et al.*, 2013b) werd, in navolging van de toenmalige evaluatiemethodiek (Holzhauer *et al.*, 2011a), de golfwerking getoetst aan de hand van de jaarlijkse maximale en gemiddelde significante golfhoogte. De meetperiode voor golfwerking in de Westerschelde is echter relatief kort en sterk variabel onder invloed van meteorologische variabiliteit, en daarom kon geen trend worden vastgesteld. Daarom werd in het tweede voortgangsrapport (IMDC, 2014a) een analyse gedaan op basis van de cumulatieve distributiefunctie van de significante golfhoogte per jaar, zoals ook voorgesteld in het T2009-rapport en in de meest recente update van de evaluatiemethodiek (T2009 Consortium, 2013; Maris *et al.*, 2014). In het huidige voortgangsrapport worden de golven opnieuw visueel geanalyseerd aan de hand van de cumulatieve distributiefunctie.

### 4.2.2 Resultaten

Figuur 4-35 geeft de empirische cumulatieve distributiefunctie weer voor 8 stations. Golfhoogtes voorafgaand aan 2010 worden in grijs afgebeeld; 2010-2015 in kleur. In de analyse zijn de jaren waar meer dan 25 % van de meetgegevens ontbreken, weggelaten (e.g. Hoofdplaat 2012-2013, 2015). Voor het station WCT1 zijn geen resultaten voor 2010-2015 beschikbaar (wegens gestopt met meten op die locatie).

Het volgende wordt waargenomen in Figuur 4-35:

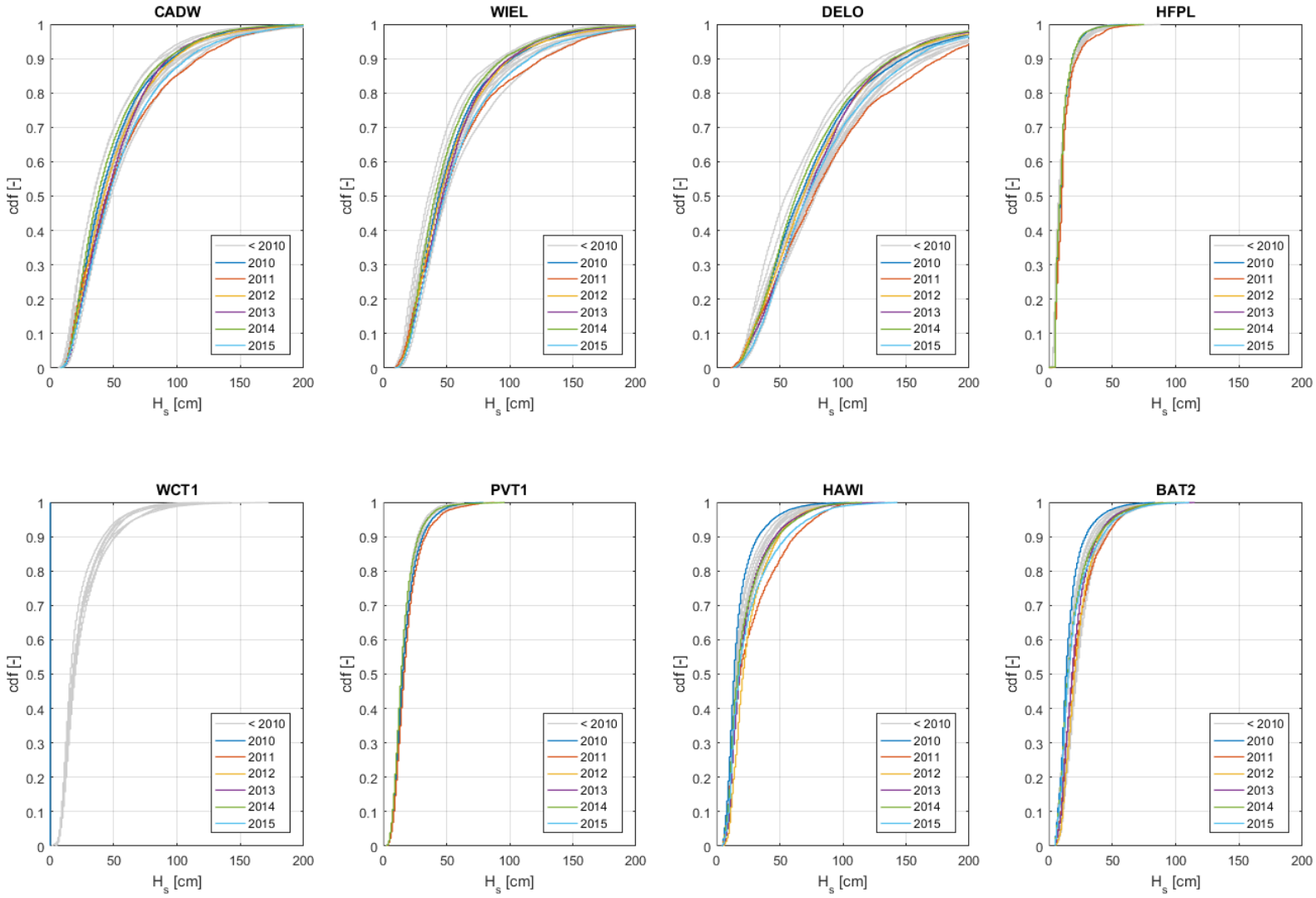
- **Cadzand, Wielingen, Deurloo** (buiten estuarium, monding): de waarschijnlijkheidsverdelingen van 2010-2015 vallen binnen de verdelingen van de voorgaande jaren. Voor 2011 is bij de hoogste golfhoogtes een zeer beperkte toename zichtbaar. De twee meest recente jaren (2014, 2015) liggen opnieuw binnen de verdelingen van de voorgaande jaren. Golfhoogtes voor 2015 (lichtblauw) waren hoger dan 2014 (lichtgroen), maar nog steeds binnen de verdelingen van voorgaande jaren.
- **Hoofdplaat**: enkel voor 2010, 2011 en 2014 waren voldoende golfmetingen beschikbaar om een empirische cumulatieve distributie op te stellen; voor 2012, 2013 een 2015 waren er minder dan 75 % van de tijd metingen beschikbaar, en werd dus geen cumulatieve distributiefunctie opgesteld. De cumulatieve distributiefunctie in 2010 en 2014 lag op het niveau van de laagste waarden van de vorige jaren; 2011 lag iets boven de hoogste waarden van de voorgaande jaren.
- **WCT1**: geen gegevens voor 2010-2015.

- **Pas van Terneuzen**: de golfverdelingen voor 2010 en 2011 waren aan de hoge kant vergeleken met de voorgaande jaren, maar de verschillen zijn heel klein (een paar centimeter in 2011). De cumulatieve distributiefunctie voor 2014 was lager, en lag binnen de range van de waarden voor 2010. Voor 2012, 2013 en 2015 waren geen gegevens beschikbaar.
- **Hansweert**: In 2010 was de golfhoogte te Hansweert iets lager dan de voorgaande jaren. In 2011, 2012 en 2015 lag de golfhoogte hoger dan de range van de jaren voorafgaand aan 2010. Net als bij de andere stations werden in 2011 de hoogste waarden genoteerd. In 2013 en 2014 lag de golfhoogte binnen het bereik van de jaren voorafgaand aan 2010, maar wel nabij de bovengrens. In het algemeen lag de golfhoogte in Hansweert dus meestal hoger in de periode 2010-2015 dan in de voorgaande jaren, zij het slechts enkele centimeter.
  Uit de bathymetrische verschilkaarten (zie xyz) kan worden opgemaakt dat het bodempeil ter hoogte van de golfmeetboei HAWI ca. 0,5 m ondieper is geworden tussen 2010 en 2015. De afname van de diepte ter hoogte van de golfmeetboei is een waarschijnlijke verklaring voor de toename van de golfhoogtes, omdat golven toenemen in hoogte naarmate de waterdiepte afneemt (shoaling).
- **Bath**: de golfverdeling van 2010 lag lager dan de laagste golfhoogtes van de voorgaande jaren; de verdeling in 2011 lag dan weer nabij de hoogste golfhoogtes van de voorgaande jaren. 2012, 2013, 2014 en 2015 lagen nabij het midden van de range van golfhoogtes uit de jaren voor 2010.

### 4.2.3 Conclusies

Over het algemeen zijn er geen sterke verschillen in de golfhoogtes van de jaren 2010-2015 ten opzichte van de periode daarvoor. 2011 was een jaar met relatief hoge golfhoogtes (op verschillende stations zelfs hoger dan wat in de jaren daarvoor werd waargenomen); 2010 was een jaar met relatief lage golfhoogtes. De hoge golfhoogtes van 2011 werden ook op de stations buiten het estuarium waargenomen, wat een meteorologische oorzaak suggereert. Van de twee meest recente jaren lagen de golfhoogtes algemeen hoger in 2015 dan in 2014, maar meestal nog binnen de range van de voorgaande jaren.

Enkel op de meetlocatie Hansweert worden de laatste jaren licht verhoogde waarden waargenomen, nabij of boven het bereik van de jaren voorafgaand aan 2010. Een waarschijnlijke verklaring hiervoor is de afname van de waterdiepte met ca. 0,5 m ter hoogte van de golfmeetboei tussen 2010 en 2015. Het gaat hier met andere woorden om een plaatselijk effect ter hoogte van de meetlocatie waaruit weinig conclusies kunnen worden getrokken met betrekking tot het golfklimaat in het ruimere gebied.




*Figuur 4-35: Empirische cumulatieve waarschijnlijkheidsverdeling van de significante golfhoogte van de verschillende meetlocaties.*

# 4.3 STROOMSNELHEDEN

## 4.3.1 Plaatranden in de Westerschelde

### 4.3.1.1 Inleiding

Het doel van de plaatrandstortingen die werden uitgevoerd als deel van het flexibel storten is om meer laagdynamisch ondiep water en intergetijdengebied gebieden te creëren. Dit wordt gekwantificeerd in de ecotooparealen. Omdat een ecotopenkaart niet jaarlijks wordt opgesteld, wordt de evolutie van de stroomsnelheden op de plaatranden onderzocht om na te gaan of de plaatranden inderdaad geëvolueerd zijn naar meer laagdynamische gebieden.

De stroomsnelheden op de plaatranden worden onderzocht aan de hand van (quasi-) jaarlijkse ADCP metingen langs 12 raaien op enkele plaatranden in de Westerschelde (i.e. Hooge Platen West, Hooge Platen Noord, Rug van Baarland, Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse[7], uitgevoerd door Rijkswaterstaat.

Deze jaarlijkse metingen worden vergeleken per locatie. Ze werden gerapporteerd door Jentink et al. (2016) en op https://waterberichtgeving.rws.nl/nl/monitoring_stroom.htm.

### 4.3.1.2 Methodiek

De locatie van de meetraaien is weergegeven in Bijlage C.1.

In de grafieken in Bijlage C.2 wordt per meetraai de relatie weergegeven tussen het tijverschil over de doodtij-springtijcycli ter hoogte van de dichtstbijzijnde getijpost (bv. Vlissingen, Hansweert, …) en de daar bijhorende (lokale) maximale stroomsnelheid. Daarbij worden ook de gegevens getoond van voorgaande metingen. De regressielijn van de eerste meting (i.e. de T0-meting) dient als referentie en zijn nauwkeurigheidsgrenzen (bepaald door de spreiding van de metingen) dienen als controlegrenzen voor de latere metingen. Indien deze onder de betrouwbaarheidsband van de referentiemeting liggen, duidt dit op een significante afname van de stroomsnelheden op die locatie.

### 4.3.1.3 Resultaten

Sinds het voorgaande voortgangsrapport werden enkel nieuwe metingen uitgevoerd op Hooge Platen Noord en de Plaat van Walsoorden. Voor de andere locaties (Hooge Platen West, Rug van Baarland, Plaat van Valkenisse) is geen nieuwe data beschikbaar; deze worden in het huidige rapport dan ook niet verder beschouwd.

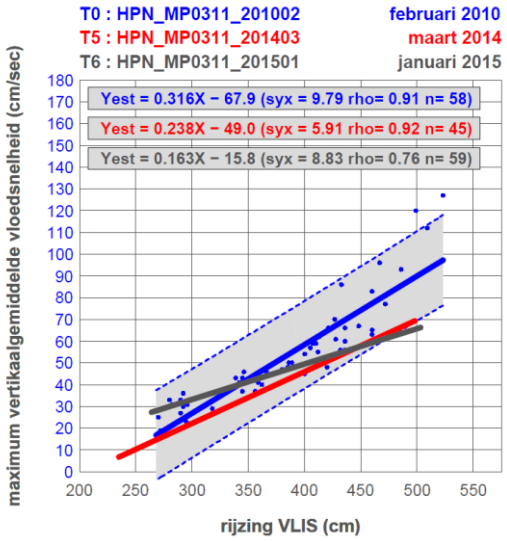
[7] Stroomsnelheden worden ook gemeten op de Plaat van Ossenisse, echter niet langs voorgedefinieerde raaien. Bovendien is ook geen vergelijking beschikbaar tussen opeenvolgende metingen in relatie met de getijrijzing of -daling. De stroomsnelheidsmetingen langs de raai op de Plaat van Valkenisse zijn maar éénmalig uitgevoerd zodat enkel een referentiemeting beschikbaar is. De metingen op deze platen worden hier dan ook verder niet beschouwd.

#### 4.3.1.3.1 Hooge Platen Noord

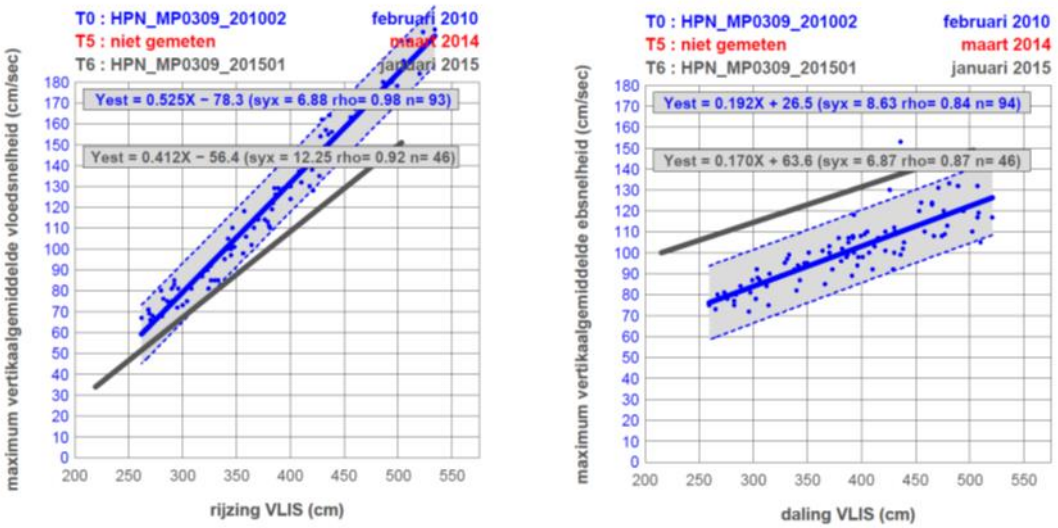
Op de Hooge Platen Noord worden ADCP metingen uitgevoerd langs 4 raaien en in elk 4 punten. Er zijn 6 meetcampagnes uitgevoerd sinds de T0 referentiemeting. De grafieken opgesteld door Jentink et al. (2016), volgens de methodiek beschreven in §4.3.1.2, worden gegeven in Bijlage C.2.1. De volgende zaken worden waargenomen:

- Op raai 1 wordt geen significante wijziging van de stroomsnelheden waargenomen.
- Op raai 2 wordt een lichte daling van de maximale vloed- en ebsnelheden (bij springtij) waargenomen op punt 5. Op de andere meetpunten wordt een lichte daling van de maximale vloedsnelheden waargenomen, en een daling van de ebsnelheden.
- Op raai 3 wordt een lichte daling van de maximale vloed- en ebsnelheden (bij springtij) waargenomen op punt 10 en 11 (zie Figuur 4-35). Op punt 9 wordt een daling waargenomen van de vloedsnelheid, en stijging van de ebsnelheid (Figuur 4-37). Op het meetpunt 12 wordt geen significante wijziging waargenomen.
- Op raai 4 wordt een daling van eb- en vloedsnelheden waargenomen op punt 14 en 15. Op de andere meetpunten wordt geen significante wijziging waargenomen.

In het algemeen zijn de verschillen in stroomsnelheid echter relatief klein.



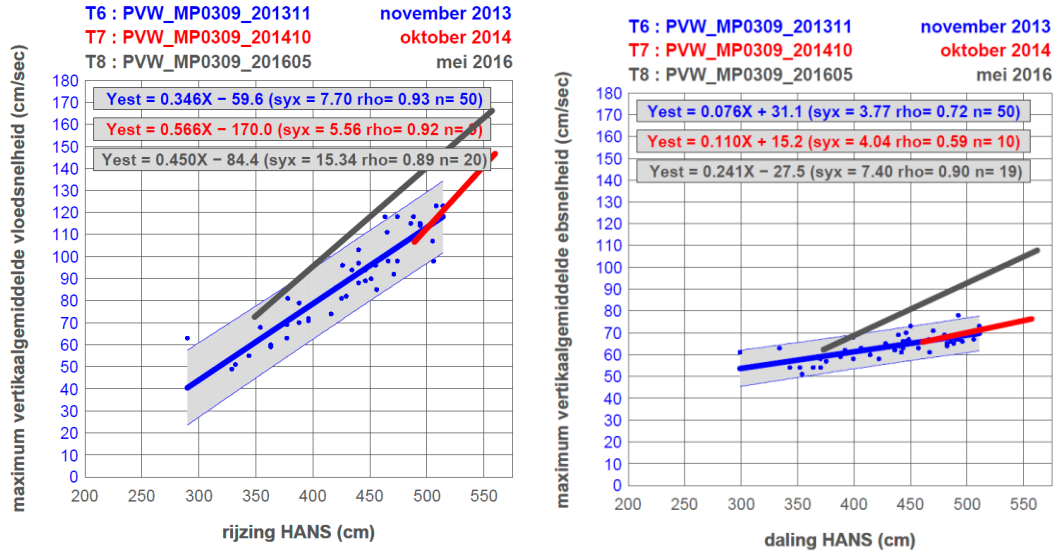

*Figuur 4-36: Vloedsnelheid t.o.v. getijrijzing voor raai 3, meetpunt 11 van Hooge Platen Noord.*




*Figuur 4-37: Vloedsnelheid (links) en ebsnelheid (rechts) t.o.v. getijrijzing voor raai 3, meetpunt 9 van Hooge Platen Noord.*

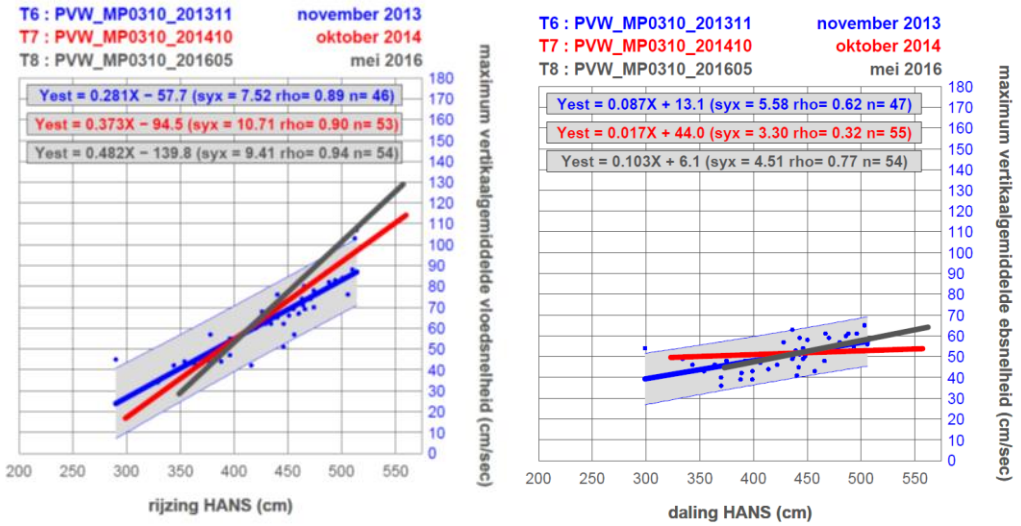
#### 4.3.1.3.2 Plaat van Walsoorden

Op de Plaat van Walsoorden worden ADCP metingen uitgevoerd langs 2 raaien en in elk 4 punten. De locaties van de raaien zijn weergegeven in Bijlage C.1. Er zijn 8 meetcampagnes uitgevoerd sinds de T0 referentiemeting. De webpagina https://waterberichtgeving.rws.nl/nl/monitoring_stroom.htm bundelt de meest recente resultaten; deze pagina bevat meer recente metingen dan het rapport van Jentink et al. (2016). De figuren zijn weergegeven in Bijlage C.2.2.




*Figuur 4-38: Vloedsnelheid (links) en ebsnelheid (rechts) t.o.v. getijrijzing op punt 1 (links) van raai 1 op de Plaat van Walsoorden. Er wordt een stijging van de vloedsnelheid waargenomen.*

- Voor raai 1 (gelegen op de zuidwestelijke zandtong) is de maximale vloedsnelheid gedaald in punten 2, 3 en 4 (Figuur 4-38, rechts). In het diepste punt 1 daarentegen kende de vloedsnelheid een stijging (Figuur 4-38, links). De ebsnelheden zijn zo goed als ongewijzigd gebleven sinds de referentiemeting; enkel op punt 2 is er een daling van de ebsnelheden. Dezelfde conclusie werd reeds getrokken in het voorgaande voortgangsrapport, en wordt bevestigd door de nieuwe metingen.




*Figuur 4-39: Vloedsnelheid (links) en ebsnelheid (rechts) t.o.v. getijrijzing op punt 10 (links) van raai 3 op de Plaat van Walsoorden.*

- Voor raai 3 (gelegen ten zuiden van raai 1) vertoont het meetpunt 09 een significante stijging van zowel de vloed- als de ebsnelheden (Figuur 4-38). Op andere punten, zoals meetpunt 10, is geen significante wijziging waar te nemen (Figuur 4-39).

#### 4.3.1.4 Conclusies

Op de plaatranden worden stroomsnelheidsmetingen uitgevoerd om na te gaan of er nieuw laagdynamisch (= lagere stroomsnelheden) gebied is gecreëerd of in wording is. Hierbij werden de meest recente meetwaarden vergeleken t.o.v. de voorgaande metingen en voornamelijk de referentie T0-meting uitgevoerd vóór de stortingen.

- Hooge Platen Noord:

De verschillen in stroomsnelheid op de meetlocaties zijn meestal vrij klein. Op een aantal punten langsheen de oostelijke ‘arm’ van de plaatrandstortingen lijken de stroomsnelheden wel licht verlaagd. Op sommige punten in deze zone wordt ook een lichte daling van de vloedsnelheid en een lichte stijging van de ebsnelheid waargenomen.

- Plaat van Walsoorden:

Op de meer zuidelijke van de twee westelijke plaatpunten werden verlaagde stroomsnelheden waargenomen, en dit vooral tijdens de vloed. Verder zuidwaarts langs de plaatrand worden verhoogde eb- en vloedsnelheden waargenomen op het diepste punt van de meetraai.

In het algemeen geven de stroomsnelheidsmetingen dus een gemengd beeld. Op de meerderheid van de meetpunten zijn de veranderingen t.o.v. de T0-meting kleiner dan de natuurlijke variatie in de metingen, er is er dus geen signficante wijziging merkbaar ten opzichte van de referentiemeting (zie bv. Figuur 4-39). Op een beperkt aantal meetpunten wordt een daling van de stroomsnelheden gemeten; op een beperkt aantal andere meetpunten wordt een stijging van de stroomsnelheden gemeten.

### 4.3.2 Meetpunten in de Beneden-Zeeschelde

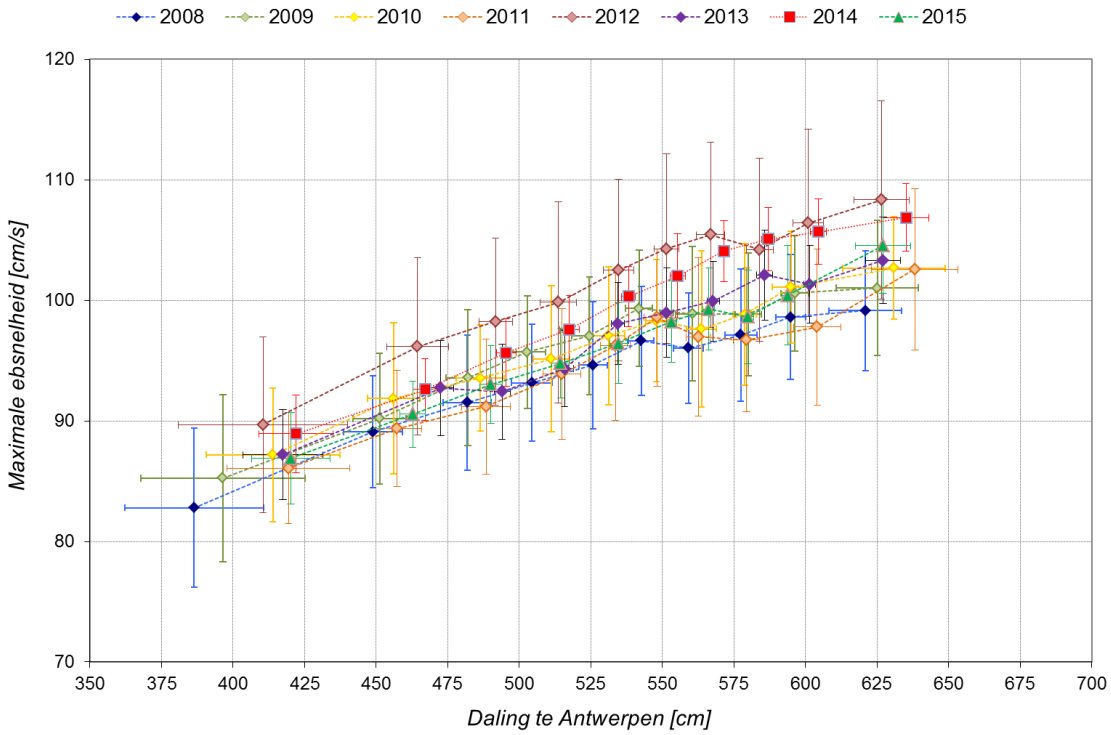
De stroomsnelheden in de Beneden-Zeeschelde worden gerapporteerd in het MONEOS factual datarapport van het Waterbouwkundig Laboratorium (Vanlierde *et al.*, 2016) onder de vorm[8] van een vergelijking van de maximale ebsnelheden ten opzichte van de magnitude van de waterstanddaling (cf. Figuur 4-40), resp. van de maximale vloedsnelheden ten opzichte van de magnitude van de waterstandstijging (cf. Figuur 4-41). De gegevens worden weergegeven als decielwaarden met bijhorende spreiding binnen het deciel (standaardafwijking).

De ebsnelheden (Figuur 4-40) lagen in 2014 licht hoger dan tijdens de andere meetjaren, met uitzondering van 2011 waarin de hoogste snelheden werden gemeten. In 2015 lagen de snelheden opnieuw binnen de puntenwolk van de voorgaande jaren (rekening houdend met de spreiding op de metingen). Algemeen valt er geen beduidend verschil waar te nemen tussen de waargenomen relatie tussen tijdaling en ebsnelheid voor en na 2008.

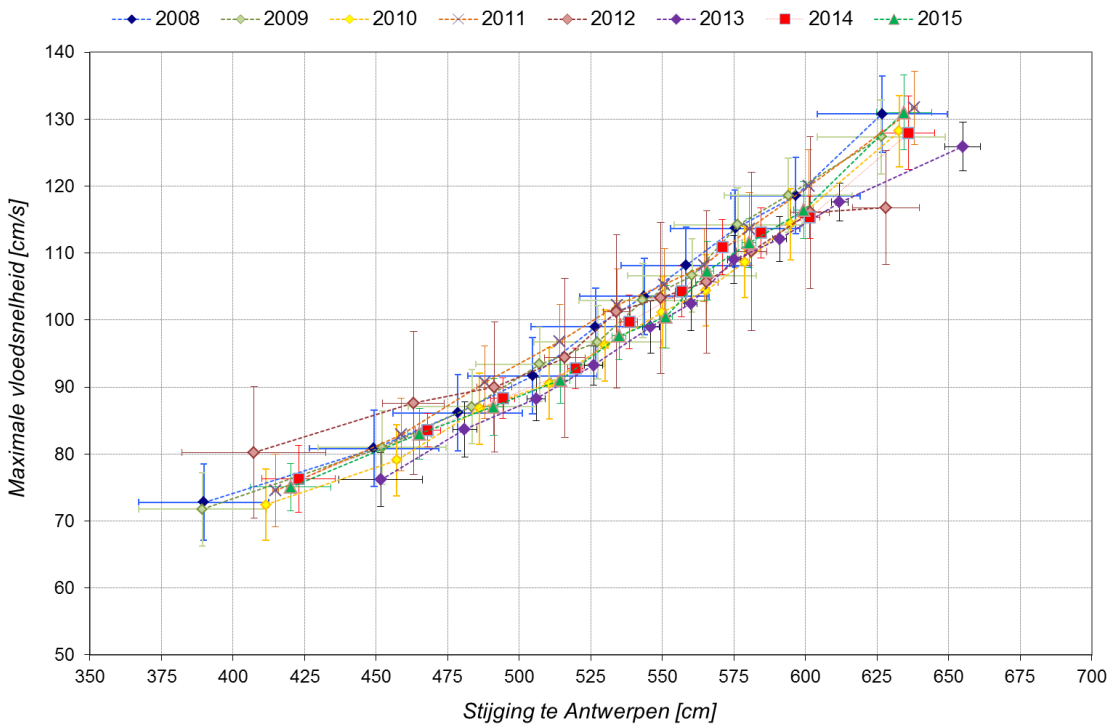
Ook voor de vloedsnelheden (Figuur 4-41) wordt geen beduidend verschil waargenomen in de relatie tussen tijstijging en vloedsnelheid voor en na 2008. De metingen van de twee meest recente jaren (2014 en 2015) verschillen weinig van de metingen van de voorgaande jaren.

In het tweede voortgangsrapport werd vermeld dat er voor de laagste decielen een toename is van zowel de stroomsnelheid en de stijgings- of dalingshoogte, en dit zowel voor eb- als vloedstroming. De laagste decielen zijn representatief voor doodtij-condities op de Schelde. Ook voor 2014 en 2015 liggen de laagste decielen hoger dan in de periode voor de derde verruiming, maar er is geen significante toename ten opzichte van de jaren 2010-2013.

[8] De getoonde figuren worden als volgt opgebouwd: op de X-as (stijging, resp. daling) wordt het verschil in waterhoogte tussen laagwater en hoogwater (stijging) of tussen hoogwater en laagwater (daling) afgebeeld. Tijdens deze fase wordt ook de maximale vloedsnelheid (bij stijging) of ebsnelheid (bij daling) gemeten. Per eb-vloed cyclus wordt dus telkens een koppel (stijging, max. vloedsnelheid) resp. (daling, max. ebsnelheid) bekomen. Over een jaar levert dit een puntenwolk waarbij de variatie tussen lage en hoge waarden voor een groot stuk bepaald wordt door de doodtij-springtij cyclus over een maand, en door variaties in de bovenafvoer. Om de data inzichtelijk te maken, is de voorstelling per deciel (per interval van 10 % van de stijging, resp. daling) opgemaakt.




*Figuur 4-40: Maximale ebsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de daling in waterpeil te Antwerpen (Vanlierde* et al.*, 2016).*




*Figuur 4-41: Maximale vloedsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de stijging in waterpeil te Antwerpen (Vanlierde* et al.*, 2016).*

## 4.4 SAMENVATTING HYDRODYNAMIEK

### *Hoog- en laagwaterstanden en getijslag*

Om de hoog- en laagwaterstanden en de getijslag sinds 2009 te evalueren, zijn de regressies die zijn opgesteld in het T2009-rapport voor de periode tussen de meest recente trendbreuk (meestal tussen 1965 en 1980) en 2009, geëxtrapoleerd naar de periode 2010-2015 en vergeleken met de metingen.

De hoog- en laagwaterstanden vallen bijna steeds binnen het 95 %-verwachtingsinterval van de regressies. In Vlissingen zijn zowel de hoog- als de laagwaters meestal iets lager dan gemiddeld tijdens de jaren 2010-2014 (maar nog steeds binnen het 95 %-verwachtingsinterval). Deze lagere waarden kunnen waarschijnlijk worden verklaard door een lagere windopzet buiten het estuarium tijdens deze periode (geschat aan de hand van de jaargemiddelde windsnelheid gemeten in Cadzand).

Ook in het opwaartse deel van het estuarium, van Schelle tot Prosperpolder, worden meestal lagere hoog- en laagwaterstanden waargenomen in de periode 2010-2015 (opnieuw nog steeds binnen de 95 %-voorspellingsintervallen). Dit kan eerder verklaard worden door een lagere bovenafvoer in de voorbije zes jaar, aangezien er relatief veel droge jaren zijn voorgekomen.

Algemeen kan dus worden besloten dat de hoog- en laagwaters geen sterke afwijkingen vertonen van de vooraf bestaande trend. De afwijkingen die wel worden waargenomen kunnen worden verklaard door meteorologische invloeden zoals de fluctuaties windopzet en de bovenafvoer.

De absolute getijslag vertoont op de meeste stations geen significante afwijking van de vooraf bestaande regressie. Aangezien de vooraf bestaande regressie een stijgende trend bevat, is dit een negatieve evolutie. Op het getijstation Schelle lag de absolute getijslag van 2014 en 2015 wel duidelijk lager dan de verwachte waarde (in 2015 ook buiten het 95 %-voorspellingsinterval). Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de getijgolf in dit gebied gedempt wordt door het GGG-gebied van Kruibeke-Basel-Rupelmonde (onderdeel van het Sigmaplan) of (lokaal) door baggerwerken iets opwaarts van het waargenomen effect. Er wordt verwacht dat de stopzetting van de zandwinning in de Westerschelde in de toekomst ook deze ontwikkeling van de getijslag tegengaat.

De relatieve getijslag bleef de laatste 10 jaar constant in Hansweert en Bath. In Antwerpen en Schelle bereikte de relatieve getijslag een piek rond 2009-2011 en vertoonde nadien zeer lichte afname. Deze afname is nog te klein om als significant te worden beschouwd.

### *Golven*

De analyse van golfhoogtes in de Westerschelde is uitgevoerd op basis van de jaarlijkse cumulatieve distributies van de significante golfhoogte. In het algemeen vallen de golfhoogtes sinds 2010 binnen de range van de jaren voor 2010. Enkel in 2011 werden iets hogere golfhoogtes waargenomen, maar deze werden ook waargenomen buiten het estuarium wat een meteorologische oorzaak suggereert.

Enkel op de meetlocatie Hansweert lijkt de golfhoogte iets te zijn toegenomen in de laatste jaren. Uit de bathymetrische verschilkaart blijkt echter dat de waterdiepte ter hoogte van de golfmeetboei met ca. 0,5 m is afgenomen, wat de toename van de golfhoogte kan verklaren.

### *Stroomsnelheden Westerschelde*

De stroomsnelheidsmetingen op de plaatranden in de Westerschelde werden onderzocht omdat ze sneller ter beschikking zijn dan ecotopenkaarten en ze een eerste indicatie kunnen geven van een laagdynamisch gebied. Hierbij werden de nieuwe meetwaarden vergeleken t.o.v. de voorgaande metingen en voornamelijk de referentie T0-meting uitgevoerd vóór de stortingen.

Sinds het vorige voortgangsrapport zijn enkel op Hooge Platen Noord en de Plaat van Walsoorden nieuwe metingen uitgevoerd. In het algemeen geven de stroomsnelheidsmetingen een gemengd beeld. Op de meeste meetpunten is de waargenomen verandering kleiner dan de natuurlijke variatie in de stroomsnelheden en kan dus geen trend worden afgeleid. Op een beperkt aantal meetpunten wordt een daling in de stroomsnelheden waargenomen; op een beperkt aantal andere meetpunten wordt dan weer een stijging waargenomen.

### *Stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde*

De stroomsnelheden in de Beneden-Zeeschelde werden geëvalueerd aan de hand van een vergelijking van de maximale gemeten eb- en vloedsnelheden te Oosterweel ten opzichte van de magnitude van de waterstanddaling respectievelijk -stijging te Antwerpen.

Er bleek weinig verandering te zitten in de stroomsnelheden bij specifieke tijverschillen over de periode 2008-2015. In de jaren 2012 en 2014 waren de ebsnelheden iets hoger dan tijdens de andere jaren (ca. 5 cm/s in 2012). Daarnaast liggen de laagste decielen (representatief voor doodtij-condities) sinds 2010 iets hoger, voor zowel de getijstijging of -daling als de stroomsnelheid, en zowel voor eb- als vloedstroming.

# 5. MORFOLOGIE EN LEEFOMGEVING

*In het hoofdstuk Morfologie en leefomgeving wordt ingegaan op de recente morfologische veranderingen die hebben plaatsgevonden na de derde verruiming van de Westerschelde. Verder wordt de evolutie van ecologisch waardevol gebied op basis van de vastgelegde kwaliteitsparameters uit het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten behandeld.*

## 5.1 RECENTE MORFOLOGISCHE VERANDERINGEN

### 5.1.1 Westerschelde

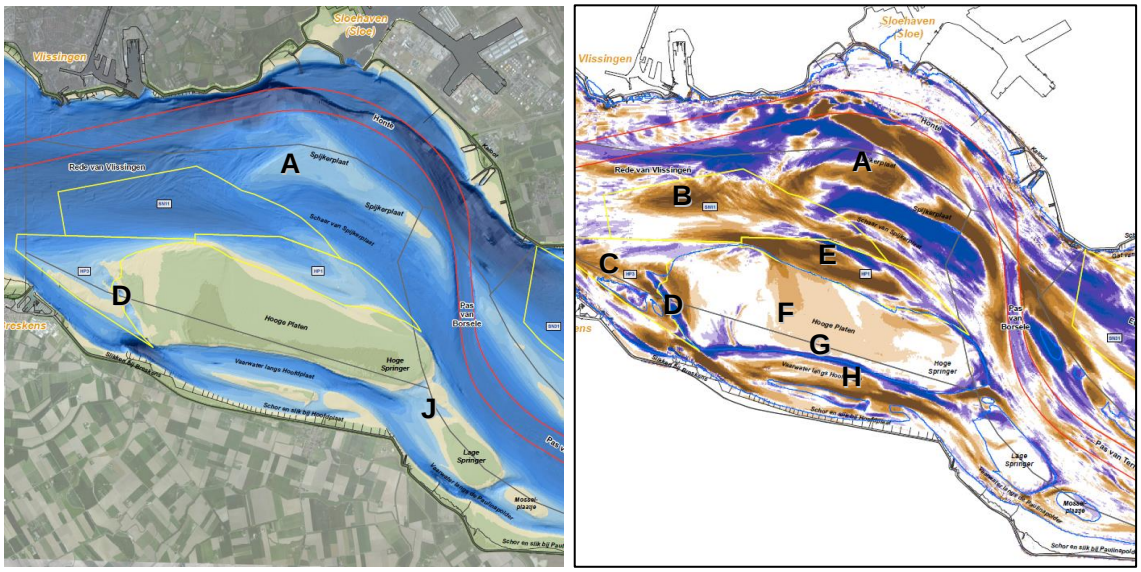
De vaklodingskaarten van de Westerschelde, opgemeten door Rijkswaterstaat in 2009 (vóór de verruiming), 2010 (na de verruiming), 2014 en 2015, zijn opgenomen in Bijlage D. Deze kaarten geven de bathymetrie en morfologie (via schaduw nuances) van de Westerschelde in het betreffende jaar weer. Verder zijn ook volgende verschilkaarten toegevoegd:

- verschilkaart 2014-2013, die de bodemevolutie weergeeft tijdens het vierde jaar na de verruiming van de Westerschelde;
- verschilkaart 2015-2014, die de bodemevolutie weergeeft tijdens het vijfde jaar na de verruiming;
- verschilkaart 2015-2009, die de evolutie weergeeft over 6 jaar ten opzichte van de situatie net voor de verruiming;
- verschilkaart 2015-2010, die de evolutie weergeeft over 5 jaar sinds de verruiming.

In wat volgt wordt nagegaan op welke manier de huidige morfologische veranderingen zich verhouden tot de referentiesituatie in het jaar 2009 (T2009 Consortium, 2013). In het T2009-rapport wordt de toestand van de Westerschelde voorafgaand aan de derde verruiming (tot en met 2009) beschreven. Het is de bedoeling om de grootschalige morfologische veranderingen uit dit rapport kwalitatief te vergelijken met de recente bodemwijzigingen.

#### 5.1.1.1 Macrocel 1 & mesocel 2

Tot de jaren ’80 van vorige eeuw wordt in macrocel 1 een verruiming beschreven die gedreven wordt door zandwinning (T2009 Consortium, 2013). Sindsdien wordt er overwegend gestort in de nevengeul (Schaar van de Spijkerplaat). Desondanks blijft de verruiming gehandhaafd, wat op een sterke autonome[9] erosie wijst. Tegelijk is het sedimentvolume dat opgeslagen zit in de Hooge Platen toegenomen, vooral door een toename van de gemiddelde hoogte. Dit wijst dus ook op een versteiling. In mesocel 2 (Vaarwater langs Hoofdplaat) wordt een lange-termijn sedimentatietrend beschreven.




*Figuur 5-1: Macrocel 1: Bathymetrie 2015 (links) en verschilkaart 2015-2009 (rechts). Zie ook Bijlage D. Letters betreffen verwijzingen in de tekst.*

Op basis van de diepte- en diepteverschilkaarten (Figuur 5-1 en Bijlage D.2) is ook recent vast te stellen dat in de nevengeul een noordwaartse migratie plaatsvindt van de Spijkerplaat (A). Dit geeft enerzijds ruimte aan de nevengeul maar leidt ook tot afzetting van sedimenten in de Honte (wat de onderhoudsbaggerwerken die hier sinds een paar jaar nodig zijn, verklaart).

Dit beeld contrasteert met de inloop van de nevengeul (B), waar het nevengeulstortvak SN11 is gelegen. Door de stortactiviteit (ruim 5 Mm³ sinds de start van de derde verruiming) is hier een verondieping opgetreden. Net ten noorden van SN11 wordt wel een ruime zone met erosief karakter waargenomen.

Aangrenzend aan Hooge Platen zijn 2 plaatrandstortvakken gelegen. Ten westen van Hooge Platen (‘Hooge Platen West’, of HP3) is in het eerste vergunningsjaar bijna 2 Mm³ sediment gestort, vooral ter hoogte van de diepste zone (C).

[9] Zie het Syntheserapport (IMDC, 2016a) voor een uitgebreide definitie van ‘autonoom’ binnen het kader van deze Voortgangsrapportage: *het systeem (re)ageert ‘autonoom’ binnen randvoorwaarden die door de mens zijn opgelegd*.

Na migratie van deze sedimenten, hoofdzakelijk onder invloed van de vloedstroom, alsook bijkomend storten (2,6 Mm³ over de eerste vijf vergunningsjaren) is hier een grote zone van verondieping gerealiseerd. De stortzone wordt van de plaat zelf gescheiden door een oostwaarts migrerende vloedgeul (D). Tussen deze geul en de Bol is ook sedimentatie opgetreden onder de vorm van een grote zandduin die opwaarts migreert (dit wordt verder geïllustreerd bij de detailbeschrijving van de platen en slikken in sectie 5.2.1.1).

Aan de noordzijde van de plaat, in stortvak 'Hooge Platen Noord' (of HP1), zijn twee zandtongen aangelegd om een luwte te creëren waartussen autonome sedimentatie zou leiden tot het ontstaan van bijkomend laagdynamisch, ecologisch waardevol areaal. Op de recente diepte- en verschilkaarten is hier effectief een verondieping zichtbaar (E). Ten zuiden van deze stortzone, en vooral in het gebied net ten oosten van de Bol, is sedimentatie en ophoging op de plaat zelf vastgesteld (F). (Hierop wordt ook ingegaan in sectie 5.2.1.1).

Aan de zuidzijde van Hooge Platen (mesocel 2) worden twee ontwikkelingen waargenomen: de verondieping van het Vaarwater langs Hoofdplaat gaat verder zoals historisch beschreven (G), en het Vaarwater zelf migreert naar het noorden, waardoor de zuidrand van de Hooge Platen erodeert (H).

Het slik ten zuiden van het Vaarwater langs Hoofdplaat ondervindt aanzanding en verondiept. De slikken aan de noordzijde van de macrocel 1 vertonen geen duidelijke trend in de laatste 5 jaar.

Zowel de Hoge als de Lage springer kennen erosie op hun zuidoostelijke punt, terwijl er aan de noordelijke zijde van de Lage Springer en het Mosselplaatje sedimentatie voorkomt. Netto resulteert dit in een verplaatsing naar het noordwesten toe. Tussen 2009 en 2015 is het gebied tussen Hoge Springer en Lage Springer ondieper geworden (J).

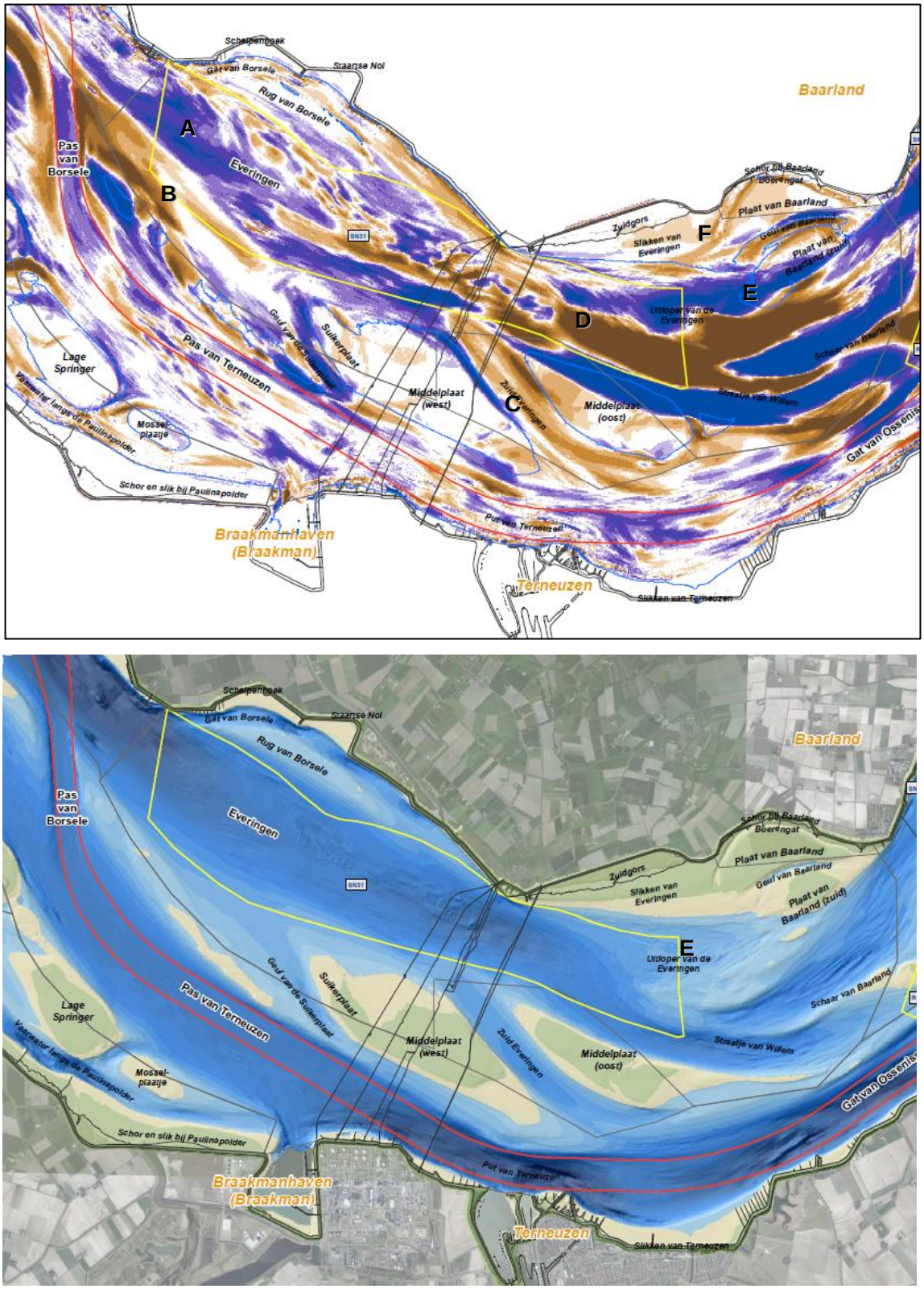
#### 5.1.1.2 Macrocel 3

Sinds de jaren '70 van vorige eeuw is een grootschalige verruiming van macrocel 3 waargenomen met een netto sedimentvolume afname van ca. 35 Mm³ (T2009 Consortium, 2013). Tot aan de 2e verruiming was dit een gecombineerd effect van autonome ontwikkeling en zandontrekking in een proces dat niet geleidelijk verliep, maar eerder in stabiele periodes afgewisseld met periodes van verruiming. Sindsdien wordt netto gestort in deze macrocel waardoor de ruimte in totaal minder is toegenomen. Ten opzichte van 1970 zijn de grootste toenames van het watervolume in de hoofdgeul gerealiseerd.

De gemiddelde hoogte van de Middelplaat is toegenomen tot begin de jaren '90, en lijkt sindsdien te stagneren. Het areaal van deze plaat is in de voorbije decennia afgenomen (T2009 Consortium, 2013).

Sinds 2009 en 2010 is de grootste dynamiek in de nevengeul waar te nemen (Figuur 5-6). In het westen is de Everingen voor een groot deel verdiept (A). De overgang naar de meest westelijke delen van de Suikerplaat heeft sedimentatie ondergaan, maar de plaatjes zelf zijn verdiept (B). De Suikerplaat zelf en de westelijke Middelplaat zijn stabiel gebleven, maar de Oostelijke middelplaat is hoger geworden (C). De geulen tussen de platen (Geul van de Suikerplaat, Zuid Everingen) zijn westwaarts verschoven; de Zuid-Everingen is ondieper geworden.

In het nevengeulstortvak SN31 is tot 2015 vooral gestort in het meest oostelijke deel (D), wat ook de sterke sedimentatie op die plaats en verder oostwaarts (uitloper van de Everingen) verklaart. Recenter is ook net ten westen van de kabels gestort. Nog verder westwaarts storten wordt verhinderd door de aanwezigheid van ankerplaatsen. In het oostelijk deel is een sterke drempeldynamiek aanwezig, die een quasi-cyclisch patroon vertoont waarbij de configuratie van het Straatje van Willem ten opzichte van de uitloper van het Middelgat bepaalt hoe de tussenliggende plaatjes of zandbanken migreren: in de richting van de Middelplaat of in de richting van de Rug van Baarland. Deze cyclus is recent beschreven in een morfologische analyse van de dynamiek rond de Everingen en Middelgat (LTV-consortium, 2014). In 2015 is (ten opzichte van 2009) ook zichtbaar dat de uitloper van de Everingen zich in noordoostwaartse richting ontwikkelt (E), waardoor in de toekomst de Schaar van Baarland en het Straatje van Willem wellicht verder zuidwaarts zullen gedrongen worden. Ook voor de Plaat van Baarland is er ontwikkeling in de ligging van geulen.




*Figuur 5-2: Macrocel 3: Bathymetrie 2015 (onder) en verschilkaart 2015-2009 (boven). Zie ook Bijlage D. Letters betreffen verwijzingen in de tekst.*

Langs de noordrand van de macrocel is op vele plaatsen sedimentatie merkbaar; niet in het minst langs de slikken van Everingen en het Schor bij Baarland / Plaat van Baarland (F). De slikken aan de zuidzijde van de vaargeul lijken meer aan erosie onderhevig te zijn (delen van de slikken van Terneuzen).

De hoofdgeul zelf vertoont veel minder dynamiek, mede door de onderhouds-baggerwerken. De verdiepingen van de geul is duidelijk merkbaar ter hoogte van de Pas van Borssele en de Put van Terneuzen. Richting macrocel 4 is ook in de inloop van het Gat van Ossenisse erosie zichtbaar.

#### 5.1.1.3 Macrocel 4

Macrocel 4 kende van midden jaren ’70 tot 2005 netto een positief stortregime (er werd meer gestort dan gebaggerd of gewonnen). In combinatie met een sedimenterende autonome ontwikkeling tot midden jaren ’80 (als gevolg van de functiewissel van de hoofd- en nevengeul), leidde dit tot een sterke afname van het watervolume. Sindsdien was het netto volume licht erosief, maar deze erosie was beperkt tot de hoofdgeul. De nevengeul kende een continue ontwikkeling van verondieping, die sinds de tweede verruiming nog versterkt werd (T2009 Consortium, 2013).

De Rug van Baarland wordt gekenmerkt door een lichte sedimenttoename tot aan de tweede verruiming, om vervolgens wat af te nemen. Het zuidelijke deel van de plaat werd sindsdien echter minder hoog, terwijl de noordelijke delen hoger geworden zijn. In het T2009 rapport is sprake van een nivellering: lage delen worden hoger, hoge delen worden lager. Tegelijk is het plaatareaal afgenomen.

De verschilkaart 2015 – 2009 toont ontwikkelingen die goed aansluiten bij wat hierboven beschreven is. De hoofdgeul erodeert verder (A), met name in de buitenbochten van het Gat van Ossenisse en de Overloop van Hansweert. Bij dit laatste wordt de erosie mee gestuurd door een afleiding van de stroming aan de Nol van Ossenisse (B, in het noordelijk van hoofdgeulstortvak SH41). De genoemde erosie zorgt er voor dat de oostzijde van de Rug van Baarland verder erodeert en versteilt. De Overloop van Hansweert wordt hierdoor verder verbreed.

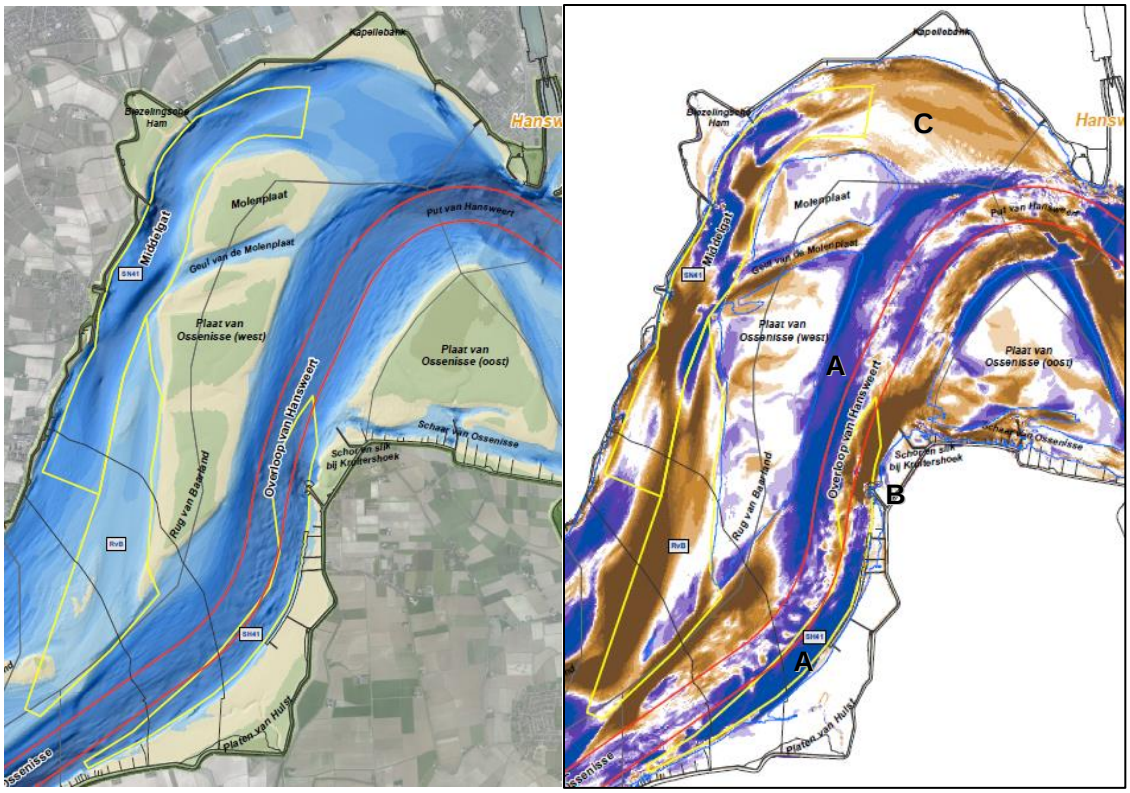
Het Middelgat kent in het noorden sedimentatie (C). Nabij Biezelingse Ham speelt een sterke erosie-sedimentatie dynamiek. Verder zuidwaarts wordt de sedimentatie opnieuw overheersend. In het uitloopgebied van het Middelgat speelt de dynamiek van het drempelgebied (zie hierboven bij de beschrijving van macrocel 3) opnieuw. De stortingen in het plaatrandstortvak Rug van Baarland hebben (in beperkte mate) bijgedragen tot de sedimentatie in dit gebied en zijn in 2012 stopgezet. Omwille van diezelfde autonome sedimentatie is ook in nevengeulstortvak SN41 niet gestort.

De platen zijn in vergelijking met de geulen minder sterk gewijzigd in hoogte. Het beeld varieert ruimtelijk. De Geul van de Molenplaat, die de Rug van Baarland doorsnijdt, roteert verder in wijzerzin. De Plaat van Ossenisse, aan de oostzijde van de Overloop van Hansweert, is in areaal afgenomen door een sterke erosie van de randen van deze plaat.

Het belangrijkste stortvak in de Westerschelde sinds de derde verruiming is het hoofdgeulstortvak SH41. In de eerste 5 jaar is daar 14,5 $Mm^3$ sediment gestort. In detailanalyses van de hoofdgeulstortingen (IMDC, 2012a, 2014c, 2014b, 2015a) werden de hoogdynamische omstandigheden rond de Nol van Ossenisse aangewezen als oorzaak van de snelle resuspensie van de gestorte sedimenten.

Op termijn werd slechts 15 à 20 % van het gestorte sedimentvolume aangetroffen. In de luwte achter (ten noorden van) de Nol van Ossenisse, voor het schor en slik bij Knuitershoek, is wel sterke sedimentatie opgetreden. Deze sedimenten zijn mogelijk ook verder verspreid langsheen de Plaat van Ossenisse tot in Macrocel 5, alsook in de Schaar van Ossenisse.

De Put van Hansweert kent een complexe sedimentatiedynamiek door het samenkomen van de hoofdgeul en de nevengeul en de interactie tussen de twee zandneren van macrocel 4 en macrocel 5 (Van Veen 1949). Recent komt er netto sedimentie voor. Het is aannemelijk dat een deel van de sedimenten die hier afgezet worden, afkomstig zijn van de stortingen nabij de Nol van Ossenisse aangezien deze trend nog niet gerapporteerd werd in het T2009 rapport (T2009-consortium, 2014) toen nog geen stortingen uitgevoerd werden nabij de Nol van Ossenisse.



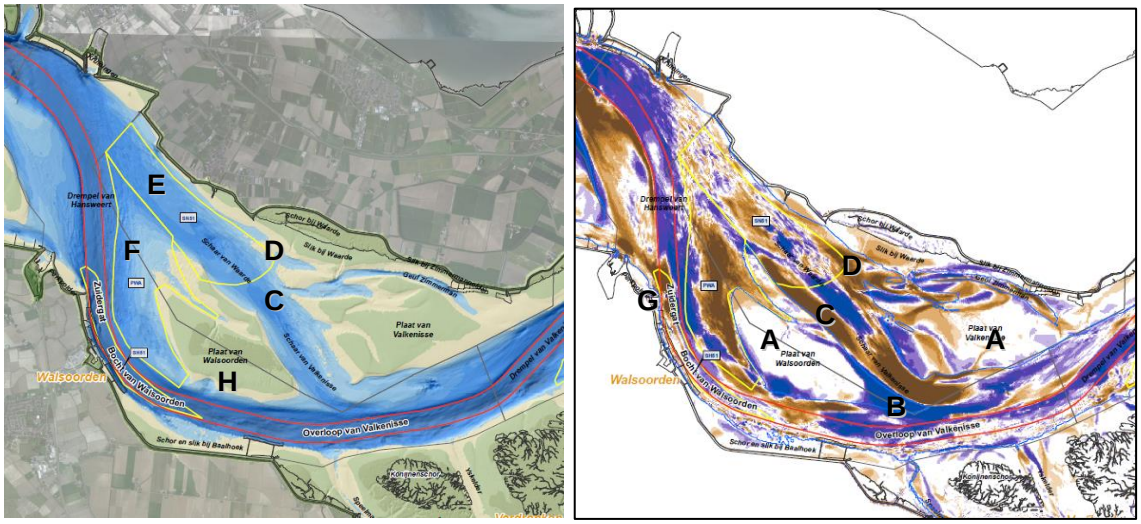

*Figuur 5-3: Macrocel 4: Bathymetrie 2015 (links) en verschilkaart 2015-2009 (rechts). Zie ook Bijlage D. Letters betreffen verwijzingen in de tekst.*

### 5.1.1.4 Macrocel 5

De langetermijnontwikkeling van de sedimentvolumes is in de jaren ’70 en ’80 overwegend (netto) erosief geweest, ondanks een netto stortregime. Vanaf midden de jaren ’80, en nog versterkt vanaf de tweede verruiming, is de zandwinning en onderhoudsstrategie aanleiding geweest van een versnelde verdieping, die vanaf ca. 2003 terug vertraagde. De grootste veranderingen zijn opgetreden in de hoofdgeul, waar een verruiming van ca. 60 miljoen m³ is gerealiseerd sinds 1970.

Tegelijk zijn de Plaat van Valkenisse, Plaat van Walsoorden en Plaat van Ossenisse sediment gaan opslaan tot rond de tweede verruiming wat gepaard ging met een sterke verhoging. Tot aan de derde verruiming waren deze platen eerder stabiel (T2009 Consortium, 2013).

Enerzijds lijkt de ophoging van de Plaat van Valkenisse en Plaat van Walsoorden zich tussen 2009 en 2015 (op basis van de vaklodingskaarten) ook maar beperkt verder te zetten (A). Anderzijds zijn ze wel onderhevig aan belangrijke geometrische veranderingen. De Plaat van Walsoorden wordt vanuit opwaartse richting geërodeerd waar de Schaar van Valkenisse en de Overloop van Valkenisse samenkomen: de laagwaterlijn aan de punt is er ruim een kilometer westwaarts verschoven (B). Dit is een gevolg van het uitbochten van de Schaar van Valkenisse. Halfweg de noordoostrand van de plaat (aan de uitloper van de noordelijke vloedschaar) bouwt zich echter een punt uit: het lijkt er op dat de Schaar van Waarde - Schaar van Valkenisse een grootschalige meander proberen te vormen (C).




*Figuur 5-4: Macrocel 5: Bathymetrie 2015 (links) en verschilkaart 2015-2009 (rechts). Zie ook Bijlage D. Letters betreffen verwijzingen in de tekst.*

Tegelijk biedt dit proces ruimte aan de Plaat van Valkenisse die zuidwestwaarts uitbouwt, alhoewel op de plaat ook grote gebieden met erosie voorkomen. Voor het slik van Waarde is een grote zone van sedimentatie, waarbij grote delen nu ook soms droogvallen (D).

In het noordwesten van de Schaar van Waarde treedt sedimentatie op, onder meer door stortingen die waren uitgevoerd in het begin van de vergunningsperiode (E). Omwille van te sterke verondieping is het storten op deze locatie beperkt.

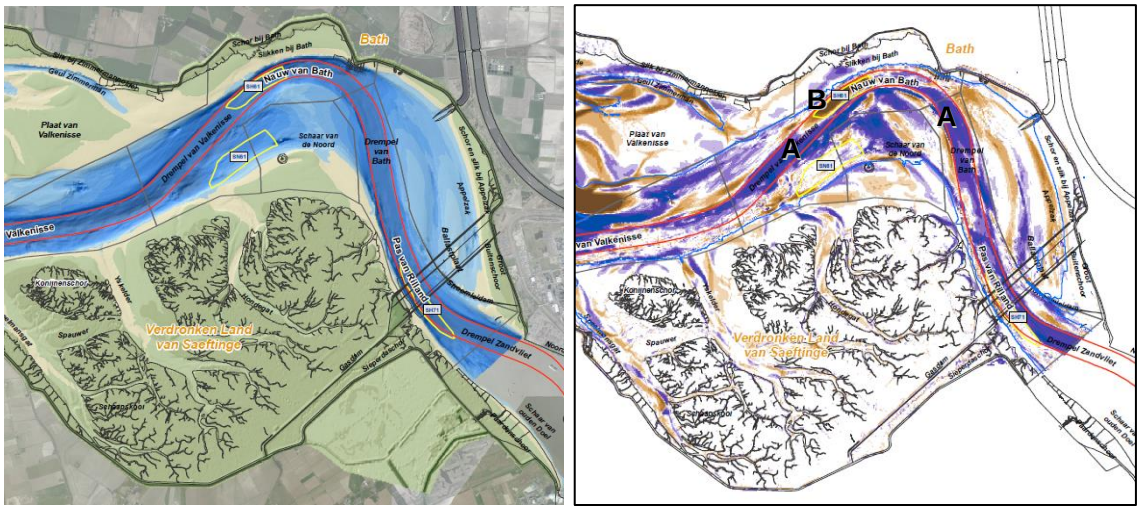
Hieraan grenzend bevindt zich een tweede belangrijk stortvak: het plaatrandstortvak Plaat van Walsoorden (F). Na eerdere proefstortingen in 2006 en 2009 zijn hier vanaf 2010 stortingen uitgevoerd met als doel een groot sedimentlichaam (‘megaduin’) aan te leggen. Zoals verwacht hebben de sedimenten zich langs de plaatpunt verspreid en een ruime zone van verondieping gerealiseerd.

Het grootste deel van de vaargeul is dieper en ruimer geworden. Een uitzondering hierop is gelegen ter hoogte van het oude hoofd van Walsoorden, een strekdam waar zich een diepe erosieput ontwikkeld heeft, en die wordt ingezet als derde stortvak in het gebied. Hier wordt dus lokaal ook sedimentatie waargenomen (G).

In de vaargeul, aan de overzijde van het slik bij Baalhoek, is op de verschilkaart van 2014 een grote plaatval vanaf de zuidrand van de Plaat van Walsoorden (eind 2013) zichtbaar (H). Een analyse van de zuidrand van de plaat wees op een hoge sedimentatie in 2013, wat niet werd waargenomen in de voorgaande jaren. Een mogelijk verband met de voorgaande plaatrandstortingen vanaf 2010 werd als een mogelijke oorzaak aangewezen (IMDC, 2016b). De zuidrand van de plaat is inmiddels grotendeels opnieuw gesedimenteerd.

#### 5.1.1.5 Macrocel 6 & 7

In macrocellen 6 en 7 is op lange termijn overwegend een verruiming en verdieping waargenomen als gevolg van aanhoudende sedimentonttrekkingen. De grootste veranderingen manifesteren zich in beide gevallen in de hoofdgeul (T2009 Consortium, 2013).




*Figuur 5-5: Macrocel 6 en 7: Bathymetrie 2015 (links) en verschilkaart 2015-2009 (rechts). Zie ook Bijlage D. Letters betreffen verwijzingen in de tekst.*

Ter hoogte van de hoofdgeul overheerst verdieping ten opzichte van de referentiesituaties in 2009 en 2010 (A). Enkel in stortzone SH61 komt netto aangroei voor (B). De verdieping is in belangrijke mate veroorzaakt door de verdiepingsbaggerwerken in 2009 en 2010, en onderhoudsbaggerwerken in de jaren nadien zorgen ervoor dat de minimale vaardiepte op de Drempel van Valkenisse, de Drempel van Bath en de Drempel van Zandvliet wordt gegarandeerd. Ook buiten de vaargeul, waaronder het gebied voor de Slikken bij Bath, voor het Konijnenschor, nevengeulgebied komt erosie voor.

De netto aangroei in de periode 2009-2015 in de diepe zone in de hoofdgeul (hoofdgeulstortzone SH61) is vooral gerealiseerd door stortingen in 2011 en 2012. In 2013 is de aangroei beperkt en in 2014 overheerst erosie in de stortzone. Dit is te wijten aan een verminderde stortintensiteit in deze zone, en de migratie van de gestorte sedimenten in afwaartse richting. De stortzone SH71 ter hoogte van de Pas van Rilland is op 1/01/2015, de datum van de meest recente peiling, nog niet ingezet.

Aan de randen van de Plaat van Saeftinghe komt erosie voor. Het noordwestelijke gedeelte ervan ondervindt sterke volumeafname waarbij de plaatrand steiler wordt. Op het centrale deel komt in de bestudeerde jaren 2013 en 2014 sedimentatie voor, net zoals dat ook in 2011 en 2012 het geval was. De noordrand van de plaat heeft de neiging om uit te breiden in noord(oost)elijke richting, echter baggerwerken voorkomen dat de plaat te dicht bij de vaargeul nadert.

In het westelijke deel van de Schaar van de Noord is het nevengeulstortvak SN61 gelegen. Hierin zijn nog geen stortingen uitgevoerd wegens de geringe diepte van het gebied.

Aan het oostelijke schor- en slikgebied van het Land van Saeftinge treedt significante erosie op. Deze erosie is versterkt sinds de aanleg van de strekdam en mogelijk ook door golfslagwerking (Jentink, 2014). Mogelijk zijn scheepsgolven hier de belangrijkste oorzaak, en zijn windgolven minder van belang. Echter, eenduidige meetgegevens hiervan zijn nog niet beschikbaar. Er worden metingen uitgevoerd door Rijkswaterstaat en het Waterbouwkundig Laboratorium om dit nader te bestuderen. De terugschrijdende trend wordt ook besproken in § 5.2.2 (Schorranderosiemetingen).

Meer westwaarts, aan de kreken Speelmansgat, Yskelder en Hondegat, en de vertakkingen ervan, treft men in de periode 2009-2015 afwisselend erosie en sedimentatie aan.

In vorige voortgangsrapportage werd gemeld dat de Ballastplaat zich geleidelijk in oostelijke richting verplaatst. In 2013 en 2014 zet deze evolutie zich voort: Erosie komt voor aan westelijke rand van de Ballastplaat, terwijl de Appelzak sedimentatie ondervindt. De hogere delen van de Ballastplaat en het plaatje ten westen ervan zijn relatief stabiel.

### 5.1.2 Geulwandverdedigingen

*Rijkswaterstaat Zee en Delta maakte een overzicht (*Figuur 5-6*) van de geulwandverdedigingen* (Sinke, 2014)*. De analyses werden gemaakt op basis van de lodingsgegevens van het voorjaar en najaar van 2013 (zowel multibeam als singlebeam) en het voorjaar van 2014 (enkel multibeamopnames). Er wordt gelet op de steilte van het talud, ontwikkeling naast de geulwandverdediging, en achter- en voorloopsheid.*



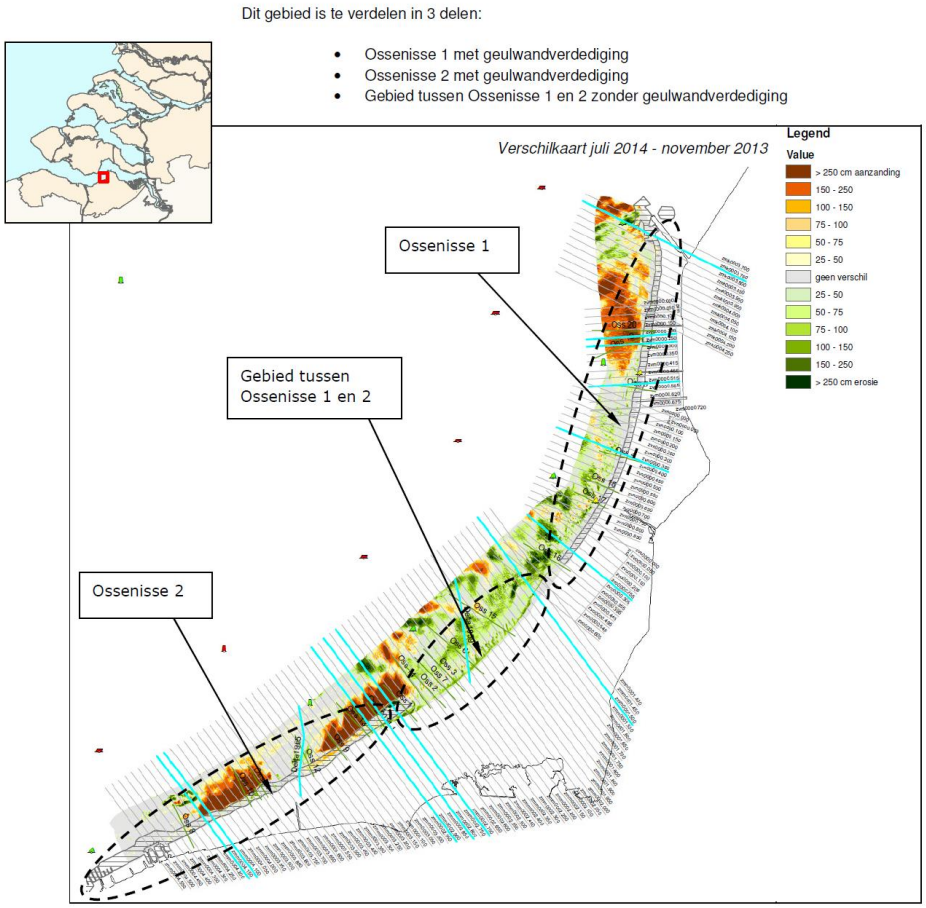

*Figuur 5-6: Locaties van geulwandverdedigingen (bron: Sinke, 2011).*

#### 5.1.2.1 Ossenisse

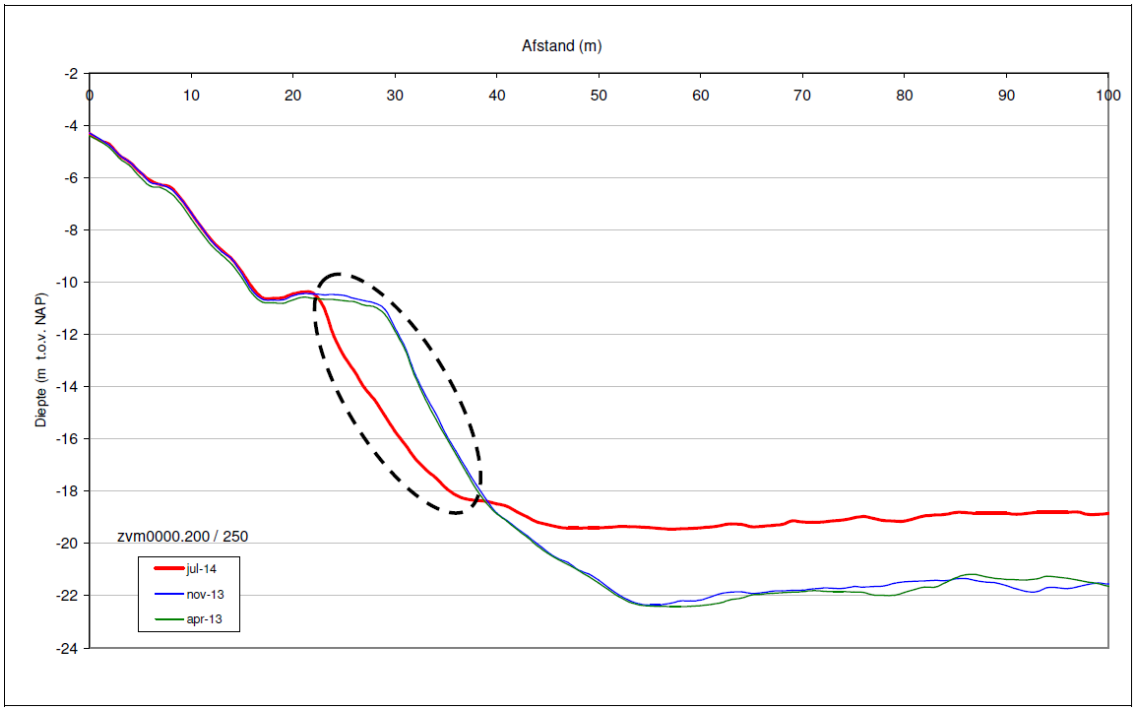
In het oostelijke deel van Ossenisse I, het noordelijk gelegen deel van de geulwandverdediging, wordt gestort (in hoofdgeulstortvak SH41). De geul wordt er minder diep, maar de geulwanden kennen erosie (Figuur 5-7, Figuur 5-8). In het westelijke deel van Ossenisse I worden geen stortingen uitgevoerd in de geul. De geulwand wijkt achteruit en de geul wordt er dieper.

De onverdedigde geulwand tussen Ossenisse I en II heeft taludhellingen steiler dan 1:2, maar deze hellingen zijn minder hoog dan 10m. Het talud ondervindt regressie en de vaargeul aan de voet van het talud wordt dieper (Figuur 5-9). Verder is waakzaamheid geboden door de aanwezigheid van onderwaterkabels. In het tracé van de kabels vindt erosie plaats, wat ervoor kan zorgen dat er op termijn schade aan de kabels voorkomt.

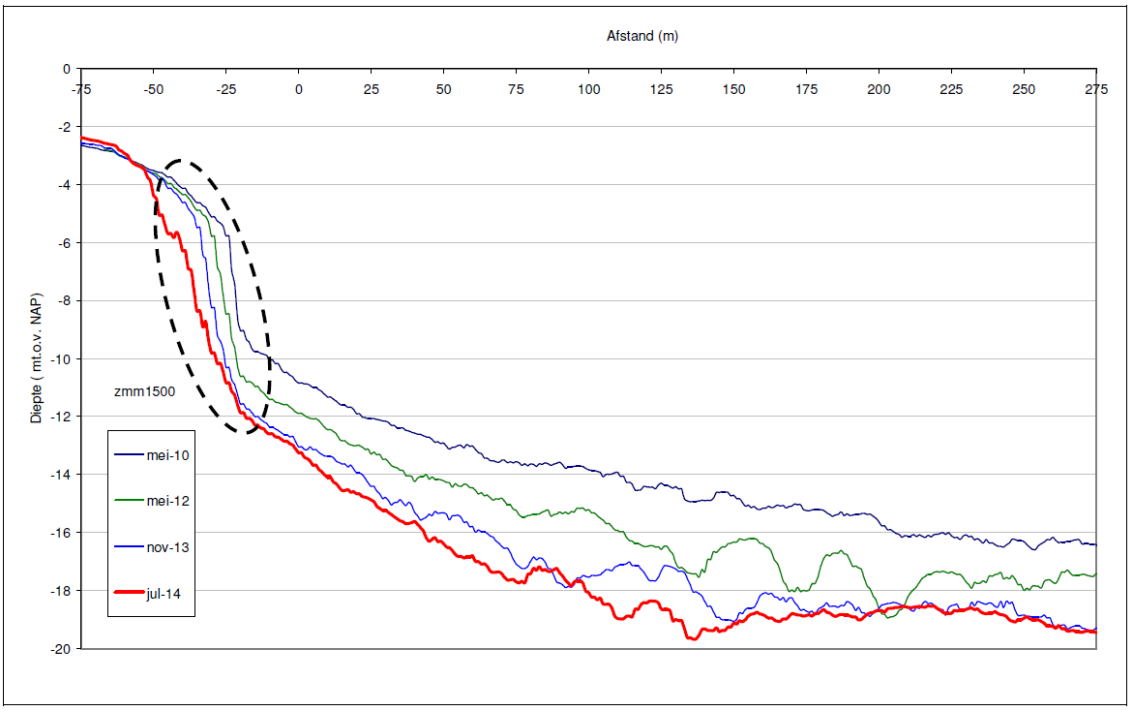
De geulwandverdediging in het zuidelijke gebied (Ossenisse II) is niet stabiel. Hier is erosie van de geulwandverdediging een trend en afglijdingen komen voor (Figuur 5-10). Door het dieper worden van de vaargeul worden de hellingen van de geulwanden steeds steiler. Sinds het voorjaar van 2014 worden hier geulwandstortingen met onderhoudsbaggerspecie (tot 30/06/2016 ruim 3 Mm³ in-situ) uitgevoerd in de vaargeul in het kader van de geulwandverdediging (Figuur 5-7). Langsheen de geulwand blijft echter een dieper deel bestaan, waardoor afschuivingen mogelijk blijven. Ook ondervindt het voorland van de geulwandverdediging erosie in het oostelijke deel van Ossenisse II (Figuur 5-10).



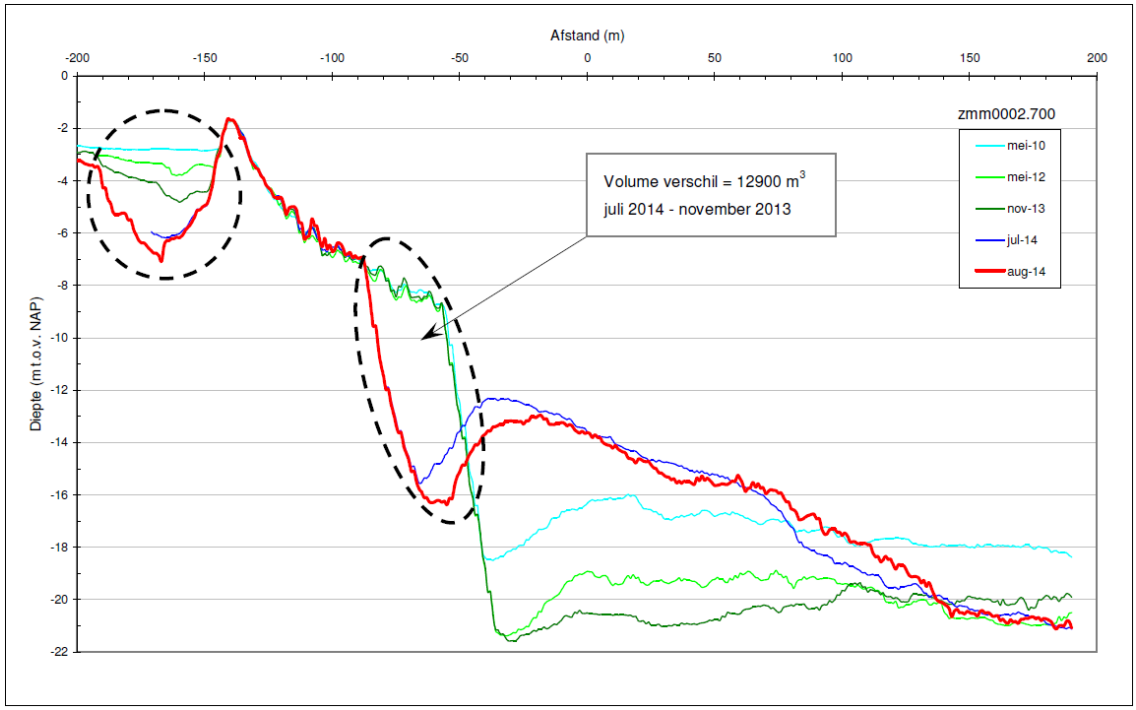

*Figuur 5-7: Erosie en sedimentatie in de vaargeul langsheen de geulwand te Ossenisse. (Sinke, 2014)*




*Figuur 5-8: Erosie van de geulwandverdedigingen Ossenisse I en aanzanding aan de voet van de geulwand door stortingen in hoofdgeulstortvak SH41 (Sinke, 2014).*



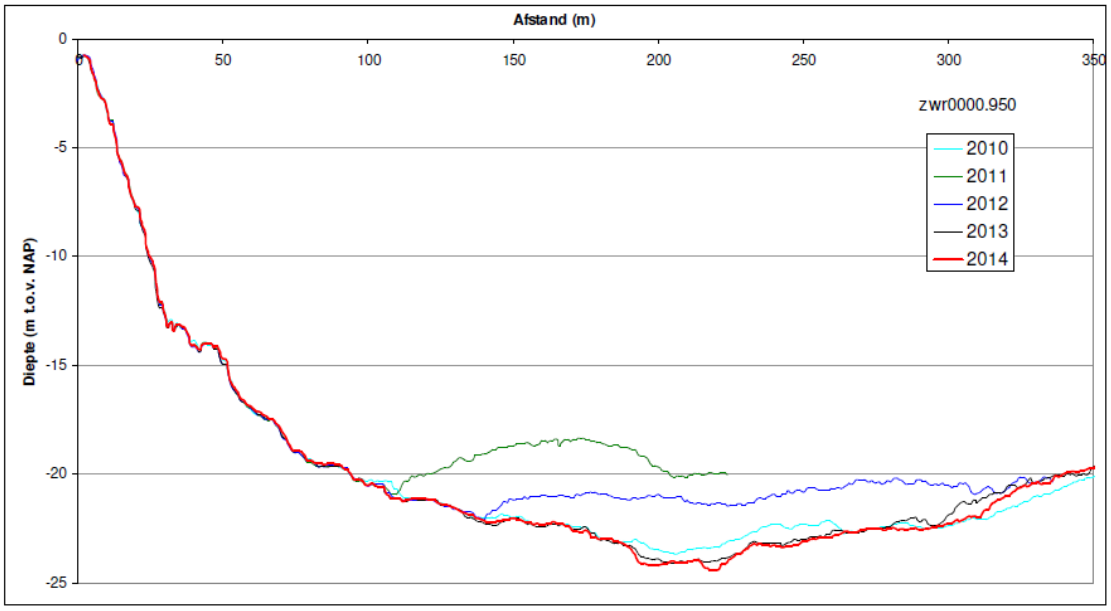

*Figuur 5-9: Verdieping en terugschrijden van de geulwand tussen de zones met geulwandverdigingen Ossenisse I en II (Sinke, 2014).*




*Figuur 5-10: Afglijding van de geulwand ter hoogte van de geulwandverdediging aan Ossenisse II. Aan de voet van de geulwand zijn geulwandstortingen uitgevoerd (Sinke, 2014).*

### 5.1.2.2 Zuidergat

De geulwandverdediging ter hoogte van het Zuidergat is stabiel. In het westelijke deel van de geul is de gestorte baggerspecie in SH51 helemaal geërodeerd. De bodem bereikt terug het niveau van 2010 (Figuur 5-11).




*Figuur 5-11: Erosie van de gestorte baggerspecie in SH51 (Sinke, 2014).*

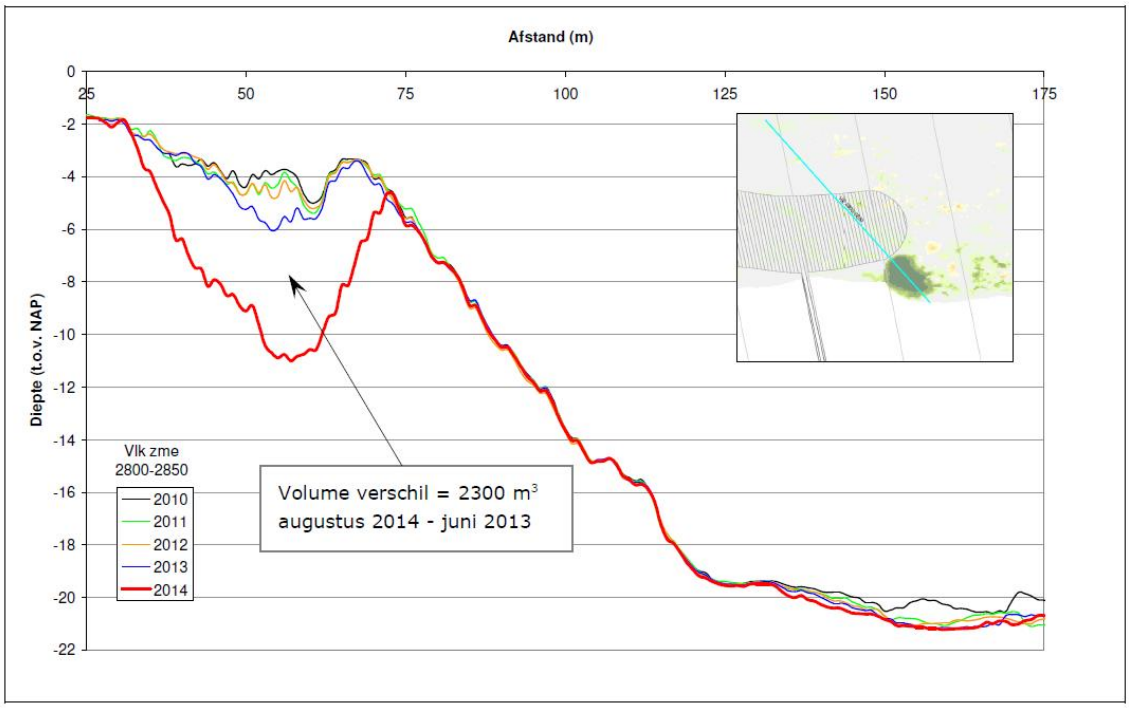
### 5.1.2.3 Baalhoek

Ter plaatse van de geulwandverdediging treedt geen erosie op en is de bestorting dus stabiel. Bij de toegangsgeul naar het haventje van Paal is erosie opgetreden. In het gebied komt sedimentatie en erosie voor door de verplaatsing van zandgolven. Verder is ook de meetpaal Baalhoek vervangen wat ook erosie en sedimentatie tot gevolg heeft.

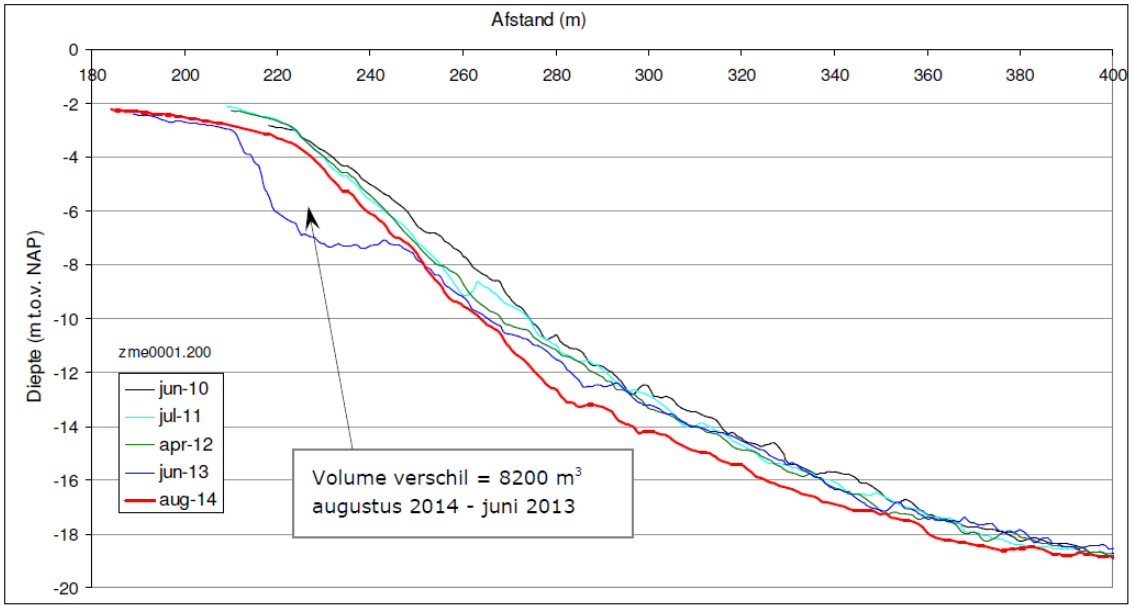
### 5.1.2.4 Valkenisse

De geulwandverdediging zelf is stabiel, aan het oostelijke uiteinde treedt echter wel erosie op achter de geulwandverdediging. Ten oosten van de geulwandverdediging zet de eroderende trend van de (niet verdedigde) geulwand zich al enige jaren voort (Figuur 5-12).

De afschuiving ter hoogte van de afwateringsgeul Yskelder is in augustus 2014 opnieuw opgevuld (Figuur 5-13). De geul zelf is opnieuw verplaatst.



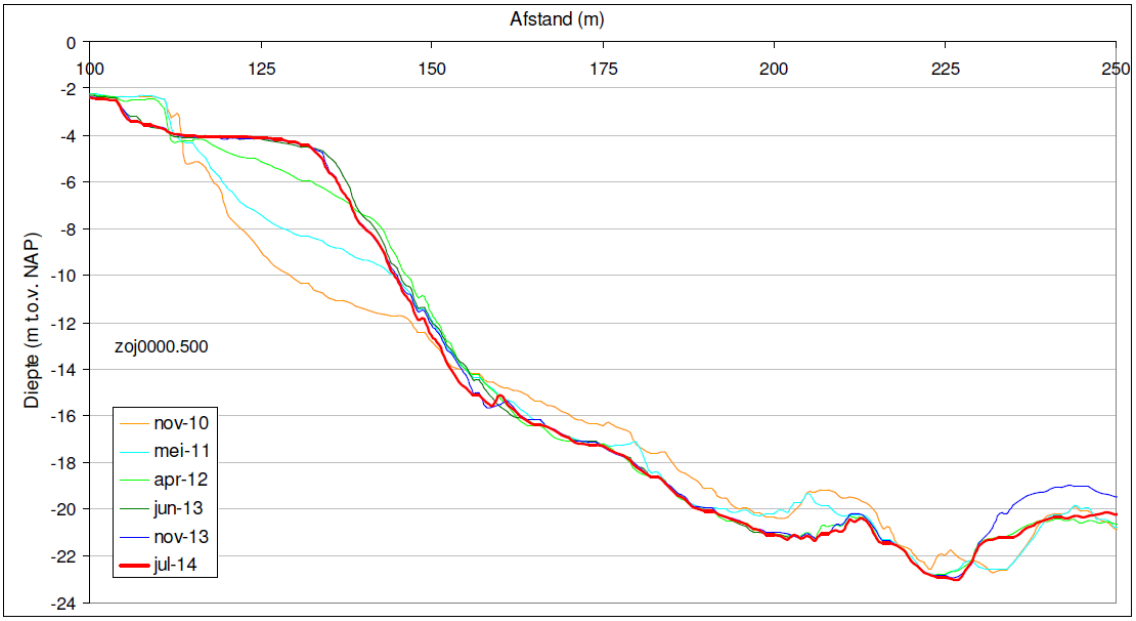

*Figuur 5-12: Erosie achter het oostelijke uiteinde van de geulwandverdediging ter hoogte van Valkenisse (Sinke, 2014).*




*Figuur 5-13: Afglijding en hersedimentatie ter hoogte van de afwateringsgeul 'Yskelder' van Saeftinge (Sinke, 2014).*

### 5.1.2.5 Bath

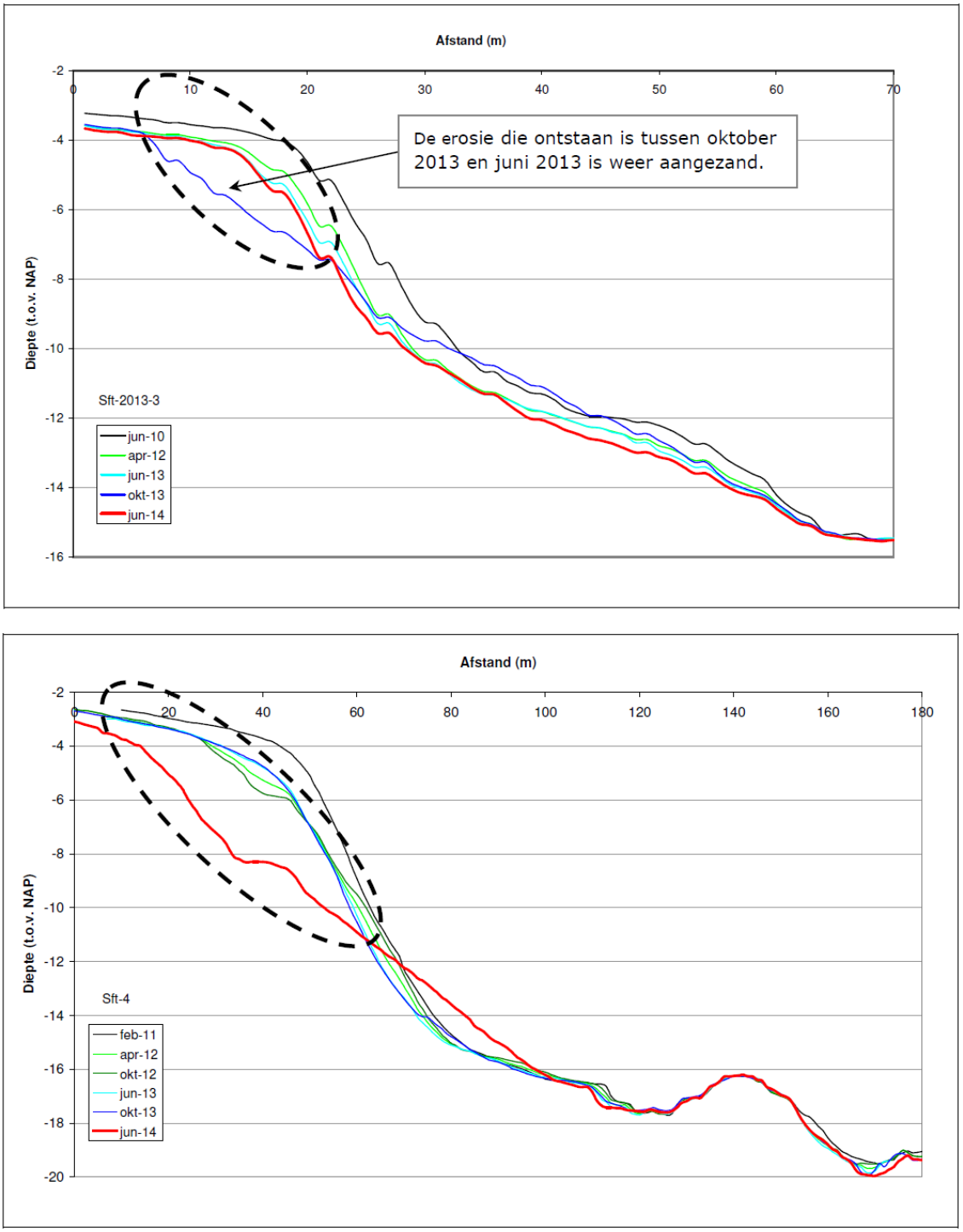
Aan de geulwandverdediging ter hoogte van het Nauw van Bath is geen erosie opgetreden en wordt dus stabiel beschouwd. In de vaargeul ondervinden de stortingen uitgevoerd in de vaargeul beperkte erosie. De afschuiving, die plaatsvond in 2010 aan de onverdedigde geulwand ten westen van de versterking, wordt geleidelijk aan terug opgevuld en is nu stabiel (Figuur 5-14).




*Figuur 5-14: De afglijding van de onverdedigde geulwand bij Bath in 2010 werd terug opgevuld en stabiliseert in de daaropvolgende jaren (Sinke, 2014).*

### 5.1.2.6 Saeftinghe

Er is in de beschouwde periode geen erosie opgetreden. De geulwandverdediging is - na de aanpassingen in 2010 - stabiel. Ten noorden van de geulwandverdediging vindt zowel aanzanding als erosie plaats.




*Figuur 5-15: Ten noorden van de geulwandverdediging van Saeftinghe vindt zowel sedimentatie (boven) als verdieping (onder) plaats (Sinke, 2014).*

### 5.1.3 Beneden-Zeeschelde

De bathymetrische opnames van de Beneden-Zeeschelde van 2009, 2014 en 2015 werden beschikbaar gesteld door de Vlaamse Hydrografie en Maritieme Toegang. Deze zijn opgenomen in Bijlage E.1. Deze kaarten geven de bathymetrie en morfologie (via schaduw nuances) weer van de Beneden-Zeeschelde in het betreffende jaar. Voor een betere visualisatie werd de Beneden-Zeeschelde opgedeeld in volgende zones: Saeftinge - Doel, Doel – Fort Filip, Fort Filip-Oosterweel, Rede van Antwerpen en Burcht - Rupelmonde.

Verder zijn in Bijlage E.2 ook volgende verschilkaarten toegevoegd:

- verschilkaart 2013-2014, die de bodemevolutie weergeeft over één jaar;
- verschilkaart 2014-2015, die de bodemevolutie weergeeft over één jaar;
- verschilkaart 2014-2009, die de evolutie weergeeft over 5 jaar:
- verschilkaart 2015-2009, die de evolutie weergeeft over 6 jaar.

In wat volgt, worden de grootschalige morfologische veranderingen besproken die op de verschilkaarten te zien zijn. Aangezien de verschilkaarten 2015-2009 en 2014-2009 nagenoeg dezelfde processen vertonen, wordt enkel het verschil van 2009 met de recentste peiling besproken.

#### 5.1.3.1 Saeftinghe – Doel

In de stort- en zandwinningszone van Schaar van Ouden Doel is in 2013-2014 en 2014-2015 wordt zowel verdieping en verondieping waargenomen als gevolg van de stortings- en zandwinningsactiviteiten. In 2013-2014 was er meer erosie dan sedimentatie, in 2014-2015 andersom.

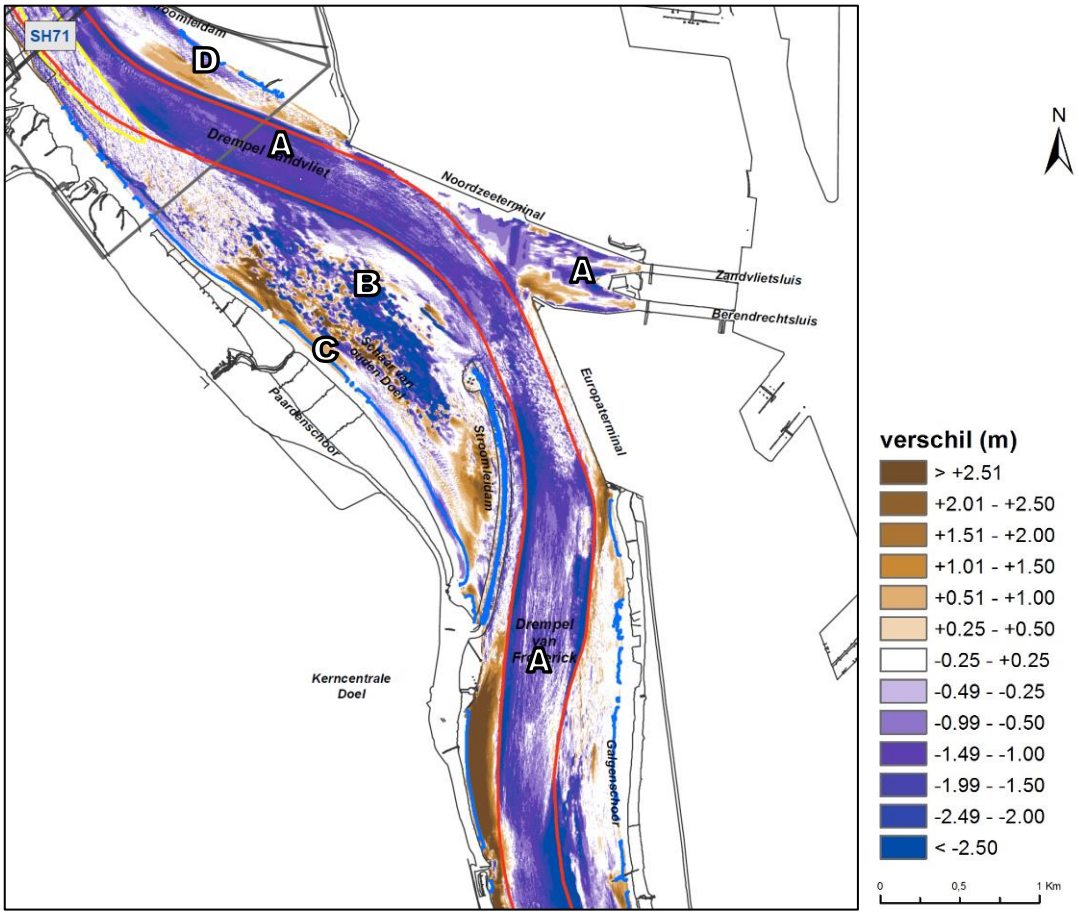
Ter hoogte van de Noordzeeterminal en de sluistoegang naar de Zandvliet- en Berendrechtsluizen was er in 2013-2014 verdieping, en in 2014-2015-verondieping (waarschijnlijk als gevolg van meer/minder onderhoudsbaggerwerken).

Ter hoogte van de westelijke zijde van de Ballastplaat was er zowel in 2013-2014 als in 2014-2015 lichte erosie. De rand van het Paardenschoor en het Groot Buitenschoor was vrij stabiel.

In de vaargeul was er lichte sedimentatie op de Drempel van Zandvliet in 2013-2014, en lichte erosie in 2014-2015. Op de Drempel van Frederik was er zowel erosie als sedimentatie, met iets meer sedimentatie in 2014 en iets meer erosie in 2015.

De verschilkaart 2009-2015 geeft een gelijkaardig beeld als de verschilkaart 2009-2013 uit het vorige voortgangsrapport. In dit gebied is er een sterke verdieping van de vaargeul (vooral de drempels van Frederik en Zandvliet, maar ook tussen de twee drempels, Figuur 5-16, A) en aan de sluistoegang naar de Zandvliet- en Berendrechtsluis. De zandwinningszone van Schaar van Ouden Doel vertoont erosie in het noordelijk deel en sedimentatie naast de stroomleidam, maar dit gebied is erg dynamisch door de stortings- en zandwinningsactiviteiten (Figuur 5-16, B). De rand van het Paardenschoor vertoont sedimentatie langs de noordelijke helft, en eerder erosie langsheen de zuidelijke helft (Figuur 5-16, C). Ten opzichte van 2009 trad er aan de zuidelijke rand van het Buitenschoor lichte sedimentatie op, en erosie aan de strekdam (Figuur 5-16, D).

De sedimentatie aan de zuidelijke rand van het Buitenschoor (net op de rand van de vaargeul) is in de laatste twee jaar (2014 en 2015) nog verdergezet.




*Figuur 5-16: Verschilkaart 2009-2015 ter hoogte van Schaar Ouden Doel*

### 5.1.3.2 Doel – Fort Filip

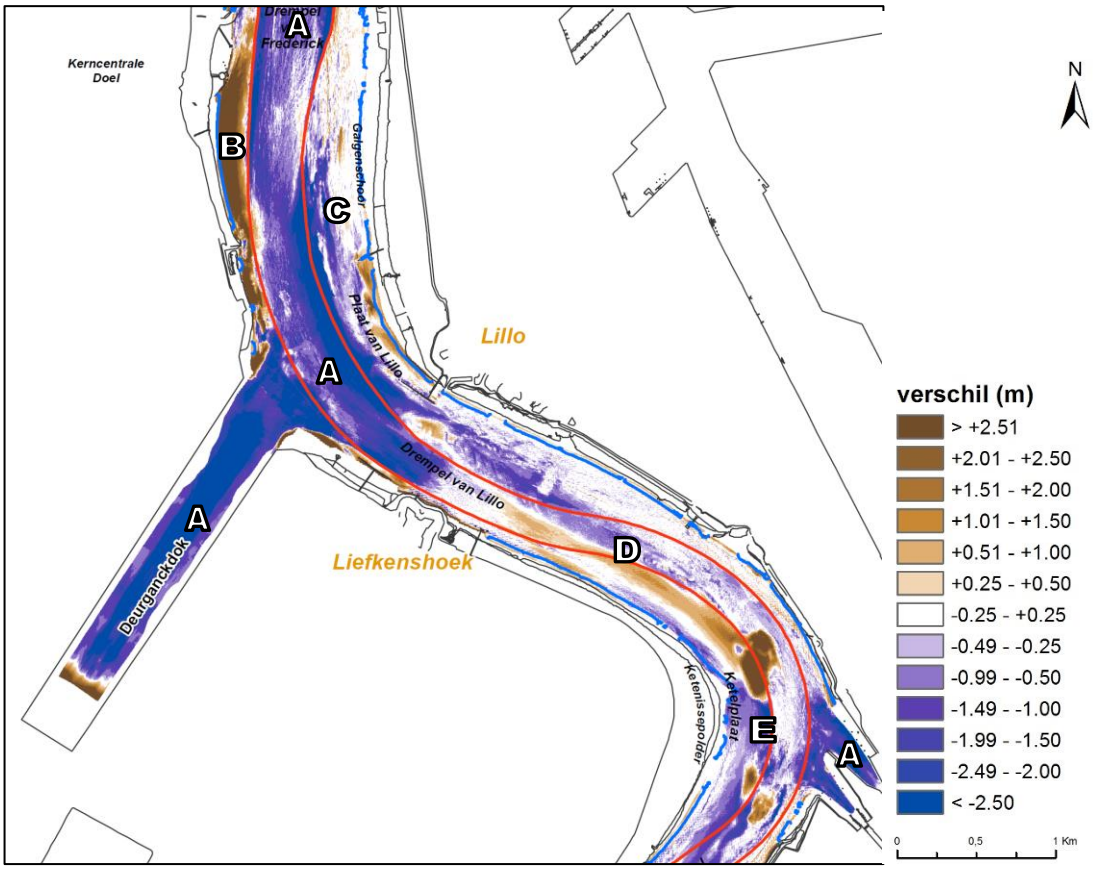
In het Deurganckdok was er zowel in 2013-2014 als in 2014-2015 een verlaging van het bodempeil, behalve in het achterste gedeelte van het dok, waar sedimentatie optrad. In de aansluiting tussen het Deurganckdok en de vaargeul was er in 2013-2014 sedimentatie, en in 2014-2015 erosie. De sluistoegang naar de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluis vertoonde in 2013-2014 verondieping, en in 2014-2015 verdieping. In de vaargeul wordt in 2013-2014 verdieping waargenomen rond de Drempel van Lillo (vooral aan de binnenbocht); in 2014-2015 blijft deze zone eerder stabiel. Dit type variaties (verdieping in het ene jaar, verondieping in het andere) wordt waarschijnlijk veroorzaakt door meer of minder baggeren.

Aan de westelijke zijde van de vaargeul trad sedimentatie op in de zone tussen de kerncentrale van Doel en het Deurganckdok.

Langsheen het centrale deel van het Galgenschoor wordt erosie van de westelijke schorrand waargenomen. Aan het noordelijke en zuidelijke uiteinde van het Galgenschoor was er lichte sedimentatie.

Rond de Ketelplaat en de twee diepe putten is er een complex patroon van erosie en sedimentatie; hier treden onder andere periodiek plaatvallen op langs de randen van de diepe putten (IMDC, 2015a). Aan het centrale deel van de Ketelplaat, rond de rand van de Ketenissepolder, trad in 2014-2015 erosie op.

Bekeken over de periode van 2009 tot 2015 was er een sterke verdieping van de vaargeul tussen de Drempel van Frederik en de Drempel van Lillo, het Deurganckdok en de sluistoegang naar de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluis (Figuur 5-17, A). Er is sedimentatie op de linkeroever (naast de vaargeul) tussen het Deurganckdok en de kerncentrale van doel; deze sedimentatie is in de voorbije twee jaar nog verdergegaan (Figuur 5-17, B). De rand van het Galgenschoor ondervindt erosie langs het centrale deel (vooral rond de grens met de vaargeul, die gevoelig is verdiept); in het noorden en zuiden is er sedimentatie (Figuur 5-17, C). Ten opzichte van 2009 is er sedimentatie opgetreden rond het zuidoostelijk deel van de Drempel van Lillo en het noordelijk deel van de Ketelplaat, maar deze zone is niet veel verder geëvolueerd na 2013 (Figuur 5-17, D). Aan het centrale deel van de Ketelplaat (aan de rand van de Ketenissepolder) is er erosie, en deze is nog verder doorgegaan na 2013 (Figuur 5-17, E).




*Figuur 5-17: Verschilkaart 2009-2015 ter hoogte van het Deurganckdok.*

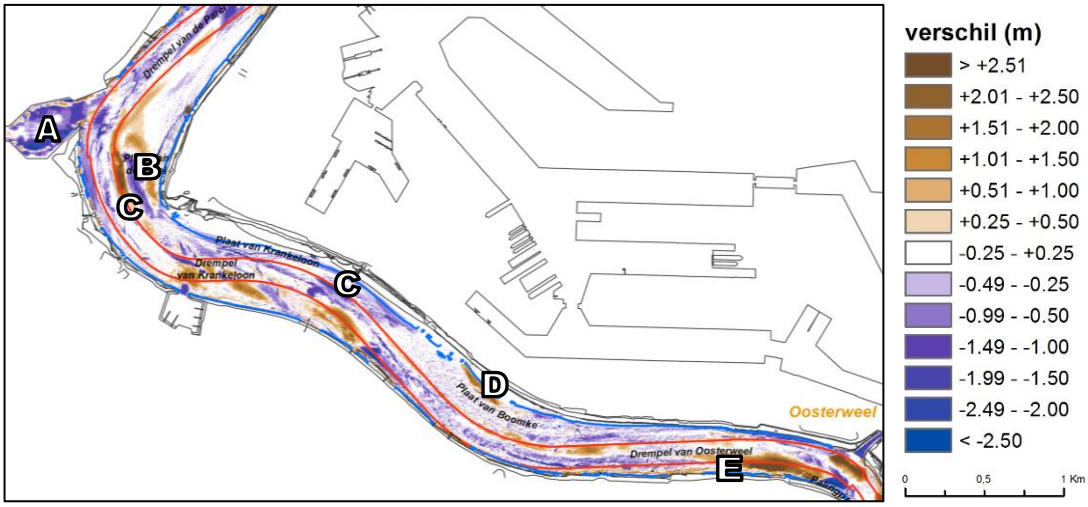
### 5.1.3.3 Fort Filip-Oosterweel

In de toegangszone naar de Kallosluis waren er in 2013-2014 en 2014-2015 zowel zones met erosie als met sedimentatie; het netto-verschil over de beide jaren is ongeveer nul.

Ook rond de Plaat van de Parel zijn er zowel zones met erosie en sedimentatie. In 2013-2014 trad er sedimentatie op rond de punt van het slikgebied. Rond de noordelijke rand van de Plaat van de Parel was er in 2014-2015 een nieuwe sedimentatiezone.

Op de Drempel van Krankeloon was er zowel verdieping en verondieping. De Plaat van Boomke bleef relatief stabiel; op de Drempel van Oosterweel was er lokaal verdieping (erosie).

De verschilkaart 2009-2015 geeft verdieping weer in de sluistoegang naar de Kallosluis (Figuur 5-18, A). Deze verdieping is niet meer sterk gewijzigd in de voorbije twee jaar (2014, 2015). De plaat van de Parel vertoont zones met erosie en sedimentatie; in de voorbije twee jaar is er wel “nieuwe” sedimentatie langsheen de punt van het slikkengebied (Figuur 5-18, B). Rond de plaat van Krankeloon wordt verdieping waargenomen; deze is nog licht toegenomen in de voorbije twee jaar (Figuur 5-18, C). Rond de Plaat van Boomke is er één zone waar er sedimentatie optreedt (Figuur 5-18, D). Langs de zuidelijke kant van de Drempel van Oosterweel is er een zone met algemene verondieping, deze zone is sinds 2013 wel terug dieper geworden (Figuur 5-18, E).



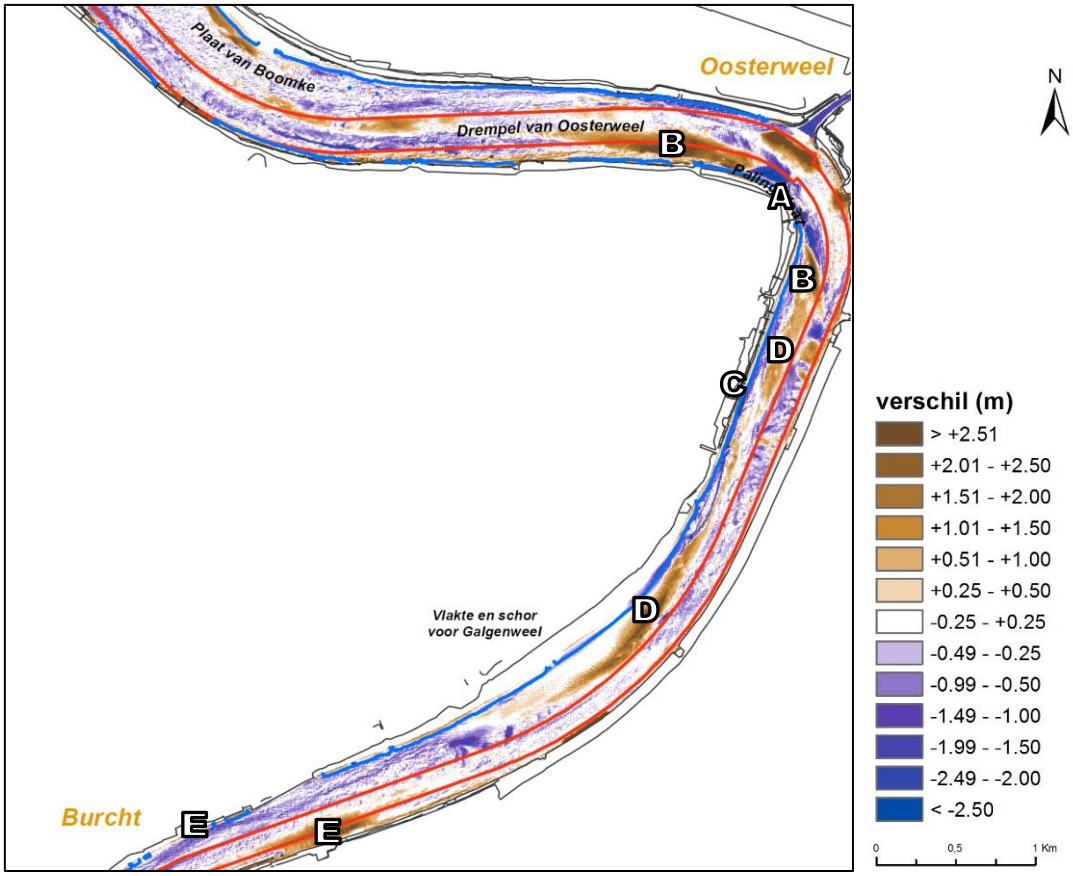

*Figuur 5-18: Verschilkaart 2009-2015 ter hoogte van de Plaat van Boomke.*

### 5.1.3.4 Rede van Antwerpen

De vaargeul rond de Rede van Antwerpen blijft in 2013-2014 en 2014-2015 vrij stabiel, op een paar kleine zones van erosie/sedimentatie na. De toegangszone tot de Royerssluis vertoonde in 2013-2014 verondieping, en in 2014-2015 verdieping. De rand van de Palingplaat (in de binnenbocht) kende lichte erosie in 2013-2014.

De rand van de plaat “de Vlakte voor Galgenweel” kende in 2013-2014 erosie op het centrale deel (langsheen de rand van het slik) en sedimentatie in het noordelijk deel; in 2014-2015 was er sedimentatie in het centrale deel, en erosie in het noordelijk deel. Ook in het zuidelijk deel werd erosie waargenomen.

Over de periode 2009-2015 is er erosie rond de Palingplaat ter hoogte van de rivierbocht (Figuur 5-19, A); maar wel aangroei van de Palingplaat naar het westen en het zuiden toe (Figuur 5-19, B). Er is erosie van de rand van de slikken (ter hoogte van de laagwaterlijn) ten zuiden van de Palingplaat (Figuur 5-19, C), maar meer naar de vaargeul toe (in dieper water) is er sedimentatie (Figuur 5-19, D). De sedimentatie in de zone voor het Galgenweel (Figuur 5-19, D) is in de voorbije twee jaar nog toegenomen. Verder naar het zuiden toe is er ter hoogte van Burcht erosie in de buitenbocht (linkeroever) en sedimentatie in de binnenbocht (rechteroever) (Figuur 5-19, E). Ook dit is de voorbije twee jaar nog toegenomen. De vaargeul in deze zone was vrij stabiel tussen 2009 en 2015.

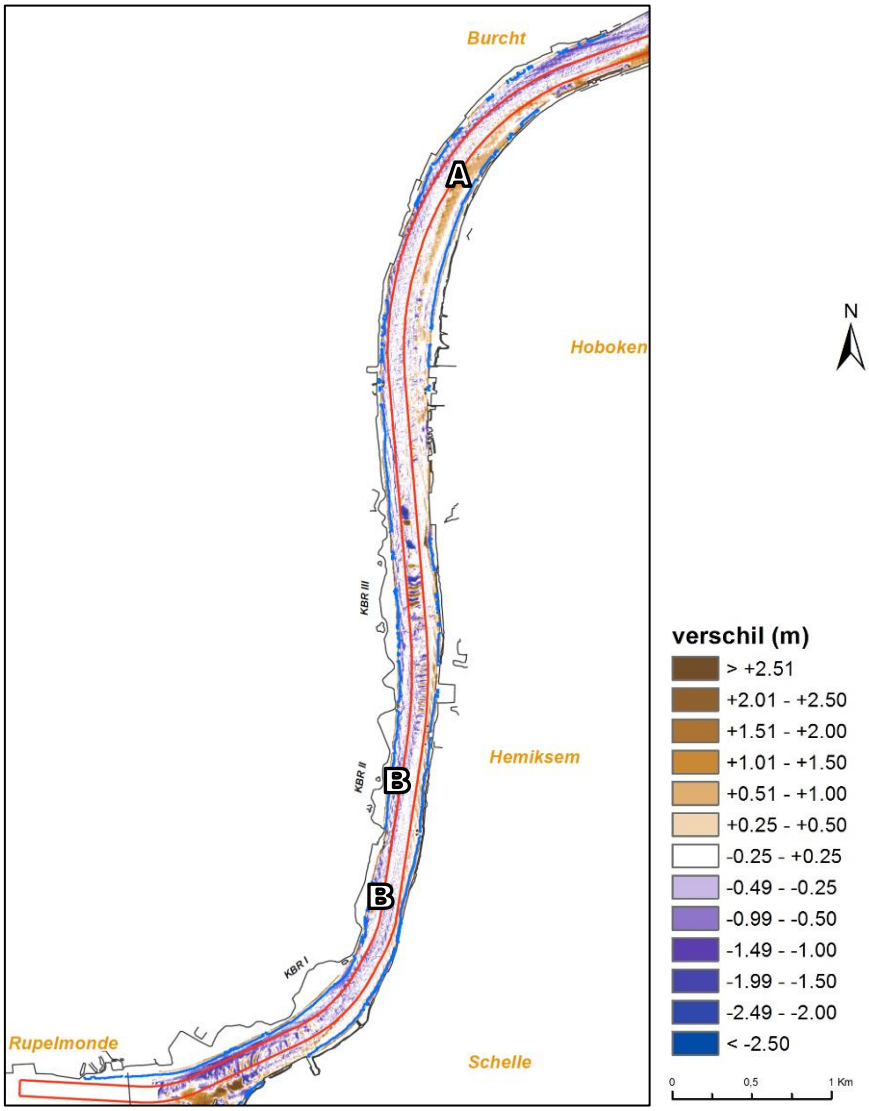



*Figuur 5-19: Verschilkaart 2009-2015 ter hoogte van de Rede van Antwerpen.*

### 5.1.3.5 Burcht - Rupelmonde

In de meest opwaartse zone van de Beneden-Zeeschelde, tussen Burcht en Rupelmonde, wordt in 2013-2014 en 2014-2015 sedimentatie waargenomen in de binnenbocht ter hoogte van Hoboken. Ter hoogte van KBR III en ter hoogte van de Rupelmonding is ook opwaartse migratie van bodemvormen zichtbaar.

Ook over de periode 2009-2015 bekeken, is er verondieping in de binnenbocht rond Hoboken (Figuur 5-20, A). In 2013 lag deze zone nog dieper dan in 2009. Op linkeroever is er erosie rond de schorrand. Deze is in de voorbije twee jaar grotendeels stabiel gebleven; enkel rond en ten zuiden van KBR II is de erosie nog licht toegenomen (Figuur 5-20 B).




*Figuur 5-20: Verschilkaart 2009-2015 ter hoogte van Burcht-Rupelmonde.*

## 5.2 SLIKKEN EN PLATEN

### 5.2.1 Hoogtemetingen bij de plaatrandstortzones (Westerschelde)

Per plaatrandstortzone (HPW, HPN, PWA en RvB) worden multibeam plaatrandlodingen, single beam raaimetingen en RTK puntmetingen op de plaat uitgevoerd.

De *RTK meetpunten* liggen ruimtelijk verspreid over de plaatrand en worden vier maal per jaar opgemeten. In 2015 werd door het Overleg flexibel storten besloten dat de meetfrequentie kon dalen (2 maal per jaar) omdat de gebieden intussen goed gekend zijn. De resultaten worden voorgesteld in halfjaarlijkse rapporten (Jentink, 2015b, 2015c, 2015d, 2015e) en worden jaarlijks verzameld in de datarapportage (Jentink *et al.*, 2016). De meetgegevens werden ook digitaal beschikbaar gesteld (Jentink, 2015a) en verwerkt in Bijlage G. Voor ieder meetpunt is op basis van zijn droogvalduur een maximale hoogteverandering bepaald waarmee de trend mag veranderen.

Voor deze indeling wordt gebruik gemaakt van 4 hoogteklassen op basis van droogvalduur (dvd) (Tabel 5-1). De droogvalduur wordt gebruikt, omdat deze over de Westerschelde gelijk blijft, terwijl de bijbehorende hoogte varieert over het bekken. De berekende trendwaarde per jaar is de richtingscoëfficiënt van het voortschrijdend jaargemiddelde. Het voortschrijdend jaargemiddelde van een meetpunt is de gemiddelde hoogte van de hoogtes bepaald in de laatste vier kwartalen of twee halfjaren. Deze uitmiddeling is noodzakelijk om de variatie die opeenvolgende RTK-metingen soms vertonen wat af te vlakken. Omdat niet alle metingen op vaste data worden uitgevoerd, wordt de richtingscoëfficiënt altijd teruggerekend naar een periode van 365 dagen (Schrijver, 2016). Voor een voorbeeld van deze rekenmethodiek wordt verwezen naar IMDC (2013).

Uitgangspunt voor de analyse van de meetpunten is dat de specie die op plaatranden gestort wordt, niet teveel op de plaat zelf terecht mag komen. In het Protocol is gesteld dat een ongewenste hoogteverandering een verandering van 5 centimeter of meer per jaar is. Deze grens geldt gemiddeld over de plaatrand. De actuele waarde wordt bepaald uit de afzonderlijke punten. Voor wat betreft de meetpunten wordt nagegaan of de berekende waarde voor een meetlocatie de norm overschrijdt in de datarapportage 2015 van Jentink *et al*. (2016) en het laatst beschikbare halfjaar rapport (Jentink, 2015b, 2015c, 2015d, 2015e) en of het daarmee een negatieve ontwikkeling laat zien. Verder wordt nagegaan of er trendveranderingen aanwezig zijn vanaf of na 2010. De figuren in Bijlage G zijn gebaseerd op de digitale brondata van de RTK hoogtemetingen (Jentink, 2015a).

*Tabel 5-1: Sedimentatie- en erosienorm per hoogteklasse*

| Hoogteligging | Norm voor sedimentatie | Norm voor erosie |
|---|---|---|
| GLWS – 25 % dvd | max 10 cm / jaar | max 2 cm / jaar |
| 25 – 50 % dvd | max 6 cm / jaar | max 4 cm / jaar |
| 50 – 75 % dvd | max 4 cm / jaar | max 6 cm / jaar |
| 75 – 100 % dvd | max 2 cm / jaar | max 10 cm / jaar |

In het toetsingsverslag na 6 jaar (Projectgroep Flexibel Storten, 2016) wordt vermeld dat "*De ontwikkelde toetsmethode lijkt na 6 jaar toepassen nog steeds werkbaar als signaalparameter. Wel is het in de praktijk mogelijk dat eenzelfde meetpunt het ene jaar een overschrijding vertoont die er het jaar daarna niet meer is. De interpretatie op iets grotere ruimtelijke schaal samen met andere metingen en visuele veldwaarnemingen is daarom belangrijk, evenals het beschouwen van een wat langere periode."* Daarom wordt na de detailobservatie in de volgende paragrafen een korte samenvatting gemaakt in 'conclusie'.

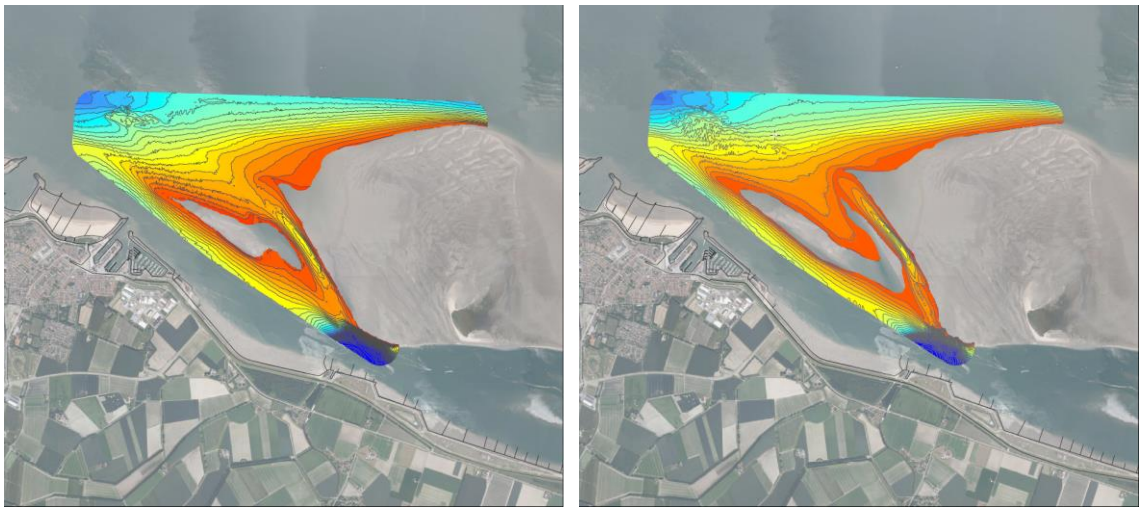
De *plaatrandlodingen* worden maandelijks gerapporteerd, geanalyseerd (bijvoorbeeld IMDC, 2015b) en zijn beschikbaar via de VNSC website (www.vnsc.eu). In deze rapporten worden ook de bagger- en storthoeveelheden weergegeven. De rapportage wordt steeds op het Overleg Flexibel Storten behandeld.

In wat volgt wordt per plaatrand een beschrijving van de morfologische ontwikkeling gegeven in relatie tot de stortingen.

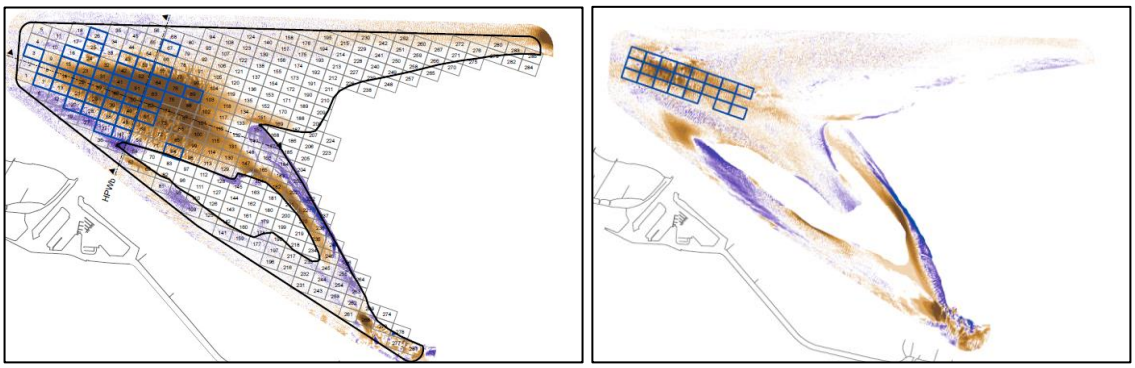
#### 5.2.1.1 Hooge Platen West

De plaatrandstortingen op Hooge Platen West (Figuur 5-21) zijn uitgevoerd aan de diepe punt van het stortvak (Figuur 5-22). De initiële plaatrandstorting bedroeg 2 Mm³ en werd in 2011 en 2013 aangevuld (ca. 0,5 Mm³, resp. 0,1 Mm³). Meer recent, vanaf midden 2015 is opnieuw intensiever gestort. De totale storthoeveelheid bedraagt midden 2016 ca. 3,5 Mm³.

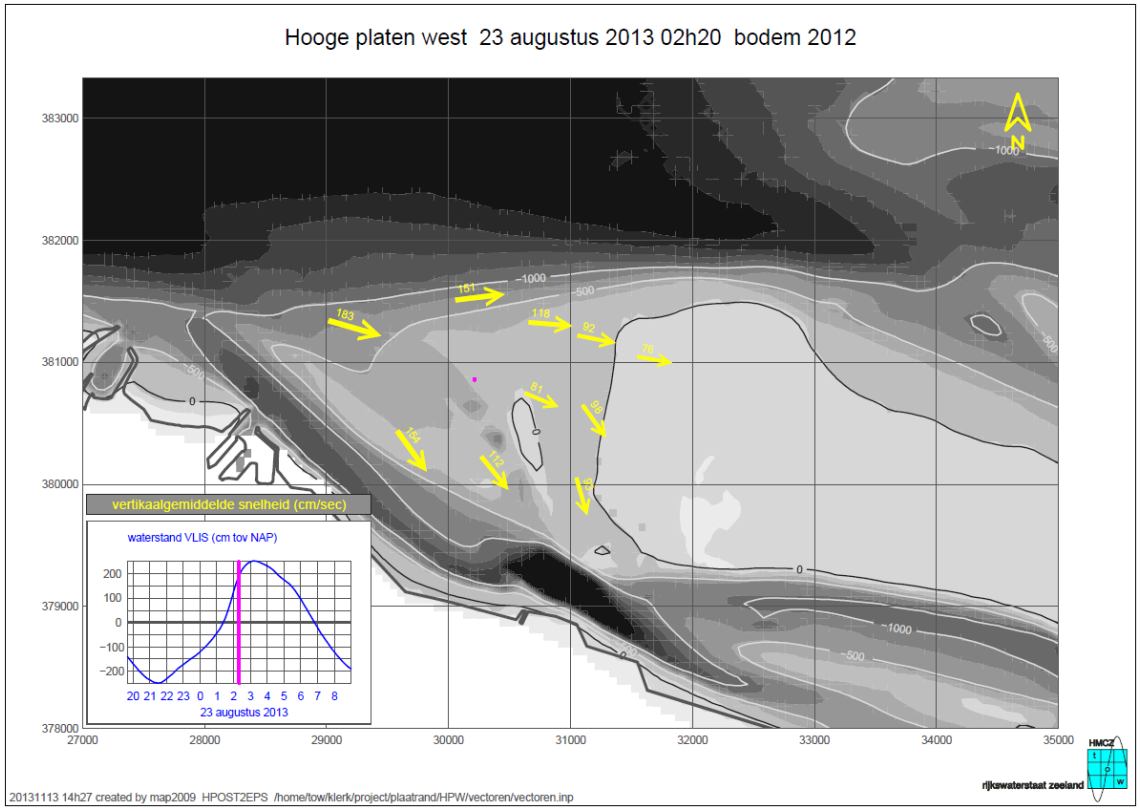
Onder invloed van de vloedstroom (Figuur 5-23) is dit sediment grotendeels naar oostelijke en zuidoostelijke richting gemigreerd. Hierdoor is voor de plaatpunt een verondieping gerealiseerd. Tegelijk is de vorm van een klein plaatje ('Plaatje van Breskens') sterk gewijzigd en opgehoogd, terwijl een vloedgeultje naar het oosten is gemigreerd.



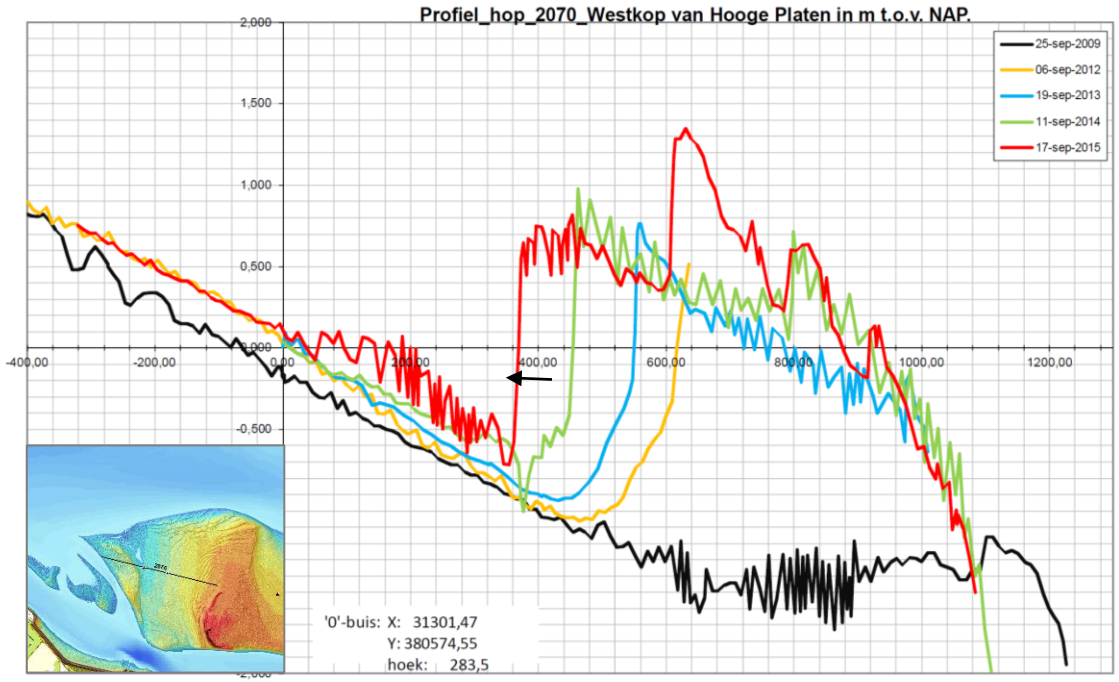
*Figuur 5-21: Bathymetrie ter hoogte van plaatrandstortvak Hooge Platen West op 4/2/2010 en 24/1/2016 (zie Bijlage F.1).*



*Figuur 5-22: Locatie (blauw omlijnde vakjes) van de plaatrandstorting in stortvak HPW (links: tussen 16/7/2010 en 4/2/2010; rechts: tussen 5/2/15 en 4/1/16).*



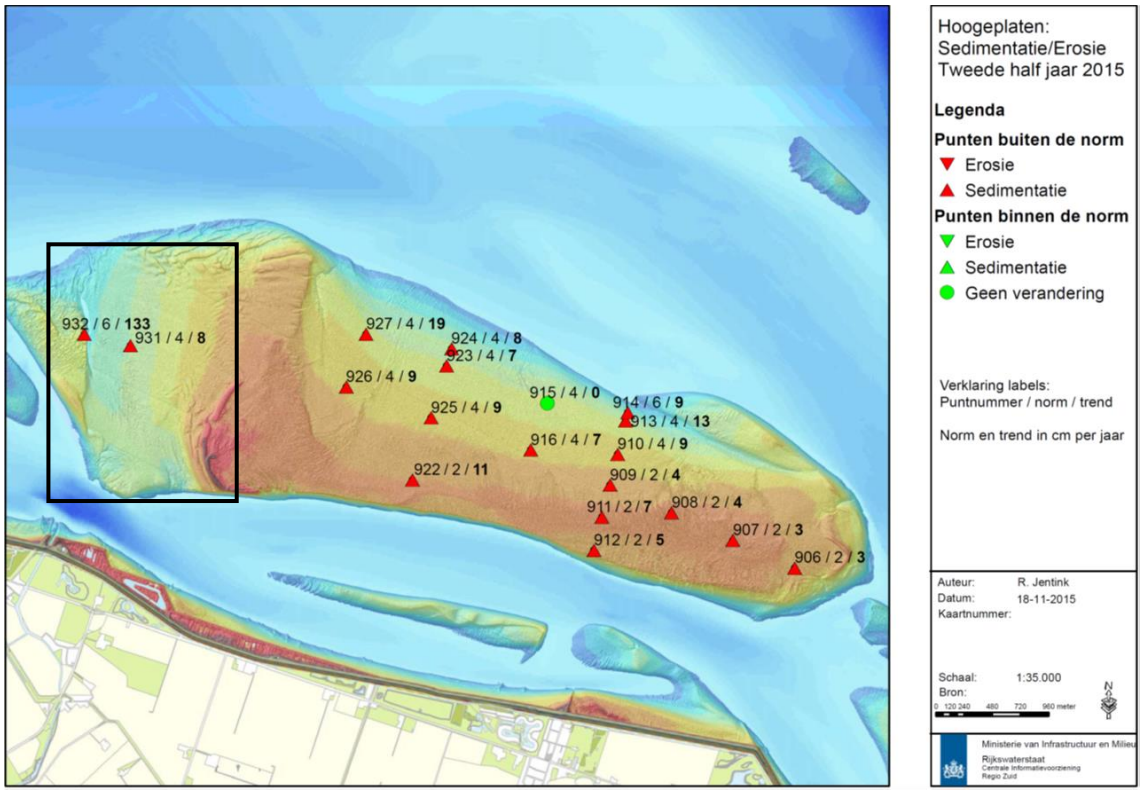

*Figuur 5-23: Stroombeeld Hooge Platen West op basis van Aquadopp stroommetingen (M. Schrijver, Rijkswaterstaat, Overleg Flexibel Storten 10 december 2013).*




*Figuur 5-24: RTK-raai 2070 aan de Hooge Platen West (bron: Jentink, 2015a)*

De RTK-raai 2070 (Figuur 5-24), dichter tegen de Bol, toont in de jaren volgend op de plaatrandstorting een algemene verhoging van het bodempeil als gevolg van een zandrug die zich ontwikkeld heeft en opwaarts (naar de Bol toe) beweegt. Dit illustreert dat sediment van de plaatrandstortingen wellicht hoger op de plaat terecht gekomen is.

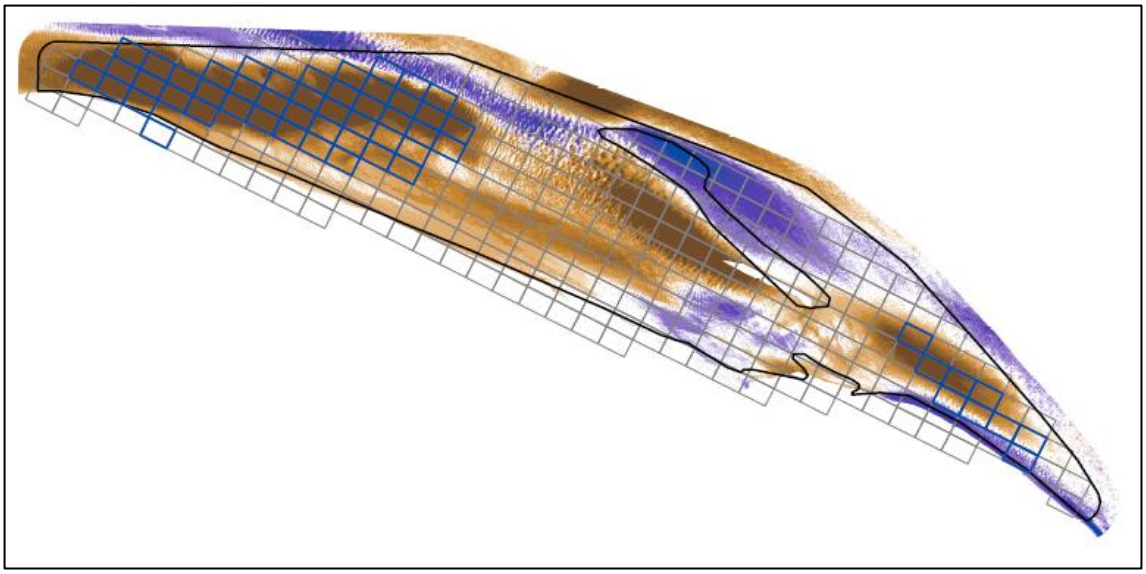
De RTK hoogtemeetpunten (Figuur 5-25) bevestigen dit beeld: de meetlocaties 931 en 932 vertonen een sedimentatie die sterker is dan wenselijk (zie Bijlage G.2). In meetpunt 931 gebeurde dit voor het eerst in de maanden volgend op de plaatrandstortingen. Sinds midden 2014 is de sedimentatie opnieuw hervat.




*Figuur 5-25: Sedimentatie / erosie in de RTK meetpunten van de Hooge Platen West voor het 2de halfjaar van 2015 (bron: Jentink, 2015a).*

### 5.2.1.2 Hooge Platen Noord

De plaatrandstortingen in het stortvak Hooge Platen Noord zijn voor het grootste deel uitgevoerd in een periode van anderhalf jaar na de start van de verruiming. In totaal is bijna 4,3 Mm³ zand geklept. Bij de aanleg is in het noordwestelijk en het zuidoostelijk gebied een zandtong gerealiseerd (Figuur 5-26 en Bijlage F.2) met als doel ertussen een luw, laagdynamisch gebied te creëren waarbinnen sedimentatie zou optreden. Dit is effectief opgetreden (zie ook sectie 5.1.1.2), onder meer door verspreiding van het sediment van de westelijke zandtong.



*Figuur 5-26: Verschilkaart Hooge Platen Noord op 22/9/2011.*
*Vakjes met blauwe contouren zijn de gebruikte stortvakjes. Bron: (IMDC, 2012b)*

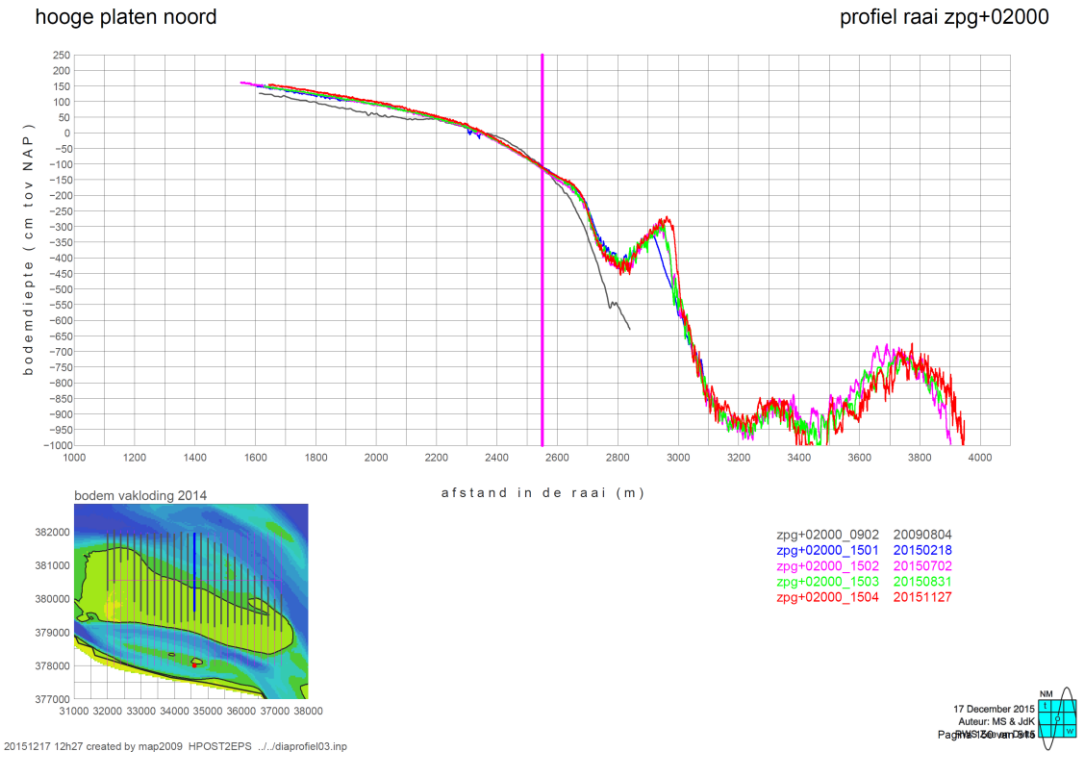
Single beam raaien (Figuur 5-27, Figuur 5-28) illustreren deze verondieping voor de plaat, maar ze tonen ook dat hoger op de plaat, boven de laagwaterlijn, sedimentatie is opgetreden. RTK raaien over de gehele plaat illustreren dit beeld nog beter: de gehele plaat is hoger geworden, en tegelijk steiler. Deze evolutie past in de langetermijnontwikkeling van de Hooge Platen. Een illustratie hiervan is weergegeven in de raai 03600 (Figuur 5-28). Door het steiler worden van de plaatrand wordt de zone tussen 30-70% droogvalduur smaller, en deze versmalling is versneld sinds ca. 2010 (Figuur 5-29). Op basis van een meer diepgaande analyse (IMDC en Arcadis, 2013, 2014) werd besloten dat de areaalafnames van het intertidaal te verwachten waren op basis van de lange termijn ontwikkeling, maar lokaal (net ten westen van de Bol) mogelijk versterkt door de stortingen in de nabijheid. Uit voorzorg werd door het Overleg Flexibel Storten beslist om in het westelijk deel van HPN niet meer te storten.

Deze ontwikkeling blijkt evenzeer uit de RTK meetpunten: bij de laatste evaluatie zijn nagenoeg alle meetpunten op Hooge Platen Noord indicatief voor de snelle ophoging, buiten de norm. Er wordt kort ingegaan op de meetpunten, in deelgebieden. De tijdreeksen zijn weergegeven in Bijlage G.1 en G.2.

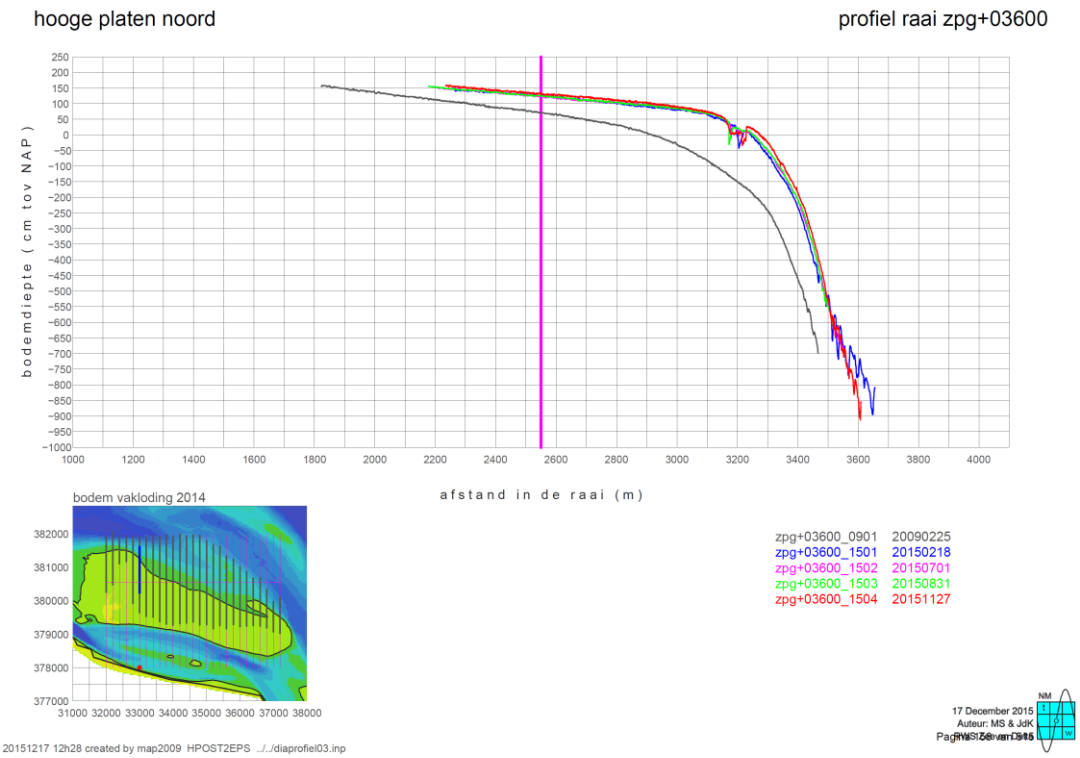
Aan de oostelijke plaattip van de Hooge Platen (906, 907, 908) zijn meetreeksen beschikbaar vanaf 2002. Alle meetpunten verhogen sneller dan het criterium. Meetpunt 906 is pas recent buiten de sedimentatienorm komen te vallen, en vertoont eigenlijk geen trendmatige stijging. De meetpunten 907 en 908 verhogen snel; de tijdreeks van 908 toont dat dit proces reeds in 2005 werd ingezet.

Centraal lopen de sedimentatietrends op tot 15 cm per jaar. Het punt 909 dat sinds lange tijd worden ingemeten (2002) toont dat de sedimentatietrend ook voor de plaatrandstortingen reeds boven de 5 cm per jaar uitkwam. Eén punt nabij de laagwaterlijn, 915, hoogt sinds 2013 niet meer op.

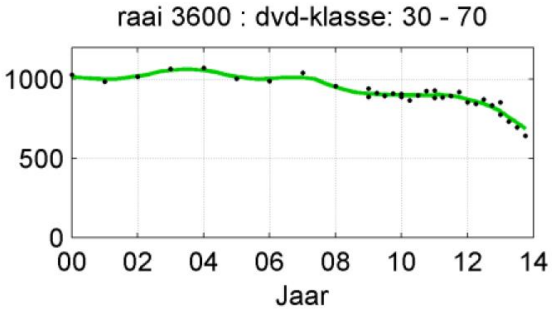
In het westelijk gebied zijn ook alle punten sterker sedimenterend dan de norm. In een aantal punten (922, 923, 924) lijkt de ophoging na 2010 ook sneller te verlopen dan voor 2010. Uit de trends blijkt dan weer dat deze niet eenduidig hoger liggen dan in het verleden ook soms optrad (meetpunt 923). Dit is dan wel weer het geval op andere locaties (922).



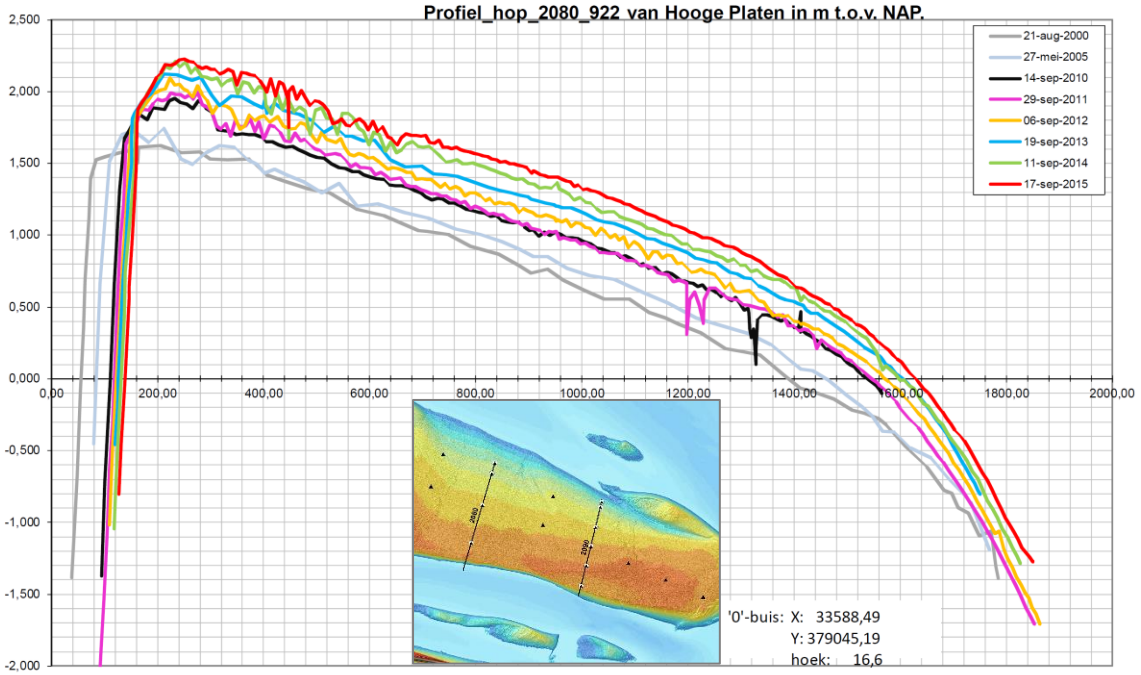

*Figuur 5-27: Plaatrandloding 02000 aan de Hooge Platen Noord. (Jentink* et al.*, 2016)*



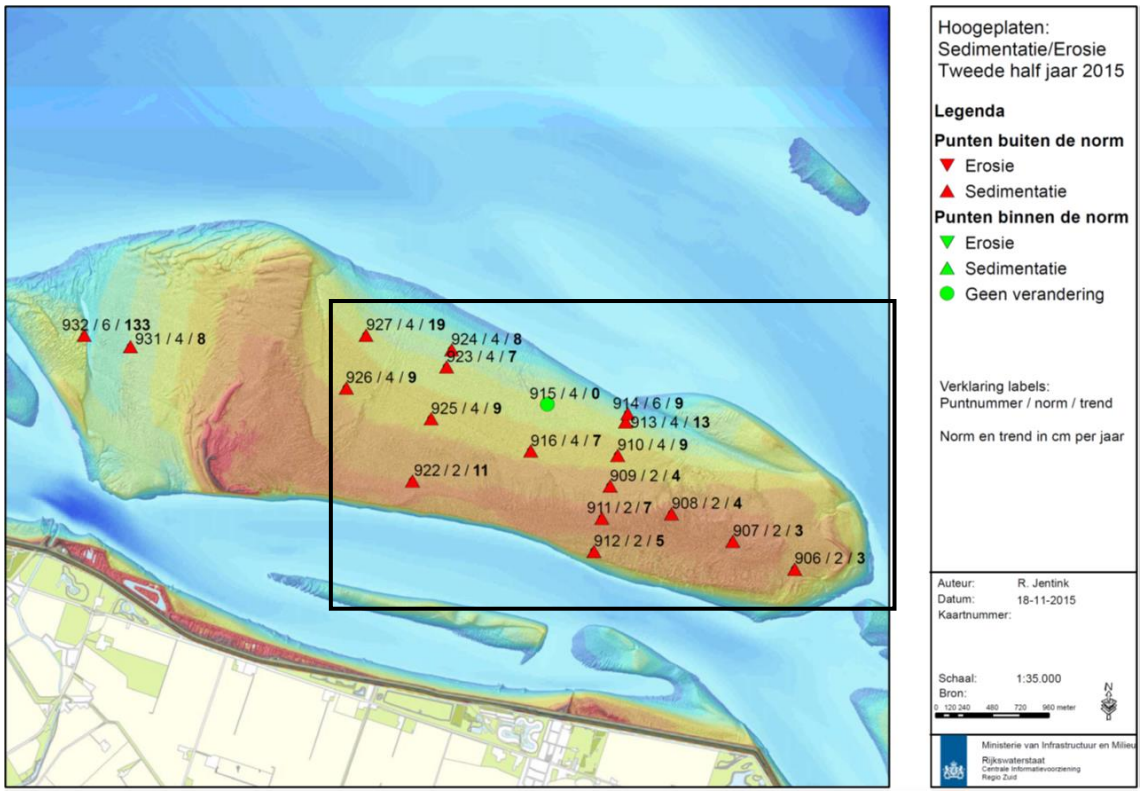

*Figuur 5-28: Plaatrandloding 03600 aan de Hooge Platen Noord. (Jentink et al., 2016)*




*Figuur 5-29: Raailengte voor de droogvalduur-klasse 30-70 (-100,3 cm tot 104,6 cm t.o.v. NAP). Bron: IMDC & Arcadis (2014).*



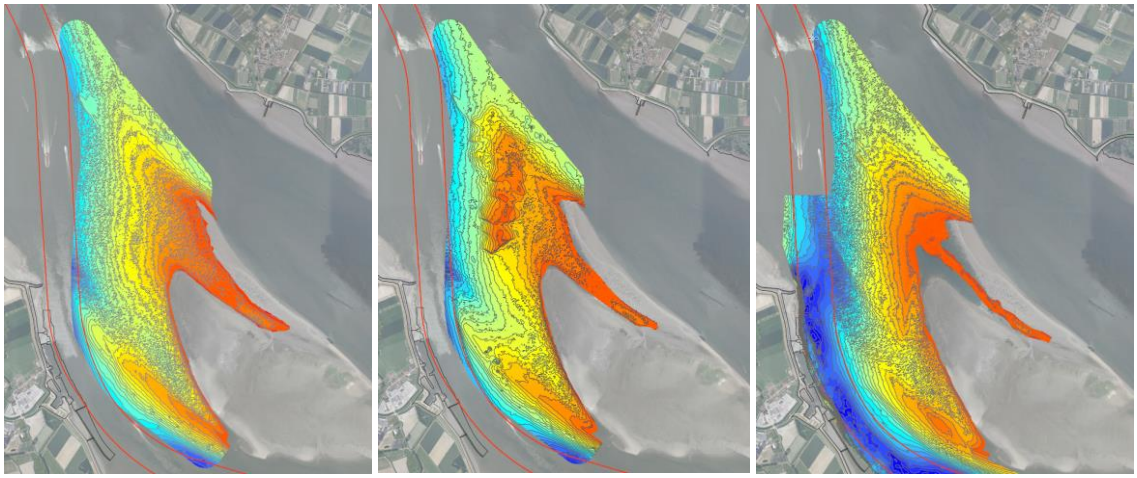

*Figuur 5-30: RTK-raai 2080 aan de Hooge Platen Noord (bron: (Jentink, 2015b)*




*Figuur 5-31: Sedimentatie / erosie in de RTK meetpunten van de Hooge Platen Noord voor het 2de kwartaal van 2014 (Jentink, 2015b).*

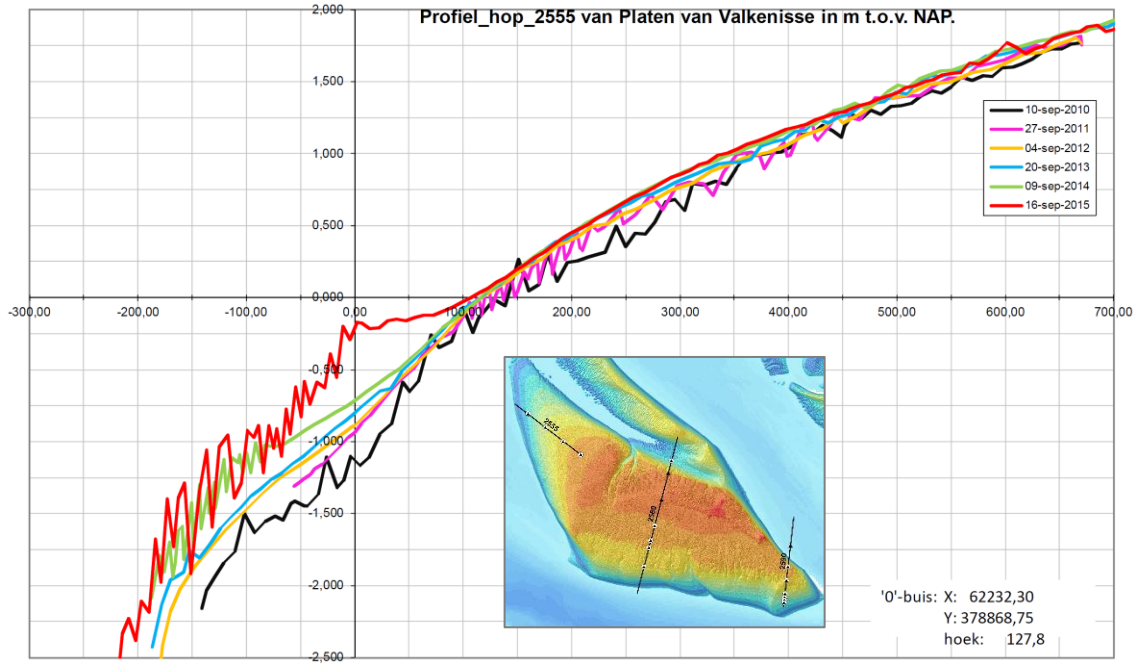
### 5.2.1.3 Plaat van Walsoorden

In 2010 is een grote megaduin aangelegd voor de westelijke plaatpunt van Walsoorden (bijna 4 Mm³). Sindsdien zijn jaarlijks bijkomende stortingen uitgevoerd van enkele 100 000'en m³, waardoor na de eerste vergunningsperiode in totaal 6,2 Mm³ sediment was gestort. Onder invloed van de vloedstroom is het gestorte sediment dichter van de plaatpunt gebracht (Figuur 4-29). Volgende stortingen vonden ook meer zuidwaarts plaats met als doel meer sediment in de richting van de zuidelijke vloedschaar te laten migreren.



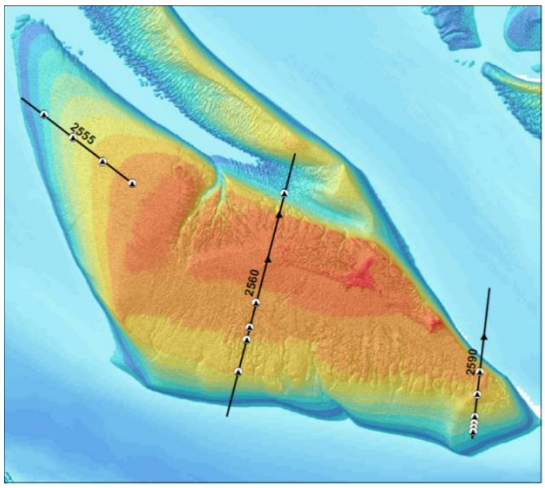
*Figuur 5-32: Dieptekaarten van plaatrandstortvak PWA, op 1/2/2010 (links), 21/8/2010 (midden) en 3/2/2016 (rechts).*

RTK raai 2555 (Figuur 5-33) geeft ook weer dat de punt van de plaat zelf (opwaarts van de storting) enigszins ophoging vertoont (tot 1,5 m). De verondieping leidt er toe dat het intertidaal areaal op de plaatpunt toeneemt (zie verder).

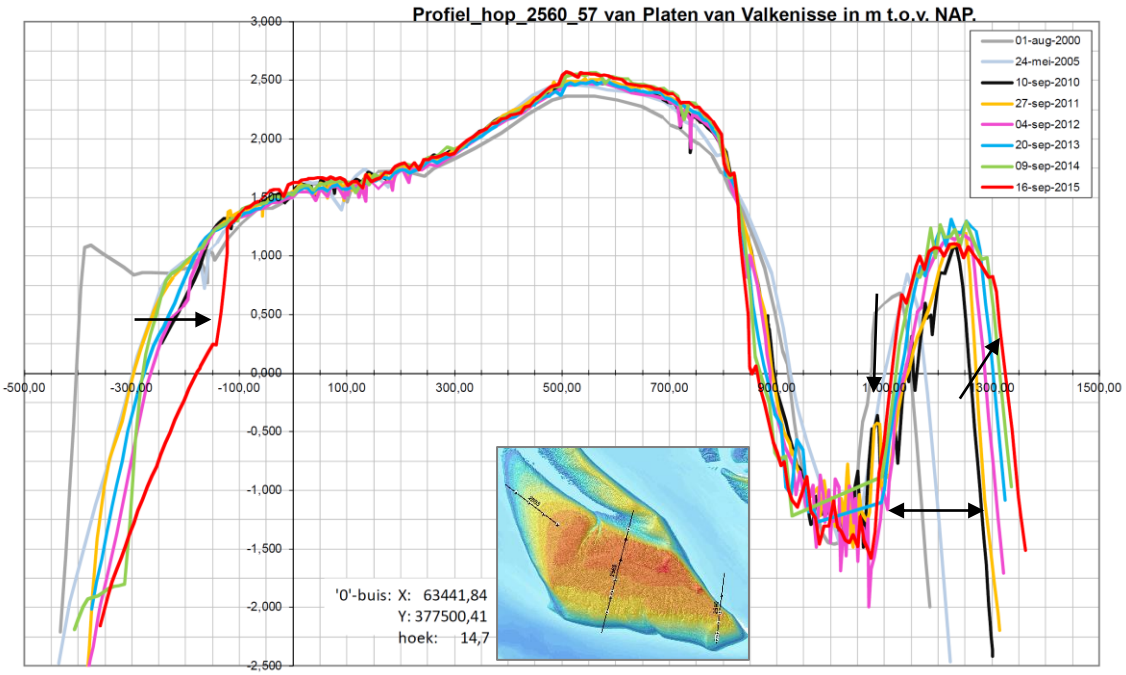



*Figuur 5-33: RTK-raai 2555 aan de Plaat van Walsoorden (bron: Jentink, 2015c)*

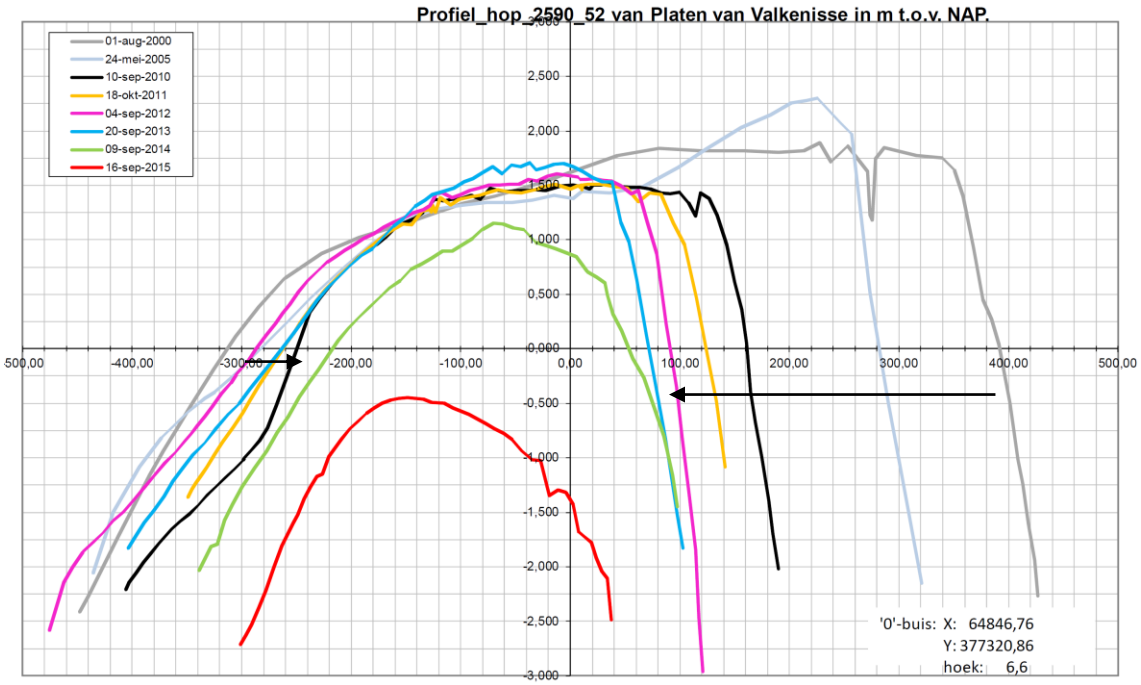
Een RTK raai (2560, Figuur 5-35) dwars op de plaat toont dat er ook een beperkte, en lokale, ophoging van de plaat is. De raai toont sinds 2000 een terugwijkende zuidelijke plaatrand. Recent is ook het uitwaaierende erosief effect van de plaatval van eind 2013 duidelijk te zien in het profiel. De plaat zelf ondervindt een geringe verhoging, vooral op het hogere, noordelijke deel. De noordelijke plaatrand wordt steiler en de vloedschaar lijkt te verbreden. De noordelijke zandtong wordt opgehoogd en breder en verplaatst zich noordoostwaarts (Figuur 5-35). Een raai aan de oostelijke plaatpunt brengt de erosie, door het uitbochten van de nevengeul, goed in beeld (Figuur 5-36).



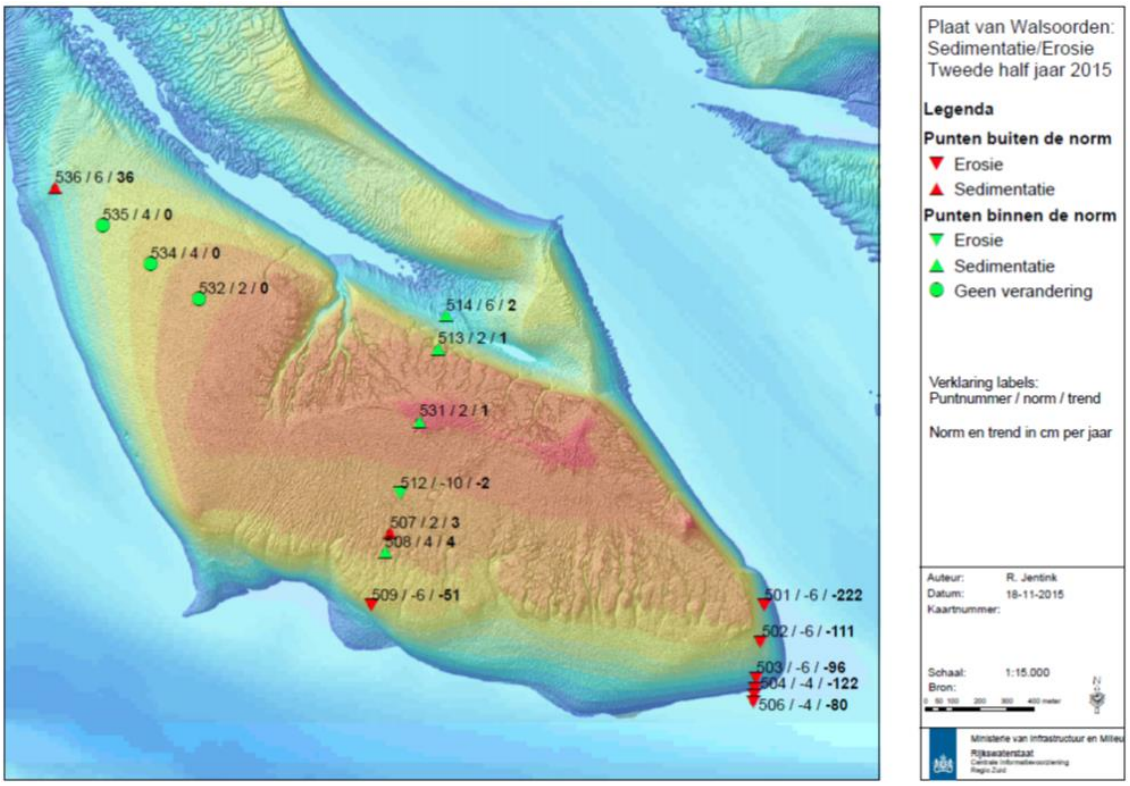

*Figuur 5-34: Locatie van de raaien op de Plaat van Walsoorden*




*Figuur 5-35: RTK-raai 2560 aan de Plaat van Walsoorden. Bron: (Jentink, 2015d)*




*Figuur 5-36: RTK-raai 2590 aan de Plaat van Walsoorden (bron: (Jentink, 2015d)*



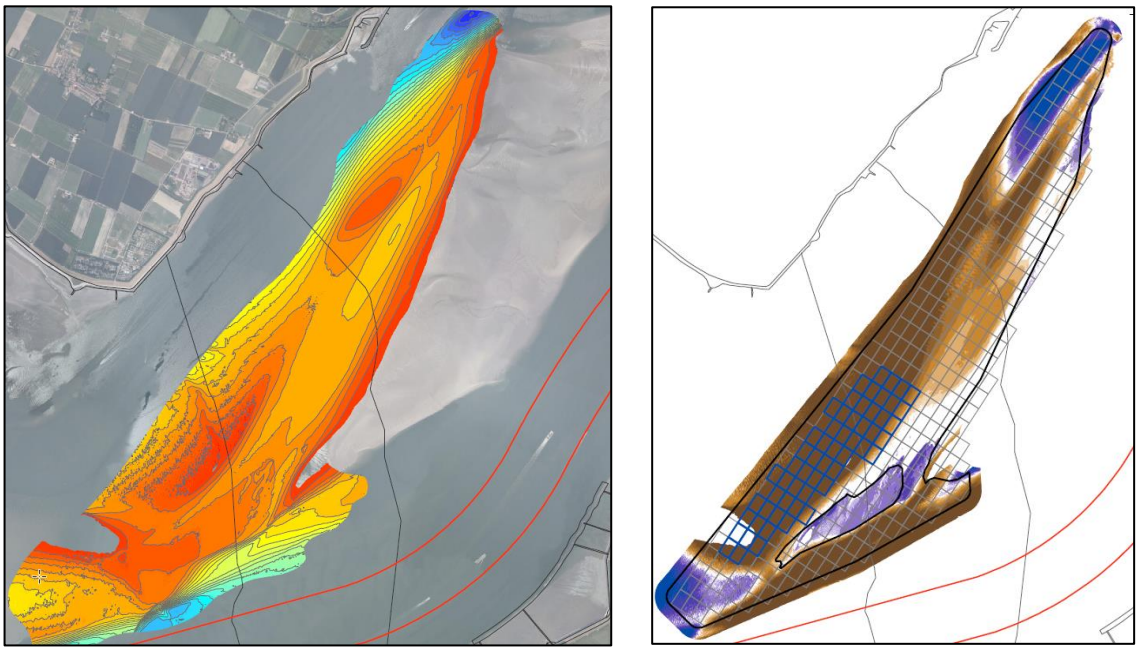

*Figuur 5-37: Sedimentatie / erosie in de RTK meetpunten van de Plaat van Walsoorden voor het 2de halfjaarrapport van 2015 (bron: Jentink, 2015c)*

De RTK meetpunten geven de genoemde evoluties ook op langere termijn weer (vanaf 1990). De erosie aan de oostelijke tip (punten 501 tot 506) treedt op vanaf 2012. Aan de noordwestelijke plaatpunt is er een beperkte erosietrend doorheen de tijd. Enkel op punt 536, dichtst bij de storting gelegen, is recent een sterke sedimentatie waarneembaar. De punten centraal op de plaat gelegen vertonen een temporeel en variërend beeld zonder veel trends. De snelle erosie in punt 509 is gerelateerd aan de plaatval.

#### 5.2.1.4 Rug van Baarland

Het plaatrandstortvak Rug van Baarland is gelegen langs het Middelgat. Het werd enkel in de eerste twee vergunningsjaren als stortvak ingezet, tot bezorgdheid over de autonome sedimentatie die in het Middelgat zou leiden tot een te sterke afname van het nevengeulvolume.

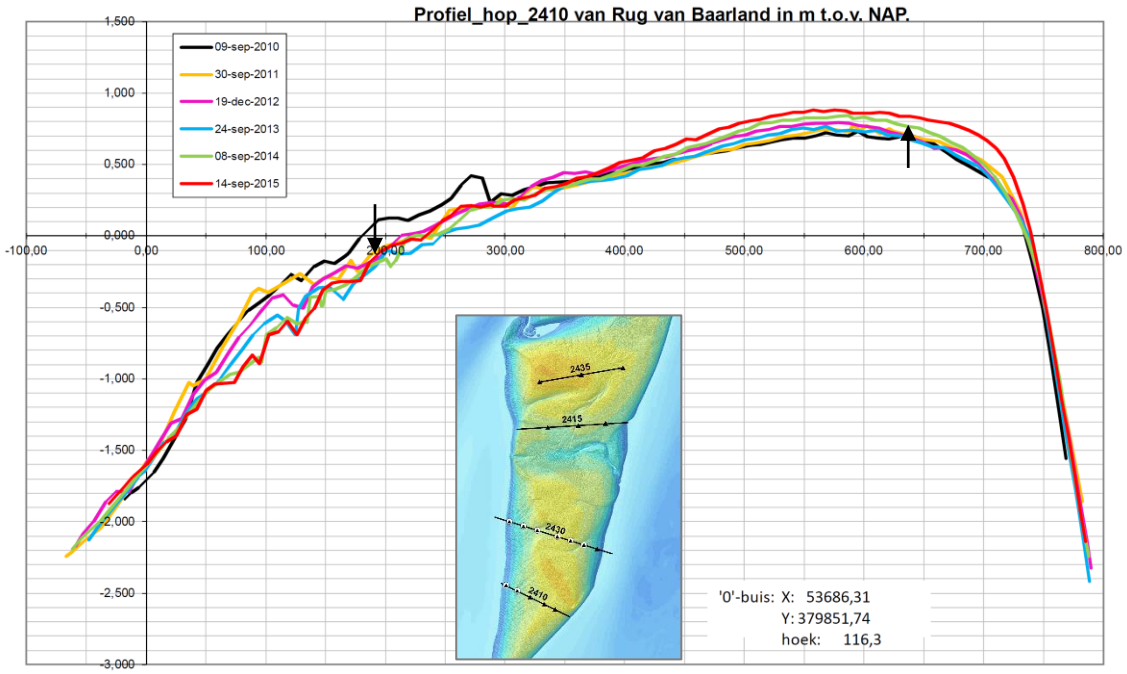
De plaatrandstortingen worden wel in de maandelijkse rapportage voor het Overleg Flexibel Storten opgenomen, en tonen dat sinds het beëindigen van de stortingen, de sedimentatie binnen het stortvak verder is doorgegaan: in de zone is 1,3 miljoen m³ gestort, en bijna 9,5 miljoen m³ sedimentatie (status halfweg januari 2016) is opgetreden. De sedimentatie is het sterkst in de diepere delen, aan de zijde van de nevengeul. Dichter naar de plaatrand is de sedimentatie zeer beperkt of zelfs afwezig. Lokaal is erosie zichtbaar, langs het Gat van Ossenisse en aan de buitenzijde van de noordelijke zandtong.



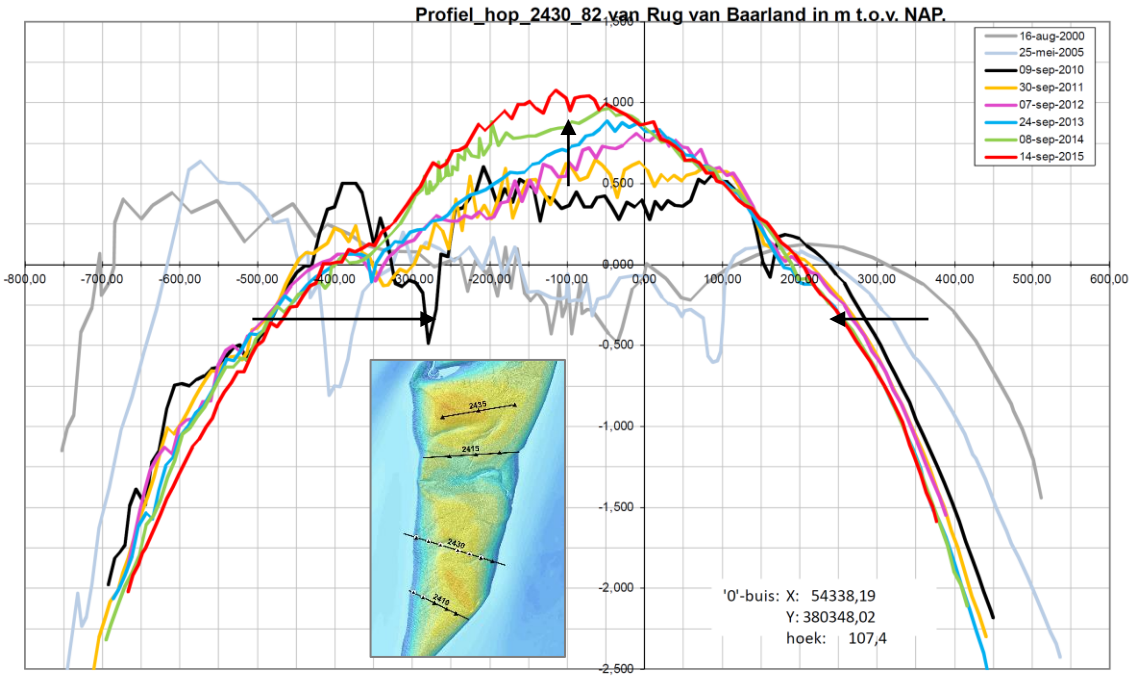
*Figuur 5-38: Bathymetrie van plaatrandstortvak Rug van Baarland (januari 2016) en de verschilkaart met 2010. Blauwe rechthoekjes zijn de ingezette stortvakken.*

De ontwikkeling wordt vooral gestuurd door de migratie van zandbanken vanuit het drempelgebied van de Everingen naar de zuidelijke delen van het Middelgat, om zo aansluiting te vinden tegen de Rug van Baarland.

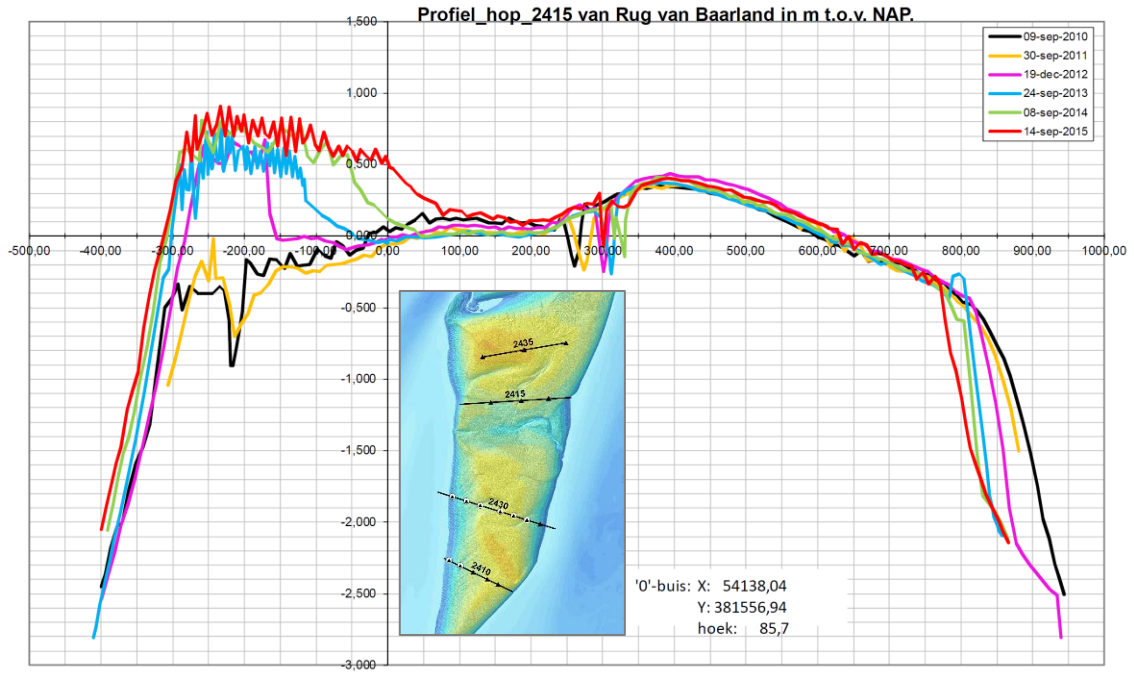
De erosie-sedimentatie patronen op de plaat zelf vertonen geen eenduidig beeld, wat het beeld beschreven in sectie 5.1.1.3 bevestigt. RTK raai 2410 (Figuur 5-41), op het zuidelijk deel van de plaat, toont een verhoging in het oosten en een daling in het westen. Raai 2430 (Figuur 5-40), waarvan de oostelijke zijde uitkomt ter hoogte van het erosief gebied van de Overloop van Hansweert, toont een verhoging en versmalling van de plaat. Deze erosie aan de oostelijke plaatrand is ook duidelijk merkbaar op raai 2415 (Figuur 5-41) die meer noordelijk gelegen is. Single beam raaien die de plaat en het stortvak in beeld brengen, illustreren ook de sedimentatie in het stortvak, in combinatie met het versmallen van de plaat (Figuur 5-42).



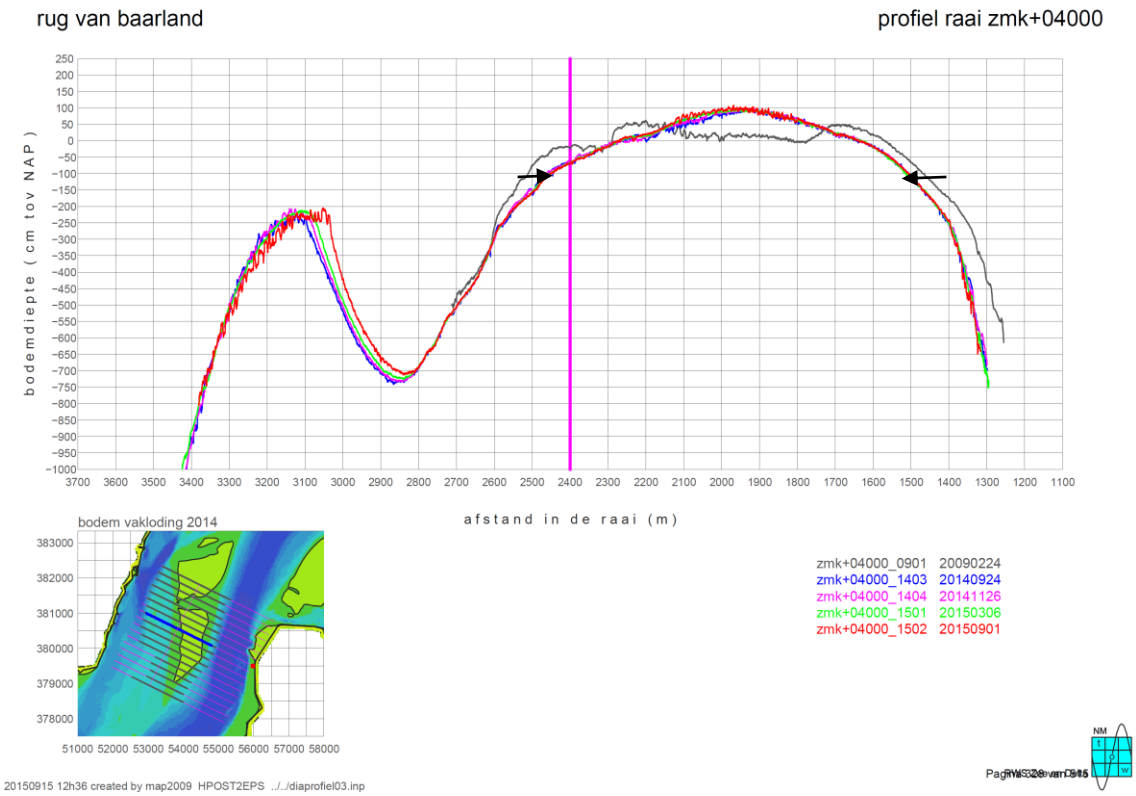

*Figuur 5-39: RTK-raai 2410 aan de Rug van Baarland (bron: (Jentink, 2015e)*



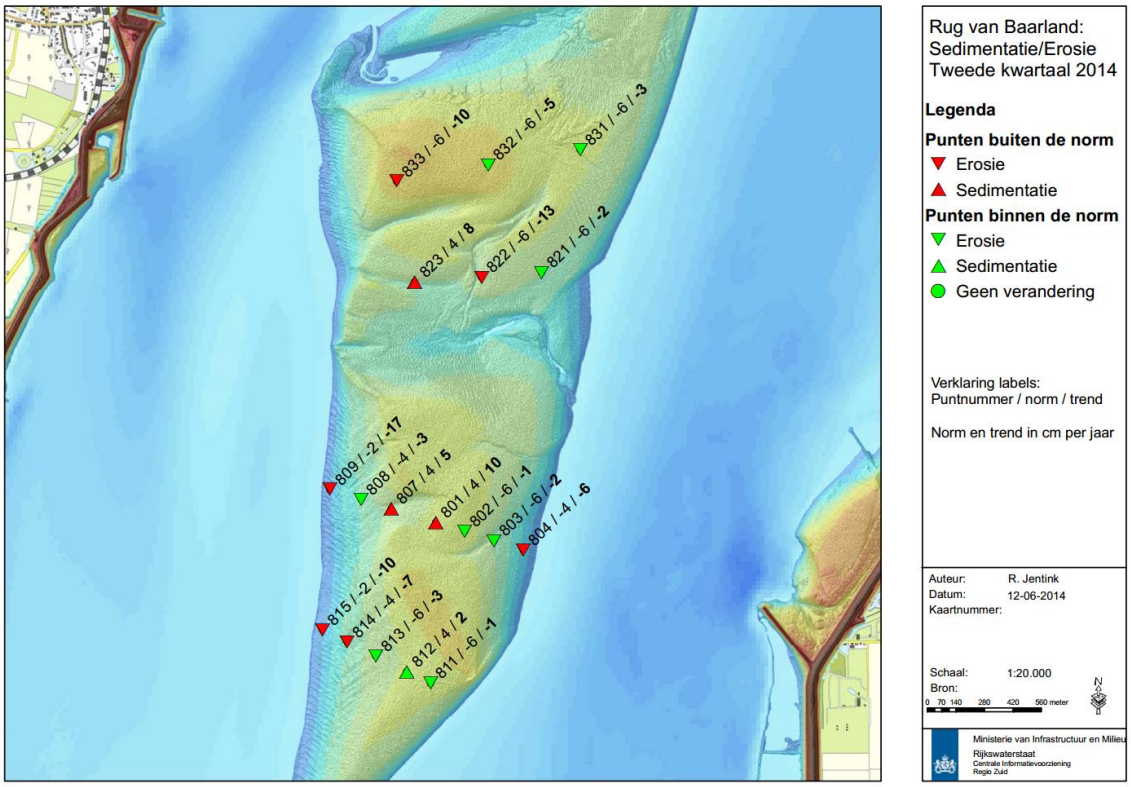

*Figuur 5-40: RTK-raai 2430 aan de Rug van Baarland (bron: (Jentink, 2015e)*




*Figuur 5-41: RTK-raai 2415 aan de Rug van Baarland (bron: (Jentink, 2015e)*




*Figuur 5-42: Plaatrandloding 04000 aan de Rug van Baarland. Bron: (Jentink* et al.*, 2016)*

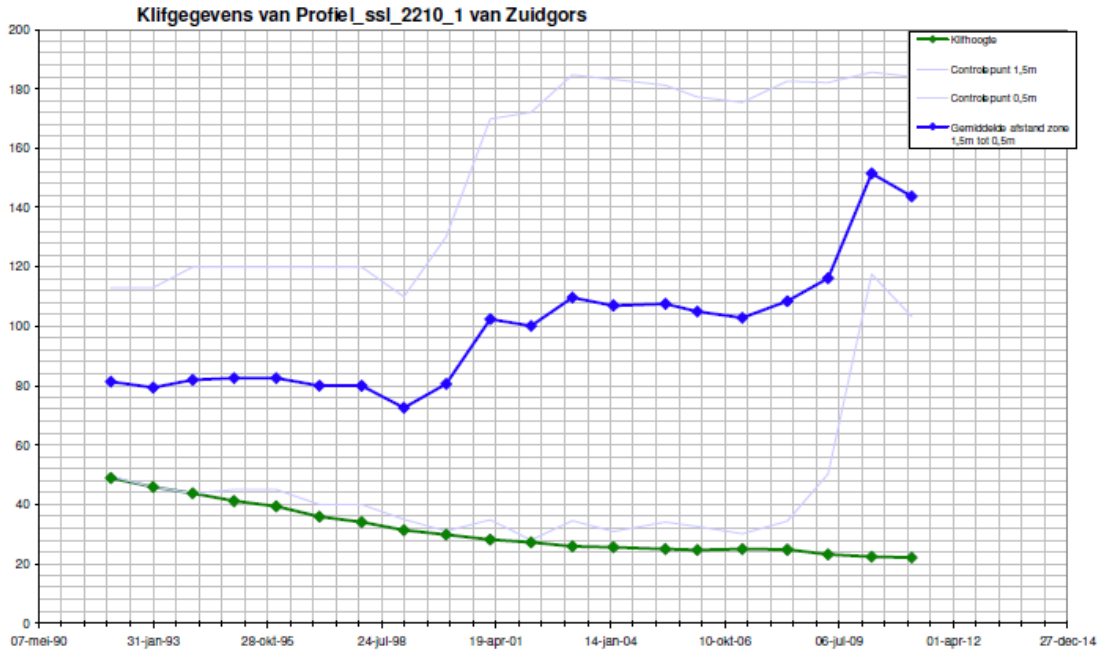



*Figuur 5-43: Sedimentatie / erosie in de RTK meetpunten van de Rug van Baarland voor het 2de halfjaar van 2015 (bron: (Jentink, 2015e)*

De RTK meetpunten ondersteunen dit gedifferenieerd beeld: op de zuidelijke helft is recent een erosie zichtbaar nabij de laagwaterlijn (punten 804, 209, 811, 814, 815), terwijl op de hoogste punten verdere ophoging plaatsvindt (punten 801, 807, 8012) of hooguit beperkte verlaging (bvb punt 802). De ontwikkeling van de hoogtemetingen op de individuele punten tonen veel ruimtelijke variatie. Op lange termijn zijn een aantal trends zichtbaar, met name de erosie in punt 804, en de centrale ophoging. Beide zijn trends die voor de derde verruiming zijn ingezet.

### 5.2.2 Schorranderosiemetingen (Westerschelde)

Jaarlijks worden raaimetingen uitgevoerd door Rijkswaterstaat op raaien loodrecht op de schorrand. Uit deze raaimetingen wordt ook de positie van de schorrand afgeleid. De metingen worden voorgesteld in twee soorten grafieken. Ten eerste worden de hoogtemetingen zelf weergegeven, met op de y-as de hoogte in NAP (bv. Figuur 5-46). Voor de leesbaarheid van de grafiek is er voor gekozen om alleen de metingen vanaf 2000 te presenteren.

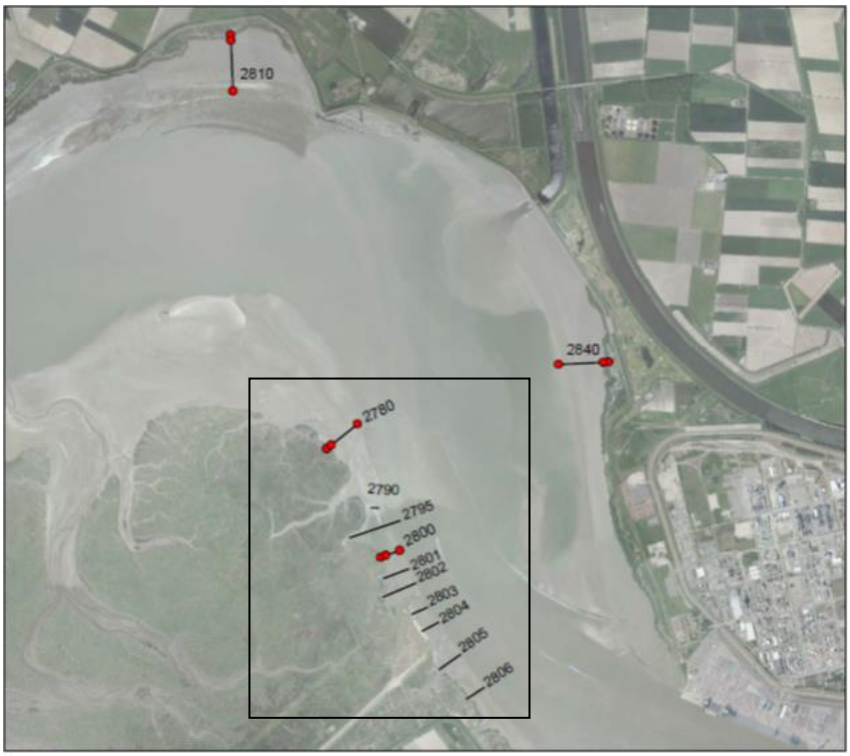



*Figuur 5-44: Voorbeeldgrafiek voor klifgegevens (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*

Bij locaties waar een duidelijk schorklif aanwezig is, wordt nog een tweede soort grafiek weergegeven (Figuur 5-44). Hierin wordt de ligging van het schorklif t.o.v. het raainulpunt weergegeven. Uit iedere meting wordt bepaald wat de afstand van het raainulpunt is naar het klif en deze afstand wordt per jaar weergegeven in de grafiek (in groen). In het voorbeeld wordt de afstand vanaf het nulpunt tot de hoogte +1,5 m NAP bepaald. Hetzelfde wordt gedaan vanaf het nulpunt tot 0,5 m NAP. Dit zijn de lichtblauwe lijnen. Merk op dat deze controlepunten per locatie kunnen verschillen (vb +1 m NAP en 0 m NAP). De dikke blauwe lijn is het gemiddelde van beide bepalingen en geeft de ligging weer van de zone tussen beide controlepunten (hier +1,5 m NAP en 0,5 m NAP). Dit is een maat voor de ontwikkeling van het voorland. Als de blauwe lijn gelijk blijft is het slik stabiel, gaat de blauwe lijn verder van het nulpunt dan sedimenteert het slik en komt de blauwe lijn dichter naar het nulpunt dan erodeert het slik.

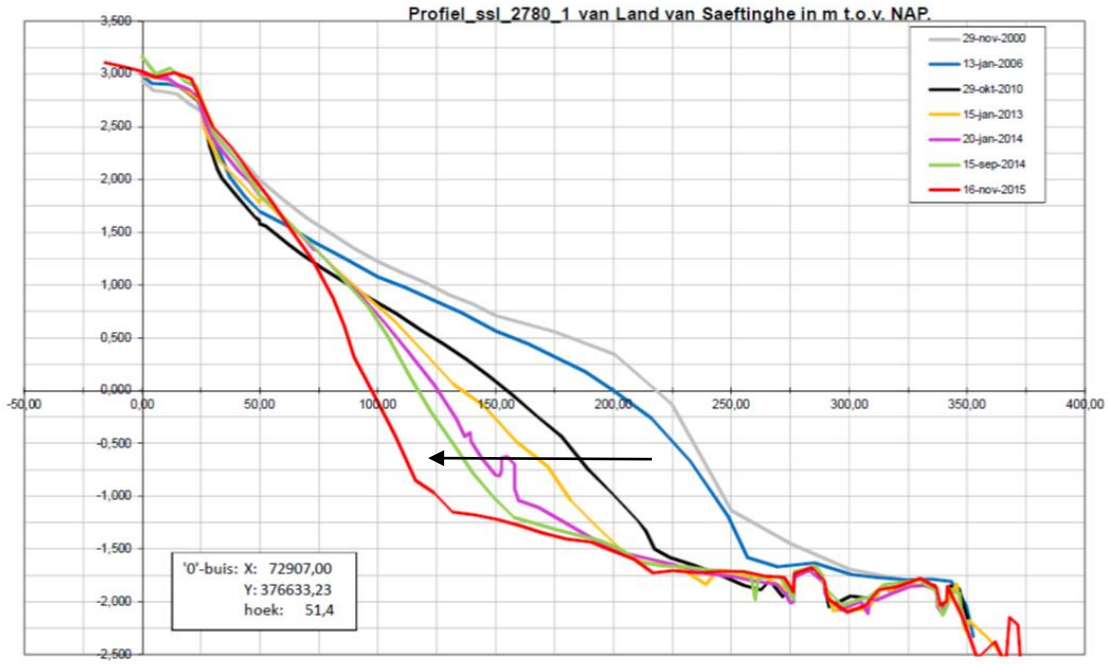
In Jentink et al. (2016) worden de schor-slikprofielen van de verschillende locaties op de Westerschelde gepresenteerd. De ligging van de profielen zijn hier ook in aangeduid. In de volgende paragrafen worden de waargenomen ontwikkelingen in de verschillende slik- en schorgebieden besproken, in stoomafwaartse zin.

### *Land van Saeftinge*

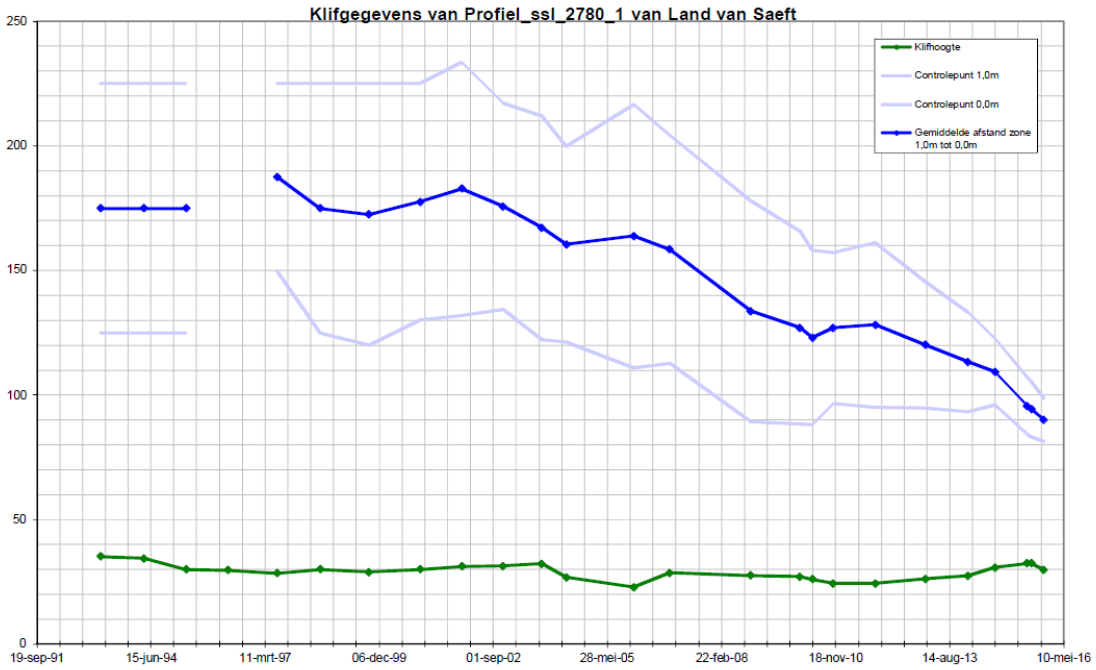



*Figuur 5-45: Ligging profielen ter hoogte van het Land van Saeftinge (bron: (Jentink* et al*., 2016)*

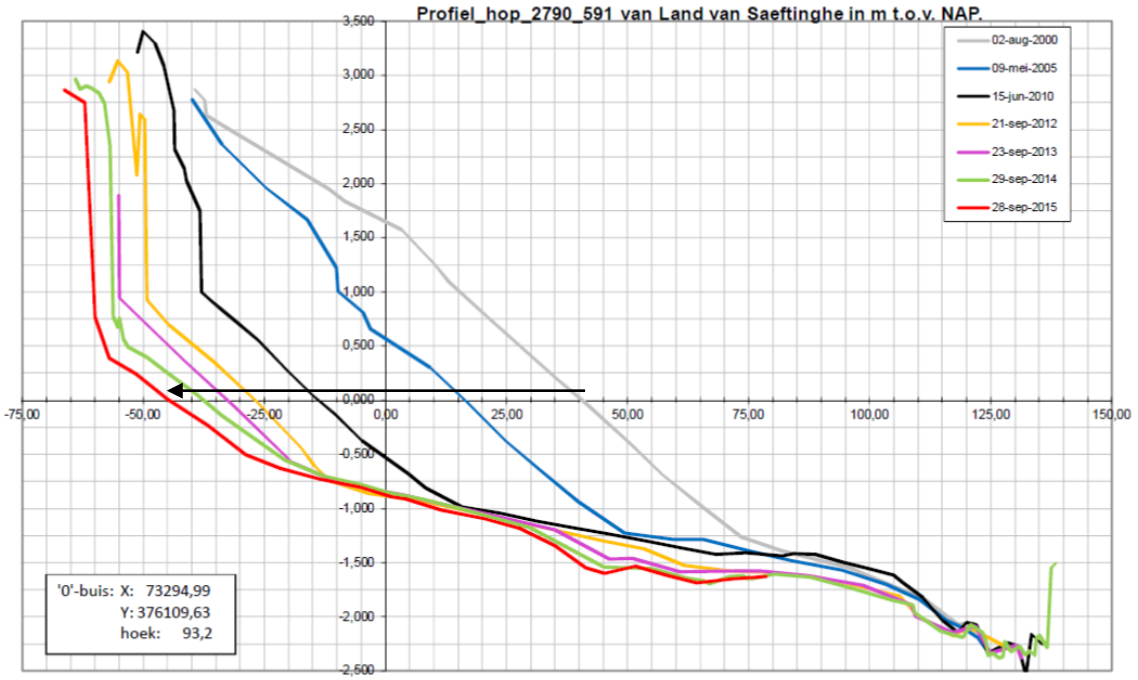
Profiel 2780 kent de laatste jaren een sterke inkrimping van het volume sediment in het slik. De slikhelling wordt steiler en de convex- concave vorm van weleer evolueert naar een zuivere concave vorm. Aan de voet van de schorrand treedt sedimentatie op, terwijl de schor zelf licht verhoogd tot 2014 (Figuur 5-46). In 2015 ligt het schor opnieuw iets lager. Een andere evolutie treft men aan bij profiel 2790. Sinds de eerste meting in augustus 2000 kent dit profiel sterke erosie, vooral in het gedeelte boven -1 m NAP, met onder meer de schorrand, maar ook in geringere mate onder -1 m NAP (Figuur 5-48). Ook profiel 2800 kent erosie, maar het tempo van de erosie ligt iets lager, dit profiel kent ook aanzanding onder -1 m NAP (Figuur 5-50). Opmerkelijk hierbij is dat de oorspronkelijke hellingsgraad in de diepere delen van beide laatst aangehaalde profielen behouden blijft, door differentiële erosie dat aangrijpt op een moeilijk erodeerbare ondergrond (vermoedelijk veen of klei). De grafieken die de klifgegevens van de profielen weergeven, Figuur 5-47, Figuur 5-49 en Figuur 5-51, tonen duidelijk aan dat het oostelijke voorland van het Land van Saeftinghe sterk erosief is. Iets wat eerder (zie sectie 5.1.1) ook al aangegeven werd en hier nu bevestigd wordt. Voor profielen 2795 en 2801 tot en met 2806 zijn enkel metingen beschikbaar voor 2015. Er zijn nog geen belangrijke evoluties op te merken.



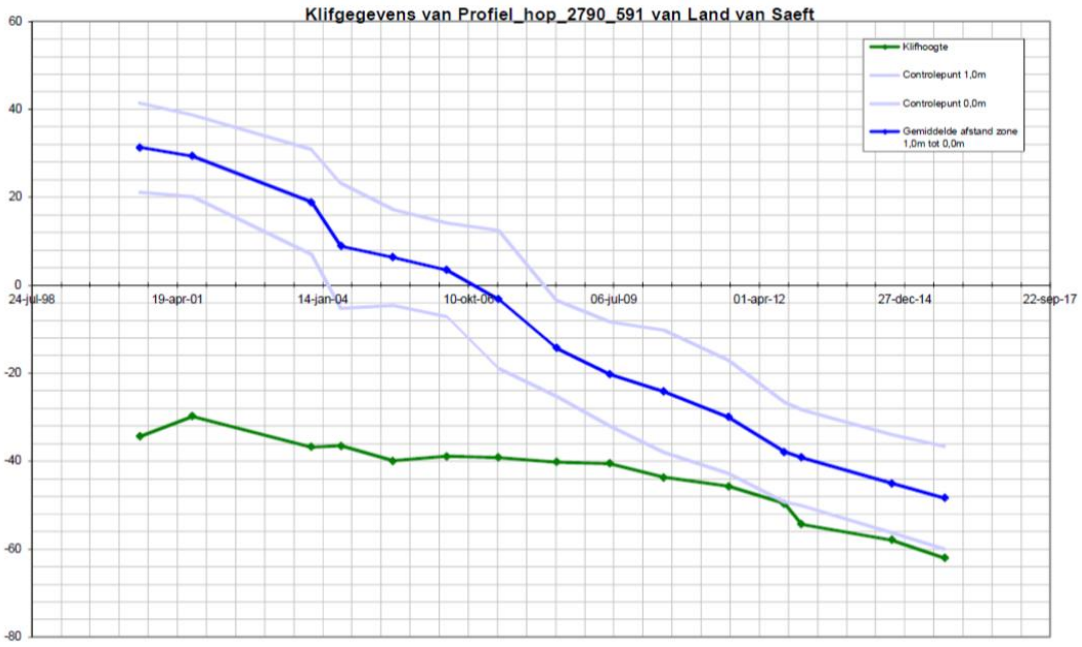

*Figuur 5-46: Schor-slikprofiel 2780 van Land van Saeftinge (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*



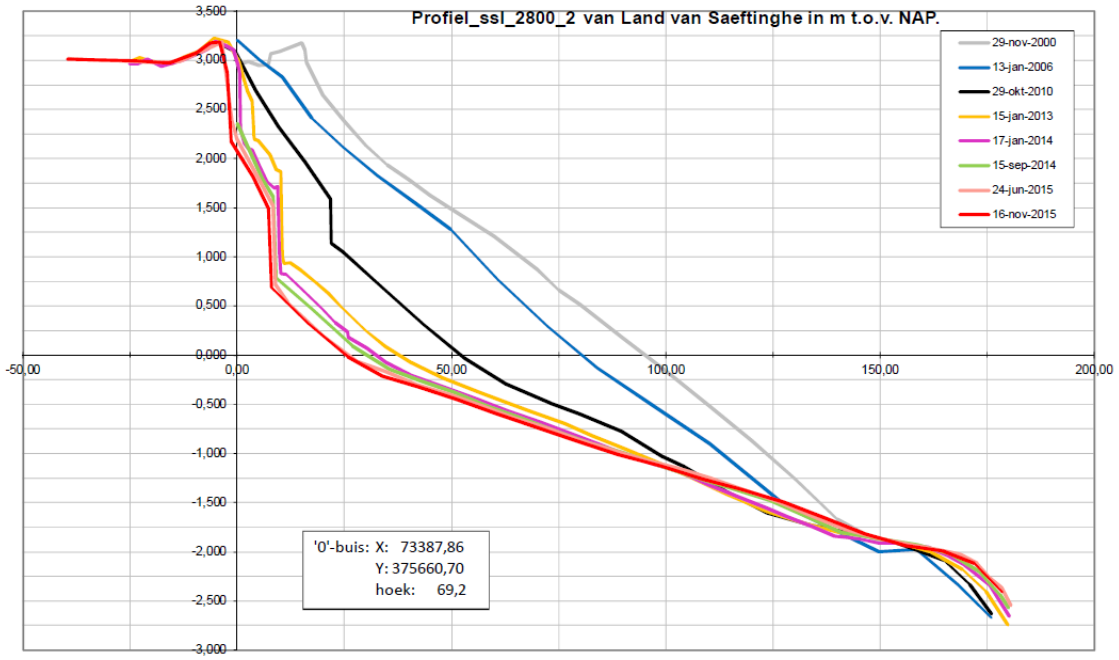

*Figuur 5-47: Klifhoogte en gemiddelde afstand zone +1,0 m NAP en 0 m NAP voor profiel 2780 van Land van Saeftinge (bron: (Jentink et al., 2016).*



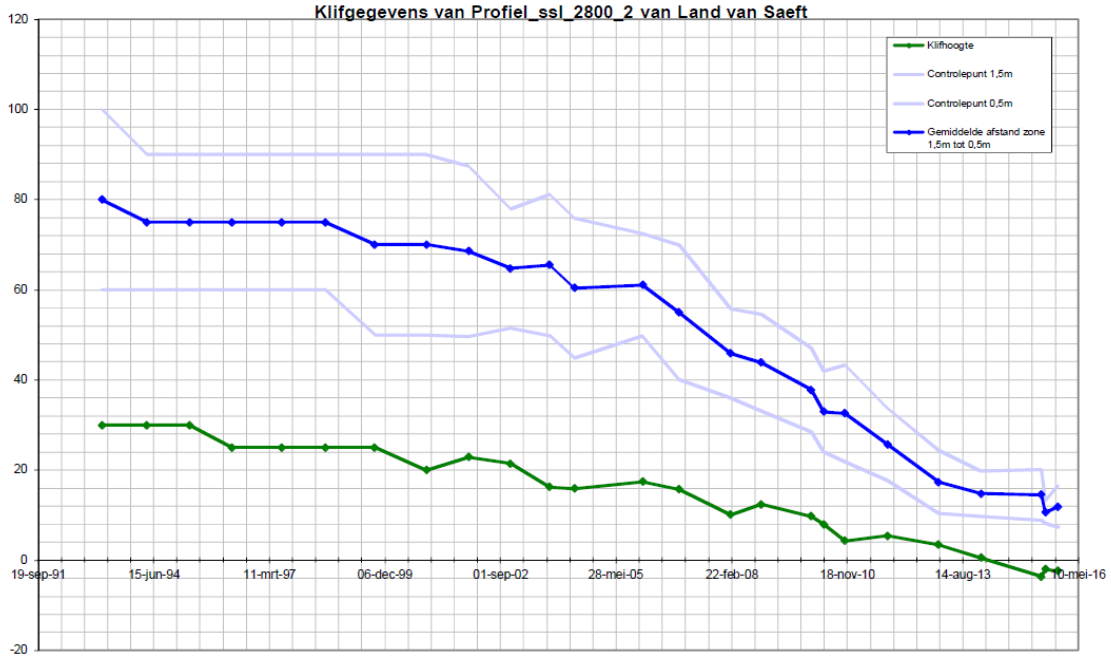

*Figuur 5-48: Schor-slikprofiel 2790 van Land van Saeftinge (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*




*Figuur 5-49: Klifhoogte en gemiddelde afstand zone +1,0 m NAP en 0 m NAP voor profiel 2790 van Land van Saeftinge (bron: (Jentink et al., 2016)*




*Figuur 5-50: Schor-slikprofiel 2800 van Land van Saeftinge (bron: (Jentink et al., 2016)*



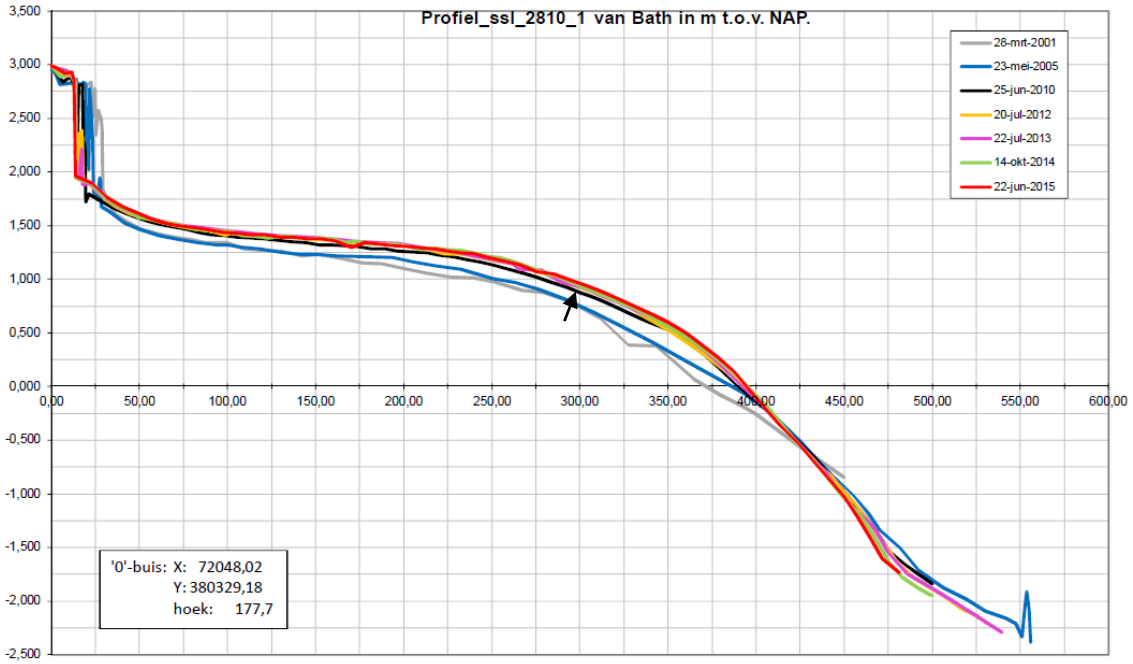

*Figuur 5-51: Klifhoogte en gemiddelde afstand zone +1,5 m NAP en 0,5 NAP voor profiel 2800 van Land van Saeftinge (bron: (Jentink et al., 2016)*

### *Bath - Appelzak*

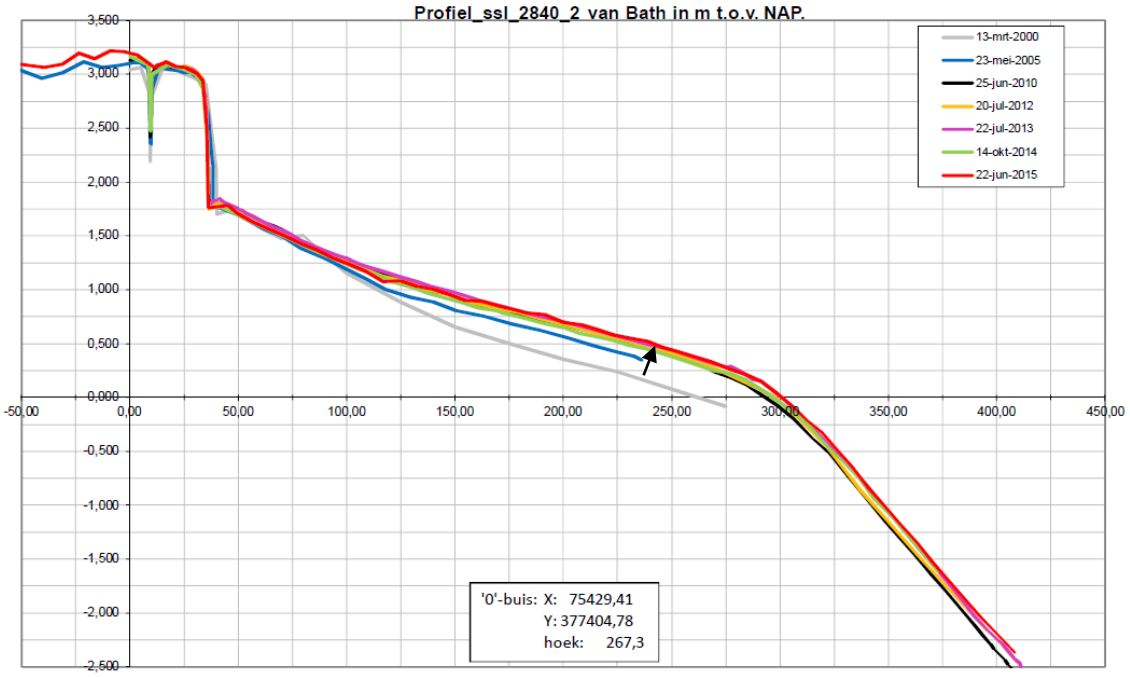



*Figuur 5-52: Ligging profielen ter hoogte van Bath (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*

Profiel 2810 bij Bath toont een vrij stabiel slikkengebied. Sinds 2001 vertoont het volledige slikprofiel lichte sedimentatie. Verder wijkt de schorrand in de loop der jaren licht achteruit (Figuur 5-53). Profiel 2840, gelegen bij de Appelzak, vertoont ook een trend van lichte sedimentatie. De recente meetcampagnes bevestigen deze trend, de schorrand blijft hier vrijwel stabiel (Figuur 5-54).




*Figuur 5-53: Schor-slikprofiel 2810 van Bath (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*



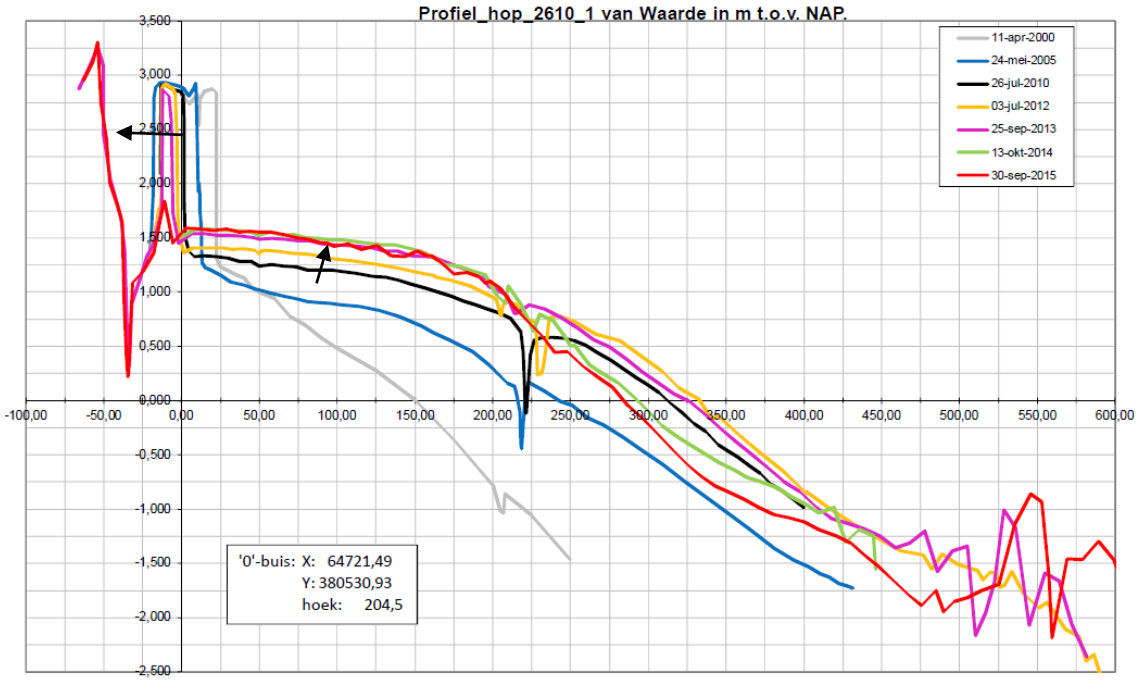

*Figuur 5-54: Schor-slikprofiel 2840 van Bath (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*

### *Waarde*

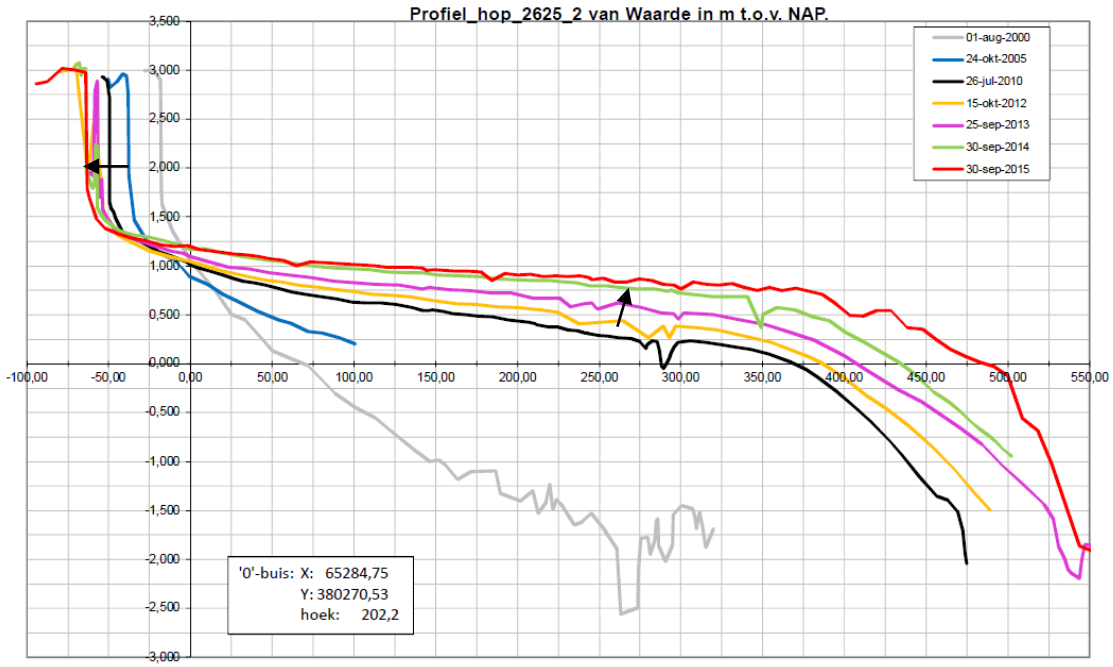



*Figuur 5-55: Ligging profielen ter hoogte van Waarde (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*

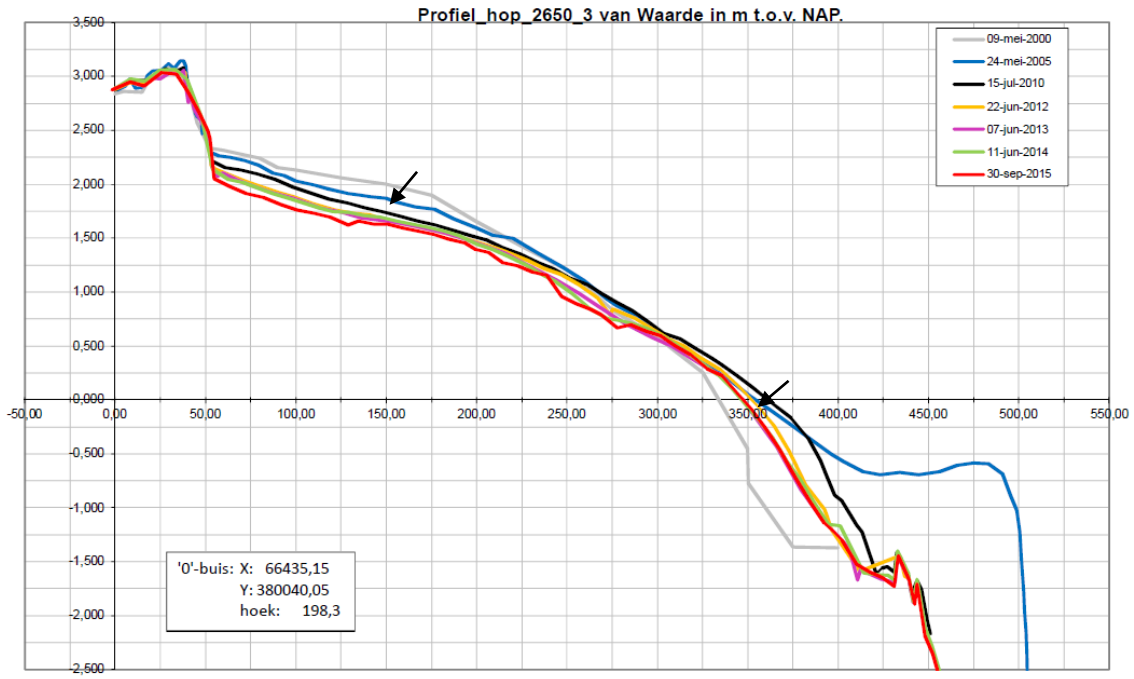
Het slik van profiel 2610 vertoont, vooral onder 1 m NAP, doorheen de jaren een grillig patroon van erosie en hersedimentatie. Het voorland direct voor de klif is onderhevig aan sedimentatie. Recent is door aanhoudende erosie en de aanwezigheid van een geultje het schor een behoorlijk stuk terug geschreden (Figuur 5-56). Het slik van profiel 2625 kent de laatste jaren sterke sedimentatie, terwijl de schorrand achteruitwijkt. Bij het laagslik ligt de sedimentatiesnelheid hoger dan aan de hoger gelegen delen (Figuur 5-57). Langsheen profiel 2650 is het slikkenniveau en het voorland licht gedaald tussen 2010 en 2015, de positie van de schorrand blijft stabiel. Onder het 0 m NAP niveau komt sterkere erosie voor (Figuur 5-58).




*Figuur 5-56: Schor-slikprofiel 2610 van Waarde (bron: (Jentink et al., 2016)*




*Figuur 5-57: Schor-slikprofiel 2625 van Waarde (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*



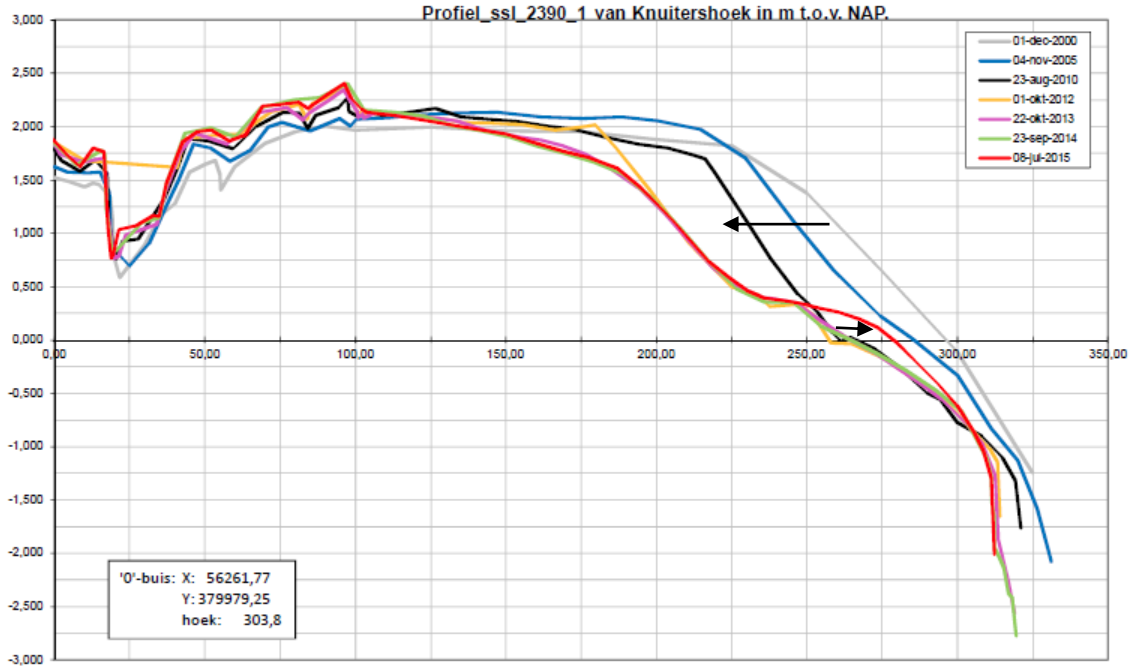

*Figuur 5-58: Schor-slikprofiel 2650 van Waarde (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*

### *Knuitershoek (Ossenisse)*




*Figuur 5-59: Ligging profiel ter hoogte van Ossenisse (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*

Tot 2012 kende de zone tussen 0,25 en 1,50 m NAP erosie, nadien komt hier geen erosie meer voor. Boven 1,50 m NAP duurt de erosieve periode iets langer voort, het voorland is hier stabiel sinds 2013. Onder 0,25 m NAP is het slik stabiel tot 2014 in 2015 komt sedimentatie voor. Het schor kent in de periode 2005 – 2015 beperkte aangroei (Figuur 5-60).



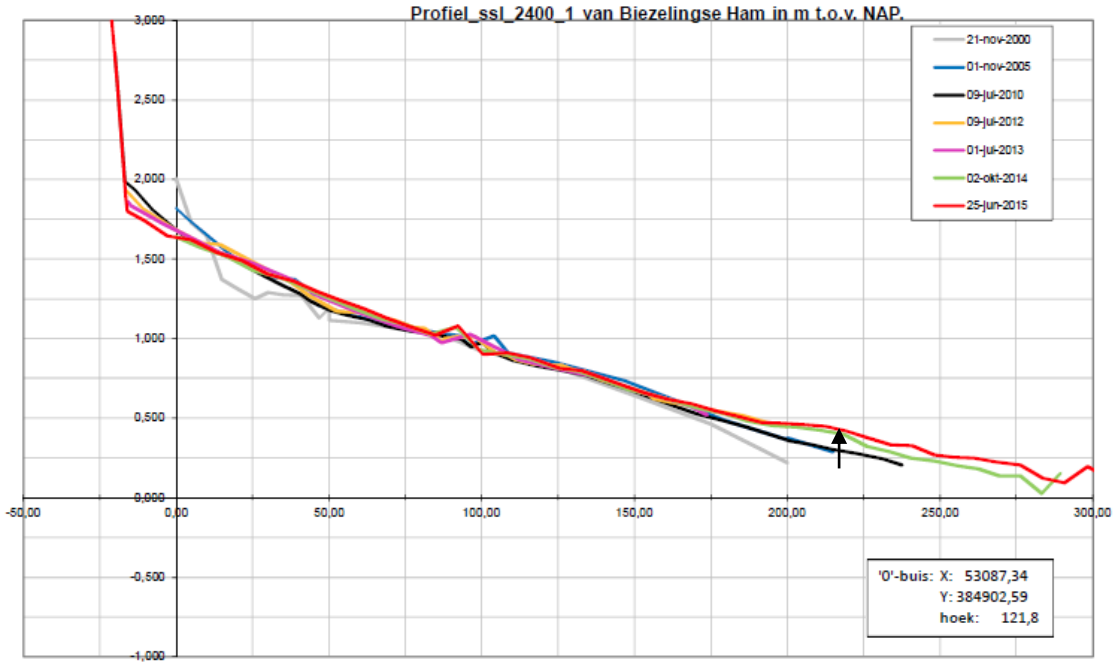

*Figuur 5-60: Schor-slikprofiel 2390 van Knuitershoek/Ossenisse (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*

### *Biezelingse Ham*

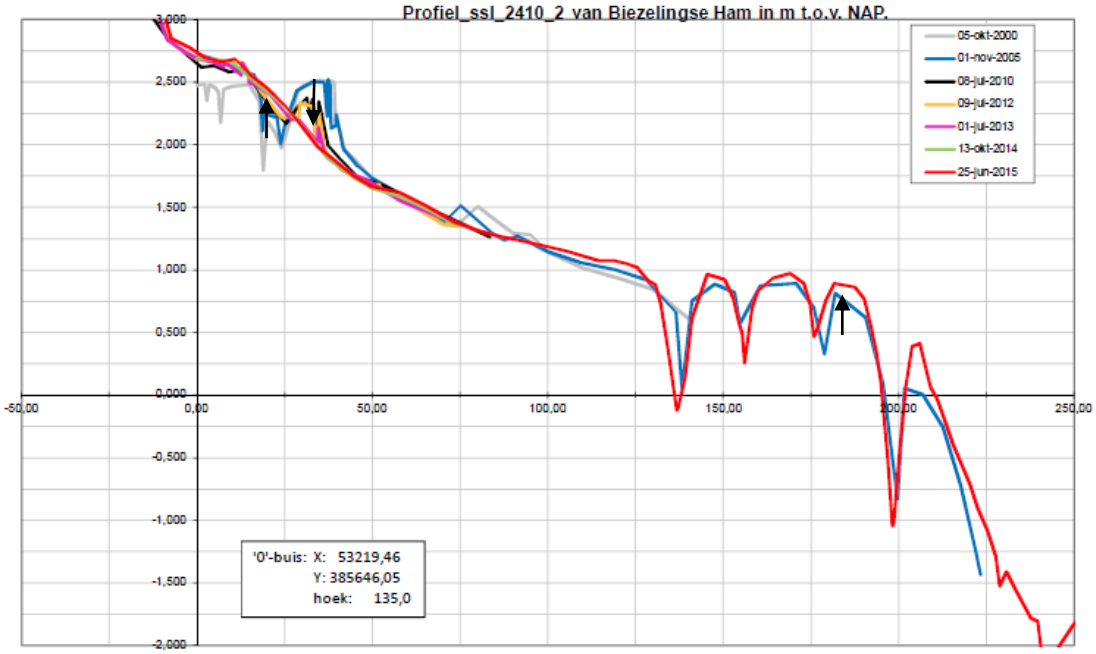



*Figuur 5-61: Ligging profielen ter hoogte van Biezelingse Ham (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*

Op profiel 2400 van de Biezelingse Ham treft men sinds 2013 lichte sedimentatie aan op het voorland lager dan 0,5 m NAP. Ook iets hoger, tussen 1 en 1,5 m NAP komt lichte sedimentatie voor (Figuur 5-62). Profiel 2410 toont een afvlakking van het eerder aanwezige talud. In juli 2013 is deze drempel volledig verdwenen (Figuur 5-63). Lager op het voorland worden de aanwezige geultjes dieper en de drempels ertussen worden hoger.




*Figuur 5-62: Schor-slikprofiel 2400 van Biezelingse Ham (bron: (Jentink et al., 2016)*



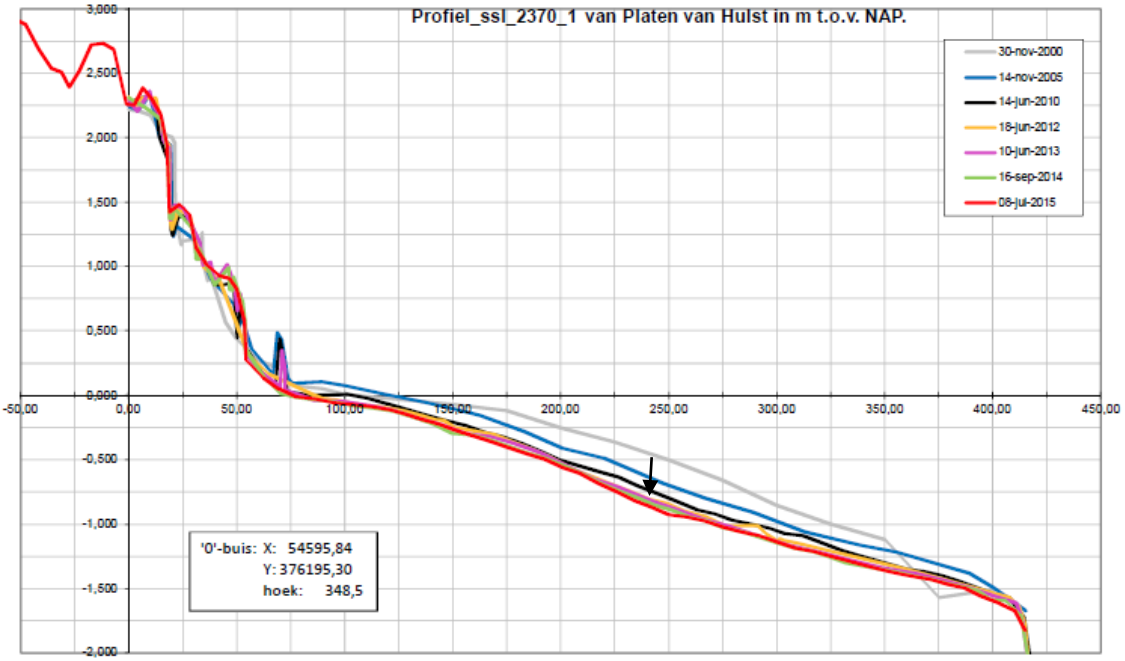

*Figuur 5-63: Schor-slikprofiel 2410 van Biezelingse Ham (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*

### *Platen van Hulst*



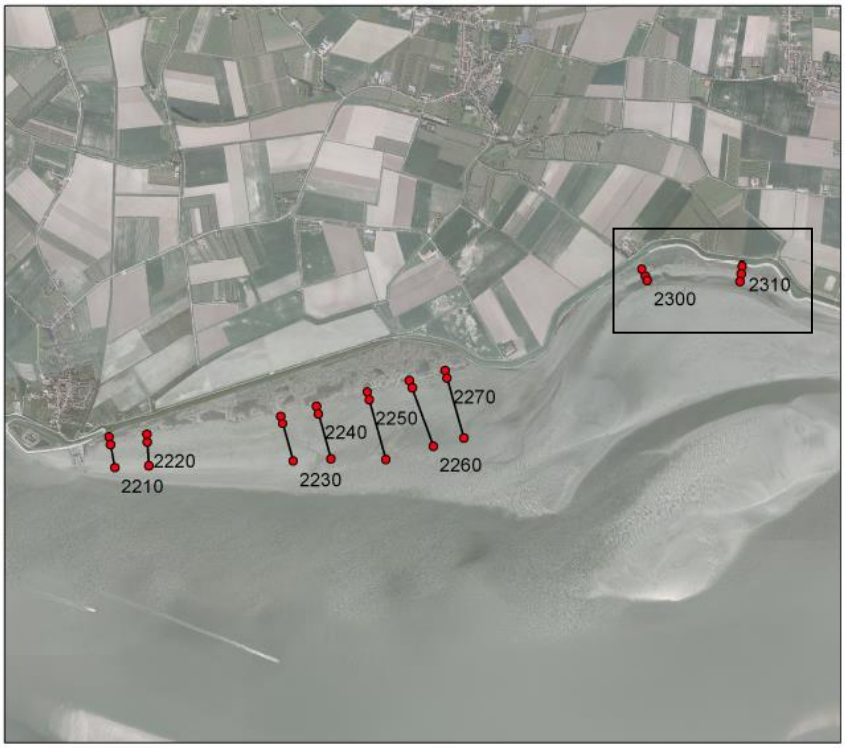

*Figuur 5-64: Ligging profielen ter hoogte van Platen van Hulst (bron: Jentink et al., 2014)*

Afgeleid uit de profielen 2370 en 2375, neemt men een algemene verlaging van het slikkengebied waar. Deze evolutie wordt ook bevestigd door de meest recente opnames (Figuur 5-65). De klifpositie blijft eerder status quo.



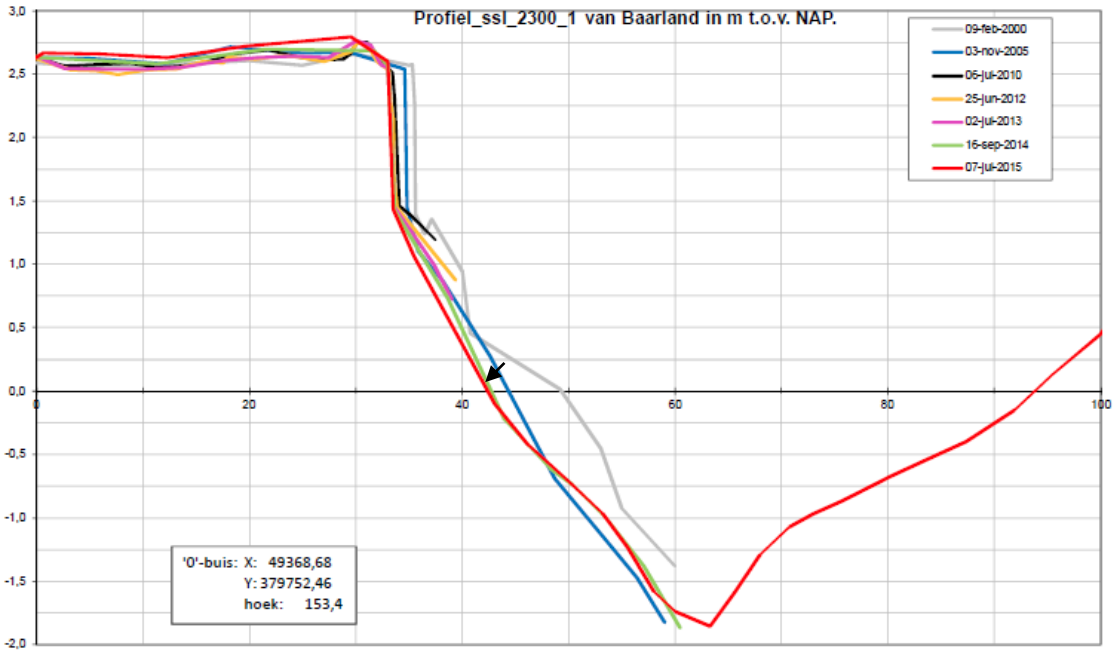

*Figuur 5-65: Schor-slikprofiel 2370 van Platen van Hulst (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*

### *Baarland*

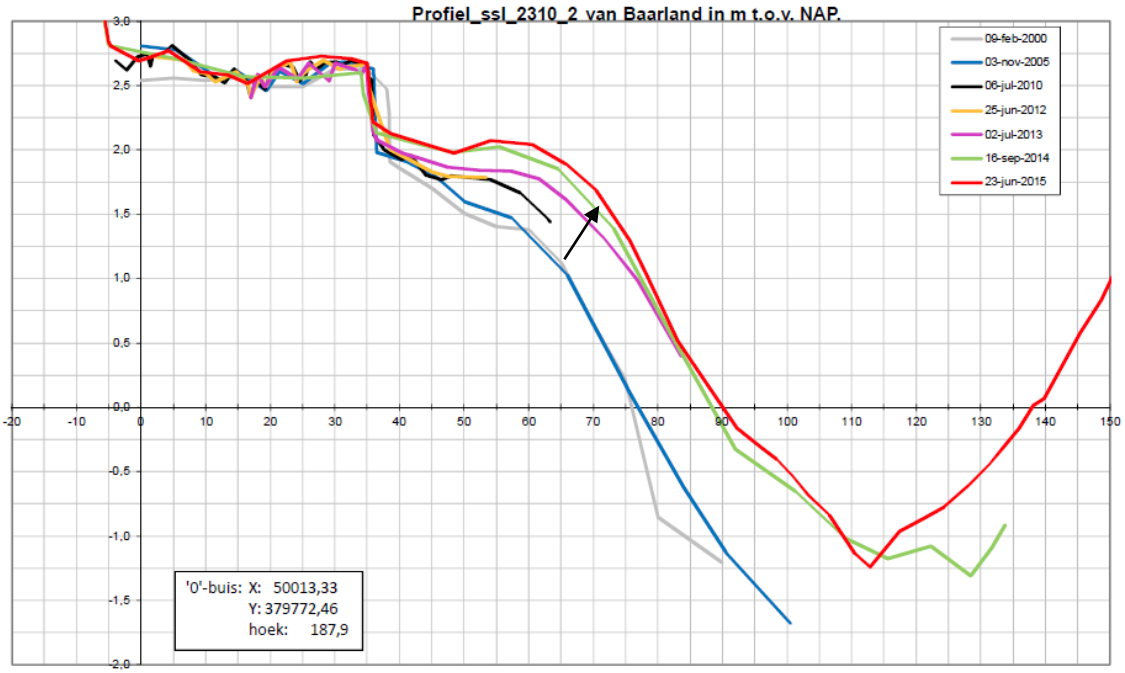



*Figuur 5-66: Ligging profielen ter hoogte van Baarland (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*

Ten oosten van de Zuidgors, liggen de profielen 2300 en 2310 van Baarland. Profiel 2300 kent over de laatste 10 jaar een lichte ophoging van het schor. De trend van de terugwijkende schorrand, die reeds begin jaren ’90 werd ingezet, gaat onverminderd door tot in 2013, lager in het profiel, onder 1,5 m NAP, komt ook nadien nog erosie voor. Het steile voorland wordt na 2009 door erosie nog steiler (Figuur 5-67). Profiel 2310 vertoont evenzeer een stabiel schor en schorklif. In tegenstelling tot profiel 2300 komt op profiel 2310 sedimentatie voor ter hoogte van de slikken. De sedimentatie zorgt voor de uitbouw van een plateau op 2 m NAP (Figuur 5-68).

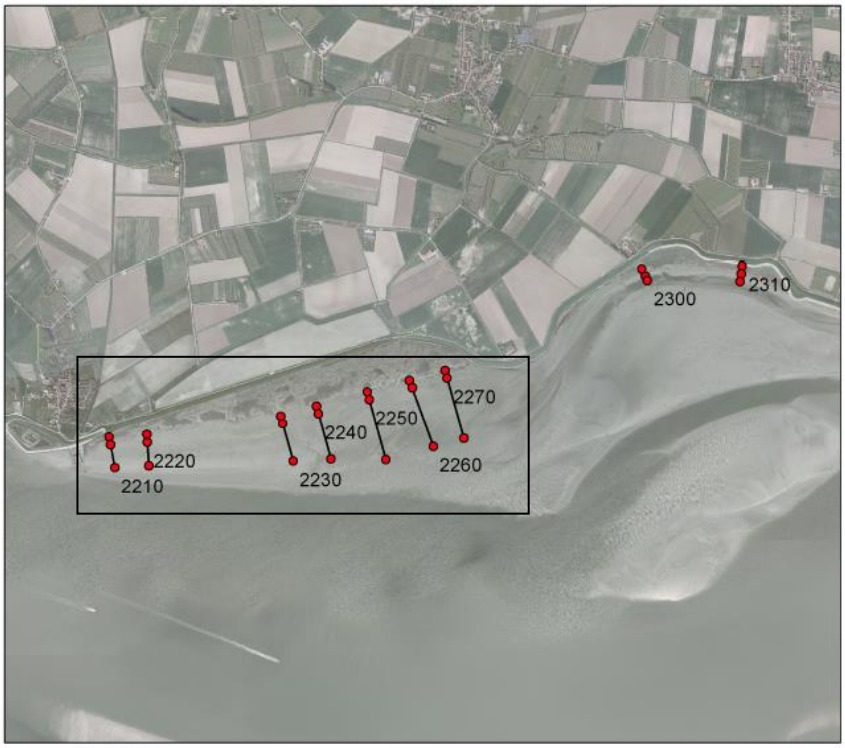



*Figuur 5-67: Schor-slikprofiel 2300 van Baarland (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*



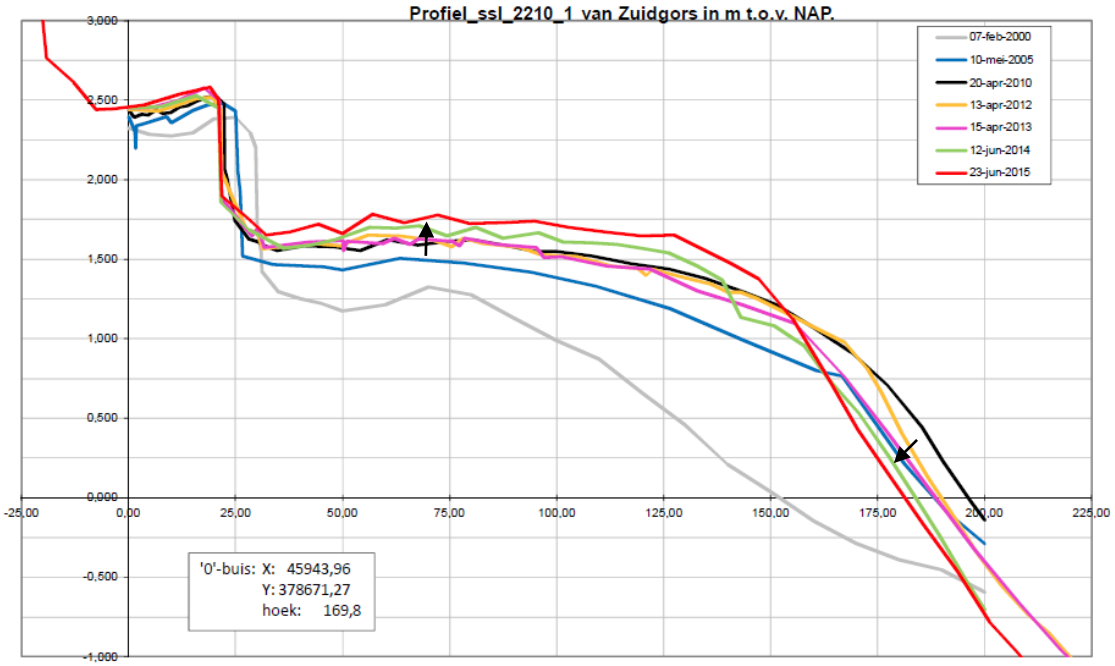

*Figuur 5-68: Schor-slikprofiel 2310 van Baarland (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*

### *Zuidgors*

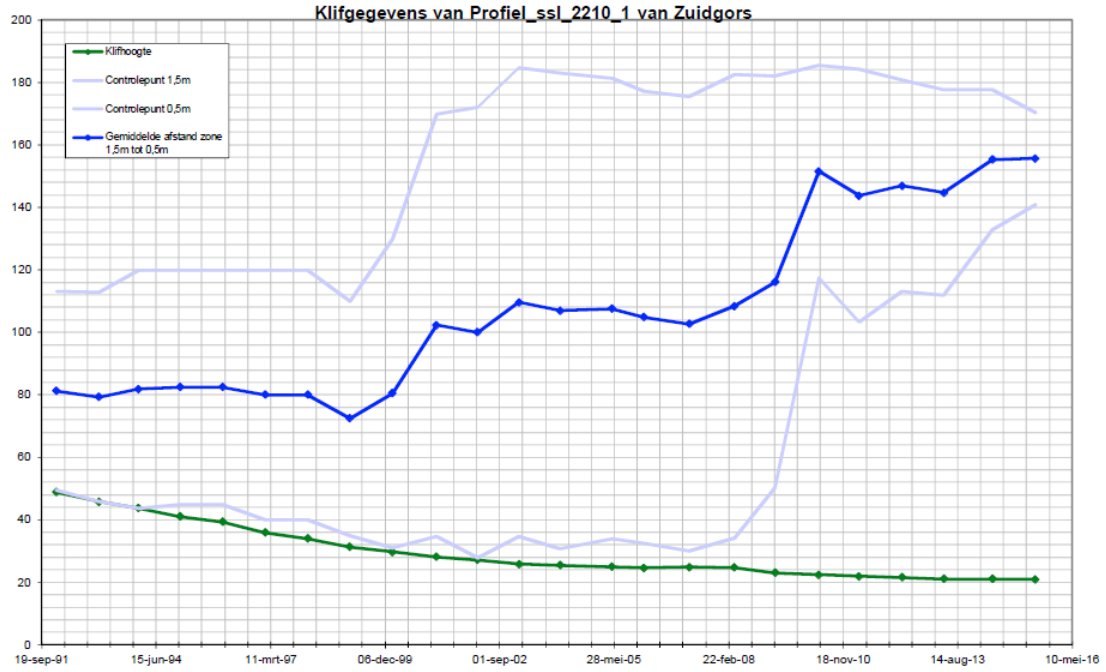



*Figuur 5-69: Ligging profielen ter hoogte van Zuidgors (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*

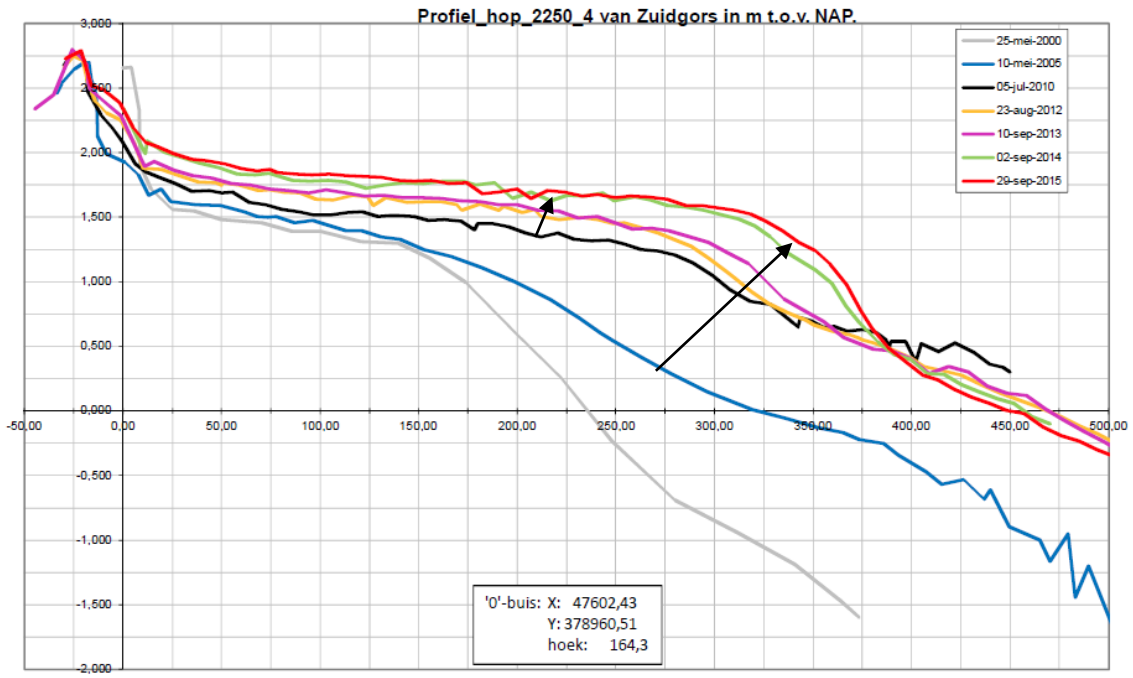
Op de Zuidgors zijn zeven verschillende profielen gedefinieerd. Alle profielen worden gekenmerkt door sedimentatie van het voorland en plateauvorming op ca. 1,75 m NAP. De westelijke profielen, profiel 2210 tot 2220, kennen erosie van het diepere gebied. In profiel 2230 en profiel 2250 is dit beduidend minder. Profielen 2240, 2260 en 2270 zijn stabiel in dit dieper deel. In profiel 2250 en 2270 is geen duidelijk klifrand meer aanwezig, de overgang van schor naar slik verloopt geleidelijk en kent sedimentatie. In de andere profielen kent de schorklif erosie.




*Figuur 5-70: Schor-slikprofiel 2210 van Zuidgors (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*




*Figuur 5-71: Klifhoogte en gemiddelde afstand zone +1,5 m NAP en 0,5 m NAP voor profiel 2210 van Zuidgors (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*




*Figuur 5-72: Schor-slikprofiel 2250 van Zuidgors (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*

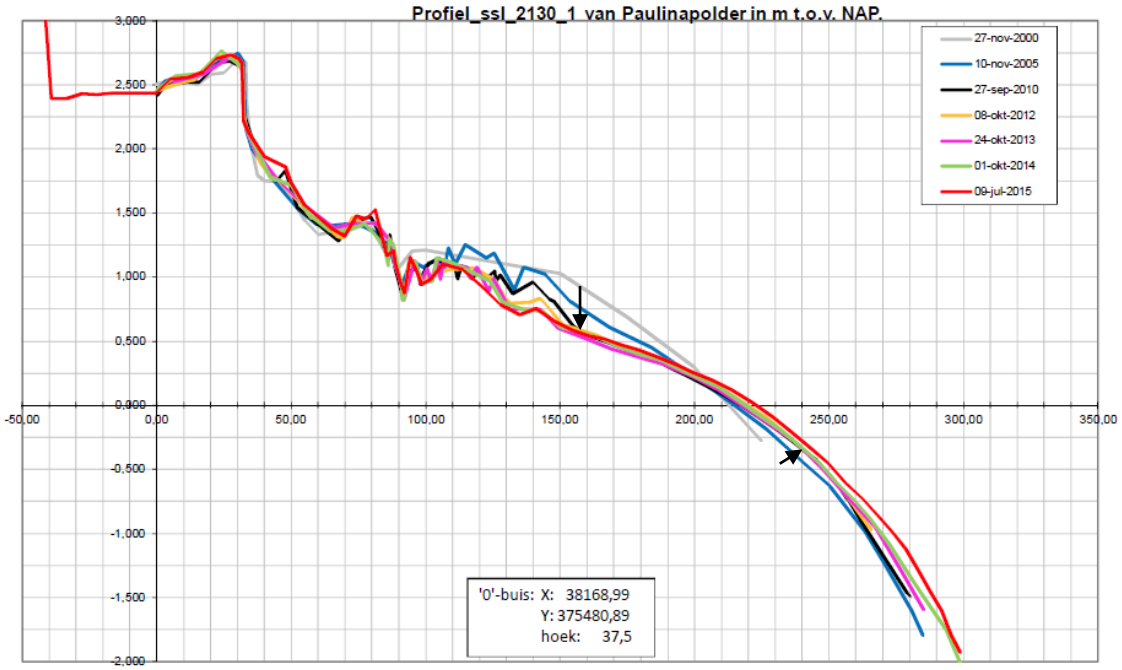
## *Paulinapolder*



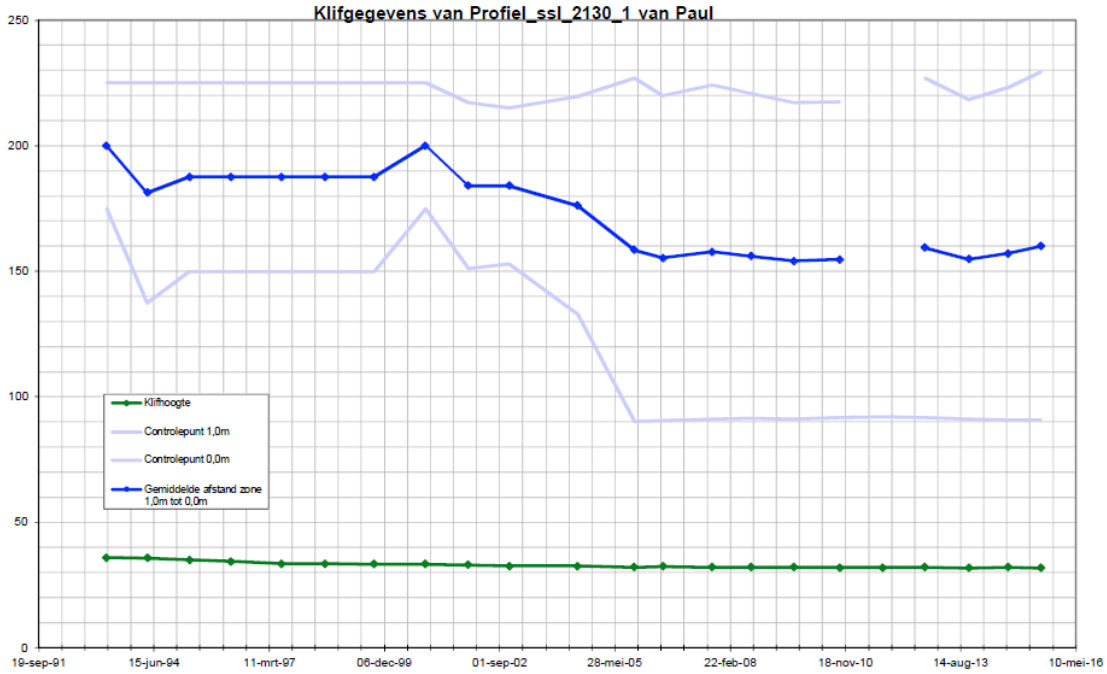

*Figuur 5-73: Ligging profielen ter hoogte van Paulinapolder (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*

Het westelijk gelegen profiel 2130 vertoonde erosie tot 2012, sindsdien blijft de hoogteligging er min of meer constant. In het diepere gedeelte, onder 0 m NAP komt lichte sedimentatie voor (Figuur 5-74). Het schor en de schorklif zijn min of meer stabiel sinds 2005 (Figuur 5-75).

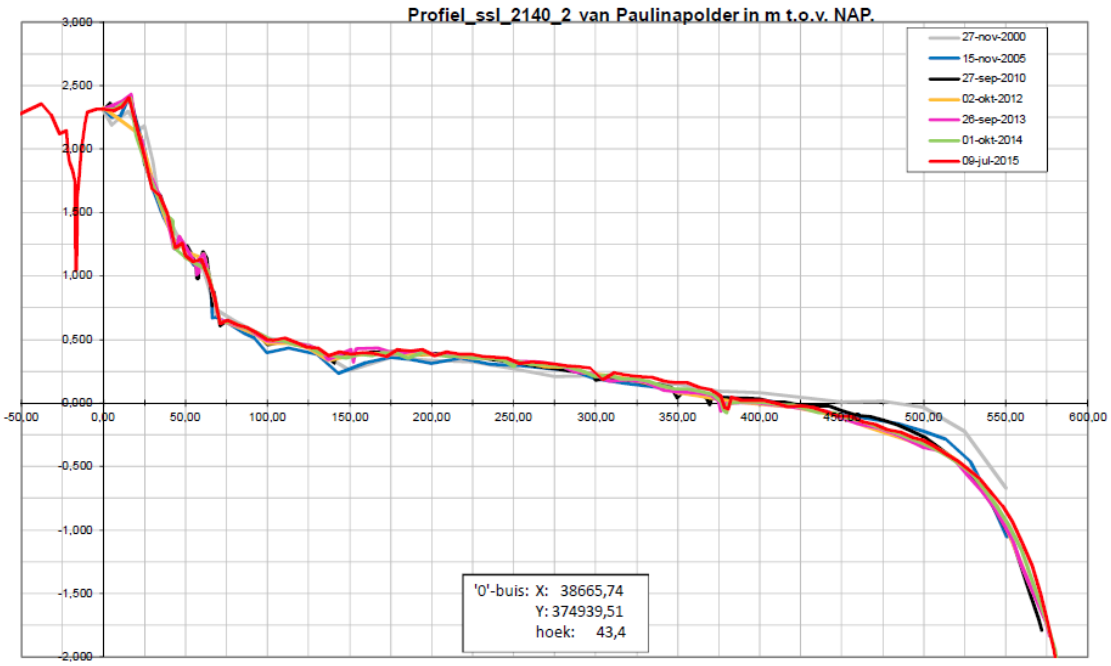
Profiel 2140 toont de laatste jaren een lichte bodemverhoging in het voorland (Figuur 5-76). De schorklif blijft stabiel.




*Figuur 5-74: Schor-slikprofiel 2130 van Paulinapolder (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*




*Figuur 5-75: Klifhoogte en gemiddelde afstand zone +1 m NAP en 0 m NAP voor profiel 2130 van Paulinapolder (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*



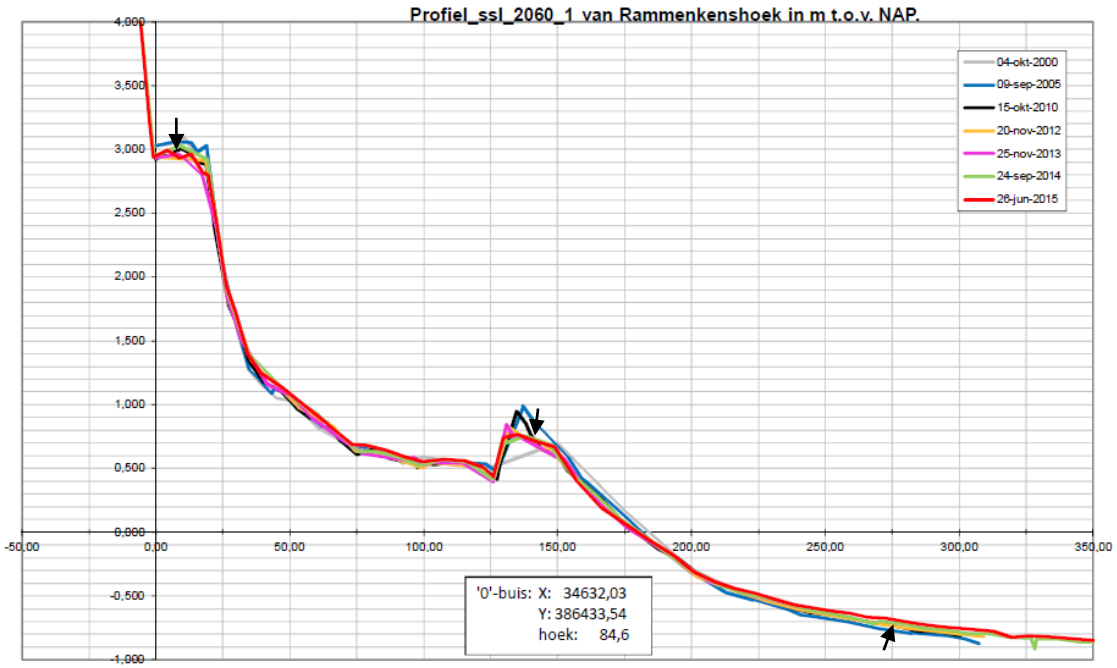

*Figuur 5-76: Schor-slikprofiel 2140 van Paulinapolder (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*

### *Rammekenshoek*




*Figuur 5-77: Ligging profielen ter hoogte van Rammekenshoek (bron: (Jentink* et al*., 2016)*

De slikprofielen 2060 en 2070 aan de Rammekenshoek kennen minimale bodemveranderingen ter hoogte van het slik. De profielen tonen evenwel een licht terugschrijdende en eroderende drempel in het voorland. Hierdoor wordt de lijzijde van de drempel steiler (Figuur 5-78). Het schor toont lichte erosie vergeleken met oktober 2000, maar blijkt stabiel sinds 2010.



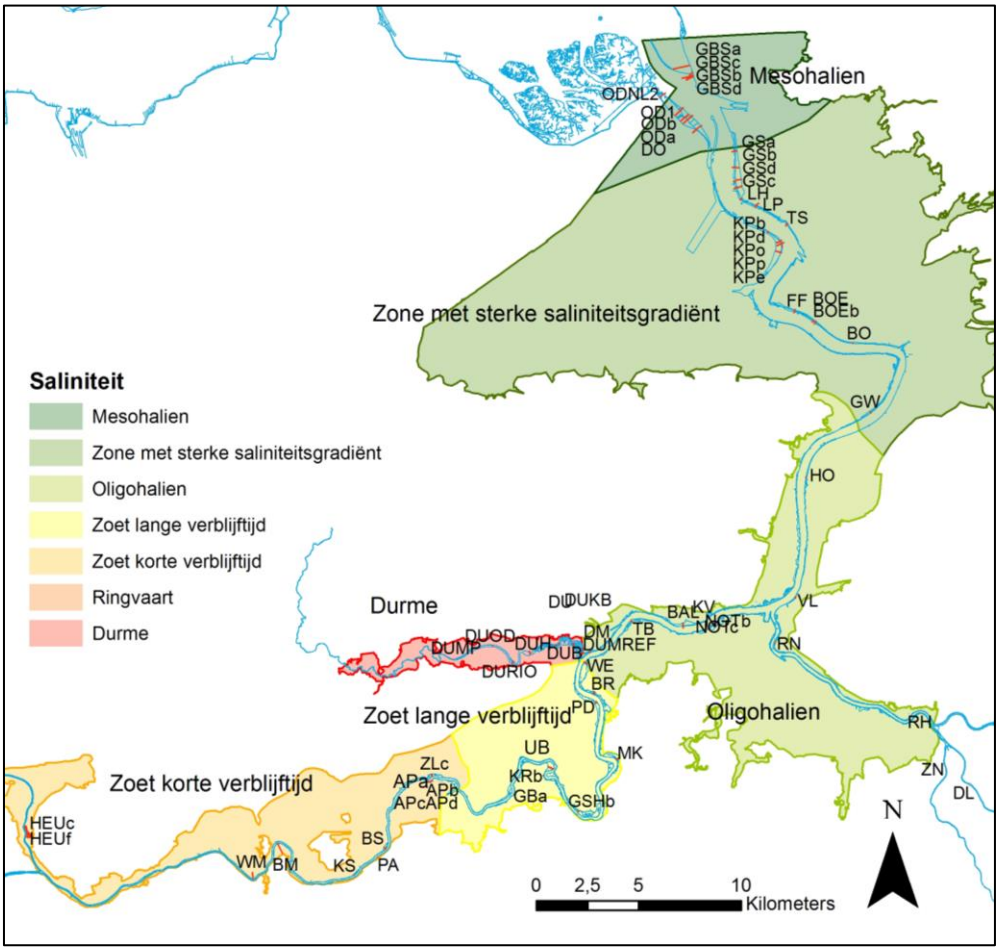

*Figuur 5-78: Schor-slikprofiel 2060 van Rammekenshoek (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*

## 5.2.3 Schor-slikraaien Beneden-Zeeschelde

Jaarlijks wordt door het INBO (2016) in het kader van het Uitvoeringsplan MONEOS-T langsheen de Zeeschelde vaste dwarsraaien op het schor en slik (Figuur 5-79) ingemeten om hoogteveranderingen in de tijd met een zo groot mogelijke verticale resolutie in beeld te brengen. In de Beneden-Zeeschelde werden de schor-slikraaien ingemeten sinds 2008. Aangezien deze niet gericht waren op systeemmonitoring zijn in 2010 bijkomende MONEOS-raaien in de Beneden-Zeeschelde gekozen.

Naast de jaarlijks opgemeten raaien in het kader van de systeemmonitoring zijn in het verleden ook verschillende slik- en schorraaien gelopen in het kader van diverse onderzoeksprojecten op projectniveau. Deze raaien zitten niet standaard in de jaarlijkse meetcampagnes vervat maar worden op een lagere frequentie om de 2-3 jaar ingemeten (raaitype ‘aanvullend’) of ad hoc (raaitype ‘optioneel’).

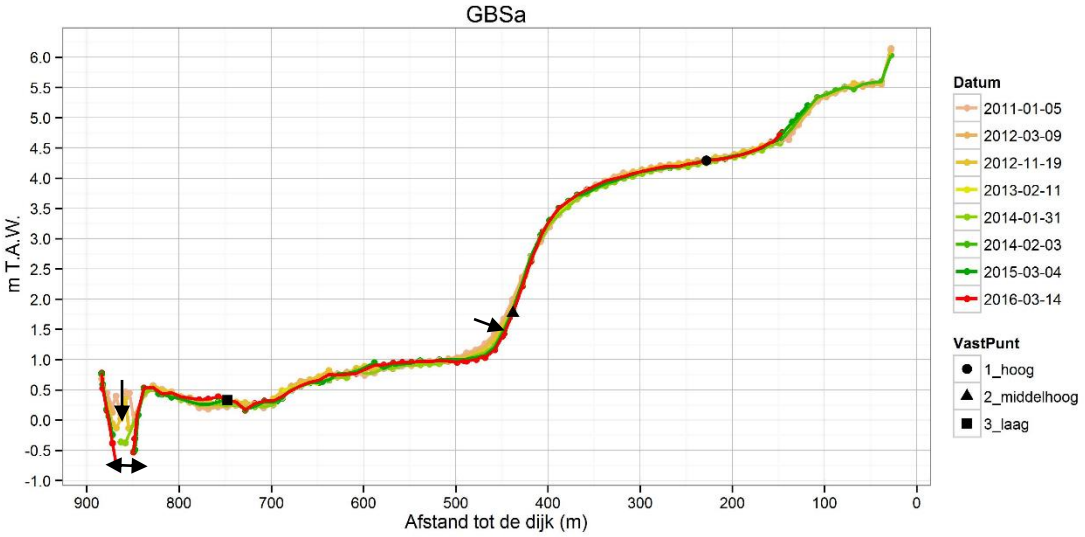
In wat volgt worden alle raaien gerapporteerd waarvoor een vergelijking van het profiel tussen metingen op verschillende tijdstippen mogelijk is. Het gaat om de raaien (met afkortingen op Figuur 5-79): Groot Buitenschoor (GBS), Ouden Doel (OD), Paardeschoor (DO), Galgenschoor (GS), Lillo-Haven (LH), Lillo-Potpolder (LP), Twaalf sluizen (TS), Ketenisse (KP), Boerenschans (BOE), Galgenweel (GW), en Hoboken (HO).



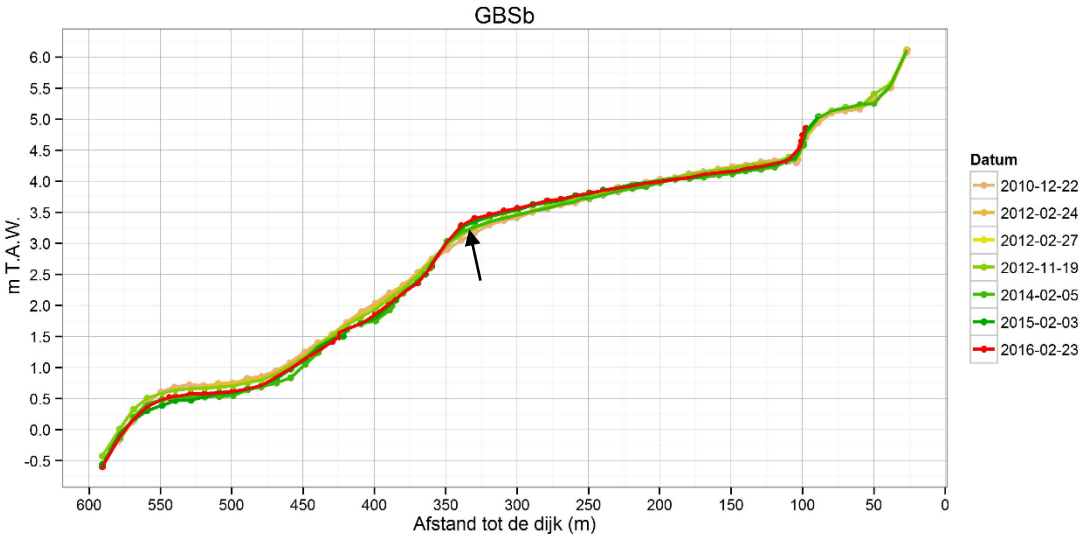

*Figuur 5-79: Situering van de MONEOS-raaien in de Beneden-Zeeschelde (INBO, 2016).*

### *Groot Buitenschoor*

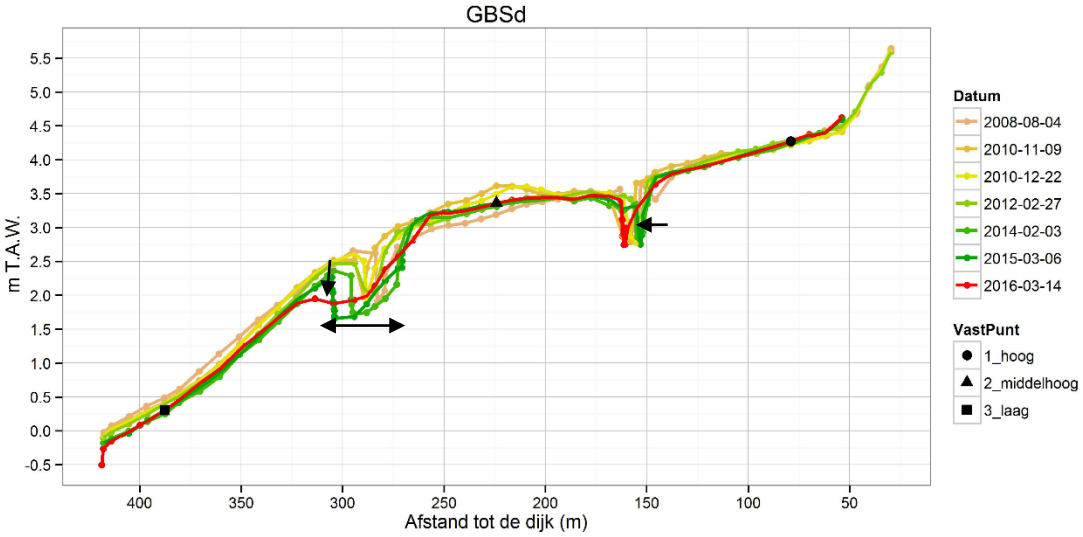
Het profiel GBSa is vrij stabiel gedurende de periode januari 2011 – maart 2016 (Figuur 5-80). De overgang van hoog naar laag slik wordt op lange termijn steiler. De vloedgeul aan het einde van de raai verbreedt en verdiept. De erosie die op het diepere deel van profiel GBSb waargenomen werd in IMDC (2014a) is niet langer aanwezig, in maart 2016 komt hier sedimentatie voor. De overgang van het hoge slik naar het laagslik wordt steiler door ophoging van het hoogslik, op termijn zou hier een plateau kunnen ontstaan (Figuur 5-81). Aanvullend profiel GBSd werd ook in 2008 opgemeten en vertoont meer variatie, vooral ter hoogte van de aanwezige geulen (Figuur 5-82). Beide kreken kennen sterke kliferosie aan de rivierwaartse oever, bij de laagstgelegen kreek is de geulrand sinds maart 2016 volledig afgevlakt zodat hier niet meer van een geul gesproken kan worden. De hoogstgelegen kreek schuift op in rivierwaartse richting (Figuur 5-82). Tussen 2014 en 2016 zijn zowel het laag, middelhoog als hoog slik vrij stabiel.




*Figuur 5-80: Schor-slikprofiel GBSa op Groot Buitenschoor (bron: INBO, 2016)*



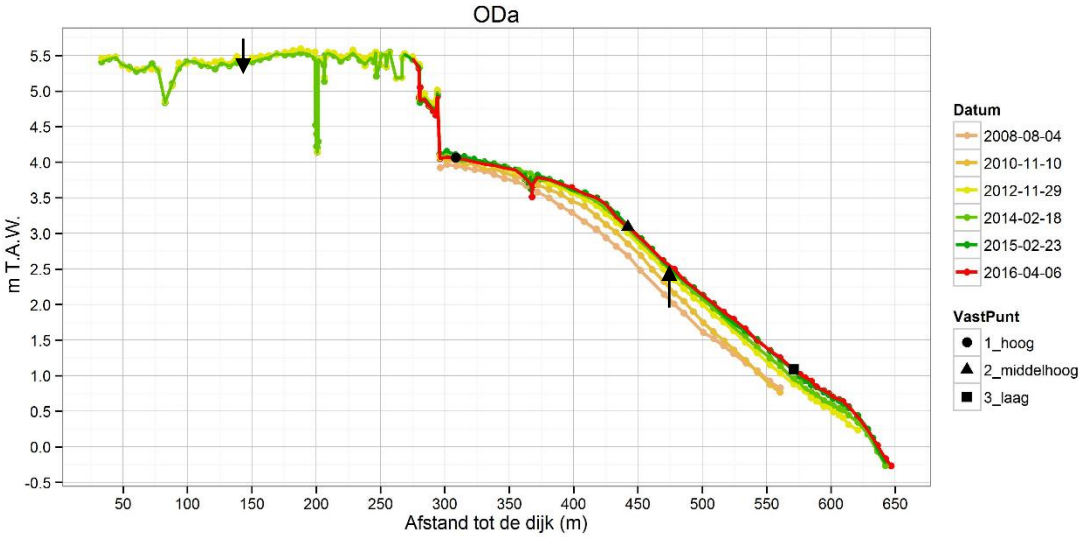

*Figuur 5-81: Schor-slikprofiel GBSb op Groot Buitenschoor (bron: (INBO, 2016)*




*Figuur 5-82: Schor-slikprofiel GBSd op Groot Buitenschoor (bron: (INBO, 2016)*

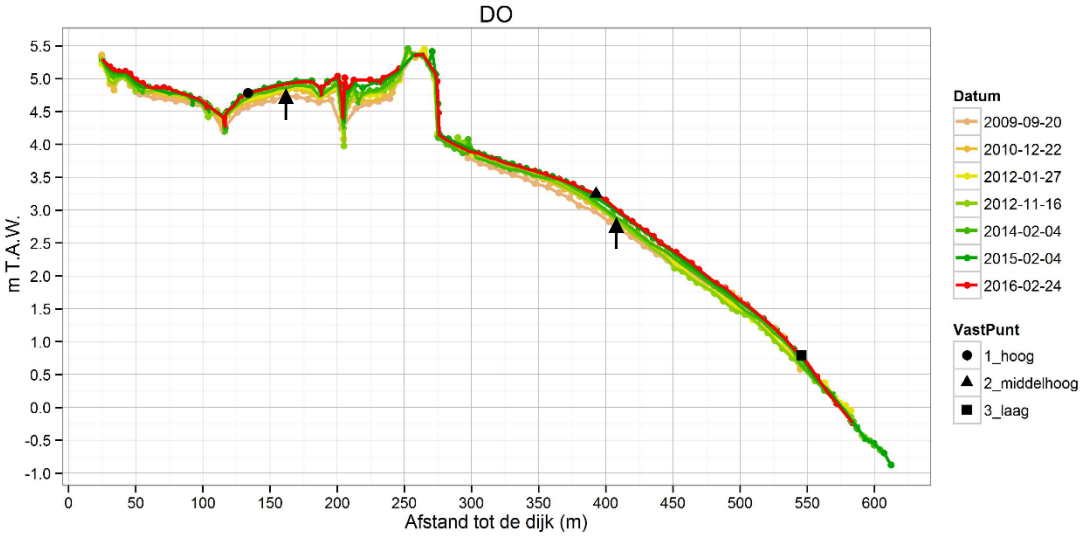
### *Schor Ouden Doel / Paardeschoor*

De schorklif van het profiel Schor Ouden Doel (ODa) vertoont tussen november 2012 en maart 2016 een grote stabiliteit. Het schor zelf ondervindt echter lichte erosie. De trend waarbij het slik ophoogt en uitbreidt zet zich verder door, sinds 2012 wel minder uitgesproken dan in voorgaande metingen (Figuur 5-83). Vooral het diepere slik kent nog significante sedimentatie.




*Figuur 5-83: Schor-slikprofiel ODa op Schor Ouden Doel (bron: (INBO, 2016)*

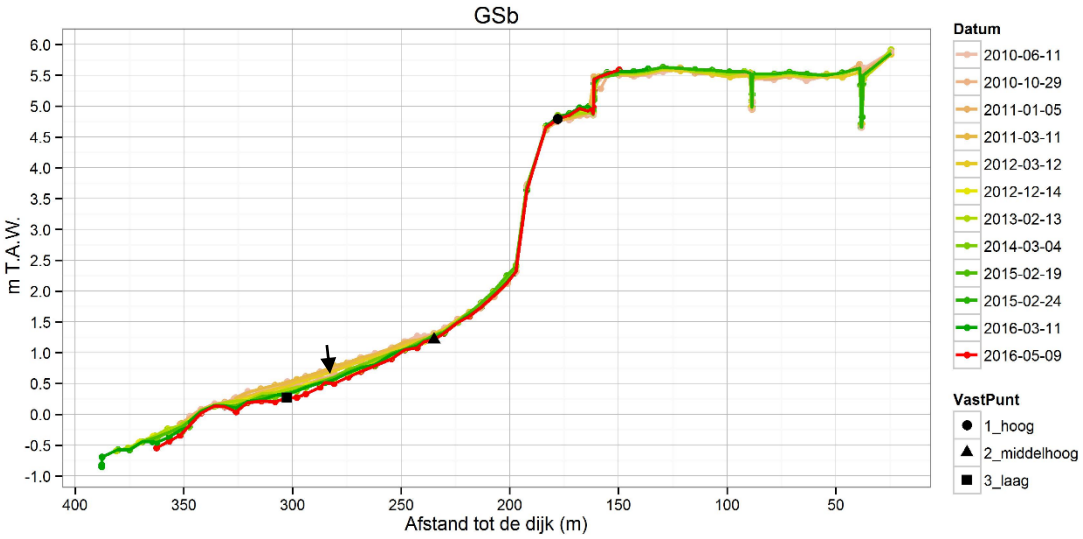
Het Paardeschoor (profiel DO) vertoont sinds 2009 lichte sedimentatie op het middelhoog slik. Sinds november 2012 treedt lichte sedimentatie op tussen 300 m en 550 m. Hierdoor wordt het slikprofiel gematigd steiler. Het schor zelf is sinds september 2009 licht opgehoogd (Figuur 5-84), in de periode 2015-2016 is echter weinig tot geen aangroei van het schor op te merken.



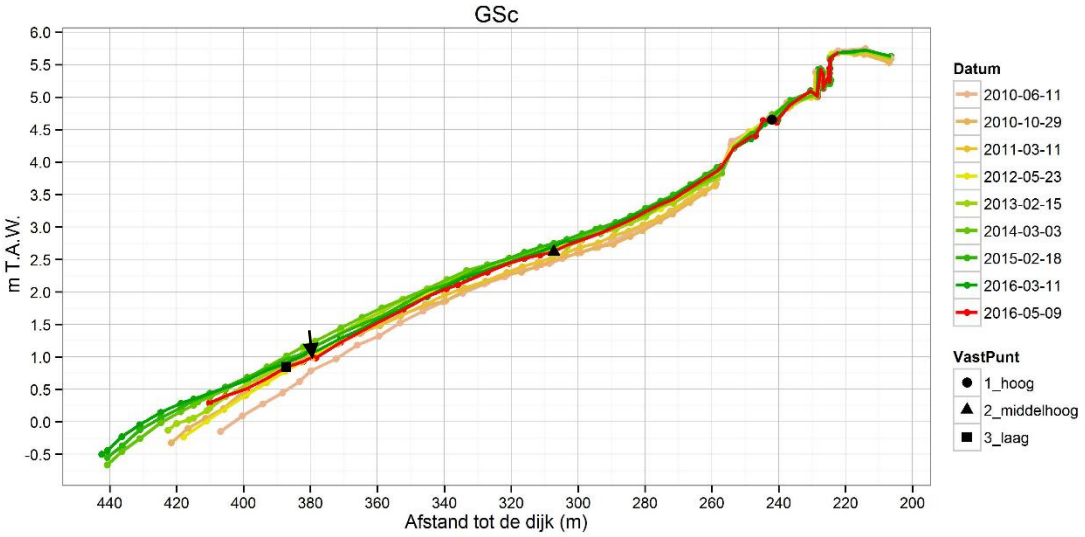

*Figuur 5-84: Schor-slikprofiel DO op Paardeschor (bron: (INBO, 2016)*

### *Galgenschoor*

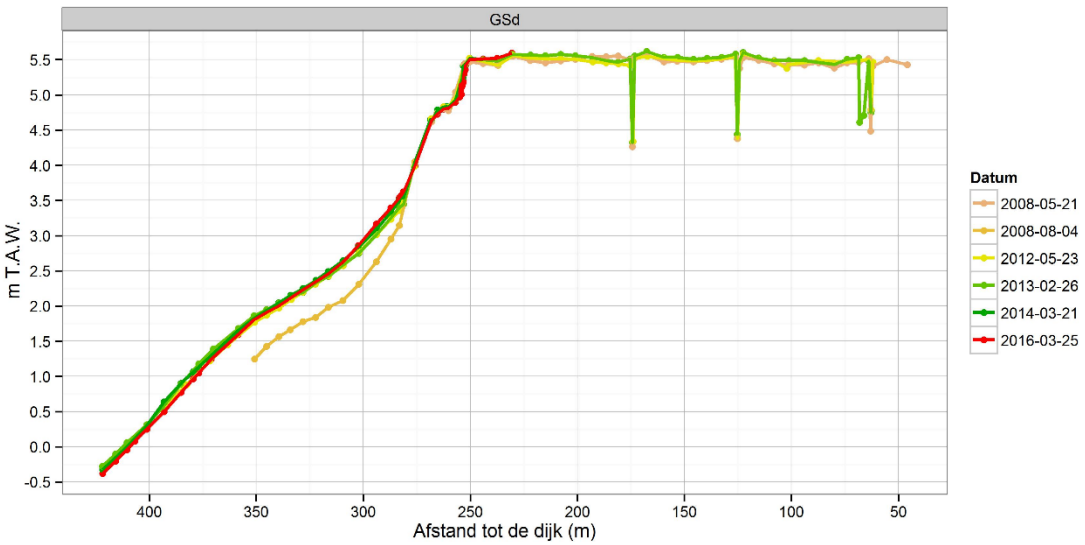
Het profiel GSb blijkt tussen de campagnes van 2010 en 2016 vrij stabiel. Enkel ter hoogte van het laagslik komt gestage erosie voor (Figuur 5-85). Profiel GSc, ten zuiden van GSb toont sinds 2010 een systematische sedimentatie van het voorland, op het middelhoog slik, maar vooral op het laag slik (Figuur 5-86), sinds 2013 is de sedimentatie gestopt en treedt erosie op. Op het profiel GSd, waar sinds 2008 al metingen beschikbaar zijn, neemt men een algemene verhoging waar tussen 2008 en mei 2012. In de daaropvolgende campagnes, is er enkel nog lichte sedimentatie van het middelhoog en hoog slik na februari 2013. Het laag slik kent beperkte erosie (Figuur 5-87).




*Figuur 5-85: Schor-slikprofiel GSb op Galgenschoor (bron: (INBO, 2016).*



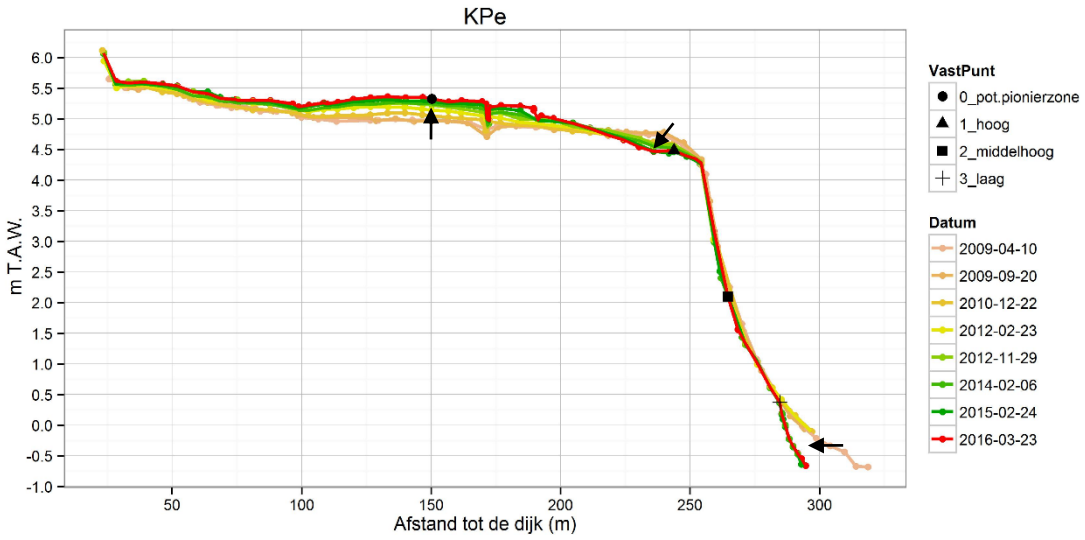

*Figuur 5-86: Schor-slikprofiel GSc op Galgenschoor (INBO, 2016)*



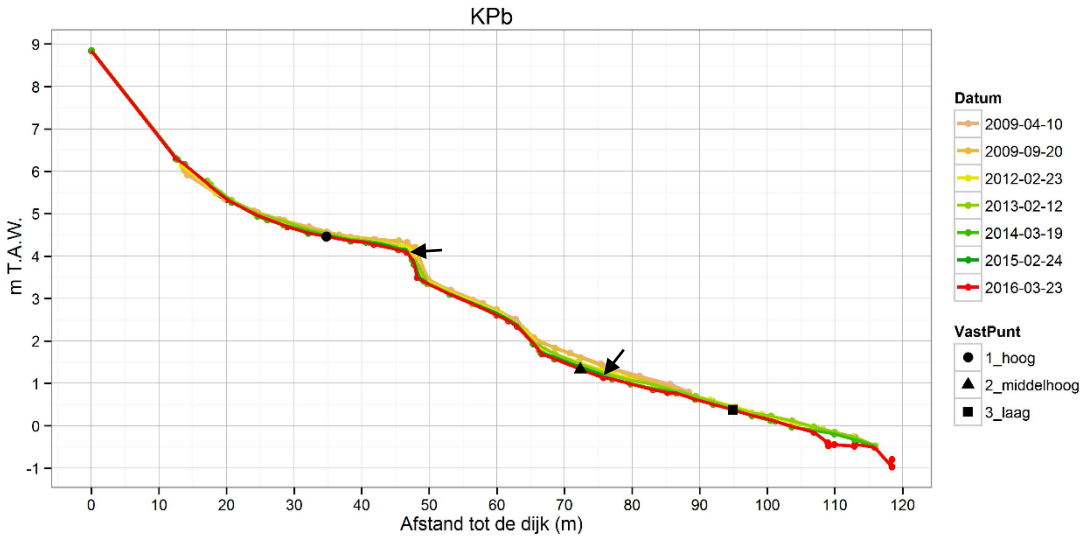

*Figuur 5-87: Schor-slikprofiel GSd op Galgenschoor (bron: (INBO, 2016)*

### *Ketenisse*

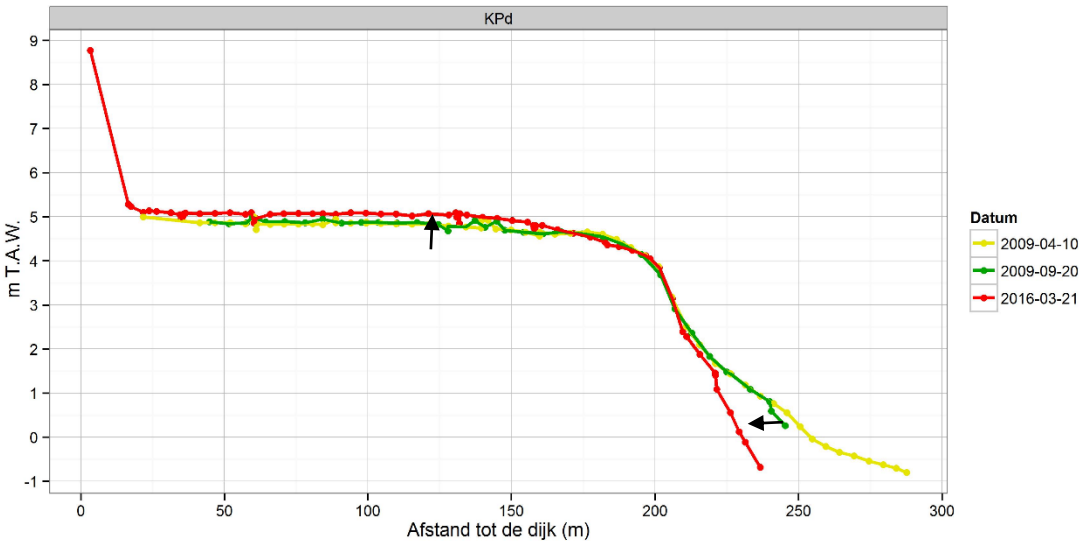
Het profiel KPe vertoont sinds 2009 verhoging van het schor, in de buurt van de schorklif komt wel enige erosie voor. In vergelijking met 2012 vertoont de voet van de klif sterke erosie (Figuur 5-88). Het aanvullende profiel KPb vertoont eveneens een verlaging van het schor, een achteruitwijkende schorklif en een verdieping van het slik (Figuur 5-89). Profiel KPd kent in 2016 in vergelijking met 2009 verhoging van het schor en terugwijking en versteiling van de schorklif (Figuur 5-90). Ook aanvullend profiel KPo kent sterke erosie van het slik in vergelijking met de situatie in 2008, het schor blijft er stabiel (Figuur 5-91).



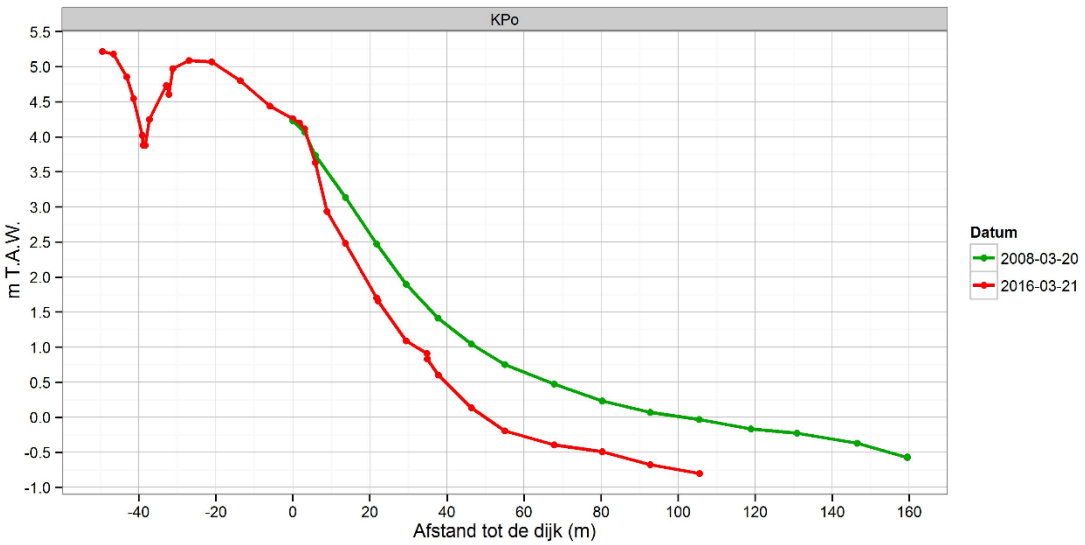

*Figuur 5-88: Schor-slikprofiel KPe op Ketenisse (bron: (INBO, 2016)*




*Figuur 5-89: Schor-slikprofiel KPb op Ketenisse (bron: (INBO, 2016).*



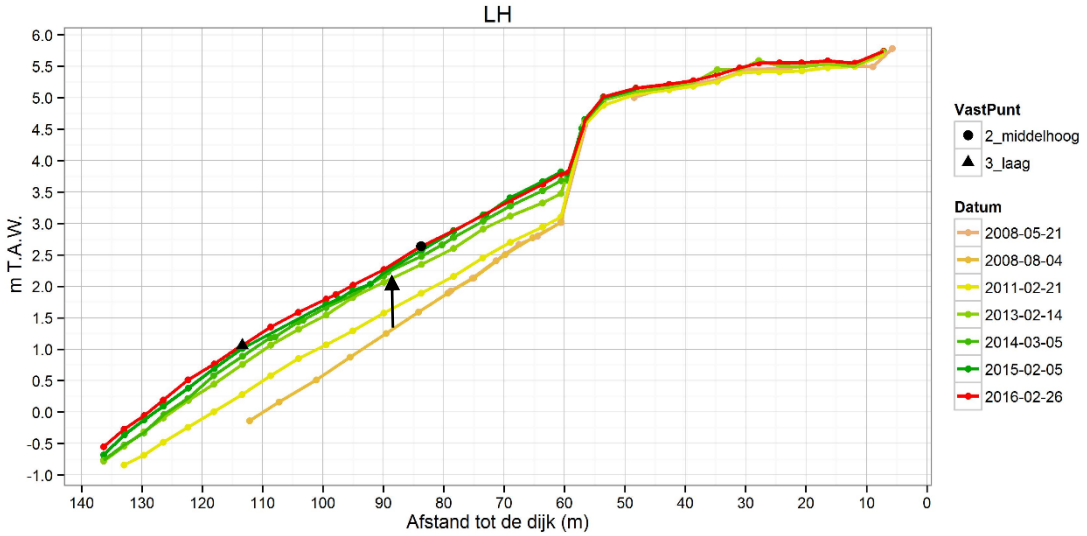

*Figuur 5-90: Schor-slikprofiel KPd op Ketenisse (bron: (INBO, 2016)*




*Figuur 5-91: Schor-slikprofiel KPo op Ketenisse (bron: (INBO, 2016).*

### *Lillo-Haven*

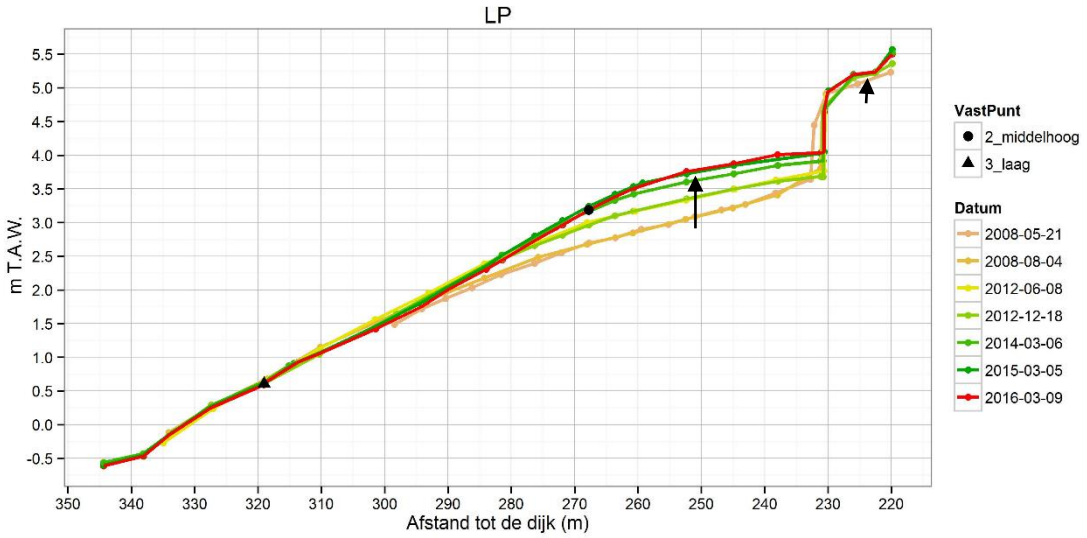
Op het aanvullend profiel LH kende het slik tussen 2008 en 2016 een systematische en sterke verhoging. De sedimentatiesnelheid is hier na 2013 significant verminderd. Vlak onder de schorklif treedt in 2016 lichte erosie op (Figuur 5-92).




*Figuur 5-92: Schor-slikprofiel LH op Lillo-Haven (bron: (INBO, 2016)*

### *Lillo-Potpolder*

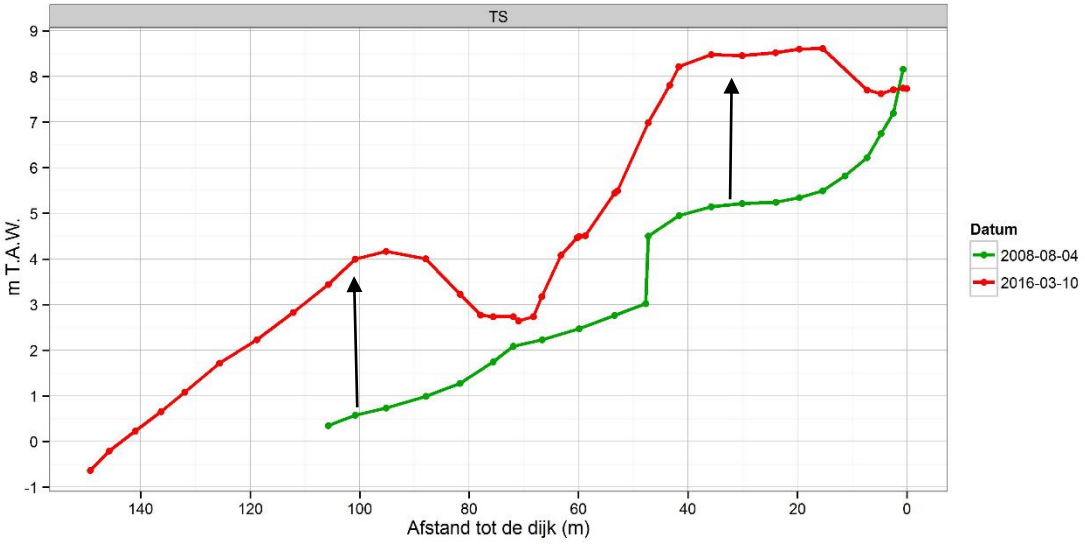
Op het aanvullend profiel LP, kan men op het middelhoog en hoog slik sterke sedimentatie aantreffen tussen 2008 en 2015, tussen maart 2015 en maart 2016 blijft de bodemligging op het hoog slik nagenoeg stabiel, tussen het middelhoog en het laag slik kent het profiel lichte erosie sinds 2012. De voet van de schorklif is sinds maart 2014 mee verhoogd. Ook het schor zelf wordt geleidelijk hoger. Lager op het slik is de bodem geërodeerd waardoor een hard substraat aan de oppervlakte komt (INBO, 2016).




*Figuur 5-93: Schor-slikprofiel LP op Lillo-Potpolder (bron: (INBO, 2016)*

### *Twaalf sluizen*

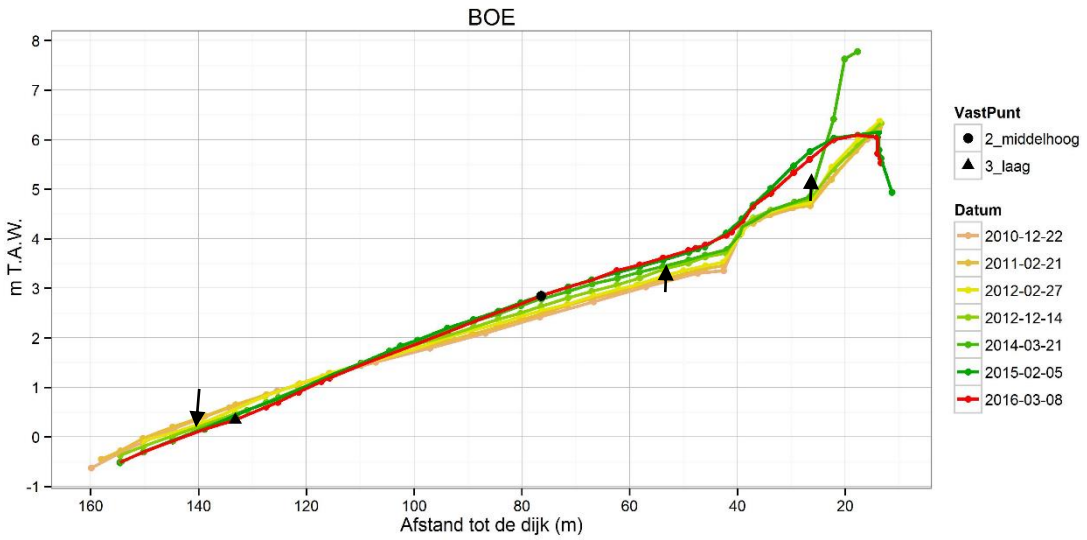
Door de recente dijkverlegging toont aanvullend profiel TS schor- en slikverlies tot op 68,3 m in vergelijking met de situatie in 2008. Sedimentatie op het slik komt voor tot 81,7 m. Verder richting de rivier werd het slik opgehoogd met bouwafval tot aan laagwater (Figuur 5-94).



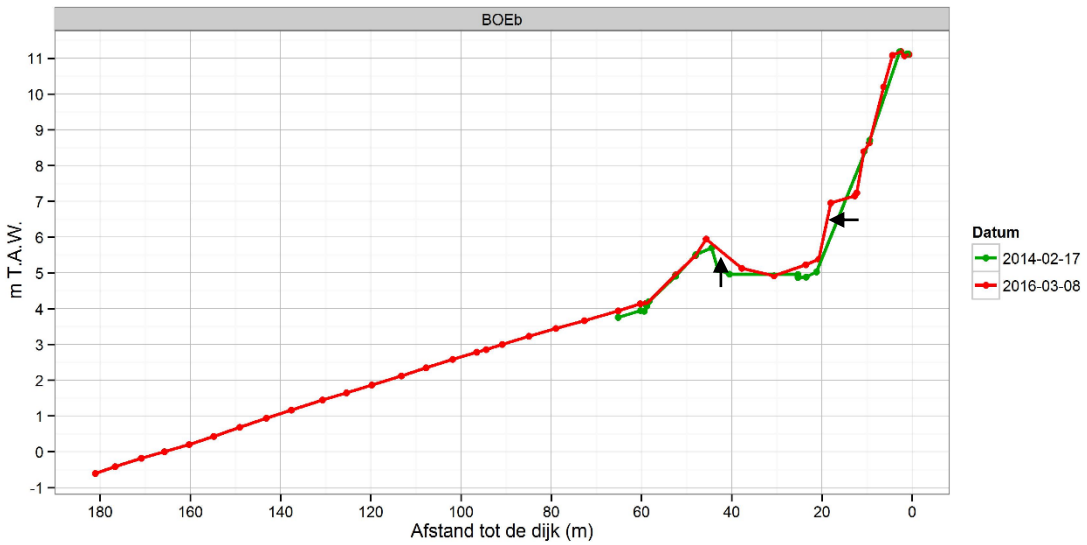

*Figuur 5-94: Schor-slikprofiel TS aan Twaalfsluizen (bron: (INBO, 2016)*

### *Boerenschans*

Sinds het begin van de metingen vertoont het aanvullend profiel BOE op de Boerenschans erosie op het laag slik en sedimentatie op het middelhoog tot hoog slik, sinds 2015 treedt hier stabilisatie op. Merk ook de abrupte hoogtetoename in 2014 door de aanleg van een tijdelijke dijk. In 2015 en 2016 is deze op profiel BOE weer verdwenen, echter het originele schorrandprofiel is niet hersteld en in vergelijking met de situatie in 2012, voor de tijdelijke dijk, is de bodem verhoogd (Figuur 5-95). Op profiel BOEb blijft deze dijk wel aanwezig. Tussen 2014 en 2016 ontstaat een geul achter de ‘oude’ schorrand. Opslibbing van het hoog slik zorgt voor sedimentatie van de zijkanten van deze geul (Figuur 5-96).



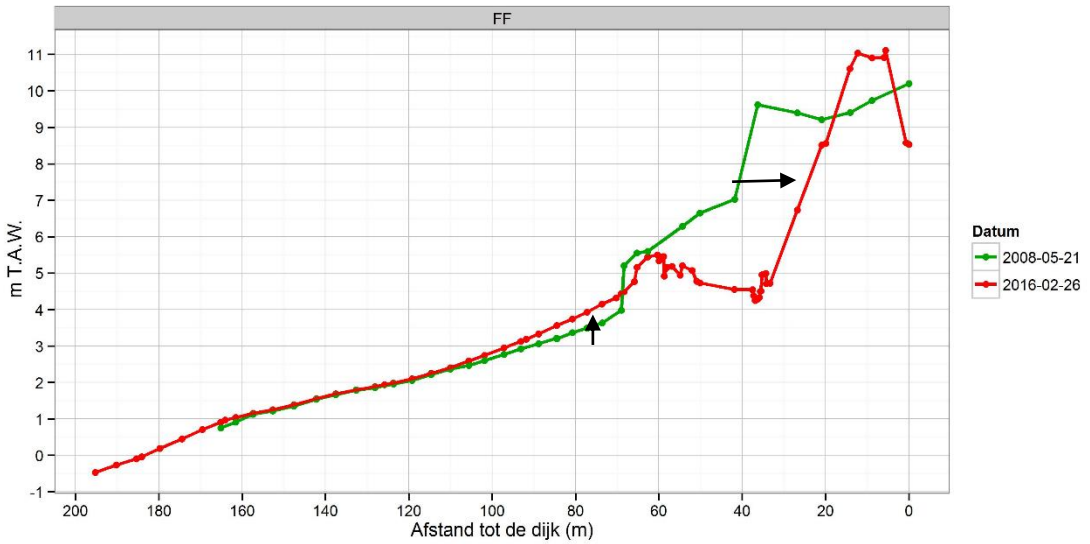

*Figuur 5-95: Schor-slikprofiel BOE op Boerenschans (bron: (INBO, 2016).*




*Figuur 5-96: Schor-slikprofiel BOEb op Boerenschans (bron: (INBO, 2016).*

### *Fort Filip*

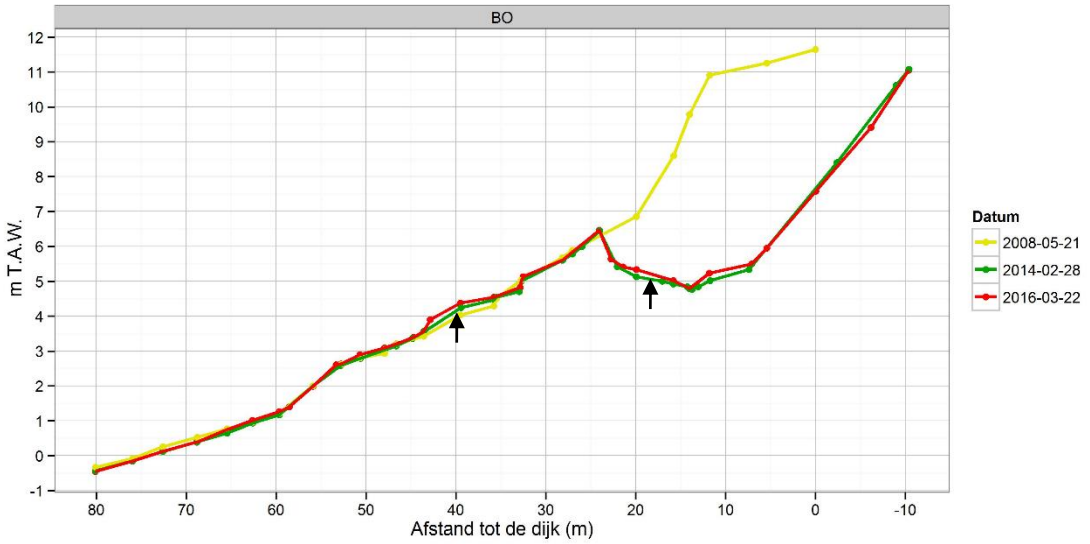
Tussen 2008 en 2016 is de dijk ter hoogte van profiel FF in landwaartse richting verplaatst. Het landwaarts verleggen van de dijk zorgt voor uitbreiding van slik ten opzichte van de situatie in 2008. De schorklif is in landwaartse richting verplaatst en het niveau van het schor is verlaagd. Het slik aan de voet van de schorklif is onderhevig aan sedimentatie. Het lager gelegen slik blijft vrij stabiel (Figuur 5-97).




*Figuur 5-97: Schor-slikprofiel FF aan fort Filip (bron: (INBO, 2016).*

### *Plaat van Boomke*

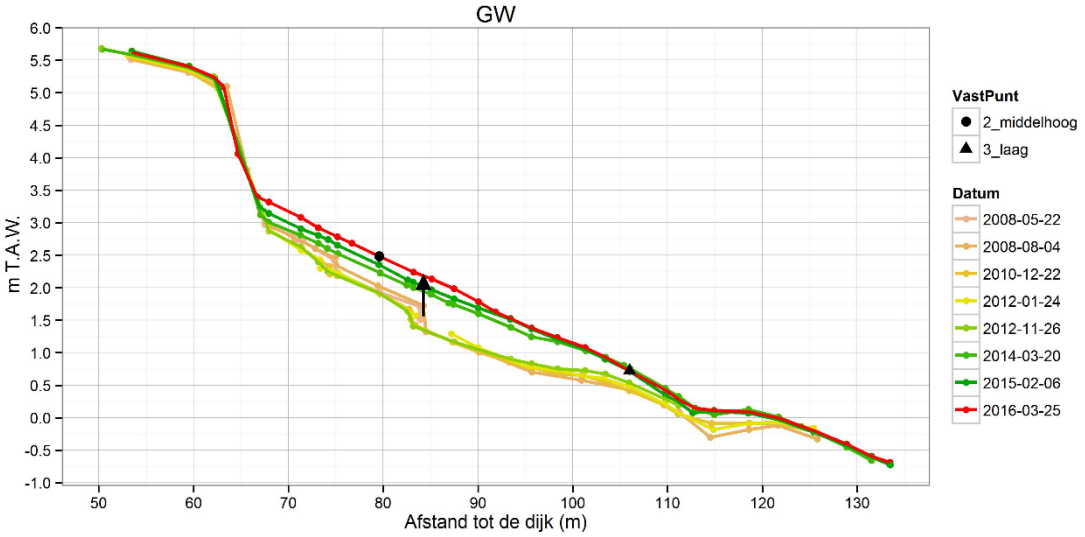
Tussen 2008 en 2014 werd de dijk landinwaarts verplaatst ter hoogte van de Plaat van Boomke. Hierdoor ondstond een kreek tussen de nieuwe dijk en de oorspronkelijke schorrand. Tussen 2014 en 2016 komt beperkte aanslibbing voor in de kreek en ter hoogte van het middelhoog slik. De originele schorrand blijft stabiel (Figuur 5-98).




*Figuur 5-98: Schor-slikprofiel BO op de Plaat van Boomke (bron: (INBO, 2016).*

### *Galgenweel*

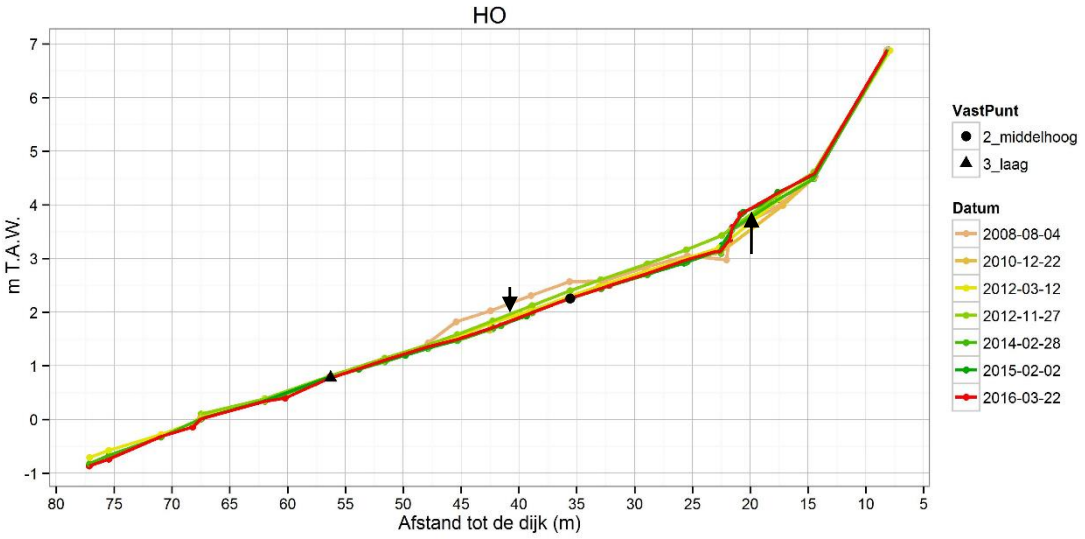
Het profiel GW vertoont tussen 2008 en 2012 geregeld kleine fluctuaties in het slikprofiel. In 2014 is het volledige slikgebied echter opgehoogd, waardoor men een afgevlakt profiel waarneemt. Tussen 2014 en 2016 is het middelhoog slik tussen de schorrand en het laag slik onderhevig aan gestage sedimentatie. Het laagslik blijft sinds 2014 stabiel (Figuur 5-99).




*Figuur 5-99: Schor-slikprofiel GW op Galgenweel (bron: (INBO, 2016)*

### *Hoboken*

Tot 2012 komt ter hoogte van profiel HO aan de Hobokense Polder een afvlakking en verlaging van het slikprofiel voor. Nadien erodeert het hoog en middelhoog slik, waardoor de schorklif uitgesprokener is. Dit wordt nog versterkt door de ophoging van het schor. Het laagslik kent beperkte erosie (Figuur 5-100).




*Figuur 5-100: Schor-slikprofiel HO op Hobokense Polder (bron: (INBO, 2016).*

## 5.3 INTEGRALE ANALYSE MEETPUNTEN

Op de plaatranden worden in vastgelegde meetpunten tal van parameters gemonitord en gerapporteerd door Rijkswaterstaat (Jentink *et al.*, 2016):

De **bodemhoogte** wordt ingemeten in meters ten opzichte van NAP en is een gemiddelde van 15 RTK-metingen binnen een straal van 2 meter rond het theoretische punt. Voor 2008 werd de hoogte vanaf een ligger tot de bodem bepaald met behulp van een duimstok. Deze stalen ligger werd horizontaal geplaatst op verankerde RVS buizen.

De **sedimentsamenstelling** wordt op 2 manieren geregistreerd:

- Manuele lutum classificatie op de punten waar een RTK-punt hoogtemeting wordt uitgevoerd (4 maal per jaar). Aan de hand van de veldmethode van Stiboka, wordt het percentage lutum geschat. Lutum is de fractie kleiner dan 2 µm. Jaarlijks wordt met behulp van 25 ijkmonsters de nauwkeurigheid van de schatting getoetst.
- Bemonstering op 2 en 10 cm diepte en analyse in het laboratorium (1 maal per jaar, in september). De analyse geeft het percentage van de fractie kleiner dan 63 µm (silt en klei) en de gemiddelde korrelgrootte van de fractie groter dan 16 µm (d50). Sinds 2014 worden geen dergelijke bemonsteringen en analyses meer uitgevoerd. Voor de analyse van de gegevens tot en met 2013 wordt naar het Tweede Voortgangsrapport (IMDC, 2013) verwezen.

Op basis van visuele waarneming wordt vanaf 2008 een indicatie gegeven van de aanwezigheid van **bodemleven**. Hierbij wordt gekeken naar zichtbaar aanwezige sporen aan het oppervlak. Er is gekozen voor drie algemene en gemakkelijk in het veld waar te nemen soorten (wadpieren, Corophium en kokkels). Sinds 2009 wordt ook een algemene indruk van het bodemleven opgenomen.

Tot 2013 werden de diatomeeën op een aantal sedimentatie-erosieplots bemonsterd t.b.v. de bepaling van de hoeveelheid **chlorofyl a**. Deze analyse is eveneens stopgezet. Voor de analyse van de gegevens tot en met 2013 wordt naar het Tweede Voortgangsrapport (IMDC, 2013) verwezen.

De **geomorfologische eenheid** is bepaald op basis van veldkenmerken. Dit wordt sinds 2008 voor ieder punt genoteerd. Tabel 5-2toont de verschillende eenheden die in de meetpunten voorkomen.

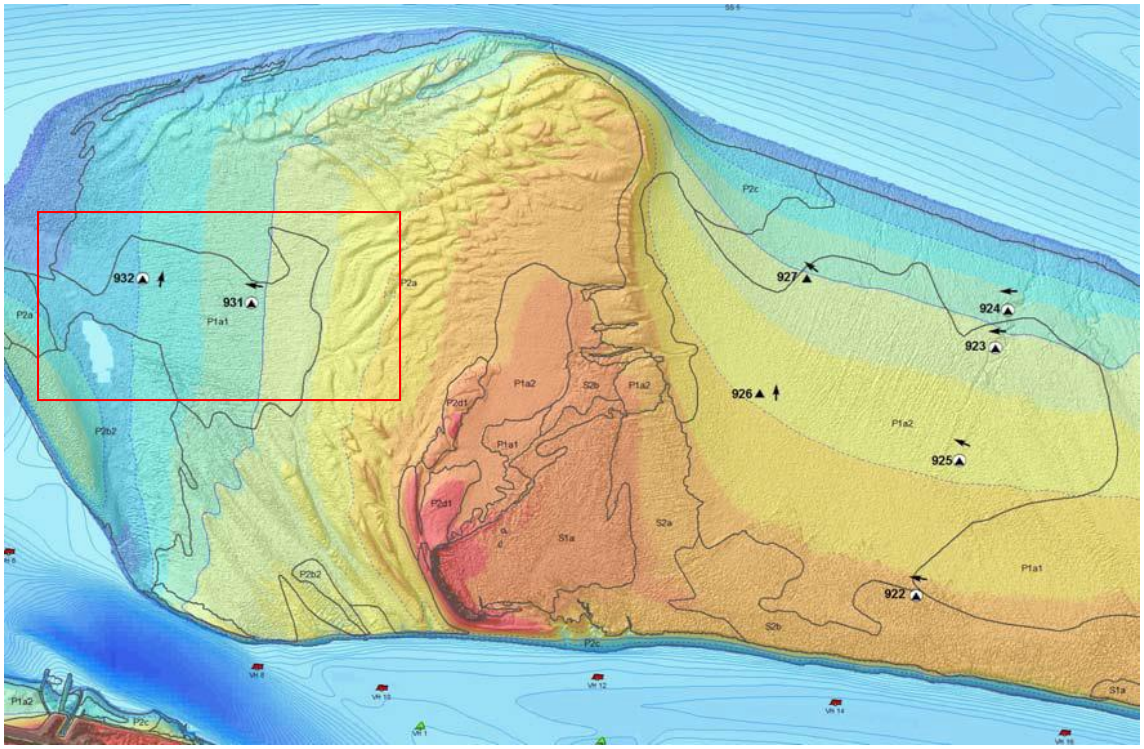
Additioneel werd voor deze punten nagegaan tot welke **ecotoopklasse** ze behoren voor de jaren 2010, 2011, 2012 en 2015 op basis van de aangeleverde ecotopenkaarten.

Bovenstaande metingen en waarnemingen zijn waardevol, daar ze verschillende tijdreeksen van parameters combineren die op vastgelegde meetpunten worden verzameld. Hierdoor kunnen spatio-temporele evoluties worden onderscheiden. In wat volgt wordt een geïntegreerde benadering en synthese gebracht op basis van de figuren in Bijlage H. Eerst worden de verschillende parameters per punt (of groepen van punten) besproken gedurende de periode 2009-2016. Daarna volgt een ruimtelijke vergelijking van de waargenomen trends en ontwikkelingen.

*Tabel 5-2: Verklaring van de aanwezige geomorfologische eenheden*

| Geomorfolgische eenheid / omschrijving |
|---|
| S1a = Schor, gesloten vegetatie (>50% bedekking), natuurlijke schorren |
| S2a = Schor, open vegetatie (<50% bedekking), primair schor (>10%<50% bedekking) |
| S2b = Schor, open vegetatie (<50% bedekking), pollen (<10% bedekking > 10 pollen/ha) |
| P1b = Plaat/slik, laag dynamische, laag golvend reliëf |
| P1a2 = Plaat/slik, laag dynamische, vlak, slibrijk |
| P1a1 = Plaat/slik, laag dynamische, vlak, zandig |
| P2a = Plaat/slik, hoog dynamische, laag golvend reliëf |
| P2c = Plaat/slik, hoog dynamische, vlak |
| P2b2 = Plaat/slik, hoog dynamische, Megaribbels, 3-dimensionaal |
| P2b1 = Plaat/slik, hoog dynamische, Megaribbels, 2-dimensionaal |
| P3 = Plaat/slik, open water (bodem onzichtbaar) |

### 5.3.1 Hooge Platen West



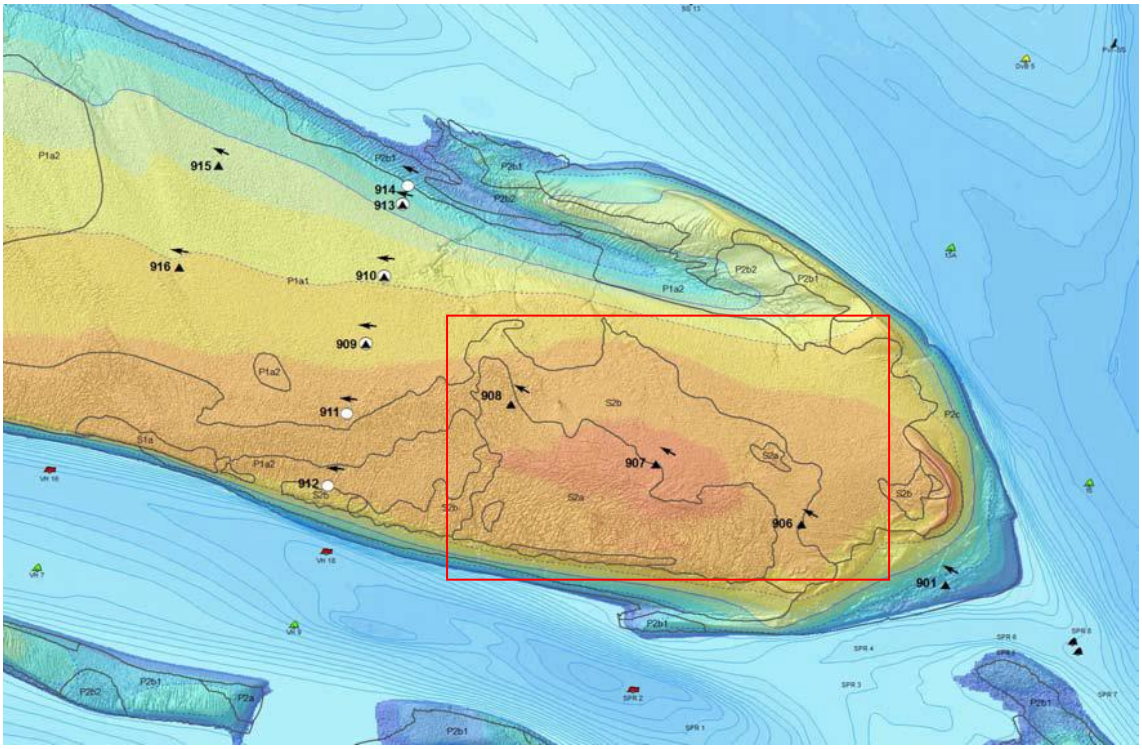

*Figuur 5-101: Ligging van de twee meetpunten op Hooge Platen West. Bron: (Jentink* et al.*, 2016).*

Hoewel de bodem bijna 30 cm stijgt in de periode 2009-2015, verandert de geomorfologie van meetpunt 931 eind 2013 van laagdynamisch naar hoogdynamisch, in mei en september 2014 keert het laagdynamisch milieu nog even terug, maar eind 2014 is de geomorfologie opnieuw hoogdynamisch. In de laagdynamische periode in 2014 is het percentage Lutum hoger dan de baseline van 0 – 2 % en komen vlokreeften (Corophium) voor op meetpunt 931.

In punt 932 evolueert de bodemmorfologie in 2013 ondanks een stijging van het bodemniveau van laag- via hoog dynamisch naar open water. Gedurende de periode van open water is een tijdelijke toename waar te nemen in het aantal kokkels en het bodemleven. Sinds 2015 is er een sterke stijging van het bodemniveau opgetreden. De geomorfologie verandert opnieuw van open water naar hoog dynamisch, en er wordt geen bodemleven meer waargenomen. Analoog aan punt 931 zakt het lutumgehalte vanaf 2010 tot 0-2 %.

## 5.3.2 Hooge Platen Noord

### 5.3.2.1 Oostelijke meetpunten

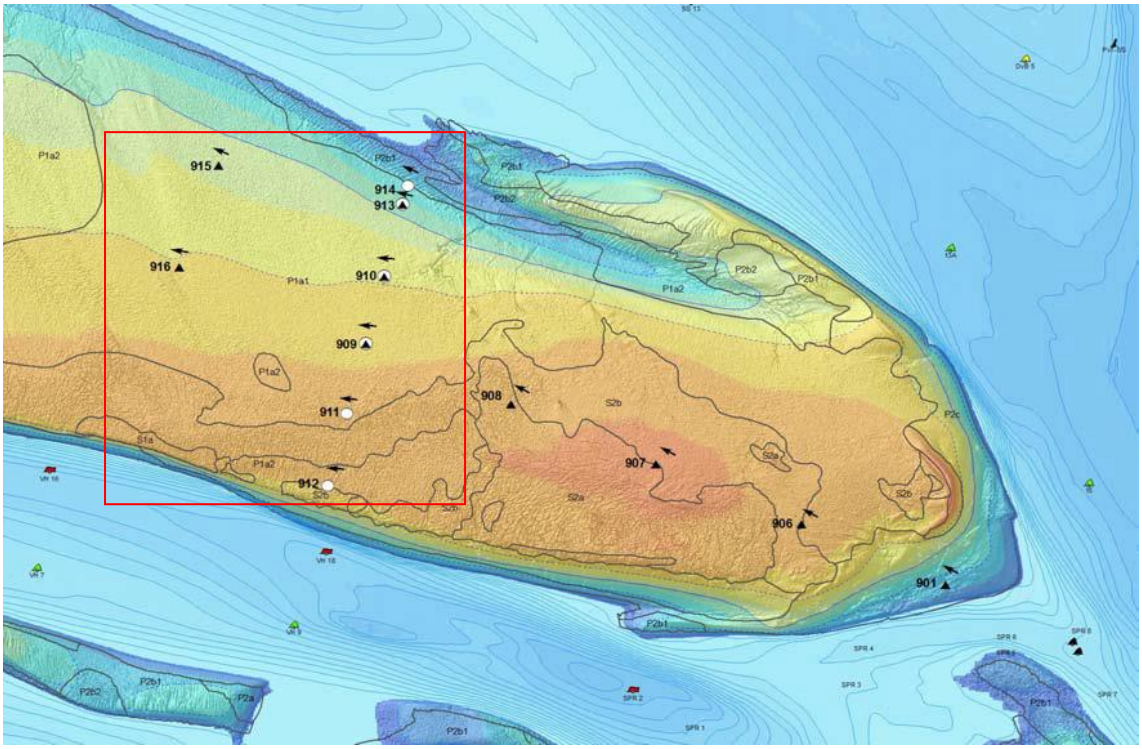



*Figuur 5-102: Ligging van de twee meetpunten op Hooge Platen Noord / Oostelijk (bron: (Jentink* et al.*, 2016).*

Hoewel de hoogte vrij constant blijft, evolueert de geomorfologie in meetpunt 906 medio 2010 van een begroeid schor met pollenstructuur naar een vlakke laagdynamische plaat. Eind 2015 komt hier opnieuw (pionier)schor voor, wat ook wordt bevestigd door de ecotopenkaart van 2015. Schorvegetatie heeft de neiging van fijner materiaal te vangen, het lutumgehaltye in 2014 en 2015 ligt hoger dan in de voorgaande periode. Het aantal kokkels neemt toe, terwijl het aantal wadpieren en Corophium gedaald is sinds 2013. Eind 2015 is een *rijk* bodemleven aanwezig op meetpunt 906.

Punt 907 en 908 vertonen een gelijkaardig patroon. Beide meetpunten behoren zowel geomorfologisch als ecologisch tot de schorvegetatie en hebben een lutumgehalte van 12-25%. In de periode 2013-2015 kennen ze beiden een bodemverhoging van ca. 20-30 cm. In beide gevallen komen er *geen* wadpieren en kokkels voor en treft men slechts zelden *weinig* Corophium aan. Bodemleven komt er *sporadisch* voor.

#### 5.3.2.2 Centrale meetpunten




*Figuur 5-103: Ligging van de meetpunten op Hooge Platen Noord / Centraal (bron: (Jentink* et al.*, 2016).*

Centraal op de Hooge Platen, in meetpunt 909, verandert het geomorfologisch subniveau enkele keren van zandig naar slibrijk. Sinds het najaar van 2013 is het geomorfologisch subniveau bijna continu slibrijk. Deze evolutie weerspiegelt zich in het percentage lutum waar dan 8-12 % wordt gemeten, en in september 2014 12-17 %. De ecotoopklasse blijft er laagdynamisch hooglitoraal. Ter hoogte van punt 909 geldt een *gemiddeld* tot *rijk* bodemleven.

In meetpunt 910 overheerst laag dynamisch zandig slik als geomorfologisch subtype, in 2013 en 2014 is het subtype eerder slibrijk. Deze evolutie valt ook op te merken in een stijging van het lutumgehalte naar 12-17 % in september 2014. Wanneer het geomorfologisch subtype opnieuw zandig wordt in 2015 daalt het lutumgehalte opnieuw naar 5-8 %. Het valt ook op dat de *veel* voorkomende wadpieren minder abundant (*weinig*) voorkomen sinds de bodem slibrijker wordt, dit kan echter ook samenhangen met de stijging van de bodemligging. Sinds 2008 wisselen periodes van *rijk* bodemleven af met periodes waarin een *gemiddeld* bodemleven wordt opgemeten.

Meer naar het zuiden, evolueert punt 911 van een pionierschor tot een volwaardig schor. Dit is ook merkbaar in de geomorfologische (sub)stadia die worden doorlopen, de stijgende trend in het lutumgehalte. Daartegenover staat de merkbare daling in het voorkomen van wadpieren, Corophium, en het bodemleven in het algemeen.

Het meest zuidelijke punt 912 wordt zowel qua geomorfologie als ecotoop vanaf 2011 geclassificeerd als schor. Dit gaat echter niet gepaard met een verhoging van het (reeds hoge) lutumgehalte. Voor 2011 komt wordt nog Corophium teruggevonden, nadien niet meer. Kokkels en wadpieren zijn steeds afwezig. Het algemene bodemleven blijft echter wel steeds *gemiddeld* tot *rijk*.

Het lutumgehalte ligt duidelijk hoger in punt 913 dan in punt 914. Wellicht valt dit te verklaren door een hoger bodemniveau in punt 913. In dit meetpunt overheerst in 2014 en 2015 dan ook het slibrijke geomorfologische subtype van het laagdynamische slik, terwijl in meetpunt 914 het zandige subtype overheerst. Het bodemleven is rijk tot gemiddeld rijk, terwijl er recent vooral in meetpunt 913 *veel* tot een *gemiddeld* aantal wadpieren worden aangetroffen. In meetpunt 914 varieert het aantal wadpieren van *veel* in het voorjaar van 2014 tot *weinig* in het voorjaar van 2015. In het najaar van 2015 wordt een *gemiddeld* aantal wadpieren gevonden.

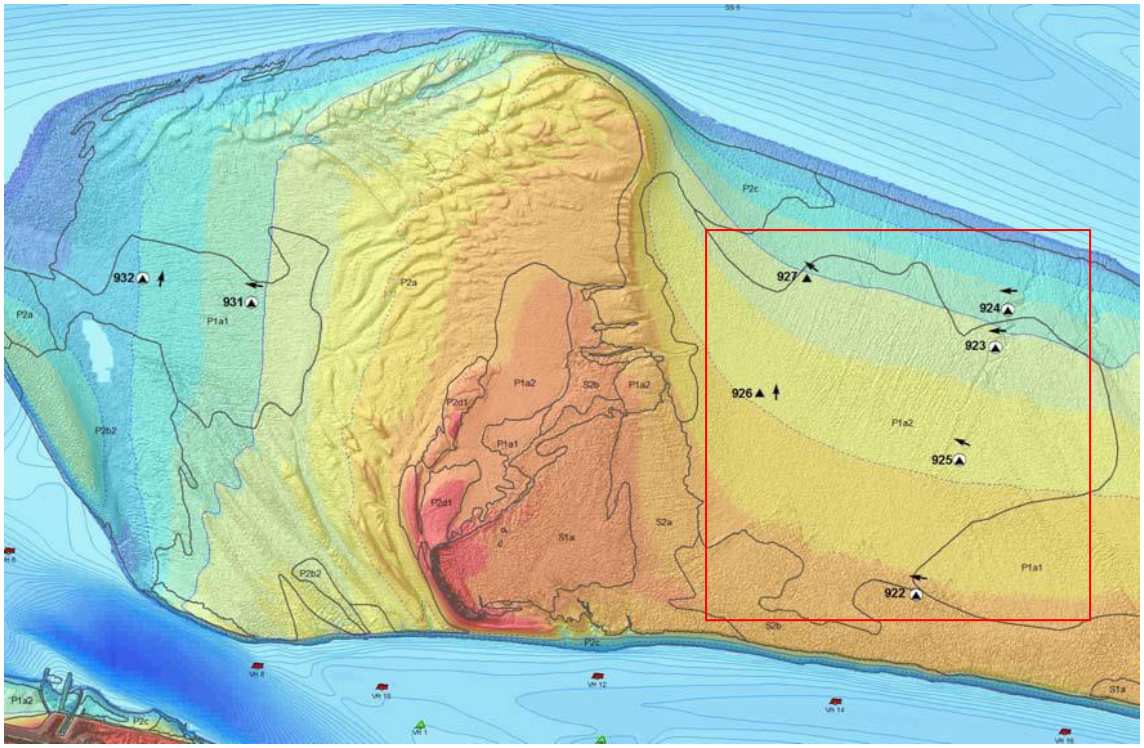
Meetpunt 915 behoort tot het laagdynamisch middenlitoraal met een zandig karakter. Het lutumgehalte vertoont een dalende trend tot 2013, waarna er in 2014 en het voorjaar van 2015 opnieuw 5-8 % lutum wordt aangetroffen. In het najaar van 2015 bedraagt het lutumgehalte terug 2-5 %. Het bodemleven is er sinds het najaar van 2009 overwegend *gemiddeld* rijk, doorheen de tijd werd bij enkele monsternames een *rijk* bodemleven aangetroffen. Wadpieren zijn er in 2014 nog veel aanwezig. Sinds het najaar van 2014 wordt een gemiddeld aantal wadpieren aangetroffen bij de staalnames. Corophium en kokkels komen *weinig* tot niet (*geen*) voor.

Op de hoger gelegen locatie 916 wordt de bodem slibrijker. Indicatoren hiervoor zijn, op enkele korte dalingen na, het stijgende lutumgehalte, de geomorfologische (sub)klasseverschuiving naar slibrijk zand en het verminderd voorkomen van wadpieren en in mindere mate Corophium en kokkels. Het bodemleven is in 2012 en 2013 nog overwegend *rijk*, in 2014 en 2015 varieert het bodemleven van *gemiddeld* tot *rijk*. Doorheen de tijd stijgt de bodemligging en verandert het ecotooptype van laagdynamisch middenlitoraal naar laagdynamisch hooglitoraal.

#### 5.3.2.3 Westelijke meetpunten

De ophoging van de zuidelijke rand gaat gepaard met (pionier-)schorvorming ter hoogte van punt 922. Hierdoor stijgt ook het lutumgehalte, en wordt de bodem dus slibrijker (sedimentsamenstelling), waardoor er minder wadpieren voorkomen. Verder komen er geen kokkels voor en is het bodemleven er *gemiddeld* tot *rijk*.

Meetpunten 923, 924 en 925 kennen alle drie een laagdynamisch middenlitoraal ecotooptype. Geomorfologisch behoren de drie punten tussen 2008 en 2015 tot het laagdynamisch slik, meestal van het zandige type, maar af en toe ook van het slibrijke type. De bodemligging vertoont een stijgende trend, het lutum gehalte varieert tussen 2-5 % en 12-17 %, en is in alle drie de meetpunten hoger in 2015 en 2014 dan in de voorgaande analyseperiode (2012-2013). Zowel in meetpunt 923 als in meetpunt 924 daalt het aantal wadpieren van *veel* in begin 2014 tot *weinig* eind 2015. In meetpunt 925 heeft deze evolutie zich reeds in 2011 voorgedaan, parallel aan de stijging van de bodemligging boven 1 m NAP. Corophium is volledig afwezig in de huidige analyseperiode, en ook voorheen werd slechts sporadisch een weinig van deze vlokreeftjes waargenomen. Regelmatig worden een *weinig* kokkels aangetroffen in de bodemstalen, in de overige monsternames zijn kokkels volledig afwezig. Het bodemleven is voor alle drie de punten bij het grootste deel van de monsternames *rijk*.

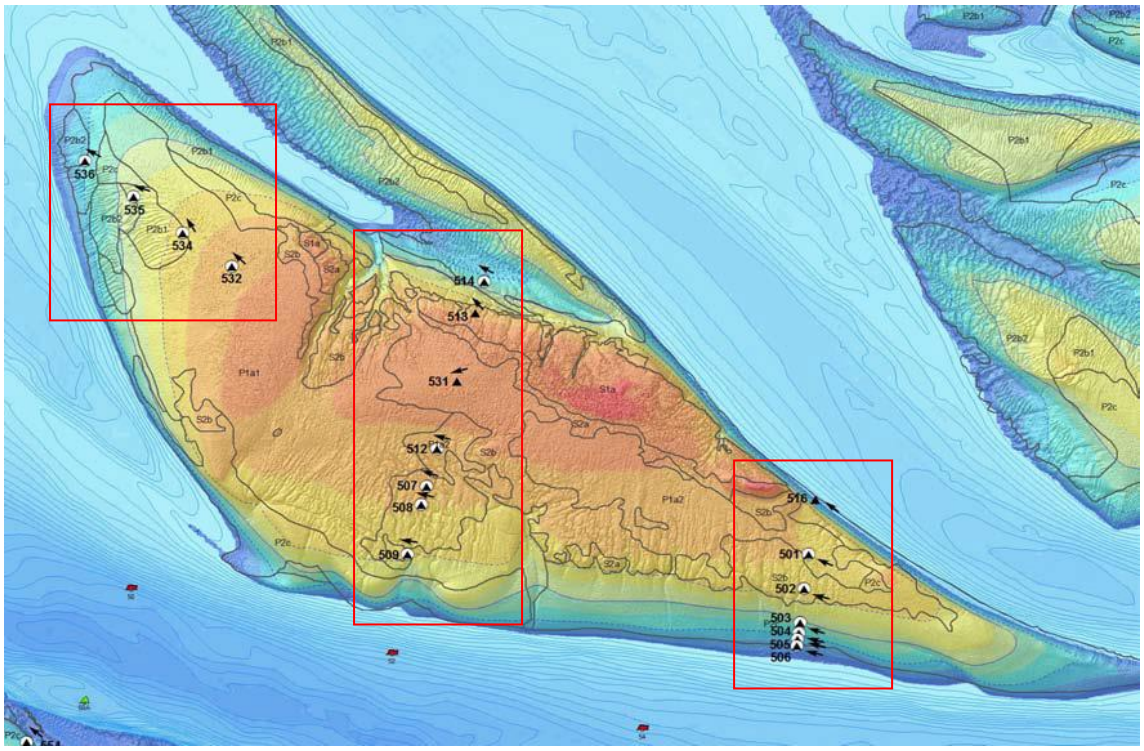



*Figuur 5-104: Ligging van de zes meetpunten op Hooge Platen Noord / Westelijk (bron: (Jentink* et al.*, 2016).*

Meetpunt 926 behoort in 2014 en 2015 geomorfologisch tot het slibrijke subtype van het laag dynamisch slik. Het hoge percentage aan lutum (8-17 %) staat hiermee in verband. Het ecotopentype is tussen 2012 en 2015 veranderd van laagdynamisch middenlittoraal tot laagdynamisch hooglittoraal. Dit staat is verband met de stijging van de bodemligging met een snelheid van ca. 10 cm per jaar. Het bodemleven in meetpunt 926 is over het algemeen *rijk*, af en toe is een monstername gebeurd waarbij slecht een *gemiddeld* bodemleven werd aangetroffen. Kokkels zijn volledig afwezig in 2014 en 2015, Wadpieren komen af en toe voor, maar nooit talrijk. De hoeveelheid Corophium varieert van *geen* in het voorjaar van 2014 tot *veel* in het najaar, in 2015 was Corophium opnieuw volledig afwezig.

Punt 927 is stabieler, en behoort meestal tot het zandige subtype van het laagdynamisch slik. Het lutumgehalte is vrij hoog en varieert tussen 5 en 12 %. Net zoals alle punten op de Westelijke Hoge Platen Noord, vertoont de bodemligging ook hier een stijgende trend. Het bodemleven is algemeen rijk. In 2014 en 2015 is Corophium volledig afwezig, kokkels komen af en toe *weinig* voor, wadpieren zijn in het voorjaar van 2014 nog *veel* aanwezig, maar nadien wordt er in de monsternames slechts een kleine hoeveelheid meer waargenomen.

## 5.3.3 Plaat van Walsoorden




*Figuur 5-105: Ligging van de meetpunten op Plaat van Walsoorden (bron: (Jentink* et al.*, 2016).*

### 5.3.3.1 Oostelijke meetpunten

Bijna gelijktijdig met de sterke afname van de hoogteligging verandert het geomorfologisch type van punt 501 van een gesloten schorvegetatie naar een hoog dynamisch slik. Het lutumgehalte blijft zeer laag (0-2 %). Bodemleven is sinds de verandering in geomorfologie volledig afwezig. Meetpunt 502 kent een gelijkaardige evolutie, enkel vangt deze reeds in 2013 aan door het uitruimen van de zuidoostelijke plaattip van de Plaat van Walsoorden.

Ook de meetpunten 503, 504, 505 en 506 kennen een sterke afname in hoogteligging sinds eind 2012 door gelijkaardige morfodynamische processen. De originele geomorfologische type is in deze punten een laagdynamisch slik, door de bodemdaling evolueert het geomorfologisch type van deze punten naar een hoogdynamisch slik. Door de hoge dynamiek is het lutumgehalte zeer laag (0-2 %) en is bodemleven nagenoeg afwezig.

#### 5.3.3.2 Centrale meetpunten

Meetpunten 507 en 508 vertonen een min of meer gelijklopende evolutie. De hoogteligging blijft er vrij stabiel en het geomorfologische type wisselt er doorheen de tijd tussen pionierschor en een laagdynamisch zandig slik. Het lutumgehalte is overwegend kleiner dan 8 %, maar is in het najaar van 2014 eenmalig 17-25 %. Het bodemleven is er overwegend rijk en vooral Corophium komt er regelmatig in grote getalen voor. Wadpieren komen sporadisch voor, kokkels zijn steeds afwezig (te brak water).

Meetpunt 509 valt sinds 2009 overwegend binnen het geomorfologisch type 'laag dynamisch zandig slik'. Regelmatig worden ook periodes gemonitord waarin meetpunt 509 in de geomorfologische categorie hoogdynamisch slik valt ondermeer in de periode 2014-2015. Voorheen kwamen deze periodes overeen met geringe bodemdalingen. In de huidige analyseperiode echter is de bodemdaling een stuk ingrijpender en staat in verband met de plaatval die zich in de buurt heeft voorgedaan. Ook het ecotooptype is door deze bodemdaling veranderd van laagdynamisch middenlitoraal in 2012 tot hoogdynamisch litoraal in 2015. In hoogdynamisch omgevingen is bodemleven afwezig.

Op het midden van de Plaat van Walsoorden, in punt 512, neigt de geomorfologische ontwikkeling naar schorvorming tot het voorjaar van 2013, daarna herstelt het laag dynamisch slik zich opnieuw. De bodemligging blijft stabiel, het lutumgehalte is variabel en bedraagt tussen 2 en 12 %. Het bodemleven is *rijk*, met *veel* Corophium, *weinig* wadpieren en *geen* kokkels.

Meetlocatie 513 blijft in de bestudeerde periode schor, ondanks de lichte bodemdaling. Het lutumgehalte kent een piek in het najaar van 2014, wanneer er tot 17 – 25 % lutum wordt opgemeten. In 2015 bedraagt het lutumgehalte 8-12 %. Bodemleven komt eerder *sporadisch* voor, Corophium wordt bijna altijd teruggevonden, in wisselende hoeveelheden.

Meetpunt 514 ondervindt een vrij constante bodemdaling in de periode 2008-2015, initiëel behoort dit meetpunt tot een hoogdynamisch omgeving. In 2010 en 2011 wordt het tijdelijk tot het laagdynamisch litoraal gerekend, in deze periode kent het bodemleven een lichte stijging. Eind 2013 bevindt het milieu zich terug in een hoogdynamische omgeving, met afname van het bodemleven tot gevolg. Op een uitschieter in het voorjaar van 2014 na is het lutumgehalte op meetpunt 514 klein (0-2 %).

Punt 531, gelegen centraal op de plaat, ontwikkelde zich gedurende 2009-2013 van pionierschor tot schor. Daar meer fijn sediment wordt gevangen door de dichtere begroeiing, stijgt het lutumgehalte. Het bodemleven is er marginaal, enkel Corophium komt er sporadisch voor.

#### 5.3.3.3 Westelijke meetpunten

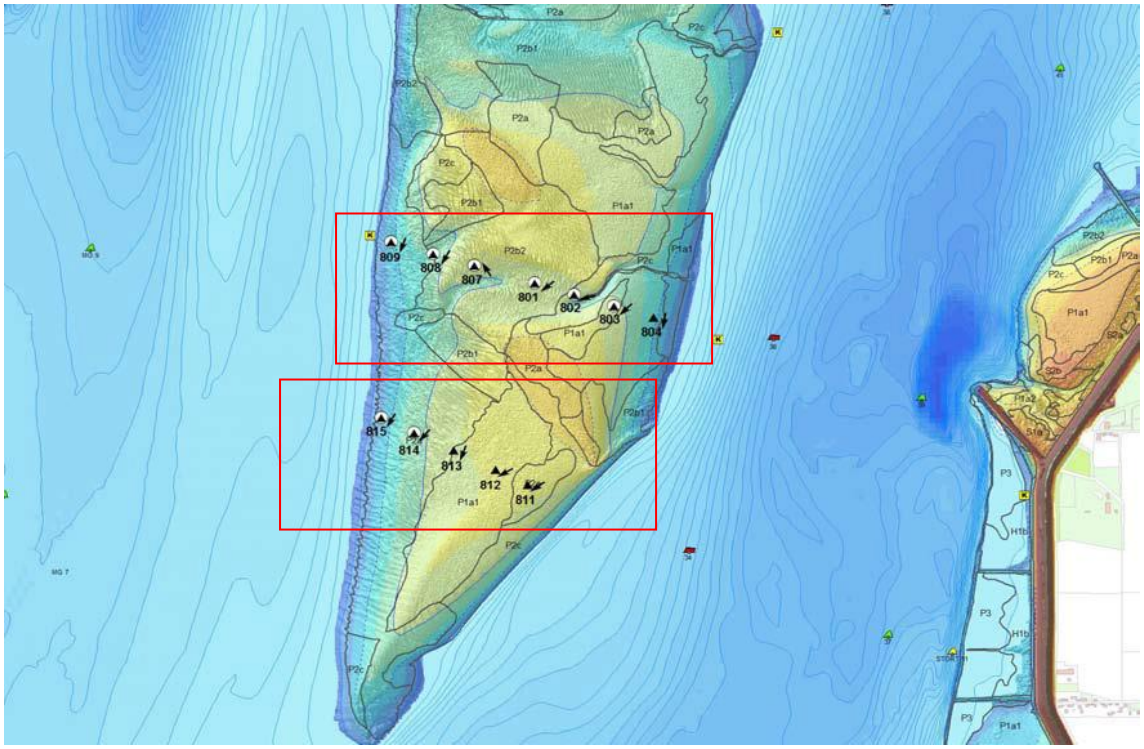
Meetpunt 532 kent een stabiele bodemhoogte in de beschouwde periode. De andere indicatoren vertonen hierdoor weinig variatie. De locatie behoort tot het laagdynamisch hooglitoraal met een zandig substraat. Hier komen *veel* wadpieren voor en treft men ook regelmatig Corophium aan. Kokkels komen enkel in het voorjaar van 2014 zeer beperkt voor. Het algemene bodemleven rijkdom is *gemiddeld*.

Meetlocatie 534 behoort geomorfologisch steeds tot het laag dynamisch slik. De hoogteligging blijft er stabiel en lutum is er quasi afwezig. Het bodemleven is er *gemiddeld*, vooral wadpieren komen *veel* voor, Corophium *weinig* en kokkels *niet*.

Op meetlocatie 535 was tot 2011 een hoog dynamische geomorfologische omgeving aanwezig. Sindsdien is er een laagdynamisch slik aanwezig. Het bodemniveau stijgt tot eind 2013 waarna de bodemligging min of meer stabiel blijft. Bodemleven is steeds aanwezig, *sporadisch* tot een *gemiddelde* hoeveelheid. Wadpieren worden altijd teruggevonden in wisselende hoeveelheden, in enkele monsternames wordt ook een *klein* aantal Corophium waargenomen.

RTK-meetpunt 536 verandert in het najaar van 2014 van een laag dynamisch naar een hoog dynamische omgeving, deze verandering loopt parallel met een versnelling van de aanzanding ter hoogte van punt 536. Het aantal wadpieren is sterk gedaald sinds de verandering van het geomorfologische type, bodemleven komt nog *sporadisch* voor.

## 5.3.4 Rug van Baarland




*Figuur 5-106: Meetpunten op de Rug van Baarland / Centraal-Zuidelijk (bovenste rij) en Zuidelijk (onderste rij) (bron: (Jentink* et al.*, 2016).*

### 5.3.4.1 Centraal-zuidelijke meetpunten

Door de aanhoudende stijging van de bodemligging van punt 801 is de geomorfologische omgeving veranderd van hoog dynamisch naar laag dynamisch. Deze verandering komt ook terug in het ecotopentype, wat veranderd is van hoogdynamisch litoraal naar laagdynamisch middenlitoraal. De verandering van hoogdynamisch naar laagdynamisch is ook duidelijk merkbaar aan de hoeveelheid wadpieren die voorkomen. In laagdynamische perioden worden een *gemiddeld* aantal tot veel wadpieren teruggevonden, in hoogdynamisch perioden ligt dit aantal lager. Corophium en kokkels komen nooit in belangrijke hoeveelheden voor, het bodemleven is overwegend *gemiddeld*.

Meer oostelijk is ook punt 802 onderhevig aan een continue bodemstijging tot eind 2012 waarna stabilisatie optreedt. Het geomorfologische type geeft steeds blijk van een lage dynamiek. Dit in tegenstelling tot het ecotooptype wat tot 2012 nog als hoogdynamisch wordt geclassificeerd. In 2015 is het ecotooptype laagdynamisch middenlitoraal. Wadpieren komen steeds voor in wisselende hoeveelheden, Corophium en kokkels komen *sporadisch* voor, het bodemleven is *gemiddeld* tot *sporadisch*.

Meetlocatie 803 kent een stabiele geomorfologie die bestaat uit laagdynamisch slik. Het lutumgehalte bedraagt steeds minder dan 2 %. Het bodemleven is door de band genomen gemiddeld rijk, wadpieren komen *gemiddeld* tot *veel* voor.

Meetlocatie 804 is steeds onderhevig aan hoogdynamische condities wat versterkt wordt door een verdere bodemdaling. Vreemd is het laagdynamische ecotooptype dat er in 2012 wordt geregistreerd. Bodemleven komst slechts sporadisch voor en betreft voornamelijk een klein aantal wadpieren.

Sinds 2011 behoort meetpunt 807 tot laagdynamisch slik en sinds 2012 sluit ook het ecotopentype hierbij aan. Sindsdien is het bodemleven gemiddeld tot rijk, wadpieren komen veelvuldig voor, Corophium is ook aanwezig in kleine hoeveelheden.

Meetpunt 808 behoort sinds 2008 tot het laagdynamisch slik. In 2014 en 2015 is het lutumgehalte op één meting na kleiner dan 2 %. Het bodemleven is *gemiddeld* tot *rijk*, het aantal kokkels lijkt de voorbij jaren sterk afgenomen. In de 5 meest recente metingen worden geen kokkels meer teruggevonden. Wadpieren zijn altijd aanwezig in wisselende hoeveelheden.

Meetpunt 809 was in het verleden steeds hoogdynamisch, ondanks een verdere bodemdaling behoort het meetpunt sinds 2014 tot het laagdynamisch slik. In 2014 en 2015 komt bodemleven sporadisch tot gemiddeld voor. Het aantal wadpieren neemt af in de beschouwde periode. Kokkels en Corophium zijn nagenoeg afwezig.

#### 5.3.4.2 Zuidelijke meetpunten

Ondanks de lichte bodemstijging, maakt meetpunt 811 aan de oostelijke plaatrand, vanaf 2012 de overgang van een laag- naar een hoogdynamische omgeving. Hierdoor verdwijnt heel wat bodemleven. Zowel het bestand aan wadpieren, Corophium als kokkels neemt er af. In 2014 en 2015 wissel hoog- en laagdynamische condities elkaar af volgens het geomorfologisch subtype. Aan de hand van het ecotooptype en het geringe bodemleven behoort het meetpunt in 2015 nog steeds tot het hoogdynamisch litoraal.

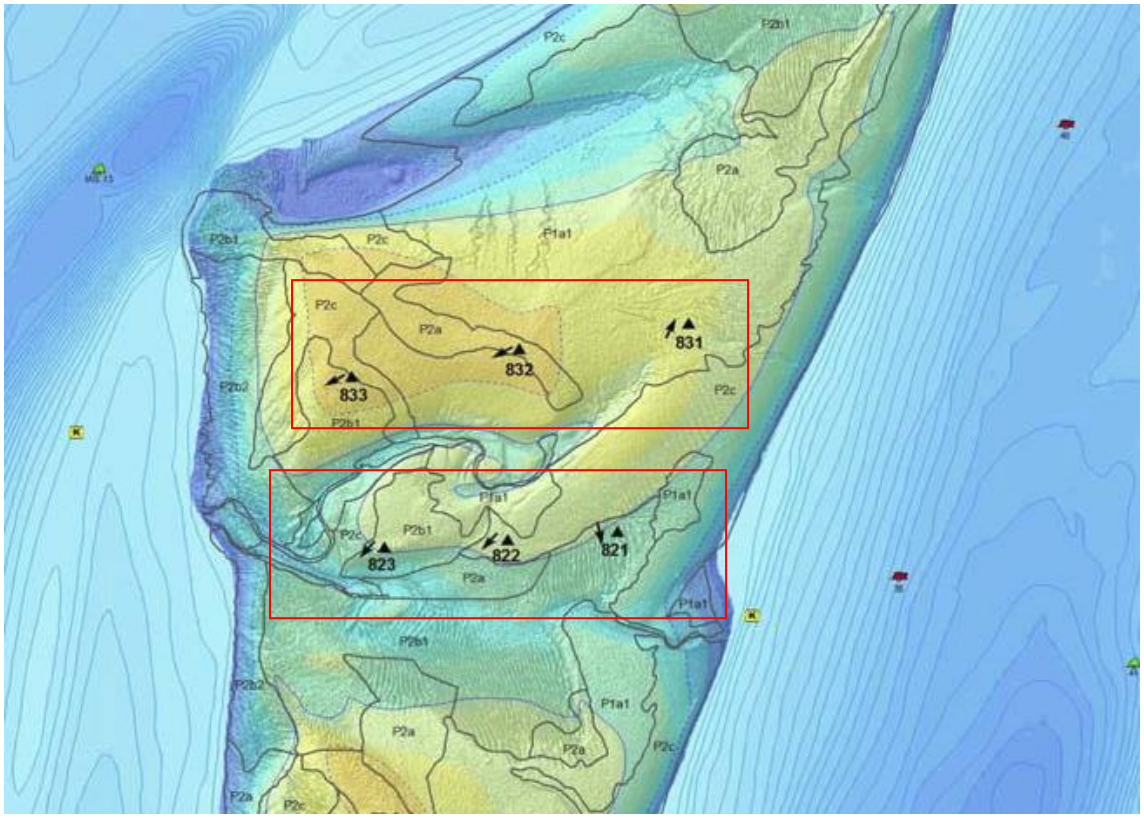
Punt 812 blijft heel stabiel in de beschouwde periode: het behoort tot het laagdynamisch middenlitoraal met een eerder zandig karakter. Gezien de abundantie van wadpieren vormt dit voor hen een ideale habitat. Ook ander bodemleven komt hier relatief veel voor.

Ter hoogte van punt 813 kent de tijdelijke terugval naar een hoogenergetisch milieu zijn negatieve weerslag op het bodemleven. Nadien zorgt de laagdynamische omgeving voor een algemene toename. In 2015 wordt de laagdynamische omgeving ook bevestigd door het ecotooptype.

Ondanks de lichte bodemdaling, behoort meetlocatie 814 sinds 2011 tot het laagdynamisch middenlitoraal. Dit gaat gepaard met een algemene toename van het bodemleven. De bodem wordt in 2013 slibrijker wat af te leiden valt uit het stijgend lutum gehalte. Sinds 2012 neemt het aantal kokkels af, bij de laatste staalname campagne werden geen kokkels meer gevonden.

Meetpost 815, gelegen aan de westelijke plaatrand, behoort in 20214 en 2015 tot een laagdynamisch milieu. Dit wordt ook bevestigd door het ecotooptype van 2015. Het lutumgehalte lijkt licht verhoogd in het najaar van 2014 en 2015 (5 – 12 %). Het bodemleven varieert van sporadisch aanwezig tot rijk, enkel wadpieren zijn steeds aanwezig, in wisselende hoeveelheden.

### 5.3.4.3 Centraal-noordelijke meetpunten




*Figuur 5-107: Ligging van meepunten op Rug van Baarland / Centraal-noordelijk (onderste rij) en Noordelijk (bovenste rij) (bron: (Jentink* et al.*, 2016).*

Centraal op de Rug van Baarland, in de punten 821, 822 en 823 geldt een vrij stabiel - laagdynamisch - milieu. Wadpieren komen er *veel* voor, evenals het bodemleven in het algemeen (*gemiddeld* tot *rijk*). Opmerkelijk verschil is het *veel* voorkomen van kokkels in punt 822, tegenover *weinig* in 821. Ook in punt 823 komen *weinig* tot een *gemiddeld* aantal kokkels voor.

#### 5.3.4.4 Noordelijke meetpunten

Meetlocatie 831 wordt gekenmerkt door een laagenergetisch zandig milieu. Dit kan ook gezegd worden van meetpost 832. Wadpieren komen in beide meetpunten *veel* voor. Het bodemleven is er *gemiddeld*.

Meetlocatie 833 evolueert medio 2009 naar een hoogdynamische omgeving. In 2014 komt het laagdynamische milieu nog even terug, en ook het ecotooptype in 2015 van punt 833 is laagdynamisch. Zowel het lutumgehalte (0-2 %) als het bodemleven zijn beperkt. Algemeen lijkt er wel een kleine stijging te merken in het bodemleven sinds 2013, wat doet vermoeden dat het meetpunt zich inderdaad in het grensgebied tussen hoog – en laagdynamische condities bevindt. Dit vermoeden wordt bevestigd door de positie van het meetpunt op de ecotopenkaart van 2015.

### 5.3.5 Samenvatting

Op basis van de voorgaande beschrijving werden onderstaande overzichtstabellen (Tabel 5-4 tot Tabel 5-6) opgesteld, geordend volgens de locatie van het meetpunt. Hierin wordt de evolutie tussen 2009 en 2015 weergegeven door de heersende trends met symbolen (+, =, -, /) weer te geven. Merk op dat het tijdsverloop van de gemeten indicatoren niet vervat kunnen worden in een enkel symbool. De bedoeling is om een synthese te maken, zodat de belangrijkste signalen er kunnen uitgefilterd worden. Tabel 5-3 geeft de verklaring van de symbolen, merk op dat het chlorofylgehalte en de sedimentsamenstelling uit deze tabel verdwenen zijn ten opzichte van IMDC (2014a), deze parameters werden in de periode 2014-2015 niet meer opgemeten. De volgende afkortingen worden gebruikt:

- h.: hoogteligging
- geo: gemorfologisch type (- = evolutie naar laagdynamisch, + = evolutie naar hoogdynamisch; indien schor wordt dit aangeduid)
- eco: ecotoopklasse afgeleid van de ecotopenkaarten 2010, 2011, 2012 en 2015
- lut:% lutumgehalte
- wp: wadpieren
- Cor: Corophium
- kok: kokkels
- bl: bodemleven

*Tabel 5-3: Verklaring van gebruikte symbolen*

| | **EVOLUTIE 2009-2015** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **afkorting** | **+** | **=** | **-** | **/** |
| h. | bodemhoogte stijgt | blijft gelijk | bodemhoogte daalt | geen data |
| geo | laagdynamischer | blijft gelijk | hoogdynamischer | geen data |
| eco | laagdynamischer | blijft gelijk | hoogdynamischer | geen data |
| lut | lutumgehalte stijgt | blijft gelijk | lutumgehalte daalt | geen data |
| wp | voorkomen stijgt | blijft gelijk | voorkomen daalt | afwezig |
| Cor | voorkomen stijgt | blijft gelijk | voorkomen daalt | afwezig |
| kok | voorkomen stijgt | blijft gelijk | voorkomen daalt | afwezig |
| bl | voorkomen stijgt | blijft gelijk | voorkomen daalt | afwezig |

#### 5.3.5.1 Hooge Platen

*Tabel 5-4: Analyse parameters voor Hooge Platen in de periode 2009-2015.*

| punt | h. | geo | eco | lut | wp | Cor | kok | bl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hooge Platen West | | | | | | | | |
| 931 | + | - | - | - | = | / | - | - |
| 932 | + | - | - | - | - | / | = | - |
| Hooge Platen Noord (Oostelijke meetpunten) | | | | | | | | |
| 906 | = | = (schor) | + | + | - | - | + | + |
| 907 | + | = (schor) | = | + | / | - | / | - |
| 908 | + | = (schor) | = | = | / | - | / | - |
| Hooge Platen Noord (Centrale meetpunten) | | | | | | | | |
| 909 | + | = | = | + | - | = | / | = |
| 910 | + | + | = | + | - | - | - | = |
| 911 | + | + (→ schor) | + | + | - | - | / | - |
| 912 | + | + (→ schor) | + | = | / | - | / | = |
| 913 | + | = | = | + | = | - | - | = |
| 914 | + | = | = | + | + | / | + | = |
| 915 | + | = | = | = | - | - | - | = |
| 916 | + | + | + | + | - | - | - | + |
| Hooge Platen Noord (Westelijke meetpunten) | | | | | | | | |
| 922 | + | + (→ schor) | + | + | - | - | / | - |
| 923 | + | = | = | = | - | - | = | = |
| 924 | + | = | = | - | = | / | - | + |
| 925 | + | = | = | + | - | - | - | = |
| 926 | + | = | + | = | - | - | - | = |
| 927 | + | = | = | = | - | = | - | = |

Ondanks de bodemstijging op de Hooge Platen West, bevinden de punten op de plaatrand zich eind 2015 in een hoogdynamische, zandige omgeving. De megaribbels geven aan dat er aanzienlijk bodemtransport plaatsvindt en dus worden de punten blootgesteld aan de dynamische omgeving. Dit kan ook voor een verklaring zorgen voor de daling van het bodemleven en het lutumgehalte in de meetpunten.

In het oosten van de zone Hooge Platen Noord komt schorvegetatie voor. Dit bevordert de neerslag van fijner sediment en aldus sedimentatie van slibrijker materiaal. Met uitzondering van de continue bodemstijging is het milieu er vrij stabiel. Het bodemleven wordt echter minder rijk.

Over het algemeen wordt de bodem centraal op de Hooge Platen Noord hoger en slibrijker. Op de hoger gelegen punten gaat dit veelal gepaard met schorvorming. De evolutie naar een slibrijkere omgeving heeft een negatieve impact op het aantal wadpieren, Corophium en kokkels die zandigere omstandigheden verkiezen. Ook het bodemleven in het algemeen wordt op de hoogst gelegen punten door schorvorming negatief beïnvloed. Meer noordelijk en westelijk is de omgeving stabieler, waardoor ook het bodemleven stabiel blijft.

Ook in het westen van de Hooge Platen Noord hoogt de plaat verder op. Hier geldt een stabiel laagdynamisch milieu, waar kleine variaties in sedimentsamenstelling nauw verbonden zijn met het aanwezige bodemleven, zowel Corophium als wadpieren komen meer voor tijdens periodes met een laag lutumgehalte. De ophoging van de zuidelijke rand gaat gepaard met (pionier-)schorvorming. Hierdoor stijgt ook het lutumgehalte, en wordt de bodem slibrijker, waardoor het bodemleven, inclusief kokkels, Corophium en wadpieren grotendeels verdwijnt.

#### 5.3.5.2 Plaat van Walsoorden

*Tabel 5-5 Analyse parameters voor Plaat van Walsoorden in de periode 2009-2015.*

| punt | h. | geo | eco | lut | wp | Cor | kok | bl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Plaat van Walsoorden (oost) | | | | | | | | |
| 501 | - | - | - | - | - | - | / | - |
| 502 | - | - | - | - | / | - | / | - |
| 503 | - | - | - | - | - | - | / | - |
| 504 | - | - | - | - | - | - | / | - |
| 505 | - | - | - | - | - | - | / | - |
| 506 | - | - | - | - | - | - | / | - |
| Plaat van Walsoorden (centraal) | | | | | | | | |
| 507 | = | - (← schor) | = | - | + | - | / | = |
| 508 | = | - (← schor) | - | - | = | = | / | = |
| 509 | - | - (← schor) | - | - | - | - | / | - |
| 512 | = | + (→ schor) | = | = | + | = | / | = |
| 513 | - | = (→ schor) | = | = | / | - | / | = |
| 514 | - | - | = | - | - | = | / | - |
| 531 | + | + (→ schor) | + | + | / | - | / | - |
| Plaat van Walsoorden (west) | | | | | | | | |
| 532 | = | = | = | = | = | = | / | = |
| 534 | = | + | = | = | + | = | / | = |
| 535 | + | + | + | = | = | + | / | = |
| 536 | + | = | = | = | - | +- | / | = |

De algemene trend aan het zuidoosten van de Plaat van Walsoorden wordt beheerst door het uitruimen van de nevengeul waardoor de zuidoostelijke plaatpunt erodeert. Hierdoor belanden de punten in een hoogdynamische omgeving, wat op zijn beurt weer negatieve gevolgen heeft voor het bodemleven. De meest zuidelijke meetpunten behoren niet langer tot het litoraal, waardoor deze in 2015 niet langer opgemeten werden. Bodemleven is door de hoge dynamiek volledig afwezig.

Op de noordelijke punt komt bodemdaling voor door het breder worden van de noordelijke vloedschaar. De dynamiek in het meest noordelijke meetpunt op de centrale plaatrand wordt sterker, waardoor het bodemleven er sterk verminderd. Meer naar het midden van de Plaat van Walsoorden toe komt schorvegetatie voor. Deze vangt sediment met geringe verhoging van de bodemligging tot gevolg.

Aan de zuidelijke plaatrand van het centrale deel wordt het schor vervangen door laagdynamisch litoraal. Deze overgang lijkt geen significant effect te hebben op het aanwezige bodemleven, de hoeveelheid lutum daalt wel. Het meest zuidelijke meetpunt wordt beïnvloed door de gevolgen van een plaatval, de bodemligging daalt er plots sterk. Hierdoor veranderen zowel het geomorfologisch type als het ecotooptype van laagdynapmisch naar hoogdynamisch; de gevolgen hiervan zijn dat zowel het lutumgehalte als het aanwezige bodemleven sterk in hoeveelheid afnemen.

In het algemeen grijpt ter hoogte van het westelijke deel van de Plaat van Walsoorden een overgang plaats van een hoog- naar een laagenergetisch milieu. Vermoedelijk is dit te danken aan de plaatrandstortingen, die ter plekke een luwe zone creëren. De aanwezigheid van fijn materiaal is beperkt; wadpieren, Corophium en het hoeveelheid bodemleven varen er wel bij. Op de hele Plaat van Walsoorden worden geen kokkels waargenomen, ook hier zijn deze dus afwezig. Het meest westelijke meetpunt kent, ondanks de stijging van de bodemligging, in 2015 een terugval naar een hoogdynamisch milieu. Direct gevolg hiervan is het verdwijnen van de eerder aanwezige wadpieren en Corophium. Bodemleven blijft sporadisch voorkomen.

#### 5.3.5.3 Rug van Baarland

*Tabel 5-6 Analyse parameters voor Rug van Baarland in de periode 2009-2015.*

| punt | h. | geo | eco | lut | wp | Cor | kok | bl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rug van Baarland (centraal-zuid) | | | | | | | | |
| 801 | + | + | + | = | + | / | - | + |
| 802 | + | + | + | = | + | = | = | - |
| 803 | - | = | + | = | + | = | = | = |
| 804 | - | = | = | = | + | / | / | = |
| 807 | = | + | + | = | + | = | + | + |
| 808 | + | = | = | = | + | = | - | + |
| 809 | - | - | + | = | = | / | - | + |
| Rug van Baarland (zuid) | | | | | | | | |
| 811 | + | = | - | = | - | - | - | - |
| 812 | + | = | = | = | = | - | - | = |
| 813 | - | = | + | - | = | - | + | + |
| 814 | - | - | + | + | + | - | - | + |
| 815 | = | - | + | + | = | / | + | + |
| Rug van Baarland (centraal-noord) | | | | | | | | |
| 821 | = | - | = | - | + | - | + | = |
| 822 | - | = | = | - | - | - | + | = |
| 823 | + | + | + | = | + | = | + | + |
| Rug van Baarland (noord) | | | | | | | | |
| 831 | + | = | = | - | = | - | = | - |
| 832 | = | = | = | = | + | - | + | = |
| 833 | - | - | + | = | + | + | + | + |

Op het zuidelijke deel van de Rug van Baarland heerst een overwegend laagdynamisch milieu. De variatie van de bodemligging is vrij beperkt en gebeurt geleidelijk aan. Op het oostelijke deel is de dynamiek iets hoger en is het bodemleven dan ook vrij beperkt. Centraal is de situatie stabieler en is het bodemleven rijker. Vooral wadpieren komen veel voor. Het lutumgehalte loopt op naarmate de staalname meer naar het westen toe is gebeurd. In het meest westelijke punt op het zuidelijke deel van de Rug van Baarland loopt het lutumgehalte op tot 12 %, gevolg hiervan is dat het aantal kokkels en wadpieren sterk afneemt. Het bodemleven blijft gemiddeld rijk aanwezig.

Noordelijker, op het centraal zuidelijke deel van de Rug van Baarland, is het centrale deel van de plaat relatief stabiel laagdynamisch. De verandering in hoogteligging is beperkt en er komt bijna geen fijnkorrelig materiaal voor. Het bodemleven is er gemiddeld rijk, vooral wadpieren komen veel voor. Het oostelijke meetpunt is gelegen in een dynamisch milieu en is onderhevig aan bodemdaling. Bodemleven met onder andere wadpieren komt sporadisch voor, kokkels en Corophium zijn afwezig. Aan het westelijke uiteinde van het zuid centrale deel komt ook bodemdaling voor. Echter hier heerst wel een laag dynamisch milieu. Lutum is beperkt aanwezig, het bodemleven is er gemiddeld en wadpieren komen sporadisch voor.

Op het noordelijke centrale deel heerst een laagdynamisch, stabiel milieu. Wadpieren komen hier *veel* voor en het lutumgehalte is zeer laag. Het westwaarts gelegen punt 823 lijkt sinds 2010 ook naar deze stabiele laagdynamische leefomgeving geëvolueerd te zijn. Vanaf dan wordt de wadpier en Corophium frequenter waargenomen en is het waargenomen bodemleven fors in aantal toegenomen.

Op het noordelijke deel van de Rug van Baarland geldt ook een laagenergetische omgeving. Met uitzondering van het westelijk gelegen punt 833 - waar een hoogdynamisch klimaat heerst - komt de wadpier er veelvuldig voor. Het geringe lutumgehalte en de morfologische (sub-)klassen wijzen op een vrijwel ongewijzigde sedimentsamenstelling.

## 5.4 WATERVOLUME IN DE GEULEN

Het criterium Instandhouding Meergeulenstelsel omvat één kwaliteitsparameter: het watervolume in de nevengeul. In de beschouwde rapportages (Schrijver, 2015) worden ook bijkomende variabelen berekend die trends of waarnemingen kunnen helpen verklaren: het watervolume in de hoofdgeul, de kantelindex, het getijvolume en het volume van ingrepen in de Westerschelde. In deze rapportage beperkt men zich tot de bespreking van het watervolume en de kantelindex.

In het Protocol Kwaliteitsparameters wordt het ‘watervolume geulen’ gedefinieerd als het watervolume van zowel de hoofd- als nevengeul beneden NAP -5 m. Het watervolume wordt berekend uit de bathymetrische opnames, gecorrigeerd naar 1 januari van het betreffende jaar. De oorsprong van dit NAP-referentieniveau sluit aan bij de vooropgestelde grens tussen ondiep en sublitoraal gebied in het Zoutwater Ecotopen Stelsel van Bouma et al. (2005). Hierbij komt dat het gebied lager dan NAP -5m steeds vervat zit in de reguliere vaklodingen, zodat de bepaling van het watervolume niet afhankelijk is van de dekking van de bathymetrische opnames. Het bepaalde geulvolume is dus afgeleid van de gemeten bodemligging die het resultaat is van zowel natuurlijke processen als antropogene ingrepen.

Het watervolume in een neven- of hoofdgeul wordt gesommeerd over de betreffende vakken in de geul. De ebscharen uit de macrocellen worden gerekend tot de hoofdgeul, de vloedscharen tot de nevengeulen. De uitzondering hierop is macrocel 4 waar het omgekeerde geldt. In de praktijk wordt het criterium ‘ watervolume geulen’ vervangen door het criterium ‘nevengeulen’, omdat vooral het watervolume in de nevengeulen aandacht behoeft.

De berekening van de kantelindex en de onder- en waarschuwingsgrens wordt hieronder beschreven en werd overgenomen uit Schrijver (2015). Er is in 2013 onderzoek uitgevoerd naar een eventuele aanpassing van het toetscriterium. Uit de studie volgde de aanbeveling dat de (trendmatige) ontwikkelingen van de geulvolumes en de invloed van ingrepen moeten in rekening gebracht worden bij het bepalen van een ondergrens, net als de doelstellingen. Rekening houdend met het criterium Instandhouding Meergeulensysteem wordt een omzetting naar operationele criteria onderzocht binnen het Agenda van de Toekomst programma. Vooralsnog worden de resultaten dus gerapporteerd en beoordeeld volgens het klassieke criterium.

### 5.4.1 Maximaal toegelaten verandering

De maximaal toegelaten verandering in het watervolume van een nevengeul, $V_{\text{max toelaatbaar}}$, vanaf 2010 tot tenminste het einde van de vergunningsperiode (2015), zoals vastgelegd in het Protocol Kwaliteitsparameters, is:

$$MC = \{\text{macrocel 1, macrocel 3, …, macrocel 7}\}$$

$$\forall i \in MC : V_{\text{max toelaatbaar}}(i) = V_{\text{max}}(i) - V_{\text{min}}(i) + NV(i) + V_{\text{max stort}}(i)$$

Waarbij geldt:

| | | |
|---|---|---|
| i | = | de macrocel. |
| $V_{\text{max}}$ | = | max($V_{2006}$ … $V_{2010}$), het maximale watervolume over de periode 01/01/2006 - 01/01/2010. |
| $V_{\text{min}}$ | = | min($V_{2006}$ … $V_{20010}$), het minimale watervolume over de periode 01/01/2006 - 01/01/2010. |
| NV | = | stdev($V_{2006}$ … $V_{2010}$), de standaarddeviatie van het watervolume over de periode 01/01/2006 - 01/01/2010. |
| $V_{\text{max stort}}$ | = | de maximale jaarlijkse stortcapaciteit voor de nevengeul zoals vastgelegd in de vergunning |

De variabele $V_{\text{max stort}}$ is gedefinieerd in de vergunning voor het storten van bodemmateriaal in de Westerschelde (WBR, 2009; Rijkswaterstaat, Zee en Delta, 2013). De jaarlijkse toegelaten stortvolumes in de nevengeulen per macrocel zijn opgegeven in Tabel 5-7.

*Tabel 5-7: Maximaal jaarlijks te storten hoeveelheid in de nevengeulen*

| Macrocel | Maximaal jaarlijks te storten hoeveelheid in de nevengeulen (miljoen m³ in situ) |
|---|---|
| 1 | 3,0 |
| 3 | 3,2 |
| 4 | 2,4 |
| 5 | 3,8 |
| 6 | 1,0 |
| 7 | 0,0 |

De periode waarover het $V_{max}$, $V_{min}$ en NV worden bepaald is in het *Protocol* gedefinieerd als vijf jaar. Op de figuren worden ook grenzen gebaseerd op een berekening met een periode van 10 jaar weergegeven. Hierbij worden $V_{max}$, $V_{min}$ en NV berekend over de periode van 01/01/2001 tot en met 01/01/2010. Dit is louter ter informatie omdat het Overleg Flexibel Storten inzicht wilde krijgen of het beschouwen van een langere termijn beter zou zijn.

### 5.4.2 Ondergrens en waarschuwingsgrens

De ondergrens (OG) wordt bepaald door de maximaal toelaatbare afwijking ten opzichte van het grootste gemeten watervolume

De ondergrens voor het volume van een nevengeul is het minimale volume van de voorafgaande vijf jaar ($V_{min}$), met daarvan afgetrokken de standaarddeviatie van de voorafgaande vijf jaar (NV) en het maximaal toegelaten stortvolume in de nevengeul volgens vergunning ($V_{max\ stort}$):

$$\begin{aligned} \forall i \in MC : OG(i) &= V_{max}(i) - V_{max\ toelaatbaar}(i) \\ &= V_{max}(i) - (V_{max}(i) - V_{min}(i) + NV(i) + V_{max\ stort}(i)) \\ &= V_{min}(i) - NV(i) - V_{max\ stort}(i) \end{aligned}$$

De ondergrens voor het nevengeulvolume ligt dus altijd onder het kleinste nevengeulvolume zoals gemeten tijdens de referentieperiode 2006-2010 (of 2001-2010).

Het waarschuwingsniveau (WG) is gedefinieerd als zijnde 80% van de maximaal toelaatbare afwijking:

$$\begin{aligned} \forall i \in MC : WG(i) &= V_{max}(i) - 0{,}8 * V_{max\ toelaatbaar}(i) \\ &= V_{max}(i) - 0{,}8 * (V_{max}(i) - V_{min}(i) + NV(i) + V_{max\ stort}(i)) \\ &= 0{,}2 * V_{max}(i) + 0{,}8 * (V_{min}(i) - NV(i) - V_{max\ stort}(i)) \end{aligned}$$

De waarschuwingsgrens bedraagt dus 20 % van het maximale volume opgeteld met 80% van het volume dat is berekend als de ondergrens.

### 5.4.3 Kantelindex

De kantelindex is een maat voor de verhouding van de diepte van de eb- en vloedgeul:

$$\forall i \in MC : \text{Kantelindex}(i) = \ln [\text{diepte ebgeul}(i) / \text{diepte vloedgeul}(i)]$$

Hierbij is de diepte van de eb- of vloedgeul de gemiddelde diepte die wordt berekend door het watervolume te delen door het natte oppervlak van die geul.

De kantelindex is dus een maat voor hoe de diepte van de eb- en vloedgeul zich ten opzichte van elkaar verhouden en leert ons of de meergeulenfunctie van de macrocel in balans is, dan wel dreigt om te slaan naar een eengeulenstelsel.

### 5.4.4 Getijvolume

Van iedere macrocel wordt iedere 3 jaar gedurende één eb- en één vloedperiode (13 uur) de stroomsnelheid over de raai in de verticale gemeten. Op basis van de meetgegevens wordt het getijvolume zowel in de ebgeul als in de vloedgeul berekend. Jaarlijks wordt eveneens het getijvolume berekend met behulp van een WAQUA model (ScalWest).

In Tabel 5-8 is aangegeven welke raai hoort bij elke macrocel. Binnen het monitoringsprogramma worden nog andere raaien in de Westerschelde en de monding gemeten: voor een volledig overzicht wordt verwezen naar Schrijver & Plancke (2008).

*Tabel 5-8: Raai per macrocel waar het getijvolume wordt bepaald.*

| macrocel | Raai |
|---|---|
| 1 | 9 |
| 3 | 7 |
| 4 | 6 |
| 5 | 5a |
| 6 | 2 |
| 7 | 1 |

De getijvolume-grafieken werden opgesteld door Schrijver (2015) die ze beschrijft als volgt:

“In de grafieken wordt weergegeven:

- De gemeten en berekende verdeling van het vloedvolume in de eb- en de vloedgeul;
- De gemeten en berekende verdeling van het ebvolume in de eb- en de vloedgeul;
- Het totale getijvolume in de eb- en de vloedgeul. Hierbij wordt het berekende percentage in 1996 als 100 % aangehouden, indien er geen metingen zijn uitgevoerd in dat jaar wordt dit bepaald in de jaren 1994 of 1995.”

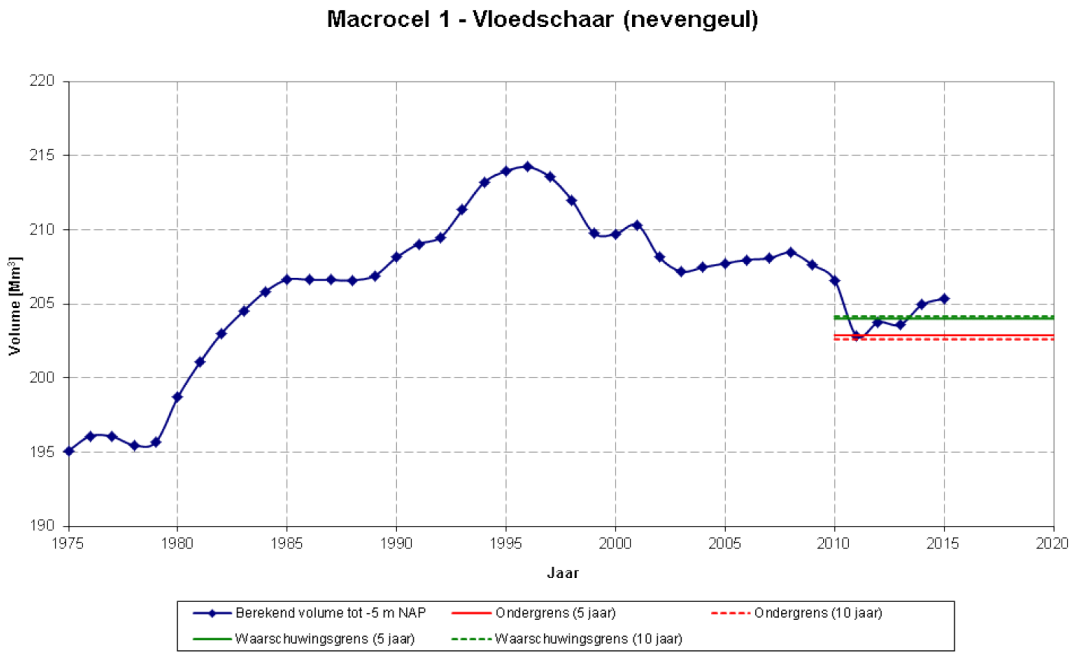
Per macrocel wordt op basis van deze figuren het getijvolume besproken in zijn respectieve raai. Daarbij wordt ook gekeken naar de verhouding of verdeling van het getijvolume tussen hoofdgeul en nevengeul: het is niet wenselijk dat het getijvolume in de hoofdgeul toeneemt ten koste van het getijvolume in de nevengeul.

### 5.4.5 Toetsing

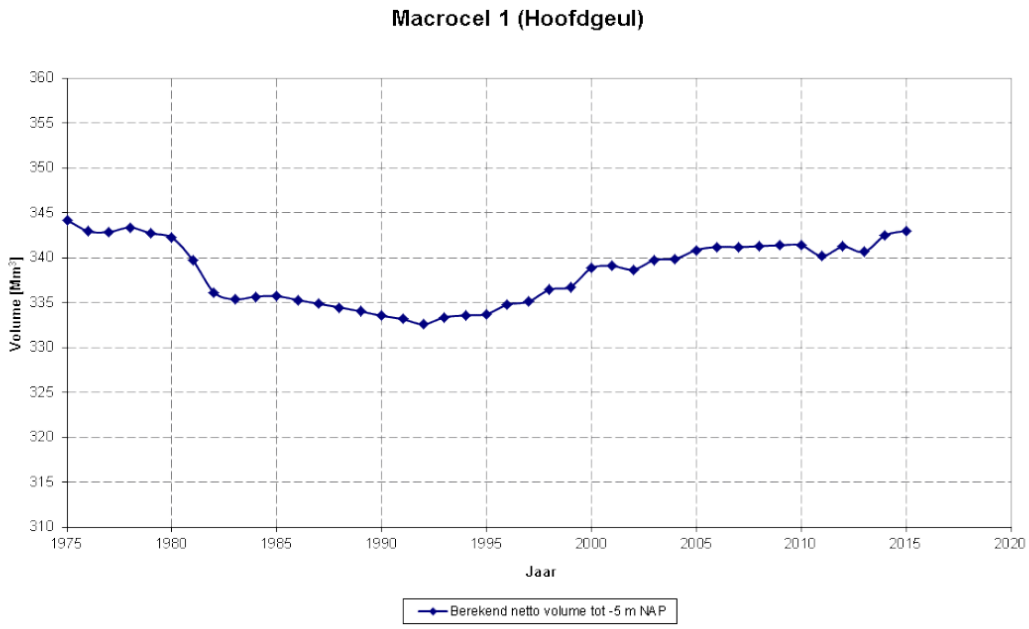
De resultaten betreffende dit criterium staan in het rapport “Monitoring meergeulensysteem Westerschelde – Toetsing criteria nevengeulen” (Schrijver, 2015). In wat volgt is een selectie van de resultaten getoond die wat meer aandacht verdienen. Voor de volledige resultaten wordt verwezen naar Schrijver (2015). Getoetst wordt of het natte volume in een nevengeul groter is dan een voor iedere macrocel gedefinieerd minimaal volume. Indien dit niet zo is, geldt dit als de ongewenste situatie. Bovendien definieert het Protocol ook een waarschuwingscriterium waarop wordt getoetst. In wat volgt wordt de ontwikkeling van de watervolumes bij de balansdatum per 1 januari 2015 besproken.

***Macrocel 1 + mesocel 2***

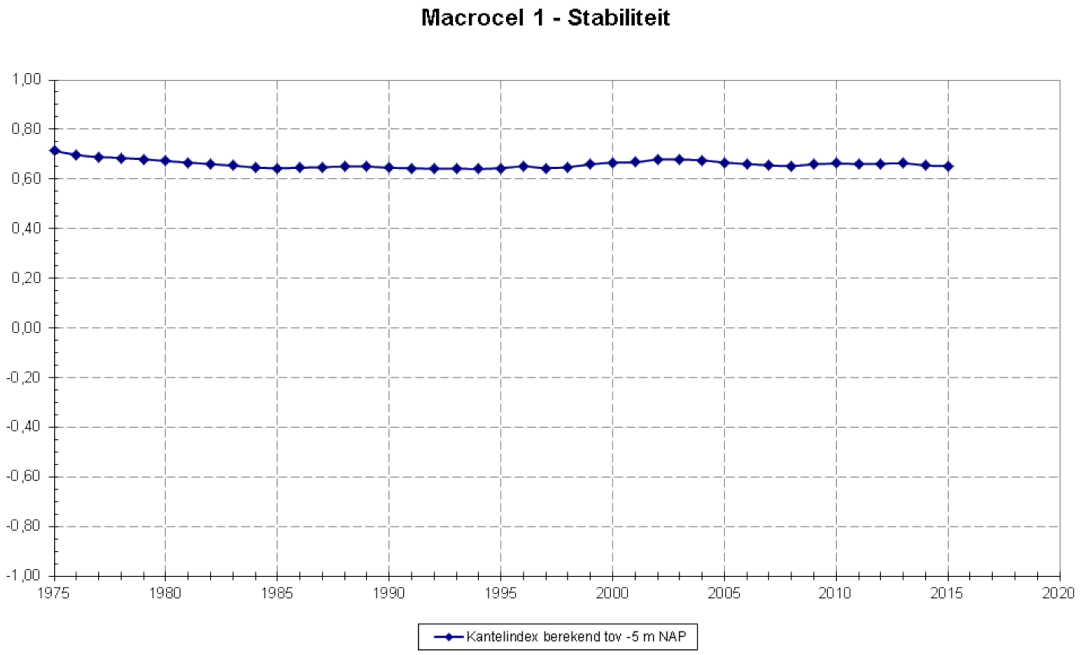
- De sterke afname van het watervolume van de nevengeul in macrocel 1 gedurende 2010 - 2011 - te wijten aan de initiële plaatrandstortingen (IMDC, 2013) – is in de jaren nadien terug omgezet in een toename. Na 2013 ligt het natte volume in de nevengeul opnieuw hoger dan de waarschuwingsgrens (Figuur 5-108). Deze trendverandering kan (deels) verklaard worden door de afnemende plaatrandstortingen ter plaatse van HPW en HPN en erosie van eerder gestort materiaal. Ook de uitruiming van de nevengeul, met de noordwaartse migratie van de Spijkerplaat, draagt hiertoe bij.
- Het watervolume in de hoofdgeul van macrocel 1 fluctueerde enigszins tussen 2010 en 2013. In 2014 en 2015 is het geulvolume licht toegenomen (Figuur 5-109). De Aangezien de ingrepen in de hoofdgeul beperkt zijn, zijn de ontwikkelingen in de hoofdgeul van Macrocel 1 te beschouwen als een autonome evolutie.
- De kantelindex voor macrocel 1 is stabiel (Figuur 5-110).
- De laatste debietmeting (2014) ter hoogte van het Vaarwater langs Hoofdplaat toont zowel voor het procentueel eb- als vloedvolume een afname (Figuur 5-111). Deze daling bevestigt de waarneming dat het Vaarwater langs Hoofdplaat ook na de verruiming te maken heeft met aanhoudende sedimentatie, en dus een debietsafname kent.



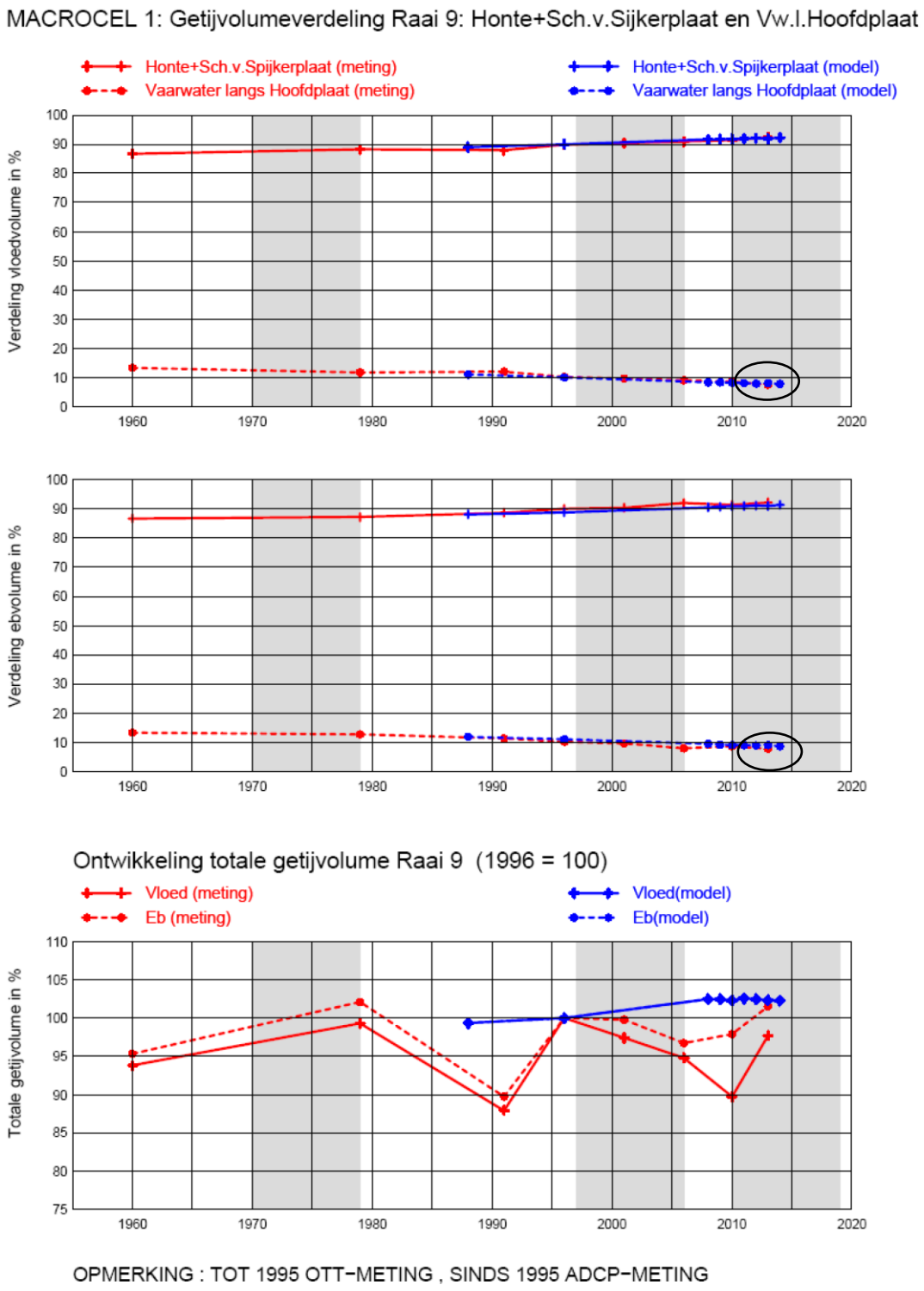

*Figuur 5-108: Netto volume vloedschaar nevengeul macrocel 1 (bron: (Schrijver, 2015)*




*Figuur 5-109: Netto volume ebschaar hoofdgeul macrocel 1 (bron: (Schrijver, 2015)*



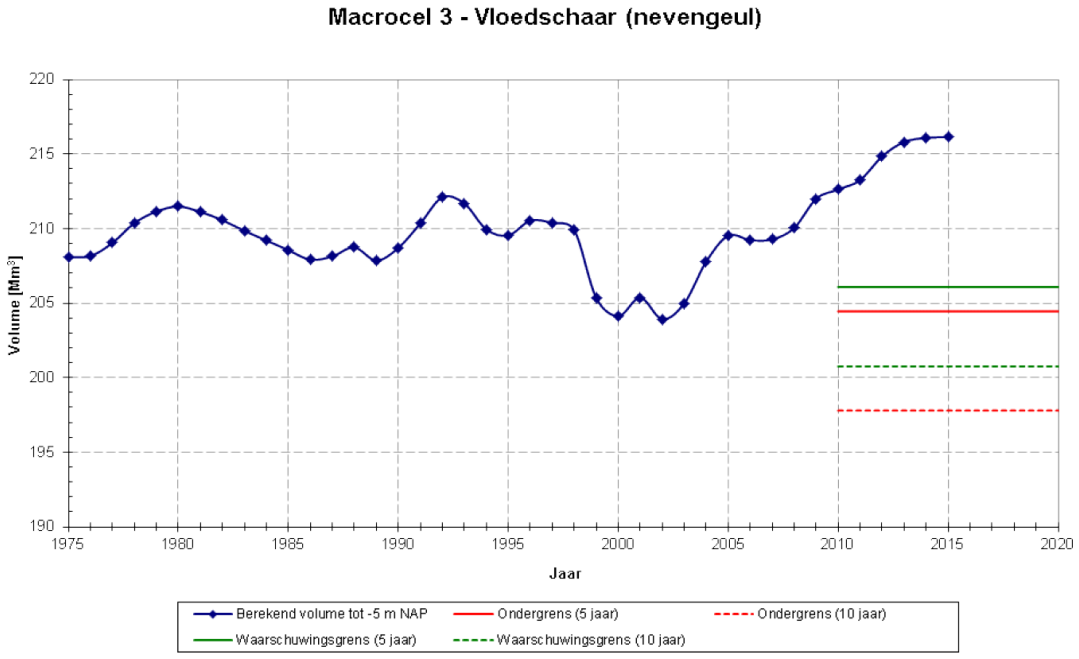

*Figuur 5-110: De evolutie van de kantelindex voor macrocel 1 (bron: (Schrijver, 2015)*



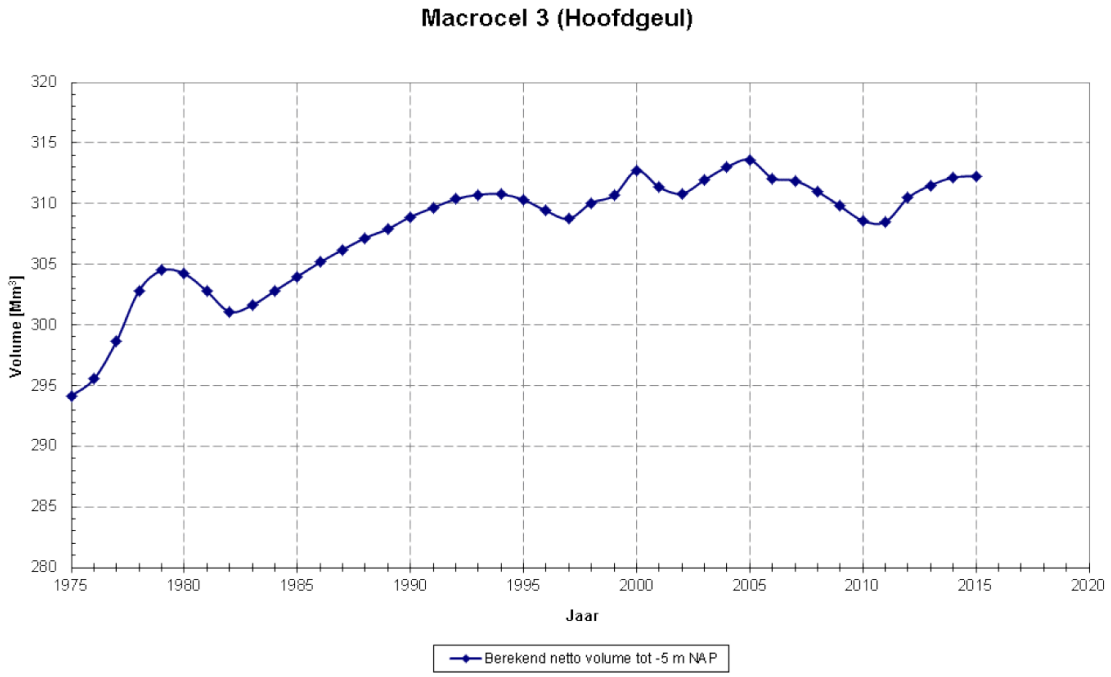

*Figuur 5-111: Getijvolumeverdeling Raai 9 in macrocel 1 (bron: (Schrijver, 2015)*

### *Macrocel 3*

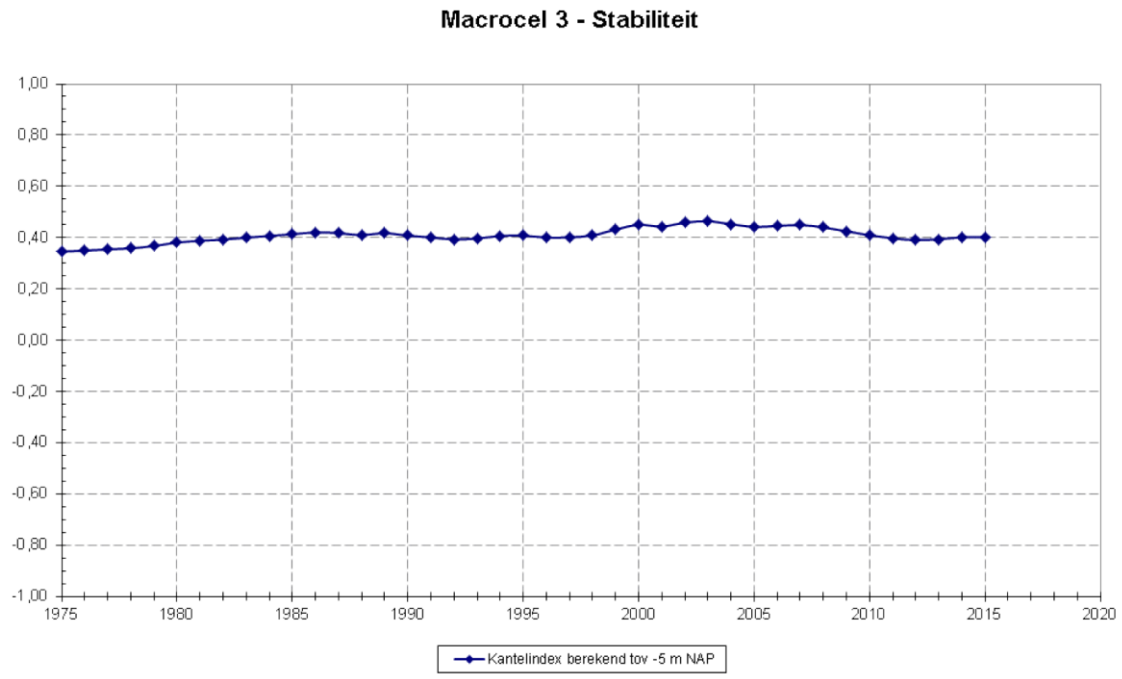
- De stijgende trend die tot 2013 in het nevengeulvolume van macrocel 3 aanwezig was, is vertraagd in 2014 en 2015. Aangezien de stortintensiteit in nevengeulstortvak SN31 niet is toegenomen, is de erosie in evenwicht gebleven met wat gestort werd. Het watervolume bevindt zich ver boven de vijfjarige waarschuwingsgrens (Figuur 5-112).
- De hoofgeul kent - na een volumeafname tussen 2005 en 2010 en daaropvolgende stabilisatie in 2011 - een toename van het watervolume in 2012 tot 2014. Tussen 2014 en 2015 blijft het volume stabiel (Figuur 5-113).
- De kantelindex vertoonde tot 2013 een negatieve trend, wat er op wijst dat de nevengeul aan volume won ten opzichte van de hoofdgeul (Figuur 5-114). Doordat het volume na 2013 zowel in de nevengeul als de hoofdgeul slechts beperkt varieert, is ook de kantelindex stabiel gebleven in 2014 en 2015.
- De stortintensiteitskaart van SN31 (Schrijver, 2015) toont aan dat er in het oostelijk deel van het vak gestort werd. De migratie van in SN31 gestorte specie draagt mogelijk bij aan een verhoogde sedimentatie in (en aan de westelijke rand van) het plaatrandstortvak RvB (macrocel 4).
- De debietmetingen tonen dat het relatieve getij-aandeel van de nevengeul (Everingen) licht toeneemt terwijl dit van de hoofdgeul afneemt (Figuur 5-115).



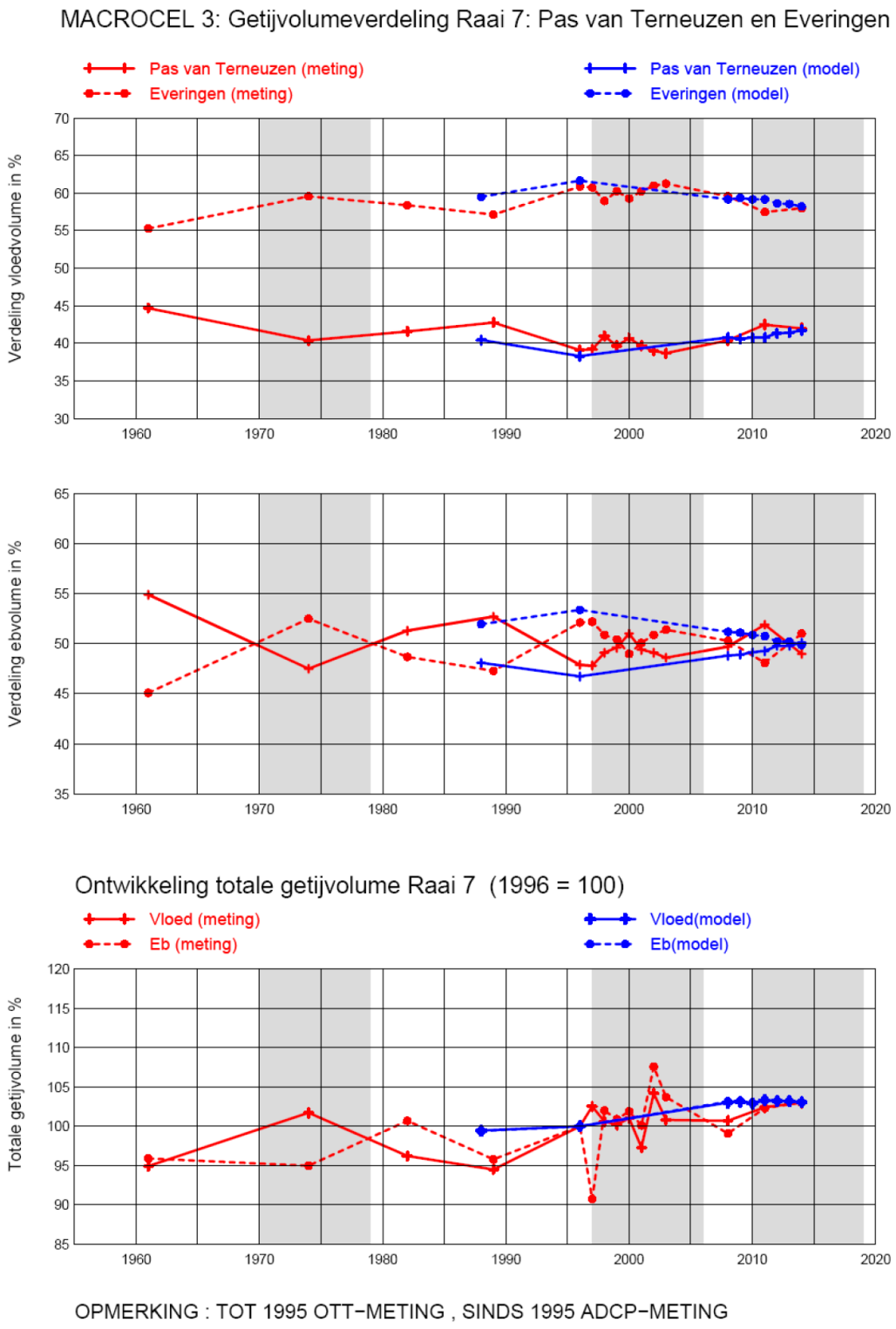

*Figuur 5-112: Netto volume vloedschaar nevengeul macrocel 3 (bron: (Schrijver, 2015)*




*Figuur 5-113: Netto volume ebschaar hoofdgeul macrocel 3 (bron: (Schrijver, 2015)*



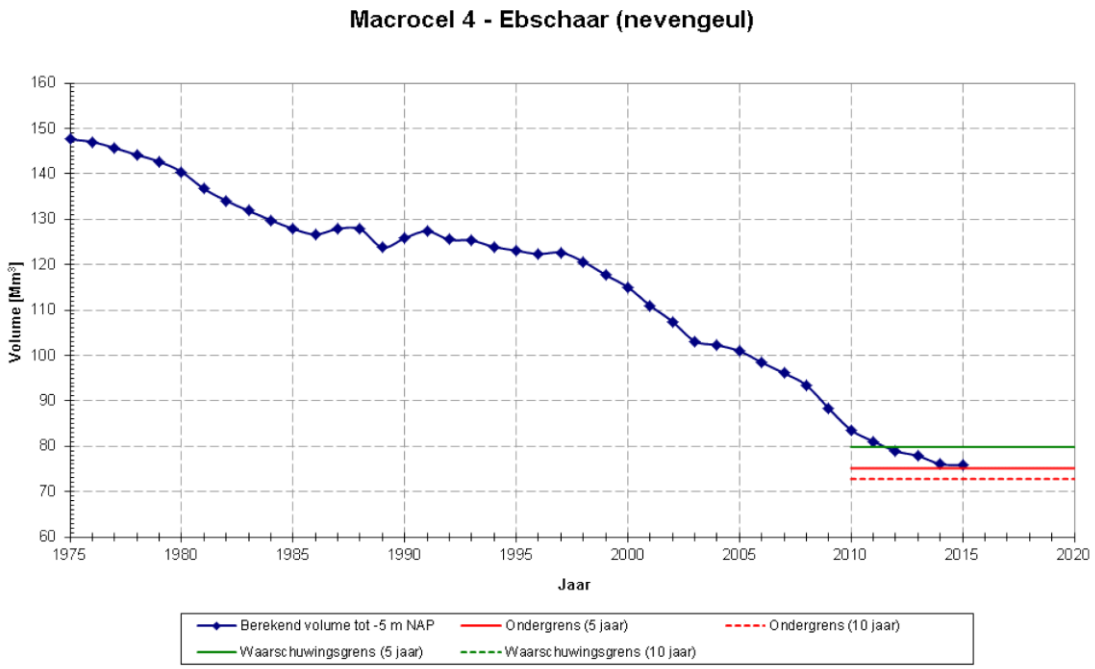

*Figuur 5-114: De evolutie van de kantelindex voor macrocel 3 (bron: (Schrijver, 2015)*



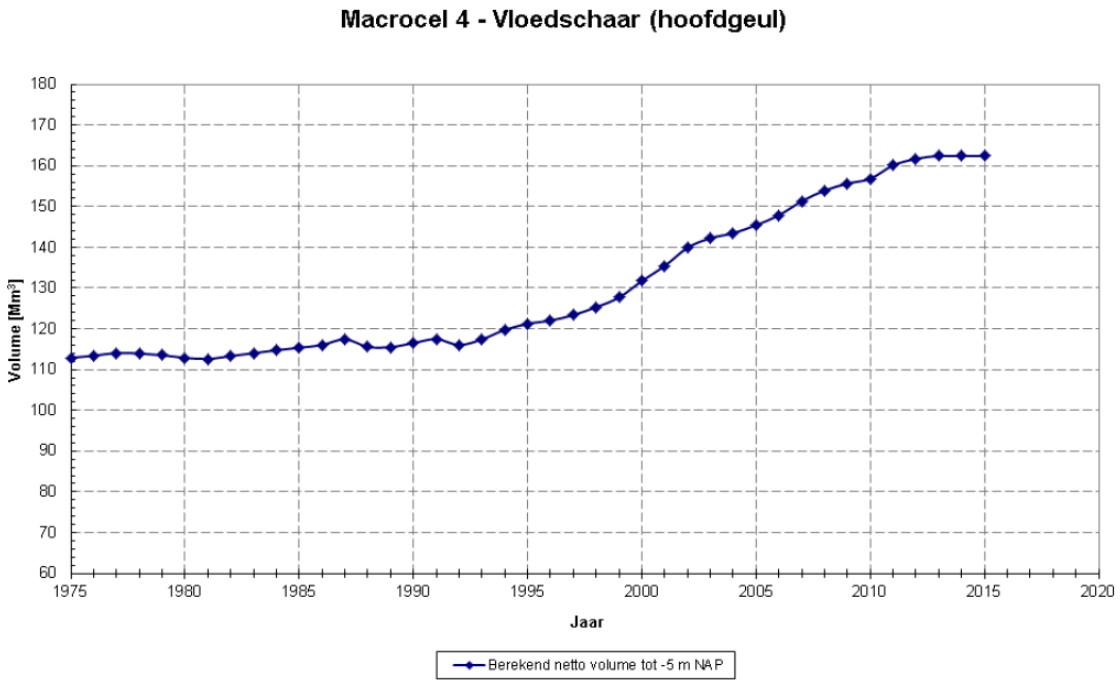

*Figuur 5-115: Getijvolumeverdeling Raai 7 in macrocel 3 (bron: (Schrijver, 2015)*

### *Macrocel 4*

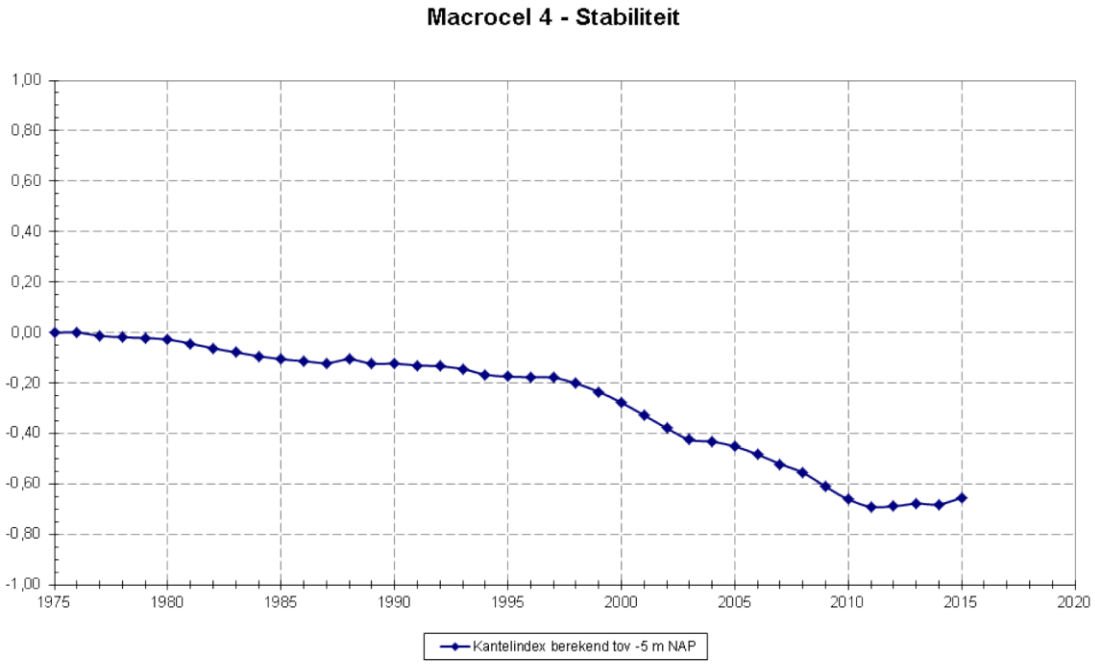
- De sedimenterende trend in de nevengeul van macrocel 4 zet zich door tot 2014. Tussen 2014 en 2015 blijft het opgemeten volume min of meer stabiel, net boven de 5-jarige ondergrens (Figuur 5-116). Het berekende watervolume dreigt in de toekomst dus niet meer aan het opgelegde criterium te voldoen, tenzij de stabilisatie zich doorzet. De sedimentatiesnelheid ter hoogte van het Middelgat is gedaald (Figuur 5-116), enerzijds omdat er geen verdere stortingen meer zijn uitgevoerd en anderzijds omdat het transport vanuit de Everingen misschien wat afgenomen lijkt. Dit laatste blijkt ook uit de morfologische kaart waarbij te merken is dat een zandplaatje of megaduin het rekenvak is binnengekomen en het effect hiervan zich niet verder doorzet.
- Het autonome uitruimen van de Overloop van Hansweert is in balans met de stortintensiteit in SH41. Het watervolume van de hoofdgeul blijft sinds 2013 min of meer stabiel en treedt geen verdere netto uitruiming meer op (Figuur 5-117).
- De lichte stijging van de kantelindex, sterker tussen 2014-2015, betekent dat de nevengeul relatief aan volume wint ten opzichte van de hoofdgeul. Deze evolutie lijkt sterk beïnvloed door het stopzetten van de plaatrandstortingen aan RvB en de verhoogde stortintensiteit in SH41 (Figuur 5-118).
- Figuur 5-119 toont de verdeling van het getijvolume over het Middelgat en het Gat van Ossenisse. Uit de metingen blijkt dat het Middelgat in het verleden zowel bij eb- als vloed steeds minder debiet verwerkte. Echter recent (2014) is het watervolume in het Middelgat bij vloed maar vooral bij eb opnieuw toegenomen, terwijl de modelberekeningen een verdere afname van het ebvolume voorspellen.



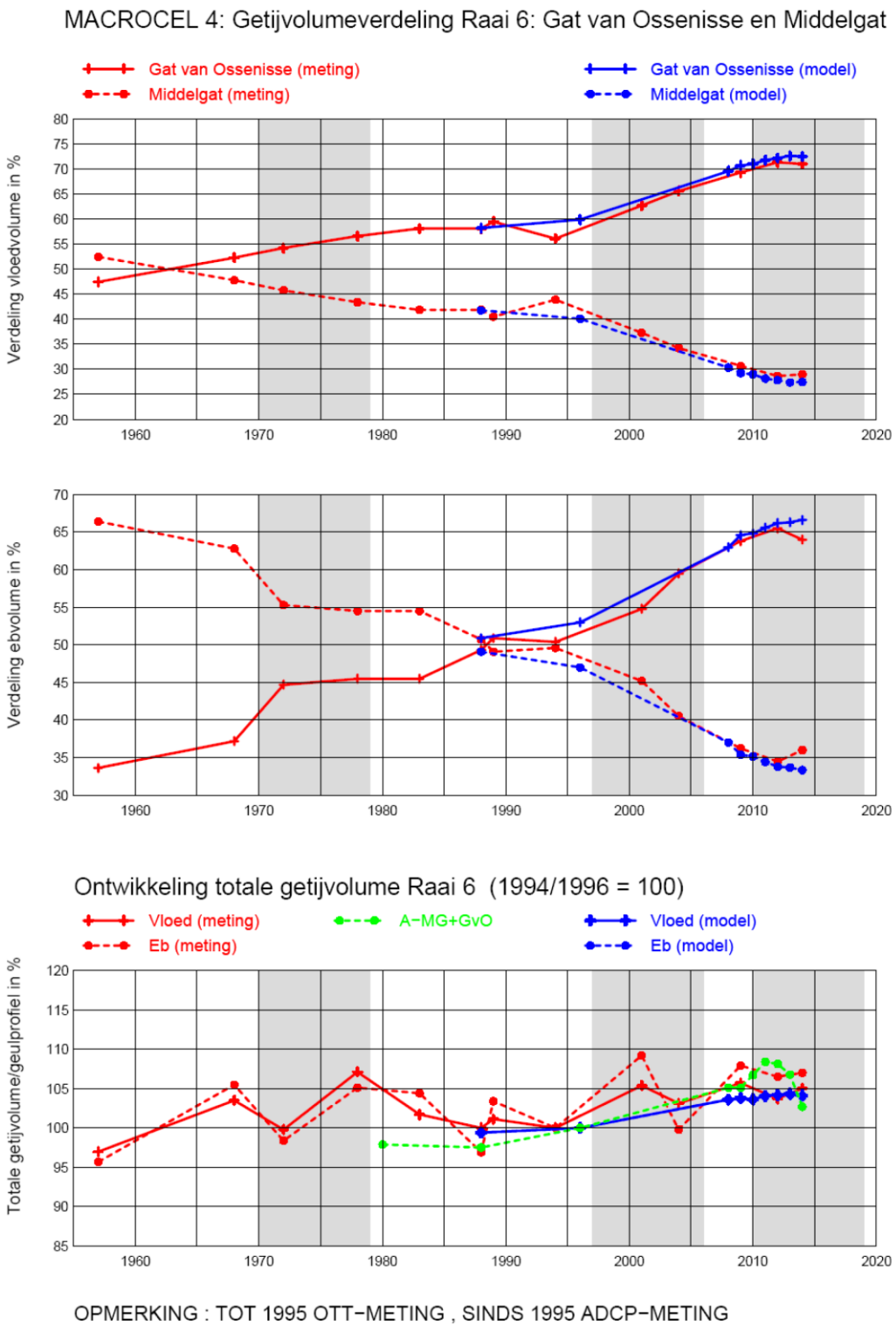

*Figuur 5-116: Netto volume ebschaar nevengeul macrocel 4 (bron: (Schrijver, 2015)*




*Figuur 5-117: Netto volume vloedschaar hoofdgeul macrocel 4 (bron: (Schrijver, 2015)*



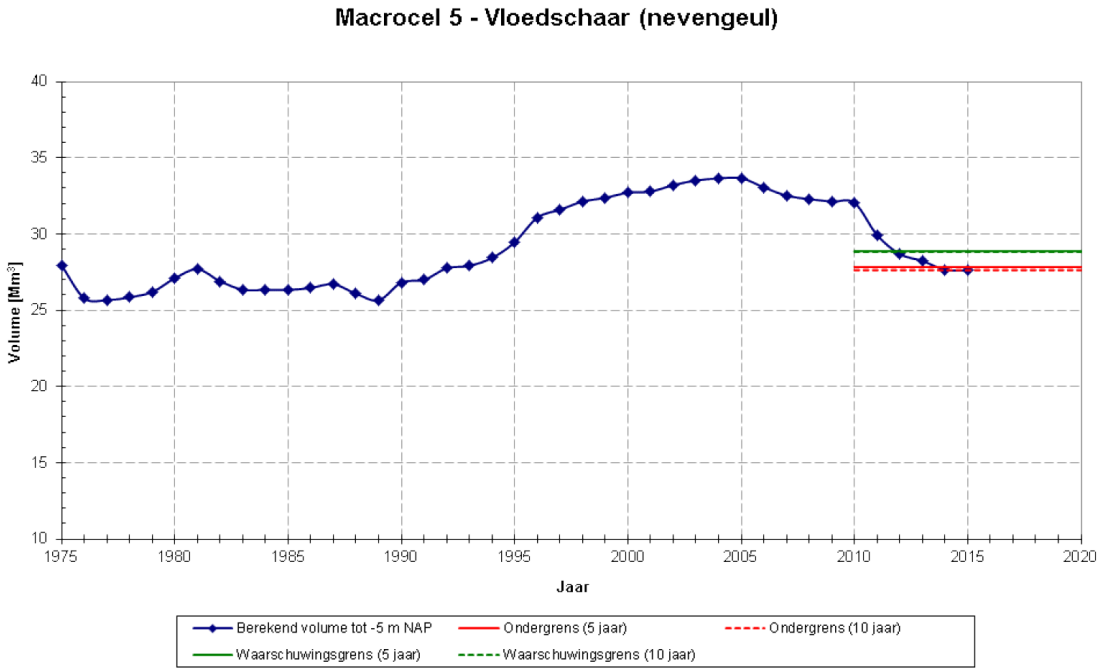

*Figuur 5-118: De evolutie van de kantelindex voor macrocel 4 (bron: (Schrijver, 2015)*



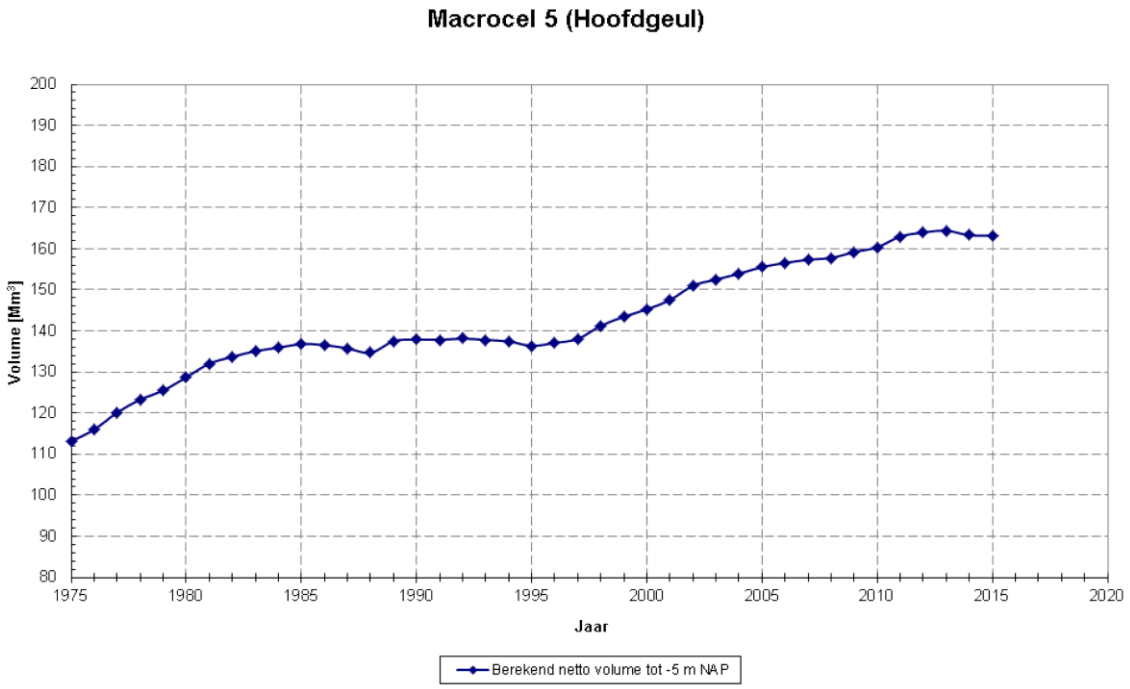

*Figuur 5-119: Getijvolumeverdeling Raai 6 in macrocel 4 (bron: (Schrijver, 2015)*

### *Macrocel 5*

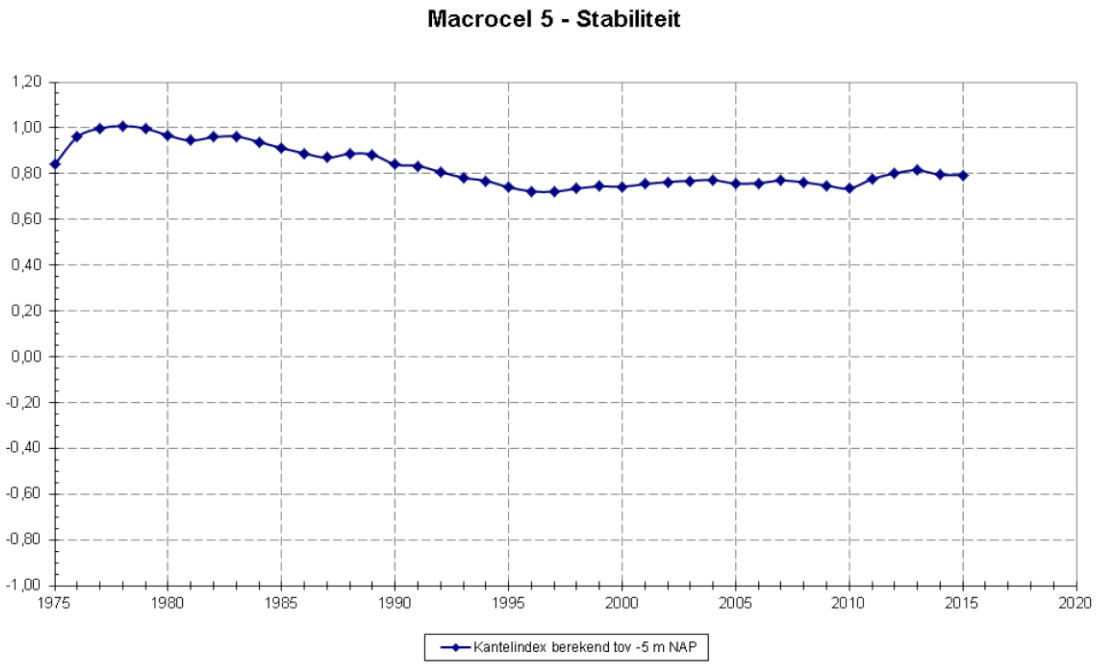
- In macrocel 5 zet de daling van het watervolume in de nevengeul sinds 2010 zich door tot 2014. Tussen 2014 en 2015 komt stabilisatie voor, wellicht door het stopzetten van de stortingen in de nevengeul (Figuur 5-120). Het volume bevindt zich sinds 2012 onder de waarschuwingsgrens. In 2014 en 2015 bevindt het volume zich tussen de ondergrens na 5 jaar en de ondergrens na 10 jaar.
- De langzame stijging van het watervolume in de hoofdgeul is gestopt in 2013 (Figuur 5-121). Tussen 2013 en 2015 komt een lichte daling van het opgemeten volume voor. Wellicht is dit eerder te wijten aan de toename van het stortvolume in SH41, en de opwaartse migratie van het hier gestorte sediment, dan aan het min of meer constante stortvolume in SH51.
- Na 2010 stijgt de kantelindex nog, door de volumedaling in de nevengeul, maar nadien, vanaf 2014 blijft de verhouding tussen neven- en hoofdgeul stabiel (Figuur 5-122).
- Zowel bij eb als bij vloed verwerkt de Schaar van Waarde minder debiet in de recentste metingen (2013). Bij eb is de daling meer uitgesproken (Figuur 5-123). Merk op dat de ligging van de nevengeul, en vooral de aansluiting op de hoofdgeul, morfologisch sterk verschoven is in de laatste jaren. Dit kan op de berekende volumes een invloed hebben aangezien de rekenvakken niet mee schuiven met de as van de geul.



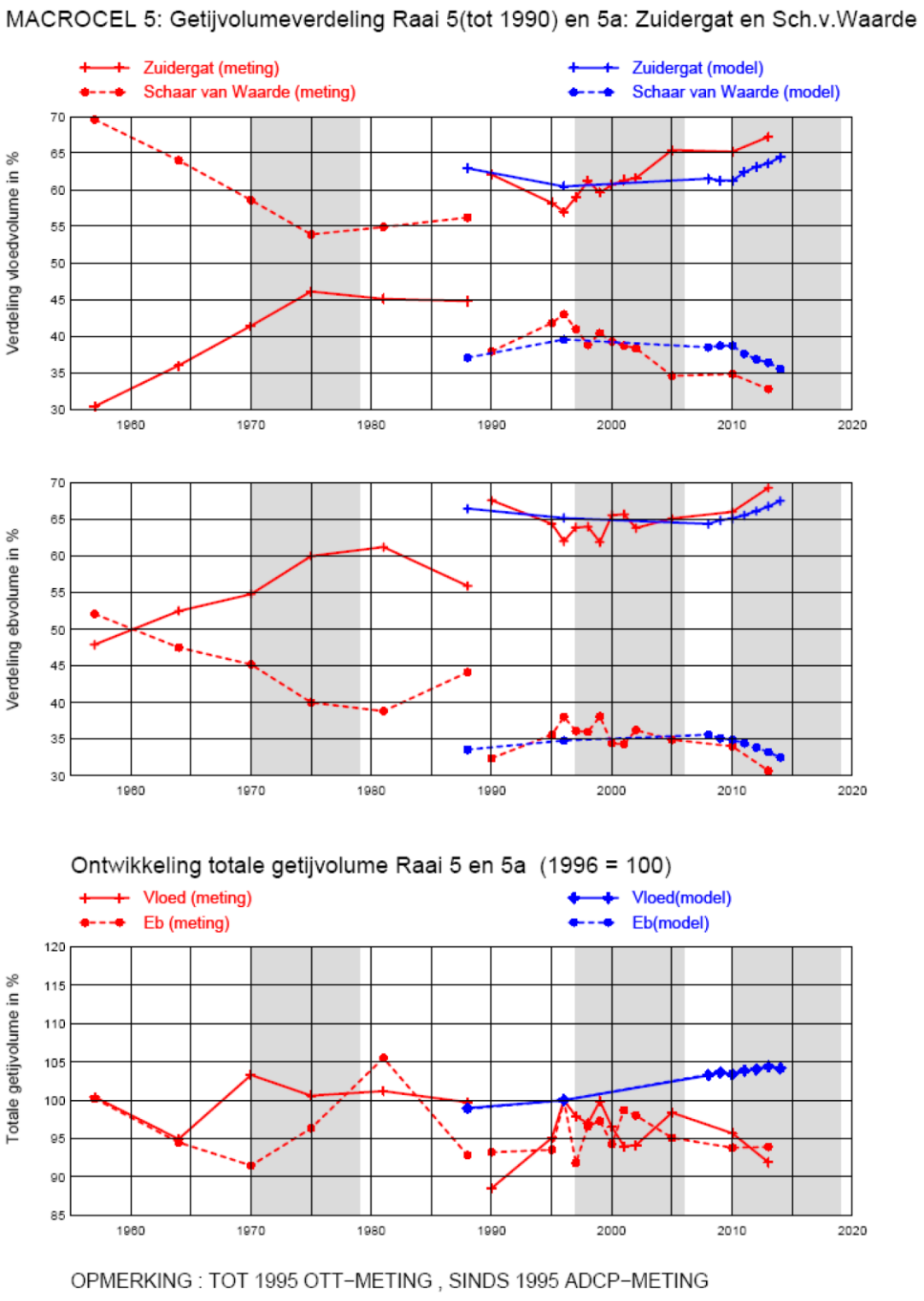

*Figuur 5-120: Netto volume vloedschaar nevengeul macrocel 5 (bron: (Schrijver, 2015)*




*Figuur 5-121: Netto volume vloedschaar hoofdgeul macrocel 4 (bron: (Schrijver, 2015)*



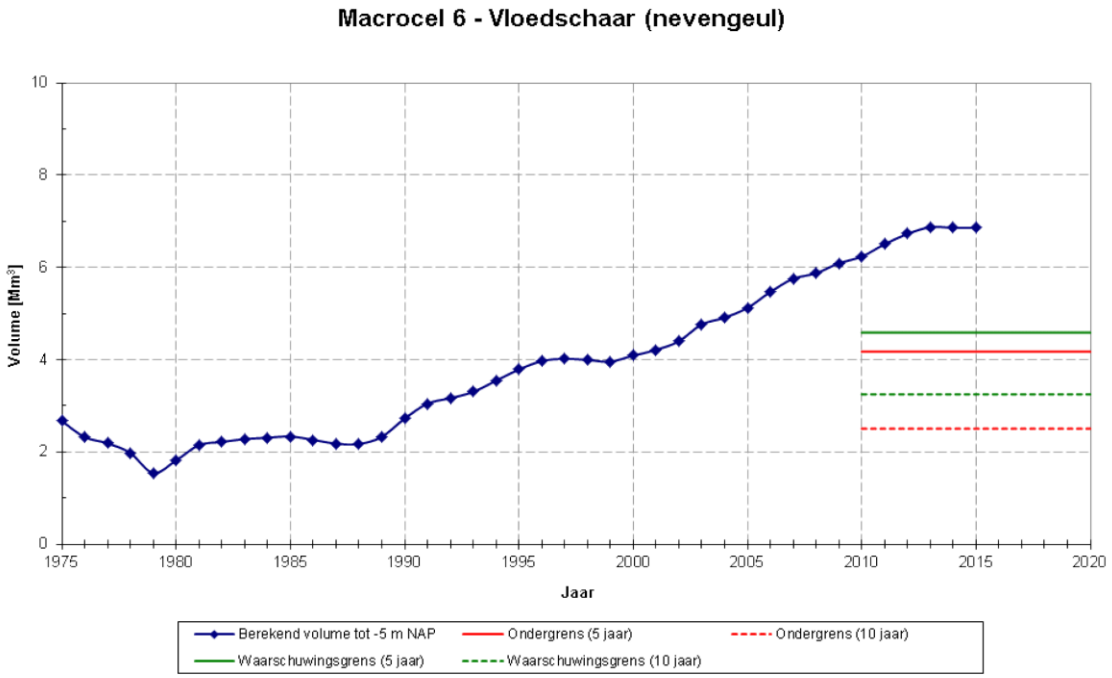

*Figuur 5-122: De evolutie van de kantelindex voor macrocel 5 (bron: (Schrijver, 2015)*



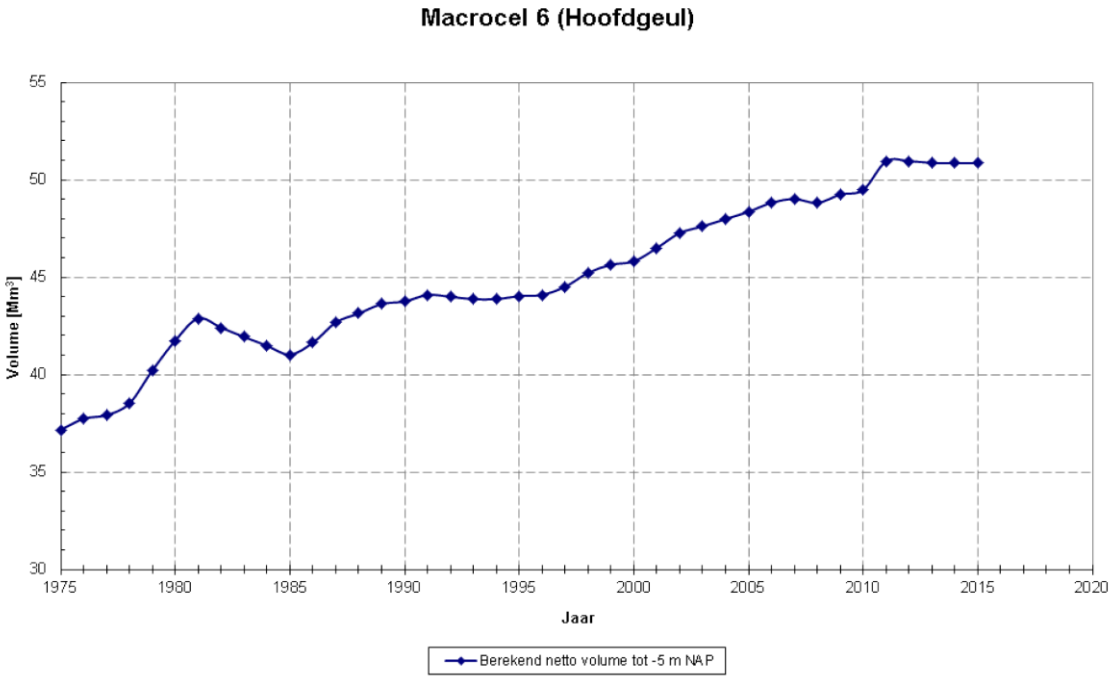

*Figuur 5-123: Getijvolumeverdeling Raai 5 en 5a in macrocel 5 (bron: (Schrijver, 2015)*

### *Macrocel 6*

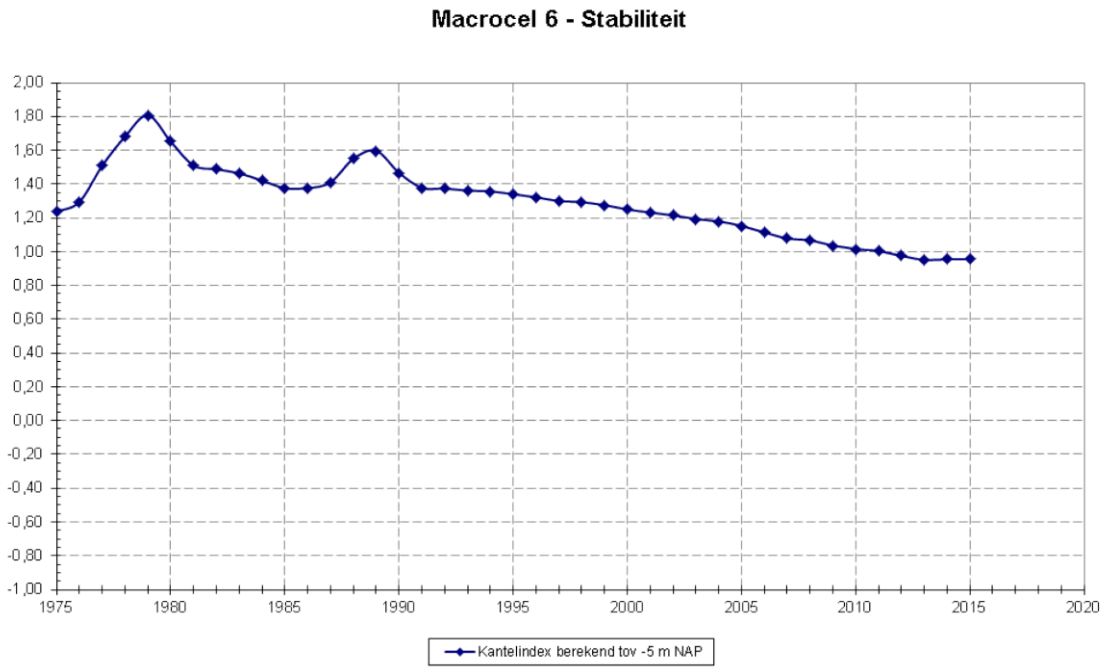
- Daar de Schaar van de Noord (nevengeul) voornamelijk onderhevig is aan erosie (§5.1.1.5), zet de stijgende trend in de nevengeul van macrocel 6 zich voort tot 2013. Tussen 2013 en 2015 blijft het volume in de nevengeul stabiel. Het watervolume bevindt zich ver boven de waarschuwingsgrens en voldoet ruim aan het strengste criterium (Figuur 5-124).
- Figuur 5-125 weerspiegelt het effect van de stortingen van de laatste jaren in SH61. De sterke toename van het watervolume onder invloed van de verruimingswerken in 2010-2011, stabiliseert in de daaropvolgende jaren door stortingen ter hoogte van het Nauw van Bath.
- Door het ruimer worden van de nevengeul ondervond de kantelindex geruime tijd een afnemende trend. Sinds 2014 zijn de volumevariaties in beide geulen gering geworden en blijft ook de kantelindex stabiel (Figuur 5-126).
- Het effect van de verruiming is ook waarneembaar in Figuur 5-127: door baggerwerken krijgt de hoofdgeul (ebgeul) meer debiet te verwerken tijdens vloed. Het effect is hier relatief sterk zichtbaarom, wellicht omdat de verruimingsvolume ten opzichte van het geulvolume hier aanzienlijk groot is. Het relatieve aandeel tijdens eb blijft echter vrij stabiel.



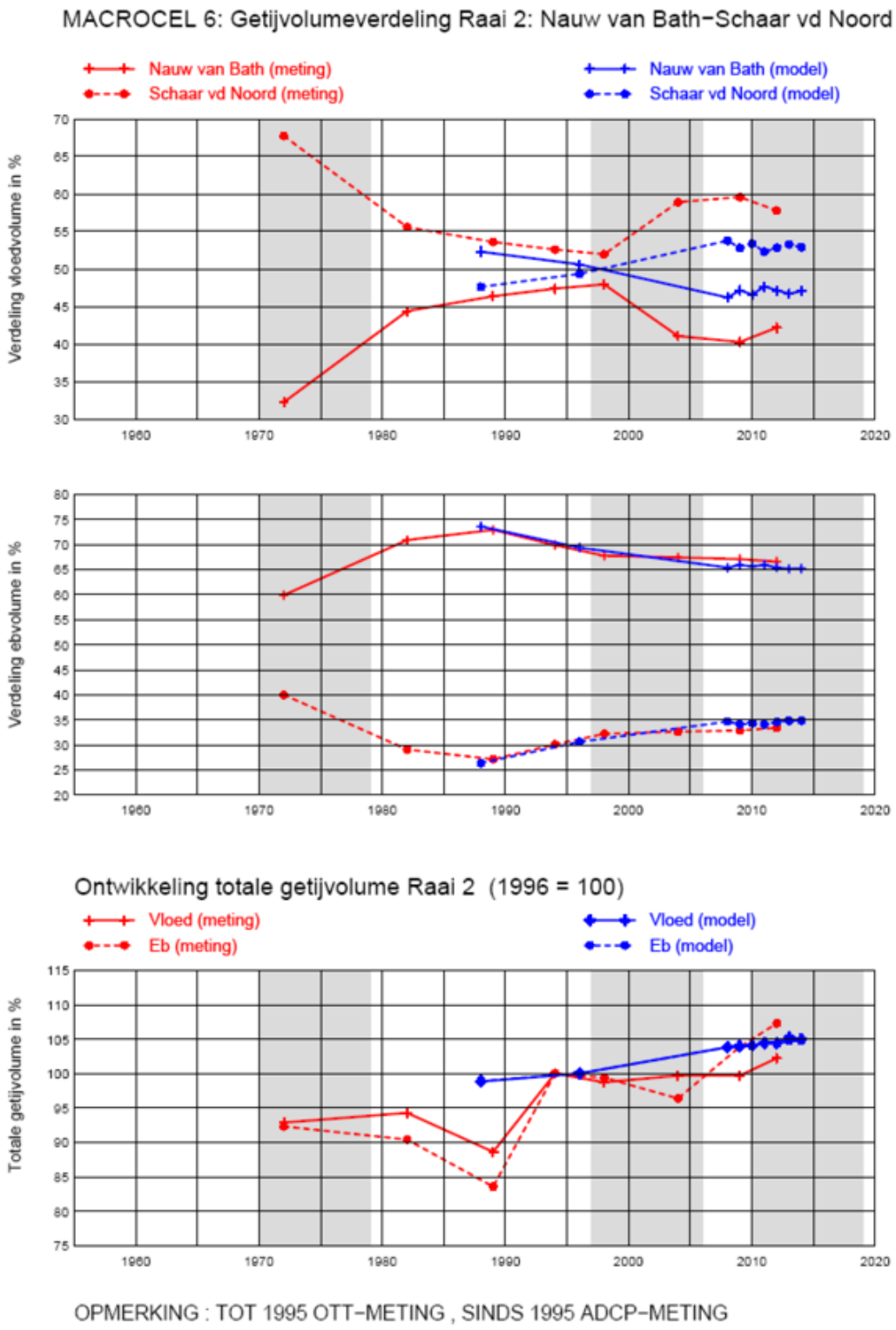

*Figuur 5-124: Netto volume vloedschaar nevengeul macrocel 6 (bron: (Schrijver, 2015)*




*Figuur 5-125: Netto volume ebschaar hoofdgeul macrocel 6 (bron: (Schrijver, 2015)*



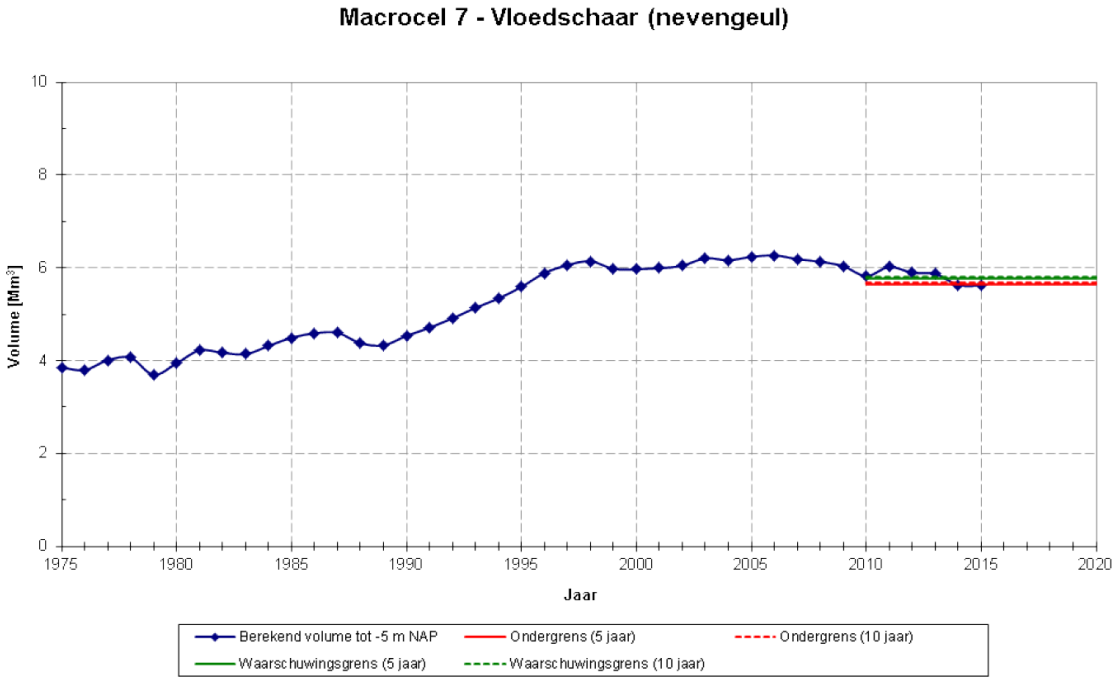

*Figuur 5-126: De evolutie van de kantelindex voor macrocel 6 (bron: (Schrijver, 2015)*



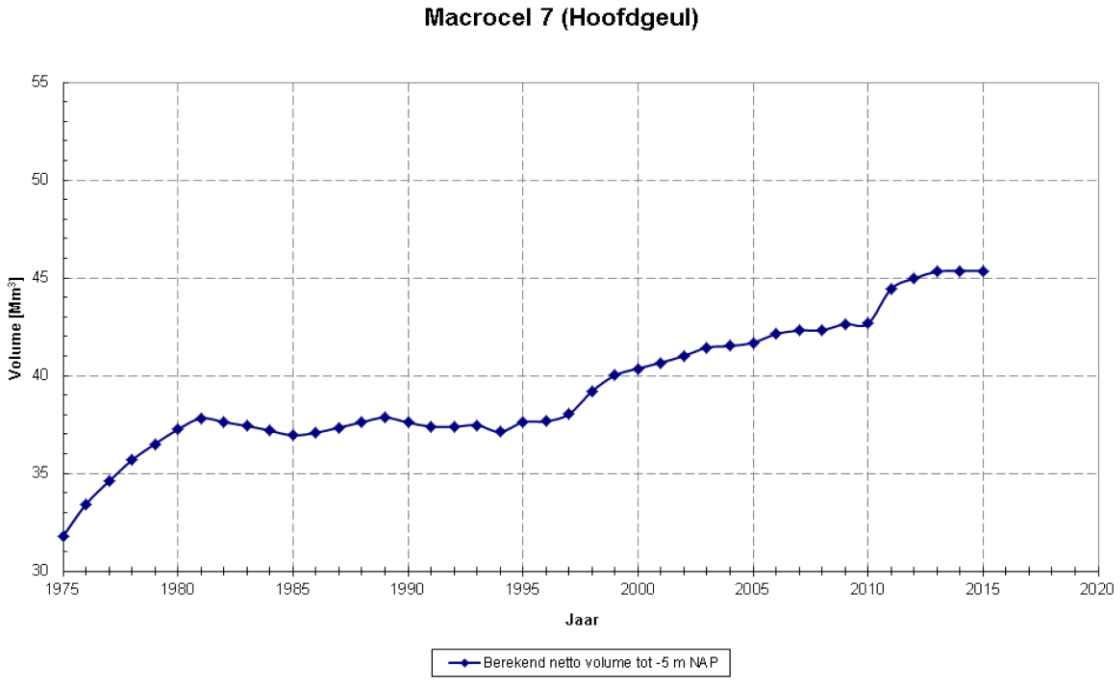

*Figuur 5-127: Getijvolumeverdeling Raai 2 in macrocel 6 (bron: (Schrijver, 2015)*

### *Macrocel 7*

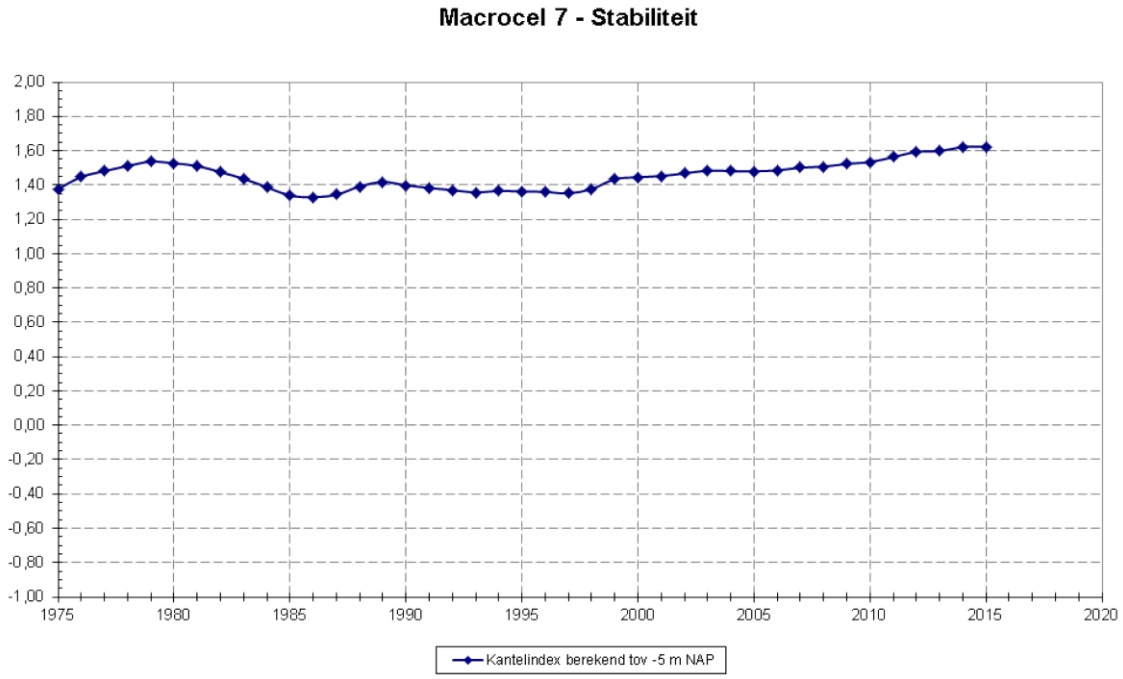
- Na een lichte stijging tussen 2010-2011 door erosie aan de Ballastplaat, kent het berekende watervolume terug een lichte daling door sedimentatie van de Appelzak. Hiermee komt het volume in de buurt van de waarschuwingsgrens, maar wordt ze niet onderschreden. Tussen 2013 en 2014 wordt zowel de waarschuwings- als de ondergrens overschreden. Dit wordt opnieuw veroorzaakt door sedimentatie in de Appelzak (Figuur 5-128).
- Het watervolume in de hoofdgeul wordt in sterke mate beïnvloed door de baggerwerken die ter plaatse worden uitgevoerd. Zo kent het watervolume in 2010-2011 een sterke stijging door de verdiepingswerken op de Drempel van Bath en de Drempel van Zandvliet. De daaropvolgende jaren zorgen bijkomende baggerwerken voor een minder uitgesproken toename en vanaf 2013 treedt stabilisatie op (Figuur 5-129).
- Door de verdieping van de hoofdgeul neemt de kantelindex toe. Na de verdieping in 2010 nemen de baggerwerken af en stabiliseert de kantelindex(Figuur 5-130).
- Op Figuur 5-131 is te zien dat de verdeling van het vloedvolume vrij stabiel blijft doorheen de tijd. Het aandeel van de nevengeul tijdens eb is gering en neemt recent nog verder af. Het volume in de nevengeul van macrocel 7 is steeds zeer klein. De stroomgeleidingsdam aan de Appelzak, gebouwd halfweg de jaren ’60, is hier mee de oorzaak van.



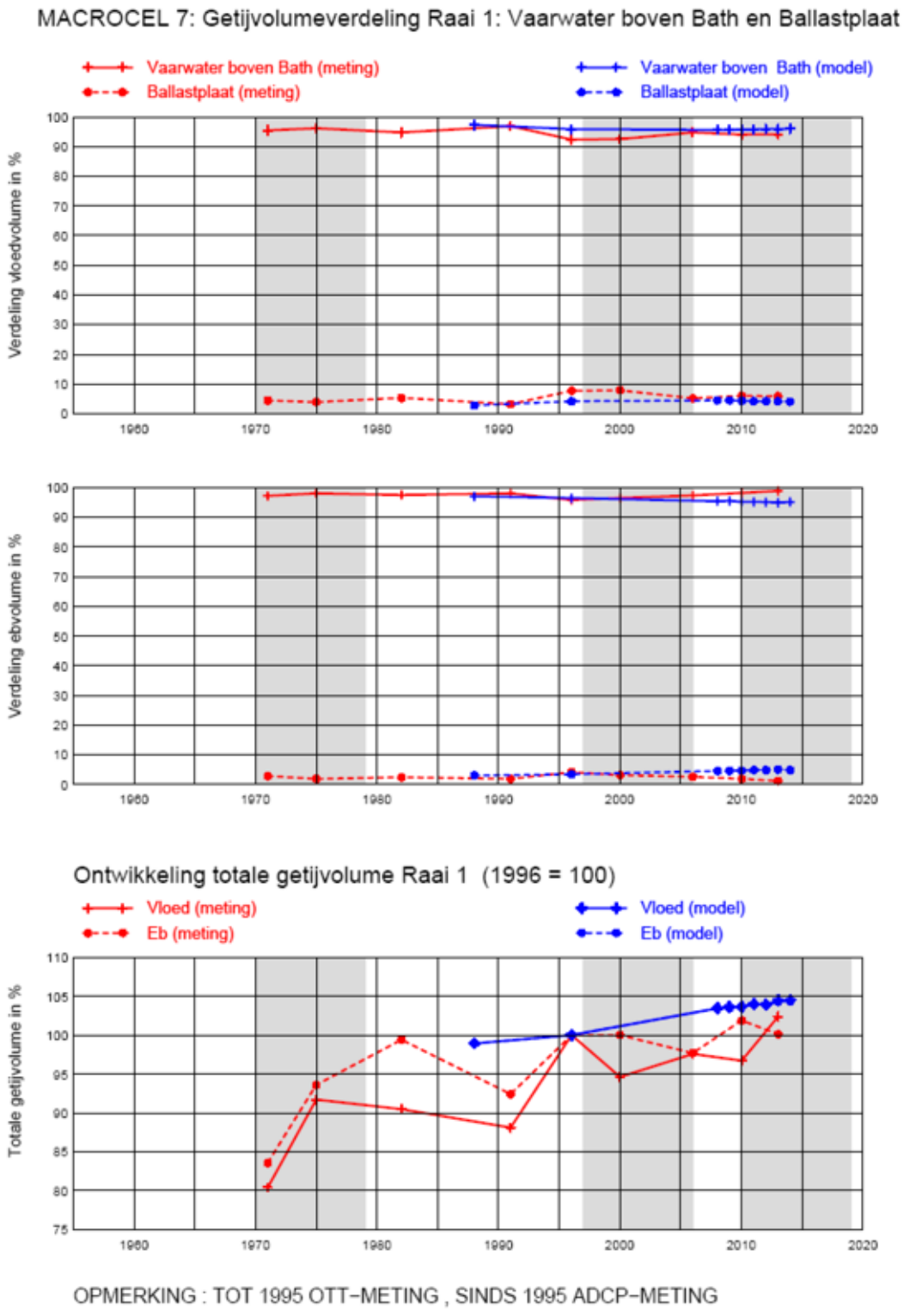

*Figuur 5-128: Netto volume vloedschaar nevengeul macrocel 7 (bron: (Schrijver, 2015)*




*Figuur 5-129: Netto volume ebschaar hoofdgeul macrocel 7 (bron: (Schrijver, 2015)*




*Figuur 5-130: De evolutie van de kantelindex voor macrocel 7 (bron: (Schrijver, 2015)*




*Figuur 5-131: Getijvolumeverdeling Raai 1 in macrocel 7 (bron: (Schrijver, 2015)*

## 5.5 STABILITEIT VAN DE PLAATRANDSTORTINGEN

Baggerspecie die minder goed blijft liggen aan de plaatranden is ongewenst omdat door erosie van de baggerspecie de gewenste ecologische winst in het gedrang kan komen. In Tabel 5-9 is opgenomen hoeveel procent van de gestorte specie vanaf de aanvang van de stortwerkzaamheden per jaar nog aanwezig dient te zijn.

Vanaf de tweede vergunningsperiode wordt de stabiliteit van de specie vanaf 11/02/2015 opnieuw geëvalueerd volgens dezelfde tabel (het criterium is dus opnieuw 80 % na 1 jaar).

*Tabel 5-9: Gewenste hoeveelheden specie per jaar na beëindigen storten verdiepingsspecie (stabiliteit plaatrandstorting).*

| Jaar | Percentage oorspronkelijk gestort materiaal |
|---|---|
| **0** | 100 % |
| **1** | 80 % |
| **2** | 70 % |
| **3** | 60 % |
| 4 | 50 % |
| **5** | 40 % |

Door analyse van multibeam peilingen (Bijlage F) worden volumeveranderingen aan de plaatranden berekend. De waargenomen volumeveranderingen zijn een gevolg van de stortingen die er uitgevoerd worden en van autonome sedimentatie- en erosieprocessen. Naast de gewone peilingen die plaatsvinden, en tot een diepte van -2 m NAP peilen, zijn er ook zesmaandelijks zogenaamde grote peilingen die tot -1 m NAP peilen, wat kan leiden tot kleine variaties in de volumeberekeningen. De volumeveranderingen in de peilingen worden berekend binnen ‘rekenpolygonen’ die gelijk zijn aan de stortzones inclusief een buffer van 100 m. Deze volumeveranderingen worden vergeleken met de storthoeveelheden die door aMT geregistreerd werden.

Voor elk van de plaatrandstortzones worden hieronder resultaten weergegeven die het verloop van de stort- en peilvolumes tonen, en het verloop van de stabiliteit. De stabiliteit is bepaald als quotiënt van het gepeilde volume (= in situ bodemveranderingen) en het gestorte volume (= aangevoerde hoeveelheden, omgerekend naar in situ volume).

Het referentietijdstip komt overeen met de start van de verdiepingsstortingen op 12 februari 2010. De toetsing gebeurt dan per 12 februari van elk volgend jaar (of een nabijgelegen voorgaande of volgende peiling).

Voor elk van de vier platen HPW, HPN PWA en RVB worden maandelijks rapporten opgesteld met daarin de ontwikkeling van de bodemdiepte in de stortzone en de plaatranden. In wat volgt worden de bevindingen en resultaten integraal overgenomen vanuit het “Statusrapport zes jaar na de start van de verdiepingsstortingen” (IMDC, 2016c). Voor elk van de vier platen werden twee dieptekaarten opgemaakt: de situatie rond 12 februari 2010 en de situatie 6 jaar later, in 2016.

Om de evolutie weer te geven van de plaatrandstortingen in deze periode, werden verschilkaarten opgemaakt tussen 2010-2016. Deze kaarten zijn opgenomen in Bijlage F.

#### 5.5.1.1 Hooge Platen West

De stortingen op Hooge Platen West zijn uitgevoerd in 3 periodes. De eerste periode liep van 12/02/2010 tot 10/05/2010; er werd een volume van 1,95 Mm³ gestort. Kort na de stortingen (30/05/2010) was nog 97 % van het gestorte materiaal aanwezig. Na 1 jaar (T16, 16/02/2011) was dit nog 62 % met een vrijwel lineaire terugval vanaf 30/05/2010.

Een tweede stortperiode liep van 11/05/2011 tot 17/07/2011 en omvatte het storten van fijne onderhoudsbaggerspecie afkomstig van de Drempel van Borssele. Kort na deze bijkomende stortingen (T20, 26/07/2011) was de stabiliteit van het totale gestorte volume opnieuw gestegen tot 70 %. Aan het einde van het tweede vergunningsjaar (T26, 08/02/2012) lag de stabiliteit van de gestorte specie nog steeds op 70 %, alhoewel de stabiliteit tussen T20 en T26 varieerde tussen 60 % en 80 %. De derde stortperiode liep van 18/06/2013 tot 25/06/2013; er werd ca. 130 000 m³ specie gestort, afkomstig van de Drempel van Vlissingen. Kort na de stortingen, bij T42 (3/07/2013) bedroeg de stabiliteit 70 %. Deze stabiliteit neemt langzaam af en bedraagt op 5/02/2015 (T63) 59 %.

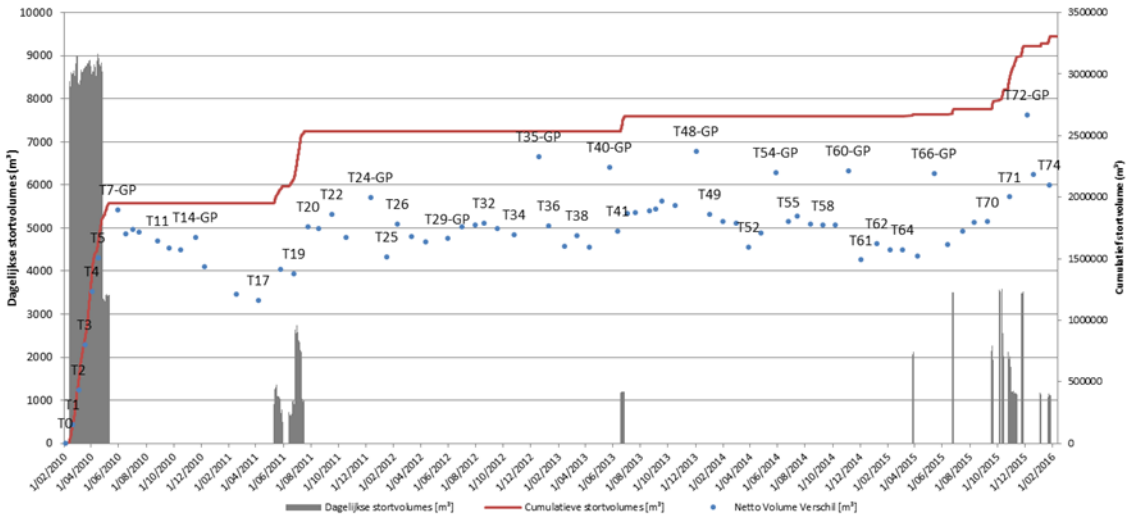
Nadien is de stortstrategie gewijzigd en zijn er regelmatig kleinere volumes baggerspecie op de plaatrand aangebracht. De eerste storting volgens deze strategie werd uitgevoerd op 27/03/2015. De laatste storting in het zesde vergunningsjaar dateert van 11/02/2016. Het overgrote deel van het gestorte sediment is afkomstig van de Drempel van Borssele. Kleinere hoeveelheden werden aangevoerd van op de Drempel van Vlissingen, de Honte en de Pas van Terneuzen.

In totaal werd er in het zesde vergunningsjaar (12/02/2015 - 11/02/2016) ca. 648 000 m³ (in-situ) op de plaatrandstortzone Hooge Platen West aangebracht. Hiervan is ten opzicht van 24 januari 2016 (T74) nog 589 000 m³ aanwezig**.** De stabiliteit sinds de start van de tweede vergunning bedraagt hierdoor 95 %. De totale stabiliteit na 6 jaar (sinds de start van de eerste vergunning) bedraagt 64 %.

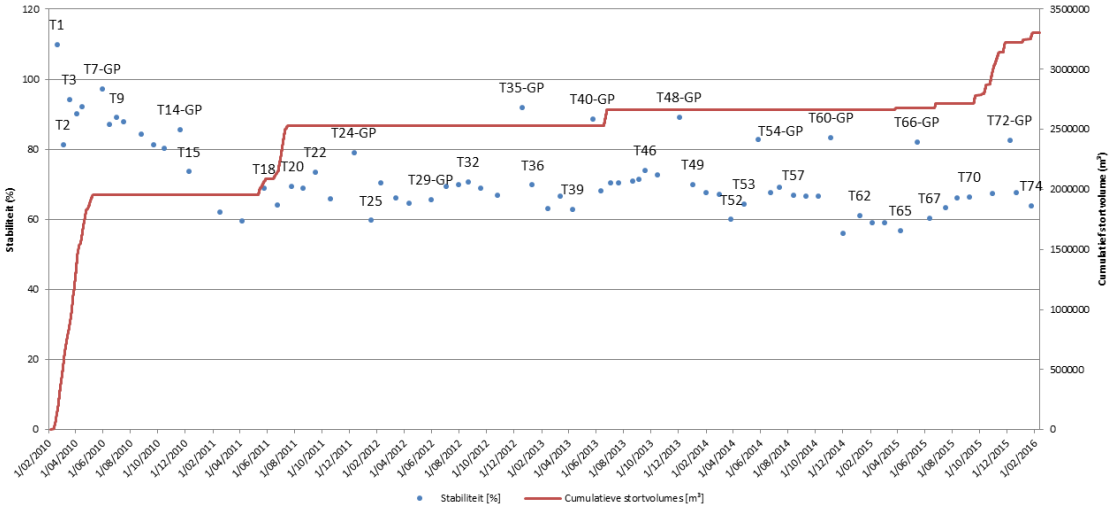
Het verloop van de stortingen en de gepeilde volumeverschillen wordt weergegeven in Figuur 5-132. De stabiliteit van de gestorte baggerspecie is voorgesteld in Figuur 5-133. De stabiliteit op enkele bovenvermelde tijdstippen wordt samengevat in Tabel 5-10.

*Tabel 5-10: Samenvatting van de stabiliteit van de plaatrandstortingen op Hooge Platen West. Volumes in m³. Toetswaarden staan in vet gedrukt. Grote peilingen worden in de nummering met '-GP' aangeduid.*

| Datum | Peiling | Gepeild | Gestort | Stabiliteit |
|---|---|---|---|---|
| 04/02/2010 | T0 | 0 | 0 | / |
| 12/02/2010 | $T_{start}$ | Aanvang plaatrandstorting | | |
| 30/05/2010 | T7-GP | 1 898 215 | 1 952 569 | 97 % |
| **16/02/2011** | **T16** | **1 214 198** | **1 952 569** | **62 %** |
| 26/07/2011 | T20 | 1 761 692 | 2 532 354 | 70 % |
| **08/02/2012** | **T26** | **1 783 120** | **2 532 354** | **70 %** |
| 20/08/2012 | T32 | 1 790 500 | 2 532 354 | 71 % |
| **13/02/2013** | **T37** | **1 597 878** | **2 532 354** | **63 %** |
| 3/07/2013 | T43 | 1 871 435 | 2 660 047 | 70 % |
| **31/01/2014** | **T50** | **1 799 806** | **2 660 047** | **68 %** |
| 24/06/2014 | T55 | 1 799 835 | 2 660 047 | 68 % |
| **5/02/2015** | **T63** | **1 572 337** | **2 660 047** | **59 %** |
| 17/07/2015 | T68 | 1 721 697 | 2 712 388 | 63 % |
| **24/01/2016** | **T74** | **2 099 818** | **3 280 757** | **64 %** |




*Figuur 5-132: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal (m³) en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzicht van de beginsituatie) (m³) voor de stortzone Hooge Platen West.*




*Figuur 5-133: Verloop van de stabiliteit (%) van het gestorte volume en het cumulatief stortvolume (m³) voor de stortzone Hooge Platen West.*

### 5.5.1.2 Hooge Platen Noord

De stortingen op Hooge Platen Noord zijn in verschillende fasen uitgevoerd. De stortingen werden gestart op 5/05/2010. Op 25/01/2011 (T17) was het gepeilde en gestorte volume (3,46 Mm³) bijna gelijk (stabiliteit 101 %).

Sindsdien is nog verder gestort, maar minder intensief. In de eerste peiling na de laatste stortingen (T23, 02/08/2011) bedroeg de stabiliteit 104%; er was 4,01 Mm³ gestort, terwijl in de peilingen een volumetoename van 4,16 Mm³ werd geregistreerd. Na twee jaar (T29, 17/02/2012) is het volumeverschil verder toegenomen als gevolg van natuurlijke sedimentatie, tot 4,22 Mm³ wat een stabiliteit van 105 % oplevert. Tijdens het derde vergunningsjaar werd in ondiep water gestort tussen de plaatrand en de oostelijke aangelegde arm om dit deel van het gebied verder te verondiepen. De omvang van deze stortingen was te klein om gelijktijdige autonome erosie tegen te gaan, waardoor het peilvolumeverschil en de gehele stabiliteit licht afnam. Gedurende het vierde vergunningsjaar werden geen verdere stortingen uitgevoerd op de plaatrand. De stabiliteit van de stortingen fluctueert tussen 100 % en 105 %. Enkel bij grote peilingen T43 (25/05/2013) en T49 (3/12/213) ligt het opgemeten volume hoger, op 108 % resp. 107 %. De stabiliteit bij peiling T51 (11/02/2014) bedraagt 103 %. Gedurende het vijfde vergunningsjaar werd bijna 87 000 m³ extra baggerspecie gestort ten oosten van de oorspronkelijk aangelegde dam op de oostelijke zandtong. Ondanks de extra stortingen onderging de stabiliteit een beperkte daling. Bij het einde van de vijfde vergunningsjaar (T64, 3/02/2015) bedroeg deze 101 %.

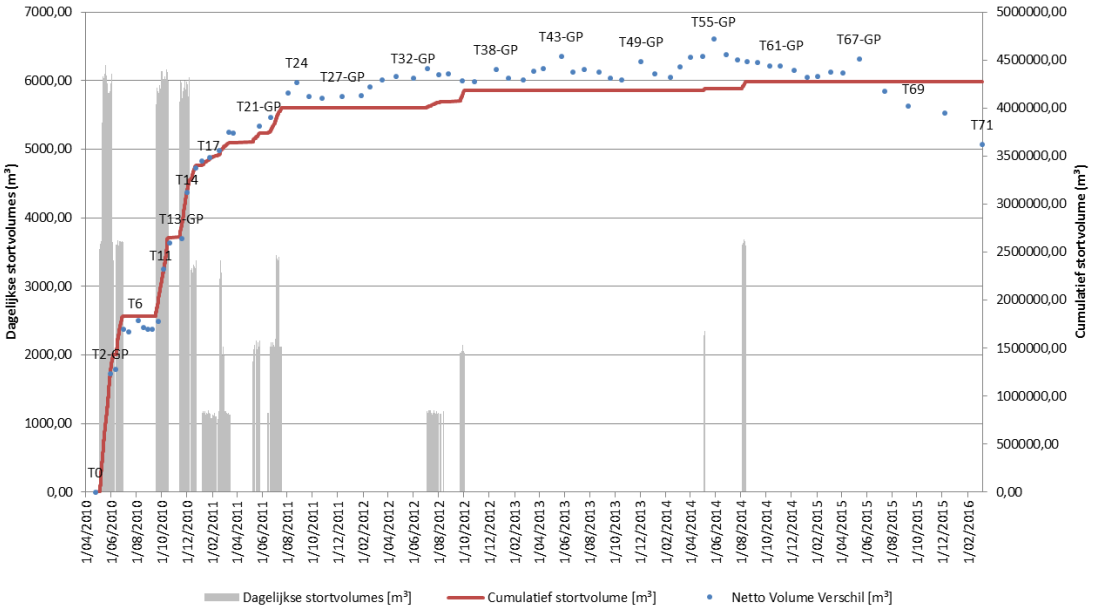
Tijdens het zesde vergunningsjaar zijn zeer beperkte bijkomende stortingen uitgevoerd op de plaatrand Hooge Platen Noord (18 000 m³). In deze periode is meer sediment geërodeerd, waardoor de stabiliteit ten opzicht van de start van de tweede vergunningsperiode ‘netto’ kleiner is dan nul (-2916 %). Op lange termijn komen de peilhoeveelheden op de Hooge Platen Noord goed overeen met de gestorte volumes. Sinds juli 2015 wordt een toenemend verschil waargenomen waarbij het opgemeten peilvolume en dus ook de stabiliteit afneemt.

Bij het peiling T71 (7/03/2016) bedraagt de netto stabiliteit op de Hooge Platen Noord 84 %. Deze waarde wordt gebruikt als toetswaarde voor het zesde vergunningsjaar.

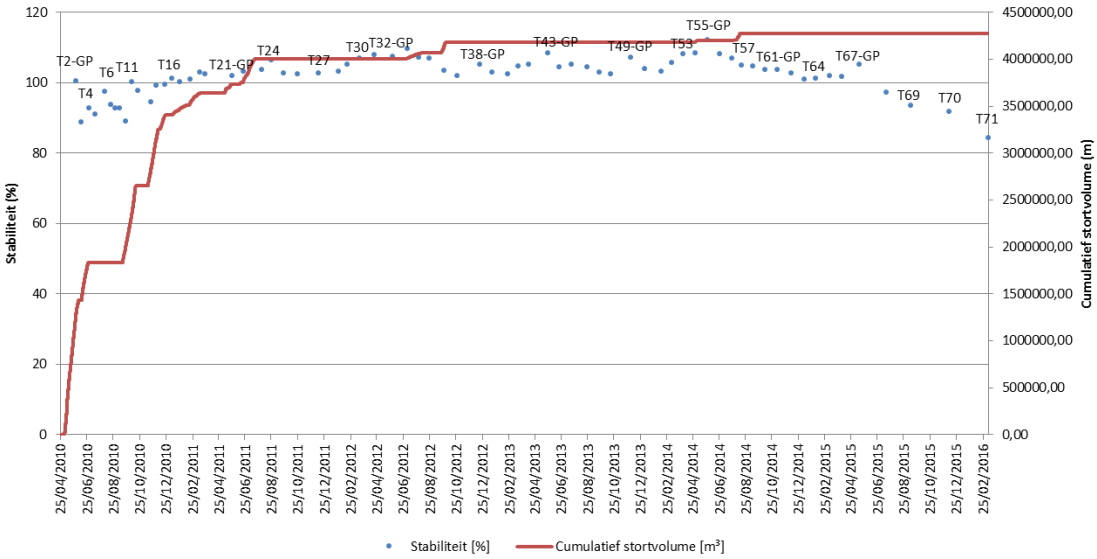
Het verloop van de stortingen en de gepeilde volumeverschillen wordt weergegeven in Figuur 5-134. De stabiliteit van de gestorte baggerspecie is voorgesteld in Figuur 5-135. De stabiliteit op enkele bovenvermelde tijdstippen wordt samengevat in Tabel 5-11.

*Tabel 5-11: Samenvatting van de stabiliteit van de plaatrandstortingen op Hooge Platen Noord. Volumes in m³. Toetswaarden staan in vet gedrukt.*

| Datum | Peiling | Gepeild | Gestort | Stabiliteit |
|---|---|---|---|---|
| **25/04/2010** | T0 | | 0 | / |
| **05/05/2010** | $T_{start}$ | Aanvang plaatrandstorting | | |
| **25/01/2011** | T17 | 3 481 438 | 3 468 262 | 100 % |
| **25/05/2011** | T21 | 3 815 873 | 3 735 451 | 102 % |
| **02/08/2011** | T23 | 4 157 902 | 4 005 770 | 104 % |
| **17/02/2012** | T29 | 4 219 753 | 4 005 770 | 105 % |
| **23/08/2012** | T36 | 4 359 163 | 4 007 044 | 107 % |
| **21/02/2013** | T41 | 4 295 173 | 4 185 575 | 103 % |
| **23/08/2013** | T46 | 4 379 044 | 4 185 575 | 105 % |
| **11/02/2014** | **T51** | **4 323 818** | **4 185 575** | **103 %** |
| **30/04/2014** | T54 | 4 543 146 | 4 185 575 | 109 % |
| **28/05/2014** | T55 | 4 717 440 | 4 203 675 | 112 % |
| **24/07/2014** | T57 | 4 501 377 | 4 203 675 | 107 % |
| **15/08/2014** | T58 | 4 483 488 | 4 272 392 | 105 % |
| **3/02/2015** | **T64** | **4 327 670** | **4 272 392** | **101 %** |
| **15/07/2015** | T68 | 4172766 | 4 290 725 | 97 % |
| **7/03/2016** | **T71** | **3 619 251** | **4 290 725** | **84 %** |




*Figuur 5-134: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzicht van de beginsituatie) voor de stortzone Hooge Platen Noord.*




*Figuur 5-135: Verloop van de stabiliteit (%) van het gestorte volume en het cumulatief stortvolume (m³) voor de stortzone Hooge Platen Noord.*

#### 5.5.1.3 Plaat van Walsoorden

De stortingen aan de Plaat van Walsoorden zijn in meerdere periodes uitgevoerd. De eerste periode startte op 12/02/2010 en nam in intensiteit toe gedurende de zomer van 2010 (juni en juli). Vanaf augustus nam de stortintensiteit weer af. De laatste storting vond plaats op 25/09/2010. In totaal werd 3,72 Mm³ gestort. De eerste hierop volgende peiling is T16 (2/10/2010) waaruit blijkt dat 74 % van de gestorte specie stabiel is. Ongeveer een jaar na het starten van de plaatrandstortingen, op 8/2/2011 (T22) blijkt nog steeds 74 % van de gestorte specie aanwezig.

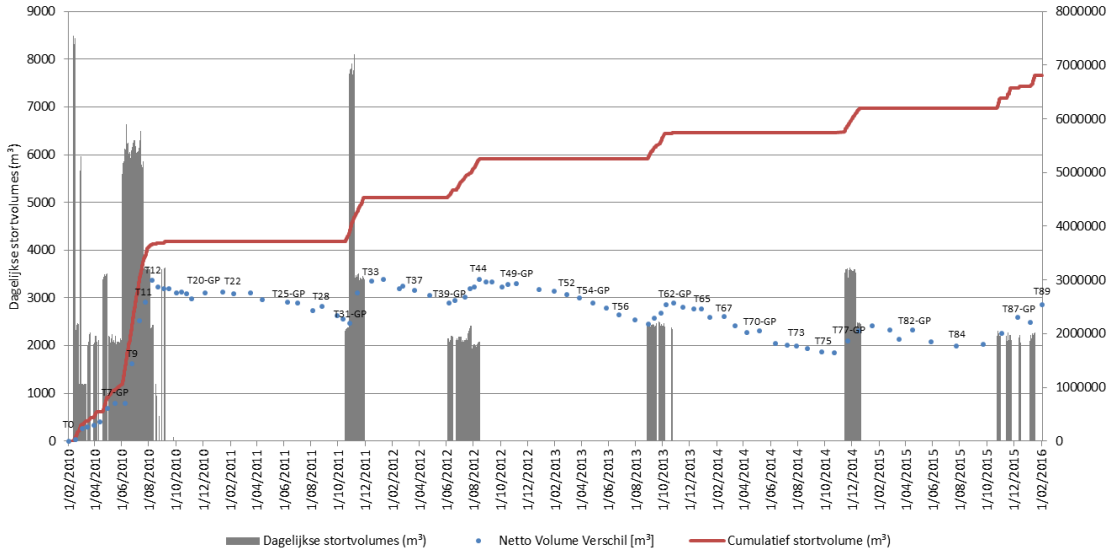
De tweede stortperiode liep van 16/10/2011 tot 28/11/2011 en omvatte een volume van ruim 820 000 m³. De eerste peiling die volgt op de plaatrandstortingen (T33, 15/12/2011) toont een totale stabiliteit van 66 %. Uit de peiling net voor het begin van deze stortingen (T30, 12/10/2011) bleek een stabiliteit van 61 %. Twee jaar na het start van de plaatrandstortingen was de totale stabiliteit van gestorte specie 62 %, wat blijkt uit peiling T35 van 17/02/2011. Tijdens het derde vergunningsjaar is verder gestort in de zuidelijke vloedschaar op de plaatrand. Dit heeft geleid tot een netto volumetoename maar niet tot een toename van de totale stabiliteit. Tijdens het vierde vergunningsjaar werden stortingen uitgevoerd in de periode augustus-september 2013. Tussen T57 (31/07/13) en T62 (25/10/2013) is 496 000 m³ gestort. Bij T67 (17/02/2014) is het netto volume-effect van de stortingen reeds verdwenen: de stabiliteit bedroeg 40 %. Ook gedurende het vijfde vergunningsjaar werd ca. 450 000 m³ gestort. Tot deze aanvullende stortingen daalde de stabiliteit verder van 40 % op het einde van het vierde vergunningsjaar tot 29 % bij T76 (22/10/2014), net voor de stortingen. Door de extra stortingen was de stabiliteit opnieuw gestegen tot 33 % bij T80 (24/02/2015).

Tussen 24/10/2015 en 17/01/2016, tijdens het zesde vergunningsjaar, werd 604 390 m³ sediment op de plaatrand gestort. De stortingen waren geconcentreerd op de grens tussen de diepe en de ondiepe plaatpunt, ten westen van het eerder aangelegde sedimentlichaam. Het peilverschil tussen peilingen T85 (23/09/2015) en T89 (3/02/2016) bedraagt 724 767 m³, wat aangeeft dat er tijdens de stortperiode aanvullende autonome sedimentatie is opgetreden. Hierdoor is de stabiliteit ten opzichte van de start van de verruiming van 29 % bij T85 tot 37 % bij T89 tegenomen. Ten opzichte van de start van de tweede vergunningsperiode bedraagt de stabiliteit 76 % aangezien van het gestorte volume nog ca. 460 000 m³ aanwezig is in de rekenpolygoon.

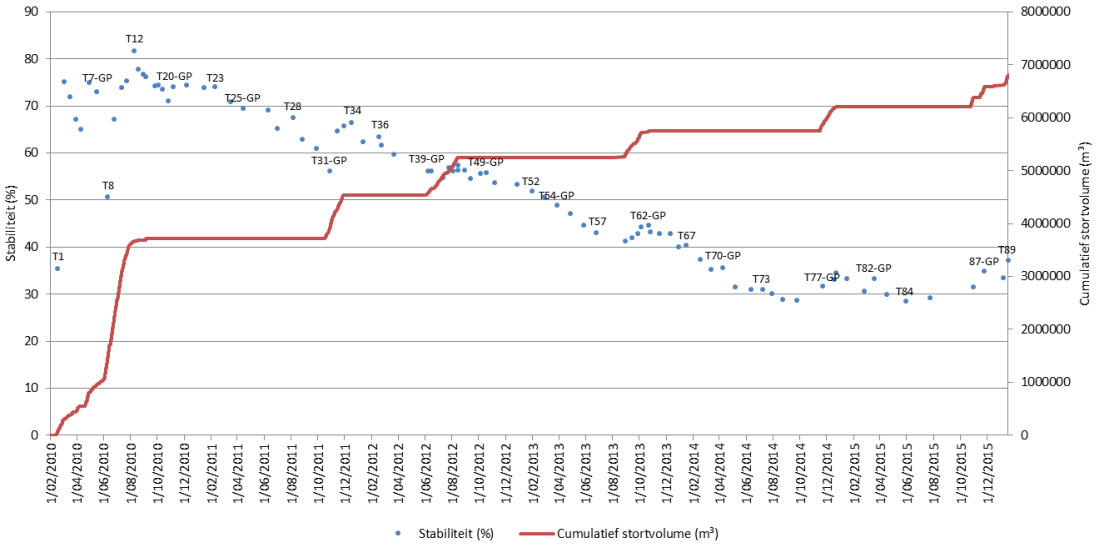
Het verloop van de stortingen en de gepeilde volumeverschillen wordt weergegeven in Figuur 5-136. De stabiliteit van de gestorte baggerspecie is voorgesteld in Figuur 5-137. Enkele belangrijke tijdstippen worden samengevat in Tabel 5-12.

*Tabel 5-12: Samenvatting van de stabiliteit van de plaatrandstortingen op de Plaat van Walsoorden. Volumes in m³. Toetswaarden staan in vet gedrukt.*

| Datum | Peiling | Gepeild | Gestort | Stabiliteit |
|---|---|---|---|---|
| **01/02/2010** | T0 | 0 | 0 | / |
| **12/02/2010** | $T_{start}$ | Aanvang plaatrandstortingen | | |
| **02/10/2010** | T16 | 2 760 957 | 3 717 468 | 74 % |
| **08/02/2011** | T22 | 2 746 777 | 3 717 468 | 74 % |
| **12/10/2011** | T30 | 2 268 680 | 3 717 467 | 61 % |
| **15/12/2011** | T33 | 2 983 328 | 4 538 290 | 66 % |
| **17/02/2012** | T35 | 2 832 188 | 4 538 290 | 62 % |
| **29/08/2012** | T45 | 2 963 865 | 5 251 512 | 56 % |
| **27/02/2013** | T52 | 2 726 383 | 5 251 512 | 52 % |
| **31/07/2013** | T57 | 2 258 471 | 5 251 512 | 43 % |
| **08/10/2013** | T61 | 2 534 326 | 5 724 504 | 44 % |
| **17/02/2014** | **T67** | **2 318 163** | **5 747 386** | **40 %** |
| **22/10/2014** | T76 | 1 644 899 | 5 747 386 | 29 % |
| **24/02/2015** | **T80** | **2 063 831** | **6 200 722** | **33 %** |
| **24/07/2015** | T84 | 1 766 896 | 6 200 722 | 28 % |
| **3/02/2016** | **T89** | **2 533 047** | **6 805 113** | **37 %** |




*Figuur 5-136: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzicht van de beginsituatie) voor de stortzone aan de Plaat van Walsoorden.*




*Figuur 5-137: Verloop van de stabiliteit (%) van het gestorte volume en het cumulatief stortvolume (m³) voor de stortzone aan de Plaat van Walsoorden*

### 5.5.1.4 Rug van Baarland

De stortingen op de rand van de Rug van Baarland zijn verspreid in de tijd uitgevoerd. In totaal werd 1,27 Mm³ gestort over een periode van 2 jaar.

Eén jaar na de start van de verdiepingswerken (T9, 02/02/2011) bleek dat de stabiliteit van de gestorte specie bijna 250 % was, wat betekent dat naast de stortingen ook natuurlijke netto sedimentatie optreedt. Er werd op het Overleg Flexibel Storten besloten verder te storten. Na bijna twee jaar (T19, 26/01/2012) is de stabiliteit toegenomen tot 268 %. Uit de gegevens en de grafiek in Figuur 5-139 blijkt wel dat deze waarde in het jaar daarvoor schommelde tussen 240 en 280 %.

Om de natuurlijke processen te monitoren, is besloten op het Overleg Flexibel Storten van 28/02/2012 om gedurende het derde vergunningsjaar niet verder in dit gebied te storten. Tijdens het derde vergunningsjaar heeft de autonome sedimentatie zich voortgezet. Op 08/02/2013 (T30) bedroeg de stabiliteit binnen het stortgebied 343 %. Ook in het vierde vergunningsjaar werden geen stortingen uitgevoerd, de autonome sedimentatie zet zich onverminderd voort en de stabiliteit bedraagt reeds 480 %. Op 21/01/2015 (T47), aan het einde van het vijfde vergunningsjaar, werd een stabiliteit opgemeten van 573 %.

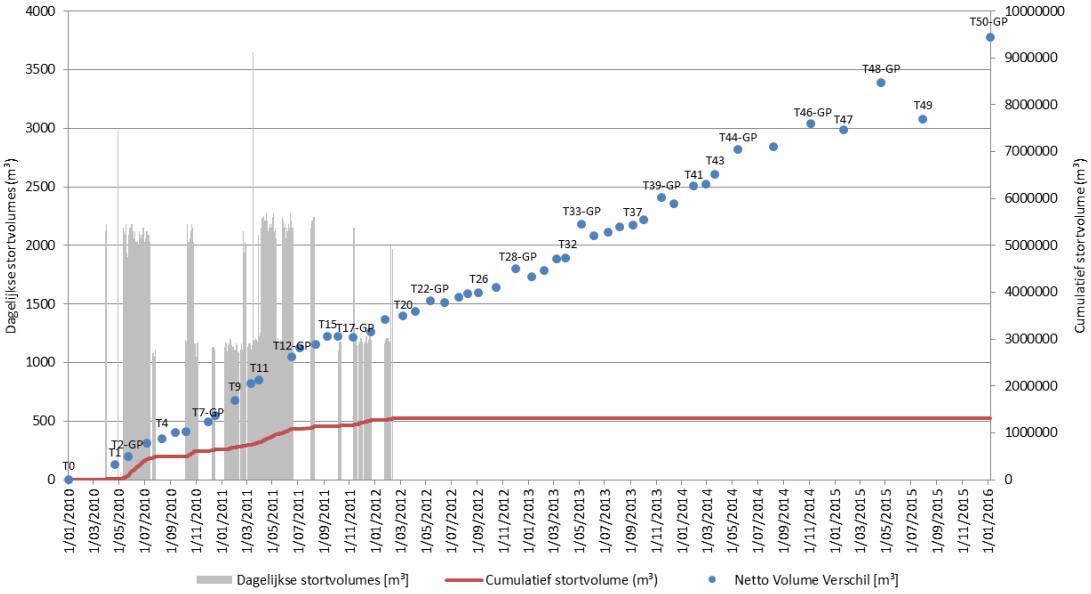
Autonome sedimentatie zorgde ervoor dat de stabiliteit ten opzichte van de start van de verruiming tijdens het zesde vergunningsjaar verder steeg tot 723 % bij T50 (7/01/2016). Aangezien niet gestort werd in de tweede vergunningsperiode, kan ook geen stabiliteitswaarde hiervoor bepaald worden (n.v.t.).

Het verloop van de stortingen en de gepeilde volumeverschillen wordt weergegeven in Figuur 5-138. De stabiliteit van de gestorte baggerspecie is voorgesteld in Figuur 5-139. Enkele belangrijke tijdstippen worden samengevat in Tabel 5-13.

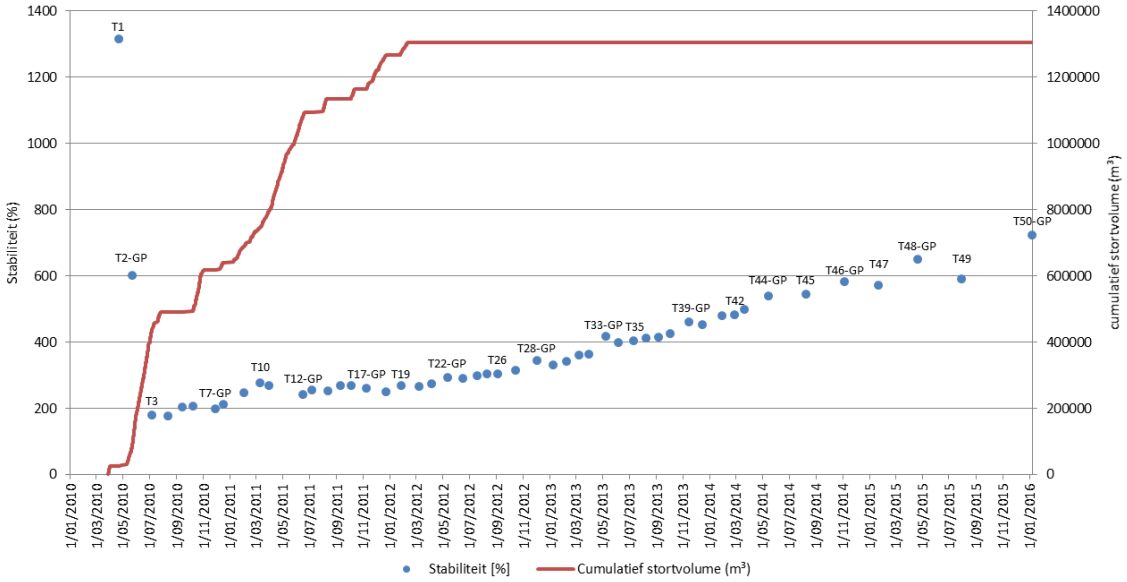
*Tabel 5-13: Samenvatting van de stabiliteit van de plaatrandstortingen op de Rug van Baarland. Volumes in m³. Toetswaarden staan in vet gedrukt.*

| Datum | Peiling | Gepeild | Gestort | Stabiliteit |
|---|---|---|---|---|
| **12/02/2010** | T0 | 0 | 0 | / |
| **29/03/2010** | $T_{start}$ | Aanvang plaatrandstortingen | | |
| **2/02/2011** | T9 | 1 697 903 | 688 780 | 247 % |
| **26/01/2012** | T19 | 3 413 582 | 1 272 388 | 268 % |
| **08/02/2013** | T30 | 4 474 282 | 1 305 019 | 343 % |
| **29/01/2014** | **T41** | **6 261 111** | **1 305 019** | **480 %** |
| **21/01/2015** | **T47** | **7 474 768** | **1 305 019** | **573 %** |
| **7/01/2016** | **T50*** | **9 439 865** | **1 305 019** | **723 %** |

* Peiling T50 betreft een grote peiling, waarbij tot een ondieper niveau is ingepeild




*Figuur 5-138: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzicht van de beginsituatie) voor de complete stortzone aan de Rug van Baarland.*




*Figuur 5-139: Verloop van de stabiliteit (%) van het gestorte volume en het cumulatief stortvolume (m³) voor de complete stortzone aan de Rug van Baarland*

### 5.5.1.5 Toetsing

De T0 komt overeen met de start van de verdiepingsstortingen op 12 februari 2010. Vanaf dan wordt er gekeken hoe de stabiliteit van de plaatranden evolueert.

De toetswaarden voor de stabiliteit van de gestorte specie na zes jaar worden samengevat in Tabel 5-14. Deze waarden dienen vergeleken te worden met de grenswaarde zoals vastgelegd in het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten. In het protocol is beschreven dat het ongewenst is als de specie minder goed blijft liggen dan voorzien in Tabel 5-9.

De toetsing van de resultaten gebeurt door het Overleg flexibel storten en wordt in een toetsingsverslag gerapporteerd (Projectgroep Flexibel Storten, 2016). De toetsing wordt per plaatrandzone uitgevoerd, aangezien het geen zin heeft de verschillende zones op te tellen. De sedimentatie- en erosietrends verschillen immers sterk tussen de 4 zones.

*Tabel 5-14: Toetswaarden stabiliteit plaatrandstortingen geldig voor het jaar 2014. Volumes in m³.*

| Stortzone | Tijdstip peiling | Peiling | Gepeild volume-verschil | Gestort volume | Stabiliteit t.o.v. start verruiming |
|---|---|---|---|---|---|
| **HPW** | 24/01/2016 | T74 | 2 099 818 | 3 280 757 | 64 % |
| **HPN** | 7/03/2016 | T71 | 3 619 251 | 4 290 725 | 84 % |
| **PWA** | 3/02/2016 | T89 | 2 533 047 | 6 805 113 | 37 % |
| **RVB** | 7/01/2016 | T50* | 9 439 865 | 1 305 019 | 723 % |
| **Grenswaarde conform Protocol** | | | | | 40 % (criterium na 5 jaar) |

*Tabel 5-15: Toetswaarden stabiliteit plaatrandstortingen geldig voor het jaar 2015, ten opzichte van begin tweede vergunningsperiode (HPW: T63; 5/02/2015; HPN: T64; 3/02/2015; PWA: T79; 16/01/2015; RVB: T47; 21/01/2015). Volumes in m³.*

| Stortzone | Tijdstip peiling | Peiling | Gepeild volume-verschil | Gestort volume | Stabiliteit t.o.v. start tweede vergunningsperiode |
|---|---|---|---|---|---|
| **HPW** | 24/01/2016 | T74 | 589 029 | 620 710 | 95 % |
| **HPN** | 7/03/2016 | T71 | -534 625 | 18 333 | -2916 % |
| **PWA** | 3/02/2016 | T89 | 459 517 | 604 390 | 76 % |
| **RVB** | 7/01/2016 | T50* | 1 532 578 | 0 | n.v.t. |
| **Grenswaarde conform Protocol** | | | | | 80 % |

### *Hooge Platen West (macrocel 1): 64/95 %*

Netto is 64 % van het gestorte materiaal ter plekke gebleven ten opzichte van het begin van de verruiming. Van de stortingen uitgevoerd in de tweede vergunningsperiode is 95 % blijven liggen. Zes jaar na de start van de verruiming liggen deze waarden boven de vastgelegde waarde in het protocol.

De zone van het Plaatje van Breskens is te hoog gelegen voor de maandelijkse multibeamopname. Om het half jaar wordt echter een ruimere zone rondom de plaatrandstortzone gepeild, waarbij de multibeamopname tot een iets hoger niveau gebeurt (dit is te tijdrovend om maandelijks te doen). Deze zgn. grote peilingen geven voor HPW het inzicht dat een deel van de gestorte specie bij het Plaatje van Breskens is gesedimenteerd, wat doorgaans leidt tot hogere stabiliteitswaarden van het gestort materiaal bij de grote peilingen. De plaatrandstortingen bij HPW hebben er dus (o.a.) voor gezorgd dat het Plaatje van Breskens wat groter is geworden.

### *Hooge Platen Noord (macrocel 1): 84/-2916 %*

Netto is 84 % van het ssinds de aanvang van de stortingen gestorte materiaal nog in de plaatrandstortzone aanwezig begin maart 2016. Door de geringe hoeveelheid stortingen uitgevoerd in de tweede verguningsperiode, overstijgt het erosievolume het stortvolume en is de stabiliteit van deze stortingen schijnbaar zeer negatief (-2916 %). Zes jaar na de start van de verruiming blijft de specie er met een hoge stabiliteit liggen (drempelwaarde = 40 %). Strikt genomen wordt het criterium van de tweede vergunningsperiode echter niet gehaald, wat niet echt relevant is is omwille van het beperkte stortvolume in deze periode.

### *Plaat van Walsoorden (macrocel 5): 37/76 %*

Netto 37 % van het gestorte materiaal ligt in februari 2016 nog in de plaatrandstortzone. Hier blijft de specie dus minder goed liggen dan in het protocol voorgeschreven is (<40 %). Ook in de tweede vergunningsperiode ligt de stabiliteit van de stortingen lager (76 %) dan de gewenste 80 %.

Een gedeeltelijke verklaring hiervoor blijft dat bij de initiële periode van storten in 2010 veel specie verloren is gegaan. Deze volumes zitten nog steeds vervat in deze 40 %. Daarnaast kent deze plaatrandzone een wat grotere erosieve trend dan de trend die vooropgesteld is in het protocol. Sediment verdwijnt in heel de zone.

Wanneer echter ingezoomd wordt op de zone waar daadwerkelijke stortingen zijn uitgevoerd, wordt duidelijk dat er nog steeds een grote hoeveelheid van het gestorte sediment aanwezig is. Daar tegenover geven de stroommetingen aan dat ter hoogte van deze plaatrandstortzone de vloedsnelheden in sommige deelzones afgenomen zijn, wat het uiteindelijke doel is.

***Rug van Baarland (macrocel 4): 100 % + 623 %***

Netto 100 % van de gestorte specie begin januari 2016 nog binnen het stortvak aanwezig, aangevuld met 623 % autonome aangroei ( ruim 1 300 000 $m^3$/j).

Het Overleg flexibel storten meent dat de Rug van Baarland niet vergelijkbaar is met de overige plaatrandstortgebieden omwille van deze autonome ontwikkeling. De zone heeft een aparte status. Rekening houdend met de sterke sedimenterende trend en de ligging grotendeels in het Middelgat, werd de voorbije jaren besloten niet meer ter hoogte van de Rug van Baarland te storten. Het lijkt daarom aangewezen dit gebied in de toekomst niet meer met de plaatrandstortzones te toetsen aan de criteria.

## 5.6 ECOTOOPAREALEN

*In deze sectie wordt de ontwikkeling van de ecotopenarealen in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde besproken. Voor de Westerschelde in het algemeen en de plaatrandstortzones in het bijzonder is het areaal laagdynamisch ecologisch waardevol gebied een toetsparameter uit het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten.*

### 5.6.1 Westerschelde

***Inleiding***

De ecotopenkaarten (Bijlage I) zijn opgesteld op basis van reële metingen in combinatie met interpretatie van geomorfologische kaarten en modelberekeningen (Rijkswaterstaat, 2006). Eind 2013 werden de ecotopenkaarten van 1996, 2001 en 2004 onderling vergelijkbaar gemaakt met de kaarten van 2008 en 2010. Deze zijn aangevuld met kaarten van 2011 en 2012 en 2015. Daardoor zijn de kaarten niet enkel geschikt om algemene trends te onderscheiden, maar kunnen ze ook gebruikt worden voor een kwantitatieve benadering.

- Ecotopenkaart 2010 wordt gezien als de T0 situatie (Bijlage I.1).
- Ecotopenkaart 2011 geeft de situatie weer 1 jaar na de start van de verruiming (IMDC, 2013).
- Ecotopenkaart 2012 geeft de situatie weer 2 jaar na de start van de verruiming.
- Ecotopenkaart 2015 geeft de situatie weer 5 jaar na de start van de verruiming (Bijlage I.2).

Hier is ook de ecotoop turn-over kaart van de periode 2010-2015 ingesloten (I.3). Deze kaart toont de ecotopenkaart 2015 met de gewijzigde zones sinds 2010.

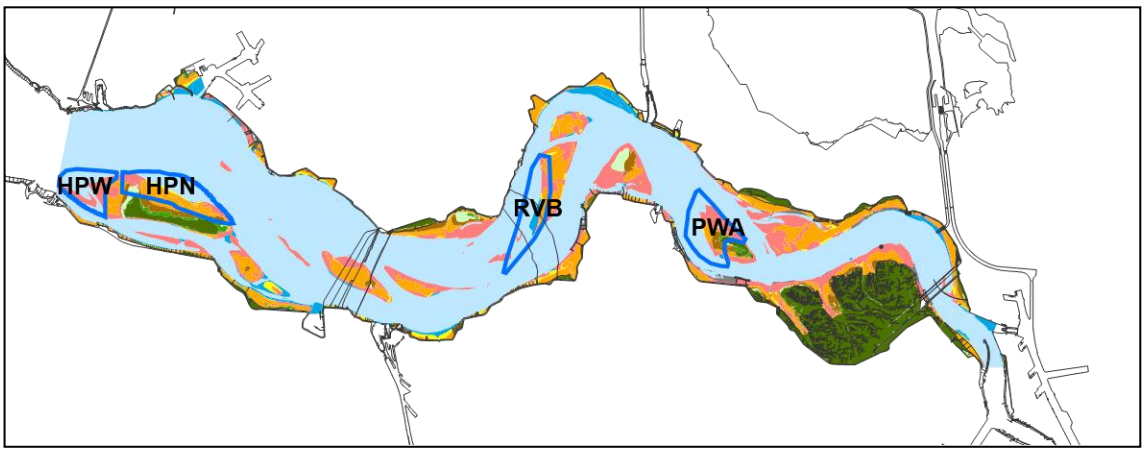
De Commissie Monitoring Westerschelde merkte in haar verslag dd. 13/02/2015 op dat het effect van de 18,6-jarige cyclus in de hiernavolgende analyse niet vervat zit. Voorgaand onderzoek (T2009 Consortium, 2013) gaf aan dat de totale variatie in intertidaal areaal waarschijnlijk veroorzaakt wordt door de cyclische variatie in getijslag en trendmatige ontwikkeling. Om het effect exact te kwantificeren zou echter bijkomend studiewerk vereist zijn (incl. modellering en GIS analyse) die buiten het opzet van de voorliggende Voortgangsrapportage valt.

### *Toetsmethodiek*

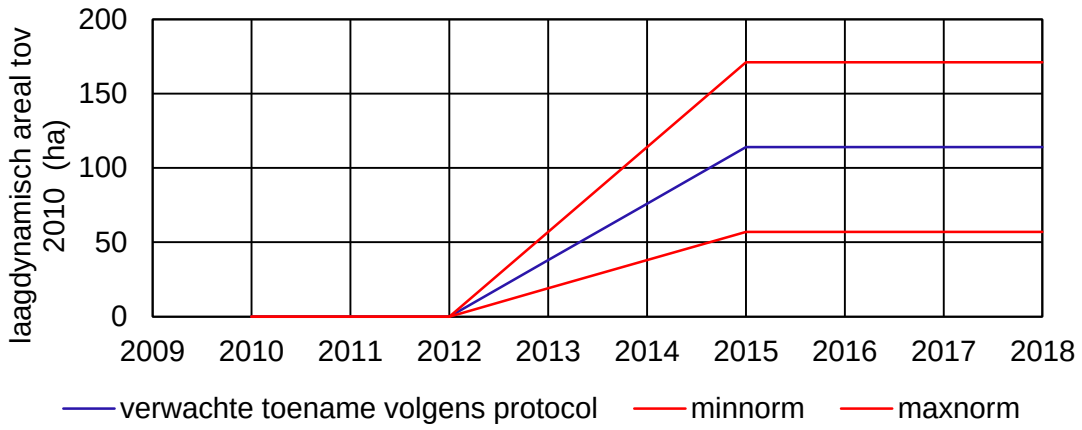
*Het areaal laagdynamisch gebied ter hoogte van de plaatrandstortzones is één van de toetsparameters uit het Protocol voorwaarden voor flexibel storten.*

Op basis van de ecotopenkaart wordt de totale oppervlakte laagdynamisch gebied nabij de plaatranden bepaald, met behulp van polygonen die de zones voorstellen waarbinnen een effect van de plaatrandstortingen kan verwacht worden (Figuur 5-140). Deze polygonen zijn bepaald door het Overleg flexibel storten. De laagdynamische ecotopen die samen het areaal laagdynamisch gebied vormen, zijn ondiep water en intergetijdengebied tot en met het hoog litoraal.

Als *gewenste* ontwikkeling wordt een geleidelijke toename van de oppervlakte laagdynamisch gebied met 114 hectare verwacht, binnen 5 jaar na de start van de werkzaamheden. De T0 waarde (Figuur 5-141) wordt bepaald op basis van de ecotopenkaart van 2010. Per jaar kan een geïnterpoleerde verwachting aangegeven worden. Hiervoor is een lineaire benadering toegepast (in blauw weergegeven). In de aanlegfase wordt geen achteruitgang verwacht (zoals het Milieu-effectrapport in het slechts mogelijke scenario aangeeft). Binnen de aangegeven bandbreedte (rood weergegeven) zal in de stabilisatiefase het laagdynamisch gebied toenemen. De ruimte tussen de rode ondergrens en de verwachte uitkomst (blauw) is de waarschuwingsfase.




*Figuur 5-140: Afbakening rekenpolygonen laagdynamisch gebied ter hoogte van de plaatrandstorzones op de ecotopenkaart 2015.*




*Figuur 5-141: Gewenste ontwikkeling laagdynamisch gebied na afloop van de eerste vergunningsperiode*

Een bijkomende voorwaarden uit het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten is dat het areaal laagdynamisch areaal over de gehele Westerschelde niet mag afnemen ten opzichte van het referentiejaar 2010.

### *Resultaten*

#### *Ecotopen in de gehele Westerschelde*

Tabel 5-16 geeft een overzicht van de ecotopenontwikkeling sinds 1996. Tabel 5-17 geeft de wijziging van de ecotopenarealen weer (zie ook de turn-over kaart Bijlage I.3). Een uitgebreide analyse van de evolutie van de ecotooparealen van 1996 tot 2012 werd uitgevoerd door Arcadis (2014a).

Met de ecotopenkaart van 2015 beschikbaar kunnen de volgende recente veranderingen herkend worden:

- Het aandeel laagdynamisch areaal in het sublitoraal (de geulen) is tussen 2012 en 2015 enigszins afgenomen (met name in het diep sublitoraal). Ten opzichte van 2010 is er wel een toename, vooral van het laagdynamisch ondiep sublitoraal. Deze toename vindt vooral plaats rond de Hoge en Lage Springer (ten zuidoosten van de Hooge Platen), aan de zuidoostrand van de Rug van Baarland, aan de noordzijde van de Molenplaat, bij de noordelijke drempel van het Middelgat en in beperkte mate de Appelzak nabij Bath. Het gaat dus vooral om nevengeulgebied.
- In het litoraal is het hoogdynamisch gebied verder afgenomen (meer dan 150 ha sinds 2010) en het laagdynamisch gebied toegenomen in omvang (ca. 130 ha). De interpretatie van het hoog- en laagdynamisch litoraal is echter zeer complex. De bandbreedte voor deze ecotopen over de gehele Westerschelde bedraagt ca. 375 ha (Arcadis, 2014a). De grootste uitwisseling treedt op tussen hoogdynamisch litoraal en laagdynamisch middenlitoraal. Netto breidt het laagdynamisch middenlitoraal uit (+ 200 ha). Tussen het hoogdynamisch sublitoraal en litoraal vinden ook veel veranderingen plaats. Het laagdynamisch laag- en laagdynamisch hooglitoraal nemen beiden af in areaal tussen 2010 en 2015.

*Tabel 5-16: Ecotopen ontwikkeling in de periode 1996-2015 voor de Westerschelde (in ha)[10].*

| Ecotoop | 1996 | 2001 | 2004 | 2008 | 2010 | 2011 | 2012 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Overig | 72 | 77 | 73 | 71 | 85 | 88 | 87 | 87 |
| Hard substraat steen | 132 | 144 | 151 | 169 | 166 | 168 | 168 | 180 |
| Hard substraat veen/klei | 208 | 176 | 104 | 101 | 119 | 123 | 129 | 137 |
| Hoogdynamisch sublitoraal | 19283 | 19369 | 19483 | 19355 | 19303 | 19134 | 19158 | 19158 |
| Laagdynamisch sublitoraal | 418 | 496 | 560 | 628 | 693 | 728 | 744 | 723 |
| Hoogdynamisch litoraal | 3882 | 3743 | 3451 | 3646 | 3316 | 3302 | 3292 | 3143 |
| Laagdynamisch laaglitoraal | 261 | 358 | 409 | 310 | 326 | 317 | 301 | 304 |
| Laagdynamisch middenlitoraal | 2671 | 2696 | 2882 | 2674 | 2866 | 2957 | 2982 | 3050 |
| Laagdynamisch hooglitoraal | 693 | 560 | 562 | 468 | 592 | 610 | 525 | 563 |
| Hoogdynamisch supralitoraal | 79 | 35 | 63 | 65 | 70 | 53 | 50 | 47 |
| Laagdynamisch supralitoraal | 246 | 195 | 171 | 116 | 167 | 155 | 131 | 159 |
| Pionierzone (potentieel schor) | 141 | 212 | 192 | 408 | 211 | 191 | 237 | 178 |
| Schor | 2672 | 2697 | 2657 | 2749 | 2842 | 2932 | 2953 | 3029 |
| **Totaal** | **30758** | **30758** | **30758** | **30758** | **30758** | **30758** | **30758** | **30758** |
| **Totaal Laag** | **4044** | **4110** | **4412** | **4080** | **4477** | **4612** | **4553** | **4640** |

[10] Merk op dat het totaal areaal in deze tabel afwijkt van Tabel 5-17 omwille van een andere afbakening, waarbij het stuk van de ecotopenkaart van de Westerschelde dat over de grens reikt afgeknipt is omwille van vergelijkbaarheid met de oudere gegevens.

*Tabel 5-17: Ecotopen turnover in de periode 2010-2015 voor de Westerschelde (in ha)[11].*

| Overgang 2010-2015 | | NAAR (2015) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | HDS | LDS | HS | HDL | LDL | LDM | LDH | SL | PI | S | O | T |
| VAN (2010) | Hoogdynamisch sublitoraal (HDS) | **19 324** | 148 | 29 | 445 | 24 | 4 | *[12] | 0 | | | | **19 974** |
| | Laagdynamisch sublitoraal (LDS) | 73 | **603** | 8 | 40 | 16 | 2 | | 0 | | | | **742** |
| | Hard substraat (HS) | 7 | 1 | **242** | 16 | 15 | 15 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | **298** |
| | Hoogdynamisch litoraal (HDL) | 374 | 24 | 33 | **2 081** | 77 | 712 | 51 | 9 | 1 | 1 | 0 | **3 363** |
| | Laagdynamisch laaglitoraal (LDL) | 10 | 8 | 6 | 77 | **170** | 76 | 0 | 0 | | | | **347** |
| | Laagdynamisch middenlitoraal (LDM) | 23 | 2 | 9 | 459 | 24 | **2 270** | 140 | 4 | 10 | 4 | 0 | **2 943** |
| | Laagdynamisch hooglitoraal (LDH) | | | 1 | 23 | | 39 | **339** | 61 | 85 | 67 | 0 | **615** |
| | Supralitoraal (SL) | 0 | 0 | 2 | 21 | 0 | 5 | 40 | **126** | 28 | 23 | 2 | **248** |
| | Pionierschor (PI) | 0 | | 0 | 8 | | 14 | 10 | 6 | **33** | 139 | 2 | **213** |
| | Schor (S) | 0 | | 1 | 9 | 0 | 4 | 3 | 4 | 23 | **2 865** | 0 | **2 909** |
| | Overig (O) | | | 1 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 0 | 1 | **85** | **88** |
| | Totaal (T) | **19 810** | **787** | **333** | **3 177** | **325** | **3 144** | **583** | **212** | **180** | **3 101** | **89** | **31 741** |

[11] In voorliggend rapport werd geen begrenzing van de Westerschelde opgenomen en werd gewerkt met alle beschikbare data. De cijfers van andere rapporten zijn dus niet één op één te vergelijken.

[12] Lege velden geven aan dat er geen uitwisseling heeft plaatsgevonden tussen deze ecotopen. “0” betekent dat de uitwisseling kleiner dan 0,5 ha is.

- De toename in schorareaal is verder doorgezet (+76 ha sinds 2012 en +187 ha sinds 2010), ten nadele van pionierschor maar ook hooglitoraal en supralitoraal. Vooral rondom de Hooge Platen en Plaat van Walsoorden is deze evolutie opmerkelijk (Figuur 5-142 en Figuur 5-145). Voor 2004 kwam op de platen in de Westerschelde vrijwel geen vegetatie voor, behalve op het westelijk deel van de Hooge Platen. Sindsdien is het areaal schor en pioniershor op de platen sterk toegenomen. De aanwezigheid van vegetatie heeft een zelfversterkend karakter, waardoor het nieuwe areaal schor naar verwachting blijvend zal zijn (Arcadis, 2014a). De evolutie van (pionier)schor langs de oevers van de Westerschelde (bvb. de achteruitgang van de schorranden) is relatief klein in vergelijking met de grote veranderingen op de platen.
- Het areaal hard substraat is verder toegenomen (+ 20 ha sinds 2012). Dit gebeurt voornamelijk in het oosten van de Westerschelde waar hard substraat (zowel steen als veen) aan de oppervlakte komt. Deze areaalstijging is sinds ca. 2004 aan de gang.
- De grootste wijzigingen treft men aan in de buurt van de plaat- en schor gebieden: Hooge Platen, Lage Springer, Middelplaat, Plaat van Baarland, Rug van Baarland, Plaat van Ossenisse, Molenplaat, Plaat van Walsoorden, Plaat van Valkenisse en Land van Saeftinge.

### *Arealen ter hoogte van de Plaatrandstortzones*

De oppervlaktes van het laagdynamisch gebied zijn eveneens afgeleid van de beschikbare ecotopenkaarten tussen 1996 en 2015. De waargenomen veranderingen zijn ontwikkelingen die hebben plaatsgevonden sinds de plaatrandstortingen. Bij de interpretatie mag men de voorafgaande trend echter niet uit het oog verliezen.

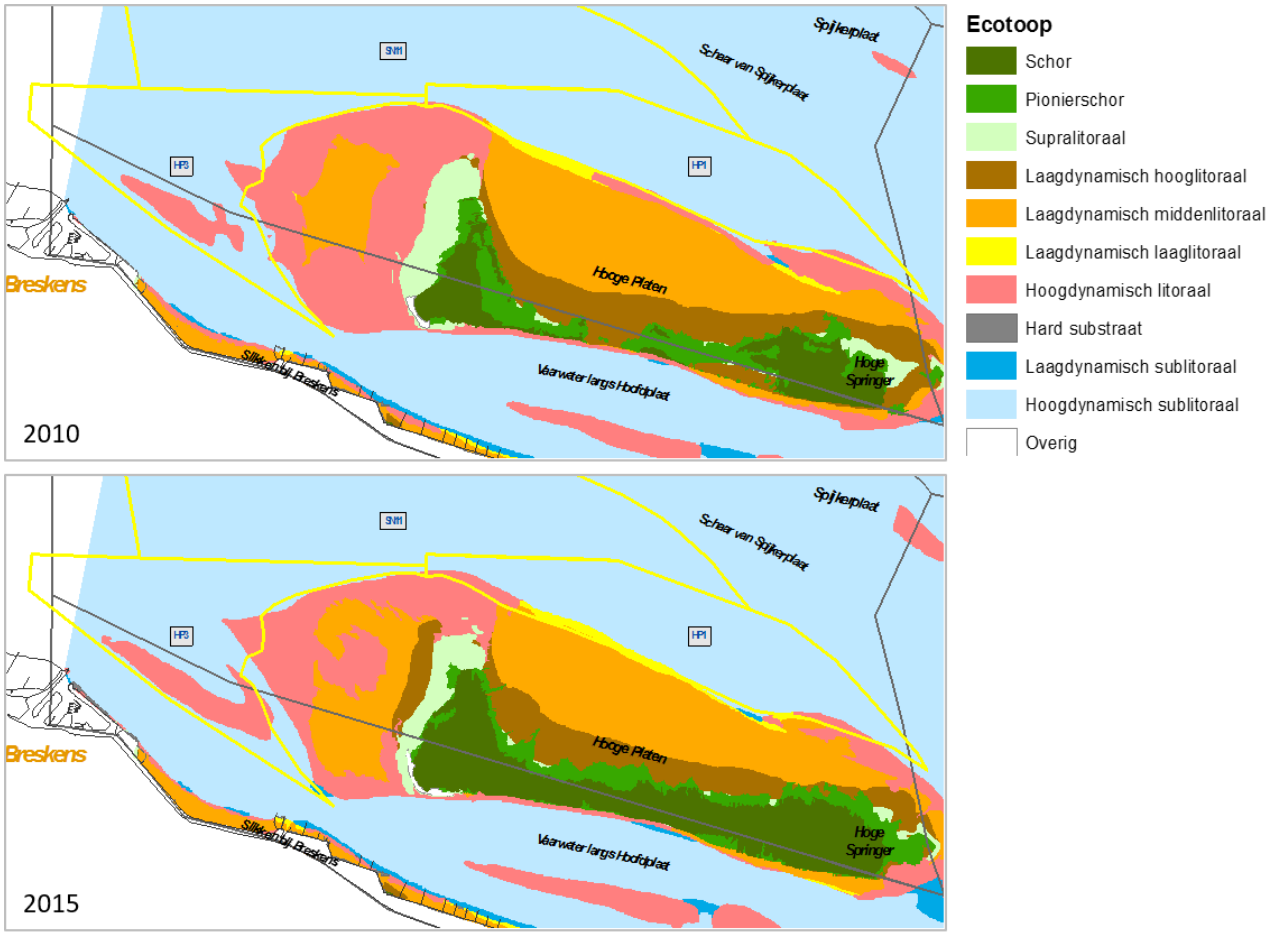
Per plaatrand volgen een weergave (Tabel 5-18 tot en met Tabel 5-25 en in Figuur 5-143 tot en met Figuur 5-148) met de evolutie sinds 1996 en de wijziging sinds 2010.

Rekening houdend met de manier waarop ecotopenkaarten tot stand komen, is het niet zinvol om cijfers tot op één hectare nauwkeurig weer te geven. In dit verband rapporteert Arcadis (2014a) over de bandbreedte, opgebouwd uit natuurlijke fluctuaties en het waarnemingsbias. Zonder kennis van de bandbreedte kan men geen uitspraken doen over waargenomen trends of veranderingen. De bandbreedte ter plaatse van de plaatranden is nog niet bepaald, maar werd voor de Westerschelde in zijn geheel geschat op ca. 375 ha.

Op **Hooge Platen West** is het totaal waardevol laagdynamisch areaal in 2015 sterk afgenomen ten opzichte van de situatie in 2011 en 2012. Ook ten opzichte van de uitgangssituatie 2010 wordt nog een verlies van 1,6 ha opgetekend. De veranderingen ten opzichte van de referentiesituaties zijn in hoofdzaak veranderingen in oppervlakte van het middelhoog litoraal. Tussen 2011 en 2015 neemt zowel het aandeel laag als middelhoog litoraal af, alsook het totaal. Het areaal laag litoraal verdwijnt nagenoeg volledig in 2010. In 2011 en 2012 wordt dit matig hersteld, in 2015 is dit afwezig.

Op **Hooge Platen Noord** is het totaal waardevol laagdynamisch areaal ten opzichte van de referentiesituatie (2010) toegenomen. Na een sterke stijging in 2011, volg een lichte daling in 2012 en opnieuw een stijging in 2015. Ten opzichte van 2010 is binnen het laagdynamisch areaal het fijnzandig type vooral toegenomen, en het slibrijke licht afgenomen. Op langere termijn (t.o.v. 1996) is de trend echter omgekeerd.

Schorareaal verschijnt binnen de rekenpolygoon sinds 2012 en het pionierschor is eveneens verder toegenomen.




*Figuur 5-142: Ecotopenkaart 2010 (boven) versus 2015 (onder) ter hoogte van de Hooge Platen.*

*Tabel 5-18: Samenvatting waardevol laagdynamisch areaal op de Hooge Platen West (opp. in ha).*

| HPW | 1996 | 2001 | 2004 | 2008 | 2010 | 2011 | 2012 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal | - | - | - | - | - | - | 1 | 0 |
| Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal | - | 17 | 28 | 3 | 0 | 9 | 4 | 0 |
| Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal | - | 15 | 16 | 3 | 12 | 30 | 19 | 11 |
| **Totaal waardevol laagdynamisch areaal** | **0** | **32** | **43** | **6** | **12** | **39** | **24** | **11** |

*Tabel 5-19: Verschil waardevol laagdynamisch areaal op de Hooge Platen West (opp. in ha).*

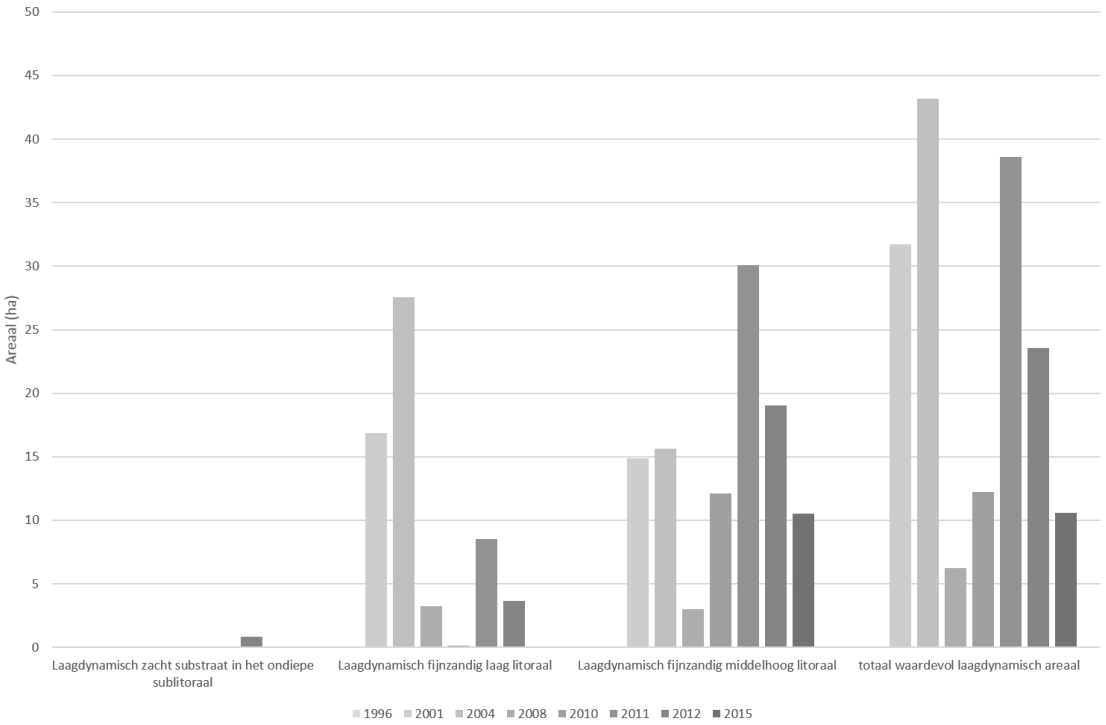
| HPW | 2008-2015 | 2010-2015 |
|---|---|---|
| Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal | +0 | +0 |
| Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal | -3 | -0 |
| Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal | +7 | -2 |
| **Totaal waardevol laagdynamisch areaal** | **+4** | **-2** |

*Tabel 5-20: Samenvatting waardevol laagdynamisch areaal op de Hooge Platen Noord (opp. in ha).*

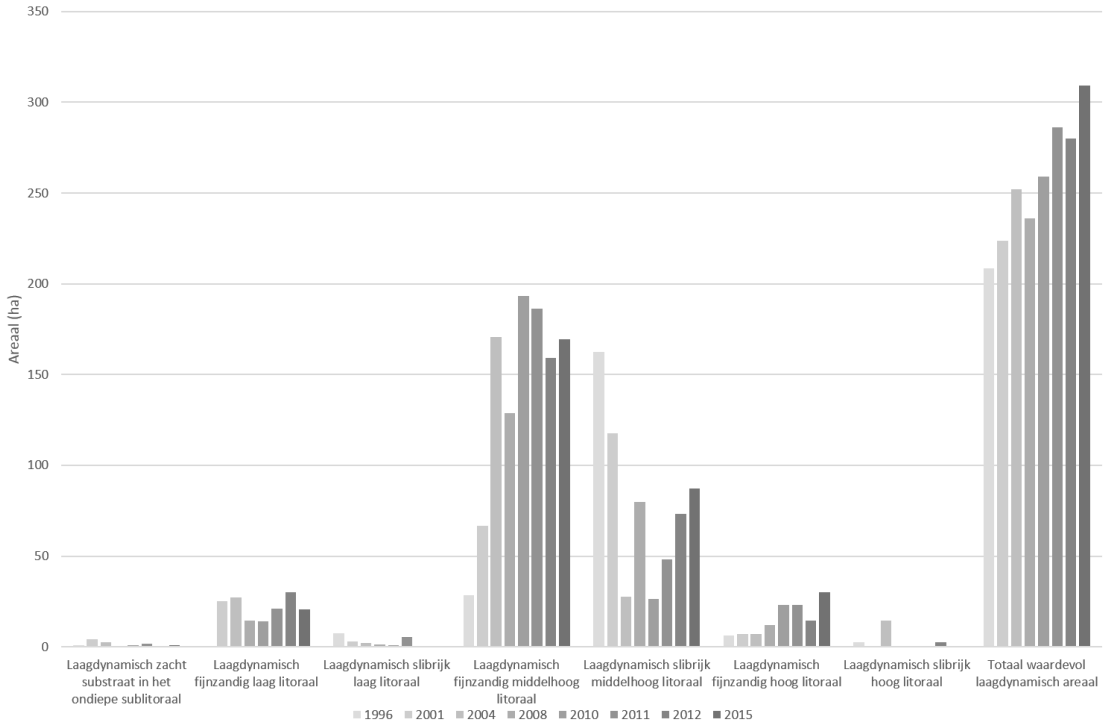
| HPN | 1996 | 2001 | 2004 | 2008 | 2010 | 2011 | 2012 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal | 1 | 4 | 3 | - | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal | 0 | 25 | 27 | 14 | 14 | 21 | 30 | 21 |
| Laagdynamisch slibrijk laag litoraal | 7 | 3 | 2 | 1 | 1 | 5 | 0 | 0 |
| Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal | 29 | 67 | 170 | 129 | 193 | 186 | 159 | 170 |
| Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal | 163 | 117 | 28 | 80 | 27 | 48 | 73 | 87 |
| Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal | 6 | 7 | 7 | 12 | 23 | 23 | 14 | 30 |
| Laagdynamisch slibrijk hoog litoraal | 2 | 0 | 14 | - | - | 0 | 2 | 1 |
| **Totaal waardevol laagdynamisch areaal** | **208** | **224** | **252** | **236** | **259** | **286** | **280** | **309** |

*Tabel 5-21: Verschil waardevol laagdynamisch areaal op de Hooge Platen Noord (opp. in ha).*

| HPN | 2008-2015 | 2010-2015 |
|---|---|---|
| Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal | +1 | +0 |
| Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal | +6 | +7 |
| Laagdynamisch slibrijk laag litoraal | -1 | -1 |
| Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal | +41 | -24 |
| Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal | +8 | +61 |
| Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal | +18 | +7 |
| Laagdynamisch slibrijk hoog litoraal | +1 | +1 |
| **Totaal waardevol laagdynamisch areaal** | **+73** | **+50** |

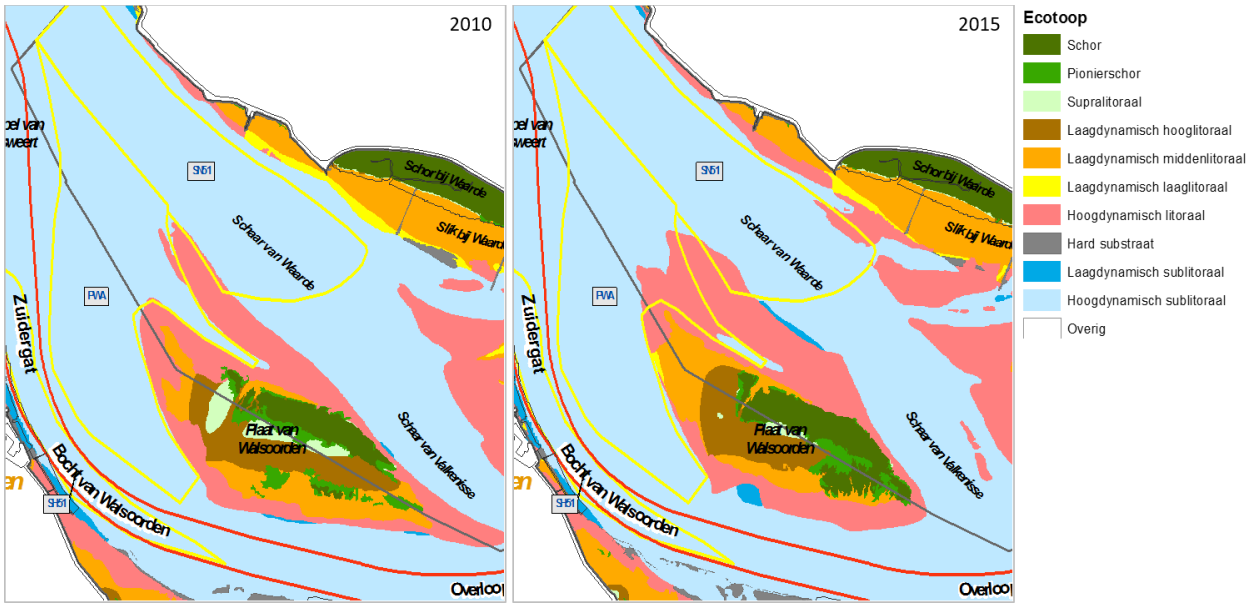



*Figuur 5-143: Evolutie van het laagdynamische ecotoopareaal op de Hooge Platen West*




*Figuur 5-144: Evolutie van het laagdynamische ecotoopareaal op de Hooge Platen Noord*

Het totaal waardevol laagdynamisch areaal op de **Plaat van Walsoorden** is in 2015 hoger dan de referentiesituatie 2010. Na een sterke stijging tussen 2010 en 2011, neemt het areaal verder, maar minder snel toe tot 2015. De plaatrandstortingen vormen hier een waarschijnlijke verklaring voor het omkeren van de voorafgaande trend van afnemend areaal. Het ondiepe sublitoraal en laag litoraal zijn geheel of slechts in zeer geringe mate aanwezig, tot 2015, wanneer er een sterke stijging in het ondiepe sublitoraal wordt geregistreerd.



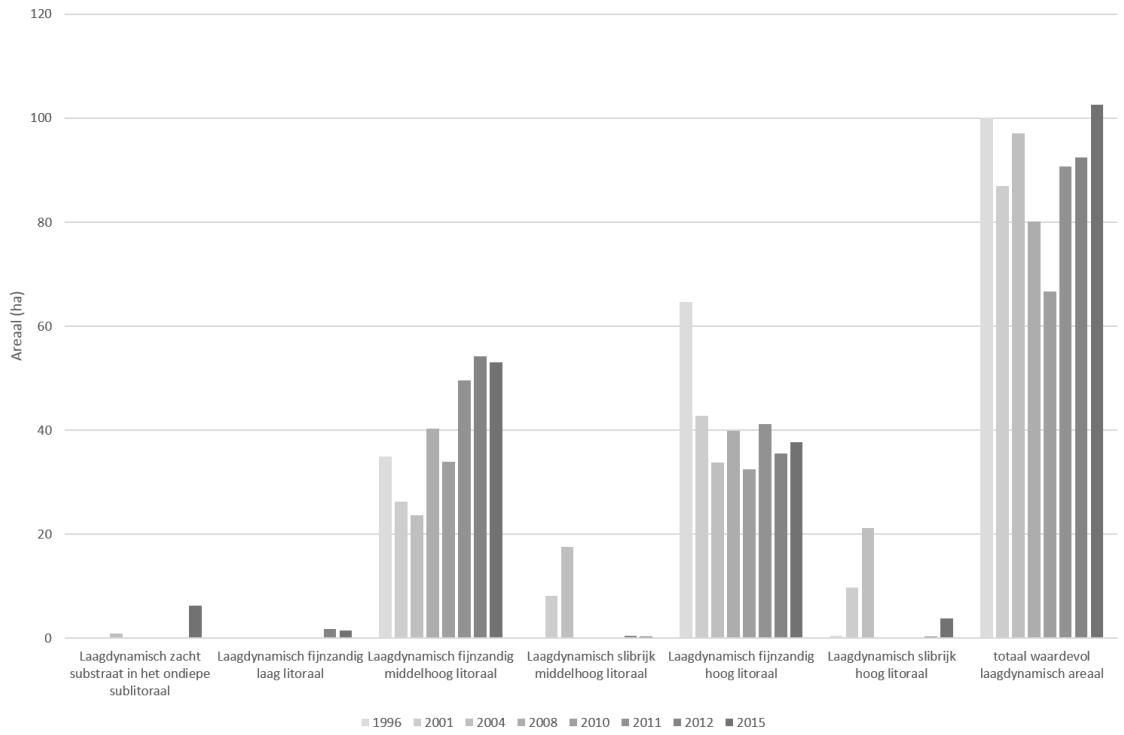

*Figuur 5-145: Ecotopenkaart 2010 (links) versus 2015 (rechts) ter hoogte van de Plaat van Walsoorden.Laagdynamisch areaal plaatranden*

*Tabel 5-22: Samenvatting waardevol laagdynamisch areaal op de Plaat van Walsoorden (opp. in ha).*

| PWA | 1996 | 2001 | 2004 | 2008 | 2010 | 2011 | 2012 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal | - | - | 1 | - | 0 | 0 | 0 | 6 |
| Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal | - | - | - | - | - | - | 2 | 1 |
| Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal | 35 | 26 | 24 | 40 | 34 | 50 | 54 | 53 |
| Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal | - | 8 | 18 | - | - | - | 1 | 0 |
| Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal | 65 | 43 | 34 | 40 | 33 | 41 | 35 | 38 |
| Laagdynamisch slibrijk hoog litoraal | 0 | 10 | 21 | - | - | - | 0 | 4 |
| **Totaal waardevol laagdynamisch areaal** | **100** | **87** | **97** | **80** | **67** | **91** | **92** | **103** |

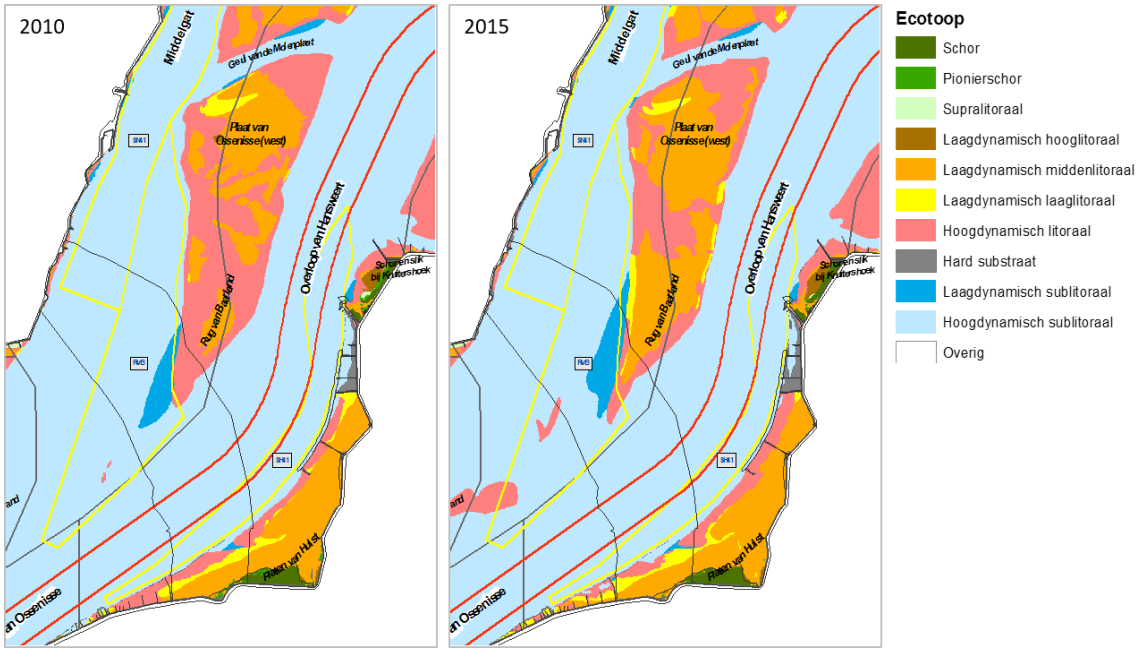
*Tabel 5-23: Verschil waardevol laagdynamisch areaal op de Plaat van Walsoorden (opp. in ha).*

| PWA | 2008-2015 | 2010-2015 |
|---|---|---|
| Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal | +6 | +6 |
| Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal | +1 | +1 |
| Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal | +13 | +19 |
| Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal | +0 | +0 |
| Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal | -2 | +5 |
| Laagdynamisch slibrijk hoog litoraal | +4 | +4 |
| **Totaal waardevol laagdynamisch areaal** | **+22** | **+36** |




*Figuur 5-146: Evolutie van het laagdynamische ecotoopareaal op de Plaat van Walsoorden*

Ter hoogte van de **Rug van Baarland** neemt het totaal waardevol laagdynamisch areaal zeer sterk toe sinds 2001, nadat het een terugval kende ten opzichte van de oppervlakte in 1996. Ook in 2011, 2012 en 2015 stijgt het areaal fors ten aanzien van de referentiesituatie 2010. De toename van het fijnzandig middelhoog litoraal is hier grotendeels voor verantwoordelijk. In 2011 zorgt ook de toename van het areaal laagdynamisch sublitoraal voor een stijgende trend. En in 2015 draagt ook de stijging van het areaal fijnzandig laag litoraal hier aan bij. Hoewel al in zeer beperkte mate aanwezig, wordt de slibrijke variant van het laag litoraal niet meer waargenomen in 2012 en 2015. Ten opzichte van 1996 valt het aandeel slibrijk middelhoog litoraal sterk terug, sinds 2011 is dit niet langer aanwezig. Van 2010 tot 2012 werd ook - zij het in geringe mate - fijnzandig hoog litoraal gevormd, voordien was dit afwezig en ook in 2015 komt dit niet voor.



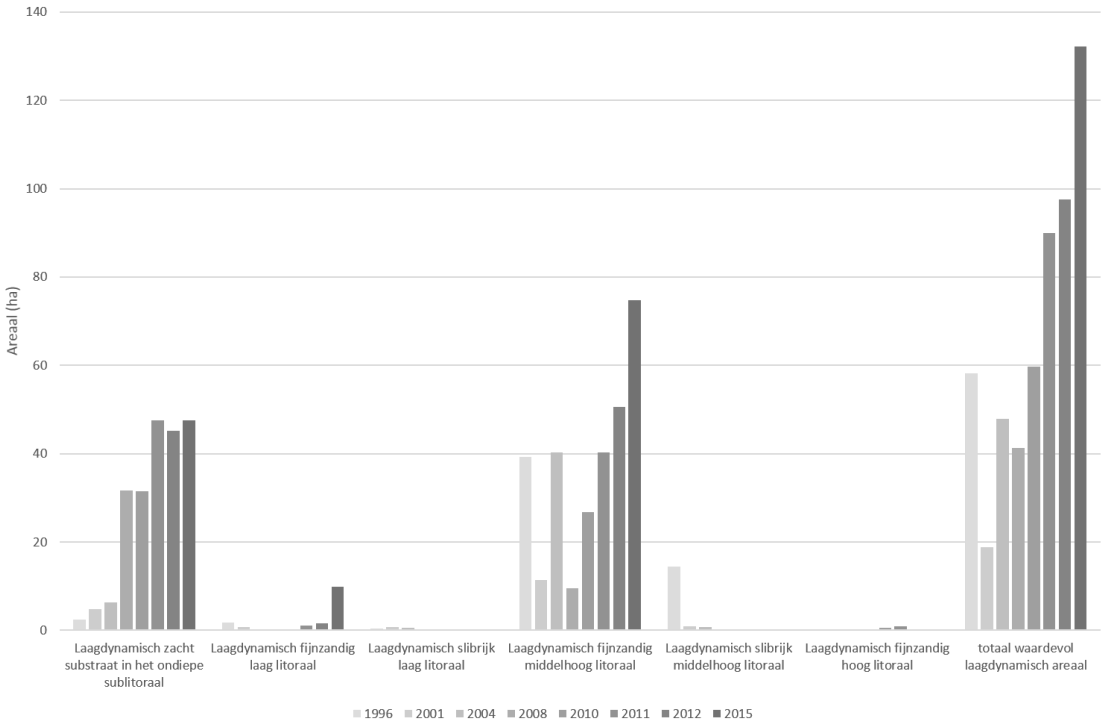

*Figuur 5-147: Ecotopenkaart 2010 (links) versus 2015 (rechts) ter hoogte van de Rug van Baarland.*

*Tabel 5-24: Samenvatting waardevol laagdynamisch areaal op de Rug van Baarland (opp. in ha).*

| RVB | 1996 | 2001 | 2004 | 2008 | 2010 | 2011 | 2012 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal | 2 | 5 | 6 | 32 | 31 | 48 | 45 | 48 |
| Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal | 2 | 1 | - | 0 | 0 | 1 | 2 | 10 |
| Laagdynamisch slibrijk laag litoraal | 0 | 1 | 1 | - | 0 | 0 | - | - |
| Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal | 39 | 11 | 40 | 10 | 27 | 40 | 51 | 75 |
| Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal | 14 | 1 | 1 | - | 0 | - | - | - |
| Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal | - | - | - | - | 1 | 1 | 0 | - |
| **totaal waardevol laagdynamisch areaal** | **58** | **19** | **48** | **41** | **60** | **90** | **98** | **132** |

*Tabel 5-25: Verschil waardevol laagdynamisch areaal op de Rug van Baarland (opp. in ha).*

| RVB | 2008-2015 | 2010-2015 |
|---|---|---|
| Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal | +16 | +16 |
| Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal | +10 | +10 |
| Laagdynamisch slibrijk laag litoraal | | -0 |
| Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal | +65 | +48 |
| Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal | | -0 |
| Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal | | -1 |
| **Totaal waardevol laagdynamisch areaal** | **+91** | **+72** |



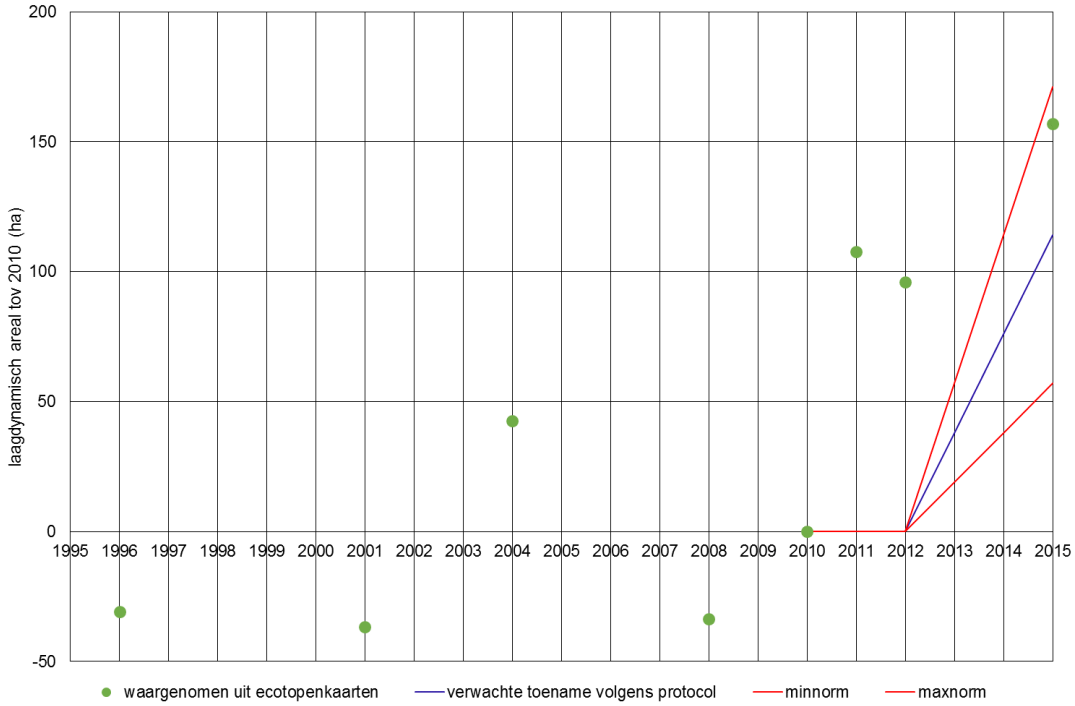

*Figuur 5-148: Evolutie van het laagdynamische ecotoopareaal op de Rug van Baarland*

### *Totaal laagdynamisch waardevol areaal t.h.v. de plaatrandstortzones*

De ontwikkeling van het laagdynamisch areaal ter hoogte van de plaatrandstortzones is positief te noemen. In het eerste en tweede jaar na de start van de verruiming werd volgens het MER nog geen toename verwacht. Streefdoel was om 5 jaar na de start van de verruiming 114 ha nieuw laagdynamisch ecologisch waardevol areaal gecreëerd te hebben met de plaatrandstortingen.

Met een toename van ca. 154 ha is dit streefdoel in 2015 gehaald. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat dit voor een belangrijk deel te wijten is aan de grotendeels autonome toename op de Rug van Baarland.

Indien de doelstellingen en realisatie rond de Rug van Baarland niet worden mee beschouwd, dan voldoet de realisatie op de drie andere plaatranden echter ook.




*Figuur 5-149: Evolutie van het waargenomen laagdynamisch areaal tov 2010 (T0) vs de verwachte toename op de plaatranden volgens het Protocol Flexibel Storten.*

### *Invloed van de 18,6-jarige cyclus op de omvang van het intergetijdengebied*

Het ecologisch waardevol laagdynamisch areaal is toegenomen in de Westerschelde over de periode 2010-2015. Het laagdynamisch areaal kan wijzigen doorheen de tijd als gevolg van enerzijds wijzigingen in de bodemligging, en anderzijds als gevolg van wijzigingen in de waterstanden (Arcadis, 2014b). Door Arcadis (2014a) werden de fluctuaties in de waterstand als de dominante factor aangeduid voor de evolutie van de ecotooparealen.

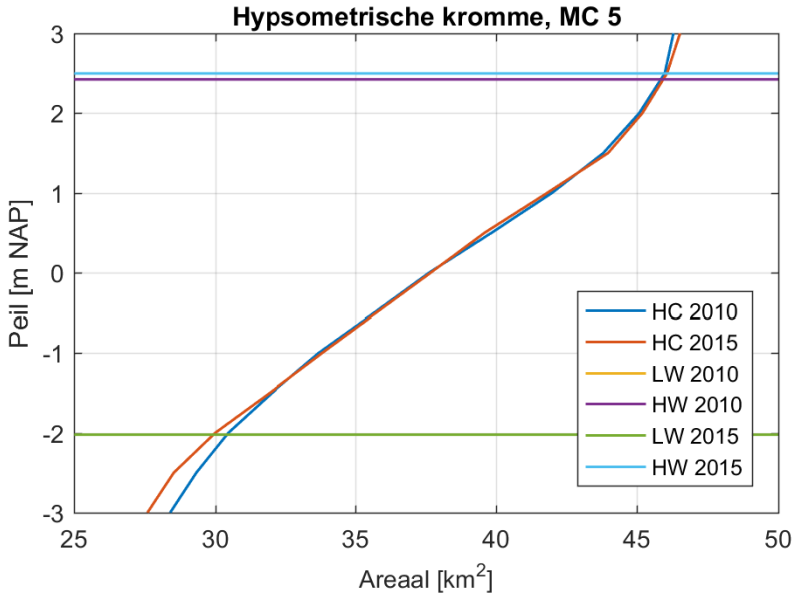
De waterstanden in de Westerschelde vertonen een trendmatige evolutie, maar ook een duidelijk cyclisch gedrag als gevolg van de 18,6-jarige nodale maancyclus. Het meest recente minimum in de nodale cyclus lag in 2006; het eerstvolgende maximum in de nodale cyclus ligt in 2016 (Figuur 4-24). Dit betekent dat de getijslag (het verschil tussen jaargemiddeld hoog- en laagwater) tussen 2010 en 2015 steeds is toegenomen als gevolg van de 18,6-jarige cyclus. De impact van de 18,6-jarige cyclus wordt momenteel niet verrekend bij het opstellen van de ecotopenkaarten, waardoor de cyclus ook vervat zit in de ecotooparealen.

Het in detail bepalen van het effect van de nodale cyclus op de ecotooparealen vergt bijkomende analyse die buiten de scope van dit rapport valt, maar er kan wel een ruwe schatting worden gemaakt op basis van de beschikbare gegevens van de jaargemiddelde hoog- en laagwaters (zie §4.1) en hypsometrische krommen. De benaderende berekening werd uitgevoerd voor de jaren 2010 en 2015, en is geïllustreerd in Figuur 5-150. Voor elke macrocel werd de hypsometrische kromme opgesteld en werd de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstand bepaald van het meest nabijgelegen getijstation. De oppervlakte van het intertidaal gebied is dan het verschil tussen de waarden in de hypsometrische kromme tussen het jaargemiddeld hoog- en laagwaterpeil.

Deze berekeningswijze bevat dus enkel het intertidaal gebied, niet het laagdynamisch sublitoraal dat zich onder het laagwaterpeil bevindt.

In Figuur 5-150 is duidelijk dat de oppervlakte aan intertidaal gebied in Macrocel 5 in 2015 hoger ligt dan 2010, om twee redenen: enerzijds omdat het getijverschil toegenomen (jaargemiddelde hoogwaterstand in Hansweert is toegenomen van +2,42 m NAP naar +2,50 m NAP), en anderzijds omdat de hypsometrische kromme vlakker is geworden in de range tussen laag- en hoogwaterpeil (met name rond -2 m NAP is er areaal bijgekomen; vermoedelijk deels door de plaatrandstortingen aan de plaat van Walsoorden).

De verandering van oppervlakte intergetijdengebied enkel door de bodemwijziging kan dan worden begroot door de bovenstaande berekening uit te voeren voor de hypsometrische krommen van 2010 en 2015, maar met een constante hoog- en laagwaterstand (bv. de gemiddelde hoog- en laagwaterstand van 2010 en 2015).




*Figuur 5-150: Hypsometrische kromme, uitgedrukt in absolute oppervlakte, voor Macrocel 5. Hoog- en laagwaterpeilen zijn voor het nabijgelegen getijstation in Hansweert.*

De berekeningen werden uitgevoerd per macrocel en vervolgens opgeteld over de gehele Westerschelde. Tussen 2010 en 2015 is het getijverschil in de 4 stations in de Westerschelde met gemiddeld 1,1 % toegenomen (in Hansweert nam de getijslag bv. toe van 4,45 m naar 4,50 m, een toename met 5 cm). Als gevolg van morfologische veranderingen én van de evolutie van de waterstanden nam de oppervlakte aan intergetijdengebied toe met 256 ha. De verandering van de intertidale oppervlakte enkel door morfologische wijzing werd berekend met de hypsometrische krommen van 2010 en 2015, maar allebei met de gemiddelde hoog- en laagwaterstand tussen 2010 en 2015, en bedraagt 90 ha. Van de totale toename van het oppervlakte aan intertidaal gebied van 256 ha, is er dus ca. 90 ha afkomstig van morfologische evoluties, en de resterende 166 ha zijn het gevolg van de getijslag.

De berekening die hierboven staat beschreven is sterk benaderend. Ze houdt bijvoorbeeld geen rekening met de wijzigingen in de stroomsnelheid: bij een (cyclische) toename van de getijslag zullen ook de stroomsnelheden toenemen, waardoor een deel van het bijkomende intertidaal gebied niet laagdynamisch zal zijn. De waarden die hierboven zijn vermeld, geven dus waarschijnlijk een overschatting van het effect van de 18,6-jarige cyclus.

Toch is het aannemelijk dat de toename in het intertidaal gebied tussen 2010 en 2015 voor een deel wordt veroorzaakt door de 18,6-jarige cyclus in de waterstanden, zoals ook reeds werd gesteld in Arcadis (2014a, 2014b). Wanneer de getijslag vanaf 2017 opnieuw begint af te nemen tijdens de dalende fase van de 18,6-jarige cyclus, is het dan ook mogelijk dat ook de oppervlakte aan intertidaal gebied opnieuw zal afnemen (tenzij de morfologische creatie van intertidaal gebied groot genoeg is om het effect van de dalende getijslag te compenseren).

### 5.6.2 Beneden-Zeeschelde

De ecotopenkaarten van 2010, 2013 en 2014 zijn opgenomen in Bijlage J. Naast de areaaloppervlaktes, zijn ook ecotoop oppervlakte-veranderingen afgeleid (turnover). In de analyse wordt gekeken naar de Beneden-Zeeschelde, maar ook naar het Groot Buitenschoor, het Paardeschoor en het Galgenschoor op zich.

#### *Volledige Beneden-Zeeschelde*

De ontwikkeling van de ecotooparealen in de Beneden-Zeeschelde zijn in Tabel 5-26 weergegeven.

Hieruit kan men afleiden dat vooral het areaal van hoog en middelhoog slik met zacht substraat in belangrijke mate toeneemt (+20,4 ha resp. +11,9 ha) in de periode tussen 2010 en 2014. Het laag slik met hard natuurlijk substraat neemt in mindere mate (oe (+4,8 ha). Tegelijk neemt het hoog supralitoraal en schor ook toe (+11,9 ha, resp. +9,1 ha). De grootste afname in areaal wordt opgemeten in het matig diep subtidaal (-10,7 ha). Kleinere areaalafnames komen voor in het ondiep subtidaal (-3,5 ha), het laag slik met zacht substraat (-2,4 ha) en in de potentiële pionierzone (-4 ha). De overige netto areaalveranderingen zijn zeer beperkt in oppervlakte.

Bij deze veranderingen dient opgemerkt te worden dat het totale oppervlakte van het buitendijkse gebied is toegenomen met 43,3 ha door ontpolderingen en dijkverleggingen met natuurontwikkeling als doel (INBO, 2016).

De turnover cijfers (Tabel 5-27) toont dat de ecotopen vooral overgaan naar aangrenzende hoogteklassen binnen de ecotopen, maar hierbij valt op dat aanzienlijke arealen laag slik met zacht substraat verloren gaan naar ecologisch minder interessante zones (ondiep subtidaal en laag slik met natuurlijk en antropogeen hard substraat). De schortoename heeft vooral te maken met omzetting van potentiële pionierzone maar ook hoog slik.

#### *Groot Buitenschoor*

Specifiek ter hoogte van het Groot Buitenschoor (Tabel 5-28) wordt de toename van het diep subtidaal (+4 ha) grotendeels verklaard door een afname van het matig diep subtidaal (-4 ha). Het matig diep subtidaal wisselt ook gebied met het ondiep subtidaal, maar netto is er een beperkt effect. De omzetting van ondiep subtidaal naar laag slik is ook ongeveer even groot als de omgekeerde beweging.

Ook wordt een groot oppervlak aan middelhoog slik (netto -8 ha) omgezet in hoog slik (netto + 5 ha) (zacht substraat). Potentiële pionierzone (- 2 ha) werd deels omgezet naar hoog slik en schor. Het schor zelf nam in omvang toe (+0,8 ha), vooral door omzetting van hoog slik. Zelf werd een belangrijk oppervlak aan schor omgezet in hoog supralitoraal, wat in omvang toeneemt (+0,5 ha).

### *Paardeschoor*

Op het Paardeschoor (Tabel 5-29) neemt het diep subtidaal toe met 8 ha, vooral door omzetting van matig diep subtidaal. Netto neemt het matig diep subtidaal met ca. 10 ha af in omvang. Een deel matig diep subtidaal wordt omgezet in ondiep subtidaal, maar dit ondervindt netto geen belangrijke areaalverandering. Het laag slik (zacht substraat) groeit aan (+1 ha) door omzetting van ondiep subtidaal en middelhoog slik (zacht substraat). Ook wordt 2 ha laag slik met hard antropogeen substraat gecreëerd. Het middelhoog slik (zacht substraat) neemt netto af in oppervlakte (-2 ha). Echter treden er wel noemenswaardige veranderingen op, netto ca. 3 ha middelhoog slik met antropogene verharding wordt omgezet in slik met zacht substraat. Daarnaast verhoogt ook bijna 2 ha laag slik tot middelhoog slik. De netto afname is voornamelijk te wijten aan verlaging tot laag slik (ca. 1 ha), en ophoging tot hoog slik (ca. 3 ha ). Het hoog slik neemt netto met 3 ha in oppervlakte toe. Het potentieël pionierschor neemt met ca. 2 ha af, deze worden omgezet in schor netto ca. 3 ha aangroeit.

*Tabel 5-26: Evolutie van de ecotopen in de Beneden-Zeeschelde tussen 2010 en 2014 (in ha) (INBO, 2016).*

| | Ecotoop | 2010 | 2012 | 2013 | 2014 | 2014-2010 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Subtidaal** | diep subtidaal | 1 964,6 | 1 967,1 | 1 962,9 | 1 965,8 | 1,2 |
| | matig diep subtidaal | 396,0 | 395,8 | 389,8 | 385,3 | -10,7 |
| | ondiep subtidaal | 242,3 | 250,8 | 248,5 | 238,8 | -3,5 |
| **Zacht substraat** | laag slik zacht substraat | 146,8 | 150,4 | 143,0 | 144,4 | -2,4 |
| | middelhoog slik zacht substraat | 210,7 | 194,1 | 215,4 | 222,6 | 11,9 |
| | hoog slik zacht substraat | 35,5 | 47,4 | 53,6 | 55,9 | 20,4 |
| **Natuurlijk hard substraat** | laag slik hard natuurlijk | 14,0 | 14,7 | 20,9 | 18,8 | 4,8 |
| | middelhoog slik hard natuurlijk | 3,5 | 2,6 | 1,8 | 2,5 | -1 |
| | hoog slik hard natuurlijk | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 |
| **Antropogeen hard substraat** | laag slik hard antropogeen | 15,5 | 19,9 | 20,6 | 20 | 4,5 |
| | middelhoog slik hard antropogeen | 48,8 | 46,8 | 47,9 | 49,8 | 1 |
| | hoog slik hard antropogeen | 10,8 | 10,9 | 9,2 | 10,3 | -0,5 |
| | supralitoraal hard antropogeen | 13,5 | 14,2 | 17,0 | 14,1 | 0,6 |
| **supralitoraal** | potentiële pionierzone | 22,9 | 18,9 | 17,0 | 18,9 | -4 |
| | schor | 215,5 | 223,3 | 226,9 | 224,6 | 9,1 |
| | getijdenplas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 |
| | hoog supralitoraal* | 9,1 | 9,8 | 18,1 | 21,0 | 11,9 |
| | antropogeen | 0,9 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 0,3 |
| **Totaal** | | **3 350,4** | **3 367,6** | **3 393,7** | **3 393,95** | **43,6** |

### *Galgeschoor*

Aan het Galgenschoor (Tabel 5-30), neemt het diep subtidaal toe met 2,7 ha, deze aangroei is toe te schrijven aan de verlaging van het matig diep subtidaal. Netto neemt dit met ca. 3,3 ha af in omvang. Ook het ondiepe subtidaal kent een afname van ca. 2,2 ha. Dit wordt omgezet in laag slik met zacht substraat. Desalniettemin heeft dit geen aangroei van dit lage slik met zacht substraat tot gevolg. Ca. 2,4 ha hiervan wordt omgezet in laag slik met natuurlijk hard substaat en ca. 3,8 ha hoogt op tot middelhoog slik (zacht substraat). Het middelhoog slik met zacht substraat neemt in omvang toe met ca. 4,6 ha, onder meer door de ophoging van laag slik, maar ook door omzetting van middel hoog slik met natuurlijk hard substraat. Op ca. 6 000 m² potentiële pionierzone van 2010 komt in 2014 schorvegetatie voor.

*Tabel 5-27: Omzetting van de ecotopenarealen in de Beneden-Zeeschelde tussen 2010 en 2014 (in ha).*

| Overgang 2010-2014 | | NAAR (2014) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | DS | MDS | OS | LSZS | LSHA | LSHN | MSZS | MSHA | MSHN | HSZS | HSHA | HSHN | GP | PP | S | SHA | SHAH | HS | A |
| VAN (2010) | diep subtidaal (DS) | **1935,5** | 25,9 | 2,5 | 0,6 | <0,1 | | <0,1 | <0,1 | | <0,1 | <0,1 | | | | | <0,1 | | <0,1 | <0,1 |
| | matig diep subtidaal (MDS) | 28,0 | **343,0** | 23,0 | 1,8 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | | | <0,1 | | | | <0,1 | <0,1 | | <0,1 | 0,1 |
| | ondiep subtidaal (OS) | 0,1 | 15,3 | **199,4** | 21,9 | 1,7 | 1,6 | 0,2 | 0,3 | <0,1 | | | | | | <0,1 | | | | <0,1 |
| | laag slik zacht substraat (LSZS) | <0,1 | 0,4 | 11,6 | **108,4** | 6,1 | 6,3 | 14,9 | 0,6 | 0,1 | <0,1 | 0,1 | | | | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| | laag slik hard antropogeen (LSHA) | <0,1 | 0,1 | 0,9 | 1,4 | **10,8** | 0,1 | 0,3 | 2,0 | <0,1 | | <0,1 | | | | <0,1 | <0,1 | | | <0,1 |
| | laag slik hard natuurlijk (LSHN) | | <0,1 | 0,2 | 1,9 | 0,2 | **10,5** | 0,7 | 0,2 | 0,3 | <0,1 | <0,1 | | | | | <0,1 | | | |
| | middelhoog slik zacht substraat (MSZS) | <0,1 | 0,1 | 0,5 | 6,6 | 0,2 | 0,2 | **185,8** | 5,2 | 0,6 | 9,6 | 0,1 | <0,1 | | <0,1 | 1,4 | <0,1 | | <0,1 | 0,1 |
| | middelhoog slik hard antropogeen (MSHA) | <0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,9 | <0,1 | 4,4 | **39,4** | <0,1 | 0,2 | 1,5 | | | <0,1 | 1,4 | 0,3 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| | middelhoog slik hard natuurlijk (MSHN) | | | | <0,1 | <0,1 | 0,1 | 1,9 | 0,1 | **1,4** | <0,1 | | <0,1 | | | <0,1 | | | | |
| | hoog slik zacht substraat (HSZS) | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | | 0,9 | 0,1 | <0,1 | **31,1** | 0,5 | <0,1 | | 0,5 | 2,5 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| | hoog slik hard antropogeen (HSHA) | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | | 0,1 | 1,3 | <0,1 | 0,5 | **5,9** | <0,1 | | <0,1 | 2,6 | 0,4 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| | hoog slik hard natuurlijk (HSHN) | | | <0,1 | <0,1 | | | <0,1 | | <0,1 | <0,1 | | <0,1 | | | <0,1 | | | | |
| | getijdenplas (GP) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | potentiele pionierzone (PP) | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | | 0,3 | <0,1 | <0,1 | 3,4 | 0,1 | <0,1 | | **13,7** | 5,4 | 0,2 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| | schor (S) | | | <0,1 | 0,1 | <0,1 | | 0,6 | 0,2 | <0,1 | 1,8 | 0,4 | <0,1 | | 1,3 | **201,6** | 2,4 | 0,2 | 6,7 | <0,1 |
| | supralitoraal hard antropogeen (SHA) | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | | 0,1 | 0,2 | <0,1 | 0,2 | 1,0 | | | 0,1 | 4,0 | **5,2** | 0,7 | 0,8 | 0,3 |
| | hoog supralitoraal hard antropogeen (SHAH) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | hoog supralitoraal (HS) | <0,1 | | <0,1 | <0,1 | | | <0,1 | <0,1 | | 0,1 | 0,1 | | <0,1 | 0,1 | 0,8 | 1,0 | 0,1 | **6,7** | <0,1 |
| | antropogeen (A) | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | | <0,1 | <0,1 | | <0,1 | <0,1 | | <0,1 | | 0,1 | 0,3 | 0,1 | <0,1 | 0,2 |

*Tabel 5-28: Omzetting van de ecotopenarealen op het **Groot Buitenschoor** tussen 2010 en 2014 (in m²).*

| Overgang 2010-2014 | | Naar (2014) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | O | DS | MDS | OS | LSZS | LSHA | MSZS | MSHA | MSHN | HSZS | HSHA | PP | S | SHA | SHAH | HS | Totaal |
| VAN (2014) | overige (O) | | 4 | 3 | 5 | 0 | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | **12** |
| | diep subtidaal (DS) | | **738 318** | 7 997 | 29 | | | | | | | | | | | | | **746 344** |
| | matig diep subtidaal (MDS) | | 45 796 | **569 897** | 39 566 | 79 | | | | | | | | | | | | **655 338** |
| | ondiep subtidaal (OS) | | 39 | 39 593 | **591 720** | 41 605 | 1 687 | | | | | | | | | | | **674 644** |
| | laag slik zacht substraat (LSZS) | | | 446 | 38 259 | **317 467** | 677 | 7 345 | 0 | | | | | | | | | **364 194** |
| | laag slik hard antropogeen (LSHA) | | | | 1 443 | 1 | **12 905** | 0 | 329 | | | | | | | | | **14 679** |
| | middelhoog slik zacht substraat (MSZS) | | | | 2 959 | 31 370 | 81 | **399 473** | 658 | 1 247 | 48 470 | 0 | | 406 | | | | **484 665** |
| | middelhoog slik hard antropogeen (MSHA) | 1 | | | 0 | 3 | 1 021 | 140 | **28 010** | | 13 | 612 | | 22 | | | | **29 824** |
| | middelhoog slik hard natuurlijk (MSHN) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | hoog slik zacht substraat (HSZS) | | | | | | | 105 | | | **159 861** | 17 | 1 | 8 342 | | | | **168 326** |
| | hoog slik hard antropogeen (HSHA) | 0 | | | | | | | 2 | | 44 | **1 646** | | 103 | 209 | | | **2 004** |
| | potentiele pionierzone (PP) | 17 | 13 | | | 0 | 0 | | 3 | | 13 230 | 1 | **18 151** | 5 497 | 309 | 153 | 44 | **37 419** |
| | schor (S) | 8 | | | | | | | | | 52 | | 1 288 | **150 173** | 363 | 18 | 6 673 | **158 575** |
| | supralitoraal hard antropogeen (SHA) | 11 | | | | | | | | | 1 | 180 | 0 | 288 | **3 438** | 487 | 204 | **4 608** |
| | Hoog supralitoraal hard antropogeen (SHAH) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | hoog supralitoraal (HS) | 15 | | | | | | | | | | | | 1 193 | | | **12 147** | **13 355** |
| | **Totaal** | **52** | **784 169** | **617 936** | **673 981** | **390 527** | **16 371** | **407 063** | **29 003** | **1 247** | **221 672** | **2 456** | **19 440** | **166 025** | **4 320** | **657** | **19 068** | **3 353 987** |

*Tabel 5-29: Omzetting van de ecotopenarealen op het **Paardeschoor** tussen 2010 en 2014 (in m²).*

| Overgang 2010-2014 | | NAAR (2014) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | O | DS | MDS | OS | LSZS | LSHA | LSHN | MSZS | MSHA | MSHN | HSZS | HSHA | PP | S | SHA | HS | Totaal |
| VAN (2010) | overige (O) | | 2 | | 1 | | | | 1 | | | | | | 2 | | 3 | **9** |
| | diep subtidaal (DS) | | **1 530 728** | 29 863 | | | | | | | | | | | | | | **1 560 592** |
| | matig diep subtidaal (MDS) | | 115 870 | **675 609** | 39 154 | 914 | | | | | | | | | | | | **831 547** |
| | ondiep subtidaal (OS) | | 192 | 19 845 | **158 885** | 29 797 | 3 124 | 224 | | | | | | | | | | **212 067** |
| | laag slik zacht substraat (LSZS) | | | 711 | 15 276 | **112 962** | 668 | | 18 735 | 27 | | | | | 2 | | | **148 382** |
| | laag slik hard antropogeen (LSHA) | | | 100 | 1 999 | 383 | **15 590** | | 110 | 172 | | | | | | | | **18 354** |
| | laag slik hard natuurlijk (LSHN) | | | | 935 | | | **12 018** | | | 24 | | | | | | | **12 976** |
| | middelhoog slik zacht substraat (MSZS) | | | | 86 | 13 544 | 55 | | **480 198** | 1 705 | | 27 679 | 59 | 1 | 188 | | 9 | **523 524** |
| | middelhoog slik hard antropogeen (MSHA) | | | | 18 | 40 | 773 | | 5 249 | **7 906** | | 368 | 900 | | 348 | 48 | | **15 650** |
| | middelhoog slik hard natuurlijk (MSHN) | | | | | | | 959 | | 240 | **2 072** | | | | | | | **3 271** |
| | hoog slik zacht substraat (HSZS) | | | | | | | | 309 | 35 | | **59 155** | 594 | 1 533 | 3 590 | 1 | 3 | **65 219** |
| | hoog slik hard antropogeen (HSHA) | | | | | | | | 47 | 646 | | 993 | **4 415** | | 2 260 | 121 | | **8 481** |
| | potentiele pionierzone (PP) | | | | | | | | 25 | | | 6 287 | 119 | **37 955** | 21 574 | 12 | 40 | **66 012** |
| | schor (S) | 12 | | | | | | | 132 | 7 | | 1 959 | 75 | 481 | **503 222** | 505 | | **506 393** |
| | supralitoraal hard antropogeen (SHA) | | | | | | | | | 1 | | 61 | 1 662 | 2 | 3 609 | **2 692** | | **8 028** |
| | hoog supralitoraal (HS) | | | | | | | | 1 | | | | | | 324 | 8 | **21 293** | **21 626** |
| | antropogeen (A) | | | | | | | | | | | | 31 | | 29 | 371 | | **431** |
| | Totaal | **12** | **1 646 792** | **726 129** | **216 355** | **157 641** | **20 210** | **13 201** | **504 805** | **10 739** | **2 096** | **96 502** | **7 854** | **39 972** | **535 147** | **3 759** | **21 348** | **4 002 563** |

*Tabel 5-30: Omzetting van de ecotopenarealen op het **Galgenschoor** tussen 2010 en 2014 (in m²).*

| Overgang 2010-2014 | | NAAR (2014) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | O | DS | MDS | OS | LSZS | LSHA | LSHN | MSZS | MSHA | MSHN | HSZS | HSHA | PP | S | SHAH | SHA | HS | A | Totaal |
| VAN (2010) | overige (O) | | 1 625 | 171 | 156 | 0 | | | 1 | | | 0 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 442 | | **2 397** |
| | diep subtidaal (DS) | | **470 740** | 6 536 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | **477 286** |
| | matig diep subtidaal (MDS) | | 31 860 | **316 203** | 16 968 | | | | | | | | | | | | | | | **365 031** |
| | ondiep subtidaal (OS) | 7 | 39 | 8 898 | **265 809** | 26 062 | 152 | 4 349 | | | | | | | | | | | | **305 315** |
| | laag slik zacht substraat (LSZS) | | | | 452 | **125 290** | 0 | 23 894 | 38 446 | 0 | 134 | | | | | | | | | **188 216** |
| | laag slik hard antropogeen (LSHA) | | | | 20 | 95 | **640** | 72 | | 119 | | | | | | | | | | **944** |
| | laag slik hard natuurlijk (LSHN) | | | | 47 | 6 672 | | **34 957** | 1 474 | | 969 | | | | | | | | | **44 119** |
| | middelhoog slik zacht substraat (MSZS) | 4 | | | | 611 | | | **218 974** | 251 | 6 | 3 774 | 17 | | 67 | | | | 0 | **223 704** |
| | middelhoog slik hard antropogeen (MSHA) | | | | | | | | 701 | **17 602** | | 95 | 4 085 | | 29 | 0 | | | 150 | **22 663** |
| | middelhoog slik hard natuurlijk (MSHN) | | | | | 13 | | 20 | 10 228 | | **715** | | | | | | | | | **10 977** |
| | hoog slik zacht substraat (HSZS) | | | | | | | | 80 | 0 | | **9 024** | 646 | 187 | 2 295 | 8 | | | | **12 239** |
| | hoog slik hard antropogeen (HSHA) | | | | | | | | 0 | 13 | | 221 | **14 069** | 2 | 806 | 483 | | | 16 | **15 611** |
| | potentiele pionierzone (PP) | 3 | | | | | | | 2 | | | 1 259 | 33 | **3 929** | 5 916 | 154 | | | | **11 297** |
| | schor (S) | 4 | | | | | | | 104 | | | 2 752 | 509 | 634 | **399 149** | 216 | | 452 | | **403 820** |
| | supralitoraal hard antropogeen (SHA) | 44 | | | | | | | | | | 15 | 354 | 27 | 1 012 | **3 037** | 95 | 39 | 8 | **4 631** |
| | hoog supralitoraal hard antropogeen (SHAH) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | hoog supralitoraal (HS) | 0 | | | | | | | | | | | | | 480 | | | **6 631** | | **7 111** |
| | antropogeen (A) | | | | | | | | | | | | | | | | | | **86** | **86** |
| | **Totaal** | **62** | **504 265** | **331 808** | **283 461** | **158 742** | **792** | **63 292** | **270 010** | **17 986** | **1824** | **17 139** | **19 714** | **4 780** | **409 755** | **3 897** | **95** | **7 564** | **261** | **2 095 447** |

## 5.7 SAMENVATTING / CONCLUSIE MORFOLOGIE EN LEEFOMGEVING

De morfologische dynamiek van de Westerschelde op mesoschaal ligt in de lijn van de voorafgaande ontwikkelingen zoals beschreven in het T2009 rapport (T2009 Consortium, 2013). Hieronder vallen de dynamiek van de drempelgebieden en zandbanken in de nevengeulen (Spijkerplaat, Middelplaten), de verondieping van Vaarwater langs Hoofdplaat, het ophogen van platen,… .

Daarnaast is de verruiming van de Westerschelde gerealiseerd in 2010 en zijn de drempels in de hoofdgeul op verschillende platen verdiept. De aanlegspecie is grotendeels gestort in vier plaatrandstortvakken. De stortingen aan Hooge Platen West en Plaat van Walsoorden zijn gestort aan de punt van een plaat; deze sedimenten bewegen zich hoofdzakelijk vloedwaarts en hebben aan de plaatpunt effectief verondieping gerealiseerd. Aan Hooge Platen Noord en de Rug van Baarland is eerder langs de plaat gestort. Bij Hooge Platen Noord is aanvankelijk een luw gebied gecreëerd waarin sedimentatie opgetreden is.

Uit de recentste metingen blijkt dat op verschillende platen de plaatrandstortingen aanleiding kunnen geven tot sedimentatie op de plaat zelf (Hooge Platen, mogelijk ook Plaat van Walsoorden). Omdat er een historische trend is van versteilen en verhogen van de platen vormt dit een risico tot afname van het areaal intergetijdengebied. De stabiliteit van de gestorte sedimenten (= hoeveelheid van het gestorte volume nog binnen de rekenpolygoon) is op alle plaatrandstortgebieden boven het criterium, met uitzondering van Plaat van Walsoorden waar een beperkte onderschrijding bestaat. Een sterk initieel verlies van sediment is hiervoor een verklaring.

Een integrale analyse van verschillende gegevens op meetpunten op de platen toont dat op Hooge Platen West nog geen toename van het bodemleven voorkomt en deze omgeving hoogdynamisch blijft. Op het oosten en zuiden van de plaat zijn er evenmin goede ontwikkelingen: de hoogte neemt toe, wellicht versterkt door schorvorming, en een algemene toename van bodemleven wordt niet waargenomen, eerder een afname. Meer centraal op de plaat wordt ook vastgesteld dat de plaat hoger wordt en slibrijker, gepaard gaande met schorvorming. De invloed op het bodemleven is overwegend negatief. Op de Plaat van Walsoorden is het beeld verschillend: in het oosten is er sterke erosie; centraal is schor verloren gegaan en wordt de omgeving wat minder dynamisch. Het bodemleven toont een wisselende trend. Het westen van de plaat hoogt wel op, maar wordt laagdynamsicher met een positief effect op het bodemleven. Het beeld op de Rug van Baarland is qua ontwikkeling zeer variabel.

In een aantal stortvakken (nevengeulstortvakken SN41, SN51 en plaatrandstortvak RVB) werd niet gestort, of werden de stortingen gestaakt, omwille van te sterke sedimentatie. Het toetscriterium uit het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten wordt onderschreden in SN51 (Schaar van Waarde). Ook (autonome) ontwikkelingen kunnen leiden tot een toekomstige onderschrijding. Het afremmen van de ontwikkeling in het Middelgat en de Schaar van Waarde toont evenwel dat de flexibele stortstrategie mee bijdraagt tot de ontwikkelingsrichting van de geulen.

Ter hoogte van het Land van Saeftinghe treedt een sterke schorranderosie op. Dit is ongewenst, maar wordt nader onderzocht voor wat betreft effecten van scheepsgolven. Op andere plaatsen zijn er zowel positieve als negatieve ontwikkelingen: aan het slik van Bath hoogt het slik traag op (lange termijn ontwikkeling) terwijl de schorrand traag achteruit schrijdt. Bij Waarde is het de bouw van strekdammetjes die geleid hebben tot een ophoging en aangroei van het slik. De laatste twee jaar is het slik echter terug wat steiler aan het worden aan de kant waar de vloedstroom nabij het slik komt (westelijk deel). Aan Knuitershoek heeft zich een talud ontwikkeld in het slik, maar op lange termijn is het minder steil geworden. De stortingen in hoofdgeulstortvak SH41 spelen hier wellicht een rol bij. Terwijl het slik aan Biezelingse Ham vrij stabiel is, vertoont het slik aan de Platen van Hulst een verlaging, vooral onder 0 m NAP. Het slik van Baarland vertoont een gemengd beeld maar de ontwikkeling wordt sterk beïnvloed door het Geultje van Baarland (drempeldynamiek). Verder westwaarts is het Zuidgors gelegen, dit vertoont sedimentatie van het voorland en plateauvorming. Het slik aan de Paulinapolder is vrij stabiel.

De ontwikkelingen op slikken en platen leiden tot een toename van het laagdynamisch, ecologisch waardevol areaal van 178 ha over de gehele Westerschelde gerekend. Hiervan is 159 ha gerealiseerd in de plaatrandstortgebieden (Hooge Platen Noord, Rug van Baarland en Plaat van Walsoorden). Minder positief is dat ook het schorareaal (+192 ha) en hard substraat (+ 36ha) in areaal is toegenomen.

In de Beneden-Zeeschelde is de verdieping van de vaarweg vanaf de grens tot net voorbij het Deurganckdok de meest opvallende verandering op de bathymetrische verschilkaarten. Ook de sluistoegangen (Zandvliet-Berendrecht-, Boudewijn-Cauwelaert-, Kallo-, Royerssluis). Langs het buitenschoor (zuideljik deel) wordt aanhoudend sedimentatie waargenomen; het Galgenschoor is dan eerder erosief van karakter, vooral in het zuiden. In de putten aan de Ketelplaat is nog verondieping zichtbaar, een gevolg van proefstortingen uit 2010. Langs de vaargeul, ten zuiden van de Drempel van Lillo is ook een brede strook met verondieping zichtbaar. Verder opwaarts varieert het beeld ruimtelijk zeer sterk, met zowel zones van sedimentatie als erosie. Meest opwaarts is een meer autonome dynamiek zichtbaar met sedimentatie in binnenbochten (uitgezonderd thv Rupelmonde waar af en toe zand wordt gewonnen) en migratie van bodemvormen.

Op basis van de slikschorraaien kan gesteld worden dat na de verruiming verschillende slikken hoger geworden zijn, maar dat de ophoging de laatste paar jaar vertraagd is en op sommige plaatsen terug een erosie voorkomt. Op een aantal plaatsen, vooral afwaarts, is sprake van een lichte versteiling. Schorranderosie komt voor aan Ketenisse en Fort Filips.

# 6. FYSICOCHEMIE EN WATERBODEMKWALITEIT

*In het hoofdstuk Fysicochemie en Waterbodemkwaliteit wordt onderzocht of er een invloed is van de derde verruiming en de stortstragetie op de fysische eigenschappen en de chemische samenstelling van het Scheldewater.*

De analyse van fysicochemie en waterkwaliteit spitst zich toe op de volgende meetparameters (Schrijver en Plancke, 2008):

- Gehalte aan zwevende stof (suspensiegehalte)
- Doorzicht (eufotische diepte)
- Gehalte aan chlorofyl a in de waterkolom en op de schorren
- Chloridegehalte
- Waterbodemkwaliteit (verontreinigingsparameters)

Baggeren en storten kan de hoeveelheid beschikbaar sediment verhogen en zo het suspensiegehalte beïnvloeden. Op zijn beurt heeft het gehalte aan zwevende stoffen een sterke invloed op de troebelheid en het doorzicht. Het doorzicht is dan weer van groot belang voor de primaire productie, gekenmerkt door het gehalte aan chlorofyl a. De indringing van zout water, gemeten d.m.v. het chloridegehalte, kan beïnvloed worden door o.a. wijzigingen in de bovenafvoer of in de getijslag. De saliniteit beïnvloedt dan weer de locatie van verschillende plant- en diersoorten binnen het estuarium, maar ook de flocculatie (vlokvorming) van cohesief sediment, en dus het suspensiegehalte en slibsedimentatie. Het baggeren en het hierbij blootleggen van verontreinigd bodemmateriaal kan een impact hebben op de waterbodemkwaliteit, wat ook van belang is voor het ecosysteem.

In vergelijking met het vorige voortgangsrapport (IMDC, 2013, 2014a) worden voor een aantal parameters tijdreeksen weergegeven die verder teruggaan in de tijd. Dit geeft een betere baseline om na te gaan of er in de periode sinds de derde verruiming en de andere projecten uit de Ontwikkelingsschets 2010 veranderingen zijn opgetreden.

Voor verschillende parameters is de meetstrategie en de meetjaren in de loop der jaren gewijzigd. Binnen het OMES-programma (nu deel van het MONEOS-programma) werd tot ca. 2008 een keer per maand een meetcampagne uitgevoerd. Vanaf 2009 wordt er in de wintermaanden een keer per maand een meetcampagne uitgevoerd, en twee keer per maand in de zomermaanden. Om te vermijden dat de wijziging in meetfrequentie zorgt voor een bias in de jaargemiddelde waarden, worden de metingen eerst gehomogeniseerd in de tijd (Cox *et al.*, 2015, 2016). Hiervoor wordt eerst een daggemiddelde genomen van de metingen, daarna een maandgemiddelde, en ten slotte een jaargemiddelde. Daarnaast wordt, op basis van de maandgemiddelden, ook een winter- en een zomergemiddelde berekend. De winterperiode (periode met hogere bovenafvoer) wordt gedefinieerd van december - mei, en de zomerperiode (periode met lagere bovenafvoer) van juni - november. Omdat de winterperiode van een bepaald jaar begint in december van het jaar voordien, is het jaargemiddelde niet exact gelijk aan het gemiddelde van het zomer- en wintergemiddelde. Het chlorofyl a-gehalte wordt dikwijls gekenmerkt door één of meerdere bloeiperiodes, waarvan de voorjaarsbloei de belangrijkste is.

Daarom wordt voor deze parameter, naast het jaargemiddelde, niet het zomer- en wintergemiddelde weergegeven, maar het gemiddelde tijdens de lenteperiode (april-mei) en het gemiddelde tijdens de maanden erbuiten.

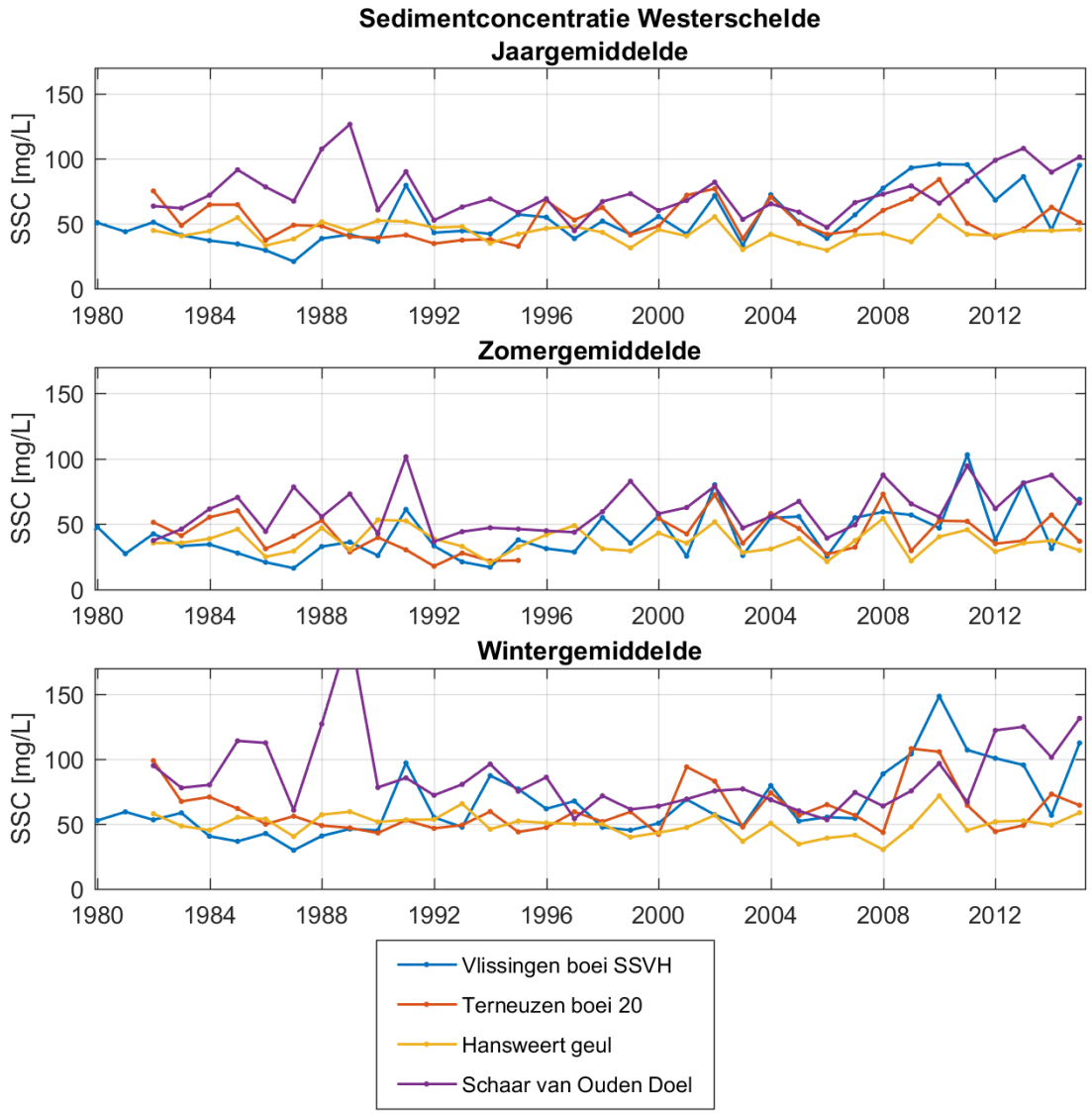
Eventuele stijgende of dalende trends in de jaargemiddelden werden nagegaan met de Mann-Kendall-test met een significantieniveau 0,05 (Helsel en Hirsch, 2002). Daarnaast werden eventuele wijzigingen in het gedrag van een bepaalde parameter nagegaan aan de hand van een trendbreukanalyse voor meerdere trendbreuken, geïmplementeerd in het 'strucchange'-pakket (Zeileis *et al.*, 2003) in het statistisch rekenprogramma R. Bijlage K geeft meer uitleg over de statistische methoden die zijn gebruikt voor de trend- en trendbreukanalyse.

## 6.1 ZWEVENDE STOF

### 6.1.1 Westerschelde

Periodieke metingen van de sedimentconcentratie worden in de Westerschelde uitgevoerd tijdens laagwater op een diepte van 1 m onder het wateroppervlak. Jaargemiddelde waarden van het suspensiegehalte zijn weergegeven in Figuur 6-1, samen met het zomer- en wintergemiddelde.

- Op de meetlocatie Vlissingen vertoont de jaargemiddelde sedimentconcentratie een stijgende trend. De trendbreukanalyse geeft aan dat de sedimentconcentratie beduidend hogere waarden vertoont sinds ca. 2007 (zie Bijlage K voor meer uitleg over de gebruikte methode).
- Op de meetlocaties Terneuzen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel worden geen significante trends of trendbreuken waargenomen in de jaargemiddelde sedimentconcentratie. Aan Schaar van Ouden Doel worden sinds ca. 2010 wel verhoogde jaargemiddelde waarden waargenomen, maar deze waarden wijzen niet op een significante trendbreuk en zijn nog steeds lager dan de waarden uit 1988-1989.




*Figuur 6-1: Jaar- en seizoensgemiddelde sedimentconcentratie in de Westerschelde.*

### 6.1.2 Beneden-Zeeschelde

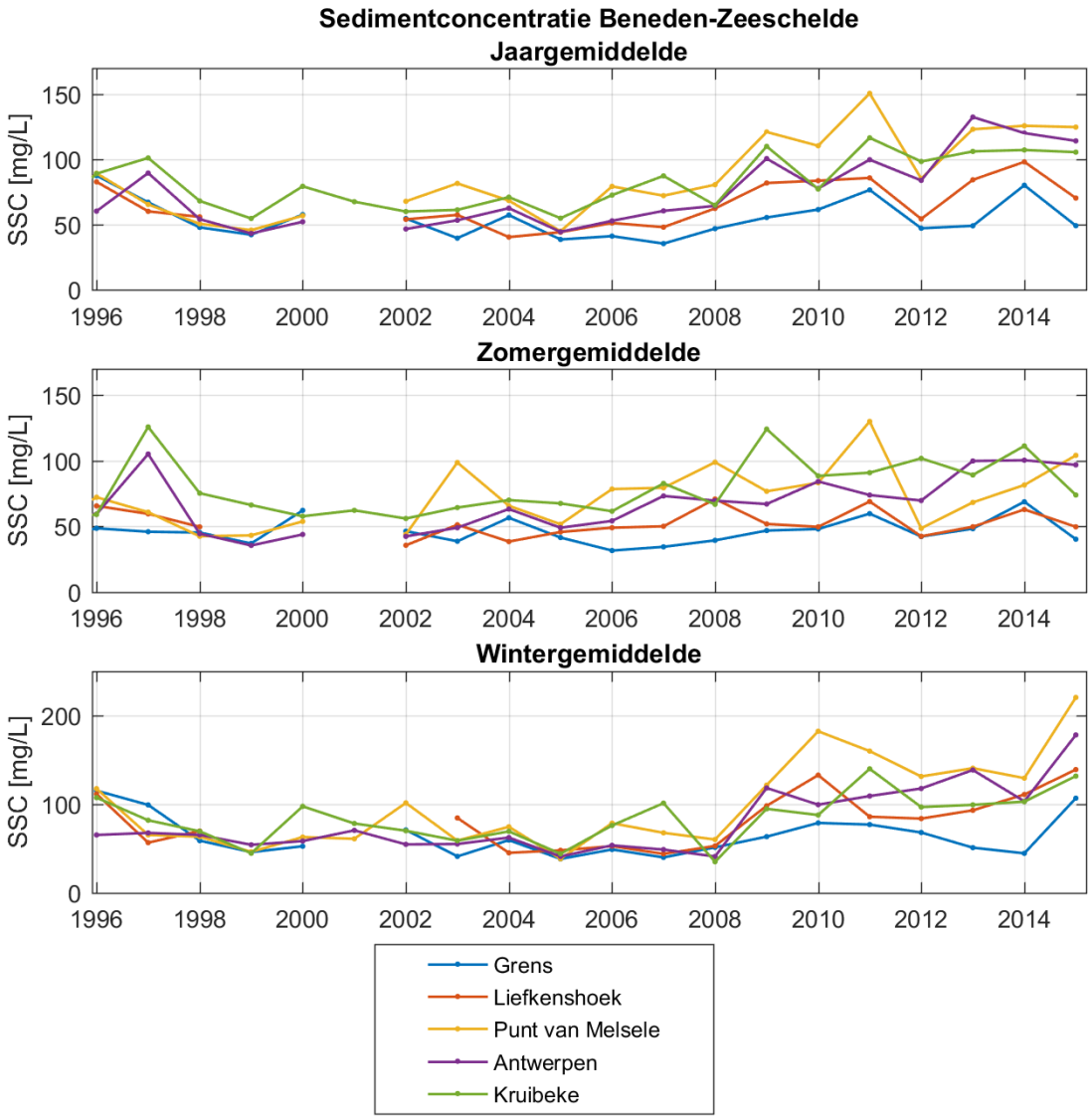
In de Beneden-Zeeschelde wordt de sedimentconcentratie gemeten aan de hand van zowel oppervlaktestalen als stalen in de waterkolom (dieptestalen), als deel van het OMES-meetprogramma. De staalnames worden getijonafhankelijk uitgevoerd. Daarnaast worden binnen het MONEOS meetprogramma continue turbiditeitsmetingen uitgevoerd op 3 locaties met behulp van multiparametertoestellen en omgezet naar sedimentconcentraties. De drie verschillende datasets van sedimentconcentratie worden eerst elk afzonderlijk voorgesteld in §6.1.2.1 - 6.1.2.3 en vervolgens besproken in §6.1.3.

#### 6.1.2.1 Periodieke metingen: oppervlaktestalen

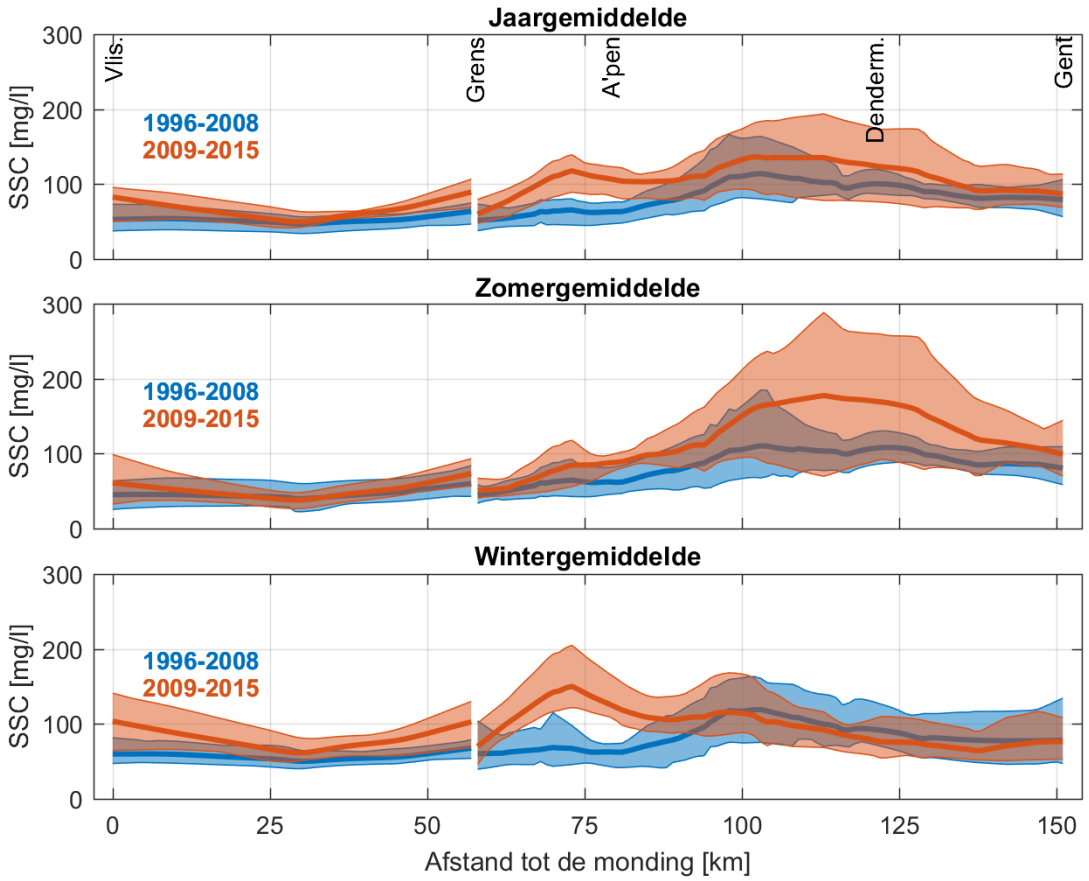
Recent werd een kwaliteitscontrole uitgevoerd van de dataset van oppervlaktestalen in de Zeeschelde uit de OMES-databank (Cox *et al.*, 2016). De waarden die in dit rapport worden voorgesteld zijn op basis van de nieuwe, gecontroleerde dataset. Jaargemiddelde waarden van het suspensiegehalte in de Beneden-Zeeschelde zijn weergegeven in Figuur 6-2, samen met het zomer- en wintergemiddelde.

Op de meetlocatie Grens wordt geen significante trend waargenomen in de jaargemiddelde sedimentconcentratie. Op de andere 4 meetlocaties, Liefkenshoek, Punt van Melsele, Antwerpen en Kruibeke wordt wel een toename van de sedimentconcentratie waargenomen. Een trendbreukanalyse geeft aan dat er rond 2009 een wijziging is gebeurd in de concentratiewaarden (zie Bijlage K voor meer uitleg over de gebruikte methode).

Figuur 6-2 geeft ook aan dat de stijging van de sedimentconcentratie zich vooral manifesteert tijdens de wintermaanden: in de stations Liefkenshoek, Punt van Melsele, Antwerpen en Kruibeke ligt de wintergemiddelde sedimentconcentratie na 2009 ongeveer dubbel zo hoog als voor 2009. In eerdere analyses werd dit geïdentificeerd als de vorming van een winterturbiditeitsmaximum in deze zone; dit is ook zichtbaar in de langsverdeling van sedimentconcentratie in Figuur 6-3 (zie ook IMDC *et al.*, in voorbereiding; Cox *et al.*, 2015, 2016).




*Figuur 6-2: Jaar- en seizoensgemiddelde van periodieke metingen suspensiegehalte in de Beneden-Zeeschelde.*



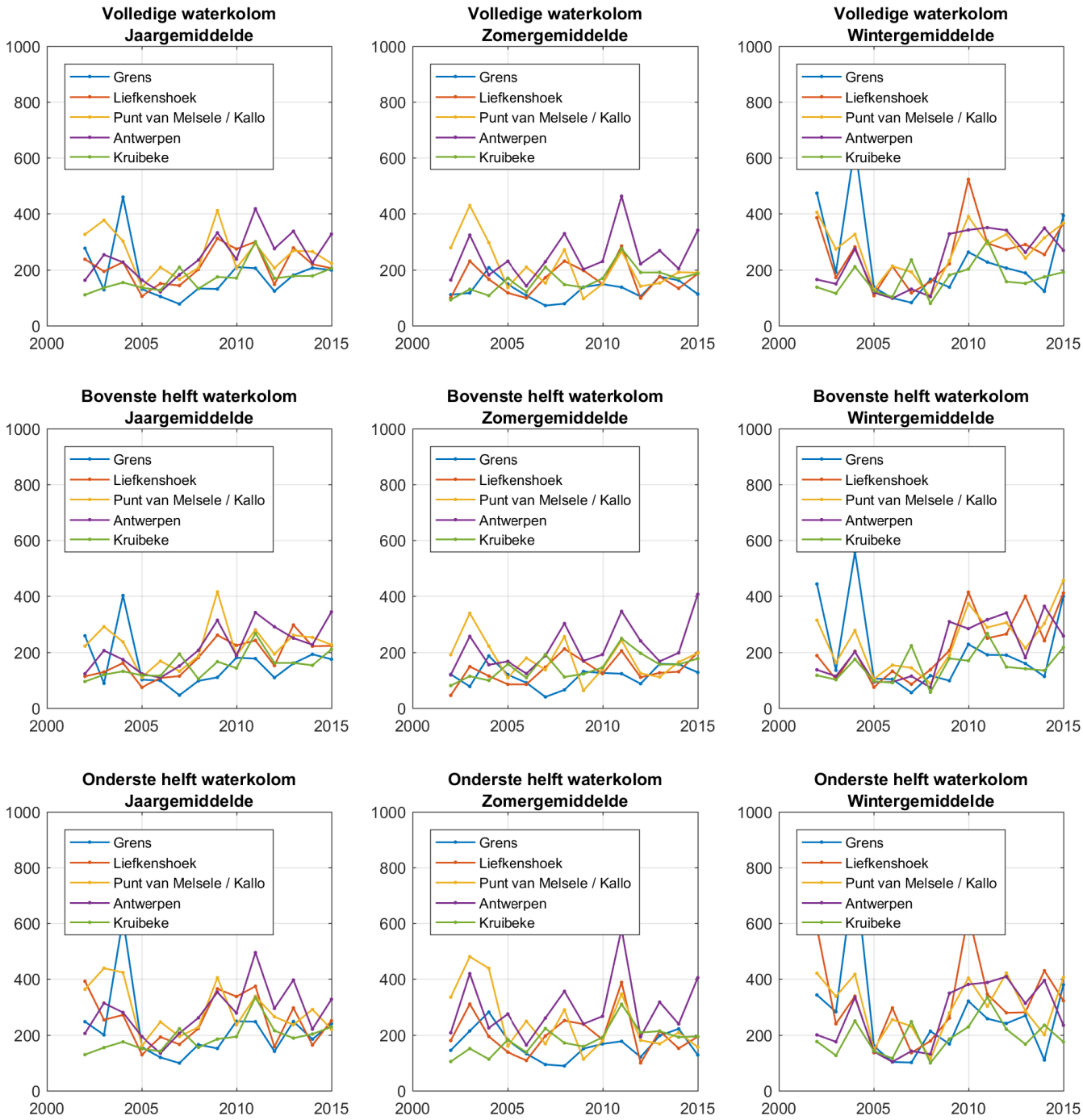

*Figuur 6-3: Langsverdeling van sedimentconcentraties in het gehele Schelde-estuarium (naar Cox* et al.*, 2015). Brede lijn geeft het gemiddelde weer; gekleurde gebieden geven de 10$^{e}$ en 90$^{ste}$ percentiel van de jaargemiddelden weer over de beschouwde periode.*

### 6.1.2.2 Periodieke metingen: dieptestalen

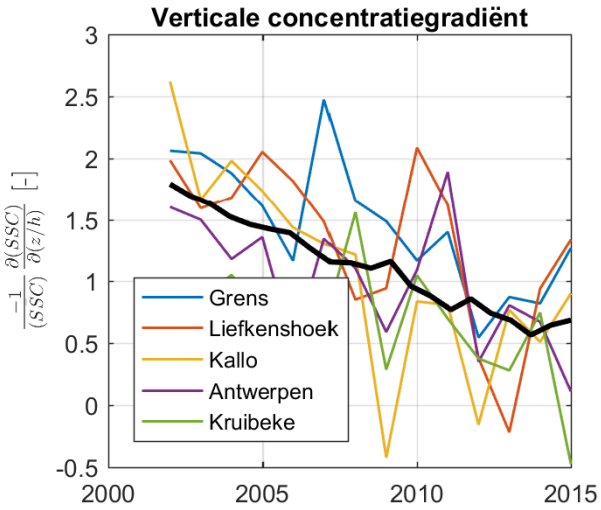
Naast de oppervlaktestalen wordt de sedimentconcentratie ook bepaald aan de hand van staalnames in de waterkolom (dieptestalen). Van 2002 tot 2009 werden de dieptestaalnames uitgevoerd als een op zichzelf staande parameter; vanaf 2010 worden de dieptestaalnames uitgevoerd in functie van de kalibratie van de ADCP-concentratiemetingen.

Figuur 6-4 geeft de jaar- en seizoensgemiddelde concentratiewaarden weer, zowel over de volledige dataset van alle dieptestalen, als voor de subset met enkel de stalen in de bovenste en onderste helft van de waterkolom. Net als in de oppervlaktestalen wordt er in de tijdreeksen van de dieptestalen een stijging van de jaargemiddelde sedimentconcentraties waargenomen, en in het bijzonder een stijging van de wintergemiddelden, voor de stations Liefkenshoek, Punt van Melsele, Antwerpen en Kruibeke. Figuur 6-4 laat bovendien zien dat de stijging zich vooral voordoet in de bovenste helft van de waterkolom. De stalen die werden genomen in de onderste helft van de waterkolom vertonen geen stijgende trend.

De dieptestalen geven ook een beeld van de evolutie van de verticale verdeling van het sediment in de waterkolom. Figuur 6-5 geeft de evolutie weer van de genormaliseerde verticale concentratiegradient, $\frac{-1}{\overline{SSC}}\frac{\partial(SSC)}{\partial\left(\frac{z}{h}\right)}$, een maat voor het verschil in sedimentconcentratie tussen de bovenste en onderste delen van de waterkolom. In de periode 2002-2009 neemt de concentratiegradiënt af; de sedimentconcentratie wordt dus meer uniform verdeeld over de waterkolom.




*Figuur 6-4: Sedimentconcentratie op basis van dieptestalen. Bovenste rij: stalen in de volledige waterkolom. Middelste rij: enkel stalen in de bovenste helft van de waterkolom. Onderste rij: enkel stalen in de onderste helft van de waterkolom. Linkerkolom: jaargemiddelde. Middelste kolom: zomergemiddelde. Rechtse kolom: wintergemiddelde.*




*Figuur 6-5: Jaargemiddelde verticale concentratiegradiënt op basis van de dieptestalen. Brede zwarte lijn geeft een lopend gemiddelde weer door alle meetlocaties.*

### 6.1.2.3 Continue metingen

Op de locaties Oosterweel, Boei 84 en Driegoten in de Beneden-Zeeschelde worden turbiditeitsmetingen verricht met behulp van multiparametertoestellen. De turbiditeits-metingen worden omgezet naar sedimentconcentraties aan de hand van kalibratierelaties, die worden opgesteld met behulp van staalnames naast de meettoestellen. Omdat elk jaar bijkomende kalibratiestalen worden genomen, worden de kalibratierelaties jaarlijks aangepast op basis van alle kalibratiestalen, en dit leidt ook tot een jaarlijkse actualisatie van de geschatte sedimentconcentraties. In dit rapport worden voor de gehele meetperiode de geschatte sedimentconcentratiewaarden opgesteld in 2015 weergegeven. Omwille van de verschillen in de kalibratierelaties kunnen er kleine verschillen zijn ten opzichte van de vorige voortgangsrapporten.

Tijdreeksen van de continue metingen (meetinterval 10 minuten) zijn weergegeven in Figuur 6-6 tot Figuur 6-9. De turbiditeitsmetingen werden uitgevoerd met het Anderaa RCM9-toestel en het Anderaa Seaguard-toestel. Tijdens bepaalde periodes (hoofdzakelijk in 2012) bereikten turbiditeitsmetingen met het Seaguard-toestel een verzadigingspunt van 500 NTU. Hierdoor worden ook de afgeleide suspensiegehaltes afgetopt op een bepaald verzadigingsniveau. Deze periodes worden aangegeven in blauw in Figuur 6-6 tot Figuur 6-9. De jaargemiddelden en de jaarlijkse mediaan (die normaal gezien weinig of niet wordt beïnvloed door de saturatie van het meetinstrument) worden ook weergegeven in de figuren, en zijn samengevat in Tabel 6-1.

De piekwaarden van sedimentconcentratie kunnen enkel worden ingeschat wanneer de meetinstrumenten geen plafonnering vertonen. In Figuur 6-6 tot Figuur 6-9 wordt de jaarlijkse 99$^{ste}$ percentielwaarde weergegeven, en ook de absolute jaarmaxima kunnen worden ingeschat aan de hand van de tijdreeksen. De 99$^{ste}$ percentielwaarden worden ook weergegeven in Tabel 6-1 voor de meetjaren zonder saturatie.

Meetpunt Oosterweel (Figuur 6-6) ligt tussen de locaties Punt van Melsele en Antwerpen van de periodieke metingen in de Beneden-Zeeschelde (§6.1.2.1), en in de nabijheid van de stortzones voor slib in de Beneden-Zeeschelde Oosterweel en Punt van Melsele. De sensoren voor continue meting zijn geplaatst op 1,0 m (Oosterweel Onder) boven de bodem en 4,5 m boven de bodem (Oosterweel Boven). Omdat er dieper in de waterkolom wordt gemeten liggen de sedimentconcentraties hoger dan bij de oppervlaktestalen.

De jaargemiddelde en jaarmediaan in Oosterweel namen toe tussen 2005 en 2011, en namen daarna terug af. Een multivariate regressie-analyse heeft aangetoond dat de sedimentconcentratie in Oosterweel een sterke correlatie vertoont met de stortingen van slib in de nabijgelegen stortzones (IMDC, 2016d). De jaarlijkse stortvolumes vertoonden ook een toename tot het piekjaar 2011, en daarna opnieuw een afname (zie Hoofdstuk 3). Tijdens de laatste twee jaar is het stortvolume van slib verder afgenomen, maar de jaargemiddelde sedimentconcentratie is (proportioneel) minder sterk afgenomen dan de stortvolumes.

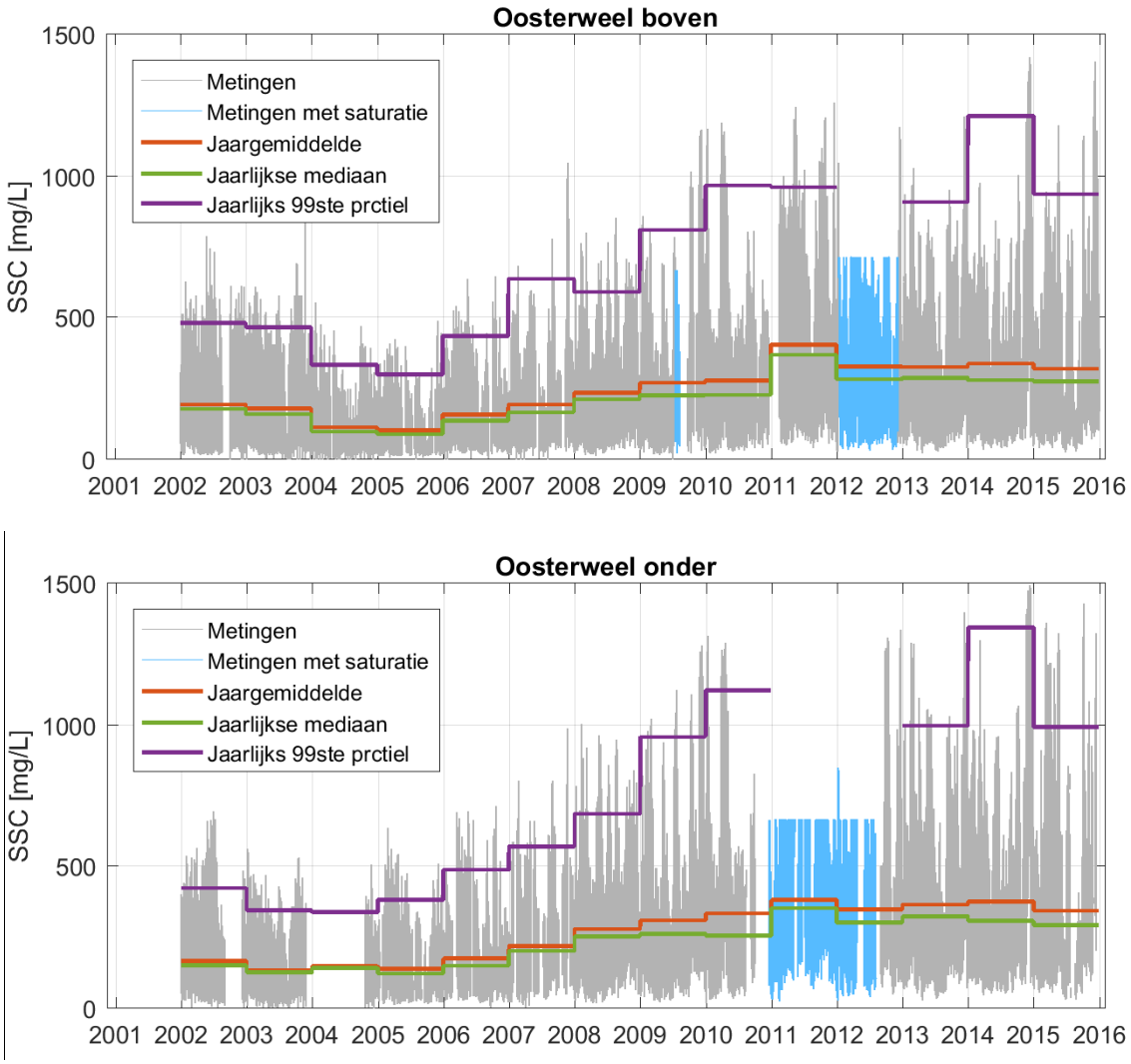
De gemiddelde waarde van sedimentconcentratie in Oosterweel was het hoogst in 2011 (het jaar met de hoogste stortvolumes aan slib), maar de 99$^{ste}$ percentiel was beduidend hoger in 2014 dan in 2011. In 2014 en 2015 lagen de maximale waarden (ca. 1400 mg/l) ook hoger dan in 2011 (ca. 1200 mg/l), en dit twee maal in de eerste helft van december. Een mogelijke verklaring voor de hoge piekwaarden in december is de bagger- en stortplanning: de baggerwerken in de Beneden-Zeeschelde worden soms gedurende een aantal dagen of weken rond de eindejaarsdagen onderbroken, en dan wordt in de eerste helft van december meer intensief gebaggerd en gestort om een voldoende buffer te hebben zodat de bodempeilen onder de interventiepeilen blijven tijdens de periode zonder baggeren. De hoge concentratiewaarden eind 2014 en 2015 zijn dus mogelijk het gevolg van de verhoogde bagger- en stortvolumes.

Op de meetlocatie Boei 84 (meettoestellen geplaatst op 0,8 m en 3,3 m boven de bodem, Figuur 6-7) en Driegoten (Figuur 6-8) worden geen significante trends waargenomen in de continue metingen. Ook op deze twee locaties lag de concentratie het hoogst in 2011, maar de gemiddelde waarden en de piekwaarden na 2011 liggen niet significant hoger of lager dan de waarden voor 2011. Eind 2015 werden de metingen ter hoogte van Boei 84 stopgezet en werden de meetinstrumenten verplaatst naar Lillo. De tijdreeks in Lillo (Figuur 6-9) is nog slechts enkele maanden lang, en dus te kort om conclusies uit te trekken.

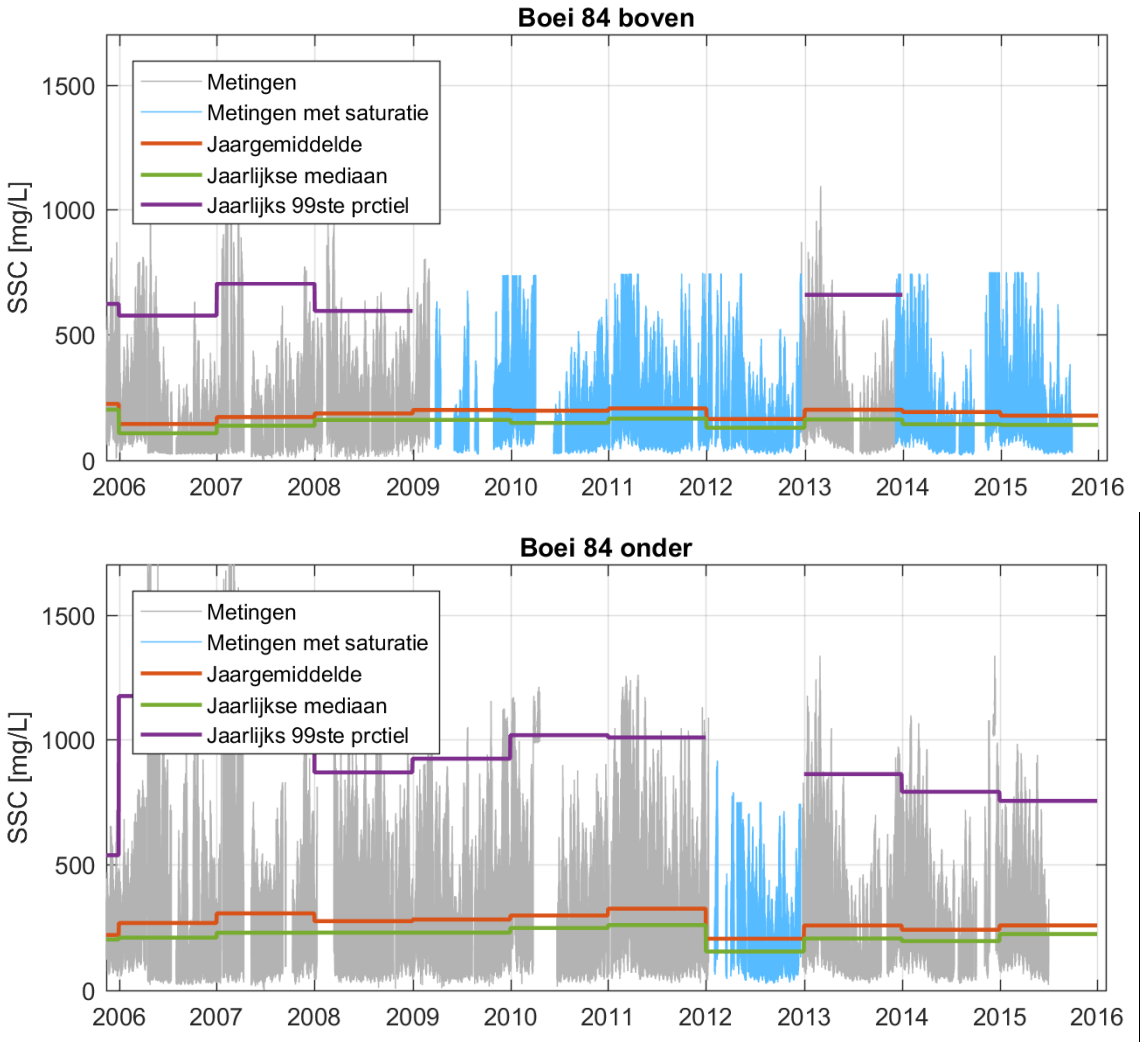
*Tabel 6-1: Jaargemiddeldes, standaardafwijking, 99ste percentielwaarde, en percentage boven drempelwaarde 800 mg/l (op basis van volledige dataset) van de continue metingen suspensiegehalte, in mg/l. Lege velden: geen data of geen waarde door saturatie van de sensor.*

| | | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| OOSTERWEEL BOVEN | Gemiddelde | | 193 | 179 | 113 | 102 | 158 | 193 | 235 | 270 | 278 | 404 | 326 | 326 | 337 | 320 |
| | Mediaan | | 177 | 159 | 98 | 88 | 136 | 166 | 212 | 226 | 227 | 368 | 282 | 288 | 279 | 275 |
| | 99ste perc. | | 481 | 465 | 333 | 299 | 434 | 636 | 589 | 809 | 968 | 961 | | 907 | 1213 | 934 |
| | % > 800 mg/l | | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 1% | 4% | 4% | | 2% | 5% | 3% |
| OOSTERWEEL ONDER | Gemiddelde | | 195 | 135 | 148 | 139 | 175 | 220 | 279 | 309 | 334 | 381 | 349 | 365 | 377 | 344 |
| | Mediaan | | 157 | 126 | 142 | 122 | 150 | 202 | 253 | 262 | 256 | 353 | 302 | 324 | 308 | 293 |
| | 99ste perc. | | | 345 | 338 | 382 | 488 | 570 | 686 | 958 | 1124 | | | 999 | 1346 | 994 |
| | % > 800 mg/l | | 2% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 3% | 9% | | | 4% | 7% | 4% |
| BOEI 84 BOVEN | Gemiddelde | | | | | 224 | 144 | 172 | 186 | 200 | 197 | 206 | 164 | 201 | 192 | 177 |
| | Mediaan | | | | | 201 | 107 | 137 | 161 | 161 | 149 | 166 | 129 | 162 | 143 | 141 |
| | 99ste perc. | | | | | 623 | 576 | 704 | 595 | | | | | 659 | | |
| | % > 800 mg/l | | | | | 0% | 0% | 1% | 0% | | | | | 0% | | |
| BOEI 84 ONDER | Gemiddelde | | | | | 220 | 268 | 306 | 275 | 282 | 298 | 325 | 205 | 258 | 241 | 258 |
| | Mediaan | | | | | 202 | 209 | 229 | 229 | 229 | 248 | 259 | 154 | 206 | 196 | 224 |
| | 99ste perc. | | | | | 538 | 1176 | 1366 | 868 | 923 | 1017 | 1008 | | 861 | 791 | 755 |
| | % > 800 mg/l | | | | | 0% | 3% | 6% | 2% | 3% | 3% | 5% | | 2% | 1% | 1% |

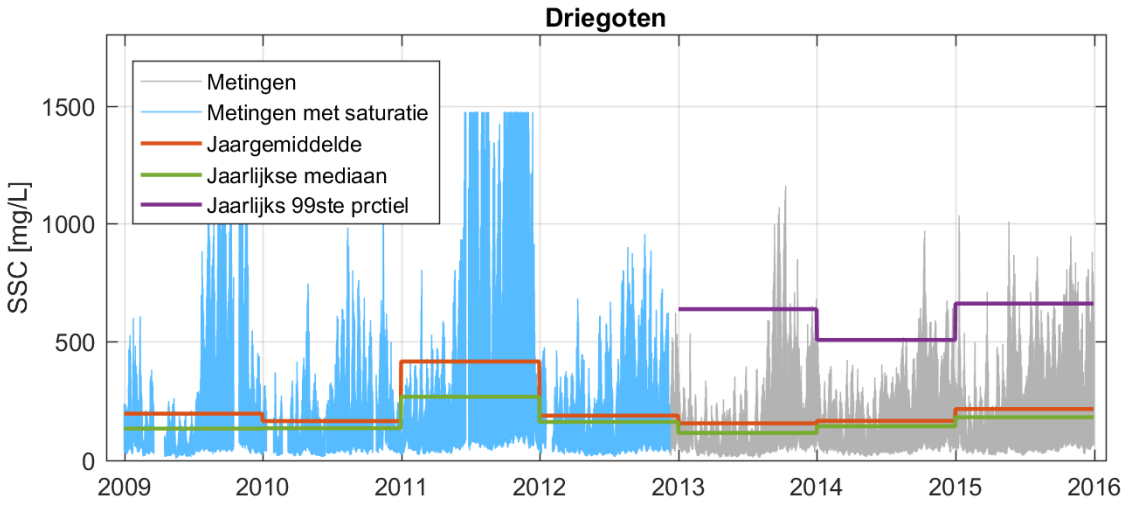
| | | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DRIEGOTEN | Gemiddelde | | | | | | | | | 196 | 165 | 417 | 188 | 155 | 166 | 216 |
| | Mediaan | | | | | | | | | 133 | 135 | 268 | 161 | 115 | 143 | 181 |
| | 99ste perc. | | | | | | | | | | | | | 637 | 508 | 661 |
| | % > 800 mg/l | | | | | | | | | | | | | 0% | 0% | 0% |
| LILLO MEETPAAL | Gemiddelde | | | | | | | | | | | | | | | 218 |
| | Mediaan | | | | | | | | | | | | | | | 177 |
| | 99ste perc. | | | | | | | | | | | | | | | |
| | % > 800 mg/l | | | | | | | | | | | | | | | |



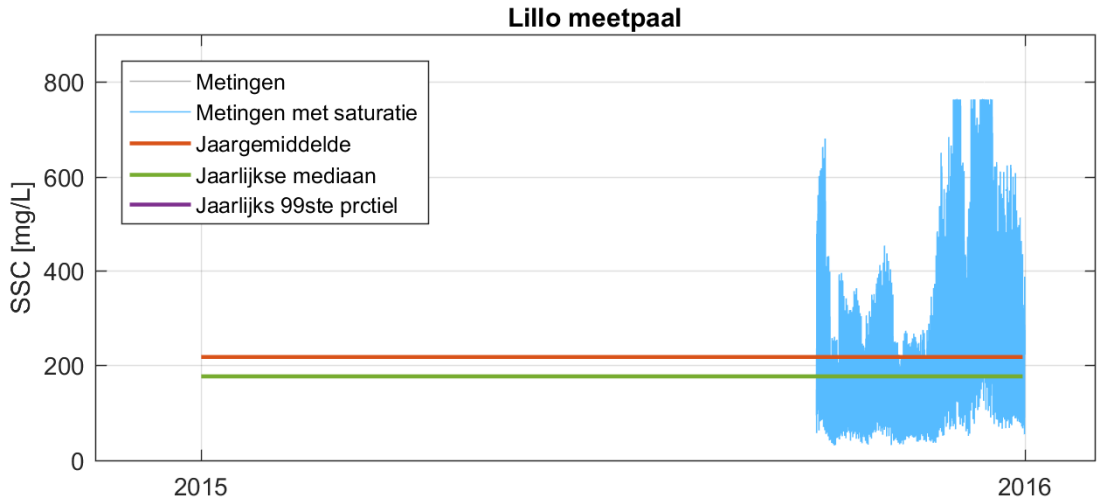

*Figuur 6-6: Continue metingen sedimentconcentratie Oosterweel. Metingen in blauw werden uitgevoerd met het Seaguard-500 toestel.*




*Figuur 6-7: Continue metingen suspensiegehalte Boei 84.*
*Metingen in blauw werden genomen met het Seaguard-500 toestel.*




*Figuur 6-8: Continue metingen suspensiegehalte Driegoten.*
*Metingen in blauw werden genomen met het Seaguard-500 toestel.*




*Figuur 6-9: Continue metingen suspensiegehalte Lillo.*
*Metingen in blauw werden uitgevoerd met het Seaguard-500 toestel.*

### 6.1.3 Bespreking en conclusies

De metingen in de Beneden-Zeeschelde op basis van oppervlaktestalen, dieptestalen en de continue metingen geven een consistent beeld. In een bepaalde zone in de Beneden-Zeeschelde, tussen 60 en 80 km van de monding (vanaf ca. Kruibeke tot ca. Liefkenshoek), wordt sinds 2009 een stijging van de sedimentconcentraties waargenomen, en dit vooral tijdens de wintermaanden, en vooral in de bovenste helft van de waterkolom. In de winter wordt er in deze zone een turbiditeitsmaximum gevormd (zie Figuur 6-3), en het verticaal concentratieprofiel werd ook meer uniform doorheen de waterkolom.

Deze stijging van de sedimentconcentratie is beperkt in de ruimte tot de zone tussen 60 en 80 km van de monding. Verder opwaarts wordt er geen stijging waargenomen in de continue metingen in Driegoten, en slechts een zwakke stijging in de periodieke metingen in Kruibeke. Afwaarts wordt er geen stijgende trend waargenomen op de meetlocaties Grens (periodieke metingen) en Boei 84 (continue metingen), waar de Zeeschelde breder wordt en overgaat in de Westerschelde.

De ontwikkeling van de sedimentconcentratie werd reeds uitvoerig geanalyseerd in het vorige voortgangsrapport (IMDC, 2014a) en een aantal recente studies (Cox *et al.*, 2015, 2016; Vandenbruwaene, *et al.*, 2015; IMDC, 2016d). Ten opzichte van de vorige analyses zijn er een aantal elementen die de stelling dat er zich een stijging van de sedimentconcentraties voordoet, meer geloofwaardigheid geven:

- Sinds het vorige voortgangsrapport en een aantal andere studies zijn twee bijkomende meetjaren (2014, 2015) beschikbaar. Dit geeft zes meetjaren sinds 2009 (de vermoedelijke start van de verhoogde sedimentconcentraties) in plaats van vier, waardoor de verhoogde sedimentconcentraties na 2009 statistisch duidelijker naar voor komen. In het vorige voortgangsrapport werden bovendien enkel metingen tussen 2008 en 2013 beschouwd, wat onvoldoende baseline-data bevatte vóór de stijging.
- In de recente kwaliteitscontrole van de oppervlaktestalen werden verdachte waarden gemarkeerd (Cox *et al.*, 2016); deze worden hier niet in beschouwing genomen, en dit zorgt voor een meer accurate dataset.
- De zone waar de stijging zich voordoet is beter afgelijnd: tot de zone tussen Liefkenshoek en Kruibeke. Wanneer de volledige Beneden-Zeeschelde samen wordt beschouwd (met inbegrip van de meetlocatie Grens, waar geen stijgende trend wordt waargenomen) is de stijging minder duidelijk waarneembaar.

Een toename van de sedimentconcentratie in de Beneden-Zeeschelde wordt als een negatieve evolutie beschouwd. Ten eerste zorgt een verhoogde sedimentconcentratie voor een verhoogde troebelheid in de waterkolom en een verminderde lichtpenetratie (zie ook §6.2), wat een negatieve impact heeft op de primaire productie en voor zichtjagers. Een verhoogde sedimentconcentratie kan ook zorgen voor een verhoogde aanslibbing in de onderhoudszones (dokken, sluistoegangen) van de haven van Antwerpen en op de slikken en schorren. Daarnaast kan een verhoogde sedimentconcentratie ook een verlaging van de bodemwrijving teweegbrengen door demping van de turbulentie, en daardoor een versterking van de getijindringing. Dit zou op termijn tot een feedback-reactie kunnen leiden en een systeemomslag naar een hyperturbide toestand (Winterwerp, 2013). De mechanismen van hyperturbiditeit en het reële risico van een systeemomslag in de Schelde zijn nog niet volledig gekend en zijn het voorwerp van lopend onderzoek. In IMDC (2016d) wordt gewezen op de sterke relatie tussen de stortvolumes van slib in de Beneden-Zeeschelde en de gemeten sedimentconcentratie in Oosterweel. Na 2011 zijn de stortvolumes van slib terug afgenomen (zie Hoofdstuk 3). De continue metingen van sedimentconcentratie in Oosterweel vertonen na 2011 ook een afname, zij het proportioneel minder sterk dan de stortvolumes. In de oppervlaktestalen vertoonde het jaargemiddelde op de meetlocatie Punt van Melsele (dichtst bij de stortzones) ook een afname sinds 2011, maar niet op de meetlocaties Liefkenshoek en Antwerpen.

In de Westerschelde worden verder geen significante wijzigingen in de sedimentconcentratie waargenomen, behalve nabij Vlissingen, waar vanaf ca. 2007 verhoogde waarden worden waargenomen. Dit werd niet vastgesteld in het vorige voortgangsrapport omdat daar enkel de metingen tussen 2008 en 2013 beschikbaar waren. Er zijn verschillende mogelijke verklaringen voor de verhoogde sedimentconcentraties rond Vlissingen. Dit zou bijvoorbeeld veroorzaakt kunnen zijn door een verhoogde sedimentconcentratie in het kustgebied buiten de Scheldemonding of in de Noordzee, of aan een gewijzigde strategie van de onderhoudsbaggerwerken van de haven van Vlissingen (bijvoorbeeld stortingen dichter bij de meetlocatie van sedimentconcentratie). Omdat de bagger- en stortgegevens van de havens beperkt en onvolledig zijn (zie §3) kan hierover geen uitsluitsel worden gegeven, maar in de beschikbare bagger- en stortgegevens is er alvast geen indicatie voor een wijziging in de stortstrategie of –intensiteit die een wijziging zou teweegbrengen in de sedimentconcentratie.

## 6.2 LICHTPENETRATIE

In het Schelde-estuarium, waar doorgaans veel nutriënten aanwezig zijn, vormt de hoeveelheid licht die doordringt in de waterkolom de belangrijkste limiterende factor voor de primaire productie. Het doorzicht is gerelateerd aan de troebelheid en wordt bepaald door o.a. de hoeveelheid sediment en organische materie in suspensie. Bovenafvoer, golfslag, getij, scheepvaart en baggerwerkzaamheden spelen een rol bij de waargenomen variaties.

De lichtpenetratie wordt doorgaans gekwantificeerd aan de hand van de lichtextinctiecoëfficiënt $k_d$ (in 1/m) of aan de hand van de eufotische diepte $Z_{eu}$ (in m), die is gedefinieerd als de diepte waarop nog slechts 1 % van het licht kan doordringen. De twee parameters zijn gerelateerd als

$$\mathrm{Z_{eu}} = -\ln(0{,}01)/k_d$$

De dataset van metingen in de Westerschelde bevatten een aantal waarden $k_d = 0\ \mathrm{m^{-1}}$ (de lichtextinctie was dus kleiner dan de meetgevoeligheid van de sensor). De eufotische diepte is dan oneindig, waardoor geen jaargemiddelden kunnen worden berekend. Daarom wordt in dit rapport de lichtextinctiecoëfficiënt weergegeven.

Een andere gebruikte parameter voor het doorzicht is de Secchi-diepte, maar deze meetmethode is minder nauwkeurig dan de meetmethode voor de eufotische diepte. Daarom worden in dit rapport geen meetdata van de Secchi-diepte besproken.

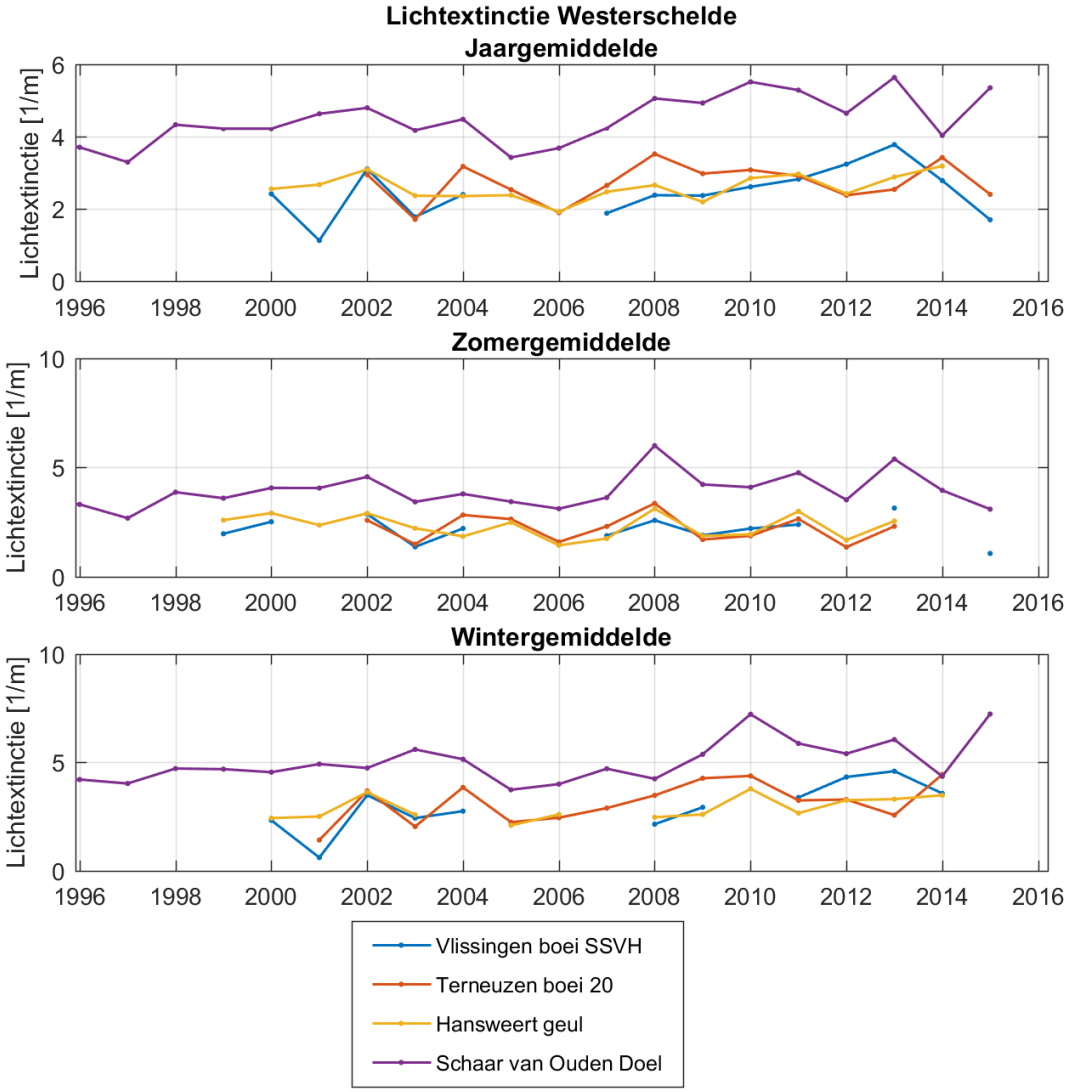
In het MER werden de effecten van de verruiming of stortstrategie als gering bestempeld.

### 6.2.1 Westerschelde

De jaar- en seizoensgemiddelde lichtextinctiecoëfficiënt in de Westerschelde is weergegeven in Figuur 6-10. In de meetlocaties Vlissingen, Terneuzen en Hansweert Geul worden geen significante wijzigingen of trends waargenomen. Aan Schaar van Ouden Doel wordt wel een significante toename van de lichtextinctiecoëfficiënt waargenomen. De toename was vrij gelijkmatig over de gehele meetperiode, maar de sterkste verhoging vond plaats tussen 2007 en 2008 (zie Bijlage K voor meer uitleg over de methodes voor trendanalyse en trendbreuken).

In Vlissingen werd wel een statistisch significante toename waargenomen van de sedimentconcentratie, maar niet van de lichtextinctie, terwijl sedimentconcentratie en lichtextinctie normaal gezien sterk gerelateerd zijn. Voor de periode waarin jaargemiddelden beschikbaar zijn van zowel sedimentconcentratie als lichtextinctie (2000-2015) vertoont de jaargemiddelde sedimentconcentratie een stijging van ca. 3,6 % per jaar, en de lichtextinctie ca. 2,2 % per jaar. De lichtextinctie in Vlissingen vertoont dus nog steeds een stijging, maar deze is iets kleiner dan de sedimentconcentratie. De metingen van sedimentconcentratie en lichtextinctie zijn dus consistent: beide vertonen een stijging, maar deze wordt als statistisch significant beoordeeld voor sedimentconcentratie, maar niet voor lichtextinctie.

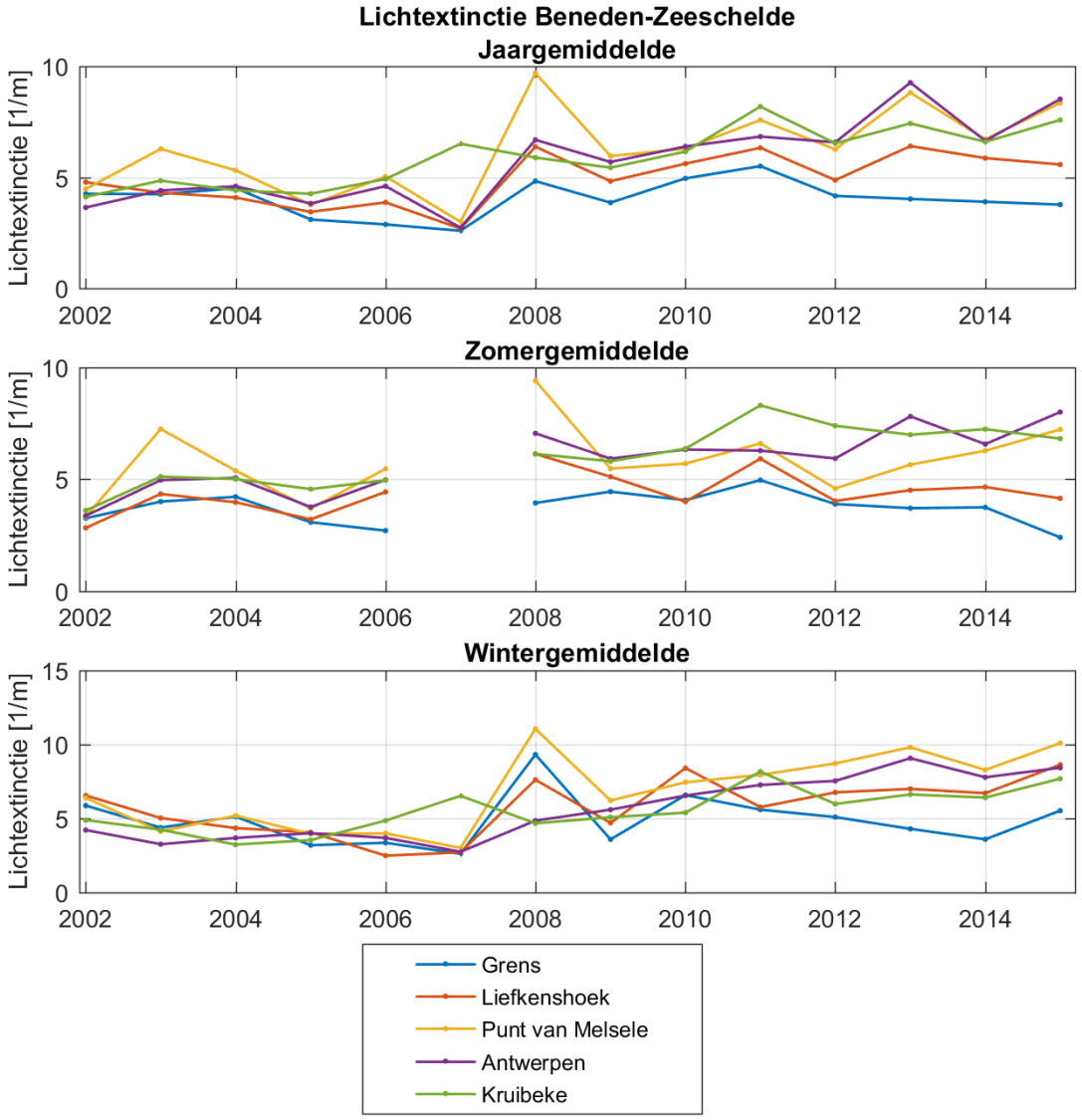
Gelijkaardig werd in Schaar van Ouden Doel een statistisch significante stijging van de lichtextinctie waargenomen, maar niet van de sedimentconcentratie. Ook hier vertonen beide parameters een stijging, maar deze werd wel als significant beoordeeld voor de lichtextinctie en niet voor de sedimentconcentratie. Er wordt bijkomend opgemerkt dat sedimentconcentraties op Schaar van Ouden Doel ook vrij hoog lagen in 1988-1989 (zie Figuur 6-1), en voor deze jaren zijn geen data beschikbaar voor de lichtextinctie.




*Figuur 6-10: Jaar- en seizoensgemiddelde lichtextinctie in de Westerschelde.*

### 6.2.2 Beneden-Zeeschelde

In de Beneden-Zeeschelde vertonen de periodieke metingen van lichtextinctie gelijkaardig gedrag als de oppervlaktemetingen van sedimentconcentratie (zie §6.1.2.1): op de meetlocatie Grens wordt er geen stijging van de lichtextinctie waargenomen, op de andere meetlocaties (Liefkenshoek, Punt van Melsele, Antwerpen, Kruibeke) wordt wel een stijgende trend waargenomen. De verhoging is vooral zichtbaar in de wintergemiddeldes, en de verhoging is het sterkst rond 2008 (zie Bijlage K). De overeenkomst in de evolutie van de lichtextinctiecoëfficiënt en de sedimentconcentratie is uiteraard geen toeval, aangezien de lichtextinctie in grote mate wordt bepaald door de sedimentconcentratie.




*Figuur 6-11: Jaargemiddelde eufotische diepte Beneden-Zeeschelde.*

# 6.3 CHLOROFYLGEHALTE

## 6.3.1 Westerschelde

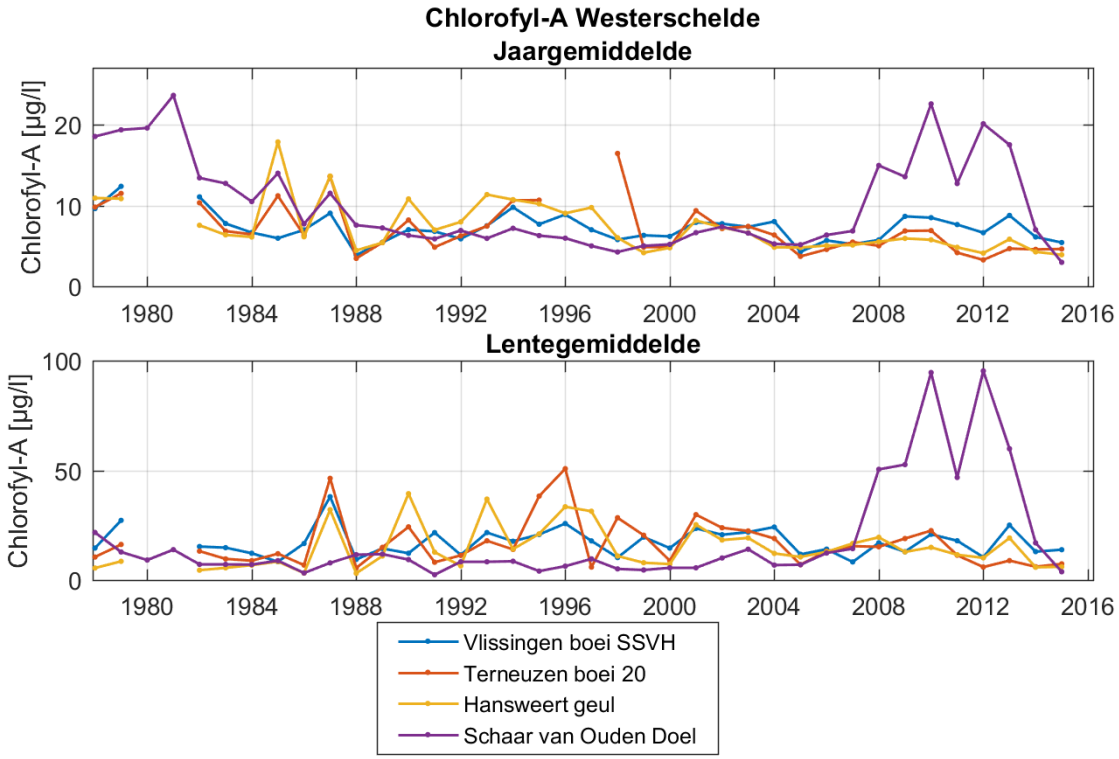
### 6.3.1.1 Metingen in de waterkolom

Metingen van het chlorofyl a-gehalte in de waterkolom, een maat voor de biomassa van fytoplankton, werden om de twee weken uitgevoerd bij laagwater in de Westerschelde. Het chlorofylgehalte vertoont een sterke seizoensgebonden variatie, met telkens een piek in het voorjaar. Daarom worden in Figuur 6-12 naast de jaargemiddelde concentratie, niet de winter- en zomerconcentratie weergegeven, maar de gemiddelde concentratie tijdens de voorjaarsmaanden (april en mei) en de concentratie in de maanden buiten de voorjaarsmaanden. Daarna worden in Figuur 6-13 de volledige tijdreeksen met alle metingen weergegeven om de pieken duidelijker in beeld te brengen.

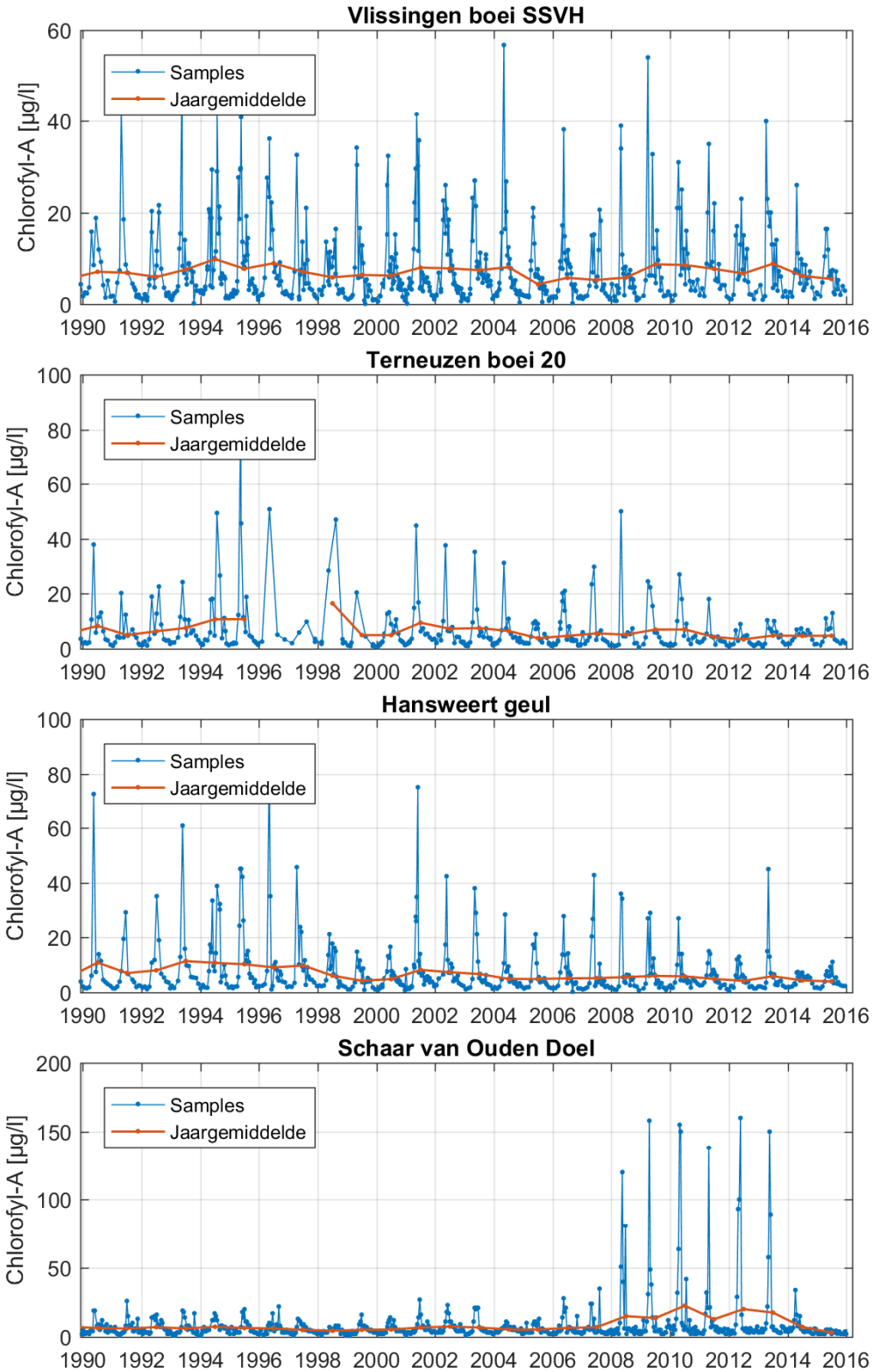
Historisch gezien was er in de Westerschelde een daling van de chlorofyl a-concentratie in de jaren 1980; deze daling is gestagneerd rond 1990-2000, zie Figuur 6-12 (T2009 Consortium, 2013). Omdat deze periode weinig relevant is voor de Voortgangsrapportage worden in Figuur 6-13 enkel waarden vanaf 1990 weergegeven. In de periode 2006-2015 bleef het gehalte chlorofyl a vrij constant op de locaties Vlissingen, Terneuzen en Hansweert.

Op de Schaar van Ouden Doel deed zich tussen 2008 en 2013 een sterk verhoogde voorjaarspiek voor; waarschijnlijk gaat dit om de verhoogde bloei van *Thalassiosira nodulolineata* die ook opwaarts in de Beneden-Zeeschelde wordt waargenomen (zie §6.3.2.1). In 2014 en 2015 komt deze verhoogde voorjaarspiek niet meer voor in de Schaar van Ouden Doel. In 2014 is er terug een normale voorjaarspiek zoals in de jaren voor 2008. In 2015 was er bijna geen piek tijdens het voorjaar, maar dit is in het verleden nog gebeurd, bijvoorbeeld in 1998 en 2004.

Samengevat kan worden gesteld dat in het verleden (de jaren 1980-2005) de chlorofyl a-concentratie een daling kende op een aantal meetlocaties. Vanaf 2005 is de concentratie echter relatief constant, en er zijn sindsdien geen significante wijzigingen merkbaar sinds de start van de derde verruiming en de stortstrategie. Uitzondering hierop is het meetpunt Schaar van Ouden Doel, waar gedurende een 6-tal jaar, van 2008 tot 2013, een concentratieverhoging voorkwam, en niet meer in 2014-2015.




*Figuur 6-12: Jaargemiddelde chlorofyl a-gehalte diepte in de Westerschelde, samen met lentegemiddelde (april en mei). Bemerk de verschillende verticale schaal in de 3 panelen.*




*Figuur 6-13: Metingen chlorofyl a-gehalte in oppervlaktewater, Westerschelde*

#### 6.3.1.2 Bodemstalen

In het verleden werden ook metingen verricht van het chlorofyl a-gehalte op bodemstalen in de Westerschelde, op de plaatranden, en op de slikken en schorren langs de oever. Deze metingen zijn in 2014 en 2015 niet meer uitgevoerd, en worden daarom niet gerapporteerd. In het Voortgangsrapport 2012 en 2013 werden wel nog resultaten voorgesteld van deze metingen (IMDC, 2014a).

Een diepgaande analyse van de verzamelde historische metingen van benthische primaire productie is nodig om de relaties tussen benthische primaire productie en de parameters die hierop van invloed zijn bloot te leggen. Als deze relaties gekend zijn, kan zonder verdere periodieke metingen beter ingeschat worden welke totale benthische primaire productie er is.

### 6.3.2 Beneden-Zeeschelde

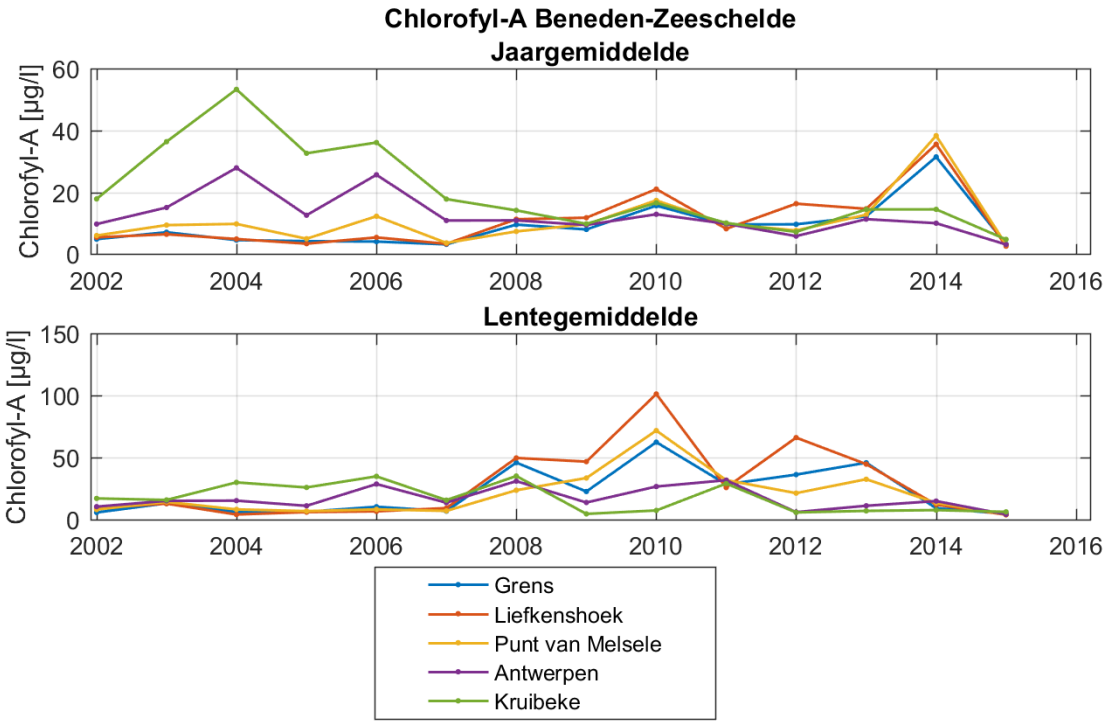
#### 6.3.2.1 Metingen in de waterkolom

Jaar- en voorjaarsgemiddelden zijn weergegeven in Figuur 6-14, de volledige tijdreeksen (inclusief pieken) in Figuur 6-15. In 2009 is de bemonsteringsstrategie gewijzigd voor periodieke metingen in de Zeeschelde als deel van het OMES-programma: tot en met 2008 werd één staalname per maand uitgevoerd, sinds 2009 worden tijdens de voorjaars- en zomermaanden (april-september) meestal twee staalnames per maand uitgevoerd.

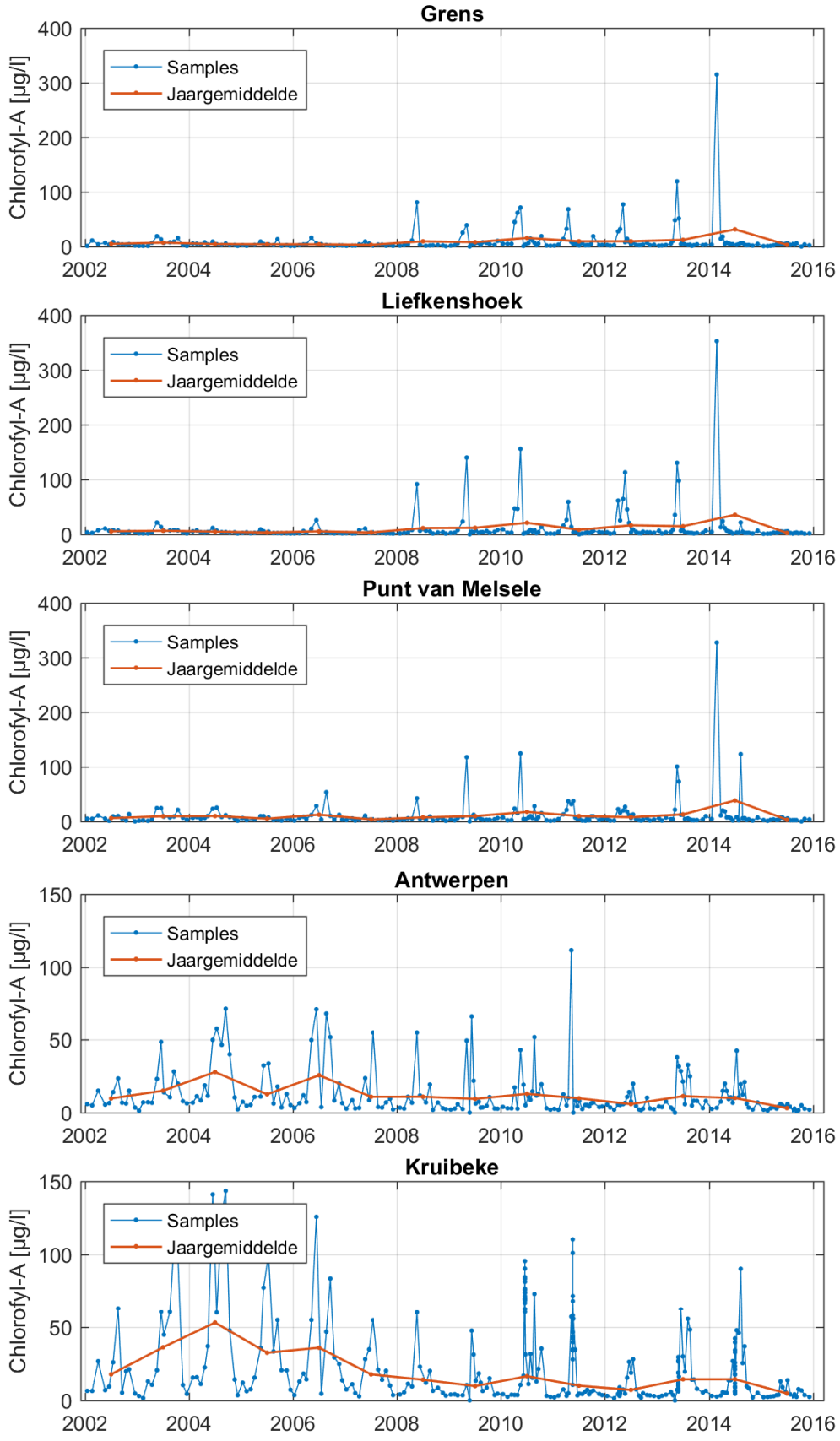
Net als op de meetlocatie Schaar van Ouden Doel wordt in de locaties Grens, Liefkenshoek en (in mindere mate) Punt van Melsele vanaf 2008 een verhoogde piek tijdens het voorjaar waargenomen, die wordt toegeschreven aan de centrische diatomee *Thalassiosira nodulolineata* (Buyze *et al.*, 2015). Deze verhoogde voorjaarsbloei kwam het laatst voor in 2014 op deze meetlocaties (in Schaar van Ouden Doel was dit in 2013). In 2015 wordt op alle locaties geen, of slechts een kleine, voorjaarspiek waargenomen; dit heeft mogelijk te maken met verslechterde lichtcondities of verhoogde begrazing door zoöplankton. De temperatuur in het voorjaar van 2015 was immers normaal, en het aantal uren zonneschijn lag hoger dan normaal (Figuur 6-16) dus er zijn geen indicaties dat de afwezigheid van de voorjaarsbloei te wijten is aan ongunstige weerscondities.

De meetlocaties Antwerpen en Kruibeke vertoonden geen verhoogde voorjaarspiek in 2008-2014. Op deze twee meetlocaties wordt echter een dalende trend in het chlorofylgehalte waargenomen over de meetperiode (2002-2016), en ook tijdens de laatste jaren. Omdat het chlorofylgehalte een sterk seizoenaal karakter vertoont, werd de trend getest met zowel de algemene Mann-Kendalltest als met een seizoenale Mann-Kendalltest op basis van de maandgemiddelden; beide tests gaven een significante trend weer.

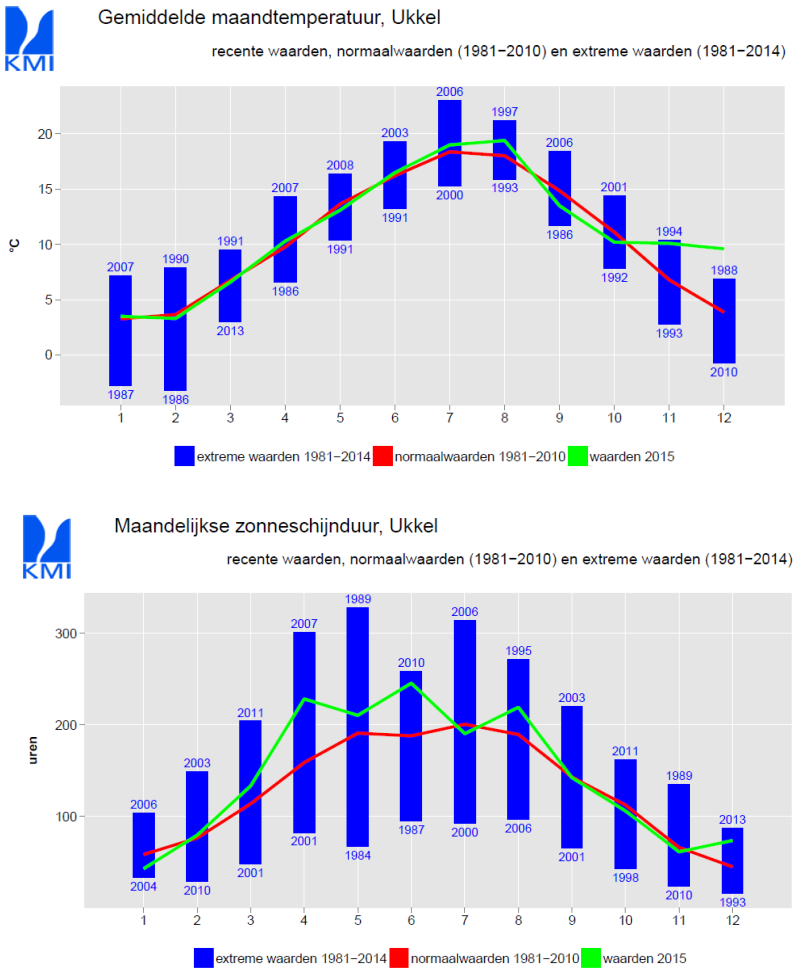
De daling in het chlorofyl a-gehalte in Antwerpen en Kruibeke heeft waarschijnlijk te maken met toegenomen begrazing door zoöplankton, dat in de voorbije jaren aan een opmars bezig is in de Schelde door het toegenomen zuurstofgehalte (Maris *et al.*, 2015). Het valt echter niet uit te sluiten dat ook de toegenomen troebelheid in de zone een impact heeft op de biomassa aan fytoplankton.




*Figuur 6-14: Jaargemiddelde chlorofyl a-gehalte diepte in de Beneden-Zeeschelde, samen met lentegemiddelde (april en mei).*
*Bemerk de verschillende verticale schaal in de 3 panelen.*




*Figuur 6-15: Chlorofyl a-gehalte in de Beneden-Zeeschelde.*

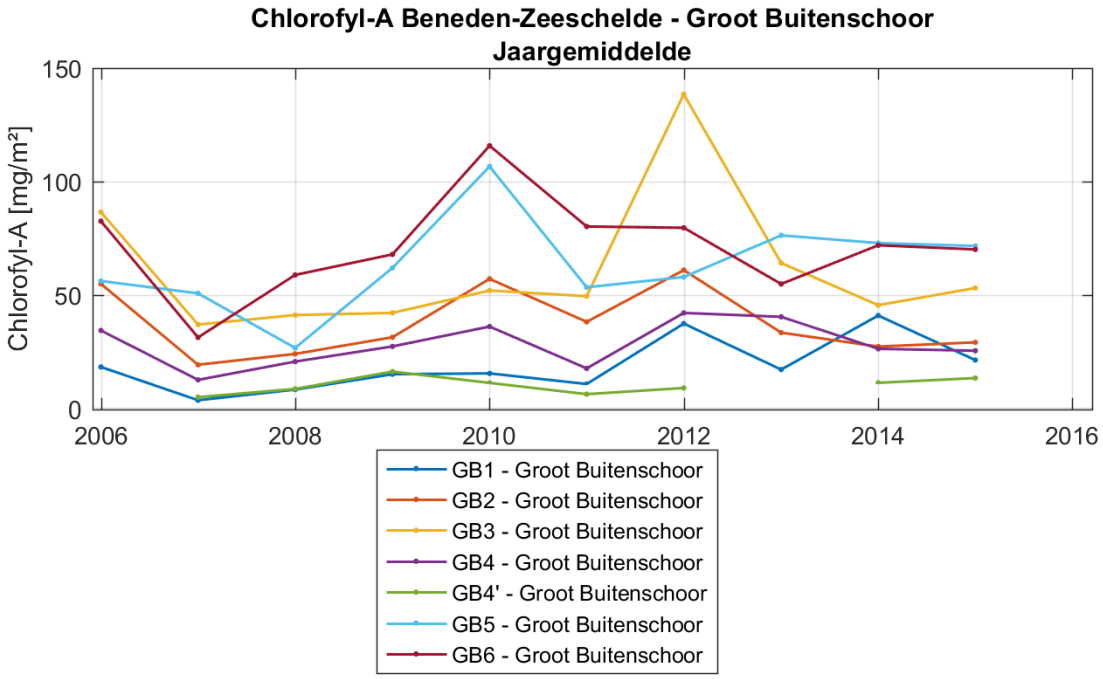



*Figuur 6-16: Maandelijkse temperatuur en zonneschijnduur in Ukkel, 2015. Bron: KMI (2016).*

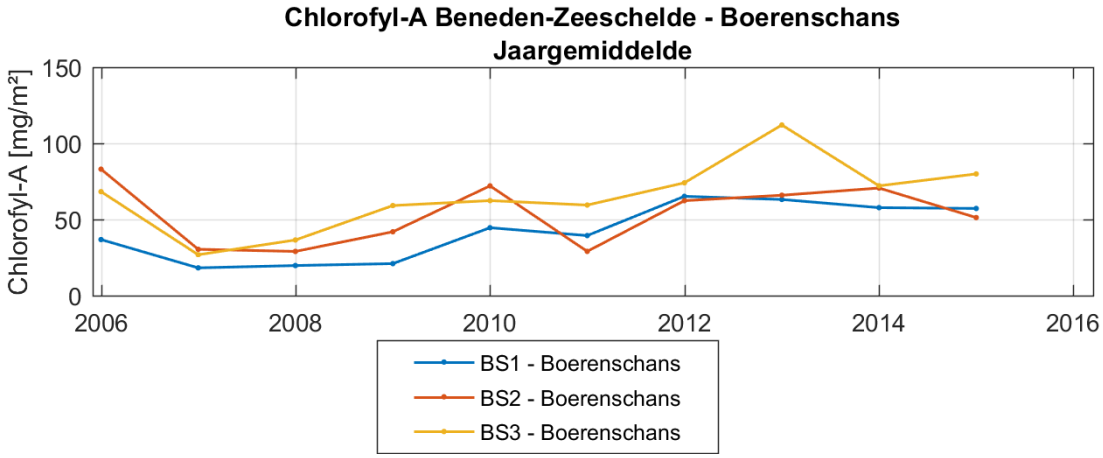
### 6.3.2.2 Bodemstalen

In de Beneden-Zeeschelde is op twee gebieden het chlorofylgehalte gemeten in bodemstalen: op 6 meetlocaties op het Groot Buitenschoor (Figuur 6-17 en Figuur 6-19) en op 3 meetlocaties op de Boerenschans (Figuur 6-18 en Figuur 6-20). Op beide slikken wordt er een lichte toename van het jaargemiddelde Chlorofyl-A-gehalte waargenomen, en dit vooral op de meetpunten Boerenschans 1 en 3, en Groot Buitenschoor 1.

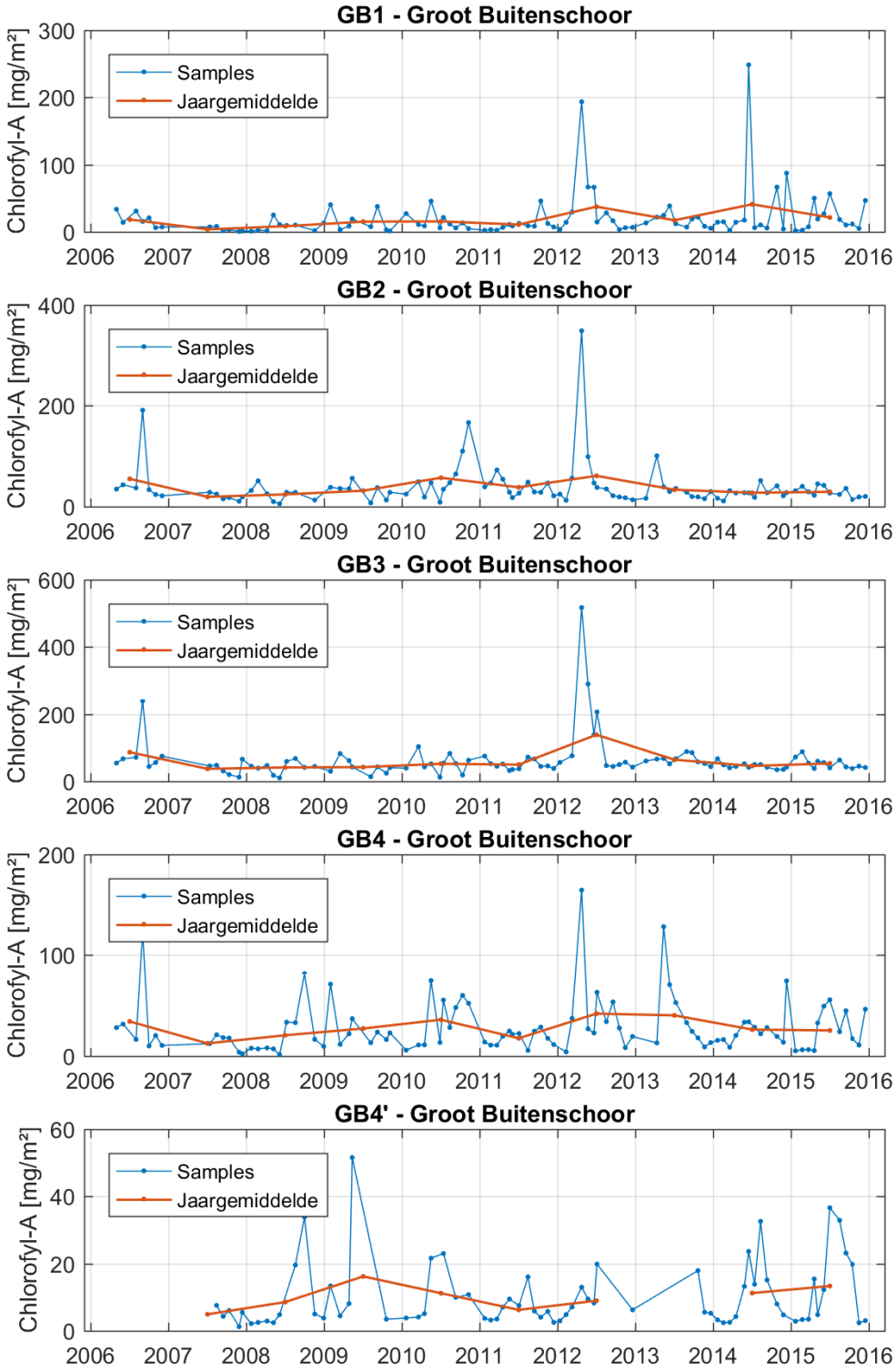
De jaargemiddelden worden echter sterk beïnvloed door het al dan niet optreden van een voorjaarsbloei. Omdat er per meetpunt slechts één bodemstaal per maand genomen wordt, is het mogelijk dat tijdens sommige jaren de voorjaarsbloei wel optreedt maar wordt gemist in de staalnames. Het is daarom niet zeker of de waargenomen stijgende trend afkomstig is van een reële stijging in de biomassa, of omdat er toevallig minder voorjaarspieken werden gemist in de staalnames tijdens de laatste jaren.

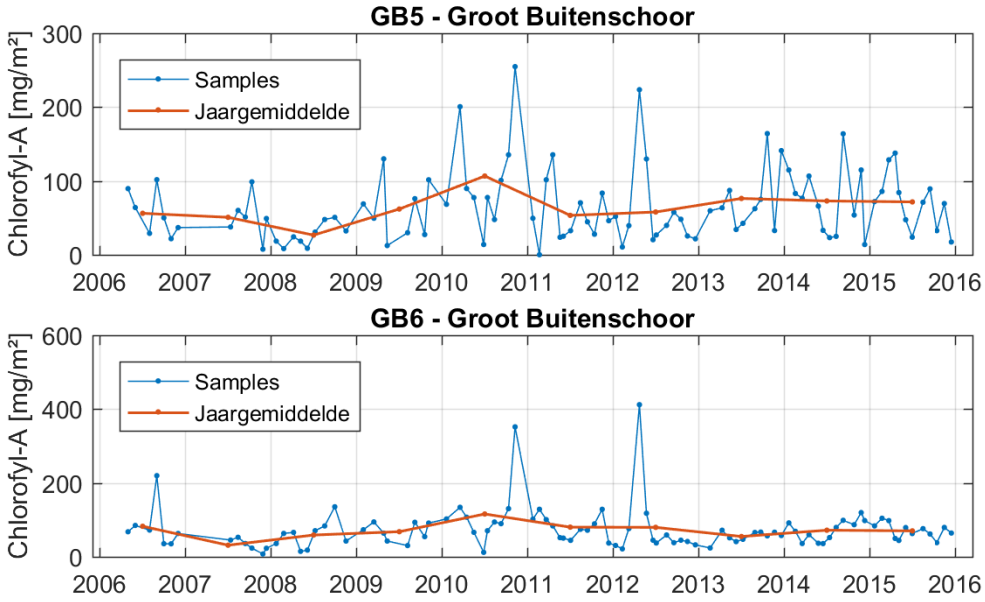



*Figuur 6-17: Jaargemiddelde chlorofylgehaltes uit bodemstalen op het Groot Buitenschoor*

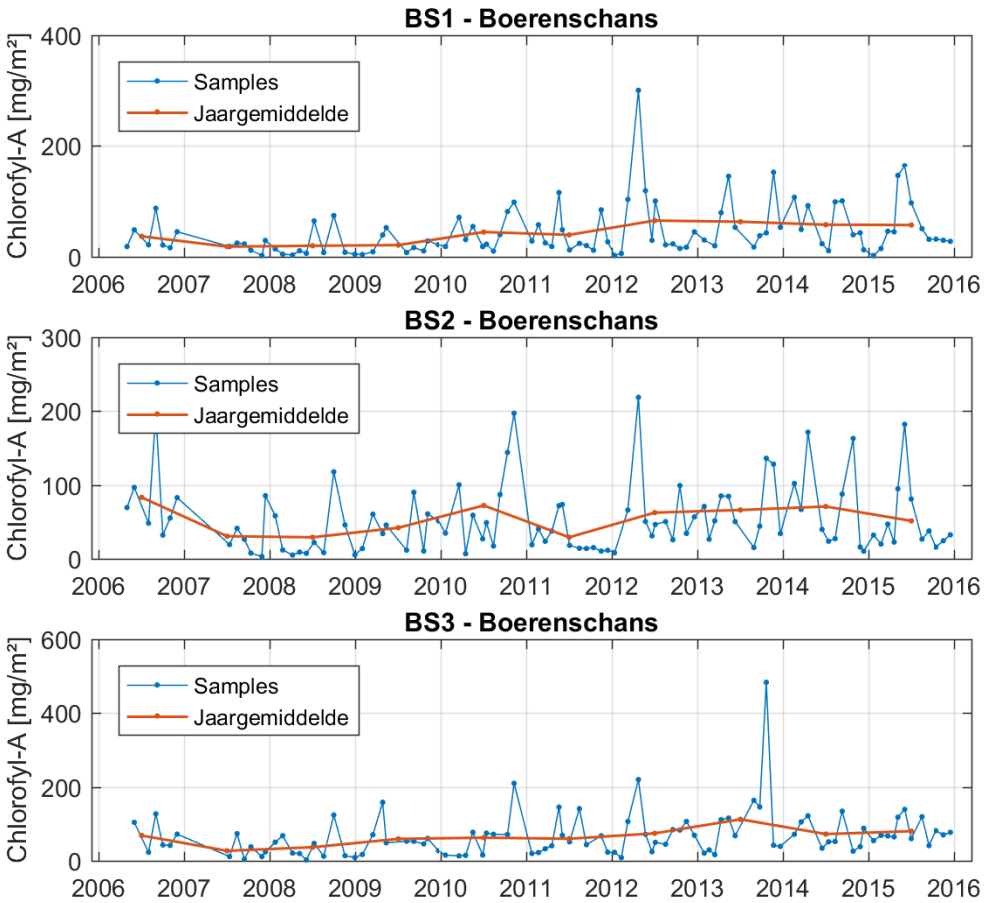



*Figuur 6-18: Jaargemiddelde chlorofylgehaltes uit bodemstalen op de Boerenschans*


GB1 - Groot Buitenschoor
GB2 - Groot Buitenschoor
GB3 - Groot Buitenschoor
GB4 - Groot Buitenschoor
GB4' - Groot Buitenschoor
Chlorofyl-A [mg/m²]
Samples
Jaargemiddelde
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016




*Figuur 6-19: Periodieke metingen chlorofyl A-gehalte op Groot Buitenschoor*




*Figuur 6-20: Periodieke metingen chlorofyl A-gehalte op Boerenschans*

## 6.4 CHLORIDEGEHALTE

Het chloridegehalte is een maat voor de indringing van zeewater in het estuarium. Bovenafvoer speelt hierbij een belangrijke rol, en daarom vertoont het chloridegehalte zowel seizoenale schommelingen als tijdelijke verlagingen tijdens periodes van verhoogde bovenafvoer.

In het MER werd een lichte toename van de zoutindringing verwacht, maar vooral als gevolg van de autonome ontwikkelingen, waaronder de zeespiegelstijging.

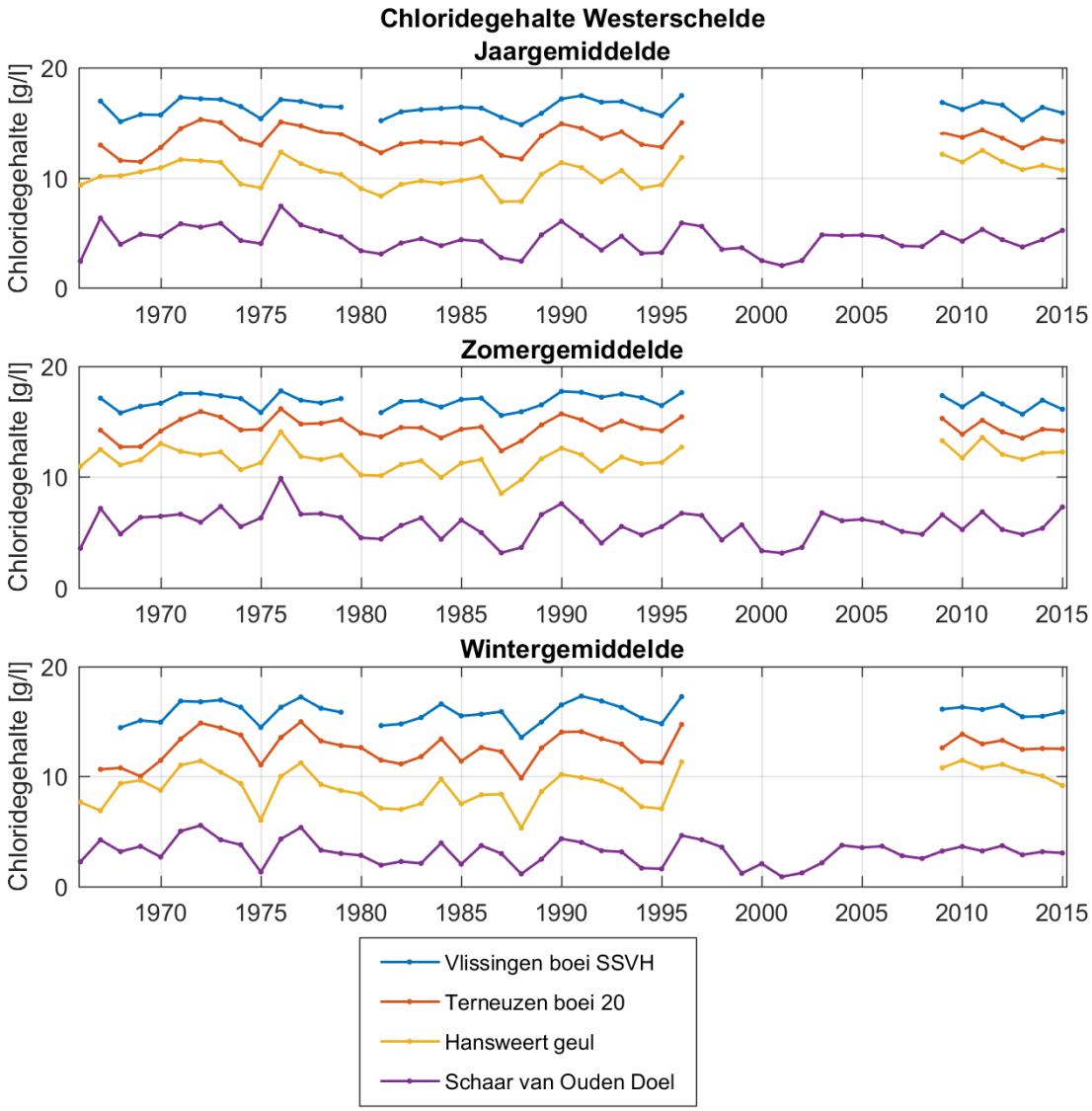
### 6.4.1 Westerschelde

#### 6.4.1.1 Periodieke metingen

Jaar- en seizoensgemiddelde metingen van het chloridegehalte zijn weergegeven in Figuur 6-21. Het chloridegehalte neemt uiteraard af in opwaartse richting in het estuarium, en is ook lager tijdens de winter dan tijdens de zomer. Dit seizoenaal gedrag is gelinkt aan de hogere bovenafvoer van zoet water tijdens de winterperiode, en is meer uitgesproken in de opwaartse meetlocaties.

Voor de meetlocaties Vlissingen, Terneuzen en Hansweert waren enkel meetgegevens beschikbaar tussen ca. 1965 en 1996 en tussen 2009 en 2014. De onderbreking van 13 jaar maakt het moeilijk om eventuele wijzigingen als gevolg van de derde verruiming nauwkeurig in te schatten, maar toch lijkt dat het chloridegehalte op deze drie locaties geen significante wijzigingen heeft ondergaan.

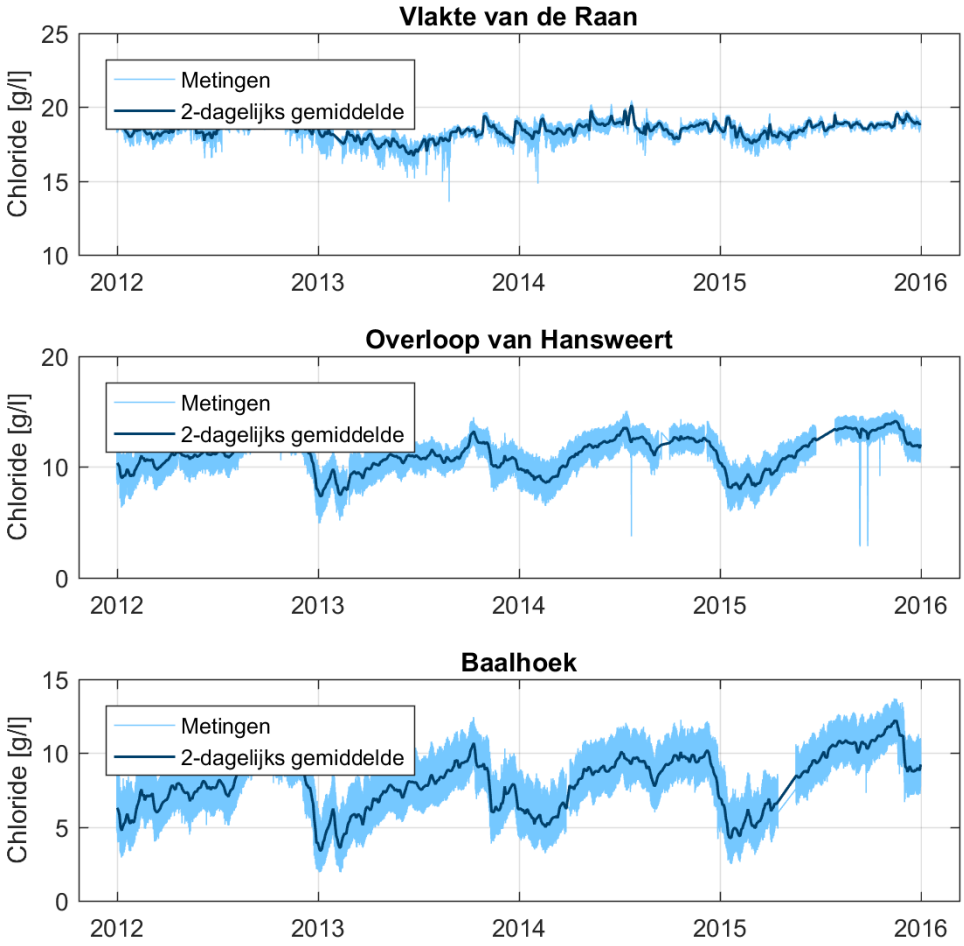
Op de meetlocatie Schaar van Ouden Doel is er wel een ononderbroken tijdreeks beschikbaar. Ook op deze meetlocatie worden er geen significante wijzigingen in het chloridegehalte waargenomen (zie Bijlage K voor de methoden rond trendanalyse en trendbreuken).




*Figuur 6-21:Jaar- en seizoensgemiddelde chloridegehaltes in de Westerschelde.*

### 6.4.1.2 Continue metingen

Continue metingen van het chloridegehalte in de Westerschelde zijn weergegeven in Figuur 6-22. Het chloridehalte vertoont een sterke getijgebonden variate; daarom is het lopend gemiddelde met een venster van twee dagen weergegeven als een zwarte lijn. De getijgebonden variatie is beperkt buiten de monding van de Schelde (Vlakte van de Raan) en is groter in het stroomopwaarts deel. Naast de variatie als gevolg van het getij is ook de seizoenale cyclus als gevolg de bovenafvoer zichtbaar. De tijdreeks is echter te kort om conclusies te trekken over eventuele langetermijntrends.




*Figuur 6-22: Continue metingen chloridegehalte Westerschelde. Lichtblauwe lijn: continue metingen. Donkerblauwe lijn: lopend gemiddelde met venster van 2 dagen.*

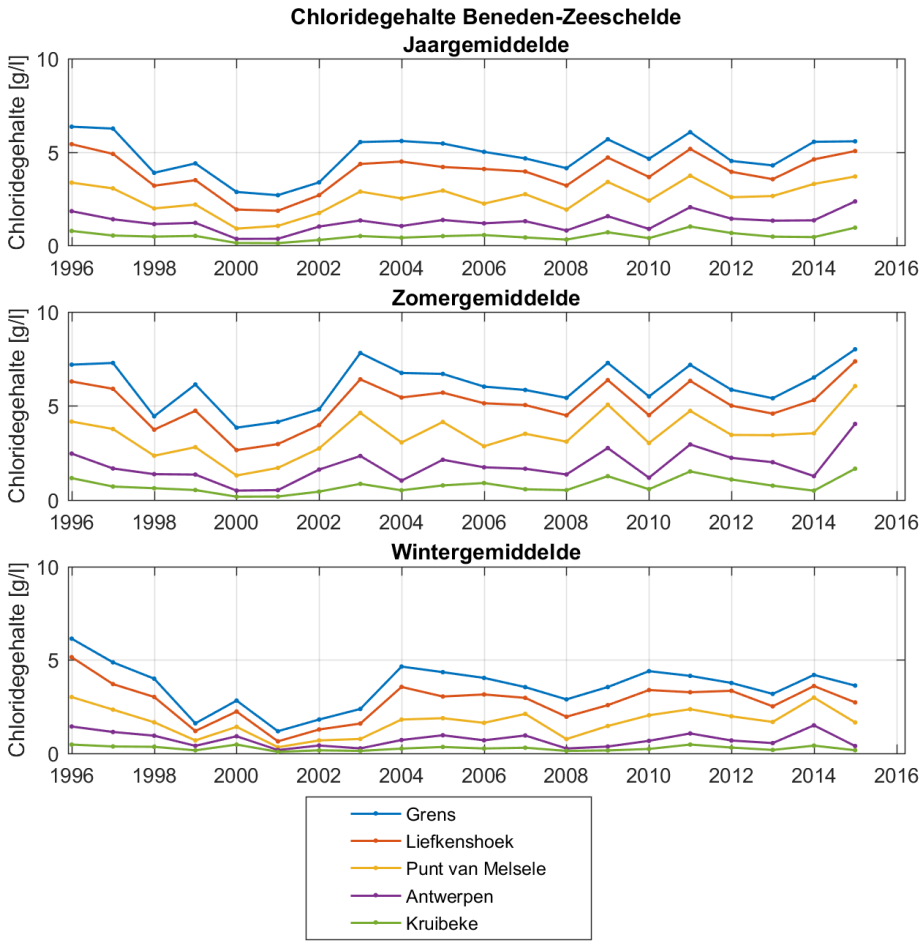
## 6.4.2 Beneden-Zeeschelde

### 6.4.2.1 Periodieke metingen

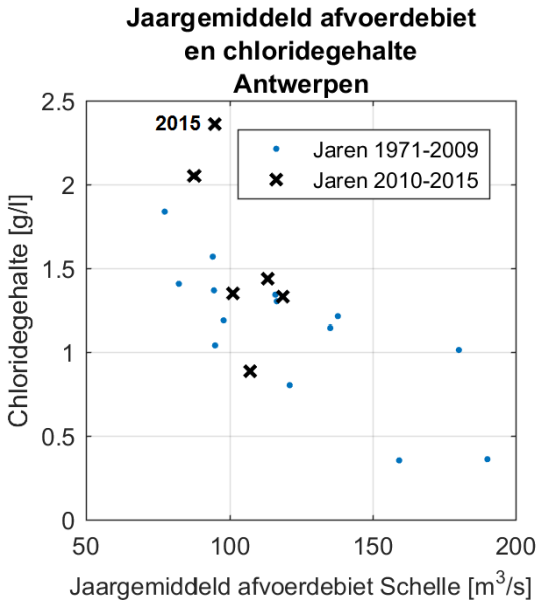
Jaar- en seizoensgemiddelde chloridegehaltes in de Beneden-Zeeschelde zijn weergegeven in Figuur 6-23. Nog meer dan in de Westerschelde liggen de zomergemiddelde zoutgehaltes hoger dan in de wintergehaltes, als gevolg van de seizoenale schommelingen in de bovenafvoer. Ook het jaargemiddelde chloridegehalte hangt echter nauw samen met het jaargemiddelde afvoerdebiet, zoals geïllustreerd in het spreidingsdiagram in Figuur 6-24. Het is daarom niet zinnig om de evolutie van het chloridegehalte te analyseren zonder het bovenafvoerdebiet in rekening te brengen. Figuur 6-25 toont daarom het jaargemiddeld chloridegehalte, gecorrigeerd op basis van een lineaire relatie met het jaargemiddelde bovenafvoerdebiet. Daar waar de niet-gecorrigeerde jaargemiddelden in Figuur 6-23 nog relatief veel schommelingen vertonen met jaren waarin het chloridegehalte lager ligt (bv. 2000 en 2001), vertonen de gecorrigeerde jaargemiddelden relatief weinig spreiding (Figuur 6-24).

De (gecorrigeerde) chloridegehaltes liggen licht hoger in de periode vanaf 2011 in vergelijking met de periode tot en met 2010 op de meetlocaties Punt van Melsele, Antwerpen en Kruibeke. Een twee-zijdige t-test op de gecorrigeerde jaargemiddelden voor en vanaf 2011 geeft aan de gemiddelde zoutgehaltes verschillend zijn met een p-waarde van 0,02 (Antwerpen) à 0,03 (Punt van Melsele, Kruibeke). De chloridegehaltes zijn echter niet gecorrigeerd voor de 18,6-jarige cyclus, die tussen 2007 en 2016 zorgde voor een toename van de getijslag (zie bv. Figuur 4-30). Met een significantieniveau van 0,02 à 0,03 en de aanwezigheid van mogelijke externe variabelen, kan worden gesteld dat er indicatie is voor een stijging in het zoutgehalte, maar nog geen absolute zekerheid.

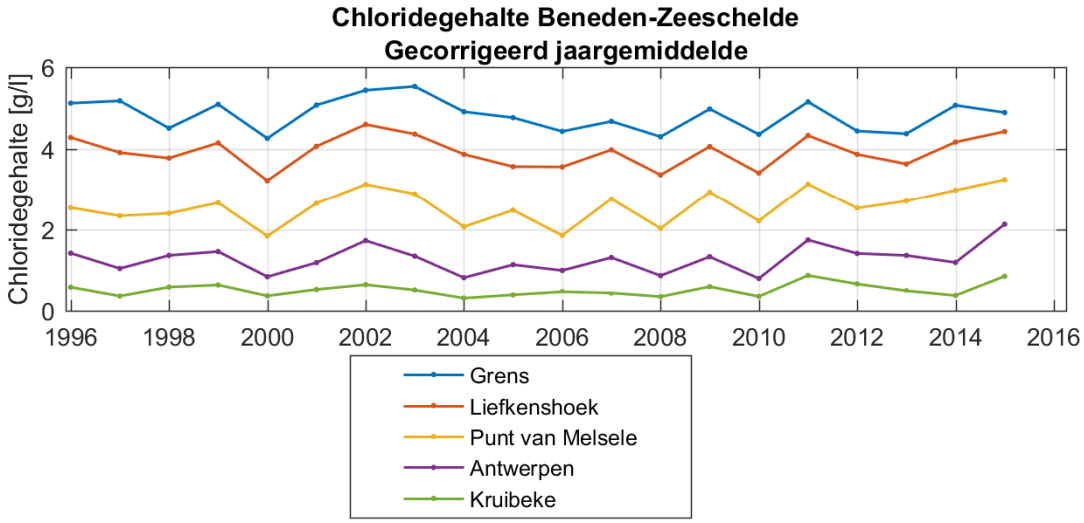
In 2015 worden de hoogste chloridegehaltes waargenomen op de meetpunten Antwerpen en Punt van Melsele, en dit zowel in de gecorrigeerde als de niet-gecorrigeerde tijdreeks. In 2015 lag het jaargemiddeld bovenafvoerdebiet relatief laag (wat een deel van de verhoogde chloridehaltes kan verklaren), maar vooral het zomergemiddelde afvoerdebiet was laag, en de zomer was gekenmerkt door een lange periode met lange bovenafvoer (zie Figuur 8-4 en Figuur 8-5). De verhoogde chloridegehaltes in 2015 zijn met andere woorden waarschijnlijk deels het gevolg van een lage gemiddelde bovenafvoer en een lange duur van de droge zomerperiode, maar anderzijds kan de lage bovenafvoer de verhoogde chloridegehaltes niet volledig verklaren.




*Figuur 6-23: Jaar-en seizoensgemiddelde chloridegehalte Beneden-Zeeschelde.*




*Figuur 6-24: Spreidingsdiagram van jaargemiddeld chloridegehalte in Antwerpen en afvoerdebiet in Schelle.*

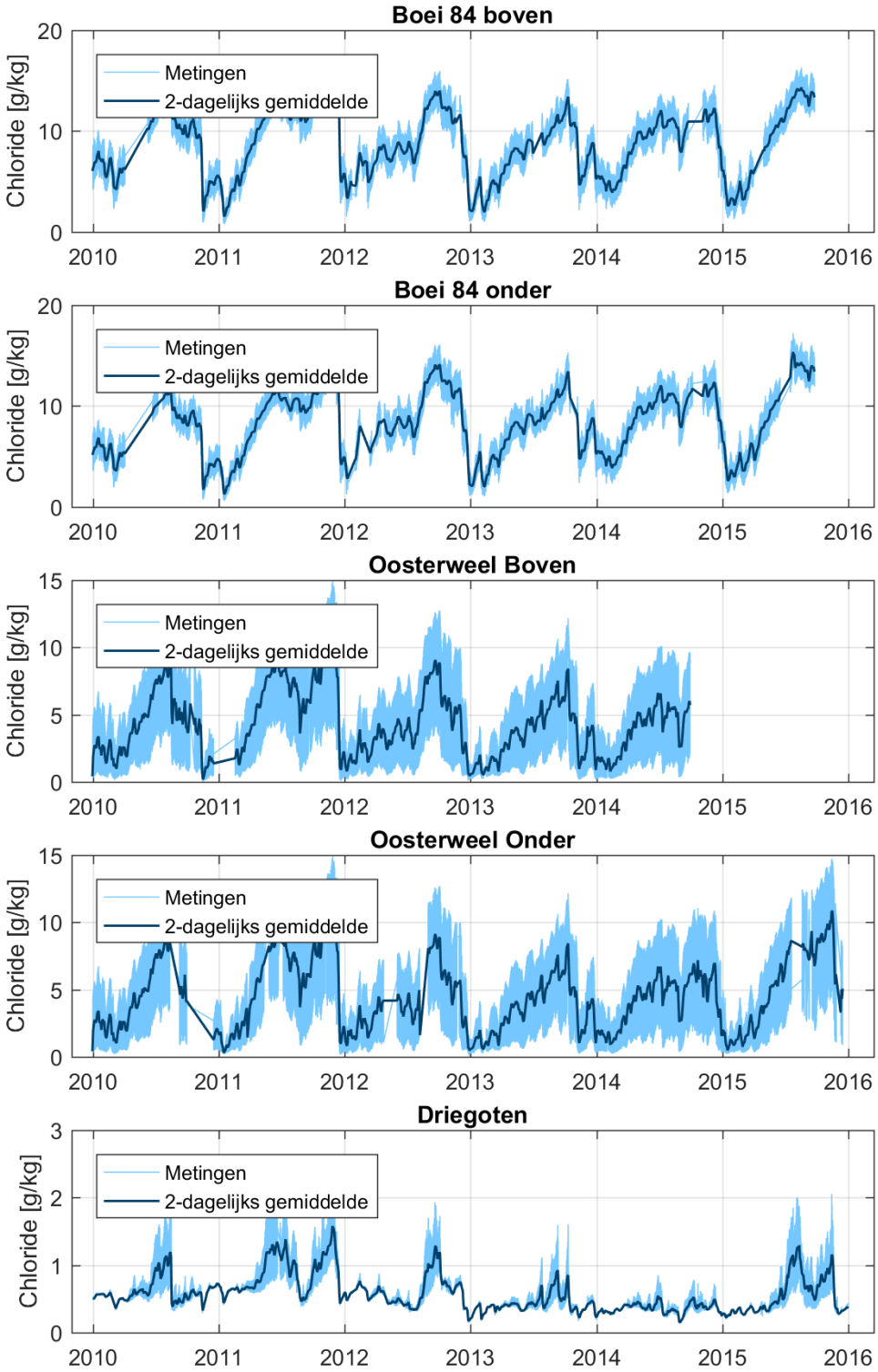



*Figuur 6-25: Jaargemiddeld chloridegehalte in de Beneden-Zeeschelde, gecorrigeerd op basis van een lineaire relatie met de bovenafvoer.*

### 6.4.2.2 Continue metingen

Chloridegehaltes worden ook continu gemeten op dezelfde meetlocaties als de continue metingen van het suspensiegehalte (§6.1.2.3). De continue metingen, samen met het lopend gemiddelde met een venster van 2 dagen, zijn weergegeven in Figuur 6-26. De getijgebonden variatie is het sterkst in de meetlocatie Oosterweel; hier zijn de zoutgradiënten dus het sterkst. Ook in de continue metingen lag het chloridegehalte het hoogst op het einde van 2015, als gevolg van de lange periode met lage bovenafvoer in de (na-)zomer van 2015.

De tijdreeks is opnieuw te kort om conclusies te trekken in verband met eventuele trends of wijzigingen als gevolg van de derde verruiming.




*Figuur 6-26: Continue metingen chloridegehalte Beneden-Zeeschelde. Lichtblauwe lijn: continue metingen. Donkerblauwe lijn: lopend gemiddelde met venster van 2 dagen.*

## 6.5 CHEMISCHE KWALITEIT VAN DE WATERBODEM

In opdracht van de afdeling Maritieme Toegang bemonstert de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) jaarlijks een aantal vaste punten in de Beneden-Zeeschelde (België) en de Westerschelde (Nederland), t.h.v. de baggerplaatsen.

Op de Beneden-Zeeschelde gebeurt de monstername reeds sinds 1989. Het aantal bemonsterde punten is met de jaren toegenomen. Dit is te wijten aan het feit dat het meetnet werd uitgebreid met meetpunten in de haven van Antwerpen (vanaf 1995) en ter hoogte van de Rupelmonding (vanaf 1998), ontwikkelingen zoals Deurganckdok, enz. In zowel 2012 en 2013 (periode januari-maart) werden telkens 37 punten bemonsterd.

De meetpunten in de haven van Antwerpen (5) zijn echter niet representatief voor de Beneden-Zeeschelde, gezien het systeem van de havendokken via sluisdeuren is afgesloten van de Beneden-Zeeschelde. Voor de bestudering van de resultaten zullen voor de Beneden-Zeeschelde enkel de locaties op de baggerplaatsen (25) beschouwd worden aangezien enkel deze relevant zijn voor het flexibel storten. De monsterneming wordt uitgevoerd door WL en de analysen door het Laboratorium van de VMM.

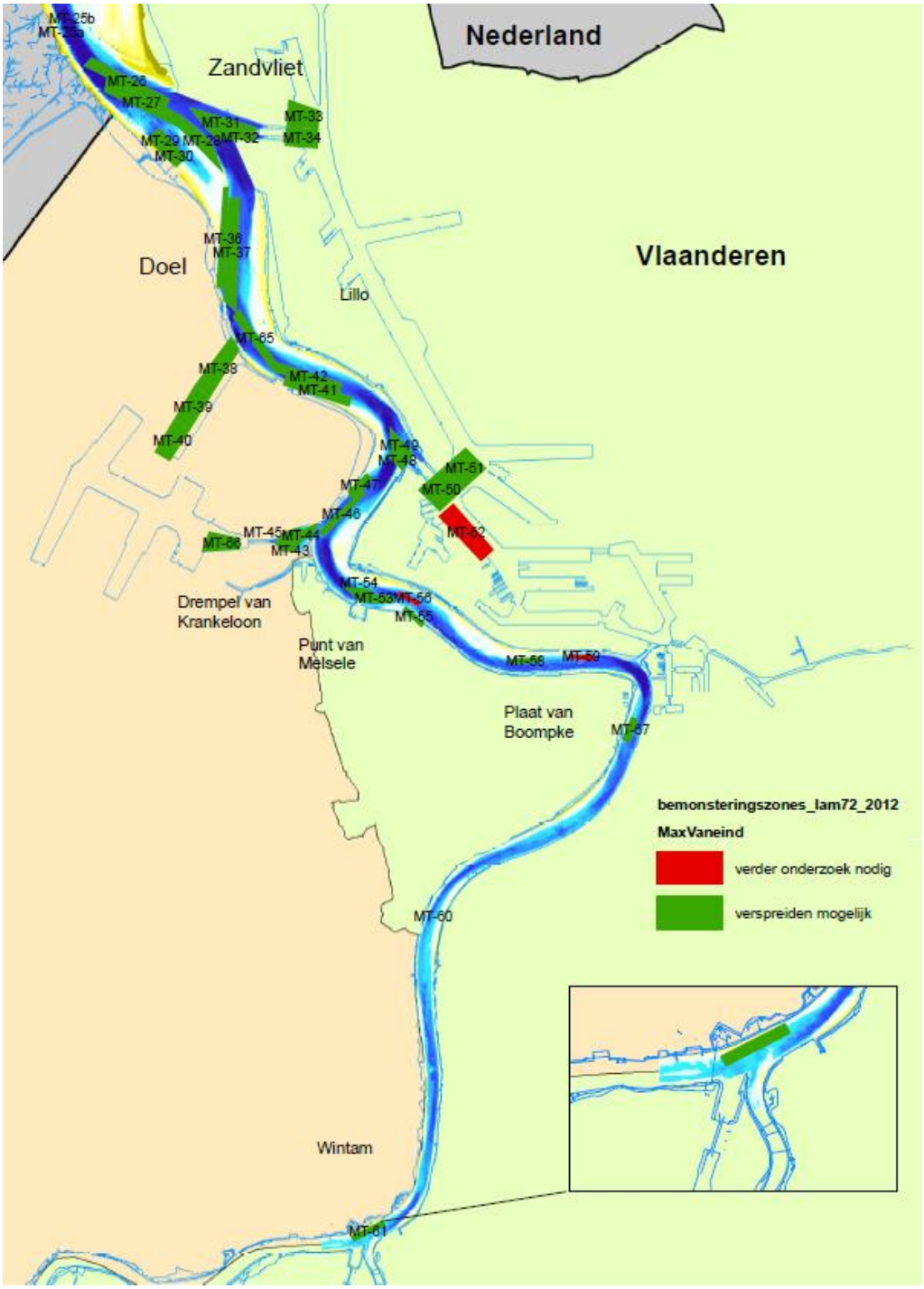
Vanuit het MER Verruiming vaargeul (Basisrapport Overige Aspecten, Consortium Arcadis-Technum, 2007f) verwacht men geen verhoogde water- en bodemverontreiniging:

“*Extra bodem- en waterverontreiniging ten gevolge van het project is niet te verwachten. Er zijn natuurlijk steeds de onverwachte verontreinigingen die kunnen optreden ten gevolge van accidenten of calamiteiten, maar gezien de reeds uitgevoerde onderhoudsbaggerwerken kan men ervan uitgaan dat hier de nodige veiligheidsmaatregelen getroffen zijn.*”

#### 6.5.1.1 Beneden-Zeeschelde

##### 6.5.1.1.1 Monstername

In Figuur 6-27 worden de locaties van de meetpunten tussen Antwerpen en de grens weergegeven.




*Figuur 6-27: Situering bemonsteringsplaatsen VMM in de Beneden-Zeeschelde (VMM, 2015a).*

Hieronder volgt de oplijsting van de meetpunten van de baggerplaatsen. Enkel deze werden beschouwd voor onderhavig rapport.

- MT25b Afwaarts Zandvliet
- MT26 Drempel van Zandvliet - rode kant
- MT27 Drempel van Zandvliet - groene kant
- MT28 Rand Plaat van Doel
- MT31 Geul Zandvlietsluis
- MT32 Geul Berendrechtsluis
- MT36 Drempel van Frederik - groene kant
- MT37 Drempel van Frederik - rode kant
- MT38 Deurganckdok – ingang
- MT39 Deurganckdok – midden
- MT40 Deurganckdok – einde
- MT41 Drempel van Lillo - groene kant
- MT42 Drempel van Lillo - rode kant
- MT43 Geul Kallosluis - opwaarts
- MT44 Geul Kallosluis - midden
- MT45 Geul Kallosluis – afwaarts
- MT46 Plaat en drempel van de Parel – rode kant
- MT47 Plaat en drempel van de Parel – groene kant
- MT48 Geul Van Cauwelaertsluis
- MT49 Geul Boudewijnsluis
- MT53 Drempel van Krankeloon - groene kant
- MT54 Drempel van Krankeloon - rode kant
- MT61 Zeesluis Wintam - afwaarts
- MT65 Vaarwater Plaat van Lillo
- MT67 Kaai 23-27

Voor de monstername wordt er per locatie met een van Veengrijper een zestal happen genomen, die vervolgens gemengd worden. De bekomen monsters zijn dus mengmonsters, waarvan de resultaten geacht zijn representatief te zijn voor de kwaliteit van een bepaald baggergebied (Vanlierde *et al.*, 2010).

#### 6.5.1.1.2 Monsteranalyse en aanvaardbaarheid terugstorten

Op elk meetpunt wordt een set van organische en anorganische parameters geanalyseerd:

- Lutum (fractie < 2µm), organisch materiaal;
- Zware metalen: cadmium, kwik, koper, nikkel, lood, zink, chroom en arseen;
- Poly-aromatische koolwaterstoffen (PAK10): naftaleen, fluoreen, fluorantheen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)anthraceen, benzo(g,h,i)pyreen, benzo(a)pyreen, fenantreen, indeno(123,cd)pyreen, pyreen, dibenzo(a,h)anthraceen en anthraceen. Vanaf 2001 werd ΣPAK berekend inclusief anthraceen, voorheen inclusief benzo(b)fluorantheen.
- Polychloorbifenylen (PCBt): PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153 en PCB 180;
- Minerale olie;
- Extraheerbare organische chloorverbindingen (EOX), een aantal gechloreerde pesticiden die inbegrepen zijn in de EOX worden tevens individueel gemeten.

Tijdens de vergunningsperiode die wordt toegekend, wordt de inrichting onderworpen aan de controle van volgende toetsingswaarden van de verplaatsbare baggerspecie (voor standaard baggerspecie 5 % organisch materiaal en 25 % lutum; deze omrekening wordt beschreven in bv. VMM, 2004). Toetsing volgens VLAREA Provinciale Milieuvergunning voor het terugstorten in binnenwateren maritieme zone (VMM, 2002 en volgende jaren).

- Cd - 12,5 mg/kg DS
- Cr - 750 mg/kg DS
- Cu - 200 mg/kg DS
- Hg - 5 mg/kg DS
- Ni - 250 mg/kg DS
- Pb - 500 mg/kg DS
- Zn - 1750 mg/kg DS
- As - 150 mg/kg DS
- Minerale olie - 1000 mg/kg DS
- Som PAK* - 5 mg/kg DS
- EOX - 3,5 mg/kg DS
- Som PCB** - 0,10 mg/kg DS

* naftaleen, fenantreen, fluorantheen, benzo(a)antraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)pyreen, benzo(ghi)peryleen, indeno(1,2,2-cd)pyreen
** PCB nrs 28, 52, 101, 118, 138, 153 en 180.

De analysemethoden die worden toegepast ter controle van de toetsingswaarden zijn deze die door de Vlaamse Milieumaatschappij worden gehanteerd in het kader van de jaarlijkse meetcampagne in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde. Bij overschrijding van voormelde toetsingswaarden dient de vergunningverlenende overheid alsmede de Afdeling Milieu-inspectie van het Departement Leefmilieu, Natuur en Energie hiervan onmiddellijk in kennis te worden gesteld.

Om de aanvaardbaarheid van het terugstorten van de baggerspecie na te gaan, dient gehandeld volgens volgend stramien:

- Indien voor maximaal 2 parameters de toetsingswaarde met niet meer dan 50 % overschreden wordt, mag de baggerspecie teruggestort worden;
- Indien voor meer dan twee parameters de toetsingswaarde overschreden wordt, of voor één parameter de toetsingswaarde met meer dan 50 % overschreden wordt, dient de betreffende partij aan bijkomend onderzoek onderworpen te worden door:
    - een analyse van 3 bijkomende mengstalen voor alle hogervermelde individuele parameters;
    - bijkomend dienen volgende specifieke parameters onderzocht: aldrin, endrin, DDT en derivaten, endosulfan, HCH's, heptachloor(epoxide), HCB, di-,tri-, tetra-, penta- en hexachloorbenzeen, di- en pentachloorfenol;
- Indien de overschrijding bevestigd wordt, volgt een ecotoxicologische evaluatie van het impactrisico, rekening houdend met de karakteristieken van het ontvangend milieu. Deze ecotoxicologische evaluatie dient te geschieden in overleg met en volgens de modaliteiten van de bevoegde overheidsinstanties terzake.

Indien de noodzaak zich in deze situatie echter opdringt om toch over te gaan tot het wegbaggeren van verontreinigde specie, dan dient het terugstorten ervan te geschieden binnen een zone waarin de erosie-effecten minimaal zijn. Eveneens dient ook deze zone onderworpen te worden aan hetzelfde ecotoxicologisch onderzoek. De verontreinigde specie dient echter preferentieel aan land te worden behandeld.

#### 6.5.1.1.3 Resultaten

Tabel 6-2 toont de locaties met normoverschrijdingen voor de meetcampagnes van 2002 t.e.m. 2015.

- PCB's: er werden in de periode 2010-2015 geen normoverschrijdende concentraties waargenomen. Er is tussen 2004 en 2013 evenmin een trend in de PCB concentraties aanwezig (Technum, 2016).
- Zware metalen: in 2011 één beperkte normoverschrijding van 4 % voor het totale kopergehalte (Cu) op de meetplaats MT61 Zeesluis Wintam – afwaarts. In Technum (2016) wordt ook aangegeven dat de concentraties het voorbije decennium vrij constnt bleven, m.u.v. enkele elementen die een dalende trend vertonen (Pb, Zn: daling in maxima; Cd, Ni: daling van het gemiddelde).
- Organische parameters: in 2010 zijn er overschrijdingen van de norm waargenomen op een beperkt aantal locaties (Drempel van Zandvliet, rode en groene kant (MT26 en MT27)). Het gaat om tijdelijke normoverschrijdingen. In 2011 en 2012 is er op geen enkele meetplaats een normoverschrijding voor organische parameters waargenomen, terwijl dat in 2013 op de meetplaats Plaat en Drempel van de Parel – groene kant (MT47) een beperkte normoverschrijding voorkwam. Op meetplaats Zeesluis Wintam – afwaarts (MT61) werd de norm zowel in in 2013, 2014 en 2015 overschreden. De overschrijdingen worden wel steeds kleiner: 515 % overschrijding in 2013, 171 % in 2014 en 80 % in 2015. Ook op het meetpunt MT67 Kaai 23-27 was er in 2014 een overschrijding van de norm met 252 %. Mogelijk werden de normoverschrijdingen in Wintam veroorzaakt door baggerwerken rond de sluis van Wintam, die historisch vervuild sediment hebben opgewoeld. In Technum (2016) wordt een dalende trend tussen 2008 en 2010 in PAK10 waarden vermeld.
- Ook de extraheerbare organohalogeenverbindingen (EOX) vertoonden een dalende trend tussen 2008 en 2012 (Technum, 2016). In het Deurganckdok (MT40) werd een normoverschrijding waargenomen in 2011 van 6 %, en in 2013 van 18 %. In 2012 was er een overschrijding op de Drempel van Zandvliet (MT27 groene kant) van 14,29 %. In 2014 waren er overschrijdingen in de Geul van de Zandvlietsluis (MT31; overschrijding met 58 %) en op Kaai 23-27 (MT67; overschrijding van 10 %.

De monsters van 2010 zijn genomen in de periode januari – maart. In die periode waren de verruimingswerken op veel plaatsen nog niet begonnen en op andere plaatsen nog zeer beperkt in omvang. De impact van de verruiming op de kwaliteit van de bodemmonsters, dient dus afgeleid te worden uit de meetresultaten van 2011 en de volgende jaren. In de periode 2011-2015 blijkt de kwaliteit niet afgenomen te zijn ten opzichte van de voorgaande jaren. De overschrijding van de PAK10-norm aan de zeesluis van Wintam is wel een aandachtspunt ingeval specie uit deze zone gebaggerd zou moeten worden. Het terugstorten van baggerspecie blijft volgens deze criteria mogelijk te rechtvaardigen op basis van de chemische kwaliteit van de waterbodem in de Beneden-Zeeschelde.

*Tabel 6-2: Normoverschrijdingen organische parameters in de BeZS (2002 t.e.m. 2015). Een lege cel wil zeggen dat er geen normen overschreden zijn. De rode waarden duiden er op dat de criteria met meer dan 50 % werd overschreden (VMM, 2002, 2003, 2004, 2006, 2007, 2009a, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015a).*

| Meetpunt | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MT25b Afwaarts Zandvliet | *Geen metingen* | | | | | | | | | | | | | |
| MT26 Drempel van Zandvliet - rode kant | | | | | + 11% EOX | | | | + 5% PAK10 | | | | | |
| MT27 Drempel van Zandvliet - groene kant | | + 22% EOX | + 140% EOX | + 155% EOX | | | | | + 212% PAK10 | | +14,29% EOX | | | |
| MT28 Rand Plaat van Doel | | | | | | | | + 87% EOX | | | | | | |
| MT31 Geul Zandvlietsluis | + 7% EOX | | | | | | | | | | | | +58,00% EOX | |
| MT32 Geul Berendrechtsluis | | | | | | | | | | | | | | |
| MT36 Drempel van Frederik – groene kant | | | | | | | | | | | | | | |
| MT37 Drempel van Frederik - rode kant | + 22% min. olie + 86% EOX + 195% PAK10 | | | | | | + 45% PAK10 | | | | | | | |
| MT38 Deurganckdok - ingang | *Geen metingen omdat het Deurganckdok nog niet in gebruik was.* | | | | | | | | | | | | | |
| MT39 Deurganckdok - midden | | | | | | | | | | | | | | |
| MT40 Deurganckdok - einde | | | | | | | | | | + 6% EOX | | + 18% EOX | | |
| MT41 Drempel van Lillo - groene kant | | | | | | +12,46% PAK10 | +14% EOX + 5% PAK10 | | | | | | | |
| MT42 Drempel van Lillo - rode kant | | | | | | | | | | | | | | |
| MT43 Geul Kallosluis - opwaarts | + 10% EOX | + 4% EOX | | | + 2% EOX | | | | | | | | | |
| MT44 Geul Kallosluis - midden | + 2% EOX | + 54% EOX | | | | | | | | | | | | |
| MT45 Geul Kallosluis - afwaarts | + 1% EOX | | | | | | | + 7% EOX | | | | | | |

| Meetpunt | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **MT46 Plaat en drempel van de Parel - rode kant** | | + 4% PAK10 | | | | | + 9% PAK10 | | | | | | | |
| **MT47 Plaat en drempel van de Parel - groene kant** | | | | | | | | | | | | + 1,09% PAK10 | | |
| **MT48 Geul Van Cauwelaertsluis** | | | | + 57% PAK10 | | | | | | | | | | |
| **MT49 Geul Boudewijnsluis** | | | | + 7% PAK10 | | | | + 57% EOX | | | | | | |
| **MT53 Drempel van Krankeloon - groene kant** | | | | | | | | | | | | | | |
| **MT54 Drempel van Krankeloon - rode kant** | | | | | | | | | | | | | | |
| **MT61 Zeesluis Wintam - afwaarts** | | | | | + 174% PAK10 | | | | | + 4% Cu | | + 514,74% PAK10 | +171,00 PAK10 | +80,00% PAK10 |
| **MT65 Vaarwater Plaat van Lillo** | *Geen metingen* | | | *Geen metingen* | | | | | | | | | | |
| **MT67 Kaai 23-27** | *Geen metingen* | | | | | | | | | | | | +10,00% EOX; +252,00 % PAK10 | |

### 6.5.1.2 Westerschelde

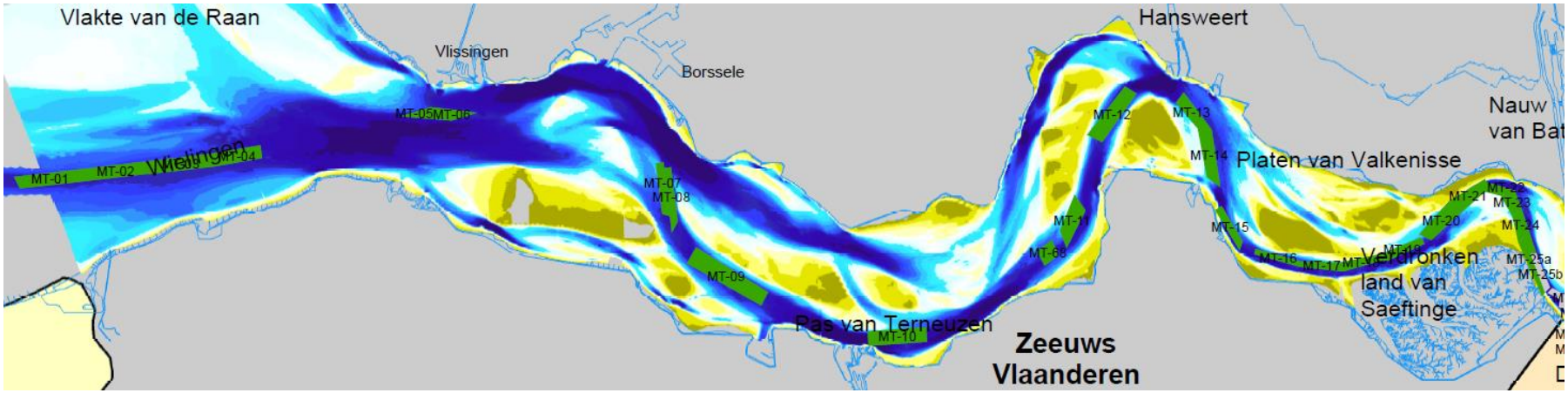
#### 6.5.1.2.1 Monstername

De monstername is analoog aan deze in de Beneden-Zeeschelde.

De meetpunten op de Westerschelde worden getoond in Figuur 6-28.

Hieronder volgt een overzicht van de verschillende meetpunten.

MT01 Wielingen – Zwin
MT02 Wielingen – Cadzand Bad
MT03 Wielingen – Zwarte Polder
MT04 Wielingen – Kruishoofd
MT05 Drempel van Vlissingen – rode kant
MT06 Drempel van Vlissingen – groene kant
MT07 Drempel van Borssele – groene kant
MT08 Drempel van Borssele – rode kant
MT09 Pas van Terneuzen
MT10 Terneuzen
MT11 Overloop van Hansweert – afwaarts
MT12 Overloop van Hansweert – opwaarts
MT13 Drempel van Hansweert – afwaarts boei 51
MT14 Drempel van Hansweert – opwaarts boei 51
MT15 Walsoorden
MT16 Rand Plaat van Valkenisse – omgeving boei 52
MT17 Rand Plaat van Valkenisse – omgeving boei 56
MT18 Rand Plaat van Valkenisse – omgeving boei 60
MT19 Drempel van Valkenisse – omgeving boei 64
MT20 Drempel van Valkenisse – omgeving Schaarboei
MT21 Nauw van Bath – afwaarts
MT22 Nauw van Bath – opwaarts
MT23 Drempel van Bath – afwaarts boei 70
MT24 Drempel van Bath – opwaarts boei 70
MT25a Vaarwater boven Bath
MT68 Gat van Ossenisse – boei 28a-32




*Figuur 6-28: Situering bemonsteringsplaatsen VMM in de WS (VMM, 2015b).*

#### 6.5.1.2.2 Monsteranalyse en aanvaardbaarheid terugstorten

Een gedetailleerd overzicht van de Nederlandse wetten met betrekking tot terugstorten van baggerspecie (WVO, WBR, ...) wordt gegeven in STERK Consulting (2006). Voor de beoordeling van de baggerspecie voor storting in zoute wateren was vanaf 2005 de Chemie-Toxiciteit-Toets (CTT) van toepassing. Bij de evaluatie van de CTT is naar voren gekomen dat de onderzochte CTT bioassays niet langer onderdeel uitmaken van het beoordelingskader. Hiermee valt de biologische component weg uit de CTT en dekt de naam niet langer de lading. De Zoute-Bagger-Toets (ZBT) wordt als opvolger van de CTT ingevoerd voor de beoordeling van de bestemming van baggerspecie in het mariene milieu (VMM, 2009b). Begin 2010 werden op 25 verschillende locatie monsters genomen.

In het MER Verruiming vaargeul (Consortium Arcadis-Technum, 2007b) wordt gesteld dat op basis van meetcampagne uit 2004 de verruimingsspecie vrij gestort kan worden in zoute wateren, uitgezonderd van specie afkomstig van de Drempel van Zandvliet. Voor de onderhoudsspecie werd de campagne van 2006 bekeken. Binnen het gebied van de verruiming vertoont enkel de Drempel van Borssele normoverschrijding, waarbij dit een eerste maal is sinds 1994 en steeds voldaan wordt aan de andere zijde van de vaargeul. Er kan geconcludeerd worden dan geen systematische en grote normoverschrijdingen verwacht worden, maar dat meetcampagnes en grondige analyses noodzakelijk blijven om het terugstorten van specie te rechtvaardigen.

De monsters worden op dezelfde manier geanalyseerd en beoordeeld als deze van de Beneden-Zeeschelde. De 50 % toetsingsregel wordt eveneens toegepast.

Voor een aantal prioritaire stoffen zoals Cd, Hg, TBT, … is deze toetsingsregel echter niet van toepassing.

De getalwaarden voor de beoordeling volgens de Zoute Bagger-Toets zijn niet identiek aan deze voor de Beneden-Zeeschelde:

- Cd* - 4 mg/kg DS
- Cr - 120 mg/kg DS
- Cu - 60 mg/kg DS
- Hg* – 1,2 mg/kg DS
- Ni* - 45 mg/kg DS
- Pb* - 110 mg/kg DS
- Zn - 365 mg/kg DS
- As - 29 mg/kg DS
- Minerale olie - 1250 mg/kg DS
- Som PAK10* - 8 mg/kg DS
- Som PCB7 - 0,10 mg/kg DS
- Heptachloorbenzeen* - 0,02 mg/kg DS
- Som DDT-DDE-DDD* - 0,02 mg/kg DS
- Tributyltin* - 0,25 mgSn/kg DS

* prioritaire stoffen waarop de 50 % toetsingsregel niet van toepassing is

#### 6.5.1.2.3 Resultaten

In Tabel 6-3 is de evaluatie van de kwaliteit voor de verschillende meetpunten over de laatste jaren weergegeven. Een ‘J’ betekent: storten toegestaan, een ‘N’: storten niet toegestaan. Op basis van de beoordeling van de resultaten van de monsters 2011-2015 kan gesteld worden dat verspreiding in zoute wateren is toegestaan voor alle baggerspecielocaties in de Westerschelde (VMM, 2015b).

In de periode van 1997 tot 2003 zijn een aantal normoverschrijdingen ter hoogte van de zone ‘Nauw van Bath’ waargenomen. In 2006 werd één overschrijding aan de Drempel van Borssele opgemerkt. Alle overige staalnames bleken aan de normen te voldoen. Sinds 2007 werd er nergens een overschrijding genoteerd.

Zoals voorspeld in het MER, zijn er geen verslechteringen waargenomen na de derde verruiming.

*Tabel 6-3: Evolutie kwaliteit WS voor storting in zoute wateren (VMM, 2015b).*

| | Omschrijving | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MT-01 | Wielingen Zwin | | | | | | | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-02 | Wielingen Cadzand Bad | | | | | | | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-03 | Wielingen Zwarte Polder | | | | | | | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-04 | Wielingen Kruishoofd | | | | | | | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-05 | Drempel van Vlissingen - rode kant | | | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-06 | Drempel van Vlissingen - groene kant | | | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-07 | Drempel van Borssele - groene kant | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | N | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-08 | Drempel van Borssele - rode kant | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-09 | Pas van Terneuzen | | | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-10 | Terneuzen | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-11 | Overloop van Hansweert - afwaarts | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-12 | Overloop van Hansweert - opwaarts | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-13 | Drempel van Hansweert - afwaarts boei 51 | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-14 | Drempel van Hansweert - opwaarts boei 51 | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-15 | Walsoorden | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-16 | Rand Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse - omgeving boei 52 | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-17 | Rand Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse - omgeving boei 56 | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-18 | Rand Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse - omgeving boei 60 | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-19 | Drempel van Valkenisse - omgeving boei 64 | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-20 | Drempel van Valkenisse - omgeving Schaarboei | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-21 | Nauw van Bath - afwaarts | J | J | N | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-22 | Nauw van Bath - opwaarts | J | J | N | J | J | J | J | N | N | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-23 | Drempel van Bath - afwaarts boei 70 | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-24 | Drempel van Bath - opwaarts boei 70 | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-25a | Vaarwater boven Bath | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J | J |
| MT-68 | Gat van Ossenisse – boei 28a-32 | | | | | | | | | | | | | | | | | J | J | J | J | J |

J = storting toegestaan, N = storting niet toegestaan, lege cel: geen metingen

## 6.6 SAMENVATTING / CONCLUSIE FYSICOCHEMIE EN WATERBODEMKWALITEIT

In dit hoofdstuk werd de fysicochemische kwaliteit van het Scheldewater besproken aan de hand van vier indicatoren: de concentratie van sediment in suspensie, de lichtpenetratie, de concentratie aan chlorofyl a (een maat voor de biomassa van fytoplankton) en de concentratie aan chloride-ionen (een maat voor het zoutgehalte in het estuarium). Daarnaast werden ook de verontreinigingsparameters van de waterbodem geanalyseerd.

De **sedimentconcentratie** in de waterkolom de Westerschelde werd geanalyseerd aan de hand van stalen genomen op 1 m diepte, tijdens laagwater. Op de meeste meetlocaties worden geen significante wijzigingen of trends vastgesteld, behalve bij Vlissingen, waar vanaf ca. 2007 ietwat verhoogde waarden worden waargenomen. Hiervoor zijn verschillende verklaringen mogelijk, zoals een verhoogde sedimentconcentratie in het kustgebied buiten de Scheldemonding of in de Noordzee, of aan een gewijzigde strategie van de onderhoudsbaggerwerken van de haven van Vlissingen (bijvoorbeeld stortingen dichter bij de meetlocatie van sedimentconcentratie). Omdat de bagger- en stortgegevens van de havens beperkt en onvolledig zijn en slechts starten in 2008 (zie §3) kan hierover geen uitsluitsel worden gegeven, maar in de beschikbare bagger- en stortgegevens is er alvast geen indicatie voor een wijziging in de stortstrategie of –intensiteit die een wijziging zou teweegbrengen in de sedimentconcentratie.

De sedimentconcentratie in de waterkolom in de Beneden-Zeeschelde werd geanalyseerd aan de hand van zowel oppervlaktestalen, dieptestalen (beiden getij-onafhankelijk genomen) als aan de hand van continue metingen. De drie datasets geven allen een signficante stijging aan van de sedimentconcentratie sinds 2009 in een bepaalde zone van de Beneden-Zeeschelde tussen 60 en 80 km van de monding (vanaf ca. Kruibeke tot ca. Liefkenshoek). De stijging manifesteert zich het sterkst tijdens de winterperiode: een langsprofiel van de sedimentconcentratie in het volledige Schelde-estuarium geeft aan dat er zich in deze zone sinds 2009 een turbiditeitsmaximum vormt tijdens de winter. De dieptestalen geven daarenboven aan dat de stijging van de sedimentconcentratie sterker is in de bovenste helft van de waterkolom dan in de onderste helft, en dat het verticaal concentratieprofiel dus meer uniform is geworden over de waterkolom.

De toename van de sedimentconcentratie in de Beneden-Zeeschelde wordt als een negatieve evolutie beschouwd, omwille van de mogelijke toename van de aanslibbing in de onderhoudszones, de impact op de lichtpenetratie en misschien ook de primaire productie, en omwille van het risico op een systeemomslag naar een hyperturbide regime.

De **lichtpenetratie** in de waterkolom wordt hoofdzakelijk bepaald door de sedimentconcentratie, en de evolutie van de lichtextinctiecoëfficiënt loopt dan ook grotendeels gelijk met de evolutie van de sedimentconcentratie. Er wordt een stijging van de lichtextinctiecoëfficiënt waargenomen in de meetlocaties Liefkenshoek, Punt van Melsele, Antwerpen, Kruibeke in de Beneden-Zeeschelde, met verhoogde waarden sinds ca. 2008. Net als bij de sedimentconcentratie is de stijging het duidelijkst tijdens de wintermaanden.

Op de meetlocatie Schaar van Ouden Doel (in de Westerschelde) wordt ook een stijging van de lichtextinctiecoëfficiënt waargenomen. De reden waarom er in Schaar van Ouden Doel een stijging wordt waargenomen, maar niet op de meetlocatie Grens (deel van de OMES-monitoring in de Beneden-Zeeschelde) is mogelijk door de verschillende samplingstrategie in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde (getij-afhankelijk vs. getij-onafhankelijk) en de beschouwde meetperiode. Verder afwaarts in de Westerschelde worden geen significante evoluties waargenomen in de lichtextinctiecoëfficiënt.

De concentratie aan **chlorofyl a** vertoont een sterk seizoenaal en gepiekt gedrag, met één of meerdere bloeiperiodes doorheen het jaar. In de Westerschelde was er historisch gezien (in de jaren 1980 en 1990) een afname van het chlorofyl a-gehalte. Sinds 2005 is het chlorofyl a-gehalte echter relatief stabiel en zijn er op de meeste meetlocaties in de Westerschelde geen significante evoluties waarneembaar.

Op de meetlocaties Schaar van Ouden Doel (Westerschelde) tot en met Punt van Melsele (Beneden-Zeeschelde) was er tussen 2008 en 2014 een sterk verhoogde voorjaarsbloei zichtbaar. Deze voorjaarsbloei wordt gelinkt aan de thalassiosira-familie van diatomeeën, maar een echte verklaring voor de verhoogde voorjaarsbloei is er nog niet (Cox en Meire, 2015). In 2015 was de verhoogde voorjaarsbloei niet aanwezig in de metingen; op verschillende stations was er in 2015 zelfs geen voorjaarsbloei in 2015 zichtbaar in de metingen. Op de meetlocatie Antwerpen en Kruibeke wordt mogelijk een daling in de jaargemiddelde chlorofyl a-concentraties waargenomen. Er wordt meer onderzoek aanbevolen naar deze evolutie; enerzijds om uit te maken of er een reële daling is of een schijnbare daling als gevolg van de samplingstrategie, en anderzijds om na te gaan of er een link is met de verminderde lichtpenetratie in deze zone.

In de Beneden-Zeeschelde worden ook metingen uitgevoerd van het chlorofyl a-gehalte op de Boerenschans en op het Groot Buitenschoor. Er wordt een lichte stijging waargenomen van de chlorofylconcentraties over de periode 2006-2015. Opnieuw is het echter niet volledig zeker of deze stijging reëel is, dan wel een gevolg van de samplingstrategie.

Ook het **zoutgehalte**, dat werd geanalyseerd aan de hand van de chlorideconcentratie, vertoont een sterk seizoenaal karakter, met lagere zoutgehaltes tijdens de winter en hogere zoutgehaltes tijdens de zomer, als gevolg van de grotere influx van zoet water tijdens de natte wintermaanden. Daarnaast zijn de jaar-op-jaar schommelingen in het chloridegehalte grotendeels gerelateerd aan fluctuaties in de jaargemiddelde bovenafvoer. In de periodieke metingen van de chlorideconcentratie worden geen significante evoluties waargenomen in de Westerschelde. In de Beneden-Zeeschelde zijn de jaargemiddelde zoutgehaltes op de locaties Punt van Melsele, Antwerpen en Kruibeke licht hoger in de jaren sinds 2011 dan in de jaren voor 2011 ($p = 0{,}02$ à 0.03). De zoutgehaltes zijn echter niet gecorrigeerd voor de 18.6-jarige cyclus, die tussen 2007 en 2016 zorgde voor een verhoging van de getijslag. Op de meetlocaties Antwerpen en Punt van Melsele werden de hoogste zoutconcentraties waargenomen in 2015. Er werden ook continue metingen uitgevoerd van het chloridegehalte. Deze geven een goed beeld van de kortetermijnschommelingen van het zoutgehalte, bijvoorbeeld door de tweedagelijkse getijcyclus, maar de meetperiode van deze continue metingen is nog te kort om langetermijntrend uit af te leiden.

Ten slotte werd de **waterbodemkwaliteit** wat betreft verontreinigingsparameters beschouwd. In de Beneden-Zeeschelde worden op sommige meetpunten occasioneel overschrijdingen waargenomen van de kwaliteitsnorm rond PAK10 (polycyclische aromatische koolwaterstoffen) en EOX (extraheerbare organohalogeenverbindingen), maar het aantal overschrijdingen na 2010 ligt niet hoger dan voor 2010. In de Westerschelde wordt de waterbodemkwaliteit getoetst aan de hand van de Zoute Baggertoets. Er is sinds 2007 geen enkele overschrijding van de Zoute Baggertoets waargenomen; de baggerspecie mag dus steeds worden teruggestort. De derde verruiming heeft geen verslechtering veroorzaakt, zoals ook in het MER werd verwacht.

# 7. FAUNA

## 7.1 MACROZOÖBENTHOS

### 7.1.1 Inleiding

Op 12 februari 2010 is de verruiming van de vaargeul in de Westerschelde van start gegaan. Voor de verruiming van de vaargeul en het onderhoud in de jaren daarna is een ontheffing verleend in het kader van de Natuubeschermingswet. De doelstelling van deze wet is de bescherming en het behoud van de gunstige staat van instandhouding van in het wild levende planten- en diersoorten. Activiteiten met een schadelijk effect op beschermde soorten zijn in principe verboden. Daarnaast erkent de wet dat ook dieren die geen direct nut opleveren voor de mens van onvervangbare waarde zijn (erkenning van de intrinsieke waarde). Van het verbod op schadelijke handelingen ('nee') kan onder voorwaarden ('tenzij') worden afgeweken, met een ontheffing of vrijstelling. Het verlenen hiervan is de bevoegdheid van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit of, in geval van beheer en schadebestrijding, van Gedeputeerde Staten.

In een brief van 29/08/2013 aan het Ministerie van Economische Zaken wordt door de Vogelbescherming Nederland een zienswijze ingediend naar aanleiding van de verlening van een vergunning voor het onderhoud van de Westerschelde. Hierin wordt de conclusie van de Passende Beoordeling (Arcadis, 2013) in twijfel getrokken gelet op ‘de ongunstige staat van instandhouding van de betreffende natuurwaarden’. Specifiek wordt de beperkte ecologische kennis (m.n. de ontwikkeling van de benthische gemeenschap) over de plaatranden toegelicht, terwijl de ontwikkeling van de plaatrand(storting)en als waardevol wordt gezien. Daarom wordt in voorliggend Voortgangsrapport (net als in het tweede Voortgangsrapport (IMDC, 2014a) aandacht geschonken aan de benthosgemeenschap in het algemeen, en op de plaatranden in het bijzonder.

Benthos (Figuur 7-1) is de verzamelnaam voor alle organismen die leven op, in of net boven de bodem van zoete en zoute wateren. Benthos kan worden onderscheiden volgens de grootte van de organismen:

- macrobenthos: > 1 mm; bv. krabben, zeesterren, vlokreeftjes
- meiobenthos: tussen 1 mm en 32 µm; bv. mosbeertjes, eenoogkreeftjes
- microbenthos: < 32 µm; bv. klokdiertjes, bacteriën

Daarnaast kan benthos ook ingedeeld worden volgens de plaats waar ze leven:

- endobenthos: leven in de bodem; bv. tweekleppigen
- epibenthos: leven op de bodem; bv. zee-egels
- hyperbenthos: leven juist boven de bodem; bv. aasgarnalen

Het project beschreven in de MER Verruiming Vaargeul (Consortium Arcadis-Technum, 2007b) gaat gepaard met omvangrijke baggerwerken. In deze MER wordt ook een negatief effect verwacht op korte, middellange en lange termijn (2015) op het benthos, aangezien deze organismen op, in of net boven de bodem vertoeven. Op korte termijn (tijdelijke effecten) werd de vernietiging van 0,9 % tot 2,2 % van de benthos biomassa als gevolg van de aanlegwerken en de hierbij horende stortactiviteiten verwacht (projectalternatief plaatranden). Door het onderhoud van de vaargeul, de stortingen die hierbij horen, en de veranderingen van de ecotooparealen, werd een gecombineerde verandering van de totale biomassa verwacht tussen +1,6 % en -7,5 %.

Met betrekking tot de kokkelbestanden, werd op basis van de verwachte veranderingen in ecotopen berekend dat er weinig effecten zouden zijn, en dat de waargenomen veranderingen minimaal zijn ten opzichte van de grote jaarlijkse variatie van de kokkelbestanden in de Westerschelde (Wijsman en Kesteloo, 2007).



*Figuur 7-1: Benthossoorten (bron: Wikimedia Commons)*

Tot op heden worden benthossoorten niet beschermd dus er bestaat geen Rode Lijst van benthos organismen. Er worden ook geen benthossoorten vermeld in de Habitatrichtlijn (bijlage II en V) als te beschermen soorten, ook niet binnen het 1130 habitattype (estuaria).

Exoten zijn soorten die van nature niet in onze streken voorkomen. Het zijn dus uitheemse soorten die hier niet op eigen kracht zijn geraakt, maar wel door toedoen van de mens, bijvoorbeeld door transport. De meeste exoten veroorzaken geen problemen omdat ze niet aangepast zijn aan het overleven in onze vrije natuur. Sommige exoten kunnen zich wel vestigen, maar groeien niet uit tot een plaag en richten daardoor geen schade aan. Als een exoot zich vestigt én zich explosief voortplant, kan die wel grote schade veroorzaken. In dat geval spreekt men van een 'invasieve exoot'. We gaan na of dergelijke soorten voorkomen in de Westerschelde.

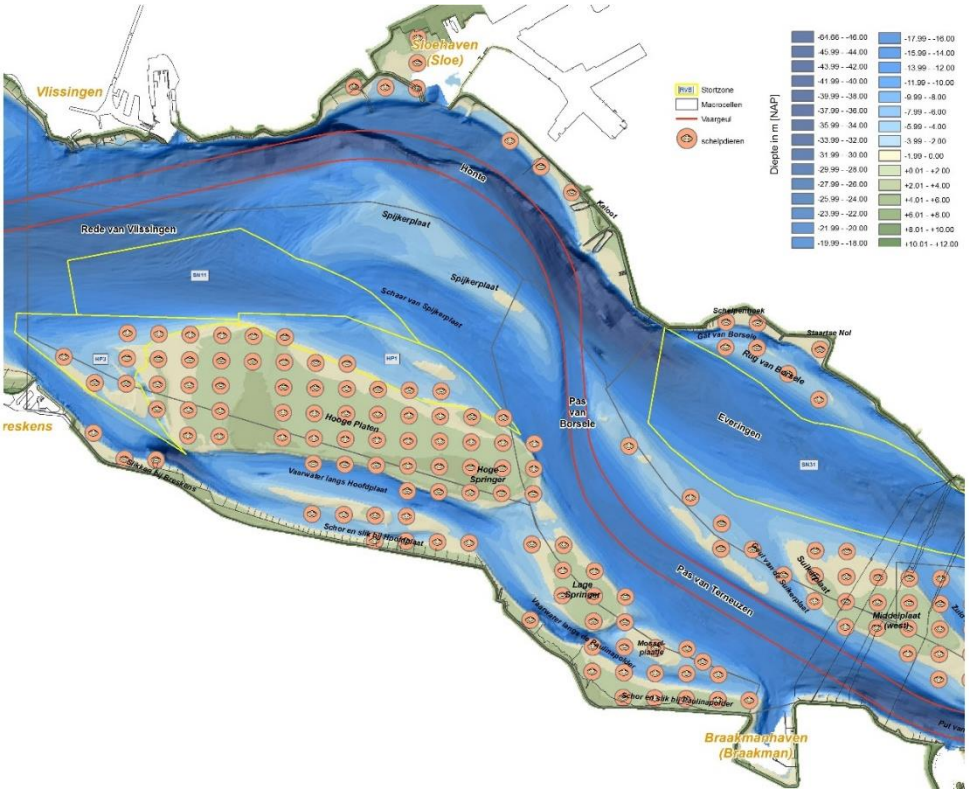
Het doel van onderhavige analyses is de evolutie nagaan van de (macrobenthos)populaties in de Westerschelde tussen 2009 en 2014 in het algemeen, en specifiek op de plaatranden. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat benthos van nature erg geclusterd voorkomt. Er zal dus steeds een grote variatie zichtbaar zijn tussen verschillende monsters. Om conclusies te kunnen trekken uit de benthosdata dient de steekproefgrootte daarom voldoende groot te zijn.

## 7.1.2 Data

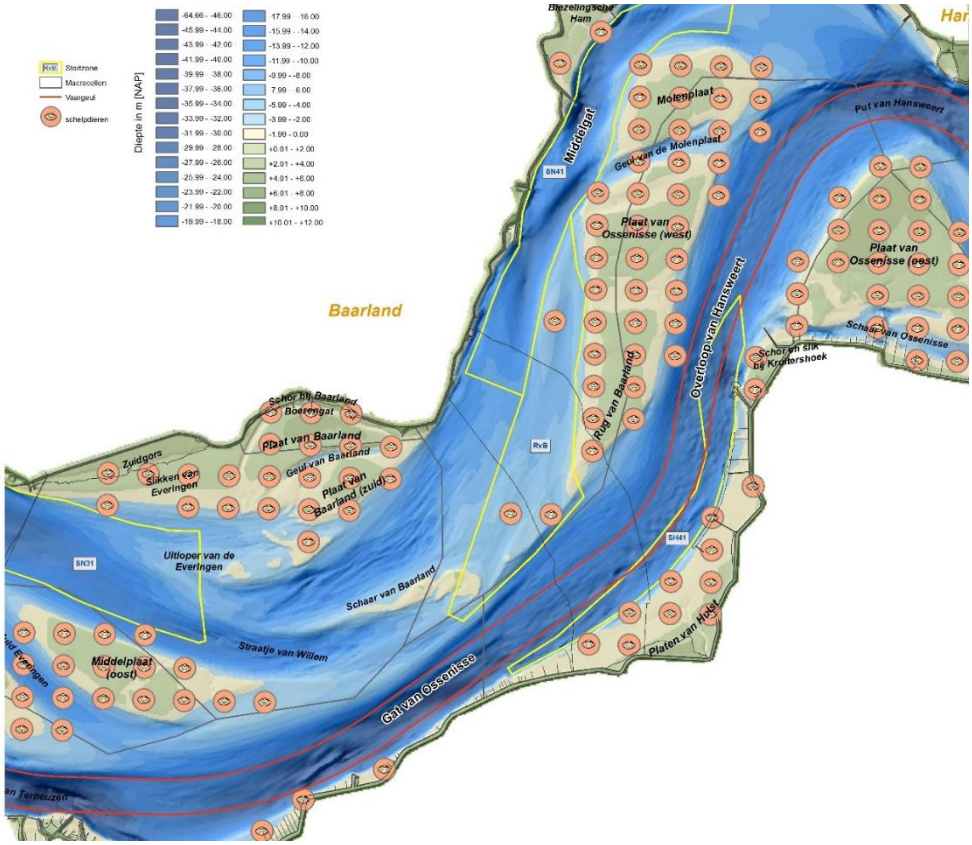
### *Schelpdierdata – WOT 1992-2015*

Het schelpdierbestand in het litoraal van de Westerschelde wordt ieder voorjaar onderzocht sinds 1992 (WOT Westerschelde: kokkelsurvey). Niet alle soorten zijn altijd waargenomen. In de eerste jaren werden niet altijd alle bijvangsten vermeld. *Scrobicularia plana* werd bijvoorbeeld pas vanaf 1999 opgenomen in de database. Het bemonsteringstuig is daarenboven specifiek op kokkels (*Cerastomderma edule*) gericht. Andere soorten die bijvoorbeeld dieper in de bodem zitten (zoals *Ensis sp.*), kunnen hierdoor onderschat worden in aantallen. De densiteiten van de platte slijkgaper *Scrobicularia plana* en de exoot Amerikaanse boormossel *Petricolaria pholadiformis* waren zeer laag ten opzichte van het nonnetje (*Macoma Balthica*) en de kokkel (*Cerastoderma edule*). Daarom zullen enkel deze laatste twee soorten besproken worden aan de hand van densiteit (aantallen per m²) en biomassa in *versgewicht* (g/m²).

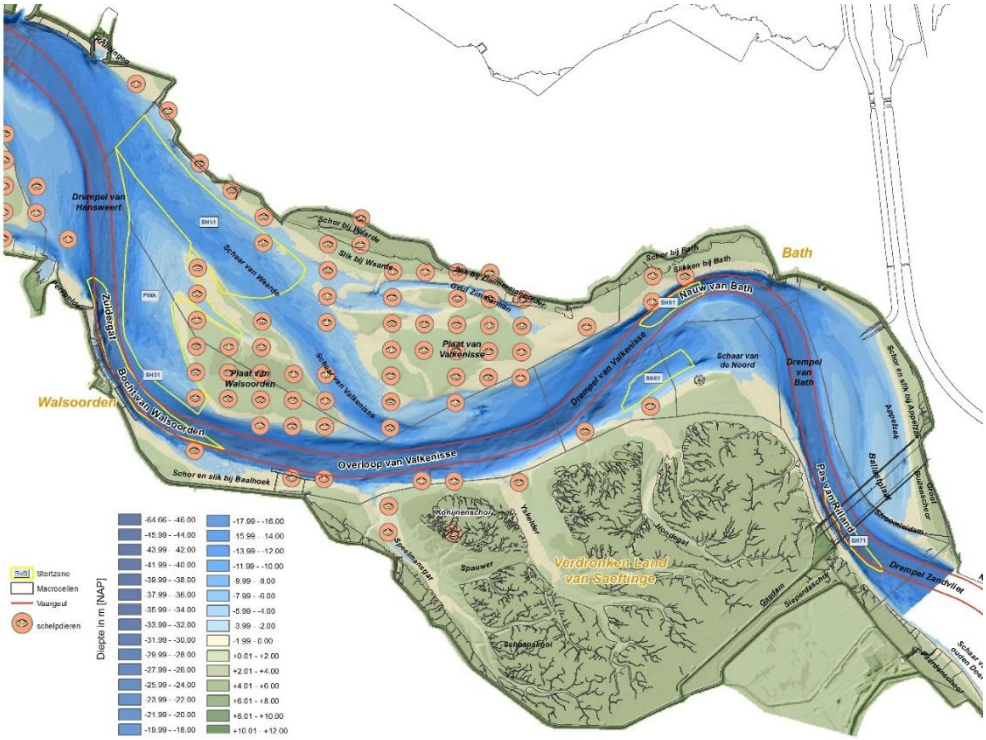
De schelpdierdata is beschikbaar per coördinaat. Voor de ruimtelijke analyse werden vijf ‘plaatcomplexen’ onderscheiden: Hooge Platen & Hooge Springer, Suikerplaat & Middelplaten, Rug van Baarland, Plaat van Ossenisse, Plaat van Walsoorden en Valkenisse. De monsternamepunten zijn weergegeven in Figuur 7-2 tot Figuur 7-4.




*Figuur 7-2: Monsternamepunten Schelpdierensurvey in westelijk gebied Westerschelde.*




*Figuur 7-3: Monsternamepunten Schelpdierensurvey in middengebied Westerschelde.*



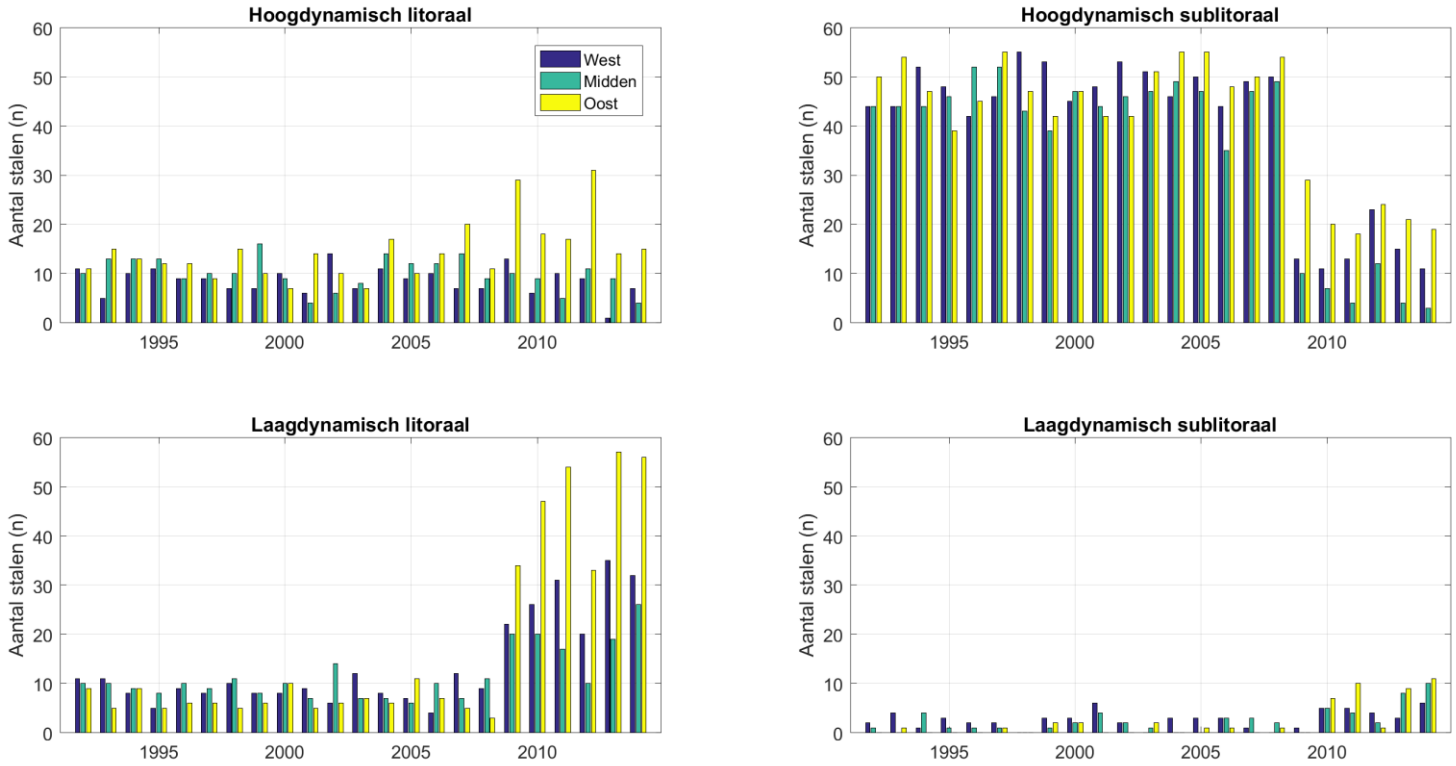

*Figuur 7-4: Monsternamepunten Schelpdierensurvey in oostelijk gebied Westerschelde.*

### *MWTL 1992-2014*

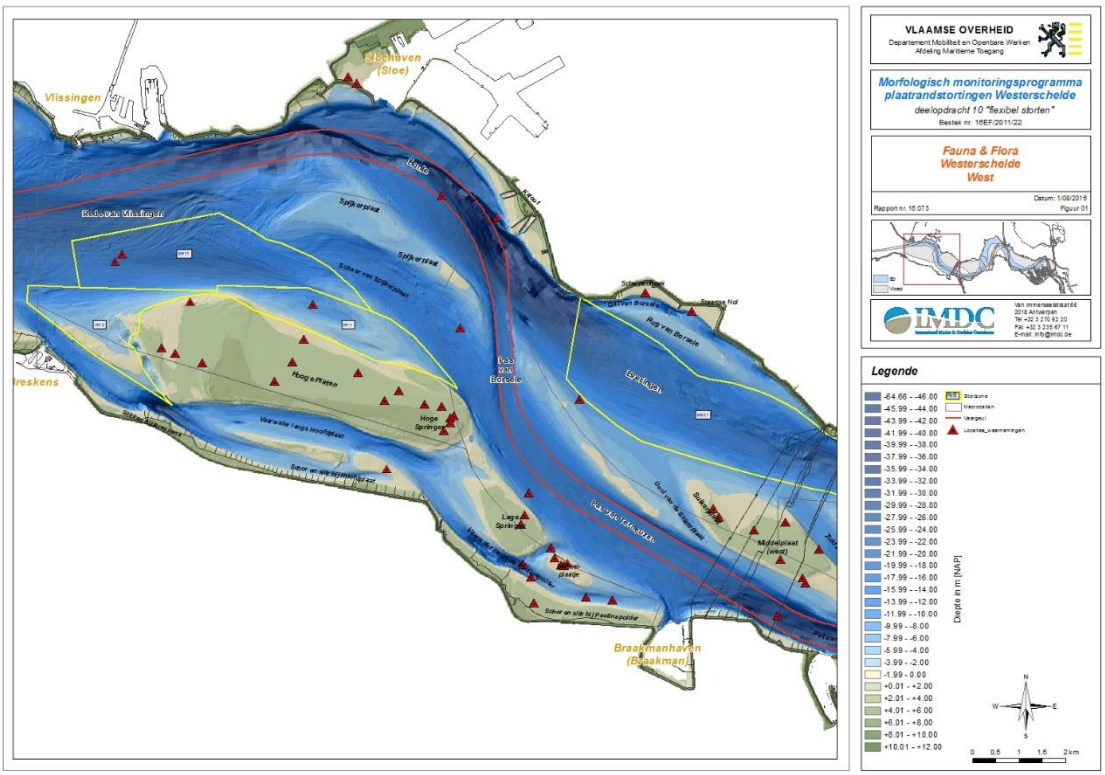
De Water, Verkeer en Leefomgeving dienst (WVL) van Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor de uitvoering van het MWTL meetplan (Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands – Milieumeetnet Rijkswateren). In het kader van het MWTL meetplan werd de benthosgemeenschap onderzocht op verschillende locaties in de Westerschelde in de periode 1992-2014. In deze databases bevinden zich biomassa (mg *asvrij drooggewicht* per m²) en densiteiten (aantallen per m²). Er werd zo veel als mogelijk tot op soort gedetermineerd. Om de soortenrijkdom te bepalen werden het aantal soorten per staal berekend.

De MWTL data zijn ruimtelijk gedetailleerd. Sinds 2009 is de bemonstering verhoudingsgewijs meer in het teken van de ecotopen komen te staan, waardoor de staalname van dan af minder uniform is verspreid. Het aantal stalen in het litoraal zijn toegenomen terwijl er minder stalen in het sublitoraal worden genomen (Figuur 7-5).

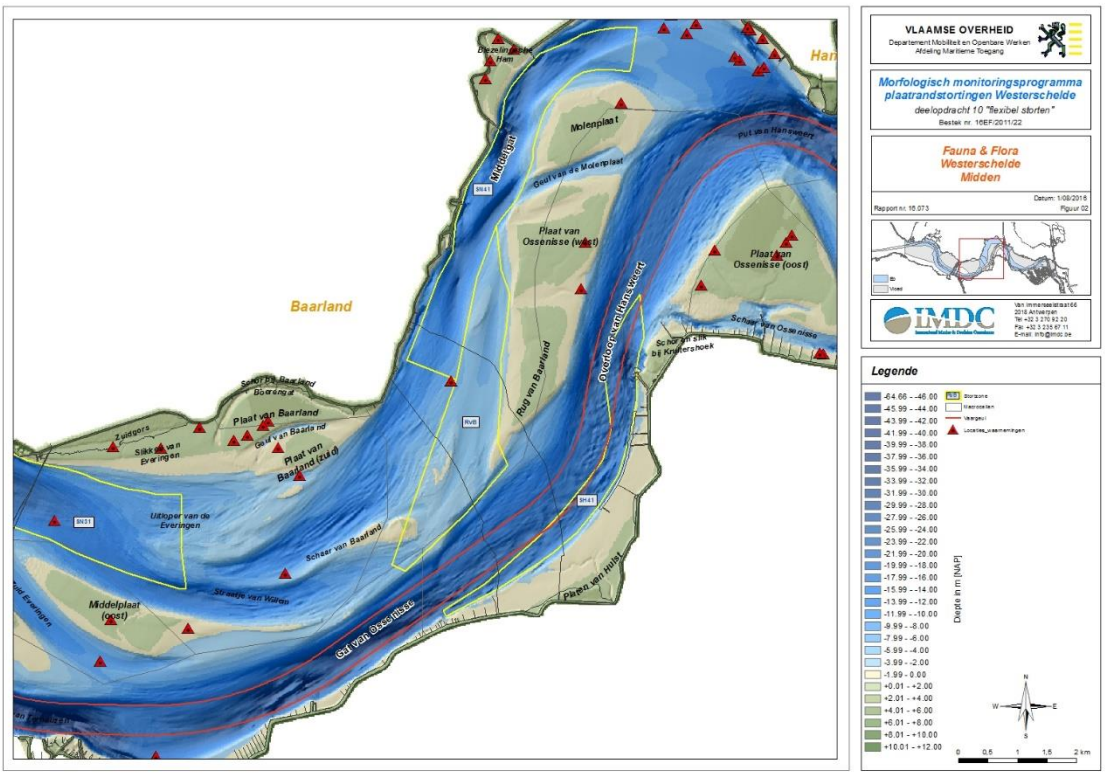
Voor de analyses werden de MWTL data gegroepeerd per zone (west, midden oost; Figuur 7-6 tot Figuur 7-8 voor het jaar 2014) en per ecotoop (laag-en hoogdynamisch litoraal en sublitoraal). De ecotopen werden door MWTL bepaald op basis van het Zoute Wateren Ecotopen Stelsel (ZES).



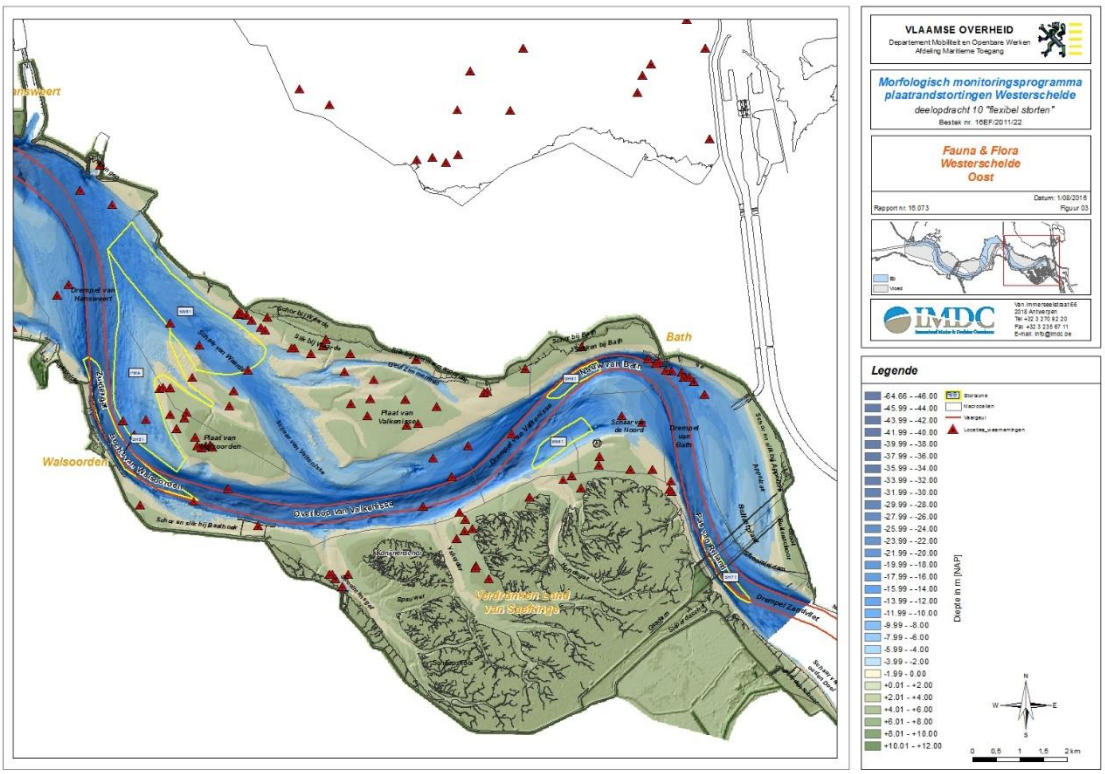

*Figuur 7-5: Temporele evolutie van het totaal aantal stalen genomen per deelgebied van de Westerschelde tussen 1992 en 2014. (MTWL bemonstering)*




*Figuur 7-6: Staalnamelocaties MWTL 2014 in westelijk gebied Westerschelde.*




*Figuur 7-7: Staalnamelocaties MWTL 2014 in middengebied Westerschelde.*




*Figuur 7-8: Staalnamelocaties MWTL 2014 in oostelijk gebied Westerschelde.*

### *Kwalitatieve Westerschelde data*

Op ca. 130 locaties in de Westerschelde bevinden zich zogenaamde sedimentatie-erosieplots. Bij alle sedimentatie-erosieplots wordt de “globale indicatie bodemleven” bepaald op basis van veldwaarneming ter plaatse. Dit houdt in dat wordt aangegeven of er geen/weinig/gemiddeld/veel wadpieren, *Corophium sp.* en/of kokkels aanwezig zijn en of het bodemleven geen/sporadisch/gemiddeld/rijk is. Iedere locatie wordt sinds 2009 vier maal per jaar gemeten, in de maanden maart, mei, september en december. Er wordt op iedere sedimentatie-erosieplot ook een foto genomen van de directe omgeving in een voor het meetpunt vaste richting.

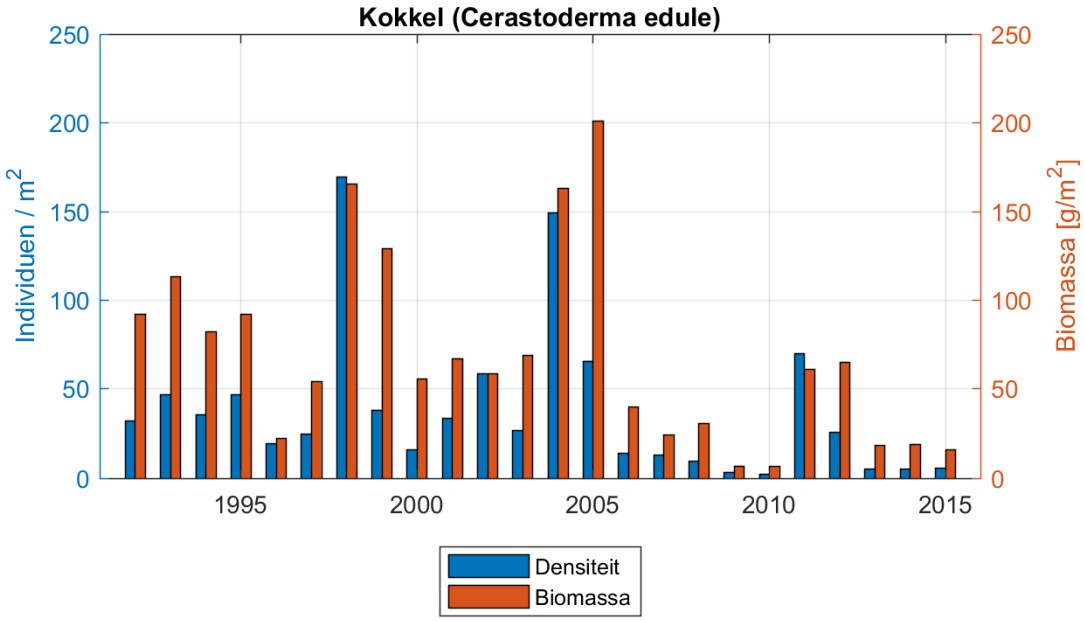
Deze gegevens worden besproken in combinatie met geomorfologische en sedimentologische parameters in §5.3.

## 7.1.3 Analyses

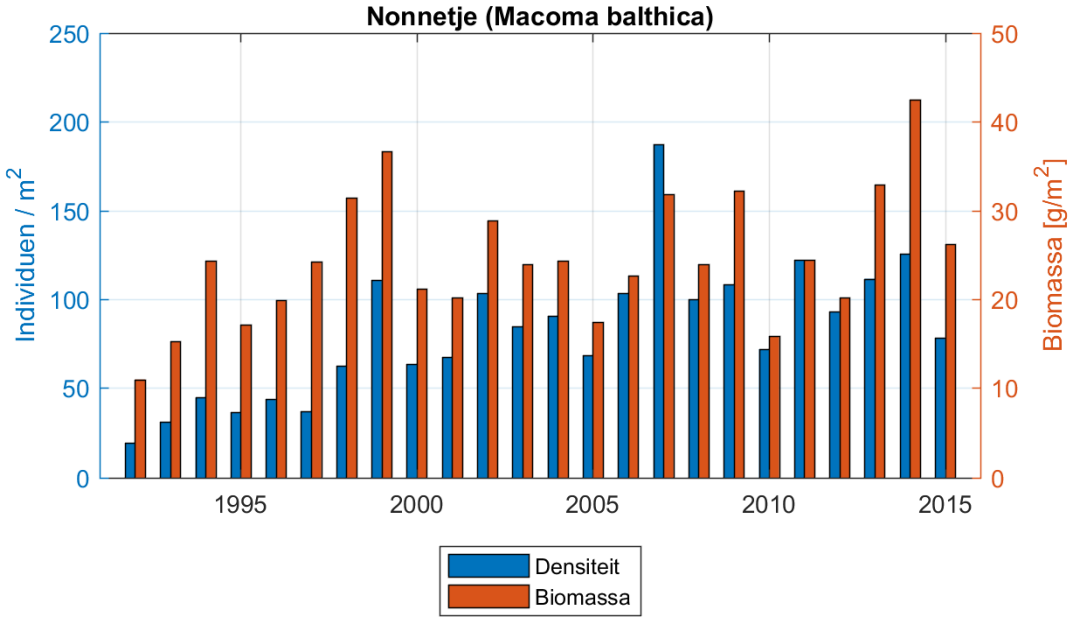
### *Schelpdierdata (WOT kokkelsurvey data 1992-2015)*

#### *Totale densiteit en biomassa (versgewicht)*

Uit Figuur 7-9 blijkt dat er in de Westerschelde een dalende trend bestaat ($p<0,05$, Mann-Kendall test) voor de totale densiteit en biomassa van de kokkel *Cerastoderma edule*, met enkele densiteitspieken in 1998, 2004 en 2011. Voor het nonnetje *Macoma balthica* bestaat er een positieve trend voor de densiteit terwijl de biomassa zo goed als stabiel is gebleven (Figuur 7-10).




*Figuur 7-9: Temporele evolutie van de totale densiteit (blauw) en biomassa (oranje) van Cerastoderma edule in de gehele Westerschelde tussen 1992 en 2015. (WOT)*




*Figuur 7-10: Temporele evolutie van de totale densiteit (blauw) en biomassa (oranje) van Macoma balthica in de gehele Westerschelde tussen 1992 en 2015.*

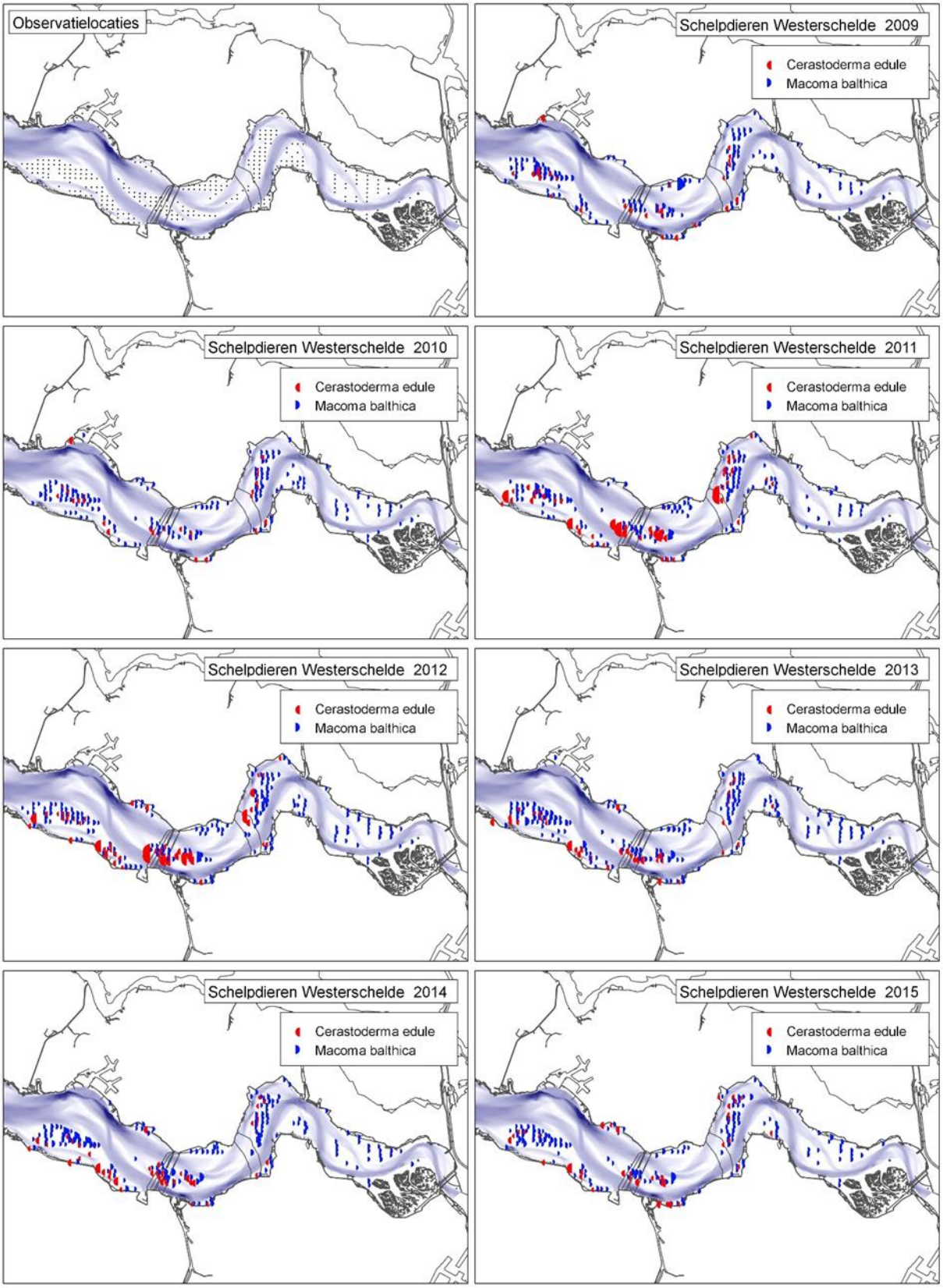
*Per plaat(complex)*

Figuur 7-11 geeft de verspreiding en relatieve densiteit (grootte van de symbolen) weer in de Westerschelde tussen 2009 en 2015. Hierin is de piek in het aantal kokkels opnieuw duidelijk zichtbaar voor 2011 en 2012.

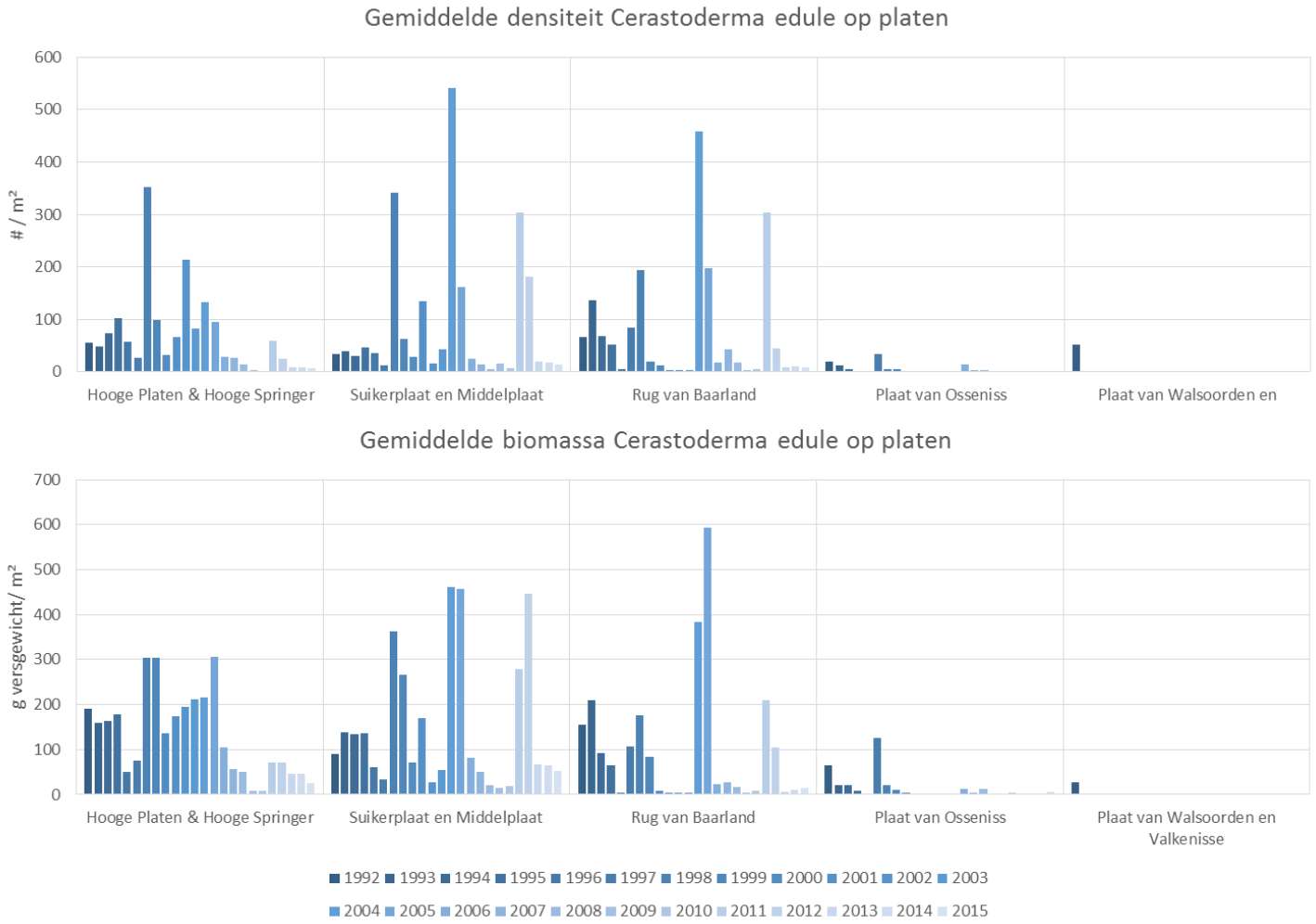
Figuur 7-12 en Figuur 7-13 geven de evolutie weer per plaatcomplex tussen 1992 en 2015 voor densiteit en biomassa (versgewicht) van kokkel, resp. nonnetje. Bij het berekenen van de gemiddelde densiteit en biomassa is rekening gehouden met nulmetingen.

Voor wat betreft kokkels is vooral het ontbreken in het oosten van het estuarium opvallend (wat te maken heeft met zoutcondities), maar ook de afname van de gemiddelde densiteit en biomassa, met name op de Hooge Platen (de piekjaren van goede broedval niet mee beschouwd).

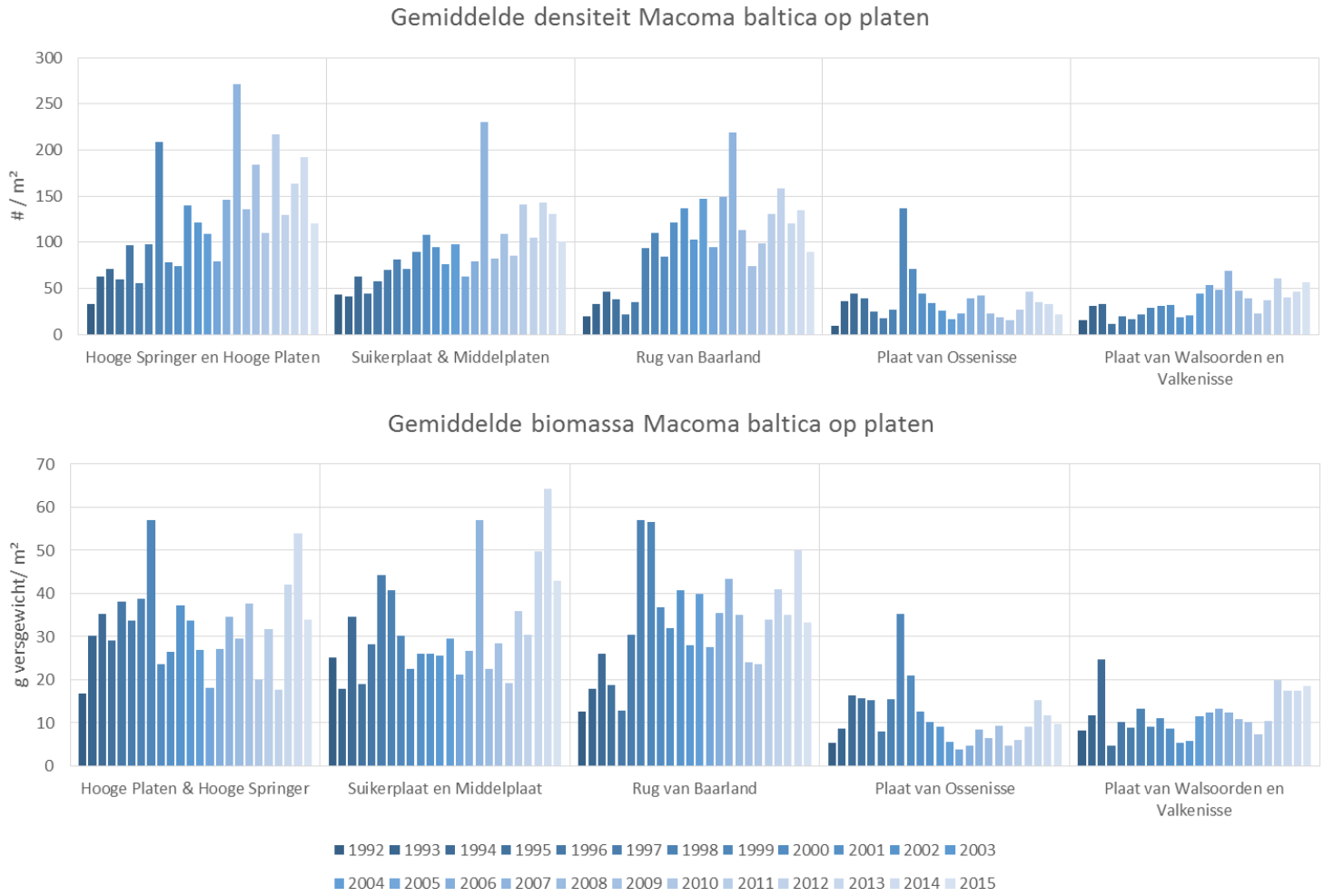
Voor wat betreft Macoma is de stijgende trend in densiteit op de meeste plaatcomplexen zichtbaar; de toename in biomassa is niet duidelijk aanwezig, wat aanduidt dat wel meer, maar kleinere nonnetjes aanwezig zijn.




*Figuur 7-11: De verspreiding van Cerastoderma edule (rood) en Macoma balthica (blauw) in de Westerschelde tussen 2009 en 2015. De grootte van het symbool geeft een relatieve densiteit weer.*




*Figuur 7-12: Gemiddelde densiteit (boven) en biomassa (versgewicht, onder) kokkels, op basis van WOT Kokkelsurvey, per plaat en jaar.*




*Figuur 7-13: Gemiddelde densiteit (boven) en biomassa (versgewicht, onder) nonnetjes, op basis van WOT Kokkelsurvey, per plaat en jaar.*

### *Benthosdata (MWTL 1992-2014)*

#### *Per ecotoop*

De temporele evolutie in de biomassa en de soortenrijkdom van het benthos in het hoog- en laagdynamisch litoraal en sublitoraal wordt weergegeven Figuur 7-14 en Figuur 7-15. De data zijn opgenomen met een opdeling in West-Oost-Midden.

De meeste tijdreeksen vertonen geen significante trends. Enkel in het westen is er een significante toename van de biomassa in het hoogdynamisch litoraal (maar de magnitude van de toename is zeer klein: (ca. 0,2 g/m² per jaar) en een afname in het laagdynamisch litoraal (ca. 1 g/m² per jaar).

Algemeen genomen wordt de grootste biomassa aangetroffen in het laagdynamisch litoraal (Figuur 7-14). De biomassa is hoger in het westelijk deel van de Westerschelde, hoewel het verschil afneemt in de tijd. In het laagdynamisch sublitoraal is er een grote variatie zichtbaar tussen de gebieden en jaren, wat te wijten is aan het kleine aantal staalnamepunten in dit gebied (zie Figuur 7-5).

Wat betreft de gemiddelde soortenrijkdom is het ook hier duidelijk dat deze het hoogst is in het laagdynamisch litoraal; grofweg dubbel zo hoog als in het hoogdynamisch litoraal. In geen enkel ecotoop is er een duidelijk verschil te zien tussen de gebieden van de Westerschelde. Ook een trend in de tijd is er niet, het aantal soorten per staal is vrij stabiel gebleven sinds 1992. Ook hier wijkt het laagdynamisch sublitoraal af omwille van het lage aantal stalen.

#### *Exoten*

Er werden vier exoten (DAISIE, 2014; WoRMS, 2014) waargenomen, namelijk het muiltje *Crepidula fornicata*, de scheermessen *Ensis sp.*, de strandgaper *Mya arenaria* (sinds de 17e eeuw gevestigd in Noord-Europese wateren) en de Amerikaanse boormossel *Petricolaria pholadiformis*. Uit Figuur 7-16 blijkt dat voornamelijk de scheermessen veelvuldig voorkomen, gevolgd door de strandgaper. De Amerikaanse boormossel is pas sinds 2012 aanwezig in de Westerschelde. Aangezien hieronder de totale biomassa en densiteit is weergegeven, dient hierbij wel te worden opgemerkt dat de verspreiding van de staalnamepunten enkele malen is gewijzigd sinds 1992. Zoals op Figuur 7-5 zichtbaar is, wordt er sinds 2009 meer gefocust op het litoraal, en meer op het oosten van de Westerschelde in plaats van het westen.

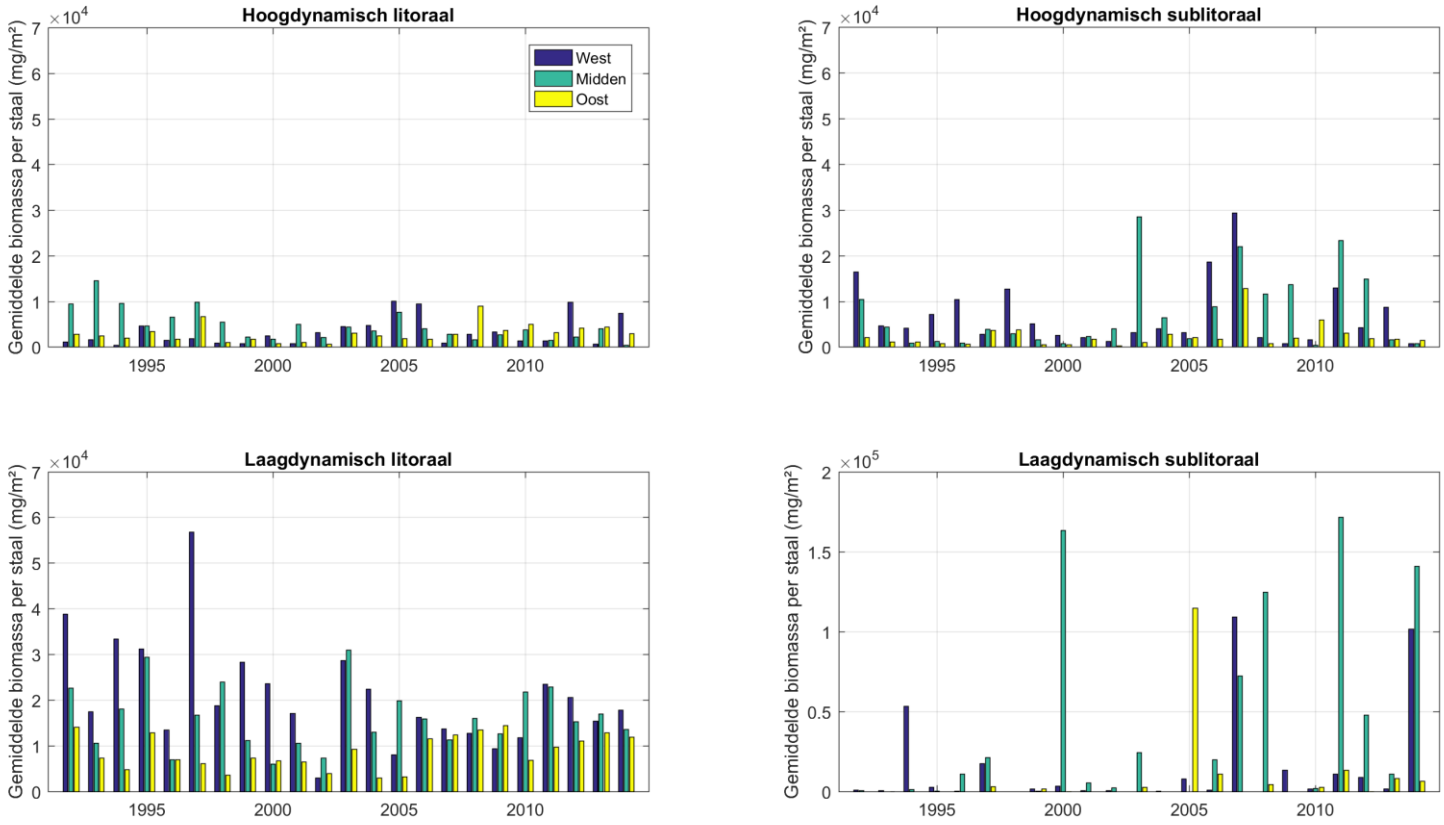
#### *Gemeennschapsanalyse*

De Commissie Monitoring Westerschelde beveelt een doorgedreven soortenanalyse / gemeenschapsanalyse van de benthosgegevens aan. Een dergelijke analyse valt buiten het opzet van de Voortgangsrapportage.

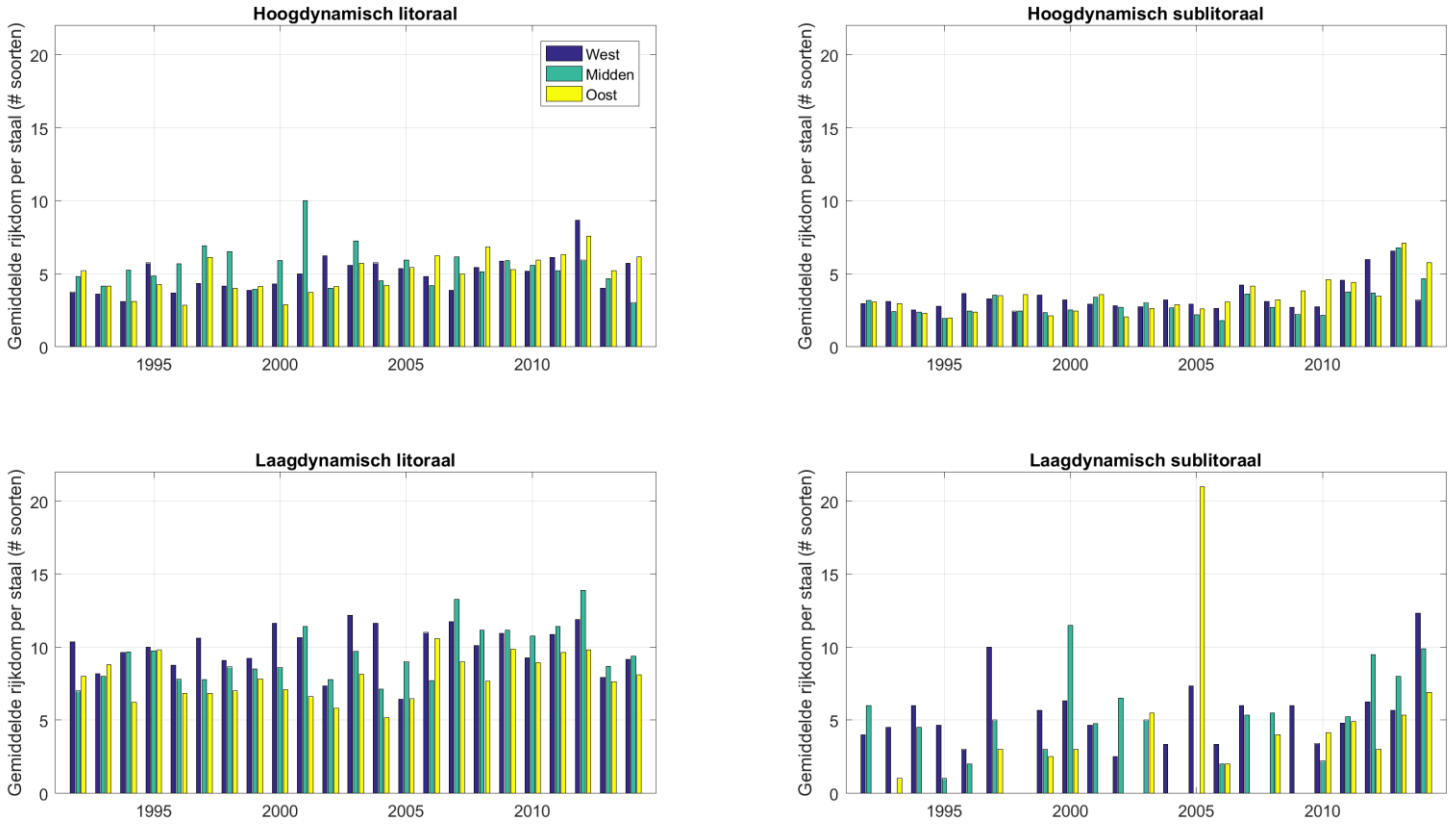
Er wordt verwezen naar de lopende Ecologische Validatie Plaatrandstortingen, waarin uitgebreider wordt beoordeeld of plaatrandstortingen een ecologische meerwaarde (o.a. verrijking benthos) met zich meebrengen.

#### *Kwalitatieve bodemrijkheid*

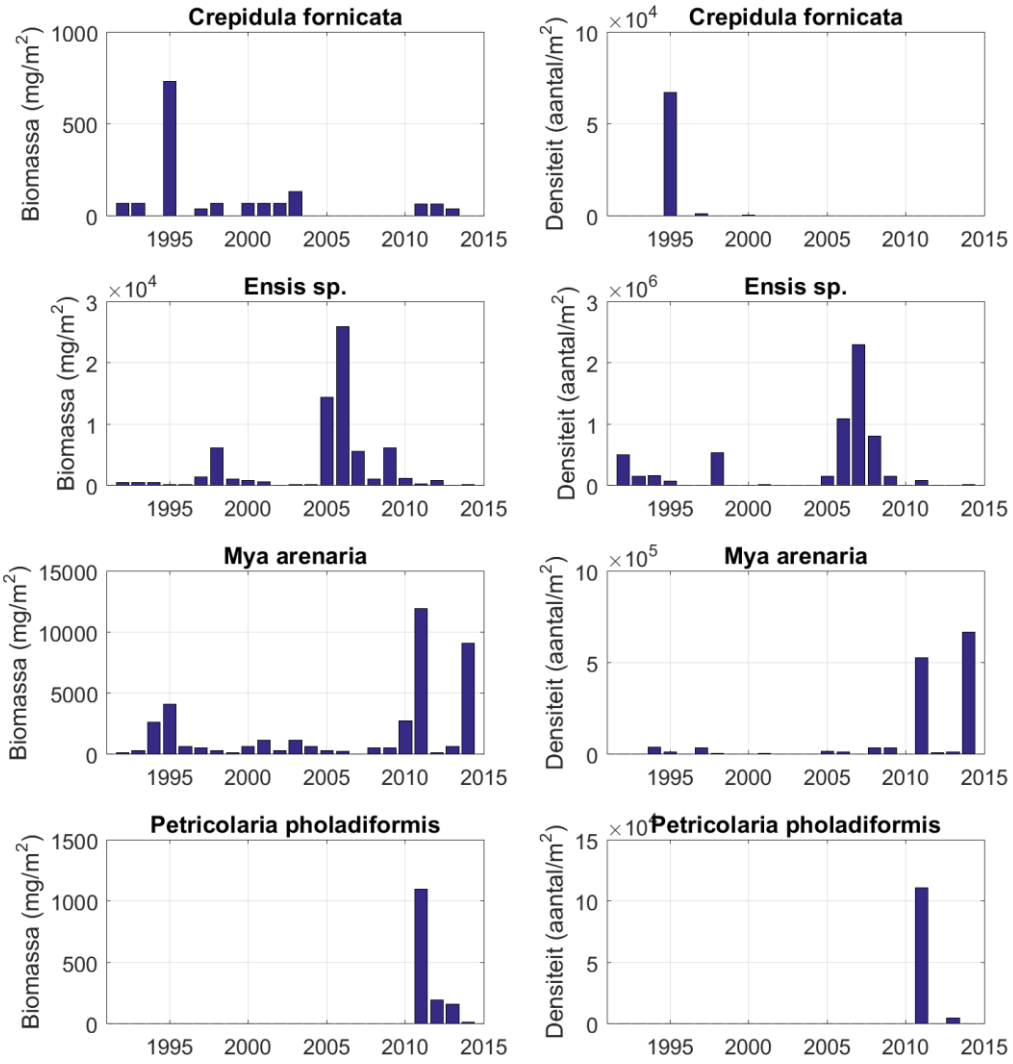
Naast de gegevens uit de kokkelsurvey zijn in hoofdstuk 5.3 kwalitatieve bodemrijkheid schattingen besproken per plaatrand. De evolutie is erg afhankelijk van het meetpunt; zowel toenames als afnames komen voor. Voor meer detail wordt verwezen naar het desbetreffende hoofdstuk.




*Figuur 7-14: Temporele evolutie per ecotoop van gemiddelde biomassa per deelgebied van de Westerschelde tussen 1992 en 2014. Bemerk de verschillende verticale schaal bij het laagdynamisch sublittoraal.*




*Figuur 7-15: Temporele evolutie per ecotoop van de gemiddelde soortenrijkdom per staal voor de drie deelgebieden van de Westerschelde tussen 1992 en 2014.*




*Figuur 7-16: Temporele evolutie van de totale densiteit en biomassa aan exoten in de Westerschelde tussen 1992 en 2014.*

### 7.1.4 Discussie

***Schelpdierdata 1992-2015***

Kokkels (*Cerastoderma edule*) komen in hogere aantallen voor dan nonnetjes (*Macoma balthica*), maar hun verspreiding beperkt zich tot het westen en midden van de Westerschelde. Nonnetjes daarentegen kennen een meer gelijkmatige verspreiding.

Kokkels voeden zich met fytoplankton (eencellige algen) en worden zelf gegeten door vogels, vissen en andere predatoren zoals krabben en garnalen. Ze hebben in het bijzonder een belangrijke functie als voedsel voor wadvogels zoals de scholekster *Haematopus ostralegus*, de kanoet (*Calidris canutus)*, de zilvermeeuw (*Larus argentatus)* en de eidereend (*Somateria mollissima)* die vooral in de winter voor hun overleving afhankelijk zijn van voldoende kokkels en mosselen (CBS *et al.*, 2014). Voor de Westerschelde is vooral de scholekster van belang, de andere soorten minder.

Sinds 1992 vertoont de kokkel een dalende trend, met enkele densiteitspieken in 1998, 2004 en 2011, steeds gevolgd door een verdere gestage daling in densiteit. De jaren 2009 en 2010 vormden een dieptepunt voor de kokkelbiomassa, maar na een goede broedval in 2010, die mogelijk het gevolg was van een koude winter met minder predatie, kende 2011 opnieuw een toename (Kesteloo *et al.*, 2012) en zette zich door in 2012 met een overgang van eenjarige naar tweejarige kokkels (van Zweeden *et al.*, 2012). Sinds 2013 zijn de kokkelbiomassa's opnieuw lager en bestaat de populatie vooral uit meerjarige kokkels (71 %) (van Asch *et al.*, 2015). Grote schommelingen in het kokkelbestand worden vooral veroorzaakt door de kokkelvisserij (tot 2006, sindsdien niet meer vergund), door strenge winters waarin grote sterfte kan optreden, en door het sporadisch optreden van goede broedvallen die in de jaren daarna leiden tot grote bestanden (Troost *et al.*, 2012; CBS *et al.*, 2015). De kans op goede broedval zou na strenge winters ook weer groter zijn, zoals na de strenge winter van 1996 en 2011 (Beukema, 1992 in Troost et al., 2012). In Wijsman & Kesteloo (2007), een onderzoek in het kader van de MER, wordt door de verruiming maar een beperkte invloed op de kokkels verwacht, die bovendien minimaal is in vergelijking tot de grote jaarlijkse variatie van de kokkelbestanden. In de Westerschelde bestaan er ook een aantal permanent voor de visserij gesloten gebieden. Ondanks deze maatregelen hebben de kokkelbestanden zich (nog) niet hersteld.

Er is op schaal van de Westerschelde tussen 2010 en 2015 hoogdynamisch litoraal omgezet in hoog- en laagdynamisch sublitoraal (samen 398 ha) (zie §5.6.1). Mogelijk profiteert het nonnetje hiervan, maar niet de kokkel: voorlopig is er geen positieve invloed zichtbaar op de afnemende trend in kokkels in de Westerschelde en daarbuiten. Tot 2003 is er een toename van de densiteit zichtbaar, die sindsdien stabiel is gebleven. De biomassa bleef echter redelijk stabiel met een lichte stijging in de laatste jaren.

Een (eventuele) verdere daling van het kokkelbestand sinds 2009 (uitgenomen de waargenomen densiteitspiek in 2011 en 2012 na de goede broedval van 2010) kan de derde verruiming in ieder geval niet aangeduid worden als bepalende factor aangezien hier reeds sprake was van een vooraf bestaande trend.

Het nonnetje toont een positieve populatietrend in de Westerschelde sinds de jaren '90. Hierbij is het echter belangrijk op te merken dat enkel de densiteit stijgt terwijl de biomassa stabiel is gebleven sinds de jaren '90. Ook deze soort is een belangrijke voedselbron voor watervogels en (epi)benthische organismen (Van Colen *et al.*, 2009).

De ontwikkelingen voor beide schelpdiersoorten kunnen geïnterpreteerd worden als deel uitmakende van een grote natuurlijke dynamiek die wordt beïnvloed door het succesvol zijn van de broedval, de strengheid van de winter en de eventuele visserij. Er kan op basis van deze analyse geen invloed van de verruiming en/of de stortstrategie worden aangetoond.

### *MWTL 1992-2014*

Er zijn over het algemeen geen duidelijke trends zichtbaar in biomassa en soortenrijkdom van het benthos in de periode 1992-2014. De grootste gemiddelde biomassa werd aangetroffen in het laagdynamisch litoraal van de Westerschelde, en was duidelijk hoger is in het westelijk deel hoewel het verschil afneemt in de tijd. Ook de gemiddelde soortenrijkdom is het grootst in het laagdynamisch litoraal, maar zijn er geen verschillen tussen de deelgebieden zichtbaar.

De hoogste aantallen bodemdieren worden aangetroffen in de laag dynamische, ondiepe delen van de Westerschelde en op droogvallende slikplaten (Ministerie van Economische Zaken van Nederland, 2014). Kenmerkend zijn soorten als veelkleurige zeeduizendpoot (*Hediste diversicolor*), wadpier (*Arenicola marina*), kokkel (*Cerastoderma edule*), nonnetje (*Macoma balthica*) en het wadslakje (*Peringia ulvae*). De meer dynamische zandbanken herbergen een geheel andere, minder rijke bodemfauna. Hier zijn gravers actief als de kreeftachtigen *Bathyporeia* en *Haustorius*. Van de in Europa bekende brakwatersoorten komen er maar weinig in de Westerschelde voor.

*Corophium volutator* is een abundante litorale soort op slikken in de Noord-Atlantische regio (De Backer *et al.*, 2011). Densiteiten van meer dan 20 000 individuen/m² worden vaak geregistreerd en in de zomer kunnen die zelfs lokaal oplopen tot 100 000-140 000 individuen/m². Bovendien beschouwden De Backer *et al* (2011) macrobenthos en vooral slijkgarnalen als de sturende bioturberende factor in hun sedimentplots, en dus onrechtstreeks ook als de cruciale factor in de sedimentcyclus (afzetting en erosie) op de lange termijn. Gezien de dichtheden die deze soort kan bereiken, de trofische positie in het ecosysteem, evenals het ecosysteem-ingenieur-effect op het abiotische milieu, kan deze soort beschouwd worden als een kritische soort in intergetijdengebieden.

Vier exoten (DAISIE, 2014; WoRMS, 2014) werden waargenomen: *Crepidula fornicata*, *Mya arenaria* (sinds de 17e eeuw gevestigd in Noord-Europese wateren), *Petricolaria pholadiformis* en *Ensis sp.*. Voornamelijk *Ensis* blijkt veelvuldig voor te komen, gevolgd door *Mya*. De Amerikaanse boormossel is pas sinds 2012 aanwezig in de Westerschelde.

Recente studies uitgevoerd door IMARES en NIOZ (Van der Wal, 2016; Ysebaert *et al.*, 2016) in opdracht van Rijkswaterstaat gingen na of een beter gefundeerde vaststelling kon gemaakt worden tussen de hoog- en laagdynamische gebieden van het litoraal en sublitoraal in de Westerschelde. Uit de studie bleek dat in litoraal en sublitoraal de hydrodynamica de variatie in bodemdiergemeenschappen (en de rijkheid) significant verklaart. Zowel de rijkdom en de kenmerkende soorten verschuiven in functie van de stroomsnelheid. In Van der Wal (2016) werd ook verder ingegaan op het litoraal om na te gaan onder welke omstandigheden rijke gemeenschappen in hoogdynamisch voorkomen. De megaribbels, kenmerkend voor hoogdynamische gebieden, bleken alvast significante verschillen in abiotiek te vertonen tussen dal, top en flank van de ribbels (slibgehalte, organische stof, chlorofyl). De analyses toonden kleinere verschillen in macrofauna: in het algemeen iets hogere rijkdom in de dalen en hogere dichtheden op de toppen, en kleine, maar significante verschillen in soortensamenstellingen.

Er was wel een zeer sterke overlap in soortensamenstelling van het macrofauna tussen de toppen, flanken en dalen. Een eerste vergelijking van verschillende gebieden wees ook uit dat hoogdynamische vlakke gebieden rijker leken dan megaribbelgebieden, maar armer dan laagdynamisch gebied.

### 7.1.5 Conclusies

Sinds 1992 vertoont de (gewone) kokkel *Cerastoderma edule* een dalende trend in de Westerschelde en daarbuiten, met enkele densiteitspieken in 1998, 2004 en 2011, steeds gevolgd door een verdere gestage daling in densiteit. Ondanks een toename in laagdynamisch areaal wordt hierin vooralsnog geen ommekeer vastgesteld. De dynamiek in de kokkeldensiteit wordt op dit ogenblik nog vooral gestuurd door het al dan niet succesvol zijn van de broedval, iets waarvan een verband met de ingrepen nog niet gesteld is. Ook in het MER werd gesteld dat de derde verruiming weinig effect zou hebben op de kokkelbestanden.

In dezelfde periode vertoont het nonnetje *Macoma balthica* een positieve populatietrend, die echter enkel zichtbaar is in een toename in aantallen maar niet in biomassa. Alhoewel er ongetwijfeld andere factoren zijn die een rol spelen, bestaat de mogelijkheid dat deze soort een positieve invloed kent door de areaaltoename van de laagdynamische gebieden, alhoewel deze niet daartoe beperkt is qua voorkomen.

Een verder doorgedreven analyse van de benthos gegevens, zoals aanbevolen door de CMW, wordt uitgevoerd in het kader van de studie Ecologische Validatie Plaatrandstortingen en in het T2015-rapport.

## 7.2 VOGELS

### 7.2.1 Inleiding

Het Schelde-estuarium herbergt meer dan 150 000 **watervogels** tijdens de winter- en doortrekperiodes. Het is een wetland van internationaal belang, gezien er voor heel wat soorten meer dan 1 % van de populatie voorkomt in het Schelde-estuarium (Ysebaert *et al.*, 2000).

Het Schelde-estuarium ligt voor watervogels, zoals steltlopers, eenden en ganzen, op de zogenaamde Oost-Atlantische trekroute. Dit is één van de grote trekroutes waarlangs vogels vanuit hun Arctische broedgebieden in Rusland, Scandinavië, Groenland en Canada, of gematigde Noord- en West-Europese streken, naar hun winterkwartieren trekken. Afhankelijk van de soort migreren ze via de estuaria en kustgebieden van Noordwest-Europa, de Afrikaanse kusten van Mauretanië en Guinee-Bissau, tot de kustlijn van Zuid-Afrika. In het mondingsgebied en de polyhaliene zone van de Westerschelde komen veel steltlopers voor, zoals scholekster, bonte strandloper, drieteenstrandloper en zilverplevier. In de mesohaliene zone speelt het Verdronken Land van Saeftinghe (ruim 3000 ha) een bijzondere rol voor eenden en ganzen als een uitgebreid foerageergebied en rustplaats. De smient is hier een algemene soort, net als de grauwe gans en pijlstaart. Langs de oligohaliene en zoete Zeeschelde domineren dan weer eenden, zoals wintertaling, krakeend, pijlstaart en tafeleend (T2009 Consortium, 2013).

In het Deltagebied broeden ook nationaal en internationaal belangrijke populaties van diverse soorten **kustbroedvogels** (Strucker *et al.*, 2010). Vooral voor de sternsoorten (dwergstern, grote stern, visdief) is de Westerschelde van groot belang gezien de Hooge Platen een belangrijk broedgebied vormt. Op langere termijn is de aanwezigheid van voldoende geschikte broedgebieden voor alle kustbroedvogels een aandachtspunt (Strucker *et al.*, 2010). Voor de strandplevier zijn meer gerichte maatregelen noodzakelijk. In het Natura 2000 gebied Westerschelde en Saeftinghe zijn tevens bruine kiekendief en blauwborst opgenomen als broedvogelsoorten, met instandhoudingsdoelstellingen (IHD's) van respectievelijk 20 en 450 broedparen. De "IHD's Schelde-estuarium" stellen dat voldoende potentieel habitat aanwezig moet zijn om een (kern)populatie van de doelsoorten te herbergen (zgn. habitatdoelstelling = benodigd aantal ha van een bepaald habitattype om de doelstelling te bereiken) (Adriaensen *et al.*, 2005).

De langetermijn trends of veranderingen in vogelaantallen kunnen gerelateerd worden aan veranderingen in het beheer van het systeem, zoals habitatverandering en waterkwaliteit, maar zijn ook gekoppeld aan (Europese of internationale) populatieontwikkelingen. Bovendien worden ze beïnvloed door klimatologische omstandigheden zoals de strengheid van de winter.

Op 12 februari 2010 is de **verruiming** van de vaargeul in de Westerschelde van start gegaan. Voor de verruiming van de vaargeul en het onderhoud in de jaren daarna is een ontheffing verleend in het kader van de Flora- en faunawet (kenmerk FF/75C/2008/0505). In deze ontheffing wordt aanbevolen om de volgende aanbevelingen uit te voeren: afstand van ten minste 600 meter aanhouden tot de foerageergebieden van steltlopers of storten tijdens hoog water wanneer de vogels op de hoogwatervluchtplaatsen zitten. Gedurende de werkzaamheden (in het bijzonder bij storten op land) moet verstoring van het broedseizoen van aanwezige soorten vermeden worden.

Tevens kunnen voorbereidende maatregelen worden getroffen om te voorkomen dat vogels tot broeden kunnen komen binnen het plangebied. Er wordt evenwel geen standaardperiode voor broedseizoen gehanteerd in het kader van de Flora- en faunawet. Van belang is of een broedgeval aanwezig is, ongeacht de periode (aMT, 2010).

In het MONEOS-T Uitvoeringsplan zijn vogels niet opgenomen en is er enkel voor geopteerd om de directe abiotische effecten op te volgen. De evaluatie van (diversiteit van) vogels in de evaluatiemethodiek Schelde-estuarium komt wel aan bod (Holzhauer *et al.*, 2011a). Ook in de Nederlandse natuurbeschermingsvergunning wordt gevraagd dit onderwerp mee te rapporteren, vandaar dat de gegevens voor de Westerschelde in dit Voortgangsrapport zijn opgenomen.

Uit de **Passende Beoordeling** in het MER Verruiming Vaargeul (Consortium Arcadis-Technum, 2007d), blijkt dat er voor drie niet-broedende watervogels kleine niet-significant negatieve effecten verwacht worden op korte tot middellange termijn (2015): de tureluur *Tringa totanus*, zwarte ruiter *Tringa erythropus* en groenpootruiter *Tringa nebularia* (Figuur 7-17). De effecten zouden het gevolg kunnen zijn van kleine veranderingen in de waterstand en waterbeweging. Hierdoor kan aantasting van het voor deze soorten belangrijke luwe en daarom potentieel slibrijke en lang droogvallende gebied optreden. De effecten zijn begroot op 4,5–4,8 % van de totale populatie in het Natura 2000-gebied. Gezien het tijdelijk karakter van het effect (waarvan het niet helemaal zeker is dat het optreedt) en vanwege de gunstige staat van instandhouding van deze soorten, wordt het effect als niet-significant beoordeeld.



*Figuur 7-17: Tureluur (links; © Andreas Trepte, www.photo-natur.de), zwarte ruiter (midden links), groenpootruiter (midden rechts) en visdief (rechts; © Andreas Trepte, www.photo-natur.de (bron: Wikimedia Commons)*

Op middellange termijn (2015) zou er ook een (niet-significant negatief effect verwacht worden op één soort broedvogel, namelijk de visdief *Sterna hirundo* (Figuur 7-17). Negatieve effecten op broedende visdieven zouden het gevolg zijn van een afname in het doorzicht door de voorspelde toename van het slibgehalte in het water in het oostelijk deel van de Westerschelde. Het effect is begroot op een afname van vier broedparen in het Verdronken Land van Saeftinghe, wat overeenkomt met 0,3 % van het totale aantal. Dit effect werd als niet significant bestempeld.

In Rappoldt & Ens (2007) werd specifiek de invloed van de derde verruiming op de draagkracht voor overwinterende scholeksters bestudeerd aan de hand van droogvalduurkaarten en kokkel biomassa gekoppeld aan ecotopenveranderingen. De droogvalduur beïnvloedt de foerageertijd en de kokkelpopulatie.

De effecten van de verruiming werden als klein ingeschat, met een mogelijk positief effect in het westen (projectalternatief plaatrand) en een klein negatief effect in het middengedeelte van de Westerschelde. Uit de analyse bleek ook dat de invloed van de mechanische kokkelvisserij een grotere impact heeft op de draagkracht. Deze is sinds 2006 niet meer uitgevoerd in de Westerschelde.

### 7.2.2 Data

De Water, Verkeer en Leefomgeving dienst (WVL) van Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor de uitvoering van het MWTL meetplan.

In de analyses zal specifiek gekeken worden naar de vogelsoorten (niet-broedvogels en broedvogels) in de Westerschelde waarvoor een instandhoudingsdoelstelling bestaat en die bovendien afhankelijk zijn van het gebied.

*Tabel 7-1: Niet-broedvogels en broedvogels in de Westerschelde waarvoor een instandhoudingsdoelstelling bestaat en die afhankelijk zijn van het gebied (Consortium Arcadis-Technum, 2007d; Ministerie van Economische Zaken van Nederland, 2014)*

| Niet-broedvogels | Broedvogels |
|---|---|
| **Bergeend** | Bontbekplevier |
| **Bontbekplevier** | Dwergstern |
| **Bonte strandloper** | Grote stern |
| **Drieteenstrandloper** | Kluut |
| **Fuut** | Strandplevier |
| **Goudplevier** | Visdief |
| **Grauwe gans** | Zwartkopmeeuw |
| **Groenpootruiter** | |
| **Kanoet** | |
| **Kievit** | |
| **Kleine zilverreiger** | |
| **Kluut** | |
| **Kolgans** | |
| **Krakeend** | |
| **Lepelaar** | |
| **Middelste zaagbek** | |
| **Pijlstaart** | |
| **Rosse grutto** | |
| **Scholekster** | |
| **Slobeend** | |
| **Smient** | |
| **Steenloper** | |
| **Strandplevier** | |
| **Tureluur** | |
| **Wilde eend** | |
| **Wintertaling** | |
| **Wulp** | |
| **Zilverplevier** | |
| **Zwarte ruiter** | |

#### 7.2.2.1 Niet-broedvogels

De watervogelgegevens omvatten vogeltellingen voor de volledige Westerschelde per maand tussen juli 2009 en juni 2015. Deze worden weergegeven in de rapportages “Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta” (Strucker *et al.*, 2010, 2011, 2012, 2013, Arts *et al.*, 2014, 2015, 2016).

Vanaf maart 2013 is het telprogramma echter gewijzigd: in zes maanden van het jaar worden niet alle telgebieden meer geteld, maar alleen een aantal steekproefgebieden. Deze steekproefgebieden maken 20 % uit van het totaal aantal telgebieden. Echter, doordat de focus ligt op de belangrijkste soorten, kan deze data niet zomaar geëxtrapoleerd worden waardoor een vergelijking met de voorgaande jaren niet meer mogelijk is. Aangezien Sovon Vogelonderzoek Nederland wel al een vergaande analyse heeft gemaakt van deze vogelteldata, is her hier gekozen om deze resultaten in het rapport over te nemen. Deze analyse is gebaseerd op tellingen tussen 1987 en 2014.

#### 7.2.2.2 Broedvogels

De broedvogelgegevens tussen 1979 en 2015 werden ter beschikking gesteld door MWTL. Deze tellingen zijn ruimtelijk gedetailleerd, met aparte tellingen per telgebied, voorzien van een beschrijving en coördinaten.

In het Natura 2000 gebied Westerschelde en Saeftinghe zijn de blauwborst en de bruine kiekendief eveneens aangewezen als broedvogelsoorten en zijn er instandhoudingsdoelstelling voor opgesteld, maar aangezien ze minder afhankelijk zijn van de Westerschelde om te foerageren is het in kader van dit project niet relevant om ze mee te nemen in de analyse. Bovendien zijn er geen MWTL telgegevens beschikbaar van deze twee soorten.

#### 7.2.2.3 Locaties

De watervogelgegevens zijn beschikbaar per deelgebied (west, midden, oost). Hierbij vallen alle locaties ten westen van Terneuzen onder West en alle locaties ten oosten van Hansweert onder Oost. Midden omvat dan alle locaties tussen Terneuzen en Hansweert.

De data voor de broedvogels zijn wat ruimtelijk gedetailleerder (*Tabel 7-2*). Het voorkomen van de soort in de tellingen wordt ruimtelijk weergegeven, samen met de ontwikkeling van het totaal aantal broedparen.

#### 7.2.2.4 Beschouwde soorten

In de analyses zal specifiek gekeken worden naar de vogelsoorten (niet-broedvogels en broedvogels) in de Westerschelde waarvoor een instandhoudingsdoelstelling bestaat en die bovendien afhankelijk zijn van het gebied.

*Tabel 7-2: Telplaatsen broedvogels per deelgebied van de Westerschelde*

| Telgebied | Deelgebied | Telgebied | Deelgebied |
|---|---|---|---|
| **Baalhoek, Schor Baalhoek-Paal** | **Oost** | **Kruiningen, Simon Hendrikshoek, zeedijk** | **Oost** |
| **Baarlandpolder, Kruispolder, zeedijk** | Oost | Kruiningen, Veerhaven-Waarde, zeedijk | Oost |
| **Baarland, Baarlandpolder, St.Jacobspolderweg** | Midden | Nieuwdorp, Sloekreek Noord | West |
| **Baarland, Schor van Baarland** | Midden | Oudelande, Everingepolder | Midden |
| **Baarland, Uienfabriek** | Midden | Ritthem, Rammekenshoek, natuurbouw | West |
| **Bath, Bath-Grens** | Oost | Ritthem, Strand Rammekenshoek | West |
| **Bath, voormalig Schor** | Oost | 's-Gravenpolder, Biezelingse Ham binnendijks | Midden |
| **Biervliet, Elizabethpolder** | West | 's-Gravenpolder, Biezelingse Ham, zeedijk | Midden |
| **Borssele, Borsselepolder, Sloebos** | West | 's-Gravenpolder, Boonepolder, natuurbouw | Midden |
| **Borssele, Kaloot** | West | 's-Gravenpolder, Hoedekenskerke-Biez.Ham, zeedijk | Midden |
| **Borssele, Kerncentrale-Hoek van Borssele, zeedijk** | West | 's-Gravenpolder, Willem-Annapolder, zeedijk | Midden |
| **Borssele, Luxemburgweg, noordzijde** | West | Terneuzen, Braakman Noord | West |
| **Borssele, Quarleshaven** | West | Terneuzen, Braakman Noord, eiland | West |
| **Borssele, Sloehaven** | West | Terneuzen, Braakmanhaven | West |
| **Borssele, Staartsche Nol-Coudorpe, zeedijk** | West | Terneuzen, Braakmanpolder, Noord | West |
| **Borssele, Staartsche Nol-Hoek van Borssele,zeedijk** | West | Terneuzen, Braakmanpolder, Savoyaard | West |
| **Borssele, Total e.o.** | West | Terneuzen, Braakmanpolder, West | West |
| **Borssele, van Cittershaven** | West | Terneuzen, centrum | Midden |
| **Ellewoutsdijk, Coudorpe, natuurbouw** | West | Terneuzen, DOW Nieuw Neuzenpolder II | West |
| **Ellewoutsdijk, Inlaag Ellewoutsdijk** | West | Terneuzen, Eendragtpolder, zeedijk | Midden |
| **Ellewoutsdijk, Trenteweg, natuurbouw** | West | Terneuzen, haven, schiereiland | Midden |
| **Ellewoutsdijk, Zuidgors** | Midden | Terneuzen, Margarethapolder, natuurbouw | Midden |
| **Hansweert, Haven** | Midden | Terneuzen, sluiscomplex | Midden |
| **Hansweert, Kapellebank-Hansweert, zeedijk** | Midden | Verdronken land van Saeftinge | Oost |
| **Hoedekenskerke, Polder Hoedekenskerke, natuurbouw** | Midden | Vlissingen, Bijleveldhaven | West |
| **Hoofdplaat, Hoofdplaat-Nummer Een, zeedijk** | West | Vlissingen, havengebied | West |
| **Hoofdplaat, Hoofdplaatpolder, natuurbouw** | West | Waarde, Schor | Oost |
| **Hoofdplaat, Plaskreek** | West | Walsoorden, Perkpolder, natuurbouw | Oost |
| **Kloosterzande, Hellegatpolder, zeedijk** | Midden | Walsoorden, Perkpolder, zeedijk | Oost |
| **Kloosterzande, Molenpolder, natuurbouw** | Midden | Westerschelde, Hooge Platen | West |
| **Kloosterzande, Molenpolder, zeedijk** | Midden | | |

## 7.2.3 Niet-Broedvogels

### 7.2.3.1 Analyse

***Temporele analyse seizoensgemiddelden 1987-2014***

Hieronder worden de resultaten van de vogeltellingen tussen 1987 en 2014 weergegeven (Figuur 7-18 t/m Figuur 7-23). Alle hier getoonde grafieken en gegevens zijn ontleend aan het watervogelmeetnet dat door Sovon Vogelonderzoek Nederland in het kader van het Netwerk Ecologische Monitoring wordt georganiseerd.

In Tabel 7-3 wordt per soort de aantallen gepresenteerd van de laatste vijf seizoenen samen met de trend sinds 1987 en voor de laatste tien seizoenen. Trends zijn gebaseerd op volledige tellingen of een representatieve steekproef van telgebieden.

Voor de benthivore soorten blijkt dat enkel bergeend en wulp een langdurige positieve trend kennen terwijl er bijna voor alle andere soorten voornamelijk een afname van de populatie zichtbaar is (Figuur 7-18 tot Figuur 7-20). Voor enkele soorten bestond deze achteruitgang van de populatie reeds sinds de jaren ’80 of ’90 van vorige eeuw, zoals bij de bontbekplevier en strandplevier. Ook voor de meeste andere vogelsoorten is de negatieve trend reeds zichtbaar voor de derde verruiming.

Wat belangrijker is, zijn de recente afnames van drieteenstrandloper, kanoet, kievit en kluut daar waar verder terug in de tijd sprake was van een toename van de seizoensgemiddelden. Of de oorzaak van deze achteruitgang gekoppeld is aan de effecten van de recente ingrepen in de Westerschelde is echter niet zeker. De afname in de populatie is soms ook op landelijk niveau zichtbaar, zoals bij de kluut en kievit (Sovon, 2016). De soorten waarvoor in de Passende Beoordeling een achteruitgang werd voorzien (Tureluur, Zwarte ruiter en Groenpootruiter), zijn er effectief (verder) op achteruit gegaan, na een maximum in de tellingen rond 2000.

Voor de herbivore soorten, waaronder de ganzen en eenden, is in de seizoensgemiddelden een toename zichtbaar voor de krakeend en in mindere mate de pijlstaart. Voor de andere herbivore soorten is er echter reeds 15 jaar of meer een afname zichtbaar.

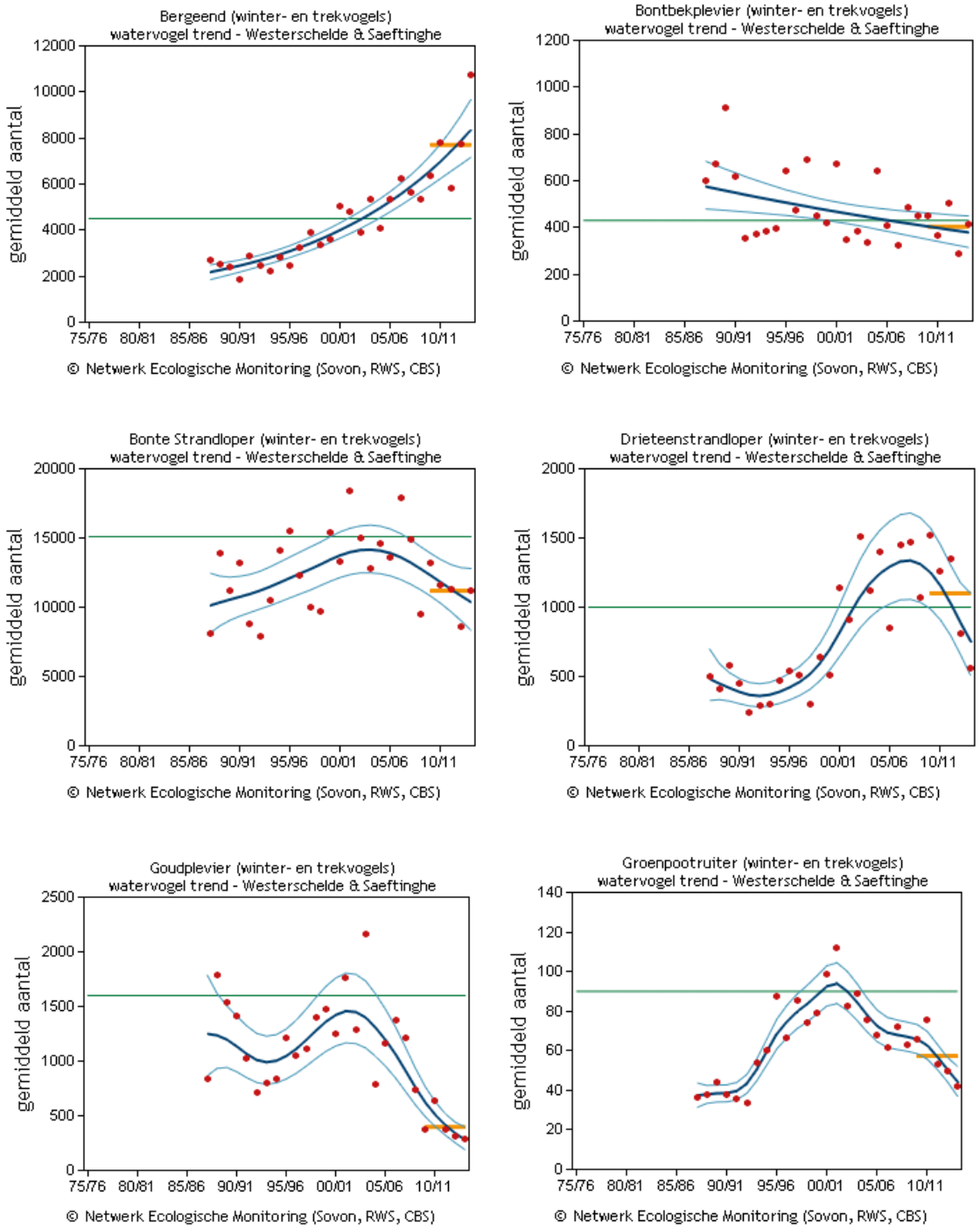
Bij de omnivore soorten gaan de populaties van de wintertaling (sinds 2005) en de slobeend (sinds 1995) er op vooruit, maar de steenloper blijft sinds de jaren ’80 achteruitgaan.

Er bestaat een vermoeden dat de achteruitgang van het kokkelbestand een rol speelt in de achteruitgang van de scholekster alhoewel andere factoren zoals het verdwijnen van wadplaten en nestpredatie, ook een rol kunnen spelen (Sovon, 2016). Echter, er worden ook positieve tekenen herkend in de benthosgegevens (toename van de densiteit van nonnetjes) wat potentieel creëert voor het inzetten van een nieuwe positieve trend in de toekomst. De trend in de biomassa van de nonnetjes is echter stabiel gebleven, wat betekent dat er vooral veel kleine nonnetjes aanwezig zijn.

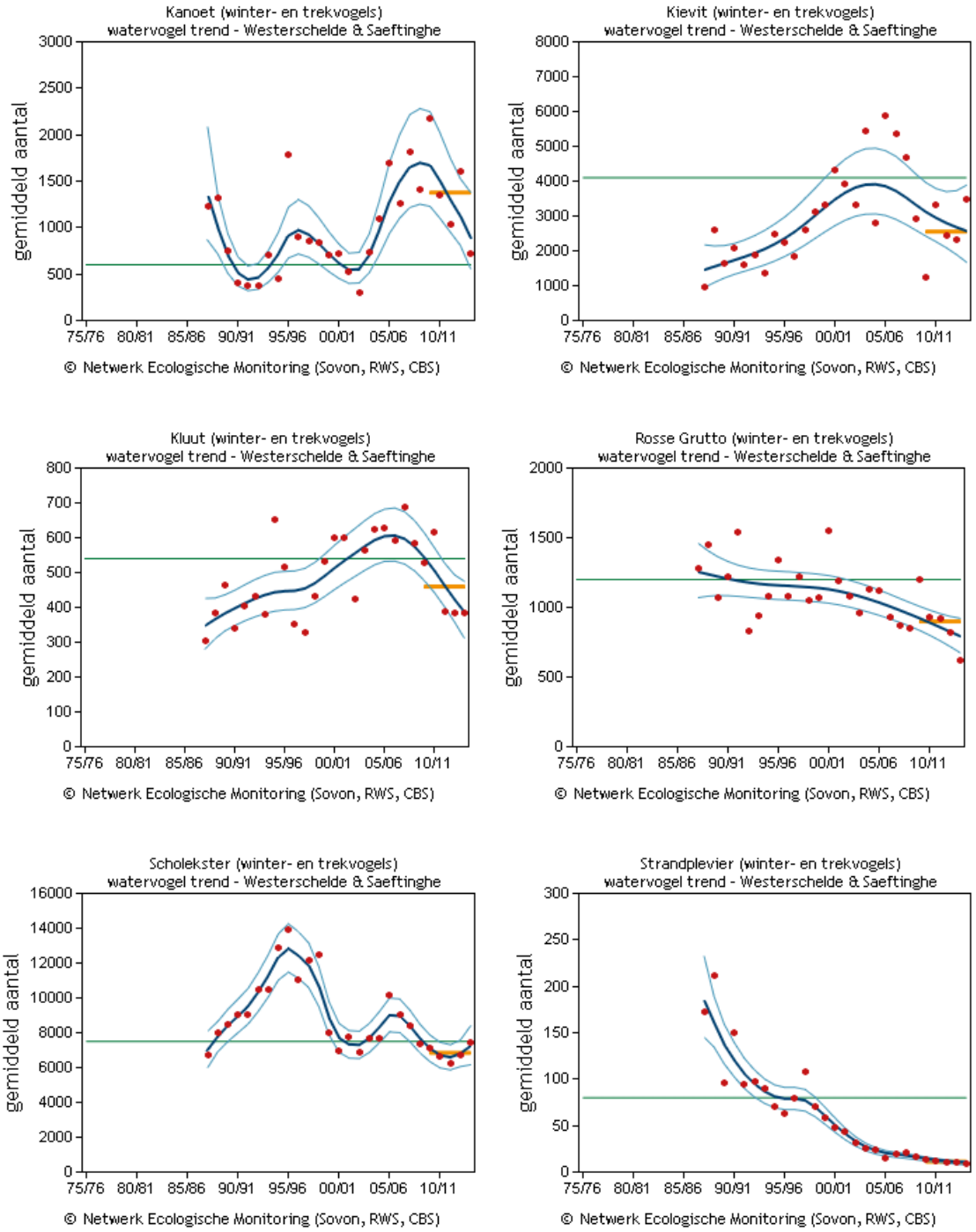
Als besluit wordt gesteld dat voor de belangrijkste groep gerelateerd aan het estuarium (de benthivoren) hoofdzakelijk een negatieve trend wordt vastgesteld in de populatieomvang, maar dat deze voor een belangrijk deel reeds bestond voor de derde verruiming. Omwille van het beperkt aantal datapunten, is een significante statistische uitspraak hieromtrent moelijk te maken. Daarom wordt verderop in de discussie (sectie 7.2.3.2) ingegaan op enkele invloedsfactoren.

*Tabel 7-3: Trends in aantallen niet-broedvogels in de Westerschelde: (++) significante sterke toename van >5 % per jaar, (+) significante matige toename van < 5 % per jaar, (0) stabiel, geen significante trend, (-) matige significante afname van < 5 % per jaar, (--) sterke significante afname van >5 % per jaar, (?) onzeker, geen betrouwbare trendindicatie mogelijk. Bron: Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS)*

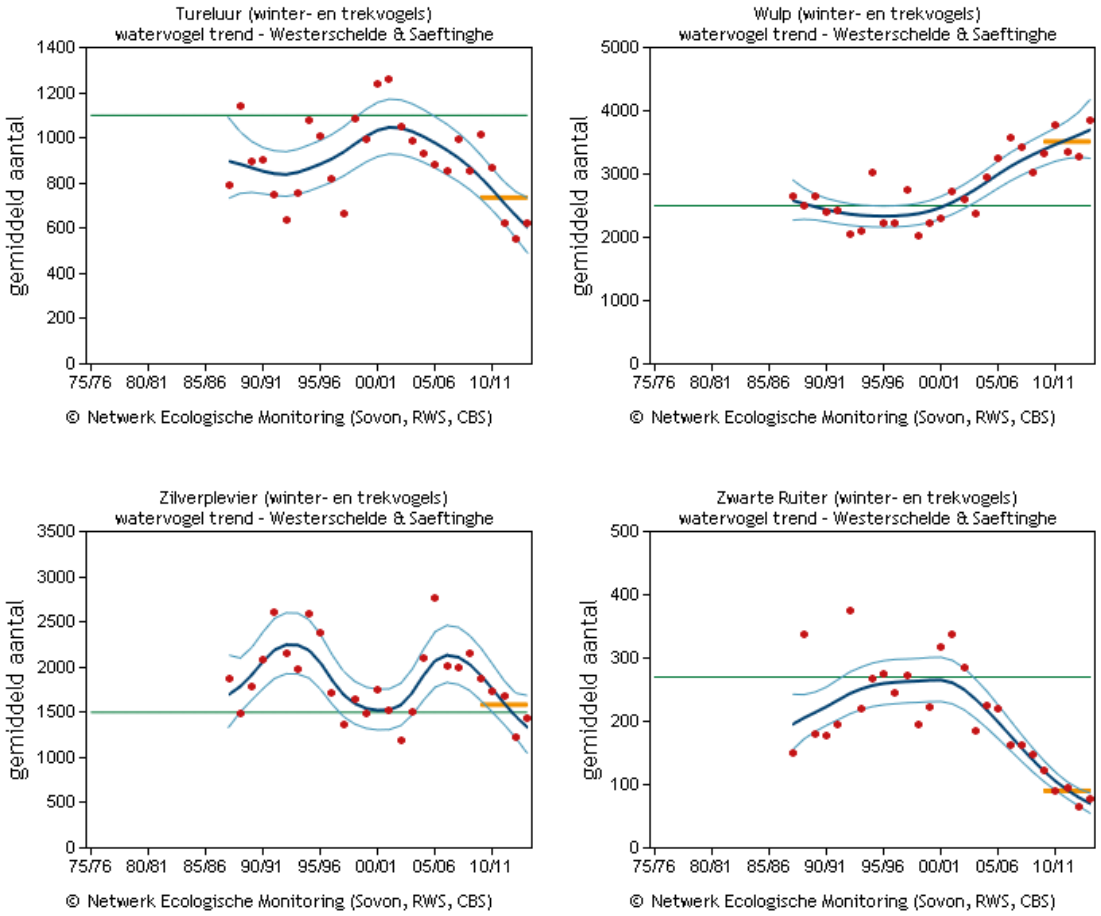
| Soort | Seizoen '09/'10 | Seizoen '10/'11 | Seizoen '11/'12 | Seizoen '12/'13 | Seizoen '13/'14 | Trend sinds 1987 | Trend sinds '04/'05 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Bergeend** | 6 379 | 7 815 | 5 796 | 7 754 | 10 743 | + | + |
| **Bontbekplevier** | 448 | 363 | 503 | 288 | 416 | - | - |
| **Bonte Strandloper** | 13 242 | 11 578 | 11 291 | 8 616 | 11 235 | 0 | - |
| **Drieteenstrandloper** | 1 519 | 1 256 | 1 353 | 812 | 564 | 0 | - |
| **Fuut** | 42 | 52 | 41 | 39 | 37 | - | - |
| **Goudplevier** | 373 | 638 | 374 | 318 | 285 | - | -- |
| **Grauwe Gans** | 9 617 | 12 750 | 7 612 | 7 601 | 6 260 | + | -- |
| **Groenpootruiter** | 66 | 76 | 53 | 50 | 42 | 0 | - |
| **Kanoet** | 2 180 | 1 346 | 1 030 | 1 603 | 727 | 0 | ? |
| **Kievit** | 1 234 | 3 306 | 2 437 | 2 307 | 3 481 | 0 | ? |
| **Kleine Zilverreiger** | 48 | 59 | 53 | 40 | 56 | ++ | ? |
| **Kluut** | 529 | 616 | 386 | 382 | 385 | 0 | - |
| **Kolgans** | 156 | 1 182 | 556 | 291 | 606 | - | ? |
| **Krakeend** | 71 | 68 | 42 | 60 | 43 | ++ | ? |
| **Lepelaar** | 123 | 120 | 100 | 142 | 156 | ++ | ++ |
| **Middelste Zaagbek** | 8 | 9 | 10 | 12 | 8 | -- | - |
| **Pijlstaart** | 493 | 821 | 812 | 894 | 1 524 | 0 | ? |
| **Rosse Grutto** | 1 203 | 925 | 923 | 822 | 624 | - | - |
| **Scholekster** | 7 138 | 6 678 | 6 250 | 6 743 | 7 424 | 0 | 0 |
| **Slobeend** | 72 | 93 | 83 | 70 | 86 | + | ? |
| **Smient** | 10 330 | 7 627 | 5 952 | 7 116 | 5 892 | 0 | -- |
| **Steenloper** | 152 | 151 | 139 | 139 | 111 | - | - |
| **Strandplevier** | 13 | 12 | 10 | 11 | 10 | -- | -- |
| **Tureluur** | 1 013 | 866 | 624 | 553 | 622 | - | - |
| **Wilde Eend** | 7 854 | 7 613 | 6 550 | 9 019 | 6 789 | 0 | - |
| **Wintertaling** | 631 | 811 | 715 | 1 181 | 876 | + | ? |
| **Wulp** | 3 323 | 3 769 | 3 343 | 3 282 | 3 856 | + | + |
| **Zilverplevier** | 1 864 | 1 731 | 1 675 | 1 217 | 1 438 | 0 | - |
| **Zwarte Ruiter** | 122 | 90 | 96 | 64 | 79 | - | -- |



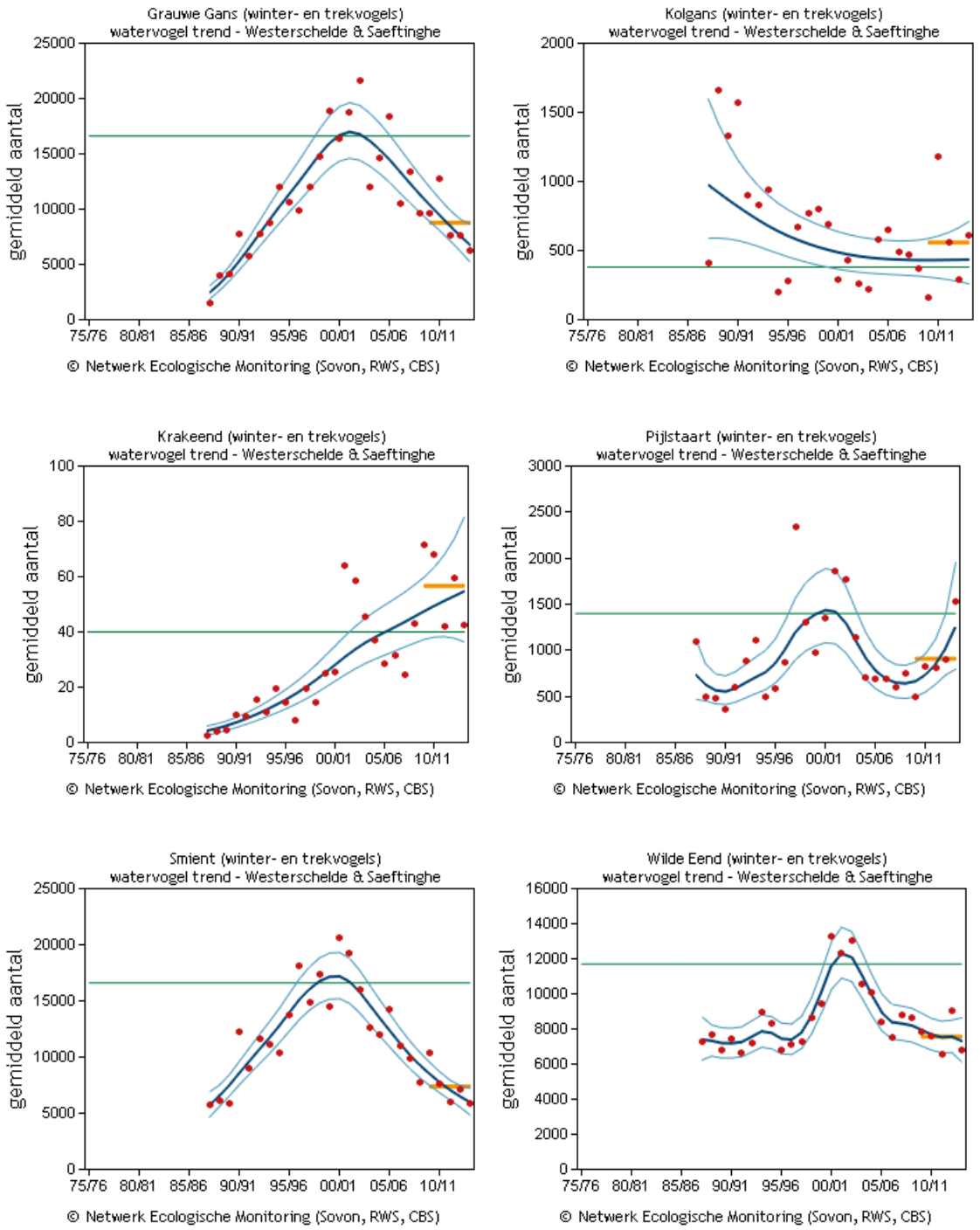

*Figuur 7-18: Evolutie van de seizoensgemiddelde juli t/m juni (rode punten) van de **benthivore vogels** in de Westerschelde. De trendlijn is weergegeven met een donker gekleurde lijn en het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de trendlijn met een lichtgekleurde lijn. In groen wordt de instandshoudingsdoelstelling voor de soort weergegeven. De oranje lijn geeft het gemiddelde over de laatste vijf seizoenen.*



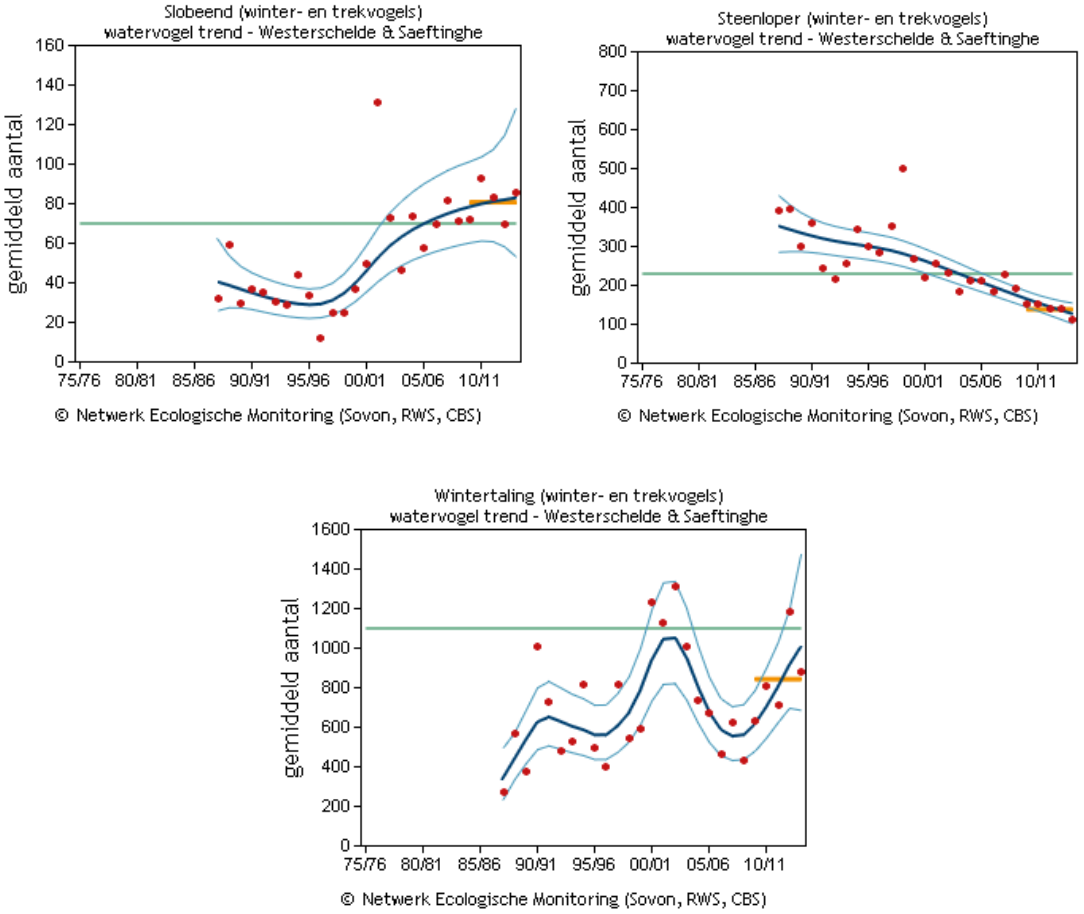

*Figuur 7-19: Evolutie van de seizoensgemiddelde juli t/m juni (rode punten) van de **benthivore vogels** in de Westerschelde. De trendlijn is weergegeven met een donker gekleurde lijn en het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de trendlijn met een lichtgekleurde lijn. In groen wordt de instandshoudingsdoelstelling voor de soort weergegeven. De oranje lijn geeft het gemiddelde over de laatste vijf seizoenen*



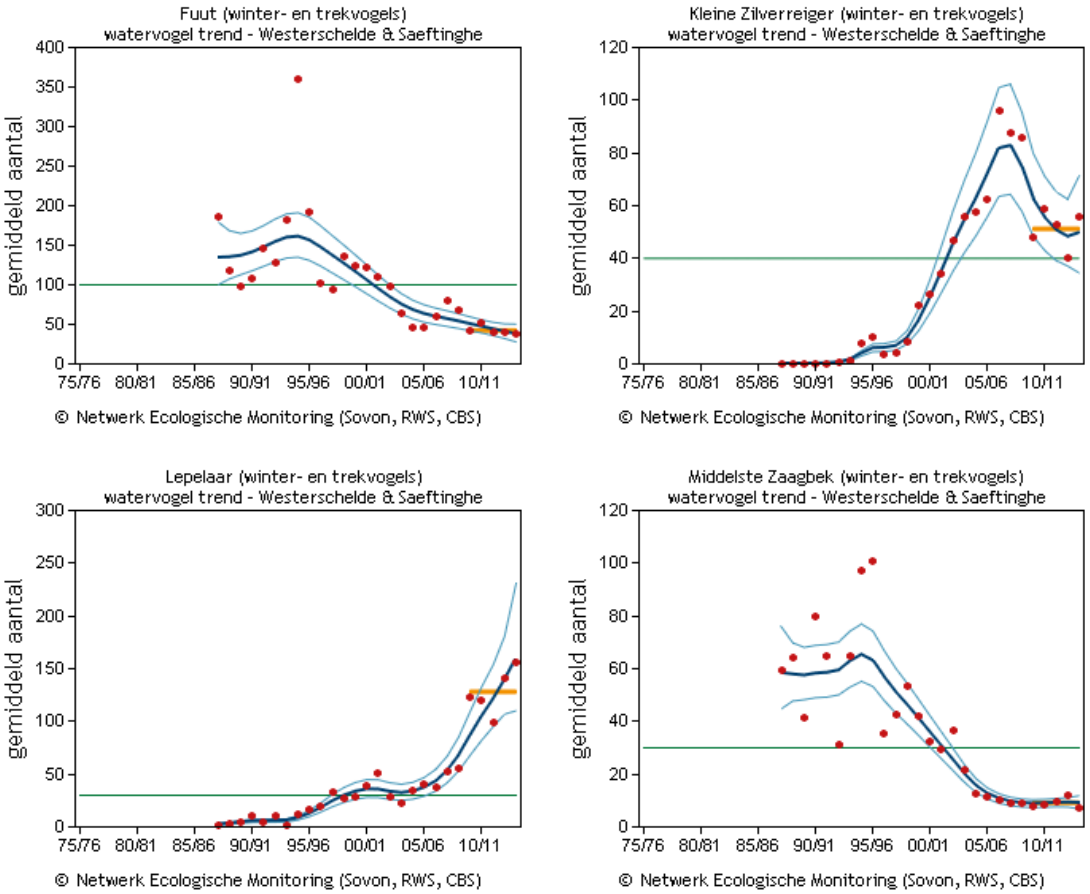

*Figuur 7-20: Evolutie van de seizoensgemiddelde juli t/m juni (rode punten) van de **benthivore vogels** in de Westerschelde. De trendlijn is weergegeven met een donker gekleurde lijn en het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de trendlijn met een lichtgekleurde lijn. In groen wordt de instandshoudingsdoelstelling voor de soort weergegeven. De oranje lijn geeft het gemiddelde over de laatste vijf seizoenen*




*Figuur 7-21: Evolutie van de seizoensgemiddelde juli t/m juni (rode punten) van de **herbivore vogels** in de Westerschelde. De trendlijn is weergegeven met een donker gekleurde lijn en het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de trendlijn met een lichtgekleurde lijn. In groen wordt de instandshoudingsdoelstelling voor de soort weergegeven. De oranje lijn geeft het gemiddelde over de laatste vijf seizoenen*




*Figuur 7-22: Evolutie van de seizoensgemiddelde juli t/m juni (rode punten) van de **omnivore vogels** in de Westerschelde. De trendlijn is weergegeven met een donker gekleurde lijn en het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de trendlijn met een lichtgekleurde lijn. In groen wordt de instandshoudingsdoelstelling voor de soort weergegeven. De oranje lijn geeft het gemiddelde over de laatste vijf seizoenen*




*Figuur 7-23: Evolutie van de seizoensgemiddelde juli t/m juni (rode punten) van de **vogels die minder afhankelijk zijn van de Westerschelde**. De trendlijn is weergegeven met een donker gekleurde lijn en het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de trendlijn met een lichtgekleurde lijn. In groen wordt de instandshoudingsdoelstelling voor de soort weergegeven. De oranje lijn geeft het gemiddelde over de laatste vijf seizoenen.*

### *Instandhoudingsdoelstellingen en Ramsar*

Er zijn een aantal niet-broedvogels in de Westerschelde waarvoor er een instandhoudingsdoelstelling (IHD) bestaat, gebaseerd op seizoensgemiddeldes, en een aantal niet-broedvogels die voldoen aan de 1% norm van Ramsar (Holzhauer *et al.*, 2011b). Voor de IHD soorten van de Westerschelde zijn de seizoengemiddeldes (juli jaar 1 – juni jaar 2) afgewogen ten opzichte van de Natura 2000 instandhoudingsdoelstelling. In Tabel 7-5 is weergegeven of de soorten al dan niet aan de IHD voldoen. Over de vijf jaren voldeden de bergeend, de kanoet, de kleine zilverreiger, de krakeend, de lepelaar, de slobeend en de wulp aan de IHD norm. Van 2009 tot 2011 voldeden ook de drieteenstrandloper en de zilverplevier aan de norm terwijl de kolgans eraan voldoet van 2010, 2011 en 2013. De bontbekplevier voldeed in 2009 en 2011 aan de norm terwijl de groenpootruiter (2010), kluut (2010), rosse grutto (2009), pijlstaart (2013) en wintertaling (2012) slechts 1 jaar voldeden.

Onder de Ramsar Conventie (Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat) zijn naast twee criteria in algemene bewoordingen ook numerieke criteria geformuleerd voor een wetland van internationale betekenis. Wetlands zijn onder andere van internationaal belang wanneer er regelmatig meer dan 20 000 watervogels voorkomen, of er regelmatig meer dan 1 % van een totale geografische populatie van een watervogelsoort van het gebied gebruik maakt. De 1 %-normen voor de belangrijkste niet-broedvogels in de Westerschelde worden weergegeven in Tabel 7-4. Internationaal gezien kan men stellen dat voor veel soorten de populatiegrootte niet of weinig verandert over de periode 1994-2012. Opvallende toenames in de 1 %-normen zijn er wel voor grauwe gans, krakeend en smient. Enkel voor pijlstaart (1 % norm van 700 naar 600) en bonte strandloper (1% norm van 14 000 naar 13 300) daalt de populatieschatting over de periode 1994-2006.

In Tabel 7-5 wordt ook gekeken of de trend in de seizoensgemiddeldes (juli jaar 1 – juni jaar 2) in de Westerschelde afwijkt van de trend in de internationale (West-Europese) 1 %-norm tussen 2006 en 2012. De volgende vogelsoorten voldeden aan de Ramsar norm: bergeend, lepelaar en pijlstaart. Op basis van http://wpe.wetlands.org/ wordt ook vermeld wat de algemene internationale (West-Europese) trend was in de voorbije jaren. De betrouwbaarheid van deze trends variëren echter per soort en zijn niet actueel.

*Tabel 7-4: 1%-normen voor de relevante soorten (van http://wpe.wetlands.org/)*

| | 1994 | 1997 | 2002 | 2006 | 2012 |
|---|---|---|---|---|---|
| **Bergeend** | 2500 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| **Bonte strandloper** | 14000 | 14000 | 13300 | 1300 | 13300 |
| **Drieteenstrandloper** | 10 00 | 1000 | 1200 | 1200 | 1200 |
| **Grauwe gans** | 1200 | 2000 | 4000 | 5000 | 6100 |
| **Kluut** | 700 | 700 | 730 | 730 | 730 |
| **Krakeend** | 250 | 300 | 600 | 600 | 600 |
| **Lepelaar** | 30 | 30 | 100 | 110 | 110 |
| **Pijlstaart** | 700 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| **Rosse grutto** | 1000 | 1000 | 1200 | 1200 | 1200 |
| **Scholekster** | 9000 | 9000 | 10200 | 10200 | 8200 |
| **Smient** | 7500 | 12500 | 15000 | 15000 | 15000 |
| **Tafeleend** | 3500 | 3500 | 3500 | 3500 | 3000 |
| **Wintertaling** | 4000 | 4000 | 4000 | 5000 | 5000 |
| **Zilverplevier** | 1500 | 1500 | 2500 | 2500 | 2500 |

*Tabel 7-5: Vergelijking seizoensgemiddeldes (juli jaar 1 – juni jaar 2) van niet-broedvogels in de Westerschelde per jaar met Natura 2000 IHD (onder de norm: rood; boven de norm: groen) en 1 %-norm van Ramsar.*
*De internationale trend is gebaseerd op trends in de West-Europese populaties (http://wpe.wetlands.org/)*

| Soort | Natura 2000 IHD | Seizoensgemiddelde juli-juni versus Natura 2000 IHD | | | | | Trend seizoens gemiddelde Westerschelde 2009-2014 | Ramsar 1%-norm (2012) | Trend 1% norm (2006 – 2012) | Trend internationale populatie |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | '09/'10 | '10/'11 | '11/'12 | '12/'13 | '13/'14 | | | | |
| Bergeend | 4500 | 6 379 | 7 815 | 5 796 | 7 754 | 10 743 | Toename | 3000 | Stabiel | Toename |
| Bontbekplevier | 430 | 448 | 363 | 503 | 285 | 416 | Stabiel | 730 | Stabiel | Fluctuerend |
| Bonte strandloper | 15100 | 13 242 | 11 578 | 11 291 | 8 616 | 11 235 | Stabiel | 13300 | Afname | Stabiel |
| Drieteenstrandloper | 1000 | 1 519 | 1 256 | 1 353 | 812 | 564 | Afname | 1200 | Stabiel | Toename? |
| Fuut | 100 | 42 | 52 | 41 | 39 | 37 | Stabiel | 3500 | Afname | Afname? |
| Goudplevier | 1600 | 373 | 636 | 374 | 316 | 286 | Stabiel | 7100 | Afname | Toename |
| Grauwe gans | 16600 | 9 617 | 12 750 | 7 612 | 7 601 | 6 260 | Afname | 6100 | Toename | Toename |
| Groenpootruiter | 90 | 66 | 76 | 53 | 50 | 42 | Afname? | 2300 | Stabiel | Stabiel |
| Kanoet | 600 | 2 180 | 1 346 | 1 030 | 1 603 | 727 | Afname | 4500 | Stabiel | Niet gekend |
| Kievit | 4100 | 1 294 | 3 306 | 2 437 | 2 307 | 3 481 | Toename | 72300 | Toename | Stabiel |
| Kleine zilverreiger | 40 | 48 | 59 | 53 | 40 | 56 | Stabiel | 1300 | Stabiel | Toename |
| Kluut | 540 | 529 | 616 | 386 | 382 | 385 | Stabiel? | 730 | Stabiel | Stabiel? |
| Kolgans | 380 | 156 | 1 182 | 556 | 291 | 606 | Stabiel? | 12000 | Toename | Toename |
| Krakeend | 40 | 71 | 68 | 42 | 60 | 43 | Afname? | 600 | Toename | Toename |
| Lepelaar | 30 | 123 | 120 | 100 | 142 | 156 | Stabiel | 110 | Toename | Toename |
| Middelste zaagbek | 30 | 8 | 9 | 10 | 12 | 8 | Stabiel | 1700 | Stabiel | Niet gekend |
| Pijlstaart | 1400 | 493 | 821 | 812 | 894 | 1 524 | Toename | 600 | Afname | Toename |
| Rosse grutto | 1200 | 1 203 | 925 | 923 | 822 | 624 | Afname | 1200 | Stabiel | Toename |
| Scholekster | 7500 | 7 138 | 6 678 | 6 250 | 6 743 | 7 424 | Stabiel | 8200 | Afname | Afname |
| Slobeend | 70 | 72 | 93 | 83 | 70 | 86 | Stabiel | 400 | Stabiel | Toename |
| Smient | 16600 | 10 330 | 7 627 | 5 952 | 7 116 | 5 892 | Afname | 15000 | Toename | Stabiel |
| Steenloper | 230 | 152 | 151 | 139 | 139 | 111 | Afname? | 1400 | Afname | Toename? |
| Strandplevier | 80 | 13 | 12 | 10 | 11 | 10 | Stabiel | 660 | Stabiel | Niet gekend |
| Tureluur | 1100 | 1 013 | 866 | 624 | 563 | 622 | Afname | 2400 | Afname | Toename? |
| Wilde eend | 11700 | 7 854 | 7 613 | 6 550 | 9 019 | 6 789 | Stabiel | 45000 | Toename | Niet gekend |
| Wintertaling | 1100 | 631 | 811 | 715 | 1 181 | 878 | Stabiel | 5000 | Toename | Toename |
| Wulp | 2500 | 3 323 | 3 769 | 3 343 | 3 282 | 3 856 | Stabiel | 8400 | Afname | Afname |
| Zilverplevier | 1500 | 1 864 | 1 731 | 1 675 | 1 217 | 1 436 | Stabiel | 2500 | Toename | Afname? |
| Zwarte ruiter | 270 | 122 | 90 | 96 | 64 | 79 | Afname | 850 | Afname | Stabiel? |

#### 7.2.3.2 Discussie

Uit de analyse van de niet-broedvogels volgt dat voor heel wat soorten een negatieve trend in de populatieomvang bestaat, die veelal reeds ingezet was voor de verruiming. Op korte termijn zijn deze afnames volgens Sovon echter meestal niet significant.

Desalniettemin kan niet ontkend worden dat de afname van de vogelpopulatie een feit is. Dit wordt ook bevestigd door Arts *et al.* (2016): sinds een piek in 2000/2001 – 2002/2003 is het aantal vogeldagen van watervogels meer dan gehalveerd (-57 %) in de Westerschelde. Een voorlopig laagste aantal vogeldagen werd bereikt in 2013/2014. De grootste afname van het aantal vogeldagen (-68 %) vond plaats bij de herbivoren (grauwe gans), maar ook bij de benthivoren is sprake van een forse afname (-37 %) sinds het begin van deze eeuw (Arts *et al.*, 2016).

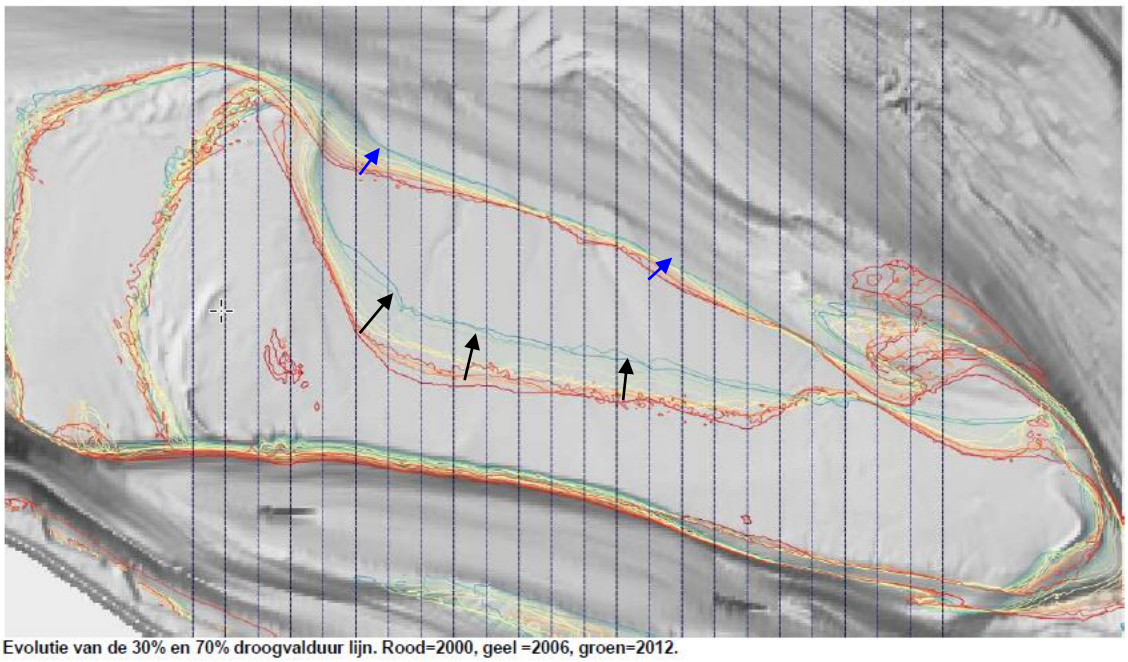
Diverse externe effecten hebben een belangrijke invloed op de waargenomen ontwikkelingen (trends op populatie niveau van de Europese populaties). Internationaal nemen de meeste populaties af, hoewel de evolutie van een heel aantal populaties onbekend is en in bepaalde regio's de populaties toenemen (Birdlife International, 2014). Er is wel een duidelijk verschil in de trend van de benthivore eenden (bergeend) en de steltlopers. De trend van het aantal vogeldagen van de bergeend was positief; met een record aantal vogeldagen in 2013/2014 was de bergeend de talrijkste benthivoor in de Westerschelde. De Westerschelde is voor deze soort bovendien van groot internationaal belang als ruiplaats (juni t/m augustus). De steltlopers piekten in de periode 2005/2006 - 2007/2008 waarna verschillende soorten zoals de kievit, kanoet en kluut een achteruitgang kenden. Bij de rosse grutto en de tureluur begon de achteruitgang al eerder. De trend van de meeste steltlopers in de Voordelta is positief daarentegen, waarbij de oorzaak waarschijnlijk ligt bij een verbeterde voedselsituatie (Arts *et al.*, 2016). In andere delen van de Zoute Delta kennen steltlopers echter ook een negatieve trend zoals in de Westerschelde. Ter illustratie hiervan: de groenpootruiter gaat in de rest van de Zoute Delta licht achteruit sinds de eeuwwisseling (Strucker *et al.*, 2012). In de Waddenzee en op internationaal niveau wordt de populatie dan weer als stabiel beschouwd, hoewel soms fluctuerend (Laursen *et al.*, 2010; Birdlife International, 2014). In de Waddenzee en de rest van de Zoute Delta neemt de populatie zwarte ruiter gestaag af sinds de eeuwwisseling (Laursen *et al.*, 2010; Strucker *et al.*, 2012). Piek- en daljaren vallen grotendeels samen in de Ooster- en Westerschelde wat wijst op veranderingen op populatieniveau (Strucker *et al.*, 2012).

Lokale veranderingen zullen de geschiktheid als leef- of foerageergebied echter ook in belangrijke mate beïnvloeden.

Ten eerste is het openstellen van buitendijkse wegen voor recreanten een gegeven dat voor veel verstoring (Arts *et al.*, 2015) van de vogels zorgt.

Ten tweede is zowel kwantiteit als kwaliteit bepalen voor de geschiktheid van de Westerschelde als leefgebied voor de watervogels, en dit kan per soort variëren. Omdat er belangrijke veranderingen op soort- en populatieniveau zijn, waarvan de analyse buiten het opzet van voorliggende rapportage valt, wordt er voor een discussie van deze trends en relaties vooral verwezen naar de 6-jaarlijkse systeemevaluatie. Enkele algemene ontwikkelingen die worden waargenomen, kunnen wel doorvertaald worden naar leefgebied.

Enerzijds is het hoger en steiler worden van een aantal platen nefast voor de arealen van het laagdynamisch areaal dat voldoende lang droogvalt (wat in verband staat met de beschikbare foerageertijd). Het areaal op Hooge Platen in functie van de droogvalduur is onderzocht in IMDC & Arcadis (IMDC en Arcadis, 2013, 2014) en wijst op afnames van het areaal dat tussen 30 % en 70 % droogvalduur kent (van 340 naar 310 ha tussen 2009 en 2012), wat lokaal (ten oosten van de Bol) wellicht versneld is gebeurd door plaatrandstortingen. Figuur 7-24 illustreert de winst aan areaal boven 30 % droogvalduur (dvd), maar een groter verlies aan areaal beneden 70 % dvd. Daarnaast staan verschillende slikken langs de rand van de Westerschelde onder druk: erosie van het slik aan de oostzijde van Saeftinghe, het steiler worden van bepaalde delen van het slik van Baarland het het Zuidgors. Een versteiling heeft in principe ook een afname van het beschikbaar foerageergebied als gevolg.




*Figuur 7-24: Evolutie van de 30 % (blauwe pijlen) en 70 % (zwarte pijlen) droogvalduur lijn. Contourkleuren: Rood=2000, geel =2006, groen=2012.*

Anderzijds wordt in de ecotopenkaarten waargenomen dat er een toename van 130 ha lagdynamisch litoraal is waargenomen tussen 2010 en 2015, wat aantoont dat op het niveau van de hele Westerschelde, wel degelijk potentieel foerageergebied is bijgekomen. Het middenlitoraal is toegenomen in oppervlakte (bijna 200 ha), terwijl het hoog- en laaglitoraal is afgenomen. Ook een aantal plaatrandstortzones kennen een positieve ontwikkeling, met het ontstaan van nieuw laagdynamsich litoraal.

De relatie tussen de plaatrandstortingen en ophogingen van platen is echter een aandachtspunt. Het ophogen, wat in een verder stadium leidt tot omzetting van laagdynamisch areaal naar pionierschor en uiteindelijk schor (zoals op Hooge Platen), heeft als resultaat dat het foerageerareaal afneemt.

De kwaliteit van de beschikbare foerageergebieden wordt onder meer gedefinieerd door de hoeveelheid voedsel die aanwezig is. Uit de integrale analyse van de staalnamepunten (sectie 5.3) zijn enkele ontwikkelingen voor wat betreft de plaatrandstortzones op te maken. Op Hooge Platen Noord wordt in de meeste punten een afname van de hoeveelheden wadpieren, vlokreeftjes en kokkels waargenomen. Dit gaat gepaard met een ophoging van de plaatrand, en lokaal ook verschorring. Op de Rug van Baarland is het beeld meer gemengd. Voor wat betreft vlokreeftjes, wordt toch vaker een afname waargenomen; anderzijds wordt overwegend een toename van de rijkdom in bodemleven als algemene indruk weergegeven. Op de Plaat van Walsoorden is er in het centraal deel uitwisseling tussen litoraal en schor; en ook de ontwikkeling van het bodemleven varieert, maar lijkt toch overwegend negatief te zijn. Op de plaatpunt (nabij de stortzone) is het beeld wel positief.

De analyse van de benthosdata uit de MWTL tonen geen duidelijke ontwikkelingen die er op wijzen dat er meer benthos per m² beschikbaar zou zijn. Uit de WOT survey valt zelfs over langere termijn een daling van de kokkel hoeveelheden af te leiden (m.u.v. specifieke piekjaren). Het nonnetje neemt dan wel weer toe in densiteit maar niet in biomassa.

Het omzetten van bijkomend of nieuw laagdynamisch areaal vergt dus ook een kolonisatie van de gebieden alvorens ze nuttig kunnen worden ingezet als foerageergebied voor benthivore vogels. Uit de monstername punten valt geen eenduidig positief beeld af te leiden. Deze ontwikkelingen worden thans in detail bestudeerd binnen de opdracht Ecologische Validatie Plaatrandstortingen.

De negatieve trend van de herbivoren wordt veroorzaakt door een afname van een aantal talrijke soorten zoals de wilde eend en grauwe gans. De trend van de overige soorten zoals de pijlstaart en wintertaling is stabiel of positief en komen overeen met de landelijke trend (Arts *et al.*, 2016; Sovon, 2016). Enkel de afname van de grauwe gans sinds begin deze eeuw is opmerkelijk omdat de soort landelijk nog lang doorgroeide en zich nu stabiliseert. De afname in de Westerschelde is mogelijk te wijten aan de overbegrazing van de ganzen van hun geprefereerde voedsel, namelijk heenknollen. Het areaal heen (syn. zeebies, *Scirpus maritimus*) is drastisch afgenomen in de brakke zone van de Westerschelde. Anderzijds foerageren ze veel op de akkers en gebruiken de Schelde vaak enkel om te slapen.

Ten slotte wordt ook de lage ‘score’ van de tellingen ten opzichte van de IHD doelstellingen als een negatieve toestand beoordeeld. Uit het T2009-rapport blijkt dat voorafgaand aan 2009 deze status ook al negatief was voor bontbekplevier, fuut, goudplevier, grauwe gans, middelste zaagbek, pijlstaart, rosse grutto, steenloper, strandplevier, tureluur en zwarte ruiter. Voor groenpootruiter, krakeend en wilde eend werd toen een positieve trend herkend, en nu wordt voor de krakeend de IHD doelstelling gehaald, alsook voor groenpootruiter in 2010.

## 7.2.4 Broedvogels

### 7.2.4.1 Analyse

De hiernavolgende figuren illustreren de waarnemingen sinds 1979 voor de voornoemde broedvogelsoorten. Er zijn geen MWTL telgegevens van de blauwborst en de bruine kiekendief (als broedvogels opgenomen in de IHD doelstellingen).

In de volgende tekst wordt verwezen naar de ontwikkelingen van de Deltapopulatie; deze informatie is weergegeven in de datarapporten van de kustbroedvogeltellingen (bv. Strucker *et al.*, 2016).

De **grote stern** is sinds eind jaren ’80 opgekomen in de Westerschelde, toen ook op Deltapopulatieniveau een toename ingezet werd. Hun voorkomen is beperkt tot de Hooge Platen. In de Westerschelde fluctueert het aantal broedparen; in 2006 werden geen paren geteld terwijl er wel aan de Haringvliet en op de zuidkust van Schouwen voorkwamen. In 2011 werden eveneens een relatief laag aantal waargenomen (705), in 2010 nog 3700. Sinds 2012 is het aantal broedparen stabiel en varieert tussen 2100 en 2350, waarmee deze kolonie een kwart tot een derde van de Deltapopulatie vormt.

De **dwergstern** kent een aantal broedparen dat op lange termijn rond 100 à 150 schommelt. In 2010, 2011 en 2012 lag het aantal beduidend lager (resp. 47, 3 en 48) terwijl het aantal sinds 2013 opnieuw hoger dan 100 paren ligt. De korte afname liep gelijk met een toename van dwergsternen op overige locaties in de Voordelta en Zeebrugge. De Hooge Platen vormen de laatste jaren de belangrijkste broedplaats, naast de Maasvlakte en Neeltje Jans.

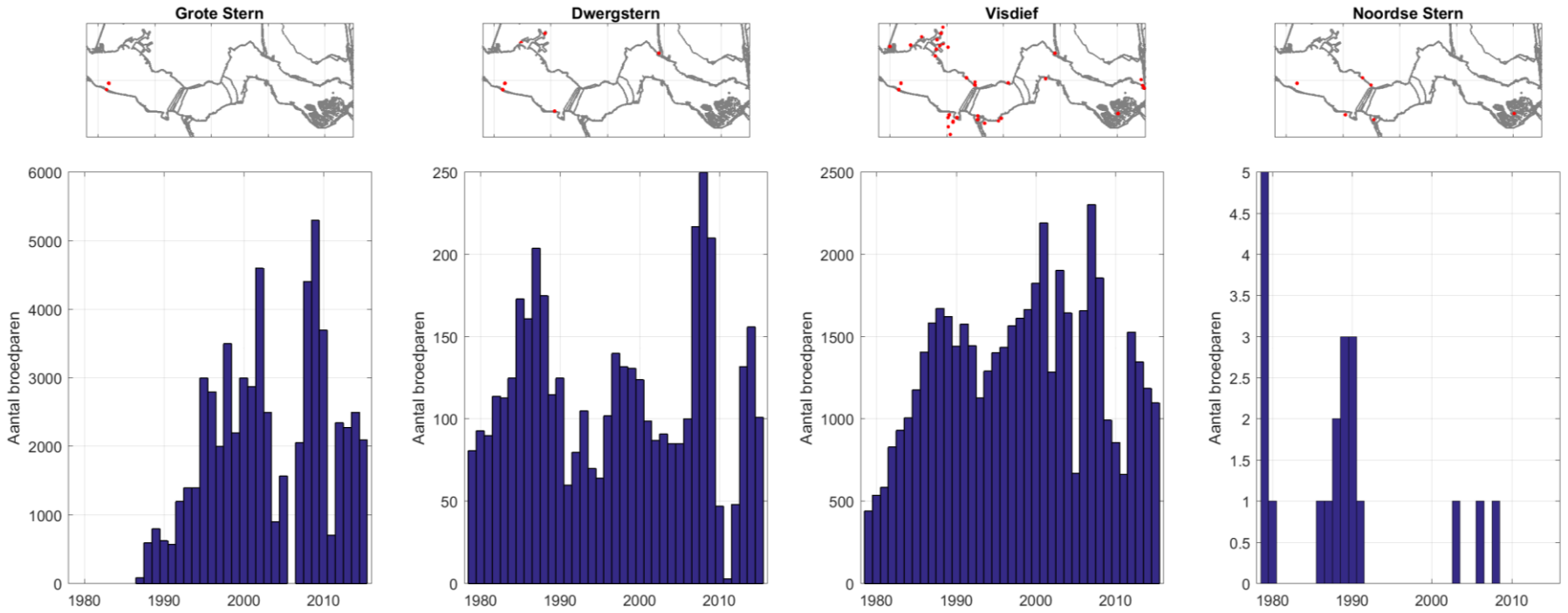
De **visdief** is sinds de jaren ’90 vrij stabiel gebleven, uitgenomen een periode met een terugval naar minder dan 1000 paren tussen 2009 en 2011. De periode 2012-2015 kent wel een dalende trend in de Westerschelde populatie. De Deltapopulatie is echter stabiel gebleven. Sinds 2014 is de visdief niet meer waargenomen in het Land van Saeftinghe.

De **Noordse stern** is komt slechts occasioneel voor in de Westerschelde, en wordt niet nader besproken.

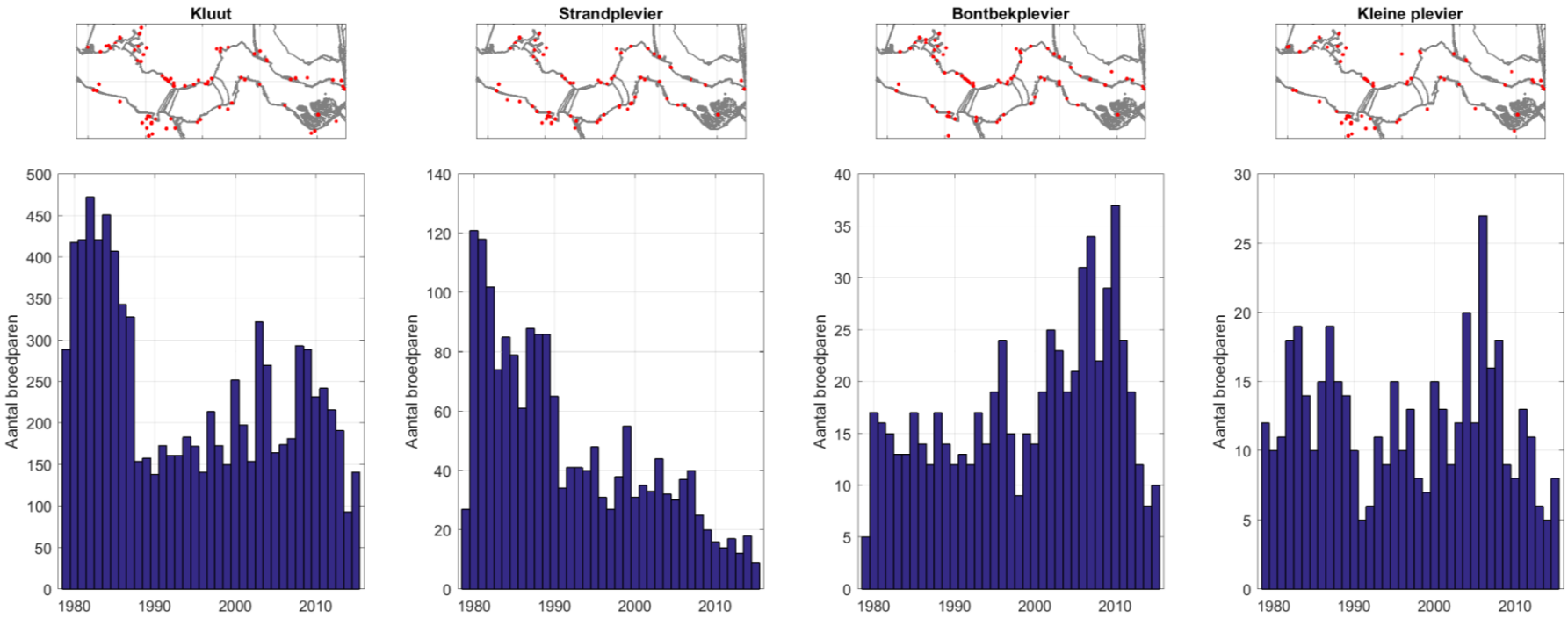
De **kluut** kende in de Westesrchelde een sterke terugval eind jaren ’80 en begin jaren ’90. De kluut leek de voorbije twee decennia enigszins te herstellen, tot populaties van bijna 300 broedparen in 2008 en 2009. Sindsdien is een terugval naar 100 à 150 populaties waargenomen. De Deltapopulatie is stabieler gebleven over deze lange periode; de Westerscheldepopulatie is slechts een kleine fractie van de gehele populatie (in de orde van 5 %).

De **strandplevier** kent op Deltapopulatieniveau een terugval van ca. 500 broedparen in 1980 tot ca. 100 broedparen in 2015. De problematiek vertaalt zich naar een (nog sterkere) afname in de Westerschelde: van 120 paren tot een tiental.

De **bontbekplevier** en **kleine plevier** kennen een beperkte populatie in de Westerschelde. Doorheen de tijd varieert hun aantal, met een gemiddelde rond 15 paren. Rond 2008 was er een periode dat grotere aantallen voorkwamen, maar sinds 2013 bevinden de aantallen zich nabij de laagste sinds het begin van de tellingen (5 à 10 broedbparen). De totale populaties zijn relatief stabiel.




*Figuur 7-25: Ontwikkeling van het aantal broedparen van sternen en visdief.*




*Figuur 7-26: Ontwikkeling van het aantal broedparen van kluut en plevieren.*

De **kleine mantelmeeuw** broedt hoofdzakelijk in het havengebied van Vlisingen. Sinds midden de jaren ’90 is de soort aan een sterke toename bezig, met een record aantal broedparen in 2015 van bijna 6 000, waarvan bijna 5 000 in het Sloegebied alleen. Dit is een van de belangrijkste gebieden voor de soort, naast het Rotterdams havengebied (meer dan 20 000 paren). Merk op dat de **grote mantelmeeuw** nog niet is waargenomen in de Westerschelde, maar op populatieniveau ook aan het toenemen is (35 paren in 2015).

Ook de **zwartkopmeeuw** doet het sinds 2004 goed in de Westerschelde met een aantal broeparen rond 1000, alhoewel 2015 een terugval naar ca. 250 paren. Deze terugval was voor een belangrijk deel te wijten aan een overspoeling van de Hooge Platen, waardoor slechts 35 paren over bleven (Strucker *et al.*, 2016), in vergelijking met 1200 paren het jaar ervoor.

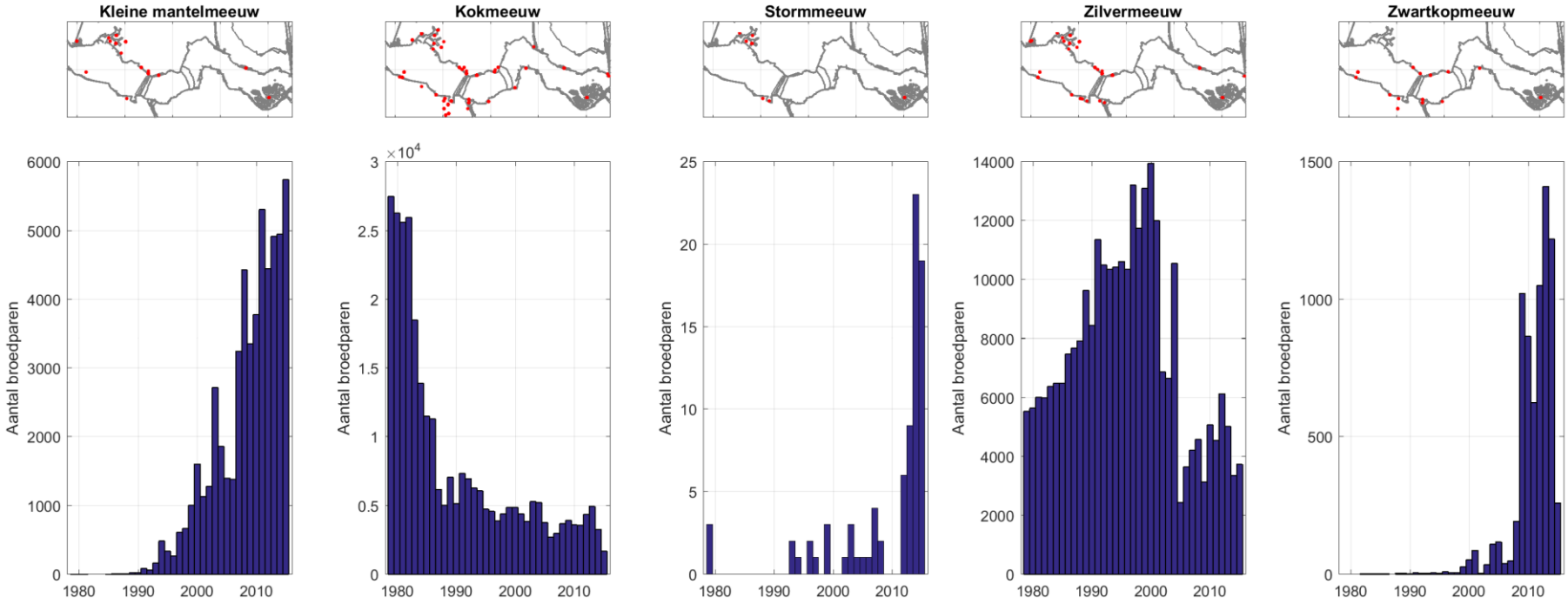
De **kokmeeuw** maakte een omgekeerde evolutie door midden jaren ’80, met aantallen van meer dan 25 000, en nu hooguit 5 000. Er is nog steeds een licht dalende trend over de laatste drie decennia. De Deltapopulatie vertoont een gelijkaardig verloop.

De **stormmeeuw** kwam slechts occasioneel voor tot 2012, maar sindsdien lijkt er een groeiende populatie te ontstaan, hoodzakelijk in het Sloegebied en de Braakman. Op Deltaniveau kent de stormmeeuw een vrij stabiele populatie van 500 à 700 paren. Sinds 2015 wordt een groter gebied geteld (in het Rotterdamse havengebied), waardoor de grote populatie nu op 1030 paren aftikt.

De **zilvermeeuw** kende een piek in de populatie eind jaren ’90 (14 000 paren), en is sindsdien teruggevallen naar ca. 4000 paren die relatief stabiel lijkt te zijn. De terugval heeft te maken met het opkomen van de vos in het Land van Saeftinghe, en het sluiten van een vuilnisbelt in Antwerpen. Hetzelfde patroon is op Deltapopulatie niveau zichtbaar.

Voor een aantal broedvogels bestaat een **instandhoudingsdoelstelling** (IHD) gebaseerd op seizoensgemiddelden (Holzhauer *et al.*, 2011b). Voor een aantal kustbroedvogels is in Nederland een IHD gedefinieerd op het niveau van de gehele Delta (zgn. regiodoelen). Zoals in de T2009 rapportage reeds vermeld (T2009 Consortium, 2013) werd het Delta regiodoel voor de grote stern verhoogd van kwaliteit en draagkracht 4000 naar 6200 broedparen (concept Natura 2000 ontwerpbeheerplan Deltawateren Westerschelde). Voor de meeste soorten (behalve de grote stern) werden tevens streefaantallen afgeleid voor de Westerschelde (Holzhauer *et al.*, 2011b).

De toetsing in dit rapport is gebaseerd op gegevens uit de periode 2010-2015 en omvat zeven soorten kustbroedvogels die ook in de T2009 rapportage (T2009 Consortium, 2013) aan bod komen, namelijk bontbekplevier, dwergstern, grote stern, kluut, strandplevier, visdief, zwartkopmeeuw. Tabel 7-6 geeft voor deze soorten het IHD regiodoel voor de volledige ZW Delta en het in (Holzhauer *et al.*, 2011b) vermelde streefdoel voor de Westerschelde, en het maximaal aantal broedparen waargenomen in de periode 2010-2015 weer.




*Figuur 7-27: Ontwikkeling van het aantal broedparen van meeuwensoorten.*

*Tabel 7-6: Trends in aantallen broedparen in de Westerschelde tussen 2010 en 2015 (inclusief Saeftinghe).Groen: Westerschelde streefdoel gehaald, Rood: Westerschelde streefdoel niet gehaald.*

| **IHD regiodoel** | | | **Aantal broedparen** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Soort* | *Delta* | *WS* | *2010* | *2011* | *2012* | *2013* | *2014* | *2015* |
| Bontbekplevier | 100 | 10 | 38 | 26 | 22 | 12 | 8 | 10 |
| Dwergstern | 300 | 100 | 47 | 3 | 48 | 132 | 156 | 101 |
| Grote Stern | 6200 | - | 3700 | 705 | 2350 | 2277 | 2500 | 2100 |
| Kluut | 2000 | 150 | 254 | 242 | 216 | 191 | 93 | 141 |
| Strandplevier | 220 | 40 | 16 | 14 | ? | 12 | 18 | 9 |
| Visdief | 6500 | 1600 | 885 | 673 | ? | 1347 | 1187 | 1099 |
| Zwartkopmeeuw | 400 | 4 | 896 | 625 | ? | 1411 | 1220 | 260 |

De IHD's voor de gehele ZW Delta (regiodoelen) worden in de Westerschelde niet gehaald, behalve voor de zwartkopmeeuw tot 2014. Het behalen van het streefdoel voor de Westerschelde verschilt van soort tot soort. Enkel voor de zwartkopmeeuw wordt het elk jaar gehaald. Voor de bontbekplevier is er in 2014 en 2015 een terugval waarbij dat enkel in 2015 de streefdoel net gehaald wordt. Ook de kluut haalt het streefdoel niet meer sinds 2014. De dwergstern behaalt sinds 2013 wel het minimaal aantal broedparen in de Westerschelde. De strandplevier en visdief halen in geen enkel jaar binnen de periode 2010-2013 het streefdoel. Voor de grote stern is enkel de IHD van de gehele Delta bekend. In de Westerschelde wordt nooit het regiodoel van 6 200 broedparen gehaald.

#### 7.2.4.2 Discussie

De sternenpopulatie in de Westerschelde vertoont grote schommelingen. Deze zijn deels te verklaren door variaties in totale populatie (op deltaniveau), maar ook omdat ze sommige jaren meer of minder aanwezig zijn in specifieke deelgebieden, zonder dat daar een duidelijke verklaring voor is.

Belangrijke ontwikkelingen voor de sternen zijn de mogelijke broedplaatsen, en de mogelijkheid tot jagen. In het westen van de Westerschelde, waar de sternen zich voornamelijk bevinden, zijn er positieve ontwikkelingen te herkennen in de laatste jaren: de Hooge Platen worden hoger, waardoor meer potentieel nestgebied ontstaat, aangezien ze een voorkeur hebben voor schaars begroeide delen van eilanden en geïsoleerde stranden (Strucker *et al.*, 2015). Ook langs de Westerschelde zijn er natuurontwikkelingsprojecten die potentieel bieden hiertoe.

Een aandachtspunt is het doorzicht: ter hoogte van Vlissingen zou een lichte toename in de sedimentconcentratie voorkomen (deze doet zich wel vooral tijdens de wintermaanden voor; zie Figuur 6-1).

Op ruimere schaal vormt ook predatie een probleem (bv. vossenpredatie van de Zeebrugge kolonie). Strucker et al. (2015) bevelen aan om het aantal geschikte gebieden voor broedende grote sterns te vergroten in zoute (getijde)wateren, m.n. in de nabijheid van de Voordelta, met voorkeur voor eilanden. Voor de Westerschelde wordt dan vooral naar de Hooge Platen gekeken waarbij vegetatiesuccessie (naar schor) en erosie aan de zuidkant als risico's worden aangeduid.

Met uitzondering van enkele slechte jaren rond 2010, is de dwergsternpopulatie vrij stabiel in de Westerschelde. Omdat de variaties ook in de deltapopulatie voorkomen, zijn externe factoren erg van belang voor het voorkomen van de soort. De sterke variaties tonen ook dat het een kwetsbare soort is. Ook voor de dwergstern is een uitbreiding van het aantal geschikte broedplaatsen dus wenselijk.

De visdief komt de laatste jaren minder voor dan in de jaren ’90 – 2000, en is slechts een fractie van het voorkomen in de jaren ’50 (Strucker *et al.*, 2015) als gevolg van koolwaterstoffen lozingen en een verkleinde haringpopulatie. Sinds de jaren ‘70 is de populatie weer gegroeid. De populatieomvang is eveneens sterk afhankelijk van externe factoren. Lokaal in de Westerschelde zijn eerder belangrijke broedplaatsen verlaten (Land van Saeftinghe, haven van Terneuzen), hoofdzakelijk als gevolg van predatie door vossen. De aanleg van vogeleilanden wordt door Strucker et al. (2015) aangehaald als oplossing voor de instandhouding van de populatie. Het projectgebied Waterdunen vormen een mogelijke nieuwe vestigingsplaats.

De kluut was ten opzichte van de jaren ’80 al sterk afgenomen in de Westerschelde, met een korte periode van beterschap begin jaren ‘2000. Op deltapopulatie niveau is echter ook een negatieve trend aanwezig. Aangezien de jaarlijkse variatie vrij groot kan zijn, is de terugval van de laatste twee jaar nog niet als signficant te beschouwen. Vooral natuurontwikkelingsprojecten kunnen bijdragen aan hun voorkomen (Strucker *et al.*, 2015).

De strandplevier kent een sterk afgenomen populatie in de Westerschelde sinds de jaren ’80. De bontbekplevier is ten opzichte van de jaren ’80 minder sterk afgenomen, maar er is een duidelijk verschil met de periode 2002-2010. De Deltapopulatie afname is voor een belangrijke mate hieraan toe te schrijven, alhoewel ook in het Grevelingenmeer een afname zichtbaar is. Strucker et al. (2015) wijzen op de toenemende mate waarin dijken langs de Westerschelde niet meer als broedplaats geschikt zijn (successie van de vegetatie), maar ook recreatiedruk.

Zonder een diepgaande analyse van de trends, externe invloeden en interacties op de populaties in de Westerschelde, kunnen geen uitspraken over eventuele invloeden van de verruiming zelf gedaan worden. Een dergelijke analyse valt buiten de opzet van voorliggende rapportage.

### 7.2.5 Conclusies

Voor de benthivore **watervogels** blijkt dat heel wat soorten een negatieve populatieontwikkeling doormaken die reeds ingezet was voorafgaand aan de derde verruiming, in sommige gevallen van in de jaren ’80. Ook wat betreft het halen van de instandhoudingsdoelstellingen is er geen verbetering merkbaar ten opzichte van de periode voor 2009 (cfr. T2009-rapport).

Op basis van de analyse kan geen uitspraak gedaan worden over de invloed van de derde verruiming. Wat de oorzaak op lange termijn gezien dan wel is, houdt verband met de algehele toestand van het ecosysteem (bvb. versteiling en verhoging van platen, afname kokkelpopulatie). Er zijn ook positieve signalen, waaronder de toename van laagdynamisch areaal, en een opkomst van het nonnetje; doch deze trends blijken op dit ogenblik nog niet sterk genoeg om de vogelpopulatie in een positieve trend om te buigen. Bovendien stijgt enkel de densiteit aan nonnetjes en niet de totale biomassa en is de kokkelpopulatie sterk achteruit gegaan sinds de jaren ’90.

Tal van externe effecten, waarnaar in het kader van deze rapportage geen verder onderzoek is gevoerd, spelen mee een rol; hiervoor wordt naar de 6-jaarlijkse systeemevaluatie (T2015) verwezen.

Het aantal **broedvogel**paren toont een gemengde evolutie en de aantallen fluctueren sterk. De sternen en visdief zijn afhankelijk van nestplaatsen, bij voorkeur op de platen wegens een toegenomen predatiedruk door vossen. Ook te verregaande verschorring vormt een risico. Voor de plevieren en de kluut spelen nog andere factoren een rol: recreatiedruk, successie van vegetatie langs dijken, …

Een invloed van de derde verruiming kan zonder diepgaande analyse (buiten de opzet van deze rapportage) van interacties, externe en lokale factoren (de verruiming maar ook andere ingrepen en natuurprojecten) niet afgeleid worden.

## 7.3 ZEEHONDEN

### 7.3.1 Inleiding

Door de jaren heen is er sprake van een permanente aanwezigheid van drie zeezoogdiersoorten in de Westerschelde (Holzhauer *et al.*, 2011a), namelijk de gewone zeehond *Phoca vitulina*, grijze zeehond *Halichoerus grypus* en bruinvis *Phocoena phocoena*. Deze drie soorten hebben een bijzondere status met specifieke instandhoudingsdoelstellingen in het kader van Natura 2000. In het Natura 2000 gebied Westerschelde en Saeftinghe moet bijvoorbeeld het areaal aan ongestoord gebied toenemen zodat het beter geschikt wordt voor de voortplanting van de gewone zeehond. Zowel de gewone als de grijze zeehond staan op de Rode Lijst van zoogdieren, in de Habitatrichtlijn (bijlage II en V) en in de Conventie van Bonn en Bern.

Zeehonden staan bovendien aan de top van de voedselketen en stellen belangrijke habitatvereisten. Het gedetailleerd opvolgen van de aantallen en het reproductiesucces van de zeehonden is daarom een belangrijke maat voor de algehele ecologische kwaliteit van het estuarium. Gewone zeehonden zijn bij laagwater in de Westerschelde hoofdzakelijk te vinden op droogvallende zandplaten met een steile rand langs vrij diep water. Typische rustplaatsen zijn de Hooge Platen, de Molenplaat, de Rug van Baarland en de Zimmermangeul. Op die zandplaten worden in half juni – half juli bij laagwater jongen geboren en gezoogd.

Het aantalsverloop van gewone zeehonden in Nederland is redelijk goed gedocumenteerd. De pelsjacht op jonge dieren duurde tot begin jaren zestig (1961 in de Delta, 1962 in de Waddenzee) waarna gedurende een korte tijd enig herstel optrad. De populatie daalde vervolgens tot een dieptepunt door de voortzetting van de jacht tot 1974 op de populatie in het Duitse en Deense deel van de Waddenzee, door verontreiniging door PCB's, door de toename van verstoring door beroepsvaart en door watertoerisme. Sinds eind jaren negentig is een voorzichtig herstel waarneembaar in de Delta, voornamelijk dankzij immigratie vanuit de snel groeiende populatie in de Waddenzee. Inmiddels nemen de aantallen steeds meer toe en zijn de populaties in staat zich te herstellen na het uitbreken van virusziektes zoals in 1988 en 2002 (CLO, 2015; Arts *et al.*, 2016). In 1994 werden voor het eerst na lange afwezigheid weer jonge zeehonden gevonden in de Westerschelde (Meininger *et al.*, 2003).

Sindsdien wordt jaarlijks een klein aantal jongen geboren, wat echter niet voldoende is om de groei te verklaren. De populatie is dus nog steeds aangewezen op immigratie vanuit andere gebieden in de Noordzee (CLO, 2015).

De grijze zeehond geeft de voorkeur aan rotsige kusten bij open zee en dankzij een dikke speklaag is deze zeehond goed beschermd tegen het koude zeewater. De grijze zeehond is slechts recent teruggekeerd en wordt ook slechts sporadisch waargenomen in de Westerschelde.

Op 12 februari 2010 is de verruiming van de vaargeul in de Westerschelde van start gegaan. Voor de verruiming van de vaargeul en het onderhoud in de jaren daarna is een ontheffing verleend in het kader van de Flora- en faunawet (kenmerk FF/75C/2008/0505). Het onderwerp van deze ontheffing is de verbodsbepalingen genoemd in artikel 11 van de Flora- en faunawet voor zover dit betreft het verstoren van voortplantings- of vaste rust- en verblijfplaatsen van de gewone zeehond en de grijze zeehond (Figuur 7-28) (aMT, 2010).



*Figuur 7-28: Gewone zeehond (links) en grijze zeehond (rechts)*
*(bron: Wikimedia Commons)*

In de Passende Beoordeling beschreven in de MER Verruiming Vaargeul (Consortium Arcadis-Technum, 2007d), werd een significant negatief effect op gewone zeehonden verwacht ter hoogte van de Zimmermangeul en de Plaat van Valkenisse en dit op middellange termijn (2015). Het effect werd gemitigeerd door het betreffende stortvak SN51 te verkleinen.

Het doel van onderhavige analyses is de evolutie nagaan van de zeehonden populatie in de Westerschelde tussen 2009 en 2015.

## 7.3.2 Data

### 7.3.2.1 MWTL

De Water, Verkeer en Leefomgeving dienst (WVL) van Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor de uitvoering van het MWTL meetplan (Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands – Milieumeetnet Rijkswateren). Sinds 2013 werken ze hiervoor samen met de Provincie Zeeland. In het kader van het MWTL meetplan worden heel het jaar door op maandelijkse basis tellingen van de zeezoogdieren in de Westerschelde uitgevoerd.

Er wordt steeds een systematische vlucht binnen één getij gevlogen waarbij de gespotte jonge en volwassen individuen gewone zeehond *Phoca vitulina*, grijze zeehond *Halichoerus grypus* en bruinvis *Phocoena* worden geteld.

Deze gegevens worden weergegeven in de rapportages “Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta” (Strucker *et al.*, 2010, 2011, 2012, 2013, Arts *et al.*, 2014, 2015, 2016). Deze tellingen zijn volledig, met als uitzondering dat in september, oktober en november 2015 geen tellingen werden uitgevoerd. In juni 2014 en juni 2015 zijn er echter telkens 2 tellingen uitgevoerd. Voor de verwerking van de data is voor deze maanden het gemiddelde aantal zeehonden per plaat berekend.

#### 7.3.2.2 Provincie Zeeland

De provincie Zeeland voerde tot in juni 2013 tellingen uit van de gewone zeehond *Phoca vitulina* en de grijze zeehond *Halichoerus grypus* in de Westerschelde tijdens het voorjaar en de zomer. In de periode eind mei tot begin augustus werd circa vier tot vijf keer geteld. Telkens wordt een systematische vlucht binnen één getij gevlogen, waarbij het aantal jonge en volwassen individuen per locatie geteld worden. Met ingang van seizoen 2013/2014 worden de tellingen uitgevoerd in samenwerking met Rijkswaterstaat en worden de resultaten niet afzonderlijk weergegeven.

#### 7.3.2.3 Locaties

De getelde gegevens werden voor de analyse geaggregeerd per deelgebied (west, midden, oost). Hierbij vallen alle locaties ten westen van Terneuzen onder West en alle locaties ten oosten van Hansweert onder Oost. Midden omvat dan alle locaties tussen Terneuzen en Hansweert. Het gebied waar volgens de Passende Beoordeling een negatief effect op de populatie werd verwacht (zie §7.3.1) valt dus onder het gebied ‘Oost’.

*Tabel 7-7: Ligplaatsen per macrocel en deelgebied van de Westerschelde (Strucker et al., 2011, 2012, 2013, Arts et al., 2014, 2015, 2016)*

| Plaatnaam | macrocel | Locatie in de Westerschelde |
|---|---|---|
| **Hooge Platen (= De Bol)** | 1 | West |
| **Plaat bij Hoofdplaat** | 1/2 | West |
| **Hoge Springer** | 1 | West |
| **Lage Springer** | 3 | Midden |
| **Spijkerplaat** | 3 | Midden |
| **Middelplaat** | 3 | Midden |
| **Molenplaat** | 4 | Midden |
| **Everingen** | 3 | Midden |
| **Plaat van Baarland** | 4 | Midden |
| **Plaat bij Straat van Willem** | 3 | Midden |
| **Rug van Baarland** | 4 | Midden |
| **Plaat van Ossenisse** | 4 | Midden |
| **Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse** | 5 | Oost |
| **Zimmermangeul** | 5 | Oost |
| **Verdronken Land van Saeftinghe** | - | - |

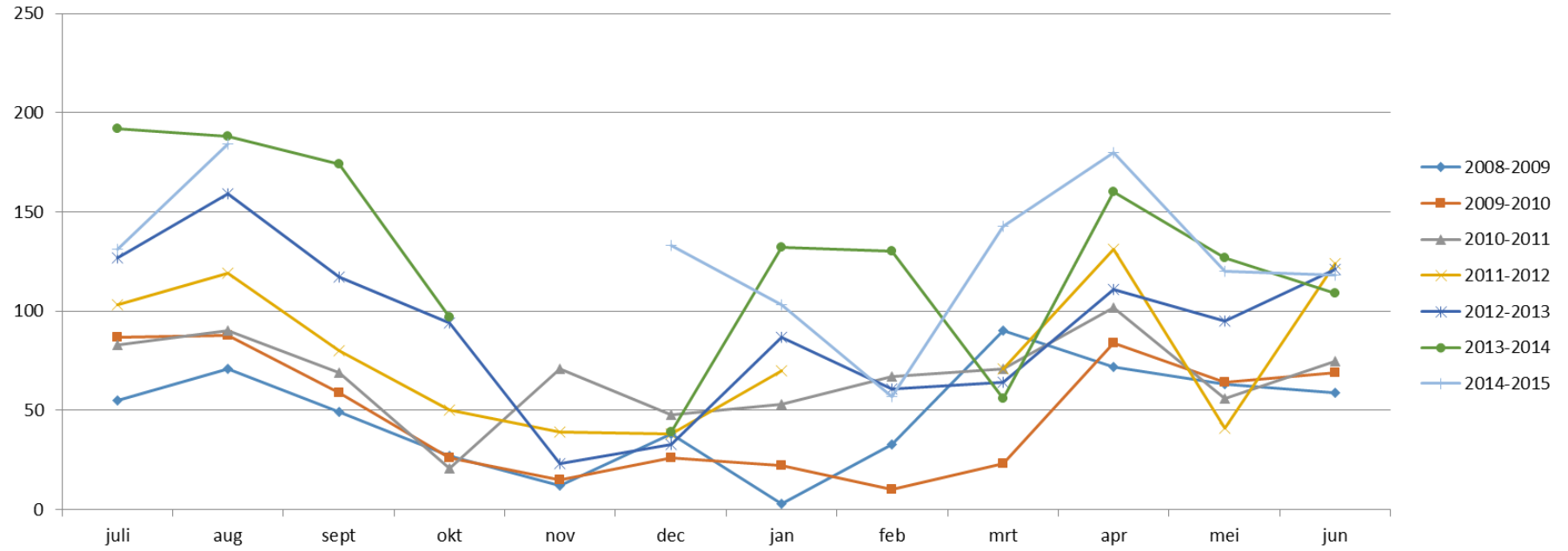
### 7.3.3 Analyses

***Gewone zeehond***

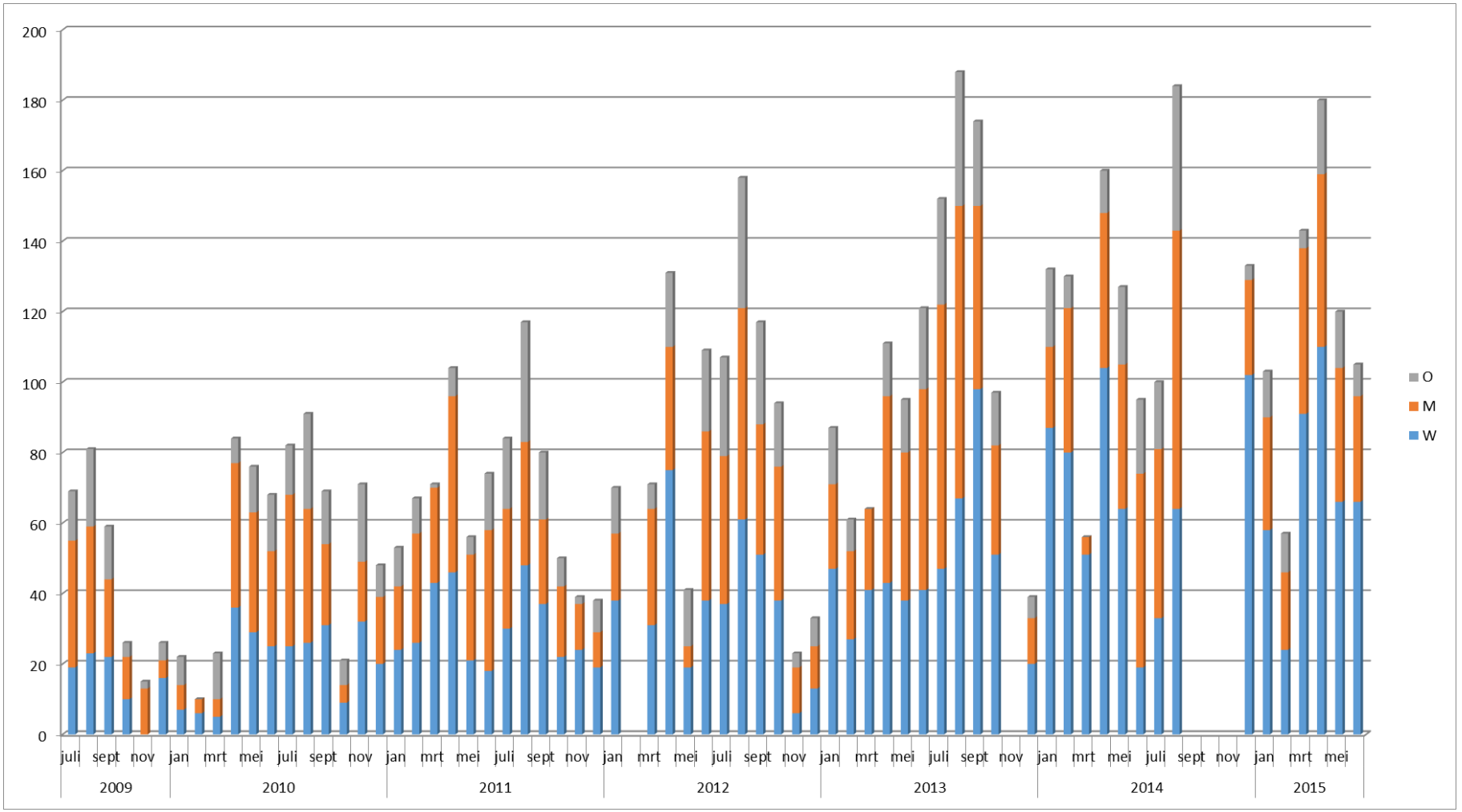
Uit de MWTL gegevens (Tabel 7-8) blijkt dat er een positieve trend bestaat voor de populatie gewone zeehonden in de Westerschelde in de voorbije vijf jaar. De hoogste aantallen gewone zeehonden, inclusief de jongen worden jaarlijks aangetroffen in juli en augustus (Figuur 7-29). De hogere aantallen volwassen individuen worden voornamelijk geteld in het westelijk deel van de Westerschelde (Figuur 7-30) terwijl de hoogste aantallen jongen werden voornamelijk aangetroffen in het midden van de Westerschelde.

*Tabel 7-8: Tellingen MWTL van de gewone zeehond, inclusief de jongen (2008-2014; de tellingen in februari 2012, november 2013 en september, oktober, november 2014 werden niet uitgevoerd)*

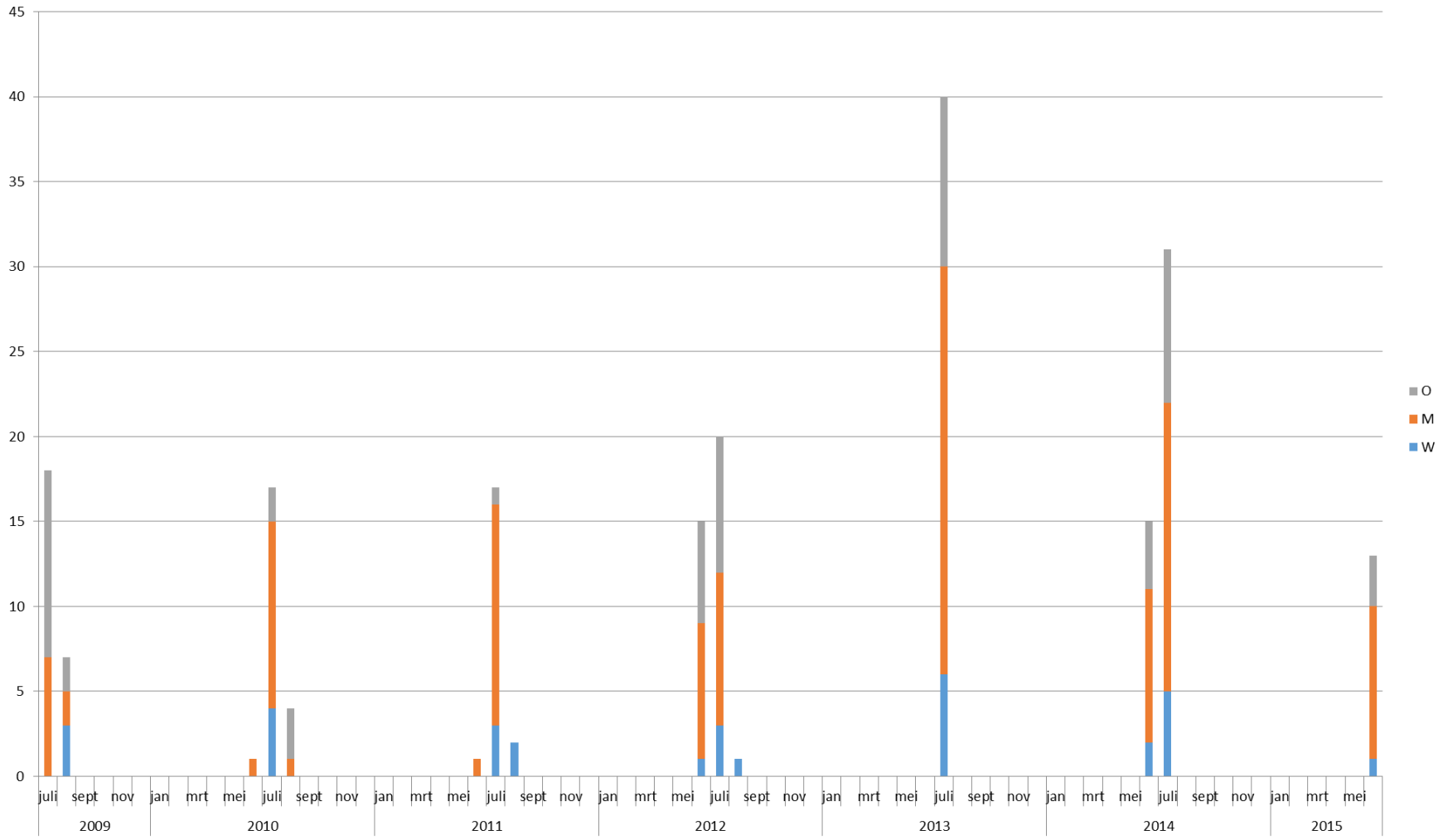
| maand | 2008-2009 | 2009-2010 | 2010-2011 | 2011-2012 | 2012-2013 | 2013-2014 | 2014-2015 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **juli** | 55 | 87 | 83 | 103 | 127 | 192 | 131 |
| **aug** | 71 | 88 | 90 | 119 | 159 | 188 | 184 |
| **sept** | 49 | 59 | 69 | 80 | 117 | 174 | - |
| **okt** | 27 | 26 | 21 | 50 | 94 | 97 | - |
| **nov** | 12 | 15 | 71 | 39 | 23 | - | - |
| **dec** | 38 | 26 | 48 | 38 | 33 | 39 | 133 |
| **jan** | 3 | 22 | 53 | 70 | 87 | 132 | 103 |
| **feb** | 33 | 10 | 67 | - | 61 | 130 | 57 |
| **mrt** | 90 | 23 | 71 | 71 | 64 | 56 | 143 |
| **apr** | 72 | 84 | 102 | 131 | 111 | 160 | 180 |
| **mei** | 63 | 64 | 56 | 41 | 95 | 127 | 120 |
| **jun** | 59 | 69 | 75 | 124 | 121 | 109 | 118 |
| **Totaal** | **572** | **573** | **806** | **866** | **1092** | **1404** | **1169** |




*Figuur 7-29: Temporele evolutie van het aantal gewone zeehonden, inclusief de jongen, in de Westerschelde tussen juli 2008 en juli 2015*




*Figuur 7-30: Spatiotemporele evolutie het aantal volwassen gewone zeehonden in de Westerschelde (W: west; M: midden; O: oost) tussen juli 2009 en juni 2015. De maanden zonder zeehondenaantallen zijn maanden zonder tellingen.*

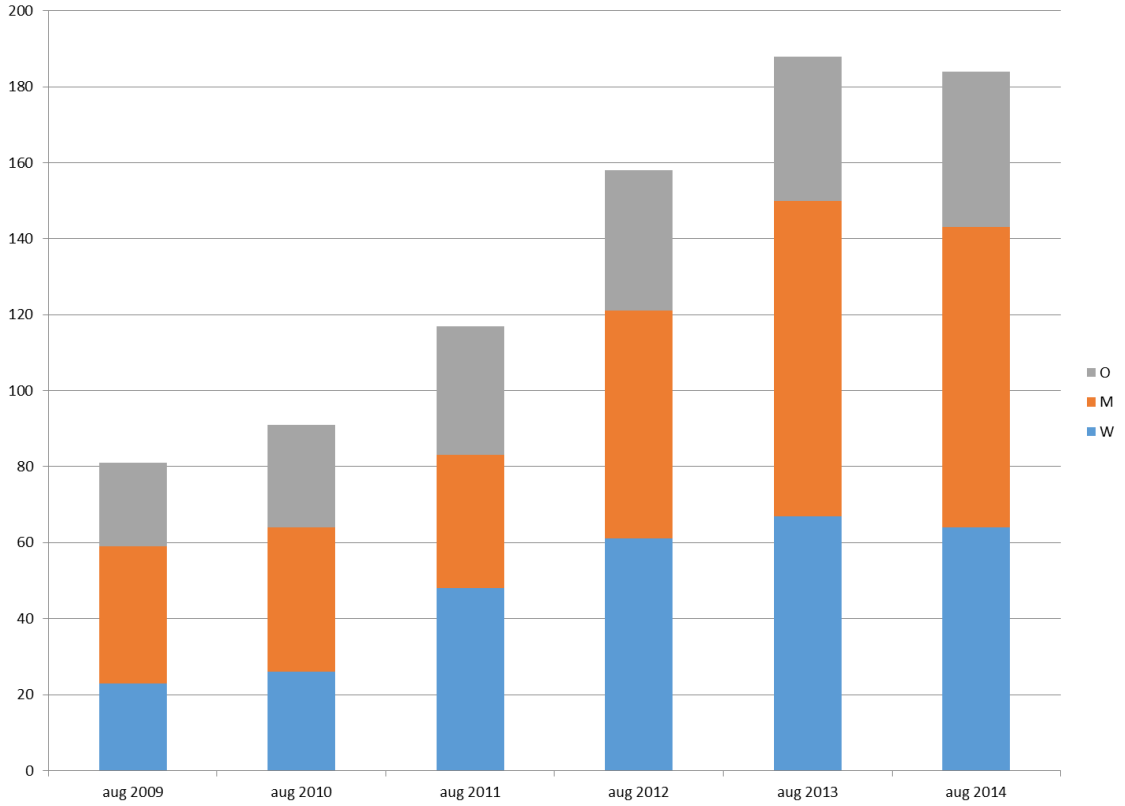



*Figuur 7-31: Spatiotemporele evolutie van het aantal jonge gewone zeehonden in de Westerschelde (W: west; M: midden; O: oost) tussen juli 2009 en juni 2015*

Een niet-parametrische Seasonal Kendall test geeft aan dat de stijging van het aantal getelde gewone zeehonden significant is ($p<0,05$) en de trendmatige toename in aantal wordt op 16 individuen per jaar geschat.

In voorgaande rapportages werd ook aanbevolen de trendanalyse uit te voeren op het aantal zeehonden dat wordt geobserveerd in augustus i.p.v. juli zoals beschreven in Holzhauer *et al.* (2011a). Uit eerder onderzoek is gebleken dat op dat moment de kleinste variatie in totale aantallen optreedt, en zo de meest zinvolle uitspraak over de evolutie van het aantal zeehonden in de Westerschelde kan gedaan worden.

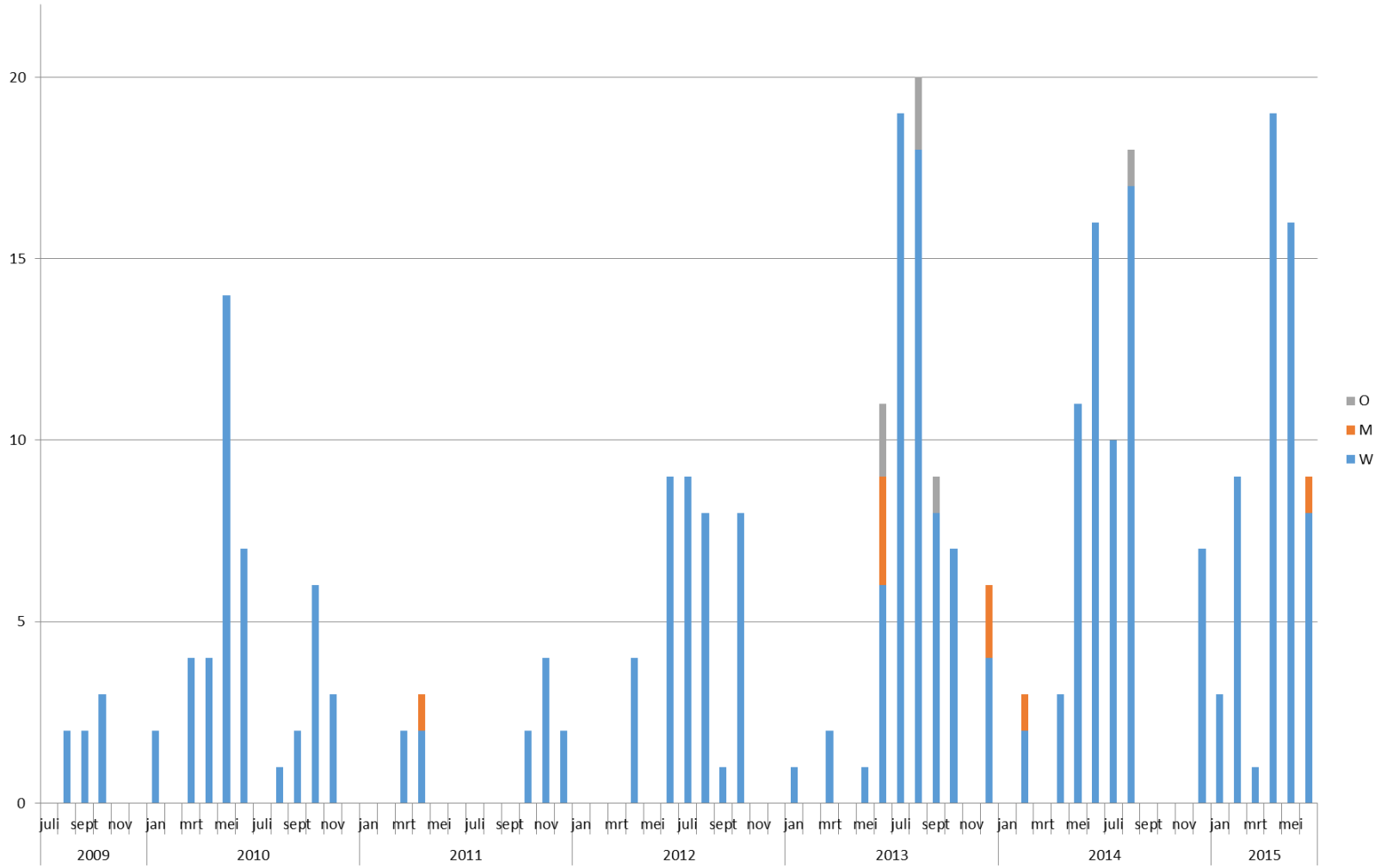
In Figuur 7-32 worden de augustustellingen van de gewone zeehond weergegeven tussen 2009 en 2014. Hierin is duidelijk een stijging merkbaar in aantallen in de tijd tot 2013 en dan voornamelijk in het midden en westen van de Westerschelde. Voor 2014 zijn de aantallen vergelijkbaar met die van 2013.




*Figuur 7-32: Spatiotemporele evolutie van het aantal gewone zeehonden in de maand augustus in de Westerschelde (W: west; M: midden; O: oost) tussen 2009 en 2014*

### *Grijze zeehond*

Er worden beduidend minder grijze zeehonden (maximum aantal: 20) dan gewone zeehonden (maximum aantal: 188) aangetroffen in de Westerschelde. Uit Figuur 7-33 blijkt dat er sinds de zomermaanden van 2013 meer grijze zeehonden worden gespot, voornamelijk in het westelijk deel van de Westerschelde. Slechts enkele malen werden ze ook aangetroffen in het midden en het midden en het oosten van de Westerschelde. Er werden slechts 2 jonge grijze zeehonden aangetroffen in de Westerschelde tussen 2009 en 2015, namelijk in februari 2014 in het westelijke deel.



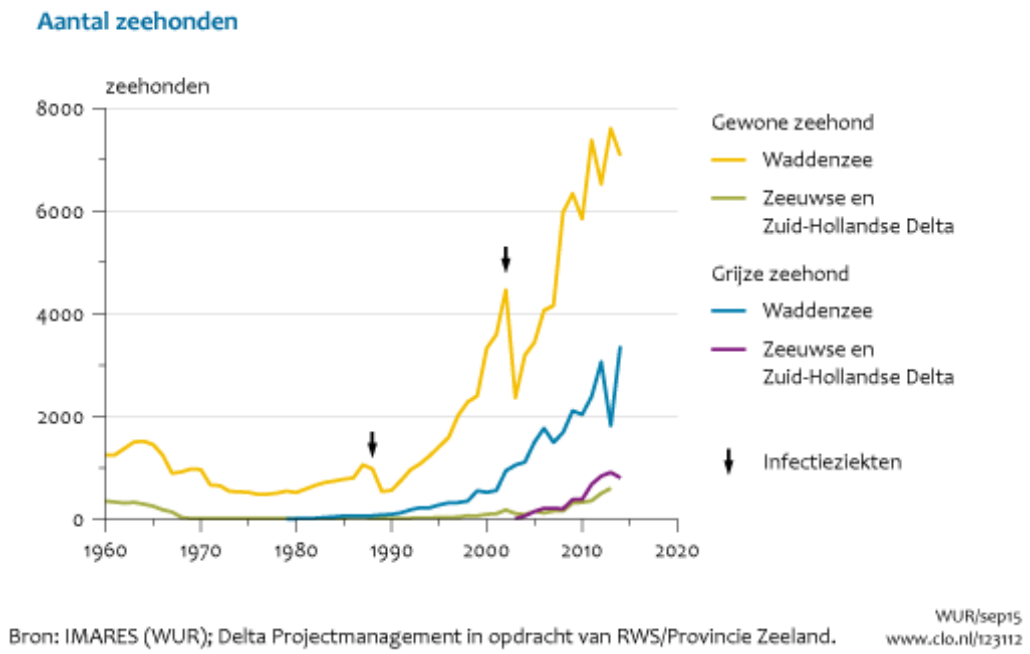

*Figuur 7-33: Spatiotemporele evolutie van het aantal volwassen grijze zeehonden in de Westerschelde (W: west; M: midden; O: oost) tussen juli 2009 en juni 2015*

### 7.3.4 Discussie

Uit alle data in de Westerschelde blijkt er een significante positieve trend te bestaan voor de populatie gewone zeehonden in alle deelgebieden van de Westerschelde. Er wordt een trendmatige toename in het aantal gewone zeehonden geschat van 16 individuen per jaar. De volwassen individuen worden voornamelijk aangetroffen in het westen van de Westerschelde terwijl de jongere individuen dieper in het estuarium gevonden worden in de zomermaanden (juni-juli-augustus). De resultaten van de MWTL data zijn in lijn met de stijgende trend van het aandeel gewone zeehonden in de Westerschelde ten opzichte van de referentiesituatie in de voorgaande rapportage (T2009 Consortium, 2013). Het verwachtte significant negatief effect ter hoogte van de Zimmermangeul en de Plaat van Valkenisse op middellange termijn (2015) beschreven in de Passende Beoordeling (Consortium Arcadis-Technum, 2007b), heeft zich dus niet voorgedaan. Mogelijk is dit mede te danken aan de getroffen mitigerende maatregelen door het betreffende stortvak SN51 te verkleinen.

De augustustellingen van de gewone zeehond tussen 2009 en 2014 tonen een duidelijke stijging in aantallen in de tijd tot 2013. Volgens de MWTL data is deze stijging voornamelijk zichtbaar in het midden en westen van de Westerschelde. Deze significant stijgende trend van het aantal zeehonden in augustus werd reeds waargenomen in de periode 1995-2010: 6-22 zeehonden in de jaren negentig tot 50-77 in de periode 2004-2009 (T2009 Consortium, 2013). In de periode 2004-2009 worden ook jaarlijks drie tot zeven jongen waargenomen, tegenover een enkeling in de beginperiode van de waarnemingen.

Zoals reeds in de T2009 rapportage werd aangegeven, is de populatie in de Westerschelde afhankelijk van uitwisseling met populaties elders in het Deltagebied, de Waddenzee, Engeland en Frankrijk (Ministerie van Economische Zaken van Nederland, 2014). Er is dus een grote uitwisseling en daarom dient ook rekening gehouden te worden met invloeden en ontwikkelingen waarvan de oorzaken zich buiten het Schelde-estuarium situeren. De resultaten van de MWTL data zijn ook in lijn met de algemene vooruitgang van de gewone zeehond in Nederland (Figuur 7-34). In het Zeeuwse en Zuid-Hollandse Deltagebied is pas sinds eind jaren negentig sprake van een lichte groei en een herstel van de populatie, dankzij import uit onder andere de Waddenzee. In 2014 werden er in de Waddenzee 7086 dieren geteld. Dit is een lichte daling ten opzichte van vorig jaar (maar een stijging t.o.v. 2012) (Figuur 7-34). De verwachting is dat binnen niet al te lange tijd de draagkracht van de Waddenzee voor zeehonden zal worden bereikt, althans dat de aantalsgroei zal gaan afvlakken wat meestal een indicator is voor het naderen van de draagkracht (Galatius *et al.*, 2014). In 2014 werden in het Deltagebied in augustus 777 gewone zeehonden geteld terwijl er in hetzelfde gebied en seizoen slechts 59 pups geboren zijn (Arts *et al.*, 2016). Ten opzichte van de groei in het gebied blijft de voortplanting dus nog steeds achter: in een populatie van 500 gewone zeehonden moeten minimaal 60 jongen geboren worden om een stabiele populatie in stand te houden (Meininger *et al.*, 2003).




*Figuur 7-34: Evolutie van de gewone en grijze zeehond populaties in Nederland tussen 1960 en 2014 (Bron: IMARES (WUR); Delta Projectmanagement in opdracht van RWS/ Provincie Zeeland)*

Het voorkomen van gewone zeehonden wordt bepaald door de beschikbaarheid van droogvallende zandbanken met een steile plaatrand die gedurende een groot deel van de laagwaterperiode droogvallen en grenzen aan diep water. Hierop rusten ze tijdens laagwater (Meininger *et al.*, 2003). De relatie tussen de steilheid van de plaatrand (hoe steiler, hoe groter de ontsnappingskans bij gevaar) en het gebruik door zeehonden is nooit gekwantificeerd, maar wordt algemeen aanvaard. De verhoging en versteiling van platen zorgt er dus voor dat de beschikbaarheid van rustgebieden (rusten, zogen, verharen) geen beperkende factor is voor de groei van de populatie (T2009 Consortium, 2013). De aanwezigheid van andere zeehonden, de afstand tot het foerageergebied, beschutting tegen extreme weersinvloeden en rust zijn van invloed op de keuze van een gewone zeehond om een zandbank al dan niet als ligplaats te gebruiken. Gewone zeehonden gebruiken het water rondom de zandbanken, indien niet dieper dan 30 m, voor het vangen van hun voedsel.

Veranderingen in de morfologie van platen kunnen indirecte gevolgen hebben voor zeezoogdieren (Meininger *et al.*, 2003). Zoals reeds beschreven in §7.1 zijn de slibrijke delen in het intergetijdengebied, voornamelijk in het laagdynamisch litoraal, potentieel het rijkst aan bodemdieren. In het voedselweb worden bodemdieren gegeten door vissen die op hun beurt weer worden gegeten door zeezoogdieren zoals de gewone zeehond. De verandering in ecotopen kan dus een effect hebben op het voedselaanbod voor de gewone zeehond. Anderzijds is geweten dat zeehonden behoorlijke afstanden zwemmen voor hun voedselvoorziening en dat de populatiegroei vooral voortkomt uit de algemene toename van de Deltapopulatie.

In de Westerschelde zijn grijze zeehonden minder algemeen dan gewone zeehonden, hoewel er de laatste jaren wel een lichte stijging zichtbaar is. De volwassen grijze zeehonden worden voornamelijk in het westelijk deel van de Westerschelde gespot. Voor het eerst werden twee jonge grijze zeehonden aangetroffen in de Westerschelde in februari 2014. In de Delta werden in 2014 804 grijze zeehonden waargenomen, iets minder dan in het jaar ervoor. In ditzelfde jaar zijn in de Waddenzee 3364 dieren geteld. Dit is opnieuw een toename ten opzichte van twee jaar geleden (de aantallen van 2013 weken af vanwege een koude periode) en komt overeen met de nog steeds stijgende lijn in de gehele Waddenzee (Brasseur *et al.*, 2014). Deze terugkeer en sterke groei van de grijze zeehonden in de Waddenzee is voor een belangrijk deel beïnvloed door zeehonden uit Groot-Brittannië (Brasseur *et al.*, 2014). In de Westerschelde is er geen sprake van een populatie grijze zeehonden en deze wordt ook niet verwacht gezien grijze zeehonden een voorkeur hebben voor rotsige kusten bij open zee.

### 7.3.5 Conclusies

Er wordt een trendmatige toename geschat van 16 individuen gewone zeehonden per jaar in de Westerschelde. Deze stijging in aantallen is ook zichtbaar in de augustustellingen. De populatie in de Westerschelde is afhankelijk van de uitwisseling met populaties elders in het Deltagebied, de Waddenzee, Engeland en Frankrijk. Naar verwachting zullen de aantallen zeehonden in de Zoute Delta verder groeien bij het uitblijven van rampen zoals een virusepidemie. De mate waarin dit gebeurt, zal afhangen van de draagkracht van het gebied en dit wordt op zijn beurt beïnvloed door de beschikbaarheid van voedsel en ruimte, voornamelijk ligplaatsen op droogvallende zandplaten, verbetering van de waterkwaliteit en voldoende rust. De populatie gewone zeehonden laat alvast een gezonde reproductie zien, analoog aan de populatie in de Waddenzee.

Positief binnen het estuarium is dat het areaal laagdynamisch gebied toeneemt, omdat dit reeds enkele tekenen toont van toenemende omvang van de benthos populaties. Of dit een direct effect heeft op het voedselaanbod is te betwijfelen, omdat zeehonden behoorlijke afstanden zwemmen voor hun voedselvoorziening. De populatiegroei komt ook voort uit de algemene groei van de Deltapopulatie. Het ophogen en versteilen van de platen kan inzake beschikbaarheid van rustgebied en beschutting ook als positieve factor aangewezen worden omdat dit zo geen beperkende factor vormt voor populatietoename in de Westerschelde.

Er worden beduidend minder grijze zeehonden dan gewone aangetroffen in de Westerschelde, met slechts twee jonge tussen 2009 en 2014. Er is geen sprake van een populatie grijze zeehonden in de Westerschelde en deze wordt ook niet verwacht gezien grijze zeehonden een voorkeur hebben voor rotsige kusten bij open zee.

Het verwachtte significant negatief effect volgens de Passende Beoordeling in het oosten van de Westerschelde heeft zich niet voorgedaan.

# 8. RANDINFORMATIE

## 8.1 INLEIDING

De toestand van het Schelde-estuarium is afhankelijk van vele factoren. Het doel van dit rapport is om na te gaan wat de (mogelijke) impact is van de maatregelen uit de OS2010, maar hiervoor is het belangrijk om ook te kijken naar een aantal externe parameters die een invloed hebben op het functioneren van de Schelde.

De meteorologische condities, met name neerslag en wind, hebben een rechtstreeks effect op onder andere waterstanden, stroomsnelheden en golfcondities in de Schelde, en daardoor ook (onrechtstreeks) op de andere aspecten zoals morfologie, zout en ecosysteemfunctioneren. De effecten van de klimaatverandering zijn vandaag reeds merkbaar in België, en zorgen ervoor dat parameters zoals neerslag naast jaarlijkse fluctuaties ook een trendmatige evolutie vertonen (Brouwers *et al.*, 2015). Dit zal in de toekomst almaar meer een rol spelen.

In dit hoofdstuk worden de weerkundige parameters weergegeven (§8.2). Ook het bovenafvoerdebiet, dat sterk afhangt van het neerslagvolume, wordt besproken (§8.3).

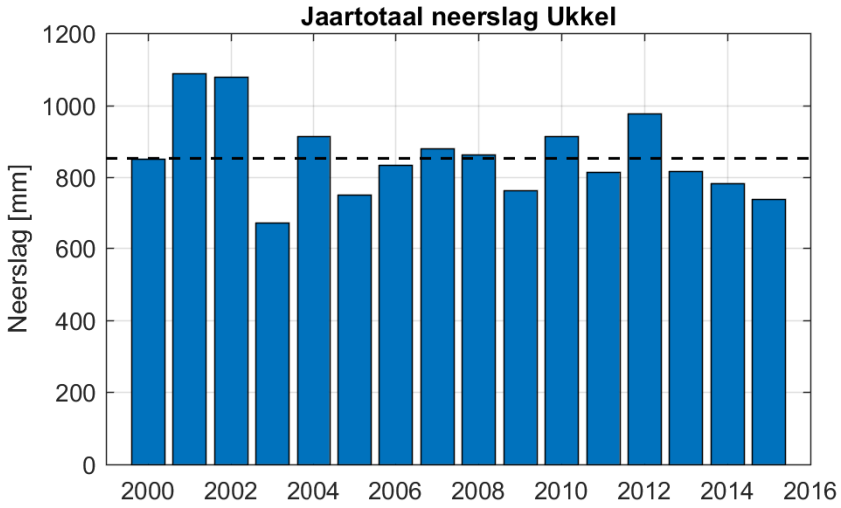
## 8.2 METEOROLOGIE

### 8.2.1 Neerslag

Figuur 8-1 geeft de jaargemiddelde neerslag weer in Ukkel. 2014 en 2015 waren droge jaren, waarbij het neerslagvolume onder het klimatologisch gemiddelde lag. Tijdens de totale rapportageperiode (2010-2015) lag het neerslagvolume enkel in 2010 en 2012 boven het klimatologisch gemiddelde; de jaren 2009, 2011, 2013, 2014 en 2015 lagen allemaal onder het gemiddelde.

Het bovenafvoerdebiet, dat in sterke mate wordt bepaald door de neerslag in het bekken, word besproken in §8.3; daar wordt ook aandacht besteed aan seizoenale variaties (droge en natte periodes).

Het feit dat er tijdens de gehele rapportageperiode (2010-2015) vooral eerder droge jaren zijn voorgekomen, uit zich onder andere in de bovenafvoer (§8.3), hoog- en laagwaterstanden (§4.1) en zoutgehaltes (§6.4). In die zin is het interessant om te zien hoe deze parameters zullen evolueren in 2016, waarvan nu al zeker is dat het een nat jaar wordt: in de eerste helft van 2016 viel 648 mm, bijna even veel als in het volledige jaar 2014 of 2015.

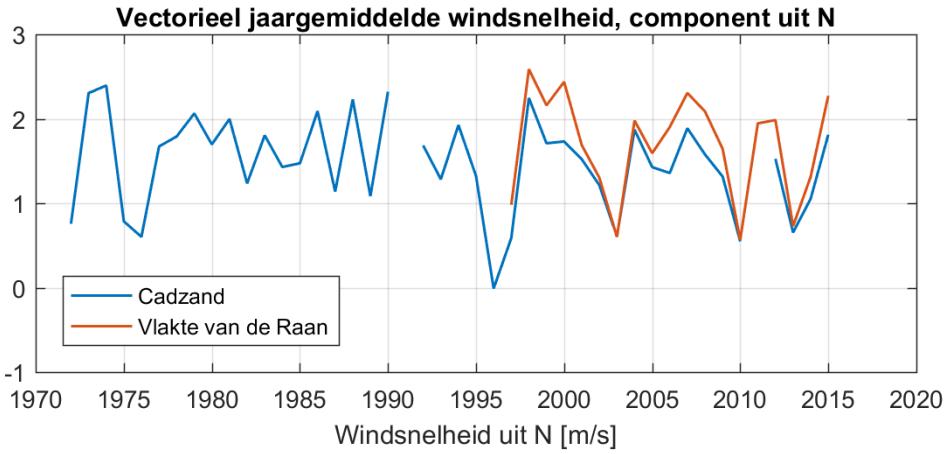



*Figuur 8-1: Jaartotaal neerslag in Ukkel (bron: KMI). Zwarte stippellijn geeft het klimatologisch gemiddelde (1981-2010) weer.*

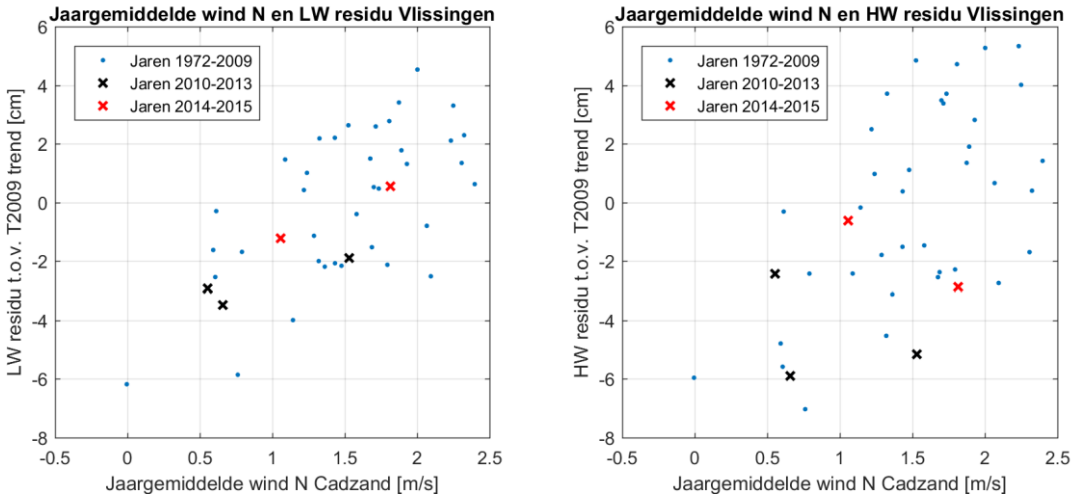
### 8.2.2 Wind

Waterstanden in de Westerschelde, en in het bijzonder in het mondingsgebied, worden beïnvloed door de windopzet buiten het estuarium. Wanneer de wind het ene jaar sterker of meer frequent van over de Noordzee komt dan het andere, kan dit zorgen voor een hogere jaargemiddelde waterstand. Figuur 8-2 geeft de jaargemiddelde windcomponent in noorden-zuidelijke richting (windcomponent t.o.v. 0° N) weer, zoals gemeten in Cadzand (aan land) en op de Vlakte van de Raan (op zee). In Figuur 8-3 is de jaargemiddelde windsnelheid in Cadzand uitgezet tegenover de residuen op het jaargemiddelde laagwater (links) en hoogwater (rechts) in Vlissingen. Er is een significante correlatie tussen de windsnelheid en de hoog- en laagwaterresiduen (correlatiecoëfficiënten en p-waarden worden weergegeven in Tabel 8-1). Dit betekent dat een deel van de afwijking van de trend voor de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden kan worden verklaard door de wind. De meest recente jaren (aangegeven als rode en zwarte punten in Figuur 8-2) liggen binnen de puntenwolk van de voorgaande jaren, wat aangeeft dat de relatie tussen de windsnelheid en residuen op de waterstand niet is gewijzigd in de laatste jaren. De correlatie werd ook nagegaan voor de jaargemiddelde windsnelheid op de Vlakte van de Raan: voor de laagwaterresiduen bestaat nog steeds een significante correlatie maar voor de hoogwaters is de correlatie niet meer significant, waarschijnlijk omdat de tijdreeks op de Vlakte van de Raan te kort is. Ook voor andere windrichtingen werd de correlatie nagegaan, maar voor Cadzand werd de sterkste correlatie gevonden voor wind uit de richting 0°.

Er kan dus worden geconcludeerd dat de noord-zuid component van de jaargemiddelde windsnelheid in Cadzand een goede proxy is voor invloed van de wind op de waterstanden in de Scheldemonding. Bij de analyse van de hoog- en laagwaterstanden (§4.1.2.2) werd de invloed van de wind daarom in rekening gebracht bij de vergelijking van de waterstanden met de bestaande trend.




*Figuur 8-2: Vectorieel jaargemiddelde windsnelheid, component t.o.v. 0° N, gemeten in Cadzand en de Vlakte van de Raan.*




*Figuur 8-3: Spreidingsdiagram van de jaargemiddelde windsnelheid Cadzand vs. de residu t.o.v. de T2009 trend van laagwater (links) en hoogwater (rechts) in Vilssingen.*

*Tabel 8-1: Correlatiecoëfficiënt en p-waarde van de kruiscorrelatie test (Pearson) tussen de jaargemiddelde windsnelheid (component t.o.v. 0°N) en de jaargemiddelde HW/LW residuen op de T2009 trend te Vlissingen. Vergelijking van de correlatiecoëfficiënt en p-waarde tussen de perioden 1971-2009 en 1971-2015.*

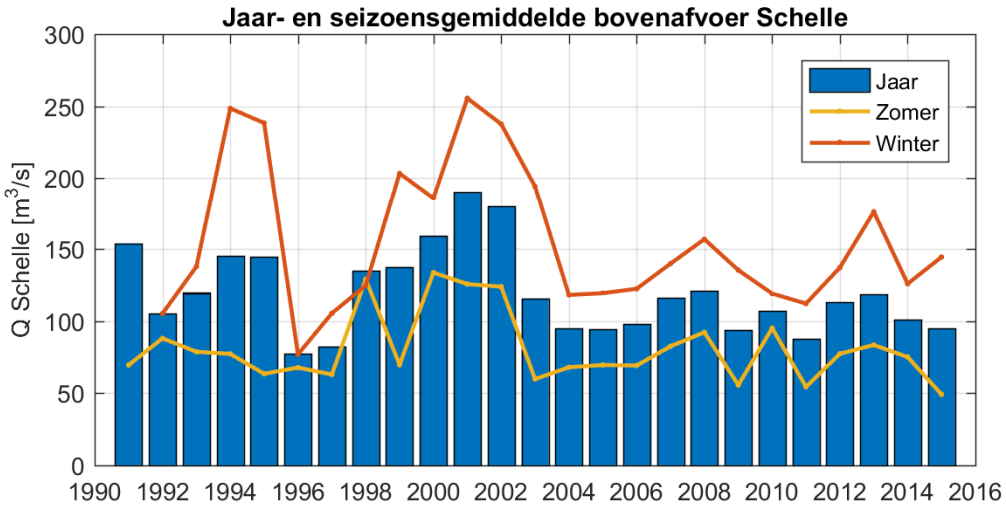
| Kruiscorrelatie | Correlatiecoëff. (Pearson) | | p-waarde (Pearson) | |
|---|---|---|---|---|
| Periode | 1971-2009 | 1971-2015 | 1971-2009 | 1971-2015 |
| Jaargem. rechte opzet – Jaargem. HW T2009 residuen | 0,584 | 0,576 | 1,47e-04 | 6,56e-05 |
| Jaargem. rechte opzet – Jaargem. LW T2009 residuen | 0,612 | 0,645 | 5,66e-05 | 4,09e-06 |

## 8.3 BOVENAFVOER

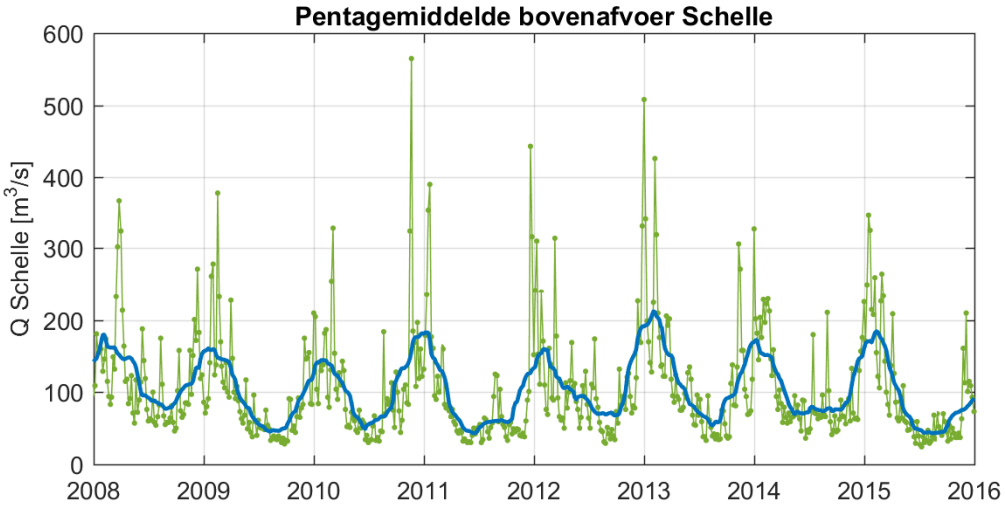
Het afvoerdebiet van het bovenbekken naar de Beneden-Zeeschelde wordt berekend aan de hand van pentadegemiddelde debietwaarden in Schelle, net afwaarts van de Rupelmonding (Taverniers *et al.*, 2013). Figuur 8-4 geeft de jaargemiddelde bovenafvoer weer in Schelle, samen met het seizoenaal gemiddelde voor de zomer (juni-november) en winter (december-mei).

Het afvoerdebiet ligt hoger tijdens de wintermaanden dan tijdens de zomermaanden, en dit bepaalt grotendeels de seizoenale variatie van o.a. zout- en sedimentconcentraties. Als gevolg van de lage neerslag (zie Figuur 8-1) was de bovenafvoer laag in de jaren 2009, 2011, 2014 en 2015. Het jaar 2013 wordt gekenmerkt door een vrij lage jaargemiddelde neerslag en toch een relatief hoge jaargemiddelde bovenafvoer. Dit komt omdat er in december 2012 vrij veel neerslag viel, die zorgde voor een hoog afvoerdebiet in de eerste maanden van 2013 (Figuur 8-5). Het valt ook op te merken dat het jaargemiddeld afvoerdebiet in 2014 en 2015 ongeveer gelijk was, maar 2015 wordt gekenmerkt door een drogere zomer en een nattere winter dan 2014.

Figuur 8-5 geeft de pentadegemiddelde bovenafvoer weer voor de meest recente jaren, samen met een lopend gemiddelde dat de droge en natte periodes zichtbaar maakt. Voor een droge periode is immers naast het minimumdebiet ook de duur van de droogteperiode van belang.

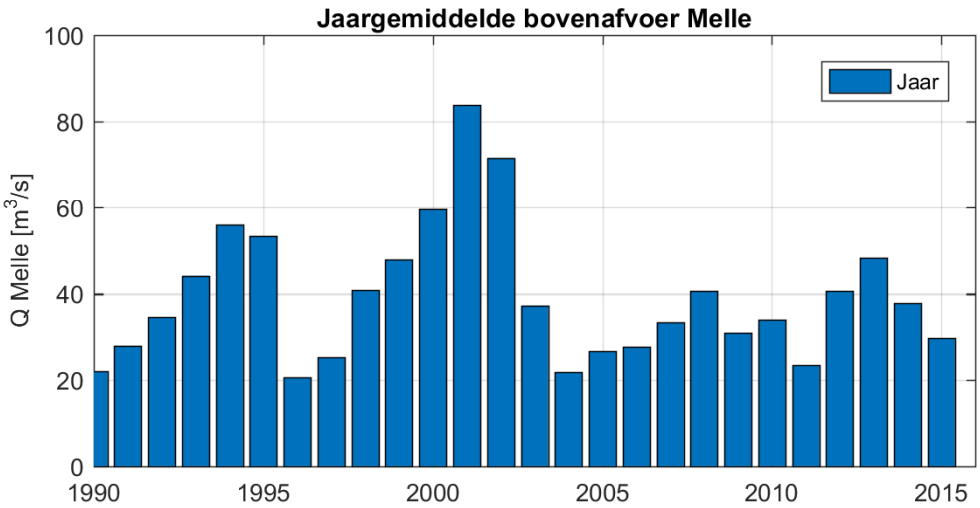



*Figuur 8-4: Jaar- en seizoensgemiddelde bovenafvoer in Schelle*




*Figuur 8-5: Pentadegemiddelde en lopend gemiddelde bovenafvoer in Schelle*

Voor de volledigheid wordt in Figuur 8-6 ook het jaargemiddelde afvoerdebiet in Melle weergegeven; dit is de belangrijkste afvoerdebiet voor de Boven-Zeeschelde. Het hoeft niet te verwonderen dat de patronen van natte en droge jaren in Melle sterk overeenkomen met die van Schelle. Jaren met een lage bovenafvoer zijn echter meestal meer uitgesproken in Melle dan in Schelle omdat het debiet in Melle gereguleerd wordt met behulp van stuwen. Bij droge periodes wordt steeds een minimumdebiet afgeleid naar de andere waterlopen (o.a. het kanaal Gent-Terneuzen), waardoor er nog minder water via Melle in de Boven-Zeeschelde stroomt. De andere bijrivieren van de Zeeschelde (Rupel, Dender, Durme) zijn niet gereguleerd; het volledige afvoerdebiet komt in de Beneden-Zeeschelde terecht. Als gevolg hiervan wijken de droge jaren in Melle sterker af van het gemiddelde dan in Schelle: de afvoer in het droge jaar 2011 was in Melle bijvoorbeeld slechts 59 % van de gemiddelde waarde over de periode 1990-2013, maar in Schelle was de afvoer in 2011 toch 75 % van het gemiddelde.

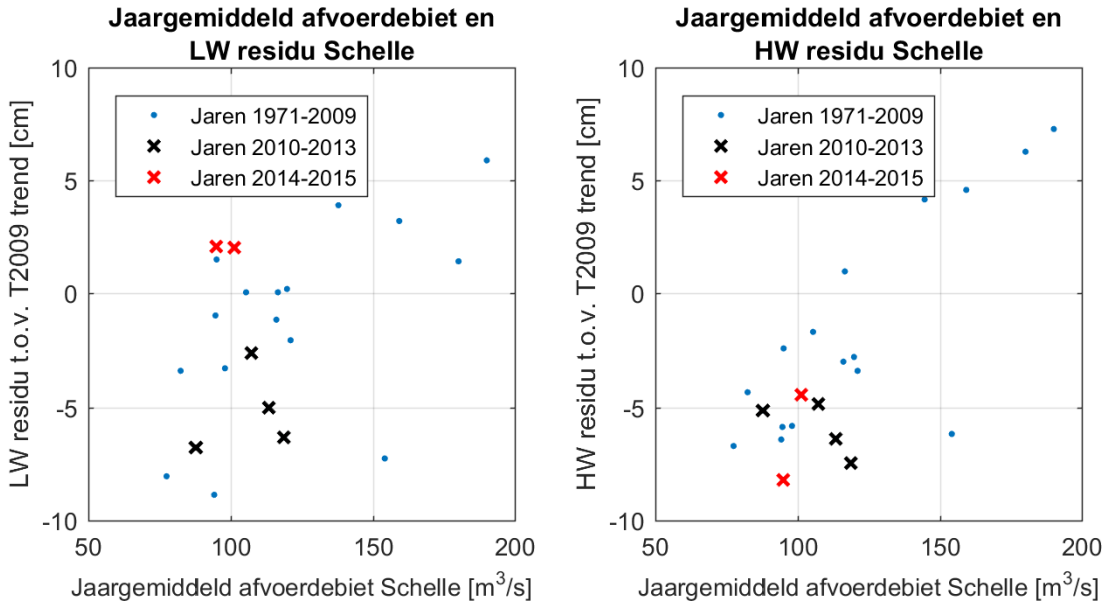



*Figuur 8-6: Jaargemiddelde bovenafvoer in Melle*

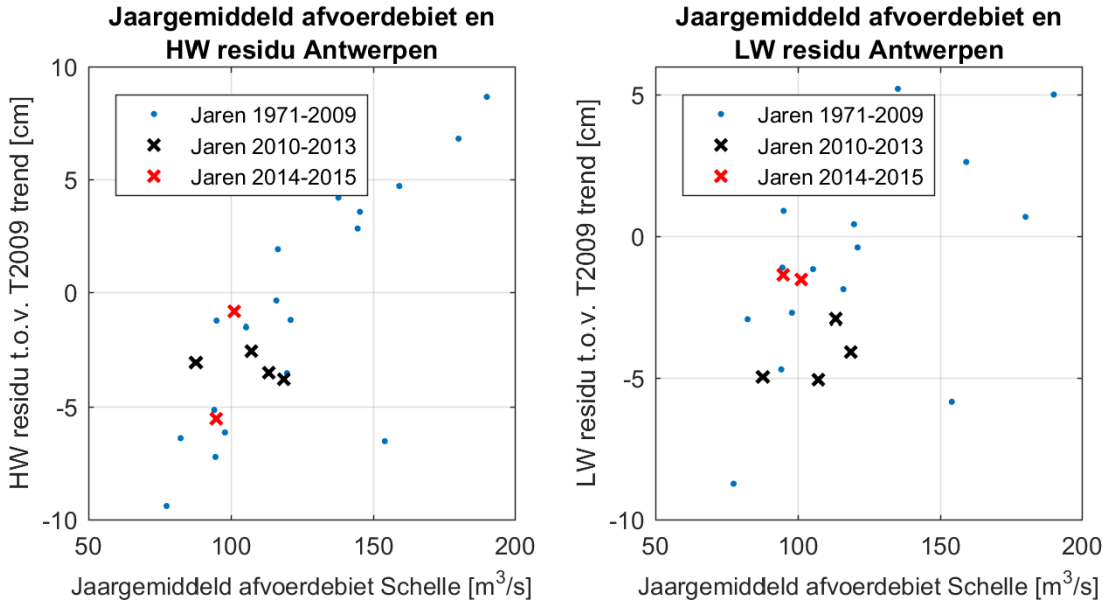
De jaargemiddelde bovenafvoer, die in belangrijke mate wordt bepaald door de neerslag, heeft op zijn beurt een invloed op de hoog- en laagwaterstanden, en dit vooral in het opwaartse deel van het Schelde-estuarium. Figuur 8-7 en Figuur 8-8 geven in een spreidingsdiagram de relatie weer het jaargemiddeld bovenafvoerdebiet in Schelle en de residuen ten opzichte van de bestaande trends voor jaargemiddeld hoog- en laagwater in Schelle en Antwerpen. De bijbehorende correlatiecoëfficiënten en p-waarden zijn samengevat in Tabel 8-2. In alle grafieken is een duidelijke relatie waar te nemen tussen afvoerdebiet en hoog- en laagwaterstanden, inclusief voor de meest recente jaren. In Schelle liggen de datapunten voor laagwater in 2014 en 2015 wel enigszins boven de bestaande puntenwolk. Zie ook paragraaf 4.1.3.2.

*Tabel 8-2: Correlatiecoëfficiënt en p-waarde van de kruiscorrelatie test (Pearson) tussen het jaargemiddeld afvoerdebiet in Schelle en de jaargemiddelde HW/LW residuen op de T2009 trend in Schelle en Antwerpen. Vergelijking van de correlatiecoëfficiënt en p-waarde tussen de perioden 1991-2009 en 1991-2015.*

| **Kruiscorrelatie** | **Correlatiecoëff. (Pearson)** | | **p-waarde (Pearson)** | |
|---|---|---|---|---|
| Periode | 1991-2009 | 1991-2015 | 1991-2009 | 1991-2015 |
| **Schelle** | | | | |
| Q Schelle – Jaargem. HW T2009 residuen | 0,771 | 0,767 | 1,10e-04 | 7,64e-06 |
| Q Schelle – Jaargem. LW T2009 residuen | 0,591 | 0,544 | 7,75e-03 | 4,94e-03 |
| **Antwerpen** | | | | |
| Q Schelle – Jaargem. HW T2009 residuen | 0,795 | 0,788 | 4,82e-05 | 2,90e-06 |
| Q Schelle – Jaargem. LW T2009 residuen | 0,584 | 0,605 | 8,72e-03 | 1,37e-03 |




*Figuur 8-7: Spreidingsdiagram van het jaargemiddelde afvoerdebiet in Vlissingen vs. de residu t.o.v. de T2009 trend van laagwater (links) en hoogwater (rechts) in Schelle*




*Figuur 8-8: Spreidingsdiagram van het jaargemiddelde afvoerdebiet in Vlissingen vs. de residu t.o.v. de T2009 trend van laagwater (links) en hoogwater (rechts) in Antwerpen*

# 9. REFERENTIES

Adriaensen F., Van Damme S., Van den Bergh E., Van Hove D., Brys R., Cox T., Jacobs S., Konings P., Maes J., Maris T., Mertens T., Nachtergale L., Struyf E., Van Braeckel A., Van Hove D. & Meire P. (2005). Instandhoudingsdoelstellingen Schelde-estuarium. University of Antwerp, Ecobe, Ecobe Report O5R.82.

aMT (2010). Voortgang van de verruiming vaargeul Westerschelde en resultaten monitoring gewone zeehond. Rapportage i.k.v. Flora- en faunawetontheffing.

Arcadis (2014a). Ecotopen in de Westerschelde. 7210A/KR-RVB-2-2014.

Arcadis (2014b). T2009-rapport Schelde-estuarium. Addendum leefomgeving. Arcadis Nederland, IMDC, Universiteit Antwerpen, IMARES en NIOZ.

Arts F.A., Lilipaly S. & Strucker R.C.W. (2014). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2012/2013.

Arts F.A., Lilipaly S. & Strucker R.C.W. (2015). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2013/2014.

Arts F.A., Lilipaly S. & Strucker R.C.W. (2016). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2014/2015.

Birdlife International (2014). BirdLife | Partnership for nature and people. Geraadpleegd 8 september 2014, http://www.birdlife.org/.

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

Brasseur S.M., Polanen Petel T.D., Gerrodette T., Meesters E.H., Reijnders P.J. & Aarts G. (2014). Rapid recovery of Dutch gray seal colonies fueled by immigration. *Mar. Mammal Sci.*

Brouwers J., Peeters B., Van Steertegem M., van Lipzig N., Wouters H., Beullens J., Demuzere M., Willems P., De Ridder K., Maiheu B., De Troch R., Termonia P., Vansteenkiste T., Craninx M., Maetens W., Defloor W. & Cauwenberghs K. (2015). MIRA klimaatrapport 2015: over waargenomen en toekomstige klimaatveranderingen. Vlaamse Milieumaatschappij (VMM)/KU Leuven/VITO/KMI.

Buyze E., Van Wichelen J., Dasseville R., Daveloose I., Verstraete T. & Vyverman W. (2015). Phytoplankton and phytobenthos dynamics in the Scheldt estuary in 2014. In: Maris Tom, Meire Patrick (red.) Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. Geïntegreerd eindverslag van het onderzoek verricht in 2014.

CBS, PBL & Wageningen UR (2015). Kokkels in Waddenzee en Zeeuwse Delta, 1990-2014 (indicator 1239, versie 07 , 2 juli 2015 ).

CBS, Planbureau voor de Leefomgeving & Wageningen UR (2014). Kokkels in Waddenzee en Zeeuwse Delta, 1990-2013 (indicator 1239, versie 06, 24 september 2014). Geraadpleegd 2 oktober 2014, http://www.clo.nl/nl1239.

CLO (2015). Gewone en grijze zeehond in Waddenzee en Deltagebied, 1960 - 2014 | Compendium voor de Leefomgeving.

Consortium Arcadis-Technum (2007a). Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Achtergronddocument Baggeren en storten. in opdracht van 00000.

Consortium Arcadis-Technum (2007b). Hoofdrapport Milieueffectenrapport Verruiming vaargeul Beneden- Zeeschelde en Westerschelde. Consortium Arcadis-Technum.

Consortium Arcadis-Technum (2007c). Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Basisrapport slibdynamiek.

Consortium Arcadis-Technum (2007d). Hoofdrapport Passende Beoordeling: verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Consortium Arcadis-Technum.

Consortium Arcadis-Technum (2007e). Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Basisrapport Morfologie. 070921 Basisrapport Morfologie versie 3.4.

Consortium Arcadis-Technum (2007f). Milieueffectenrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Basisrapport Overige Aspecten. Consortium Arcadis – Technum.

Cox T., Maris T. & Meire P. (2015). Wijzigingen in slib- en zoutconcentraties in de Boven-Zeeschelde sinds 2009. Universiteit Antwerpen, ECOBE015-R186.

Cox T., Maris T. & Van Engeland T. (2016). Kwaliteitscontrole oppervlakte SPM-data in de OMES-databank (presentatie).

Cox T. & Meire P. (2015). Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde Deelrapport 6: effecten op primaire productie van verschillende scenario's voor het terugstorten van slib. Nota ECOBE 016-R188.

DAISIE (2014). DAISIE - Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe. Geraadpleegd 2 oktober 2014, http://www.europe-aliens.org/default.do.

De Backer A., Van Coillie F., Montserrat F., Provoost P., Van Colen C., Vincx M. & Degraer S. (2011). Bioturbation effects of Corophium volutator: Importance of density and behavioural activity. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 91(30), 6e313.

De Roo S. (2013). Experimental study of the hydrodynamic performance of a nature-friendly bank protection subject to ship waves in a confined, non-tidal waterway. Doctoraatsthesis, Universiteit Gent.

De Roo S., Van Crombrugge W., Troch P., Van Acker J. & Maes E. (2010). Field monitoring of ship-induced loads on (alternative) bank protections of non-tidal waterways. Book Abstr. 32nd PIANC Congr., Liverpool, UK.

De Roo S., Vanhaute L. & Troch P. (2012). How ship wave action influences the sediment budget of a nature friendly bank protection in a confined, non-tidal waterway. Geophys. Res. Abstr., Vienna, Austria.

Galatius A., Brasseur S., Czeck R., Diederichs B., Jensen L.F. & Körber P. (2014). Aerial surveys of Harbour Seals in the Wadden Sea in 2014—The highest pup count recorded yet.

Helsel D.R. & Hirsch R.M. (2002). Statistical Methods in Water Resources. Techniques of Water Resources Investigations, 5. U.S. Geological Survey.

Holzhauer H., Maris T., Meire P., Van Damme S., Nolte A., Kuijper K., Taal M., Jeuken C., Kromkamp J., van Wesenbeeck B., Van Ryckegem G., Van den Bergh E. & Wijnhoven S. (2011a). Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium. Fase 2. Vlaams Nederlandse Schelde Commissie (VNSC). Projectnummer Deltares: 1204407.

Holzhauer H., Maris T., Meire P., Van Damme S., Nolte A., Kuijper K., Taal M., Jeuken C., Kromkamp J., van Wesenbeeck B., Van Ryckegem G., Van den Bergh E. & Wijnhoven S. (2011b). Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium. Fase 2. Vlaams Nederlandse Schelde Commissie (VNSC). Projectnummer Deltares: 1204407, in opdracht van 00000.

Huisman B.J.A., Schroevers M. & van der Wal M. (2010). Erosie van het slik van Bath : onderzoek naar de drijvende kracht achter erosie. Deltares.

IMDC (2012a). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Deelopdracht 7: Analyse van stortingen in de diepe delen van de hoofdgeul. I/RA/11353/11.076/MIM.

IMDC (2012b). Maandelijkse rapportage september - oktober 2011. Deelopdracht 8, Monitoringprogramma Flexibel Storten. I/RA/11353/11.137/DDP.

IMDC (2013). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Deelopdracht 6: Voortgangsrapport data 2010-2011. I/RA/11353/12.197/DDP, in opdracht van afdeling Maritime Toegang.

IMDC (2014a). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Deelopdracht 6: Voortgangsrapport data 2010-2013, data- en analyserapport. I/RA/11353/14.158/DDP.

IMDC (2014b). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Deelopdracht 12: Analyse van de stortingen in de diepe delen van de hoofdgeul - fase 2. I/RA/11353/12.198/DDP, in opdracht van afdeling Maritieme Toegang.

IMDC (2014c). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Deelopdracht 5: Analyse van de stortingen in de diepe delen van de hoofdgeul - fase 3 (najaar 2012- najaar 2013). I/RA/11353/14.079/KVT.

IMDC (2015a). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Deelopdracht 5: Analyse van de stortingen in de diepe delen van de hoofdgeul - jaarrapport 2014. I/RA/11353/15.031/THL/.

IMDC (2015b). Monitoringprogramma flexibel storten. Maandelijkse rapportage april– mei 2015. I/RA/11353/15.107/JDW.

IMDC (2016a). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Voortgangsrapportage 2014-2015 : Syntheserapport. I/RA/11353/16.117/THL/.

IMDC (2016b). Analyse historische plaatvallen oostelijk deel Westerschelde. I/NO/11353/15.507/VBA.

IMDC (2016c). Statusrapport na start verdiepingsstortingen - jaar 6. Monitoringprogramma flexibel storten. Deelopdracht 9. I/RA/11353/16.064/MGO/.

IMDC (2016d). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Multivariate analyse van metingen van sedimentconcentratie in de Zeeschelde. I/RA/11353/15.228/THL.

IMDC & Arcadis (2013). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Areaalontwikkeling Hooge Platen Noord. International Marine & Dredging Consultants, I/NO/11353/13.217/DDP.

IMDC & Arcadis (2014). Aanvulling hoogteontwikkeling Hooge Platen Noord – data 2013. I/NO/11353/14.001/DDP.

IMDC, Svasek, Deltares & Arcadis (2013a). LTV Veiligheid en toegankelijkheid. Analyse havenstortvak W13. Basisrapport specifieke beheervragen B-21. I/RA/11387/12.108/GVH.

IMDC, UA & HWE (2013b). Derde Verruiming Schelde: Voortgangsrapport Data 2010-2011. IMDC NV., I/RA/11353/12.197/DDP.

INBO (2016). MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: Toestand Zeeschelde 2015 - Monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten.

Jentink R. (2014). Analyse van de erosie bij Saeftinge Oost. Rijkswaterstaat, CIV, 7210A/RA-SO-1-2013.

Jentink R. (2015a). Sedimentatie/Erosie metingen Flexibel Storten. Brondata Datarapportage 2015 (.xlsx data). Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening.

Jentink R. (2015b). Opvolging Effecten Flexibel Storten. Halfjaar rapportage Hoogeplaten Noord, tweede halfjaar 2015. Rapportnummer: 7210A/KR-HPN-2-2015. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening, Inwinning en Gegevensanalyse, Regio Zuid, Middelburg.

Jentink R. (2015c). Opvolging Effecten Flexibel Storten. Halfjaar rapportage Hoogeplaten West, tweede halfjaar 2015. Rapportnummer: 210A/KR-HPW-2-2015. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening, Inwinning en Gegevensanalyse, Regio Zuid, Middelburg.

Jentink R. (2015d). Opvolging Effecten Flexibel Storten. Halfjaar rapportage Plaat van Walsoorden, tweede halfjaar 2015. Rapportnummer: 7210A/KR-PVW-2-2015. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening, Inwinning en Gegevensanalyse, Regio Zuid, Middelburg.

Jentink R. (2015e). Opvolging Effecten Flexibel Storten. Halfjaar rapportage Rug van Baarland, tweede halfjaar 2015. Rapportnummer: 7210A/KR-RVB-2-2015. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening, Inwinning en Gegevensanalyse, Regio Zuid, Middelburg.

Jentink R., de Klerk J. & Schrijver M. (2014). Opvolging Effecten Flexibel Storten. Datarapportage 2013. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening, 7210A/DR-2014-01.

Jentink R., de Klerk J. & Schrijver M. (2016). Opvolging effecten Flexibel Storten, datarapportage 2015. Rapportnr. 7210A/DR-2016-01.

Kesteloo J.J., van Zweeden C. & Troost K. (2012). Het kokkelbestand in de Nederlandse kustwateren in 2011. *IMARES Wagening. Rep.*

KMI (2016). Klimatologisch jaaroverzicht, 2015. in opdracht van http://www.meteo.be/resources/climateReportWeb/klimatologisch_jaaroverzicht_2015.pdf.

Laursen K., Blew J., Eskildsen K., Gunther K., Halterlein B., Kleefstra R., Luersen G., Potel P. & Schrader S. (2010). Migratory Waterbirds in the Wadden Sea 1987- 200. Common Wadden Sea Secretariat, Joint Monitoring Group of Migratory Birds in the Wadden Sea, Wadden Sea Ecosystem No.30.

LTV-consortium (2014). Advies Flexibel Storten. Voorstel voor het afleiden van koerslijnen en ondergrenzen. (1209395-000-ZKS-0001, concept). LTV-consortium Deltares - IMDC - Svasek - Arcadis.

Maris T., Bruens A., van Duren L., Vroom J., Holzhauer H., De Jonge M., Van Damme S., Nolte A., Kuijper K., Taal M., Jeuken C., Kromkamp J., van Wesenbeeck B., Van Ryckegem G., Van den Bergh E., Wijnhoven S. & Meire P. (2014). Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium Update 2014. Deltares, Universiteit Antwerpen, NIOZ en INBO.

Maris T., Cox T. & Meire P. (2015). OMES. Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. Geïntegreerd eindverslag van het onderzoek verricht in 2014. Universiteit Antwerpen, ECOBE 016-R191, in opdracht van Vlaamse Overheid, Waterwegen & Zeekanalen – afdeling Zeeschelde.

Maris T., Oosterlee L. & Meire P. (2013). OMES. Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. Geïntegreerd eindverslag van het onderzoek verricht in 2011. Universiteit Antwerpen, ECOBE 013-R155, in opdracht van Vlaamse Overheid, Waterwegen & Zeekanalen – afdeling Zeeschelde.

Meininger P., Witte R. & Graveland J. (2003). Zeezoogdieren in de Westerschelde: knelpunten en kansen. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Rapport RIKZ/2003.041.

Ministerie van Economische Zaken van Nederland (2014). Beschermde natuur in Nederland: soorten en gebieden in wetgeving en beleid. Geraadpleegd 16 oktober 2014, http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=10&id=n2k122&topic=introductie.

Projectgroep Flexibel Storten (2016). Toetsing Kwaliteitsparameters 2016.

Rijkswaterstaat (2006). Ecotopenkaarten Westerschelde. Werkdocument bij de edities 1996, 2001 en 2004. Rijkswaterstaat Zeeland.

Rijkswaterstaat (2014). Ecotooparealen_toetsing_2014.xlsx (digitale brondata). Rijkswaterstaat.

Rijkswaterstaat, Zee en Delta (2013). Vergunning voor het storten van bodemmateriaal in de Westerschelde. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Nummer WTW11682.RWS-2013/47368.

Roose F. (2008). Nota - Toelichting formaat BIS-gegevens (26 mei 2008). Maritieme Toegang, Departement MOW, Vlaamse Overheid.

Schrijver M. (2015). Monitoring meergeulensysteem Westerschelde - Toetsing criteria nevengeulen. Rijkswaterstaat, 7210A/MMGW-2015-01.

Schrijver M. (2016). Toelichting op de resultaten toetsing criterium sedimentatie/erosie plaathoogtes. Rijkswaterstaat Zee en Delta, Zeeland.

Schrijver M. & Plancke Y. (2008). Uitvoeringsplan MONEOS-T 2008-2018. Rijkswaterstaat Zeeland/Vlaamse Overheid. Departement voor Mobiliteit en Openbare Werken, MONEOS-T-2008-033 /WL2008R791-3_1ref1_0.

Schrijver M. & Plancke Y. (2015). Uitvoeringsplan MONEOS-T 2015-2022. Rijkswaterstaat Zeeland/Vlaamse Overheid. Departement voor Mobiliteit en Openbare Werken, MONEOS-T-2015-001 /WL2015R00_031_18.

Sinke O. (2011). Monitoring geulwanden Westerschelde. Locaties Ossenisse, Zuidergat, Valkenisse, Saeftinge en Bath. (Rapportnr. WVM_GWVD_2011/01.). Rijkswaterstaat Zeeland.

Sinke O. (2014). Monitoring geulwanden Westerschelde 2014. Locaties Ossenisse, Zuidergat, Baalhoek, Valkenisse, Bath en Saeftinge. Rijkswaterstaat.

Sovon (2016). Vogelonderzoek Nederland www.sovon.nl. Geraadpleegd 7 augustus 2014, https://www.sovon.nl/.

Spronk G. & Vereecken H. (2010). Verslag Afstemming monitoring - Saliniteit, Geleidendheid, Chloride. Vlaams Nederlandse Schelde Commissie (VNSC).

STERK Consulting (2006). Vergunningenregime Flexibele stortstrategie Westerschelde. Uitvoering geven aan een flexibele Wvo-vergunning. Centrum voor Wetgevingsvraagstukken Uvt en STERK Consulting.

Strucker R.C.W., Arts F.A. & Hoekstein M.S.J. (2015). Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2014.

Strucker R.C.W., Arts F.A. & Lilipaly S. (2011). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2009/2010. Rijkswaterstaat Waterdienst, RWS Waterdienst BM 11.10.

Strucker R.C.W., Arts F.A. & Lilipaly S. (2012). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2010/2011. Rijkswaterstaat Waterdienst, RWS Waterdienst BM 12.07.

Strucker R.C.W., Arts F.A. & Lilipaly S. (2013). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2011/2012. Rijkswaterstaat Waterdienst, RWS Waterdienst BM 13.19.

Strucker R.C.W., Hoekstein M.S.J. & Wolf P.A. (2016). Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2015. RWS Centrale Informatievoorziening, BM 16.06.

Strucker R.C.W., Hoekstein M.S.J. & Wolf P.A. (2010). Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2009. Delta Project Management/Rijkswaterstaat Waterdienst, RWS Waterdienst BM 10.09.

T2009 Consortium (2013). T2009-rapport Schelde-estuarium. Arcadis Nederland, IMDC, Universiteit Antwerpen, IMARES en NIOZ.

Taverniers E., Plancke Y. & Mostaert F. (2013). MONEOS - jaarboek monitoring WL - BASISBOEK: Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in het Zeescheldebekken gemeten - uitleggend basisboek met algemene situering, methodologie en achtergrond. Waterbouwkundig Laboratorium, WL Rapporten, Projectnr 12_070.

Taverniers E., Vereecken H. & Mostaert F. (2011). MONEOS - jaarboek monitoring WL 2010: Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in 2011

in het Zeescheldebekken gemeten. Versie 4_0. Waterbouwkundig Laboratorium, WL Rapporten, Projectnr 833_07.

Technum (2016). Acceptatiecriteria terugstorten baggerspecie Beneden-Zeeschelde en evolutie chemische kwaliteit waterbodem t/m 2013. P.5152-15-04-003-06.

Troost K., Drent J., Folmer E. & van Stralen M. (2012). Ontwikkeling van schelpdierbestanden op de droogvallende platen van de Waddenzee. *Levende Nat.*, 113(3), 83–88.

van Asch M., van den Ende D., Brummelhuis E.B.M., van Zweeden C. & Troost K. (2015). Het kokkelbestand in de Nederlandse kustwateren in 2015. *IMARES Wagening. Rep.*

Van Colen C., Lenoir J., De Backer A., Vanelslander B., Vincx M., Degraer S. & Ysebaert T. (2009). Settlement of Macoma balthica larvae in response to benthic diatom films. *Mar. Biol.*, 156(10), 2161–2171.

Van der Wal D. (2016). Bodemdieren Westerschelde: litoraal.

van Zweeden C., Troost K., van Asch M. & Kesteloo-Hendrikse J.J. (2012). Het kokkelbestand in de Nederlandse kustwateren in 2012. *IMARES Wagening. Rep.*

Vandenbruwaene, W., Wildemeersch K., Vanlede J., Plancke Y., Verwaest T. & Mostaert F. (2015). Slibbalans Zeeschelde. Deelrapport 4 - Historische evolutie SPM. Flanders Hydraulics Reseach, WL Rapporten, WL2014R00_029_4.

Vanlierde E., Ferket B., Pauwaert Z., Michielsen S., Van De Moortel I., Levy Y., Plancke Y., Meire D., Deschamps M., Verwaest T. & Mostaert F. (2016). MONEOS - jaarboek monitoring WL 2015: Factual data rapportage van monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals gemeten door WL in het Zeescheldebekken in 2015. Waterbouwkundig Laboratorium, WL2016R12_070_5.

Vanlierde E., Ferket B., Pauwaert Z., Michielsen S., Vereycken K., Levy Y., Plancke Y., Meire D., Deschamps M., Verwaest T. & Mostaert F. (2015). MONEOS - jaarboek monitoring WL 2014: Factual data rapportage van monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals gemeten door WL in het Zeescheldebekken in 2014. Waterbouwkundig Laboratorium, WL Rapporten, 12_070.

Vanlierde E., Wouters M., Vereecken H. & Mostaert F. (2010). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Westerschelde: monsternamecampagne 2010. Versie 2.0. Waterbouwkundig Laboratorium, WL Rapporten, 708_08a.

Vereecken H., Vanlierde E., Taverniers E. & Mostaert F. (2012). MONEOS - jaarboek monitoring WL 2011: Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in 2011 in het Zeescheldebekken gemeten. Versie 4_0. Waterbouwkundig Laboratorium, WL Rapporten, Projectnr 833_07.

VMM (2002). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2002.

VMM (2003). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2003.

VMM (2004). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2004.

VMM (2006). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2006.

VMM (2007). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2007.

VMM (2009a). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2009. Vlaamse Milieumaatschappij.

VMM (2009b). Chemische kwaliteit van baggerspecie in de Westerschelde. Campagne 2009.

VMM (2010). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2010.

VMM (2011). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2011.

VMM (2012). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2012.

VMM (2013). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2013.

VMM (2014). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2014.

VMM (2015a). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2015.

VMM (2015b). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Westerschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Westerschelde. Campagne 2015.

Vroom J., Van Gils J.A.G. & Holzhauer H. (2013). Eerstelijnsrapportage Westerschelde 2012. Beschikbare data van 1996 t/m 2012. Deltares.

WBR (2009). Vergunning voor het storten van bodemmateriaal in de Westerschelde. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Zaaknummer Z 8500187272.

Winterwerp J.C. (2013). Response of tidal rivers to deepening and narrowing, Basisrapport grootschalige ontwikkeling G-14. International Marine & Dredging Consultants/Deltares/Svašek Hydraulics BV/ARCADIS Nederland BV, I/RA/11387/12.292/GVH.

WoRMS (2014). WoRMS - World Register of Marine Species. Geraadpleegd 2 oktober 2014, http://www.marinespecies.org/index.php.

Ysebaert T., Craeymeersch J.A. & van der Wal D. (2016). De relatie tussen bodemdieren en hydro- en morfodynamiek in het sublitoraal en litoraal van de Westerschelde.

Ysebaert T., Meininger P.L., Meire P., Devos K., Berrevoets C.M., Strucker R.C. & Kuijken E. (2000). Waterbird communities along the estuarine salinity gradient of the Schelde estuary, NW-Europe. *Biodivers. Conserv.*, 9(9), 1275–1296.

Zeileis A., Kleiber C., Krämer W. & Hornik K. (2003). Testing and dating of structural changes in practice. *Comput. Stat. Data Anal.*, 44(1–2), 109–123, doi: 10.1016/S0167-9473(03)00030-6.

Zeileis A., Leisch F., Kleiber C. & Hornik K. (2005). Monitoring structural change in dynamic econometric models. *J. Appl. Econom.*, 20(1), 99–121, doi: 10.1002/jae.776.

# 10. BIJLAGEN

Voor de bijlagen wordt verwezen naar het afzonderlijke bijlagen gedeelte van dit Data- en analyserapport (digitaal).