Vlaamse overheid

RAPPORT

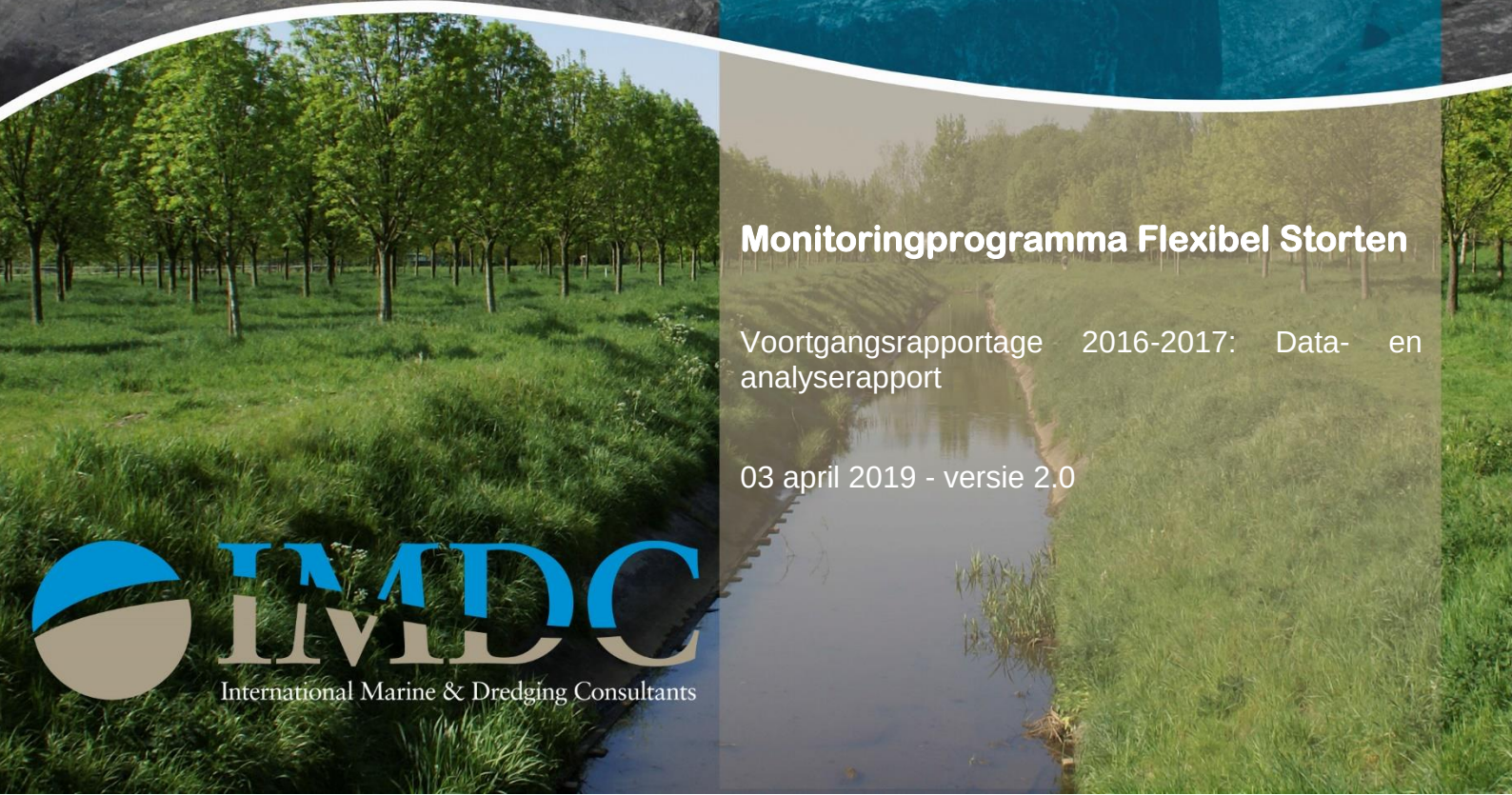
Vlaamse Overheid

Afdeling Maritieme Toegang

Monitoringprogramma Flexibel Storten

Voortgangsrapportage 2016-2017: Data- en analyserapport

03 april 2019 - versie 2.0



IMDC

International Marine & Dredging Consultants

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 2016-2017: Data- en analyserapport
Project	Monitoringprogramma Flexibel Storten
Opdrachtgever	Vlaamse Overheid - Afdeling Maritieme Toegang
Besteknummer	MT/01357_07
Documentref	I/RA/11498/18.126/API
Documentnaam	K:\PROJECTS\11\11498_P009392 - Vaarwegbeheer 2016-2021\11498-006 - Voortgangrapport 4\10-Rap\RA18126_11498_Voortgangsrapportage 4 - datarapport\RA18126_11498_Voortgangsrapport 4 - Analyserapport_v2.0_master.docx

Revisies

Versie	Datum	Omschrijving	Auteur	Nazicht	Goedgekeurd
1.0	01/03/2019	Concept t.b.v. Overleg Flexibel Storten	Zie auteurslijst	Zie revisorenlijst	GVH
2.0	03/04/2019	Verwerking commentaar Overleg Flexibel Storten	Zie auteurslijst	Zie revisorenlijst	GVH

Auteurs: Lanckriet T., Pandelaers C., Pieterse A., Van Holland G.
Revisoren: Heinis F. (HWE), Meire P. (ECOBE), Van Holland G.

Goedkeuring

Auteur	API	Aline Pieterse (Signature)	Digitally signed by Aline Pieterse (Signature) Date: 2019.04.05 13:37:32 +02'00'
Nazicht	THL	Thijs Lanckriet (Signature)	Digitally signed by Thijs Lanckriet (Signature) Date: 2019.04.05 13:45:04 +02'00'
Goedgekeurd	GVH	Gijsbert van Holland (Signature)	Digitally signed by Gijsbert van Holland (Signature) Date: 2019.04.05 13:02:55 +02'00'

Verdeellijst

x	Digitaal	Dhr. J. Suffis, Afdeling Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid

Contactpersoon IMDC

Contactpersoon	Gijsbert van Holland
Telefoonnummer	+32 3 270 92 23
E-mail	gijsbert.van.holland@imdc.be

Abstract

De Voortgangsrapportage 2016-2017 brengt verslag uit 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 analyse van deze gegevens laat toe de effecten van het project van de derde verruiming van de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde te evalueren en af te toetsen tegen wat in onder andere het MER als verwachting werd geformuleerd, en adviezen met betrekking tot 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 5
2.1 INGREPEN 5
2.2 HYDRODYNAMIEK 5
2.3 MORFOLOGIE EN LEEFOMGEVING 10
2.3.1 Morfologie 10
2.3.2 Hoogte slikken en platen 11
2.3.3 Integrale analyse meetpunten 11
2.3.4 Het watervolume in de geulen 11
2.3.5 Stabiliteit plaatrandstortingen 12
2.3.6 Ecotooparealen 12
2.4 FYSICOCHEMIE EN WATERKWALITEIT 13
2.5 FAUNA 14
3. INGREPEN 16
3.1 INGREPEN WESTERSCHELDE 16
3.1.1 Onderhoudsbaggerwerken 16
3.1.2 Stortactiviteiten in kader van de onderhoudsbaggerwerken 19
3.1.3 Proefstortingen 24
3.1.4 Stortingen geulwandverdediging Gat van Ossenisse 24
3.1.5 Bagger-stort relaties 25
3.1.6 Havenstortingen 25
3.1.7 Zandwinning 26
3.2 INGREPEN BENEDEN-ZEESCHELDE 27
3.2.1 Onderhoudsbaggerwerken 27
3.2.2 Zandwinning 33
3.3 SAMENVATTING INGREPEN 34
4. METEOROLOGIE EN BOVENAFVOER 35
4.1 METEOROLOGIE 35
4.1.1 Neerslag 35
4.1.2 Wind 36

4.2 BOVENAFVOER 38
5. HYDRODYNAMIEK 41
5.1 HOOG- EN LAAGWATERSTANDEN EN GETIJSLAG 41
5.1.1 Methodologie 41
5.1.2 Westerschelde 43
5.1.3 Beneden-Zeeschelde 50
5.1.4 Getijslag 55
5.1.5 Bespreking en conclusies 64
5.2 GOLVEN 65
5.2.1 Inleiding 65
5.2.2 Resultaten 66
5.2.3 Conclusies 67
5.3 STROOMSNELHEDEN 69
5.3.1 Plaatranden in de Westerschelde 69
5.3.2 Meetpunten in de Beneden-Zeeschelde 72
5.4 SAMENVATTING HYDRODYNAMIEK 75
6. MORFOLOGIE EN LEEFOMGEVING 77
6.1 RECENTE MORFOLOGISCHE VERANDERINGEN 77
6.1.1 Westerschelde 77
6.1.2 Geulwandverdedigingen 86
6.1.3 Beneden-Zeeschelde 93
6.2 SLIKKEN EN PLATEN 98
6.2.1 Hoogtemetingen bij de plaatrandstortzones (Westerschelde) 98
6.2.2 Schorranderosiemetingen (Westerschelde) 110
6.2.3 Schor-slikraaien Beneden-Zeeschelde 128
6.3 INTEGRALE ANALYSE MEETPUNTEN 136
6.3.1 Hooge Platen West 137
6.3.2 Hooge Platen Noord 138
6.3.3 Plaat van Walsoorden 140
6.3.4 Rug van Baarland 143
6.3.5 Samenvatting 146
6.4 WATERVOLUME IN DE GEULEN 150
6.4.1 Maximaal toegelaten verandering 151
6.4.2 Ondergrens en waarschuwingsgrens 152
6.4.3 Kantelindex 153
6.4.4 Getijvolume 153
6.4.5 Toetsing 154

6.5 STABILITEIT VAN DE PLAATRANDSTORTINGEN 172
6.6 PROEFSTORTINGEN 184
6.6.1 Suikerplaat 184
6.6.2 Put van Hansweert 185
6.6.3 Inloop van Ossenisse 187
6.7 ECOTOOPAREALEN 188
6.7.1 Westerschelde 188
6.7.2 Beneden-Zeeschelde 201
6.8 HYPSOMETRIE 208
6.9 SAMENVATTING MORFOLOGIE 211
7. FYSICOCHEMIE EN WATERBODEMKWALITEIT 213
7.1 ZWEVENDE STOF 213
7.1.1 Westerschelde 213
7.1.2 Beneden-Zeeschelde 214
7.1.3 Bespreking en conclusies 225
7.2 LICHTPENETRATIE 225
7.2.1 Westerschelde 226
7.2.2 Beneden-Zeeschelde 227
7.3 CHLOROFYLGEHALTE 228
7.3.1 Westerschelde 228
7.3.2 Beneden-Zeeschelde 231
7.4 CHLORIDEGEHALTE 236
7.4.1 Westerschelde 237
7.4.2 Beneden-Zeeschelde 240
7.5 CHEMISCHE KWALITEIT VAN DE WATERBODEM 246
7.5.1 Westerschelde 247
7.5.2 Beneden-Zeeschelde 251
7.6 SAMENVATTING FYSICOCHEMIE EN WATERBODEMKWALITEIT 255
8. FAUNA 257
8.1 MACROZOÖBENTHOS 257
8.1.1 Inleiding 257
8.1.2 Data 258
8.1.3 Analyses 263
8.2 VOGELS 276
8.2.1 Inleiding 276
8.2.2 Data 278
8.2.3 Niet-Broedvogels 281

8.2.4 Broedvogels 292
8.2.5 Foerageergebied (droogvalduur 30-70%) 298
8.3 ZEEHONDEN 301
8.3.1 Inleiding 301
8.3.2 Data 302
8.3.3 Analyses 303
8.4 SAMENVATTING FAUNA 312
9. REFERENTIES 314
10. BIJLAGEN 323

Bijlagen

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

Lijst van tabellen

TABEL 2-1: OVERZICHT VAN DE DATABRONNEN VOOR DE JAARGEMIDDELDE WATERSTANDEN 7
TABEL 2-2: OVERZICHT VAN PEILSCHAALCORRECTIES VAN MEETSTATIONS IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE. 8
TABEL 2-3: OVERZICHT VAN DE DATABRONNEN VOOR DE GOLFWERKING. 8
TABEL 2-4: OVERZICHT VAN DE DATABRONNEN VOOR DE STROOMSNELHEDEN AAN DE PLAATRANDEN IN DE WESTERSCHELDE. (*: DEZE PLAAT BETREFT GEEN PLAATRANDSTORTLOCATIE) 10
TABEL 2-5: OVERZICHT DATABRONNEN WESTERSCHELDE 13
TABEL 2-6: OVERZICHT DATABRONNEN BENEDEN-ZEESCHELDE 13
TABEL 3-1: BAGGERVOLUMES (IN SITU MM^3) IN VERGELIJKING MET IN DE MER VERWACHTE ONDERHOUDSINSPANNING. VJ = VERGUNNINGSJAAR. VJ 1 BEVAT OOK DE AANLEG VAN 7,7 MM^3. 18
TABEL 3-2: OVERZICHT BAGGERWERKEN TER HOOGTE VAN DE DE WIELINGEN [M^3 IN SITU]. 19
TABEL 3-3: MAXIMAAL VERGUNDE STORTCAPACITEIT (IN M^3 IN SITU) VOOR DE EERSTE VERGUNNINGSPERIODE (2010-2015). 19
TABEL 3-4: MAXIMAAL VERGUNDE STORTCAPACITEIT (IN M^3 IN SITU) VOOR DE TWEEDE VERGUNNINGSPERIODE (2015-2022). 20
TABEL 3-5: SAMENVATTING GESTORTE IN-SITU VOLUMES (IN M^3) VOOR DE EERSTE VERGUNNINGSPERIODE (2010-2015). 22
TABEL 3-6: SAMENVATTING GESTORTE IN-SITU VOLUMES (IN M^3) VOOR DE EERSTE DRIE JAAR (2015-2018) VAN DE TWEEDE VERGUNNINGSPERIODE. 23
TABEL 3-7: ZANDWINVOLUMES IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE [M^3] 33
TABEL 4-1: CORRELATIECOËFFICIËNT EN P-WAARDE VAN DE KRUISCORRELATIE TEST (PEARSON) TUSSEN DE JAARGEMIDDELDE WINDSNELHEID (COMPONENT UIT HET

WESTEN) EN DE JAARGEMIDDELDE HW/LW RESIDUEN OP DE T2009 TREND TE VLISSINGEN. VERGELIJKING VAN DE CORRELATIECOËFFICIËNT EN P-WAARDE VOOR DE PERIODEN 1972-2009 EN 1972-2017. 37

TABEL 4-2: 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 ANTWERPEN. VERGELIJKING VAN DE CORRELATIECOËFFICIËNT EN P-WAARDE TUSSEN DE PERIODES 1991-2009 EN 1991-2017. 40

TABEL 5-1: OVERZICHT VAN DE REGRESSIEPARAMETERS TREND T2009, GETIJPOSTEN WESTERSCHELDE. 43

TABEL 5-2: OVERZICHT VAN DE REGRESSIEPARAMETERS TREND T2009, GETIJPOSTEN BENEDEN-ZEESCHELDE. 50

TABEL 5-3: OVERZICHT VAN DE REGRESSIEPARAMETERS TREND T2009, JAARGEMIDDELDE GETIJSLAG. 56

TABEL 6-1: SEDIMENTATIE- EN EROSIENORM PER HOOGTEKLASSE. 99

TABEL 6-2: VERKLARING VAN DE AANWEZIGE GEOMORFOLOGISCHE EENHEDEN. 137

TABEL 6-3: VERKLARING VAN GEBRUIKTE SYMBOLEN. 146

TABEL 6-4: ANALYSE PARAMETERS VOOR HOOGE PLATEN IN DE PERIODE 2009-2017. 147

TABEL 6-5: ANALYSE PARAMETERS VOOR PLAAT VAN WALSOORDEN IN DE PERIODE 2009-2017. 148

TABEL 6-6: ANALYSE PARAMETERS VOOR RUG VAN BAARLAND IN DE PERIODE 2009-2017. 149

TABEL 6-7: MAXIMAAL JAARLIJKS TE STORTEN HOEVEELHEDEN IN DE NEVENGEULEN. 152

TABEL 6-8: RAAI PER MACROCEL WAAR HET GETIJVOLUME WORDT BEPAALD. 153

TABEL 6-9: GEWENSTE HOEVEELHEDEN SPECIE PER JAAR NA BEËINDIGEN STORTEN VERDIEPINGSSPECIE (STABILITEIT PLAATRANDSTORTING). 172

TABEL 6-10: SAMENVATTING VAN DE STABILITEIT VAN DE PLAATRANDSTORTINGEN OP HOOGE PLATEN WEST. VOLUMES IN M³. TOETSWAARDEN VOOR DE VERSCHILLENDE VERGUNNINGSJAREN STAAN IN VET AFGEDRUKT. GROTE PEILINGEN WORDEN IN DE NUMMERING MET '-GP' AANGEDUID. 174

TABEL 6-11: SAMENVATTING VAN DE STABILITEIT VAN DE PLAATRANDSTORTINGEN OP HOOGE PLATEN NOORD. VOLUMES IN M³. TOETSWAARDEN VOOR DE VERSCHILLENDE VERGUNNINGSJAREN STAAN IN VET AFGEDRUKT. GROTE PEILINGEN WORDEN IN DE NUMMERING MET '-GP' AANGEDUID. 176

TABEL 6-12: SAMENVATTING VAN DE STABILITEIT VAN DE PLAATRANDSTORTINGEN OP DE PLAAT VAN WALSOORDEN. TOETSWAARDEN STAAN IN VET AFGEDRUKT. 179

TABEL 6-13: SAMENVATTING VAN DE STABILITEIT VAN DE PLAATRANDSTORTINGEN OP DE RUG VAN BAARLAND. TOETSWAARDEN STAAN IN VET AFGEDRUKT. 181

TABEL 6-14: TOETSWAARDEN STABILITEIT PLAATRANDSTORTINGEN TEN OPZICHTE VAN DE START VAN DE VERRUIMING. 183

TABEL 6-15: TOETSWAARDEN STABILITEIT PLAATRANDSTORTINGEN TEN OPZICHTE VAN DE START VAN DE TWEEDE VERGUNNINGSPERIODE. 183

TABEL 6-16: ECOTOPEN ONTWIKKELING IN DE PERIODE 1996-2016 VOOR DE WESTERSCHELDE (IN HA). 191

TABEL 6-17: ECOTOPEN TURNOVER IN DE PERIODE 2010-2016 VOOR DE WESTERSCHELDE (IN HA). 192

TABEL 6-18: SAMENVATTING WAARDEVOL LAAGDYNAMISCH AREAAL OP DE HOOGE PLATEN WEST (OPP. IN HA). 194

TABEL 6-19: VERSCHIL WAARDEVOL LAAGDYNAMISCH AREAAL OP DE HOOGE PLATEN WEST (OPP. IN HA). 195

TABEL 6-20: SAMENVATTING WAARDEVOL LAAGDYNAMISCH AREAAL OP DE HOOGE PLATEN NOORD (OPP. IN HA). 195

TABEL 6-21: VERSCHIL WAARDEVOL LAAGDYNAMISCH AREAAL OP DE HOOGE PLATEN NOORD (OPP. IN HA). 195

TABEL 6-22: SAMENVATTING WAARDEVOL LAAGDYNAMISCH AREAAL OP DE PLAAT VAN WALSOORDEN (OPP. IN HA). 197

TABEL 6-23: VERSCHIL WAARDEVOL LAAGDYNAMISCH AREAAL OP DE PLAAT VAN WALSOORDEN (OPP. IN HA). 197

TABEL 6-24: SAMENVATTING WAARDEVOL LAAGDYNAMISCH AREAAL OP DE RUG VAN BAARLAND (OPP. IN HA). 199

TABEL 6-25: VERSCHIL WAARDEVOL LAAGDYNAMISCH AREAAL OP DE RUG VAN BAARLAND (OPP. IN HA). 199

TABEL 6-26: EVOLUTIE VAN DE ECOTOPEN IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE TUSSEN 2010 EN 2016 (HA). 202

TABEL 6-27: OMZETTING VAN DE ECOTOPENAREALEN IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE TUSSEN 2010 EN 2016 (IN HA). 204

TABEL 6-28: OMZETTING VAN DE ECOTOPENAREALEN OP HET GROOT BUITENSCHOOR TUSSEN 2010 EN 2016 (IN M^2). 205

TABEL 6-29: OMZETTING VAN DE ECOTOPENAREALEN OP HET PAARDENSCHOR TUSSEN 2010 EN 2016 (IN M^2). 206

TABEL 6-30: OMZETTING VAN DE ECOTOPENAREALEN OP HET GALGESCHOOR TUSSEN 2010 EN 2016 (IN M^2). 207

TABEL 7-1: JAARGEMIDDELDES, STANDAARDAFWIJKING, 99^{STE} 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. 220

TABEL 7-2: EVOLUTIE BODEMKWALITEIT WESTERSCHELDE VOOR STORTING IN ZOUTE WATEREN (VMM, 2017A). 250

TABEL 7-3: NORMOVERSCHRIJDINGEN ORGANISCHE PARAMETERS IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (2002 T/M 2017). EEN LEGE CEL WIL ZEGGEN DAT ER GEEN NORMEN OVERSCHREDEN ZIJN. DE RODE WAARDEN DUIDEN EROP DAT DE CRITERIA MET MEER DAN 50 % WERDEN OVERSCHREDEN (VMM, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017B). 253

TABEL 8-1: NIET-BROEDVOGELS EN BROEDVOGELS IN DE WESTERSCHELDE WAARVOOR EEN INSTANDHOUDINGSDOELSTELLING BESTAAT EN DIE AFHANKELIJK ZIJN VAN HET GEBIED (CONSORTIUM ARCADIS-TECHNUM, 2007E; MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN VAN NEDERLAND, 2014). 278

TABEL 8-2: TELPLAATSEN BROEDVOGELS PER DEELGEBIED VAN DE WESTERSCHELDE 279

TABEL 8-3: 1%-NORMEN VOOR DE BELANGRIJKSTE SOORTEN (VAN HTTP://WPE.WETLANDS.ORG/). 288

TABEL 8-4: VERGELIJKING SEIZOENSGEMIDDELDES (JULI JAAR 1 – JUNI JAAR 2) VAN NIET-BROEDVOGELS IN DE WESTERSCHELDE MET NATURA 2000 IHD (ONDER DE NORM:

ROOD; BOVEN DE NORM: GROEN) EN 1%-NORM VAN RAMSAR (LAATSTE 3 JAAR ONDER DE NORM: ROOD; LAATSTE 3 JAAR BOVEN DE NORM: GROEN). 289

TABEL 8-5: TRENDS IN AANTALSVERANDERINGEN VAN EEN AANTAL PLEISTERENDE WATERVOGELSOORTEN IN DE WESTERSCHELDE (SOVON, RWS, CBS), IN HET DELTAGEBIED EN IN NEDERLAND (VAN DER WINDEN ET AL., 2017) 291

TABEL 8-6: TRENDS IN AANTALSVERANDERINGEN VAN DE BROEDVOGELS IN HET DELTAGEBIED EN NEDERLAND (VAN DER WINDEN ET AL., 2017) 297

TABEL 8-7: TRENDS IN AANTALLEN BROEDPAREN IN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 2012 EN 2017 (INCLUSIEF SAEFTINGHE).GROEN: WESTERSCHELDE STREEFDOEL GEHAALD, ROOD: WESTERSCHELDE STREEFDOEL NIET GEHAALD. 297

TABEL 8-8: LIGPLAATSEN PER MACROCEL EN DEELGEBIED VAN DE WESTERSCHELDE (ARTS ET AL., 2018B) 303

TABEL 8-9: TELLINGEN MWTL VAN DE GEWONE ZEEHOND, INCLUSIEF DE JONGEN ("-": TELLINGEN WERDEN NIET UITGEVOERD IN DE WESTERSCHELDE). 304

Lijst van figuren

FIGUUR 2-1: LOCATIES VAN DE NEDERLANDSE GETIJMEETSTATIONS IN DE MET INDICATIE VAN DE STATIONS BESCHOUWD IN DIT RAPPORT (OMCIRKELD). 6

FIGUUR 2-2: LOCATIES VAN DE VLAAMSE GETIJMEETSTATIONS IN DE ZEESCHELDE MET INDICATIE VAN DE STATIONS BESCHOUWD IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (ROOD OMCIRKELD) EN BOVEN-ZEESCHELDE (BLAUW OMCIRKELD) VOOR DIT RAPPORT. 6

FIGUUR 2-3: MEETLOCATIES VAN DE GOLVEN LANGSHEEN DE WESTERSCHELDE. 8

FIGUUR 2-4: MONEOS MEETLOCATIES VAN FYSISCHE PARAMETERS IN DE ZEESCHELDE. 14

FIGUUR 3-1: CUMULATIEF BAGGERVOLUME (IN SITU M^3) IN DE WESTERSCHELDE. 17

FIGUUR 3-2: RELATIEVE BAGGERINSPANNING PER MACROCEL EN PER VERGUNNINGSJAAR, BEREKEND TEGENOVER DE GEMIDDELDE BAGGERINSPANNING VAN VERGUNNINGSJAAR 2 TOT 9. 18

FIGUUR 3-3: BAGGERVOLUME (UITGEDRUKT IN SITU M^3) IN DE WESTERSCHELDE SINDS 1980. 19

FIGUUR 3-4: OVERZICHTSKAART WESTERSCHELDE. 21

FIGUUR 3-5: STORTVOLUME (UITGEDRUKT IN IN SITU M^3) IN DE WESTERSCHELDE SINDS 1980. 24

FIGUUR 3-6: EVOLUTIE EN VERDELING HAVENSTORTVOLUMES WESTERSCHELDE (MENGSEL ZAND/SLIB; GEEN INFORMATIE OVER SEDIMENTSAMENTELLING BESCHIKBAAR). 26

FIGUUR 3-7: ONTWIKKELING VAN DE ZANDWINVOLUMES IN DE WESTERSCHELDE VANAF 2000. NA BEËINDIGING VAN DE ZANDWINNING IS EEN ZANDRUILPROEF ('PILOT') GESTART: DE BRUTO EN NETTO VOLUMES WORDEN GETOOND IN DE GRAFIEK. 26

FIGUUR 3-8: ONDERHOUD SLIB IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE VAN 1980 TOT 2017. 28

FIGUUR 3-9: BAGGERVOLUMES SLIB IN DEURGANCKDOK EN OP DE DREMPEL VAN FREDERIK. 28

FIGUUR 3-10: STORTVOLUME SLIB IN M^3 V' PER STORTLOCATIE VAN 1980 TOT 2017. 29

FIGUUR 3-11: ONDERHOUD ZAND (M^3 IN BEUN) IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE VAN 1980 TOT 2017.....29

FIGUUR 3-12: STORTVOLUME ZAND (M^3 IN BEUN) PER STORTLOCATIE VAN 1980 TOT 2017.....30

FIGUUR 3-13: TOTAAL (AANLEG- EN) ONDERHOUDSVOLUME (ZAND + SLIB) IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE VAN 1980 TOT 2017.....31

FIGUUR 3-14: TOTAAL BAGGERONDERHOUD (ZAND + SLIB) PER LOCATIE IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE VAN 1980 TOT 2017.....32

FIGUUR 3-15: OVERZICHT VAN DE HOEVEELHEID GEWONNEN ZAND IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (SCHAAR VAN OUDEN DOEL EN RUPELMONDE) TUSSEN 2008 EN 2017 [M^3].....33

FIGUUR 4-1: JAARTOTAAL NEERSLAG IN UKKEL (BRON: KMI). ZWARTE STIPPELLIJN GEEFT HET KLIMATOLOGISCH GEMIDDELDE (1981-2010) WEER.....35

FIGUUR 4-2: CORRELATIE TUSSEN RESIDUEN VAN LAAGWATER (LINKS) EN HOOGWATER (RECHTS) EN WIND IN CADZAND PER WINDRICHTING.....36

FIGUUR 4-3: VECTORIEEL JAARGEMIDDELDE WINDSNELHEID, COMPONENT T.O.V. 0° N, GEMETEN IN CADZAND EN DE VLAKTE VAN DE RAAN.....37

FIGUUR 4-4: SPREIDINGSDIAGRAM VAN DE JAARGEMIDDELDE WINDSNELHEID CADZAND TEGENOVER HET RESIDU T.O.V. DE T2009 TREND VAN LAAGWATER (LINKS) EN HOOGWATER (RECHTS) IN VLISSINGEN.....37

FIGUUR 4-5: JAAR- EN SEIZOENSGEMIDDELDE BOVENAFVOER IN SCHELLE.....38

FIGUUR 4-6: PENTADEGEMIDDELDE EN LOPEND GEMIDDELDE BOVENAFVOER IN SCHELLE.....39

FIGUUR 4-7: JAARGEMIDDELDE BOVENAFVOER IN MELLE.....39

FIGUUR 4-8: SPREIDINGSDIAGRAM VAN HET JAARGEMIDDELDE AFVOERDEBIET IN SCHELLE TEGENOVER HET RESIDU T.O.V. DE T2009 TREND VAN LAAGWATER (LINKS) EN HOOGWATER (RECHTS) IN ANTWERPEN.....40

FIGUUR 5-1: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTAND TE VLISSINGEN, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL.....45

FIGUUR 5-2: JAARGEMIDDELD HW RESIDU T.O.V. T2009 TREND, GECORRIGEERD VOOR LINEAIR VERBAND TUSSEN RESIDUEN EN WIND.....45

FIGUUR 5-3: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE LAAGWATERSTAND TE VLISSINGEN, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL.....46

FIGUUR 5-4: JAARGEMIDDELD LW RESIDU T.O.V. T2009 TREND, GECORRIGEERD VOOR LINEAIR VERBAND TUSSEN RESIDUEN EN WIND.....46

FIGUUR 5-5: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTAND TE TERNEUZEN, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL.....47

FIGUUR 5-6: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE LAAGWATERSTAND TE TERNEUZEN, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL.....47

FIGUUR 5-7: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTAND TE HANSWEERT, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL.....48

FIGUUR 5-8: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE LAAGWATERSTAND TE HANSWEERT, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. 48

FIGUUR 5-9: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTAND TE BATH, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. 49

FIGUUR 5-10: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE LAAGWATERSTAND TE BATH, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. 49

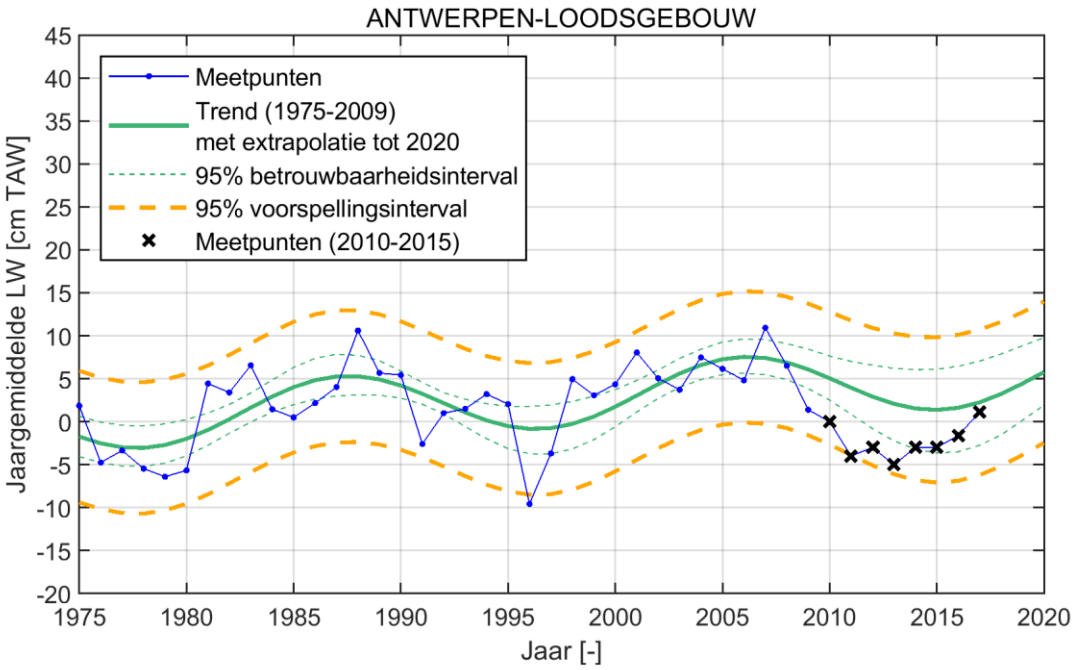
FIGUUR 5-11: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTAND TE PROSPERPOLDER, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. 52

FIGUUR 5-12: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE LAAGWATERSTAND TE PROSPERPOLDER, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. 52

FIGUUR 5-13: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTAND TE KALLOSLUIS, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. 53

FIGUUR 5-14: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE LAAGWATERSTAND TE KALLOSLUIS, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. 53

FIGUUR 5-15: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTAND TE ANTWERPEN-LOODSGEBOUW, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. 54



FIGUUR 5-16: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE LAAGWATERSTAND TE ANTWERPEN-LOODSGEBOUW, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. 54

FIGUUR 5-17: RESIDUEN VAN DE HOOGWATERSTAND BIJ ANTWERPEN-LOODSGEBOUW TEN OPZICHTE VAN DE T2009-TRENDLIJN, AL DAN NIET GECORRIGEERD OP BASIS VAN EEN LINEAIRE RELATIE MET HET AFVOERDEBIET IN SCHELLE. 55

FIGUUR 5-18: RESIDUEN VAN DE LAAGWATERSTAND BIJ ANTWERPEN-LOODSGEBOUW TEN OPZICHTE VAN DE T2009-TRENDLIJN, AL DAN NIET GECORRIGEERD OP BASIS VAN EEN LINEAIRE RELATIE MET HET AFVOERDEBIET IN SCHELLE. 55

FIGUUR 5-19: 10-JARIG GEMIDDELDE GETIJSLAG VOOR OPEENVOLGENDE DECADEN, NA VERWIJDERING 18,6-JARIGE CYCLUS, TUSSEN 1901 EN 2010 (DELTARES, 2013). 56

FIGUUR 5-20: ONTWIKKELING VAN DE ABSOLUTE GETIJSLAG TE WESTKAPELLE. 58

FIGUUR 5-21: ONTWIKKELING VAN DE ABSOLUTE GETIJSLAG TE CADZAND....58

FIGUUR 5-22: ONTWIKKELING VAN DE ABSOLUTE GETIJSLAG TE VLISSINGEN. 59

FIGUUR 5-23: ONTWIKKELING VAN DE ABSOLUTE GETIJSLAG TE TERNEUZEN. 59

FIGUUR 5-24: ONTWIKKELING VAN DE ABSOLUTE GETIJSLAG TE HANSWEERT. 60

FIGUUR 5-25: ONTWIKKELING VAN DE ABSOLUTE GETIJSLAG TE BATH. 60

FIGUUR 5-26: ONTWIKKELING VAN DE ABSOLUTE GETIJSLAG TE PROSPERPOLDER (GEEN DATA VAN 2001-2006). 61

FIGUUR 5-27: ONTWIKKELING VAN DE ABSOLUTE GETIJSLAG TE KALLOSLUIS. 61

FIGUUR 5-28: ONTWIKKELING VAN DE ABSOLUTE GETIJSLAG TE ANTWERPEN. 62

FIGUUR 5-29: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE GETIJSLAG TEN OPZICHTE VAN VLISSINGEN PER STATION IN HET ESTUARIUM (T/M 2017) MET AANDUIDING VAN HET JAAR 2009 (GESTIPPELDE LIJN). 63

FIGUUR 5-30: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE GETIJSLAG TEN OPZICHTE VAN VLISSINGEN PER STATION IN HET ESTUARIUM (1985-2017) MET AANDUIDING VAN HET JAAR 2009 (GESTIPPELDE LIJN). 63

FIGUUR 5-31: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE GETIJSLAG IN DE WESTERSCHELDE EN BENEDEN-ZEESCHELDE, TEN OPZICHTE VAN VLISSINGEN TUSSEN 2000-2009 (BOVEN), EN 2009-2017 (ONDER). 64

FIGUUR 5-32: EMPIRISCHE CUMULATIEVE WAARSCHIJNLIJKHEIDSVERDELING VAN DE SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE VAN DE VERSCHILLENDE MEETLOCATIES. 68

FIGUUR 5-33: VLOEDSNELHEID (LINKS) EN EBSNELHEID (RECHTS) T.O.V. GETIJRIJZING EN -DALING OP PUNT 2 VAN RAAI 1 OP HOOGE PLATEN WEST. 70

FIGUUR 5-34: VLOEDSNELHEID (LINKS) EN EBSNELHEID (RECHTS) T.O.V. GETIJRIJZING EN -DALING OP PUNT 7 VAN RAAI 2 OP HOOGE PLATEN WEST. 70

FIGUUR 5-35: VLOEDSNELHEID (LINKS) EN EBSNELHEID (RECHTS) T.O.V. GETIJRIJZING EN -DALING OP PUNT 1 VAN RAAI 1 OP DE PLAAT VAN WALSOORDEN. 71

FIGUUR 5-36: VLOEDSNELHEID (LINKS) EN EBSNELHEID (RECHTS) T.O.V. GETIJRIJZING EN -DALING OP PUNT 9 VAN RAAI 3 OP DE PLAAT VAN WALSOORDEN. 72

FIGUUR 5-37: MAXIMALE EBSNELHEID (95STE PERCENTIEL WAARDE) TE OOSTERWEEL, BOVENSTE MEETTOESTEL, TEGENOVER DE DALING IN WATERPEIL TE ANTWERPEN. DE DATA VAN 2017 IS GEDOWNSAMPLED NAAR 10 MINUTEN OM OVEREEN TE KOMEN MET EERDERE JAREN. 74

FIGUUR 5-38: MAXIMALE VLOEDSNELHEID (95STE PERCENTIEL WAARDE) TE OOSTERWEEL, BOVENSTE MEETTOESTEL, TEGENOVER DE STIJGING IN WATERPEIL TE ANTWERPEN. DE DATA VAN 2017 IS GEDOWNSAMPLED NAAR 2017 OM OVEREEN TE KOMEN MET EERDERE JAREN. 74

FIGUUR 6-1: MACROCEL 1 EN MESOCEL 2: BATHYMETRIE 2017 (LINKS) EN VERSCHILKAART 2017-2009 (RECHTS). ZIE OOK BIJLAGE D. DE STIPPELLIJN GEEFT HET TRANSECT VAN FIGUUR 6-2 WEER. 78

FIGUUR 6-2: NOORD-ZUID TRANSECT MACROCEL 1, VAN SLOEHAVEN DOOR DE SUIKERPLAAT EN HOOGE PLATEN TOT VAARWATER LANGS HOOFDPLAAT. DE LOCATIE WORDT AANGEGEVEN IN FIGUUR 6-1. 78

FIGUUR 6-3: NOORD-ZUID TRANSECT MACROCEL 3, VAN PLAAT VAN BAARLAND DOOR DE UITLOPER VAN EVERINGEN TOT MIDDELPLAAT. DE LOCATIE WORDT AANGEGEVEN IN FIGUUR 6-4....79

FIGUUR 6-4: MACROCEL 3: BATHYMETRIE 2017 (BOVEN) EN VERSCHILKAART 2017-2009 (ONDER). ZIE OOK BIJLAGE D. DE STIPPELLIJN GEEFT DE LOCATIE VAN HET TRANSECT VAN FIGUUR 6-3 WEER. 80

FIGUUR 6-5: WEST-OOST TRANSECT MACROCEL 4 DOOR HET ZUIDELIJKE DEEL VAN DE RUG VAN BAARLAND. DE LOCATIE WORDT AANGEGEVEN IN FIGUUR 6-8. 81

FIGUUR 6-6: WEST-OOST TRANSECT MACROCEL 4 VAN MIDDELGAT DOOR HET NOORDELIJKE DEEL VAN DE RUG VAN BAARLAND TOT DE PLAAT VAN OSSENISSE. DE LOCATIE WORDT AANGEGEVEN IN FIGUUR 6-8.....82

FIGUUR 6-7: NOORD-ZUID TRANSECT MACROCEL 4 VAN PUT VAN HANSWEERT NAAR DE PLAAT VAN OSSENISSE. DE LOCATIE WORDT AANGEGEVEN IN FIGUUR 6-8. 82

FIGUUR 6-8: MACROCEL 4: BATHYMETRIE 2017 (LINKS) EN VERSCHILKAART 2017-2009 (RECHTS). ZIE OOK BIJLAGE D. DE ZWARTE STIPPELLIJNEN GEVEN DE LOCATIES VAN DE TRANSECTEN IN FIGUUR 6-5 EN FIGUUR 6-7 AAN. DE RODE STIPPELLIJN GEEFT HET TRANSECT VAN FIGUUR 6-6 WEER. 83

FIGUUR 6-9: WEST-OOST TRANSECT MACROCEL 4 VAN DE PLAAT VAN WALSOORDEN NAAR DE PLAAT VAN VALKENISSE. DE LOCATIE WORDT AANGEGEVEN IN FIGUUR 6-10. 84

FIGUUR 6-10: MACROCEL 5: BATHYMETRIE 2017 (LINKS) EN VERSCHILKAART 2017-2009 (RECHTS). ZIE OOK BIJLAGE D. DE STIPPELLIJN GEEFT HET TRANSECT VAN FIGUUR 6-9 WEER. 84

FIGUUR 6-11: MACROCEL 6 EN 7: BATHYMETRIE 2017 (LINKS) EN VERSCHILKAART 2017-2009 (RECHTS). ZIE OOK BIJLAGE D. NAAR DE LETTERS WORDT VERWEZEN IN DE TEKST.....85

FIGUUR 6-12: LOCATIES VAN GEULWANDVERDEDIGINGEN (SINKE, 2011). 86

FIGUUR 6-13: EROSIE EN SEDIMENTATIE VAN NOVEMBER 2015 TOT MEI 2016 IN DE VAARGEUL LANGS DE GEULWAND TE OSSENISSE (SINKE, 2017). 87

FIGUUR 6-14: EROSIE EN SEDIMENTATIE VAN MEI 2016 TOT NOVEMBER 2016 IN DE VAARGEUL LANGS DE GEULWAND TE OSSENISSE (SINKE, 2017). 88

FIGUUR 6-15: EROSIE VAN DE GEULWANDVERDEDIGINGEN OSSENISSE I (SINKE, 2017).....89

FIGUUR 6-16: TERUGSCHRIJDEN VAN DE GEULWAND TUSSEN DE ZONES MET GEULWANDVERDEDIGINGEN OSSENISSE I EN II (SINKE, 2017). 89

FIGUUR 6-17: EROSIE EN SEDIMENTATIE VAN DE GEULWANDVERDEDIGING OSSENISSE II IN DE STORTZONE VAN DE SUPPLETIE (SINKE, 2017).....90

FIGUUR 6-18: EROSIE TEN WESTEN VAN DE DREMPEL TUSSEN DE TWEE GEULWANDVERDEDIGINGEN BIJ ZUIDERGAT (SINKE, 2017).....90

FIGUUR 6-19: EROSIE IN DE VAARGEUL BIJ BAALHOEK NABIJ BOEI 61A. HET PROFIEL IS IN DE LENGTERICHTING VAN DE VAARGEUL (SINKE, 2017). 91

FIGUUR 6-20: EROSIE TEN OOSTEN VAN DE GEULWANDVERDEDIGING BIJ VALKENISSE (SINKE, 2017).....92

FIGUUR 6-21: EROSIE IN DE VAARGEUL BIJ DE GEULWANDVERDIGING BIJ BATH (SINKE, 2017). 92

FIGUUR 6-22: EROSIE TEN NOORDEN VAN DE GEULWANDVERDEDIGING BIJ SAEFTINGHE (SINKE, 2017).....93
FIGUUR 6-23: VERSCHILKAART 2009-2017 TER HOOGTE VAN SCHAAR OUDEN DOEL.....94
FIGUUR 6-24: VERSCHILKAART 2009-2017 TER HOOGTE VAN HET DEURGANCKDOK. 95
FIGUUR 6-25: VERSCHILKAART 2009-2017 TER HOOGTE VAN DE PLAAT VAN BOOMKE. 96
FIGUUR 6-26: VERSCHILKAART 2009-2017 TER HOOGTE VAN DE REDE VAN ANTWERPEN. 97
FIGUUR 6-27: VERSCHILKAART 2009-2017 TER HOOGTE VAN BURCHT-RUPELMONDE.....98
FIGUUR 6-28: BATHYMETRIE TER HOOGTE VAN PLAATRANDSTORTVAK HOOGE PLATEN WEST IN FEBRUARI 2010 (LINKS) EN JANUARI 2018 (RECHTS). DE PIJL GEEFT HET PLAATJE VAN BRESKENS AAN. 100
FIGUUR 6-29: VERSCHILKAART PLAATRANDSTORTVAK HOOGE PLATEN WEST VAN FEBRUARI 2010 TOT JANUARI 2018. DE BLAUWE RECHTHOEKJES ZIJN DE INGEZETTE STORTVAKKEN. 100
FIGUUR 6-30: RTK-RAAI 2070 OP DE HOOGE PLATEN WEST (JENTINK, 2017B). 101
FIGUUR 6-31: SEDIMENTATIE / EROSIE IN DE RTK MEETPUNTEN VAN DE HOOGE PLATEN WEST (WIT) EN HOOGE PLATEN NOORD (ZWART) VOOR HET 2DE HALFJAAR VAN 2017 (JENTINK, 2017B). 101
FIGUUR 6-32: VERSCHILKAART HOOGE PLATEN NOORD TUSSEN APRIL 2010 EN DECEMBER 2017. BLAUWE RECHTHOEKJES ZIJN DE GEBRUIKTE STORTVAKKEN. 102
FIGUUR 6-33: PLAATRANDLODING 02000 OP DE HOOGE PLATEN NOORD (JENTINK ET AL., 2018). 102
FIGUUR 6-34: PLAATRANDLODING 03600 OP DE HOOGE PLATEN NOORD (JENTINK ET AL., 2018). 103
FIGUUR 6-35: RTK-RAAI 2080 OP DE HOOGE PLATEN NOORD (JENTINK, 2017C).....103
FIGUUR 6-36: RTK-RAAI 2090 OP DE HOOGE PLATEN NOORD (JENTINK, 2017C).....104
FIGUUR 6-37: BATHYMETRIE VAN PLAATRANDSTORTVAK PLAAT VAN WALSOORDEN IN FEBRUARI 2010 (LINKS) EN JANUARI 2018 (MIDDEN) EN DE VERSCHILKAART (RECHTS). BLAUWE RECHTHOEKJES ZIJN DE INGEZETTE STORTVAKKEN. 104
FIGUUR 6-38: RTK-RAAI 2555 OP DE PLAAT VAN WALSOORDEN (JENTINK, 2017D).....105
FIGUUR 6-39: RTK-RAAI 2560 OP DE PLAAT VAN WALSOORDEN (JENTINK, 2017D).....105
FIGUUR 6-40: RTK-RAAI 2590 OP DE PLAAT VAN WALSOORDEN (JENTINK, 2015).....106
FIGUUR 6-41: RTK-RAAI 2585 OP DE PLAAT VAN WALSOORDEN (JENTINK, 2017D).....106
FIGUUR 6-42: SEDIMENTATIE / EROSIE IN DE RTK MEETPUNTEN VAN DE PLAAT VAN WALSOORDEN VOOR DE 2DE HELFT VAN 2017 (JENTINK, 2017D). 107
FIGUUR 6-43: BATHYMETRIE VAN PLAATRANDSTORTVAK RUG VAN BAARLAND (MEI 2017) EN DE VERSCHILKAART MET 2010. BLAUWE RECHTHOEKJES ZIJN DE INGEZETTE STORTVAKKEN. 108
FIGUUR 6-44: RTK-RAAI 2410 OP DE RUG VAN BAARLAND (JENTINK, 2017E). 108
FIGUUR 6-45: RTK-RAAI 2430 OP DE RUG VAN BAARLAND (JENTINK, 2017E). 109
FIGUUR 6-46: RTK-RAAI 2415 OP DE RUG VAN BAARLAND (JENTINK, 2017E). 109
FIGUUR 6-47: SEDIMENTATIE / EROSIE IN DE RTK MEETPUNTEN VAN DE RUG VAN BAARLAND VOOR DE 2DE HELFT VAN 2017 (JENTINK, 2017E). 110

FIGUUR 6-48: LIGGING PROFIELEN TER HOOGTE VAN HET LAND VAN SAEFTINGHE (JENTINK ET AL., 2018). 111
FIGUUR 6-49: SCHOR-SLIKPROFIEL 2780 VAN LAND VAN SAEFTINGHE (JENTINK ET AL., 2018). 112
FIGUUR 6-50: KLIFHOOGTE EN GEMIDDELDE AFSTAND ZONE +1,0 M NAP EN 0 M NAP VOOR PROFIEL 2780 VAN LAND VAN SAEFTINGHE (JENTINK ET AL., 2018). 112
FIGUUR 6-51: SCHOR-SLIKPROFIEL 2790 VAN LAND VAN SAEFTINGHE (JENTINK ET AL., 2018). 113
FIGUUR 6-52: KLIFHOOGTE EN GEMIDDELDE AFSTAND ZONE +1,0 M NAP EN 0 M NAP VOOR PROFIEL 2790 VAN LAND VAN SAEFTINGHE (JENTINK ET AL., 2018). 113
FIGUUR 6-53: SCHOR-SLIKPROFIEL 2800 VAN LAND VAN SAEFTINGHE (JENTINK ET AL., 2018). 114
FIGUUR 6-54: KLIFHOOGTE EN GEMIDDELDE AFSTAND ZONE +1,5 M NAP EN 0,5 M NAP VOOR PROFIEL 2800 VAN LAND VAN SAEFTINGHE (JENTINK ET AL., 2018). 114
FIGUUR 6-55: LIGGING PROFIELEN TER HOOGTE VAN BATH (JENTINK ET AL., 2018). 115
FIGUUR 6-56: SCHOR-SLIKPROFIEL 2810 VAN BATH (JENTINK ET AL., 2018). 115
FIGUUR 6-57: SCHOR-SLIKPROFIEL 2840 VAN BATH (JENTINK ET AL., 2018). 116
FIGUUR 6-58: LIGGING PROFIELEN TER HOOGTE VAN WAARDE (JENTINK ET AL., 2018)....116
FIGUUR 6-59: SCHOR-SLIKPROFIEL 2610 VAN WAARDE (JENTINK ET AL., 2018). 117
FIGUUR 6-60: SCHOR-SLIKPROFIEL 2625 VAN WAARDE (JENTINK ET AL., 2018). 117
FIGUUR 6-61: SCHOR-SLIKPROFIEL 2650 VAN WAARDE (JENTINK ET AL., 2018). 118
FIGUUR 6-62: LIGGING PROFIEL TER HOOGTE VAN OSSENISSE (JENTINK ET AL., 2018). 118
FIGUUR 6-63: SCHOR-SLIKPROFIEL 2390 VAN KNUITERSHOEK/OSSENISSE (JENTINK ET AL., 2018). 119
FIGUUR 6-64: LIGGING PROFIELEN TER HOOGTE VAN BIEZELINGSE HAM (JENTINK ET AL., 2018). 119
FIGUUR 6-65: SCHOR-SLIKPROFIEL 2400 VAN BIEZELINGSE HAM (JENTINK ET AL., 2018). 120
FIGUUR 6-66: SCHOR-SLIKPROFIEL 2410 VAN BIEZELINGSE HAM (JENTINK ET AL., 2018). 120
FIGUUR 6-67: LIGGING PROFIELEN TER HOOGTE VAN PLATEN VAN HULST (JENTINK ET AL., 2018). 121
FIGUUR 6-68: SCHOR-SLIKPROFIEL 2370 VAN PLATEN VAN HULST (JENTINK ET AL., 2018)....121
FIGUUR 6-69: LIGGING PROFIELEN TER HOOGTE VAN BAARLAND (JENTINK ET AL., 2018). 122
FIGUUR 6-70: SCHOR-SLIKPROFIEL 2300 VAN BAARLAND (JENTINK ET AL., 2018). 122
FIGUUR 6-71: SCHOR-SLIKPROFIEL 2310 VAN BAARLAND (JENTINK ET AL., 2018). 123
FIGUUR 6-72: LIGGING PROFIELEN TER HOOGTE VAN ZUIDGORS (JENTINK ET AL., 2018). 123
FIGUUR 6-73: SCHOR-SLIKPROFIEL 2210 VAN ZUIDGORS (JENTINK ET AL., 2018). 124
FIGUUR 6-74: KLIFHOOGTE EN GEMIDDELDE AFSTAND ZONE +1,5 M NAP EN 0,5 M NAP VOOR PROFIEL 2210 VAN ZUIDGORS (JENTINK ET AL., 2018). 124
FIGUUR 6-75: SCHOR-SLIKPROFIEL 2250 VAN ZUIDGORS (JENTINK ET AL., 2018). 125
FIGUUR 6-76: LIGGING PROFIELEN TER HOOGTE VAN PAULINAPOLDER (JENTINK ET AL., 2018). 125

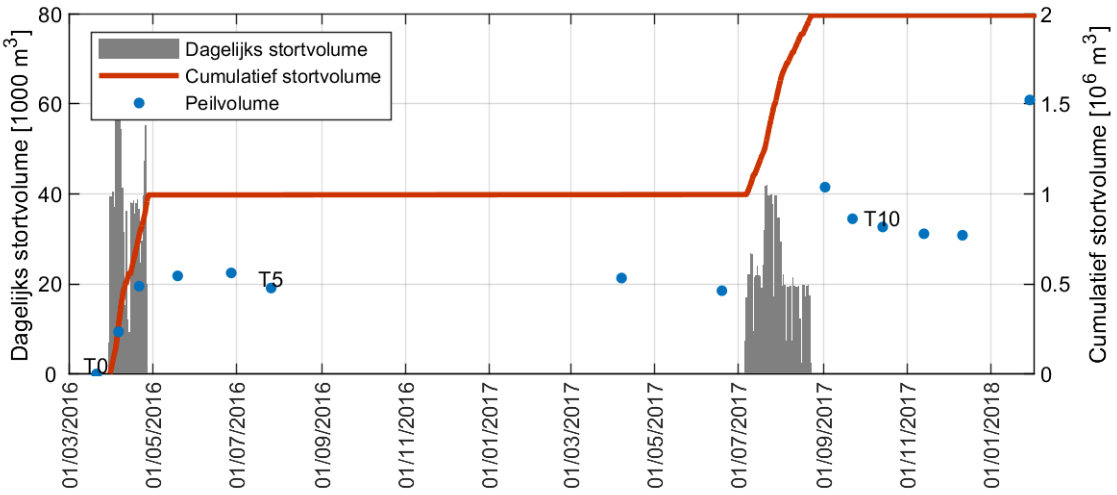
FIGUUR 6-77: SCHOR-SLIKPROFIEL 2130 VAN PAULINAPOLDER (JENTINK ET AL., 2018). 126
FIGUUR 6-78: KLIFHOOGTE EN GEMIDDELDE AFSTAND ZONE +1,0 M NAP EN 0 M NAP VOOR PROFIEL 2130 VAN PAULINAPOLDER (JENTINK ET AL., 2018). 126
FIGUUR 6-79: SCHOR-SLIKPROFIEL 2140 VAN PAULINAPOLDER (JENTINK ET AL., 2018). 127
FIGUUR 6-80: LIGGING PROFIELEN TER HOOGTE VAN RAMMEKENSHOEK (JENTINK ET AL., 2018). 127
FIGUUR 6-81: SCHOR-SLIKPROFIEL 2060 VAN RAMMEKENSHOEK (JENTINK ET AL., 2018).....128
FIGUUR 6-82: SITUERING VAN DE MONEOS-RAAIEN IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (INBO, 2018). 129
FIGUUR 6-83: SCHOR-SLIKPROFIEL GBSA OP GROOT BUITENSCHOOR (INBO, 2018). 130
FIGUUR 6-84: SCHOR-SLIKPROFIEL GBSD OP GROOT BUITENSCHOOR (INBO, 2018). 130
FIGUUR 6-85: SCHOR-SLIKPROFIEL ODA OP SCHOR OUDEN DOEL (INBO, 2018). 131
FIGUUR 6-86: SCHOR-SLIKPROFIEL DO OP PAARDENSCHOR (INBO, 2018). 131
FIGUUR 6-87: SCHOR-SLIKPROFIEL GSB OP GALGESCHOOR (INBO, 2018). 132
FIGUUR 6-88: SCHOR-SLIKPROFIEL GSC OP GALGESCHOOR (INBO, 2018). 132
FIGUUR 6-89: SCHOR-SLIKPROFIEL KPB OP KETENISSE (INBO, 2018). 133
FIGUUR 6-90: SCHOR-SLIKPROFIEL KPE OP KETENISSE (INBO, 2018). DE INSET GEEFT HET HOGERE SCHOR WEER.....133
FIGUUR 6-91: SCHOR-SLIKPROFIEL LH OP LILLO-HAVEN (INBO, 2018). 134
FIGUUR 6-92: SCHOR-SLIKPROFIEL LP OP LILLO-POTPOLDER (INBO, 2018). 134
FIGUUR 6-93: SCHOR-SLIKPROFIEL GW OP GALGENWEEL (INBO, 2018).....135
FIGUUR 6-94: SCHOR-SLIKPROFIEL HO OP HOBOKENSE POLDER (INBO, 2018). 135
FIGUUR 6-95: LIGGING VAN DE MEETPUNTEN OP DE HOOGE PLATEN.....137
FIGUUR 6-96: LIGGING VAN DE MEETPUNTEN OP DE PLAAT VAN WALSOORDEN. 141
FIGUUR 6-97: LIGGING VAN DE MEETPUNTEN OP DE RUG VAN BAARLAND.....145
FIGUUR 6-98: NETTO VOLUME VLOEDSCHAAR NEVENGEUL MACROCEL 1 (SCHRIJVER, 2018A). 154
FIGUUR 6-99: NETTO VOLUME EBSCHAAR HOOFDGEUL MACROCEL 1 (SCHRIJVER, 2018A). 155
FIGUUR 6-100: DE EVOLUTIE VAN DE KANTELINDEX VOOR MACROCEL 1 (SCHRIJVER, 2018A). 155
FIGUUR 6-101: GETIJVOLUMEVERDELING RAAI 9 IN MACROCEL 1 (SCHRIJVER, 2018A). 156
FIGUUR 6-102: NETTO VOLUME VLOEDSCHAAR NEVENGEUL MACROCEL 3 (SCHRIJVER, 2018A). 157
FIGUUR 6-103: NETTO VOLUME EBSCHAAR HOOFDGEUL MACROCEL 3 (SCHRIJVER, 2018A). ...158
FIGUUR 6-104: DE EVOLUTIE VAN DE KANTELINDEX VOOR MACROCEL 3 (SCHRIJVER, 2018A). 158
FIGUUR 6-105: GETIJVOLUMEVERDELING RAAI 7 IN MACROCEL 3 (SCHRIJVER, 2018A). 159
FIGUUR 6-106: NETTO VOLUME EBSCHAAR NEVENGEUL MACROCEL 4 (SCHRIJVER, 2018A).....160
FIGUUR 6-107: NETTO VOLUME VLOEDSCHAAR HOOFDGEUL MACROCEL 4 (SCHRIJVER, 2018A). 161

FIGUUR 6-108: DE EVOLUTIE VAN DE KANTELINDEX VOOR MACROCEL 4 (SCHRIJVER, 2018A). 161
FIGUUR 6-109: GETIJVOLUMEVERDELING RAAI 6 IN MACROCEL 4 (SCHRIJVER, 2018A). 162
FIGUUR 6-110: NETTO VOLUME VLOEDSCHAAR NEVENGEUL MACROCEL 5 (SCHRIJVER, 2018A). 163
FIGUUR 6-111: NETTO VOLUME EBSCHAAR HOOFDGEUL MACROCEL 5 (SCHRIJVER, 2018A). ...164
FIGUUR 6-112: DE EVOLUTIE VAN DE KANTELINDEX VOOR MACROCEL 5 (SCHRIJVER, 2018A). 164
FIGUUR 6-113: GETIJVOLUMEVERDELING RAAI 5 EN 5A IN MACROCEL 5 (SCHRIJVER, 2018A). 165
FIGUUR 6-114: NETTO VOLUME VLOEDSCHAAR NEVENGEUL MACROCEL 6 (SCHRIJVER, 2018A). 166
FIGUUR 6-115: NETTO VOLUME EBSCHAAR HOOFDGEUL MACROCEL 6 (SCHRIJVER, 2018A). ...167
FIGUUR 6-116: DE EVOLUTIE VAN DE KANTELINDEX VOOR MACROCEL 6 (SCHRIJVER, 2018A). 167
FIGUUR 6-117: GETIJVOLUMEVERDELING RAAI 2 IN MACROCEL 6 (SCHRIJVER, 2018A). 168
FIGUUR 6-118: NETTO VOLUME VLOEDSCHAAR NEVENGEUL MACROCEL 7 (SCHRIJVER, 2018A). 169
FIGUUR 6-119: NETTO VOLUME EBSCHAAR HOOFDGEUL MACROCEL 7 (SCHRIJVER, 2018A). ...170
FIGUUR 6-120: DE EVOLUTIE VAN DE KANTELINDEX VOOR MACROCEL 7 (SCHRIJVER, 2018A). 170
FIGUUR 6-121: GETIJVOLUMEVERDELING RAAI 1 IN MACROCEL 7 (SCHRIJVER, 2018A). 171
FIGUUR 6-122: VERLOOP VAN HET DAGELIJKS EN CUMULATIEF VOLUME GESTORT MATERIAAL (M^3) EN HET VOLUMEVERSCHIL OP BASIS VAN DE PEILINGEN (TEN OPZICHTE VAN DE BEGINSITUATIE) (M^3) VOOR DE STORTZONE HOOGE PLATEN WEST.....174
FIGUUR 6-123: VERLOOP VAN DE STABILITEIT (%) VAN HET GESTORTE VOLUME EN HET CUMULATIEF STORTVOLUME (M^3) VOOR DE STORTZONE HOOGE PLATEN WEST.....175
FIGUUR 6-124: VERLOOP VAN HET DAGELIJKS EN CUMULATIEF VOLUME GESTORT MATERIAAL EN HET VOLUMEVERSCHIL OP BASIS VAN DE PEILINGEN (TEN OPZICHTE VAN DE BEGINSITUATIE) VOOR DE STORTZONE HOOGE PLATEN NOORD. 177
FIGUUR 6-125: VERLOOP VAN DE STABILITEIT (%) VAN HET GESTORTE VOLUME EN HET CUMULATIEF STORTVOLUME (M^3) VOOR DE STORTZONE HOOGE PLATEN NOORD. 177
FIGUUR 6-126: VERLOOP VAN HET DAGELIJKS EN CUMULATIEF VOLUME GESTORT MATERIAAL EN HET VOLUMEVERSCHIL OP BASIS VAN DE PEILINGEN (TEN OPZICHTE VAN DE BEGINSITUATIE) VOOR DE STORTZONE AAN DE PLAAT VAN WALSOORDEN. 180
FIGUUR 6-127: VERLOOP VAN DE STABILITEIT (%) VAN HET GESTORTE VOLUME EN HET CUMULATIEF STORTVOLUME (M^3) VOOR DE STORTZONE AAN DE PLAAT VAN WALSOORDEN. 180
FIGUUR 6-128: VERLOOP VAN HET DAGELIJKS EN CUMULATIEF VOLUME GESTORT MATERIAAL EN HET VOLUMEVERSCHIL OP BASIS VAN DE PEILINGEN (TEN OPZICHTE VAN DE BEGINSITUATIE) VOOR DE COMPLETE STORTZONE AAN DE RUG VAN BAARLAND. 182
FIGUUR 6-129: VERLOOP VAN DE STABILITEIT (%) VAN HET GESTORTE VOLUME EN HET CUMULATIEF STORTVOLUME (M^3) VOOR DE COMPLETE STORTZONE AAN DE RUG VAN BAARLAND. 182

FIGUUR 6-130: MORFOLOGISCHE VERANDERINGEN OP DE PROEFSTORTZONE SUIKERPLAAT. VERSCHILKAART T0 – T10. MET AANDUIDING VAN HET KLEINER GEBIED GEBRUIKT OM DE STABILITEIT VAN DE STORTINGEN TE BEREKENEN (ROOD). 185

FIGUUR 6-131: VERLOOP VAN HET DAGELIJKS EN CUMULATIEF VOLUME GESTORT MATERIAAL EN HET VOLUMEVERSCHIL OP BASIS VAN DE PEILINGEN (TEN OPZICHTE VAN DE BEGINSITUATIE) VOOR DE COMPLETE STORTZONE AAN DE SUIKERPLAAT. 185

FIGUUR 6-132: MORFOLOGISCHE VERANDERINGEN IN DE PROEFSTORTZONE PUT VAN HANSWEERT.



.....186

FIGUUR 6-133: VERLOOP VAN HET DAGELIJKS EN CUMULATIEF VOLUME GESTORT MATERIAAL EN HET VOLUMEVERSCHIL OP BASIS VAN DE PEILINGEN (TEN OPZICHTE VAN DE BEGINSITUATIE) VOOR DE PROEFSTORTZONE AAN DE PUT VAN HANSWEERT. 186

FIGUUR 6-134: MORFOLOGISCHE VERANDERINGEN TIJDENS DE TWEEDE STORTCAMPAGNE OP DE OOSTELIJKE HELFT VAN DE PROEFSTORTZONE INLOOP OSSENISSE. 187

FIGUUR 6-135: VERLOOP VAN HET DAGELIJKS EN CUMULATIEF VOLUME GESTORT MATERIAAL EN HET VOLUMEVERSCHIL OP BASIS VAN DE PEILINGEN (TEN OPZICHTE VAN DE BEGINSITUATIE) VOOR DE PROEFSTORTZONE AAN DE INLOOP VAN OSSENISSE. ...187

FIGUUR 6-136: AFBAKENING REKENPOLYGONEN LAAGDYNAMISCH GEBIED TER HOOGTE VAN DE PLAATRANDSTORTZONES OP EEN ECOTOPENKAART. 189

FIGUUR 6-137: GEWENSTE ONTWIKKELING LAAGDYNAMISCH GEBIED NA AFLOOP VAN DE EERSTE VERGUNNINGSPERIODE 189

FIGUUR 6-138: ECOTOPENKAART HOOGE PLATEN IN 2010 (BOVEN) EN 2016 (ONDER). 194

FIGUUR 6-139: EVOLUTIE VAN HET LAAGDYNAMISCHE ECOTOOPAREAAL OP DE HOOGE PLATEN WEST. 196

FIGUUR 6-140: EVOLUTIE VAN HET LAAGDYNAMISCHE ECOTOOPAREAAL OP DE HOOGE PLATEN NOORD. 196

FIGUUR 6-141: ECOTOPENKAART PLAAT VAN WALSOORDEN IN 2010 (LINKS) EN 2016 (RECHTS). 197

FIGUUR 6-142: EVOLUTIE VAN HET LAAGDYNAMISCHE ECOTOOPAREAAL OP DE PLAAT VAN WALSOORDEN 198

FIGUUR 6-143: ECOTOPENKAART RUG VAN BAARLAND IN 2010 (LINKS) EN 2016 (RECHTS).....199

FIGUUR 6-144: EVOLUTIE VAN HET LAAGDYNAMISCHE ECOTOOPAREAAL OP DE RUG VAN BAARLAND. 200

FIGUUR 6-145: EVOLUTIE VAN HET WAARGENOMEN LAAGDYNAMISCH AREAAL TEN OPZICHTE VAN 2010 (T0) VS DE VERWACHTE TOENAME OP DE PLAATRANDEN VOLGENS HET PROTOCOL FLEXIBEL STORTEN. 201

FIGUUR 6-146: HYPSOMETRISCHE KROMME VOOR DE VOLLEDIGE WESTERSCHELDE, 2010-2017. 208

FIGUUR 6-147: EVOLUTIE INTERTIDAAL AREAAL EN AREAAL MET DROOGVALDUUR TUSSEN 30% EN 70%, GETIJAFHANKELIJK. BOVEN: ABSOLUUT (IN HECTARE); ONDERAAN: RELATIEF (2010=1). 210

FIGUUR 6-148: EVOLUTIE INTERTIDAAL AREAAL EN AREAAL MET DROOGVALDUUR TUSSEN 30% EN 70%, GETIJONAFHANKELIJK. BOVEN: ABSOLUUT (IN HECTARE); ONDERAAN: RELATIEF (2010=1). 210

FIGUUR 6-149: EVOLUTIE INTERTIDAAL AREAAL (BOVEN) EN AREAAL MET DROOGVALDUUR TUSSEN 30% EN 70% (ONDER) PER MACROCEL, GETIJONAFHANKELIJK. 211

FIGUUR 7-1: JAAR- EN SEIZOENSGEMIDDELDE VAN PERIODIEKE METINGEN SEDIMENTCONCENTRATIE IN DE WESTERSCHELDE. 214

FIGUUR 7-2: JAAR- EN SEIZOENSGEMIDDELDE VAN PERIODIEKE METINGEN SUSPENSIEGEHALTE IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE. 215

FIGUUR 7-3: LANGSVERDELING VAN SEDIMENTCONCENTRATIES IN HET GEHELE SCHELDE-ESTUARIUM (NAAR COX ET AL., 2015). BREDE, GEKLEURDE LIJN GEEFT HET GEMIDDELDE WEER, GEKLEURDE GEBIEDEN GEVEN HET 10E EN 90STE PERCENTIEL VAN DE JAARGEMIDDELDEN WEER OVER DE BESCHOUWDE PERIODE. DE ZWARTE DOORGETROKKEN EN GESTIPPELDE LIJN GEVEN DE WAARDES VAN RESPECTIEVELIJK 2016 EN 2017 WEER. 217

FIGUUR 7-4: SEDIMENTCONCENTRATIE OP BASIS VAN DIEPTESTALEN. BOVEN: VOLLEDIGE WATERKOLOM. MIDDEN: BOVENSTE HELFT VAN DE WATERKOLOM. ONDER: ONDERSTE HELFT VAN DE WATERKOLOM. LINKS: JAARGEMIDDELDE. MIDDEN: ZOMERGEMIDDELDE. RECHTS: WINTERGEMIDDELDE. 218

FIGUUR 7-5: JAARGEMIDDELDE VERTICALE CONCENTRATIEGRADIËNT OP BASIS VAN DE DIEPTESTALEN. BREDE ZWARTE LIJN GEEFT EEN LOPEND GEMIDDELDE WEER DOOR ALLE MEETLOCATIES. 219

FIGUUR 7-6: CONTINUE METINGEN SEDIMENTCONCENTRATIE OOSTERWEEL. METINGEN IN BLAUW WERDEN UITGEVOERD MET HET SEAGUARD-500 TOESTEL. 222

FIGUUR 7-7: CONTINUE METINGEN SUSPENSIEGEHALTE BOEI 84. METINGEN IN BLAUW WERDEN GENOMEN MET HET SEAGUARD-500 TOESTEL. 223

FIGUUR 7-8: CONTINUE METINGEN SUSPENSIEGEHALTE MEETPAAL LILLO. METINGEN IN BLAUW WERDEN UITGEVOERD MET HET SEAGUARD-500 TOESTEL. 224

FIGUUR 7-9: CONTINUE METINGEN SUSPENSIEGEHALTE DRIEGOTEN. METINGEN IN BLAUW WERDEN UITGEVOERD MET HET SEAGUARD-500 TOESTEL. 224

FIGUUR 7-10: JAAR- EN SEIZOENSGEMIDDELDE LICHTEXTINCTIE IN DE WESTERSCHELDE. 227

FIGUUR 7-11: JAAR- EN SEIZOENSGEMIDDELDE LICHTEXTINCTIE BENEDEN-ZEESCHELDE. 228

FIGUUR 7-12: JAARGEMIDDELDE CHLOROFYL A-GEHALTE IN OPPERVLAKTEWATER IN DE WESTERSCHELDE, SAMEN MET LENTEGEMIDDELDE (APRIL EN MEI). BEMERK DE VERSCHILLENDE VERTICALE SCHAAL IN DE PANELEN. 229

FIGUUR 7-13: METINGEN CHLOROFYL A-GEHALTE IN OPPERVLAKTEWATER, WESTERSCHELDE. 230

FIGUUR 7-14: JAARGEMIDDELDE CHLOROFYL A-GEHALTE IN DE WATERKOLOM IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE, SAMEN MET HET LENTEGEMIDDELDE (APRIL EN MEI). BEMERK DE VERSCHILLENDE VERTICALE SCHAAL IN DE TWEE PANELEN. 232

FIGUUR 7-15: CHLOROFYL A-GEHALTE IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE. 233

FIGUUR 7-16: JAARGEMIDDELDE CHLOROFYLGEHALTES UIT BODEMSTALEN OP HET GROOT BUITENSCHOOR. 234

FIGUUR 7-17: JAARGEMIDDELDE CHLOROFYLGEHALTES UIT BODEMSTALEN OP DE BOERENSCHANS 234

FIGUUR 7-18: PERIODIEKE METINGEN CHLOROFYL A-GEHALTE OP GROOT BUITENSCHOOR. 235

FIGUUR 7-19: PERIODIEKE METINGEN CHLOROFYL A-GEHALTE OP BOERENSCHANS. 236

FIGUUR 7-20: MEETLOCATIES BODEMSTALEN CHLOROFYL A. LINKS: ALGEMEEN. RECHTS: DETAILWEERGAVE GROOT BUITENSCHOOR. DETAILLIGGING VAN DE MEETPUNTEN OP DE BOERENSCHANS WAS NIET BESCHIKBAAR. BRON: MARIS & MEIRE (2017) 236

FIGUUR 7-21: JAAR- EN SEIZOENSGEMIDDELDE CHLORIDEGEHALTES IN DE WESTERSCHELDE. 238

FIGUUR 7-22: PERIODIEKE METINGEN CHLORIDEGEHALTE IN DE WESTERSCHELDE. 239

FIGUUR 7-23: CONTINUE METINGEN CHLORIDEGEHALTE WESTERSCHELDE. LICHTBLAUWE LIJN: CONTINUE METINGEN. DONKERBLAUWE LIJN: LOPEND GEMIDDELDE MET EEN VENSTER VAN 2 DAGEN. 240

FIGUUR 7-24: JAAR- EN SEIZOENSGEMIDDELDE CHLORIDEGEHALTES BENEDEN-ZEESCHELDE. 242

FIGUUR 7-25: PERIODIEKE METINGEN CHLORIDEGEHALTE IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE. 243

FIGUUR 7-26: SPREIDINGSDIAGRAM VAN JAARGEMIDDELD CHLORIDEGEHALTE IN LIEFKENSHOEK EN AFVOERDEBIET IN SCHELLE. 244

FIGUUR 7-27: JAARGEMIDDELD CHLORIDEGEHALTE IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE, GECORRIGEERD OP BASIS VAN EEN LINEAIRE RELATIE MET DE BOVENAFVOER. 244

FIGUUR 7-28: CONTINUE METINGEN CHLORIDEGEHALTE BENEDEN-ZEESCHELDE. LICHTBLAUWE LIJN: CONTINUE METINGEN. DONKERBLAUWE LIJN: LOPEND GEMIDDELDE MET EEN VENSTER VAN 2 DAGEN. 246

FIGUUR 7-29: SITUERING BEMONSTERINGSPLAATSEN VMM IN DE WESTERSCHELDE (VMM, 2017A). 248

FIGUUR 7-30: SITUERING BEMONSTERINGSPLAATSEN VMM IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (VMM, 2017B). 251

FIGUUR 8-1: MONSTERNAMEPUNTEN SCHELPDIERENSURVEY IN WESTELIJK GEBIED WESTERSCHELDE. 259

FIGUUR 8-2: MONSTERNAMEPUNTEN SCHELPDIERENSURVEY IN MIDDENGEBIED WESTERSCHELDE. 259

FIGUUR 8-3: MONSTERNAMEPUNTEN SCHELPDIERENSURVEY IN OOSTELIJK GEBIED WESTERSCHELDE. 260

FIGUUR 8-4: TEMPORELE EVOLUTIE VAN HET TOTAAL AANTAL STALEN GENOMEN PER DEELGEBIED VAN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 1992 EN 2017. (MTWL BEMONSTERING) 261

FIGUUR 8-5: STAALNAMELOCATIES MWTL 2017 IN WESTELIJK GEBIED WESTERSCHELDE. 262

FIGUUR 8-6: STAALNAMELOCATIES MWTL 2017 IN MIDDENGEBIED WESTERSCHELDE. 262

FIGUUR 8-7: STAALNAMELOCATIES MWTL 2017 IN OOSTELIJK GEBIED WESTERSCHELDE. 263

FIGUUR 8-8: TEMPORELE EVOLUTIE VAN DE TOTALE DENSITEIT, EN BIOMASSA, MASSA PER INDIVIDU EN VOORKOMEN VAN CERASTODERMA EDULE IN DE GEHELE WESTERSCHELDE TUSSEN 1992 EN 2017.....264

FIGUUR 8-9: TEMPORELE EVOLUTIE VAN DE TOTALE DENSITEIT, EN BIOMASSA, MASSA PER INDIVIDU EN VOORKOMEN VAN MACOMA BALTHICA IN DE GEHELE WESTERSCHELDE TUSSEN 1992 EN 2017.....265

FIGUUR 8-10: DE VERSPREIDING VAN CERASTODERMA EDULE IN DE WESTERSCHELDE VOOR EEN AANTAL GESELECTEERDE JAREN TUSSEN 1998 EN 2017. VOOR DE VOLLEDIGE TIJDREEKS WORDT VERWEZEN NAAR BIJLAGE J. 266

FIGUUR 8-11: DE VERSPREIDING VAN MACOMA BALTHICA IN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 2008 EN 2017. VOOR DE VOLLEDIGE TIJDSREEKS TUSSEN 1992 EN 2017 WORDT VERWEZEN NAAR BIJLAGE J.....267

FIGUUR 8-12: GEMIDDELDE DENSITEIT (BOVEN), BIOMASSA (VERSGEWICHT, MIDDEN) EN MASSA PER INDIVIDU (ONDER) KOKKELS, OP BASIS VAN WOT KOKKELSURVEY, PER PLAAT EN JAAR. 268

FIGUUR 8-13: GEMIDDELDE DENSITEIT (BOVEN), BIOMASSA (VERSGEWICHT, MIDDEN) EN MASSA PER INDIVIDU (ONDER) NONNETJES, OP BASIS VAN WOT KOKKELSURVEY, PER PLAAT EN JAAR. 269

FIGUUR 8-14: TEMPORELE EVOLUTIE PER ECOTOOP VAN GEMIDDELDE BIOMASSA PER DEELGEBIED VAN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 1992 EN 2017. BEMERK DE VERSCHILLENDE VERTICALE SCHAAL BIJ HET LAAGDYNAMISCH SUBLITORAAL.....272

FIGUUR 8-15: TEMPORELE EVOLUTIE PER ECOTOOP VAN DE GEMIDDELDE SOORTENRIJKDOM PER STAAL VOOR DE DRIE DEELGEBIEDEN VAN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 1992 EN 2017.....273

FIGUUR 8-16: TEMPORELE EVOLUTIE PER ECOTOOP VAN BIOMASSA PER DEELGEBIED VAN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 1992 EN 2017 (BOX PLOT: DE WHISKERS STELLEN DE LAAGSTE EN HOOGSTE DATA VOOR DIE BINNEN 1.5X DE INTERKWARTIELAFSTAND VAN DE ONDERSTE EN BOVENSTE KWARTIEL VALLEN). 274

FIGUUR 8-17: TEMPORELE EVOLUTIE VAN DE TOTALE DENSITEIT EN BIOMASSA AAN EXOTEN IN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 1992 EN 2017. 275

FIGUUR 8-18: 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) 277

FIGUUR 8-19: 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. BRON: NETWERK ECOLOGISCHE MONITORING (SOVON, RWS, CBS).....282

FIGUUR 8-20: 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. BRON: NETWERK ECOLOGISCHE MONITORING (SOVON, RWS, CBS).....283

FIGUUR 8-21: 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. BRON: NETWERK ECOLOGISCHE MONITORING (SOVON, RWS, CBS).....284

FIGUUR 8-22: 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. BRON: NETWERK ECOLOGISCHE MONITORING (SOVON, RWS, CBS).....285

FIGUUR 8-23: 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. BRON: NETWERK ECOLOGISCHE MONITORING (SOVON, RWS, CBS).....286

FIGUUR 8-24: 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. BRON: NETWERK ECOLOGISCHE MONITORING (SOVON, RWS, CBS).....287

FIGUUR 8-25: ONTWIKKELING VAN HET AANTAL BROEDPAREN VAN STERNEN. 293

FIGUUR 8-26: ONTWIKKELING VAN HET AANTAL BROEDPAREN VAN STELTLOPERS. 294

FIGUUR 8-27: ONTWIKKELING VAN HET AANTAL BROEDPAREN VAN MEEUWENSOORTEN. 296

FIGUUR 8-28: DVD_{30-70}-AREAAL BEREKEND OP BASIS VAN VERANDERENDE WATERSTANDEN, PER MACROCEL. 299

FIGUUR 8-29: DVD_{30-70}-AREAAL BEREKEND OP BASIS VAN CONSTANTE WATERSTANDEN, PER MACROCEL. 299

FIGUUR 8-30: WIJZIGINGEN DROOGVALDUURAREAAL TUSSEN 2009 EN 2016. 300

FIGUUR 8-31: GEWONE ZEEHOND (LINKS) EN GRIJZE ZEEHOND (RECHTS) (BRON: WIKIMEDIA COMMONS).....302

FIGUUR 8-32: TEMPORELE EVOLUTIE VAN HET AANTAL GEWONE ZEEHONDEN, INCLUSIEF DE JONGEN, IN DE WESTERSCHELDE TUSSEN JULI 2008 EN JULI 2017 305

FIGUUR 8-33: SPATIOTEMPORELE EVOLUTIE HET AANTAL VOLWASSEN GEWONE ZEEHONDEN IN DE WESTERSCHELDE TUSSEN JULI 2009 EN JUNI 2017. DE MAANDEN ZONDER ZEEHONDENAANTALLEN ZIJN MAANDEN ZONDER TELLINGEN. 306

FIGUUR 8-34: SPATIOTEMPORELE EVOLUTIE VAN HET AANTAL JONGE GEWONE ZEEHONDEN IN DE WESTERSCHELDE TUSSEN JULI 2009 EN JUNI 2017.....307

FIGUUR 8-35: SPATIOTEMPORELE EVOLUTIE VAN HET AANTAL GEWONE ZEEHONDEN IN DE MAAND AUGUSTUS IN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 2000 EN 2016. 308

FIGUUR 8-36: PERCENTAGE VAN HET AANTAL JONGEN (JULI TELLING) IN DE POPULATIE GEWONE ZEEHONDEN (AUGUSTUS TELLING). 309

FIGUUR 8-37: SPATIOTEMPORELE EVOLUTIE VAN HET AANTAL VOLWASSEN GRIJZE ZEEHONDEN IN DE WESTERSCHELDE TUSSEN JULI 2009 EN JUNI 2017. 311

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 2016-2017 is opgesteld door IMDC nv in samenwerking met Heinis Waterbeheer en Ecologie (HWE) en de Ecosystems Management Research Group (ECOBE, Universiteit Antwerpen) onder deelopdracht 7 ‘Data-analyse monitoring en adviesverlening voor VNSC-O&M’ van de ‘Meervoudige raamovereenkomst in kader van proces vaarwegbeheer periode 2016-2021’, in opdracht van afdeling Maritieme Toegang van de Vlaamse Overheid (bestek nummer MT/01357_07).

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 worden verdiept. De Ontwikkelingsschets 2010 omschrijft een plan voor de nodige projecten, maatregelen en monitoringrichtlijnen om de Schelde te doen evolueren naar een staat zoals bepaald in de Lange Termijn Visie (voor het jaar 2030). 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 de 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 aanlegbaggerwerken die nodig waren in de Westerschelde om de derde verruiming uit te voeren omvatten 7,7 miljoen m^3, zoals de gestelde verwachting in het milieueffectrapport (Consortium Arcadis-Technum, 2007a). Het hierop volgende benodigde baggeronderhoud werd geraamd op een verwachte omvang van 11,7 miljoen m^3 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 dan de raming uit het milieueffectrapport.

De verwachting voor de verruiming in de Zeeschelde (hoofdzakelijk zand, uitgevoerd in 2008-2010) omvatte 6,35 Mm^3 aanlegvolume, terwijl het jaarlijks onderhoud voor zand op 2,1 Mm^3 werd geraamd. Voor het slib-onderhoud werd in totaal 6,8 Mm^3 in beun (bulk densiteit 1,25 ton/m^3) of 1,7 Mm^3 V’ (referentiedensiteit 2 ton/m^3) verwacht (Consortium Arcadis-Technum, 2007a). In de praktijk blijken de zandvolumes lager, en de slibvolumes hoger te liggen.

In de Ontwikkelingsschets 2010 wordt ook melding gemaakt van een flexibele stortstrategie die inhoudt dat de stortstrategie wordt aangepast op basis van monitoring om zo de fysieke kenmerken van het systeem binnen zijn natuurlijke dynamiek te bewaren. Deze flexibele 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 Natuurbeschermingsvergunning. 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) gecreëerd zou 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 overschreden mogen 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 2016-2017 beschouwd worden, maar dat de volledige periode vanaf de derde verruiming (2010) mee worden genomen.

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 door Flexibel Storten gekeken. In de voorliggende rapportage is dit ruimer opgevat. In het Overleg Flexibel Storten komt ook enkel de Westerschelde aan bod, maar in deze rapportage wordt ook de toestand van de Beneden-Zeeschelde beschouwd.

1.4 OVERZICHT VAN DE VOORTGANGSRAPPORTAGE

Het voortgangsrapport brengt verslag over de monitoring uitgevoerd in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde in het kader van het MONEOS-T Uitvoeringsplan, aangevuld met een 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 te toetsen tegen de doelstellingen en verwachtingen die in het MER en/of andere beoordelingskaders werden geformuleerd.

Dit voortgangsrapport volgt op drie eerdere voortgangsrapportages: Voortgangsrapport 2010-2011 (IMDC, 2013a), Voortgangsrapport 2012-2013 (IMDC *et al.*, 2014; IMDC, 2015a), en Voortgangsrapport 2014-2015 (IMDC, 2017a, 2017b).

Het vierde 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.

Dit eerste deelrapport is 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 te worden behandeld. 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 worden samengevat, en vervolgens in een breder kader geplaatst indien mogelijk. Rekening houdend met inzichten uit recente studies gerelateerd aan het Schelde-estuarium, 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 – voor zover dit mogelijk is op basis van de uitgevoerde analyses. 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 2010-2017 in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde;
- In hoofdstuk 4 worden enkele randgegevens behandeld, waaronder meteorologische aspecten en bovenafvoer;
- In hoofdstuk 5 worden hydrodynamische parameters behandeld: ontwikkeling van hoog- en laagwaterstanden, getijslag, getijvolume, golven, en stroomsnelheden;
- In hoofdstuk 6 worden de morfologische aspecten en habitateigenschappen besproken, met name 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 7 gaat verder in op fysicochemische parameters alsook de chemische kwaliteit van de waterbodem;
- In hoofdstuk 8 komt fauna aan bod: vogel- en zeehondentellingen alsook gegevens over macrobenthos.

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 vierde Voortgangsrapport verwezen.

2. OVERZICHT VAN AANGELEVERDE DATA

Ten behoeve van het opstellen van het Voortgangsrapport is een grote hoeveelheid informatie verzameld en gereed gemaakt voor analyse en presentatie. Dit hoofdstuk geeft een beknopt overzicht van de aangeleverde en geanalyseerde data.

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 en bevat ook informatie rond geulwandstortingen en proefstortingen. De data is in voorliggend rapport weergegeven tot eind 2018.

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 2017, gegroepeerd per week.

Zandwinning

Gegeven inzake de zandruilproef in de Westerschelde van 2015-2017 werden aangeleverd in Excel-formaat vanuit Rijkswaterstaat.

De zandwinvolumes voor 2008-2017 in de Beneden-Zeeschelde werden meegedeeld vanuit afdeling Maritieme Toegang (per email).

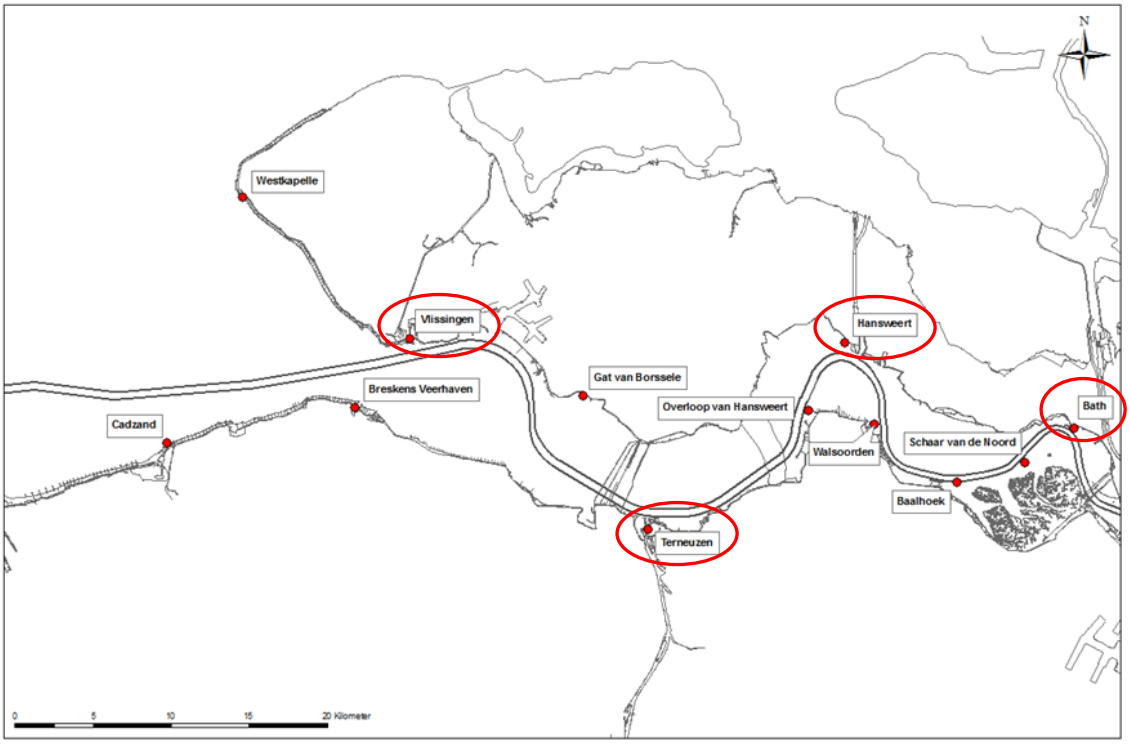
Havenstortingen Westerschelde

Vanuit Rijkswaterstaat werden gegevens inzake havenstortingen in de Westerschelde aangeleverd als Excel-bestand tot eind 2017.

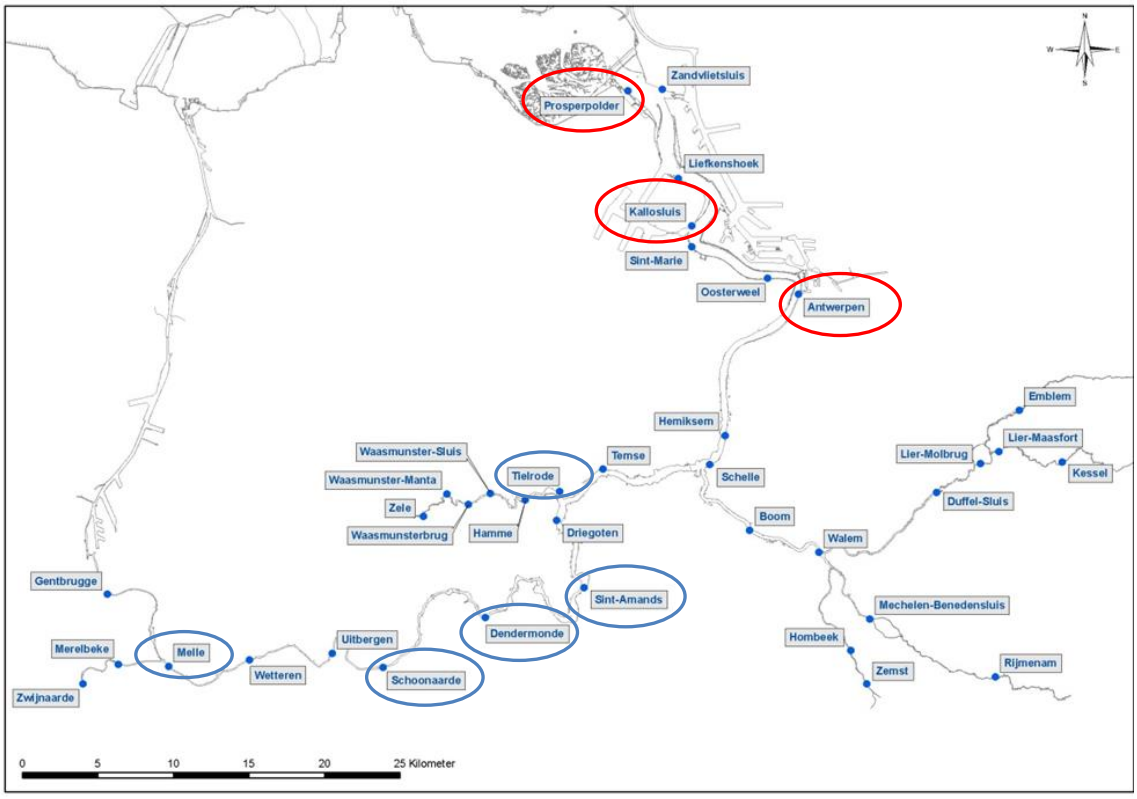
2.2 HYDRODYNAMIEK

Hoog- en laagwaterstanden

Gegevens van de hoog- en laagwaterstanden van het getij zijn beschikbaar bij verschillende meetstations in de Westerschelde (Nederland) en 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, en Antwerpen-Loodsgebouw beschouwd (Figuur 2-2). Daarnaast wordt de getijslag bij enkele stations in de Boven-Zeeschelde meegenomen in de ruimtelijke analyse (Tielrode, Sint-Amands, Dendermonde, Schoonaarde, Melle).



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 getijmeetstations in de Zeeschelde met indicatie van de stations beschouwd in de Beneden-Zeeschelde (rood omcirkeld) en Boven-Zeeschelde (blauw omcirkeld) voor dit rapport.

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, 2013). Vanaf 2010 worden deze tijdreeksen aangevuld met de nieuw beschikbare metingen.

Alle jaargemiddelde waterstanden zijn uitgedrukt in TAW voor de Vlaamse meetstations 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, 2013)	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
MONEOS 2016 (Plancke *et al.*, 2017)	Beneden-Zeeschelde	2016	Jaargemiddeld HW, LW en getijslag
MONEOS 2017 (Vandenbruwaene *et al.*, 2018)	Beneden-Zeeschelde	2017	Jaargemiddeld HW, LW en getijslag
Voortgangsrapport 1 (IMDC *et al.*, 2013)	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
Dataset Rijkswaterstaat	Westerschelde	2016	Jaargemiddeld HW, LW en getijslag
Dataset Rijkswaterstaat	Westerschelde	2017	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. Deze peilschaalcorrectie wordt op de door het WL aangeleverde gegevens vanaf 2011 doorgevoerd. In dit rapport wordt gewerkt met de

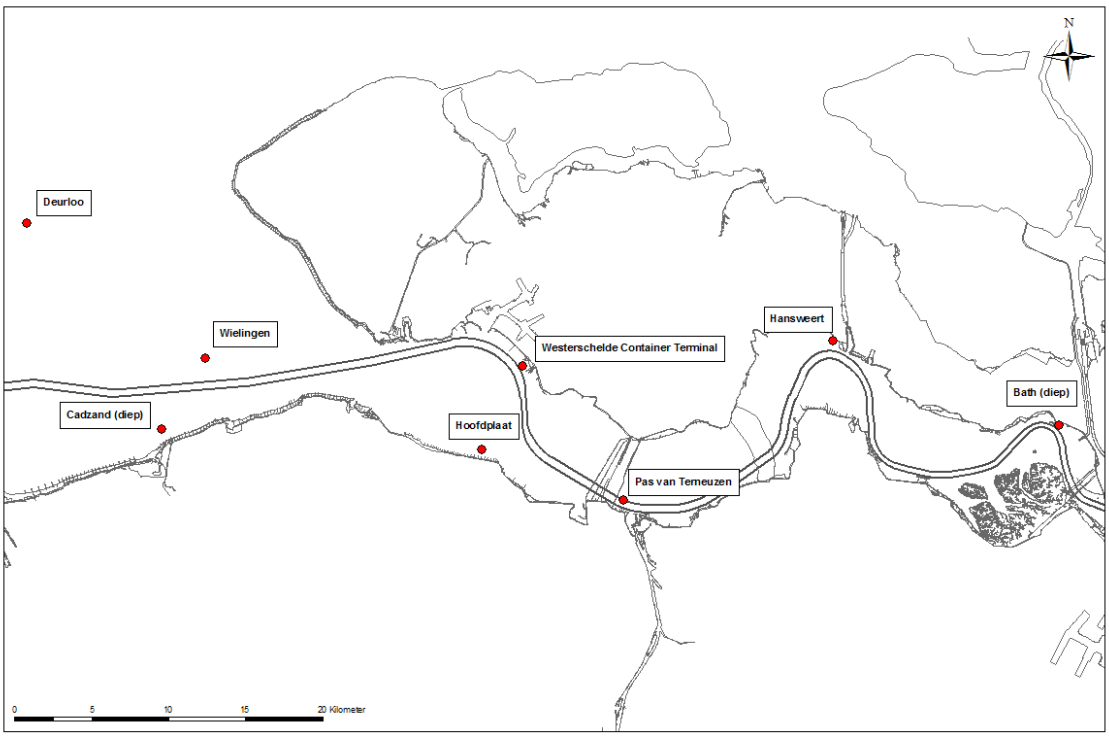
waterstandsdata inclusief de peilschaalcorrectie vanaf 2011. De grootte van de peilschaalcorrectie bij de gebruikte meetstations is weergegeven in Tabel 2-2.

Tabel 2-2: Overzicht van peilschaalcorrecties van meetstations in de Beneden-Zeeschelde.

Meetstation	Peilschaalcorrectie
Prosperpolder	0,9 cm
Antwerpen-Loodsgebouw	-3,0 cm
Kallosluis	-4,9 cm

Golven

Op verschillende locaties in de Westerschelde en in de monding van de Westerschelde (Figuur 2-3, Tabel 2-3) 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 2-3: 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 - heden	Rijkswaterstaat
Hoofdplaat	HFPL	35614	377930	stappenbaak	1998 - heden	Rijkswaterstaat

Locatie	Code	X-coord RD [m]	Y-coord RD [m]	Type	Meetperiode	Bron
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

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). 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 (2 MHz) en op een diepte van -5 m LAT m.b.v. een Teledyne RDI ADCP gemonteerd op een frame.

De data zijn rechtstreeks verkregen via https://waterberichtgeving.rws.nl/monitoring/stroom. Een overzicht wordt gegeven in Tabel 2-4. De resultaten worden ook weergegeven in Bijlage C: hierbij wordt telkens de maximum verticaalgemiddelde vloedsnelheid uitgezet tegen de gemiddelde rijzing in een nabijgelegen waterstandspunt, en analoog voor de ebsnelheid ten opzichte van 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 2016’ (Jentink *et al.*, 2017) en ‘Datarapportage 2017’ (Jentink *et al.*, 2018).

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

[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.

Tabel 2-4: 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 – 2017	Stroomsnelheid en -richting	2
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 - 2017	Stroomsnelheid en -richting	2
Rijkswaterstaat	Plaat van Valkenisse*	2010 - 2015	Stroomsnelheid en -richting	1

2.3 MORFOLOGIE EN LEEFOMGEVING

2.3.1 Morfologie

Westerschelde

Voor de Westerschelde werden de vaklodingskaarten, opgenomen door Rijkswaterstaat in 2016 en 2017, 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 vaklodingen van 2016 en 2017 bedekken het gebied vanaf de Westerscheldemonding nabij Vlissingen. De diepte- en verschilkaarten van de Westerschelde zijn opgenomen in Bijlage D.

Er werd in 2017 een rapport inzake de monitoring van de geulwandverdedigingen in de Westerschelde tot en met 2016 opgeleverd (Sinke, 2017). Voor 2017 is geen rapport beschikbaar.

Beneden-Zeeschelde

De gebiedsdekkende vaklodingskaarten van de Beneden-Zeeschelde, opgenomen in 2016 en 2017 werden beschikbaar gesteld door de Vlaamse Hydrografie en afdeling Maritieme Toegang. De bodemgrids worden aangeleverd met een celgrootte van 1 m. De aanlevering is een compilatie van de bathymetrische data van de volgende secties: Saeftinghe-Doel, Doel-Fort Filip, Fort Filip-Oosterweel, Rede van Antwerpen, en Rupelmonde-Burcht. De Noordzeeterminal, het Deurganckdok, en de sluiscomplexen werden voor 2016 en 2017 niet meegeleverd. 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 twee 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);
- 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, 2017a; Jentink *et al.*, 2017, 2018). Per plaatrand zijn er ook afzonderlijke halfjaarlijkse rapporten aangeleverd (Jentink, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e).

Voor de hoogtemetingen op de slikken en schorren in de Beneden-Zeeschelde wordt verwezen naar de eerstelijnsrapportage inzake de toestand in 2017, opgesteld in het kader van het MONEOS-project (INBO, 2018).

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 per jaar 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.

2.3.4 Het watervolume in de geulen

Jaarlijks wordt 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 dit rapport zijn opgenomen bevatten metingen tot en met 1 januari 2017 (Schrijver, 2018a). De gepresenteerde volumes zijn dus geldig voor de periode van 8 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 de 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 aangeleverd gegevens. In deze rapporten gaat bijzondere aandacht uit naar de plaatrandstortingen en de stabiliteit van de teruggestorte sedimenten op die locaties. In dit rapport worden de gegevens tot en met de toetsing 8 jaar na de start van de verdiepingswerken meegenomen.

2.3.6 Ecotooparealen

Westerschelde

Voor deze vierde voortgangsrapportage wordt de ecotopenkaart van 2016 verwerkt. Deze werd opgesteld en is aangeleverd in GIS-formaat door Rijkswaterstaat Zee en Delta. De ecotopenkaart van 2016 geeft de status weer 6 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 ecotopenkaarten zijn weergegeven in Bijlage H.

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 twee basisinformatielagen: een fysiotopenkaart en een geomorfologische kaart (INBO, 2018).

In dit rapport zijn de ecotopenkaarten van 2015 en 2016 opgenomen. Naast de areaaloppervlaktes, kunnen ook de ecotoop oppervlakteveranderingen worden afgeleid. Bijlage I bevat de ecotopenkaarten van 2010, 2015 en 2016.

2.4 FYSICOCHEMIE EN WATERKWALITEIT

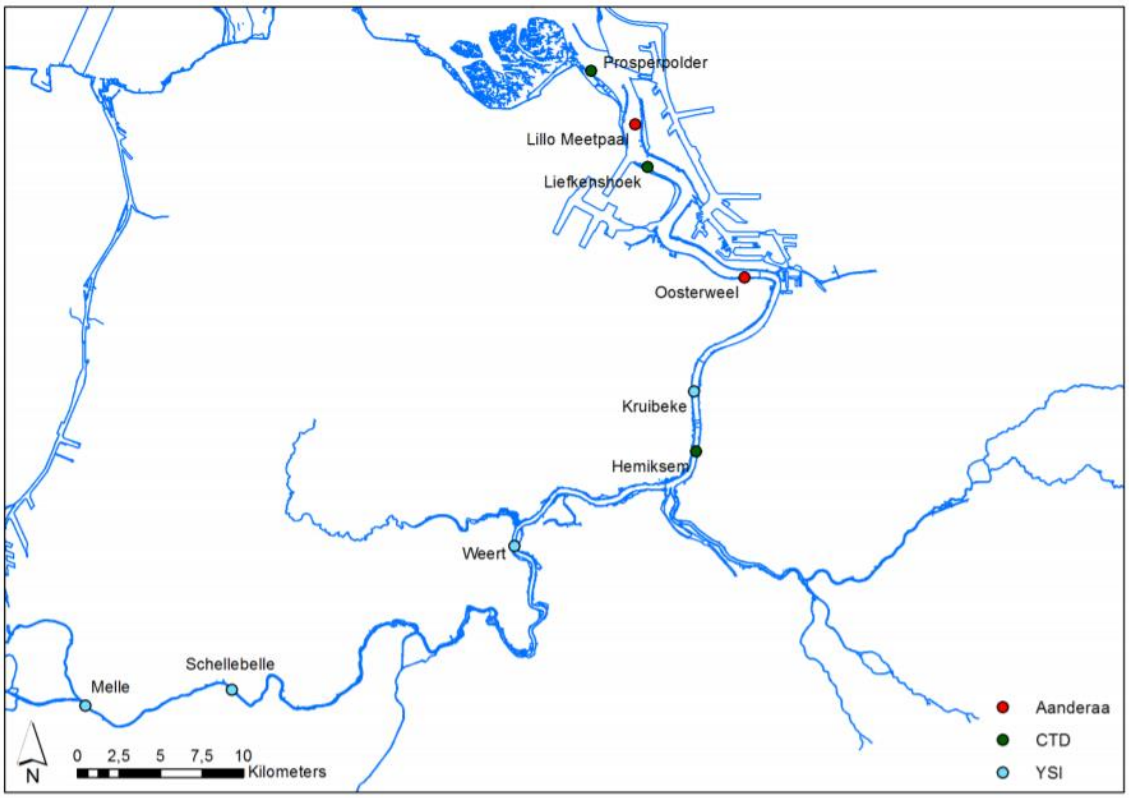
Fysicochemische gegevens werden verzameld volgens het Uitvoeringsplan MONEOS-T (Schrijver en Plancke, 2008, 2015) en samengevat in Tabel 2-5 (Westerschelde) en Tabel 2-6 (Beneden-Zeeschelde). Een overzicht van de meetlocaties in de Beneden-Zeeschelde wordt weergegeven in Figuur 2-4.

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	1980-2017	S-FC-N-019
Lichtextinctie	Rijkswaterstaat (Vroom *et al.*, 2013)	Vlissingen boei SSVH, Terneuzen boei 20, Hansweert geul, Schaar van Ouden Doel	1993-2017	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	1990-2017	S-FC-N-012
Chloride-gehalte	Rijkswaterstaat (Vroom *et al.*, 2013)	Vlissingen boei SSVH, Terneuzen boei 20, Hansweert geul, Schaar van Ouden Doel	1965-2017	S-FC-N-021
Chloride-gehalte (continue metingen)	(Spronk en Vereecken, 2010)	Vlakte van de Raan, Overloop van Hansweert, Baalhoek	2012-2017	S-FC-N-001
Chemische kwaliteit waterbodem	Vlaamse Milieu-maatschappij (VMM 2002-2015b)	Zie sectie 7.5.1	1995-2017	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	1996-2017	S-FC-V-019
Zwevende stof (continue metingen)	OMES-MONEOS (Maris *et al.*, 2013; Vanlierde *et al.*, 2016)	Oosterweel	2001-2017	S-FC-V-005
		Boei 84, Driegoten	2006-2015	
		Lillo	2015-2017	
Lichtextinctie	OMES-MONEOS (Maris *et al.*, 2013; Vanlierde *et al.*, 2016)	Grens, Liefkenshoek, Punt van Melsele, Antwerpen, Kruibeke	2002-2017	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	2002-2017	S-FC-V-012
Chlorofyl a gehalte op de schorren	OMES (Maris *et al.*, 2013)	Groot Buitenschoor, Boerenschans	2006-2017	S-EF-V-002
Chloride-gehalte	OMES-MONEOS (Maris *et al.*, 2013; Vanlierde *et al.*, 2016)	Grens, Liefkenshoek, Punt van Melsele, Antwerpen, Kruibeke	1996-2017	S-FC-V-021
Chloride-gehalte (continue metingen)	OMES-MONEOS (Maris *et al.*, 2013; Vanlierde *et al.*, 2016)	Oosterweel	2010-2017	S-FC-V-001
		Boei 84, Driegoten	2010-2015	
		Lillo	2015-2017	
Chemische kwaliteit waterbodem.	Vlaamse Milieu-maatschappij (VMM 2002-2015a)	Zie sectie 0	2002-2015	S-MD-V-004c



Figuur 2-4: MONEOS meetlocaties van fysische parameters in de Zeeschelde.

2.5 FAUNA

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 1992-2017 Westerschelde (WOT Westerschelde: kokkelsurvey - uitgevoerd door Universiteit Wageningen in opdracht van het Ministerie van Economische zaken). De weergegeven biomassa's zijn gebaseerd op versgewicht.

Monitoring benthos Westerschelde 1992-2017 (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 voor alle jaren.

Vogels

Watervogels

Monitoring watervogels juli 2009 - juni 2017 (MWTL)

- Rapportages “Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta” (Strucker *et al.*, 2010, 2011, 2012, 2013; Arts *et al.*, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018b).
- 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. Deze analyse is gebaseerd op tellingen tussen 1987 en 2016.

Broedvogels

Monitoring broedvogels 1979-2017 (MWTL) op basis van aangeleverde data (1979-2017).

Zeehonden (Westerschelde)

Monitoring zeezoogdieren juli 2008 - juni 2017 (MWTL):

- Rapportages “Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta” (Strucker *et al.*, 2010, 2011, 2012, 2013; Arts *et al.*, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018b).

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. Vanaf seizoen 2014/2015 worden geen vliegtuigtellingen meer uitgevoerd in september, oktober en november.

3. INGREPEN

Het hoofdstuk Ingrepen bevat een beschrijving van de in 2016 en 2017 uitgevoerde bagger- en stortactiviteiten, zandwinning en andere menselijke ingrepen die in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde zijn uitgevoerd. De hoeveelheden worden vergeleken met de trend van de voorgaande jaren en met de verwachtingen in de MER van de verruiming.

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 (zie infokader ‘Volume-eenheden” onderaan deze pagina). 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).

3.1 INGREPEN WESTERSCHELDE

3.1.1 Onderhoudsbaggerwerken

Het cumulatieve verloop van de totale baggerinspanning (zand) voor het onderhoud van de vaargeul van de Westerschelde wordt weergegeven in Bijlage A. Er dient onderscheid gemaakt te worden tussen kalenderjaren (per 1 januari) en vergunningsjaren (per 12 februari).

In kalenderjaren 2016 en 2017 werd telkens 9,6 Mm³ (miljoen m³) gebaggerd.

Infokader “Volume-eenheden”

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.

Voor bagger- en stortvolumes in de **Westerschelde** wordt gewerkt met *in situ* volumes, waarbij volgende omrekening gebruikt wordt: $V_{beun} / V_{in\ situ} = 1,12$ (Consortium Arcadis-Technum, 2007a). Voor **rainbow- of sproei-activiteiten** wordt gebruik gemaakt van de cijfers uit de baggerstatistiek waarin de omrekening tussen beun en in situ volume per week is weergegeven.

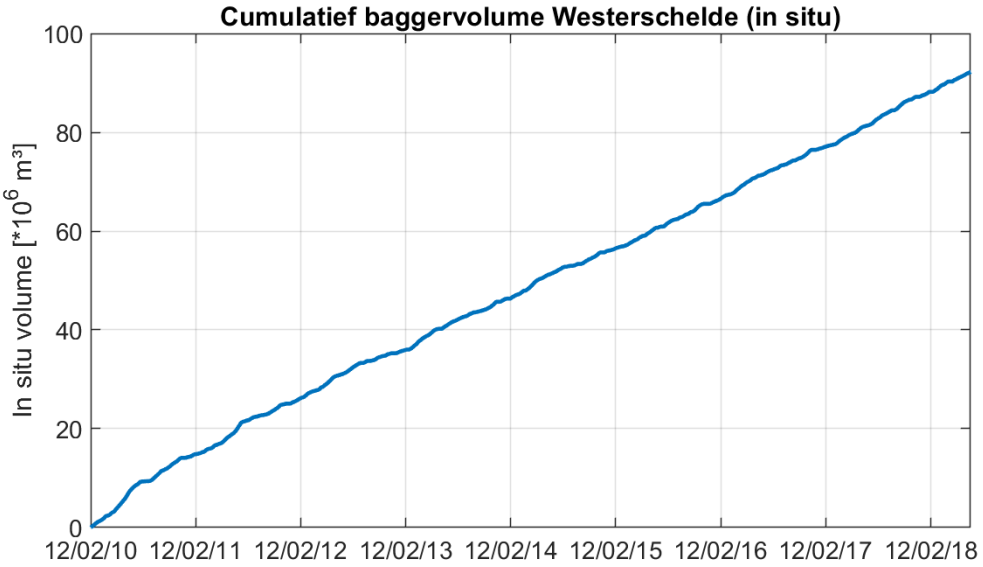
De **zandvolumes** voor de **Beneden-Zeeschelde** worden steeds weergegeven in beun m³.

Het equivalent volume V’ is het **volume slib** (uitsluitend **Beneden-Zeeschelde**) 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 ook de massa droge stof te berekenen, door het gereduceerde volume te vermenigvuldigen met 1,606 (Roose, 2008).

In vergunningsjaar 7 en 8[4] zijn onderhoudsbaggerwerken uitgevoerd voor in totaal 9,3 Mm³ resp. 9,9 Mm³ in situ. Deze totalen zijn hoger dan in de 4 voorgaande vergunningsjaren

[4] De eerste vergunningsperiode omvatte vergunningsjaar 1-5 (12/02/2010 – 11/02/2015). De jaren in de tweede vergunningsperiode worden doorgeteld vanaf de eerste periode en beginnen dus bij vergunningsjaar 6 (12/02/2015 – 11/02/2016).

(vergunningsjaar 3 tot vergunningsjaar 6, min. 8,8 Mm³ en max. 9,3 Mm³) maar lager dan in de eerste twee vergunningsjaren (waarbij het eerste vergunningsjaar de verruiming zelf omvatte).



Figuur 3-1: Cumulatief baggervolume (in situ m³) in de Westerschelde.

Het verloop van de baggerinspanning voor de gehele Westerschelde toont sinds de start van de derde verruiming geen verandering van de trend, alhoewel er kleine jaar op jaar variaties zijn.

Omgerekend naar in-situ volumes (zie tabellen in Bijlage A en Tabel 3-1) zijn de onderhoudsvolumes lager dan de in de MER verwachte onderhoudsinspanning van 11,7 Mm³.

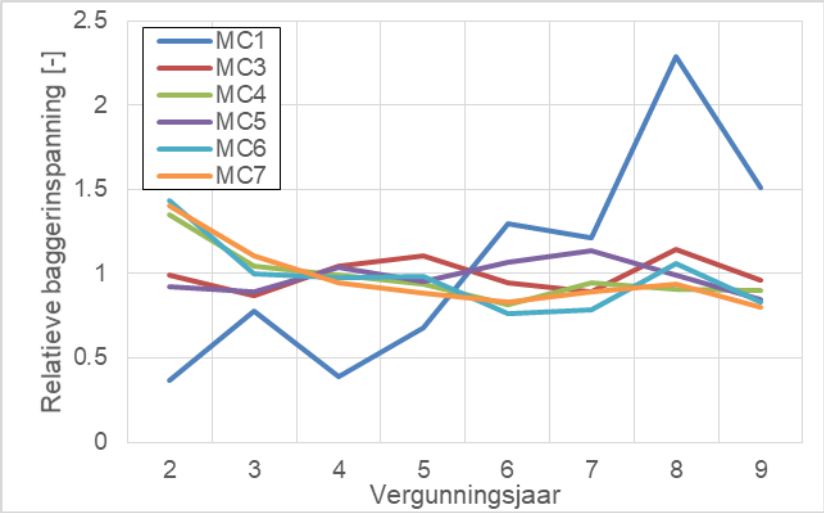
De verdeling van de baggerinspanningen vanaf 1980 over de verschillende drempels en andere baggerlocaties wordt weergegeven in Bijlage A.

Sinds de derde verruiming ligt het zwaartepunt van de onderhoudsbaggerwerken op de Drempel van Hansweert met een toenemend aandeel van 2,1 Mm³ in situ (22%) in 2012 tot 3,4 Mm³ in situ (35%) in 2016. In 2017 was er echter een terugval zichtbaar tot 2,5 Mm³ in situ (27%). Tegelijkertijd neemt ook het aandeel op de Overloop van Valkenisse af, waardoor de inspanning in de hele macrocel 5 quasi gelijk blijft.

Het verloop van de baggerinspanningen toont verschillen tussen de verschillende macrocellen (Bijlage A). In macrocel 1 is de baggerinspanning sterk toegenomen, van ca. 0,1 Mm³ in situ 2013-2014 tot 0,4-0,8 Mm³ in situ in 2016 (een toename van 0,4 Mm³ in 2016-2017 t.o.v. 2011-2015). In macrocel 4, 6 en 7 is van een daling sprake in de eerste paar jaar na de verruiming en stabilisatie nadien. In macrocel 3 en 5 is de vereiste inspanning eerder stabiel. De toename van het totale baggervolume in de Westerschelde met 0,4 Mm³ in 2016-2017 is dus nagenoeg volledig te wijten aan de toename in macrocel 1.

Tabel 3-1: Baggervolumes (in situ Mm³) in vergelijking met in de MER verwachte onderhoudsinspanning. VJ = Vergunningsjaar. VJ 1 bevat ook de aanleg van 7,7 Mm³.

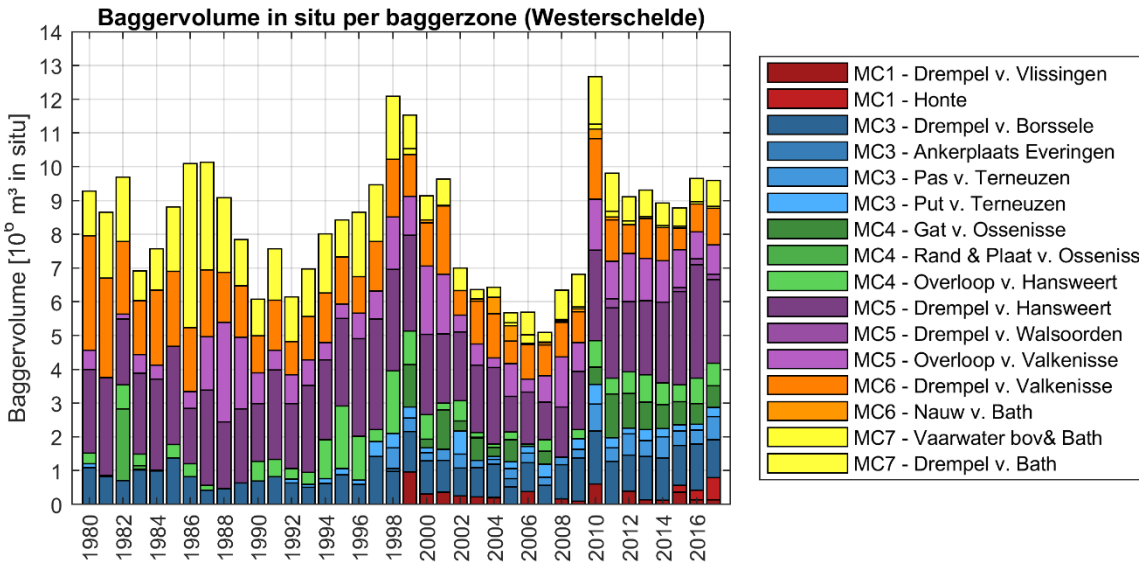
	Eerste vergunningsperiode					Tweede vergunningsperiode			
	VJ1	VJ2	VJ3	VJ4	VJ5	VJ6	VJ7	VJ8	MER
Mm³ in situ	13,2	10,1	8,8	9,3	9,1	8,9	9,3	9,9	**11,7**
Mm³ in beun	14,8	11,3	9,8	10,4	10,2	10,0	10,5	11,1	



Figuur 3-2: Relatieve baggerinspanning per macrocel en per vergunningsjaar, berekend tegenover de gemiddelde baggerinspanning van vergunningsjaar 2 tot 9.

Op langere termijn (Bijlage A) zijn specifieke trends of veranderingen zichtbaar. Het gebaggerde volume is sinds de derde verruiming hoger dan de baggervolumes die na de tweede verruiming gerealiseerd zijn (5,1 – 9,6 Mm³ in situ). Een afname van de baggerinspanning zoals die werd waargenomen na de tweede verruiming, is niet opgetreden na de derde verruiming. Vóór de tweede verruiming fluctueren de baggerinspanningen sterker en liggen meestal tussen 6 en 10 Mm³ in situ.

De baggerinspanning over de verschillende drempels toont dat het onderhoud in het westen (macrocellen 1 en 3 samengeteld) van de Westerschelde toegenomen is van 1 Mm³ voor de tweede verruiming, minder dan 2 Mm³ na de tweede verruiming en tot bijna 2,5 Mm³ na de derde verruiming. Daarnaast valt ook op dat de baggerinspanning in macrocel 5 sinds de derde verruiming hoger ligt dan na de minima na de tweede verruiming, maar niet hoger dan wat voor of vlak na de tweede verruiming werd waargenomen. In macrocel 6 en 7 zijn de baggerinspanningen de laatste jaren lager dan wat voor de tweede verruiming gebruikelijk was, maar in macrocel 4 ook hoger.



Figuur 3-3: Baggervolume (uitgedrukt in situ m³) in de Westerschelde sinds 1980.

Tenslotte wordt ook gebaggerd in het mondingsgebied ter hoogte van de Wielingen (Tabel 3-2). Deze baggerwerken vallen niet onder de vergunning van de derde verruiming en het flexibel storten, en vallen ruimtelijk ook buiten de macrocellen. De gebaggerde specie wordt steeds teruggestort in de zone Wielingen W2.

Tabel 3-2: Overzicht baggerwerken ter hoogte van de de Wielingen [m³ in situ].

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
			130 122			118 053	59 671

3.1.2 Stortactiviteiten in kader van de onderhoudsbaggerwerken

De stortactiviteiten in de Westerschelde worden gestuurd vanuit de strategie “Flexibel Storten” en worden (twee)maandelijks besproken en bijgestuurd op het Overleg Flexibel Storten. Een overzichtskaart van de vergunde stortzones wordt weergegeven in Figuur 3-4.

De stortstrategie is gericht op het realiseren van laagdynamisch, ecologisch waardevol areaal door het uitvoeren van plaatrandstortingen, en op het ontlasten van de nevengeulen door het gebruik van stortzones in de diepe delen van de hoofdgeul. De hoeveelheden die verspreid mogen worden zijn per vergunning vastgelegd (Tabel 3-3 en Tabel 3-4 voor de twee vergunningsperiodes van 2010 tot 2015 en van 2015 tot 2022) en bepalen per type gebied (hoofdgeul, nevengeul, plaatrand) en per macrocel wat de maximale toegelaten volumes zijn.

Tabel 3-3: Maximaal vergunde stortcapaciteit (in m³ 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**

Macrocel	Hoofdgeul	Nevengeul	Plaatrand(en)	Totaal
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 (in m³ 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**

Hierbij geldt ook dat er jaarlijkse maxima in de vergunning zijn opgelegd voor de nevengeulen:

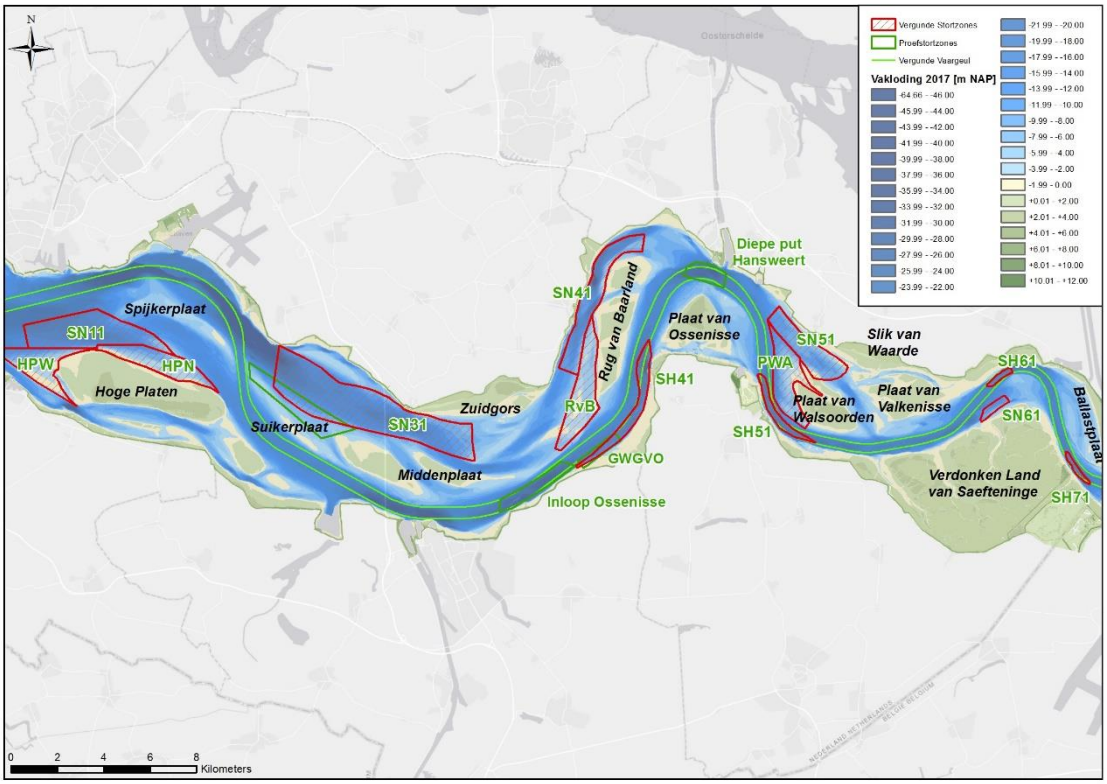
- Macrocel 1 (SN11): 3,0 miljoen m³
- Macrocel 3 (SN31): 3,2 miljoen m³
- Macrocel 4 (SN41): 2,4 miljoen m³
- Macrocel 5 (SN51): 3,0 miljoen m³
- Macrocel 6 (SN61): 3,8 miljoen m³
- Macrocel 7 (SN71): 1,0 miljoen m³

Er geldt ook het principe dat er niet opwaarts kan gestort worden. Daarnaast zijn er verschillende beperkingen die operationeel van aard, dan wel van morfologische aard kunnen zijn:

- In macrocel 1 wordt reeds enkele jaren omzichtig omgegaan met de plaatrandstortzone Hooge Platen Noord (HPN) omwille van een mogelijk verband met de ophoging van de plaat zelf;
- In macrocel 4 wordt vanaf vergunningsjaar 3 van de eerste vergunningsperiode niet meer gestort op de plaatrandstortzone Rug van Baarland (RVB) om de snelle autonome sedimentatietrend die in het Middelgat bestaat niet te versnellen; ook in de nevengeul (SN41) wordt om die reden niet gestort;
- In macrocel 5 wordt niet gestort in nevengeulstortvak SN51 omwille van het afnemend watervolume van deze nevengeul (kwaliteitscriterium flexibel storten);
- In macrocel 6 wordt niet gestort in nevengeulstortvak SN61 omdat er gevreesd wordt voor een negatieve impact op de diepgang van de nevengeul Schaar van de Noord. Het toekomstig gebruik van het vak wordt evenwel onderzocht binnen het Overleg Flexibel Storten en in 2018 is hiertoe een proefstortcampagne uitgevoerd;

- Eveneens in macrocel 6 wordt beperkt gestort in hoofdgeulstortvak SH61 omdat de teruggestorte baggerspecie er relatief stabiel blijkt te zijn, waardoor de fysische capaciteit van het stortvak beperkend wordt;
- In macrocel 7 wordt beperkt gestort in de hoofdgeul omdat hier enkel baggerspecie vanuit de eigen macrocel kan gestort worden.

Tabel 3-5 en Tabel 3-6 geven de in-situ volumes weer die per vergunningsjaar zijn gestort, per macrocel en type gebied.



Figuur 3-4: Overzichtskaart Westerschelde.

Merk op dat er ook stortingen worden uitgevoerd waarvan de volumes buiten de reguliere vergunningstabellen worden geregistreerd maar wel in rekening worden gebracht bij het totale onderhoud, namelijk proefstortingen in diepe delen van de hoofdgeul (Inloop Ossenisse, Diepe Put van Hansweert) en de plaatrand van de Suikerplaat (sectie 3.1.3) en stortingen in het kader van de geulwandverdediging langs het Gat van Ossenisse (sectie 3.1.4).

In de vergunningsjaren 7 en 8 is veel minder in de ‘reguliere’ hoofdgeulstortvakken gestort omwille van bovenvermelde reden. In vergunningsjaren 2 tot en met 6 werd 4 tot 6 miljoen m³ per jaar gestort in hoofdgeulstortvakken; in de voorgaande vergunningsjaren was dit respectievelijk 0,77 en 1,21 Mm³.

Ook de nevengeulstortvakken zijn iets minder intensief benut: respectievelijk 1,26 en 1,51 Mm³ tegenover typisch 2,36 tot 3,26 Mm³ in de voorgaande vergunningsjaren. De plaatranden zijn dan opnieuw frequenter ingezet met als doel de gerealiseerde winst aan laagdynamisch, ecologisch waardevol areaal in stand te houden.

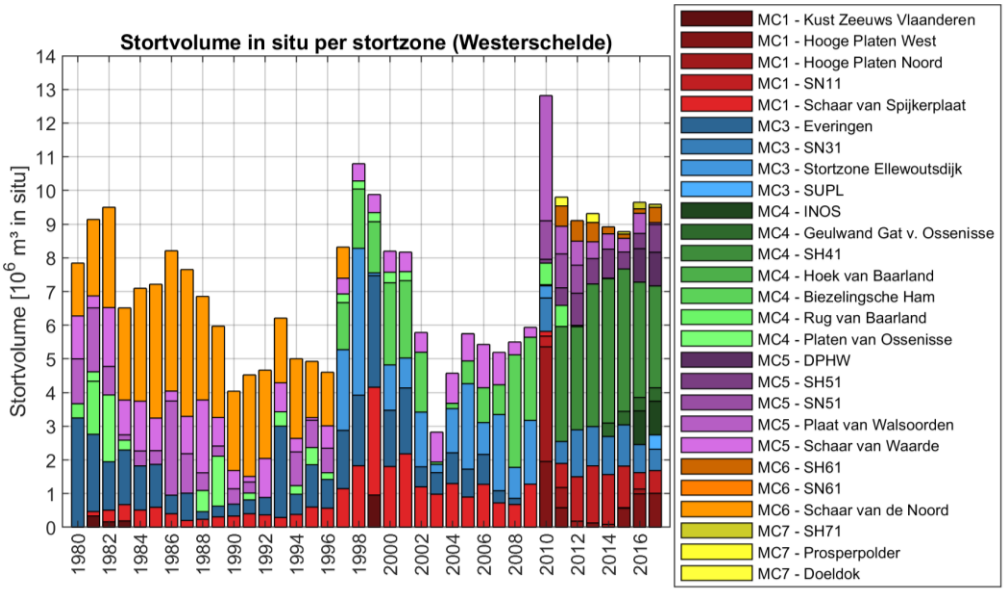
Tabel 3-5: Samenvatting gestorte in-situ volumes (in m³) voor de eerste vergunningsperiode (2010-2015).

12-02-2010 tot en met 11-02-2011 (jaar 1)				
Macrocel	**Hoofdgeul**	**Nevengeul**	**Plaatrand(en)**	**Totaal**
1	--	387 704	5 459 353	**5 847 057**
3	--	990 939	--	**990 939**
4	0	0	701 139	**701 139**
5	113 010	1 309 719	3 717 468	**5 140 196**
6	0	0	--	**0**
7	0	--	--	**0**
Totaal	**113 010**	**2 688 363**	**9 877 960**	**12 679 332**
12-02-2011 tot en met 11-02-2012 (jaar 2)				
1	--	767 009	1 078 771	**1 845 779**
3	--	881 157	--	**881 157**
4	3 883 260	0	603 879	**4 487 139**
5	609 953	841 629	820 822	**2 272 404**
6	602 350	0	--	**602 350**
7	0	--	--	**0**
Totaal	**5 095 563**	**2 489 796**	**2 503 472**	**10 088 830**
12-02-2012 tot en met 11-02-2013 (jaar 3)				
1	--	1 196 175	179 805	**1 375 980**
3	--	1 232 073	--	**1 232 073**
4	2 866 757	0	0	**2 866 757**
5	866 465	833 170	713 221	**2 412 856**
6	661 883	0	--	**661 883**
7	0	--	--	**0**
Totaal	**4 395 105**	**3 261 418**	**893 027**	**8 549 550**
12-02-2013 tot en met 11-02-2014 (jaar 4)				
1	--	1 430 963	127 694	**1 558 657**
3	--	1 126 050	--	**1 126 050**
4	4 481 096	0	0	**4 481 096**
5	782 431	0	495 874	**1 278 305**
6	526 629	0	--	**526 629**
7	0	--	--	**0**
Totaal	**5 790 156**	**2 557 013**	**623 568**	**8 970 738**
12-02-2014 tot en met 11-02-2015 (jaar 5)				
1	--	1 600 337	86 817	**1 687 154**
3	--	1 233 267	--	**1 233 267**
4	4 236 597	0	0	**4 236 597**
5	835 220	0	453 337	**1 288 556**
6	206 565	0	--	**206 565**
7	0	--	--	**0**
Totaal	**5 278 382**	**2 833 604**	**540 154**	**8 652 139**
12-02-2010 tot en met 11-02-2015				
1	--	5 382 188	6 932 439	**12 314 628**
3	--	5 463 487	--	**5 463 487**
4	15 467 710	0	1 305 019	**16 772 728**
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	**20 672 216**	**13 830 193**	**14 438 180**	**48 940 589**

Tabel 3-6: Samenvatting gestorte in-situ volumes (in m³) voor de eerste drie jaar (2015-2018) van de tweede vergunningsperiode.

Macrocel	Hoofdgeul	Nevengeul	Plaatrand(en)	Totaal
12-02-2015 tot en met 11-02-2016 (jaar 6)				
1	--	1 112 663	666 315	**1 778 979**
3	--	1 254 603	--	**1 254 603**
4	4 070 391	0	0	**4 070 391**
5	594 883	0	604 390	**1 199 273**
6	139 494	0	--	**139 494**
7	94 624	--	--	**94 624**
Totaal	**4 899 392**	**2 367 266**	**1 270 705**	**8 537 363**
12-02-2016 tot en met 11-02-2017 (jaar 7)				
1	--	486 969	1 051 828	**1 538 797**
3	--	770 911	--	**770 911**
4	3 474 625	--	--	**3 474 625**
5	444 980	--	399 271	**844 251**
6	149 055	--	--	**149 055**
7	177 449	--	--	**177 449**
Totaal	**4 246 110**	**1 257 879**	**1 451 099**	**6 955 088**
12-02-2017 tot en met 11-02-2018 (jaar 8)				
1	--	860 999	1 029 731	**1 890 730**
3	--	647 505	--	**647 505**
4	3 136 772	--	--	**3 136 772**
5	739 729	--	158 342	**898 071**
6	420 016	--	--	**420 016**
7	91 833	--	--	**91 833**
Totaal	**4 388 351**	**1 508 504**	**1 188 073**	**7 084 929**

Op langere termijn beschouwd blijkt dat ten opzichte van de stortactiviteiten na de tweede verruiming, de nadruk van de stortingen in macrocel 4 liggen, tegenover macrocel 3 daarvoor (Figuur 3-5). In deze weergave zijn ook de inzet van de stortvolumes in de proefstortzones en de Geulwand gat van Ossenisse inbegrepen.



Figuur 3-5: Stortvolume (uitgedrukt in in situ *m³) in de Westerschelde sinds 1980.*

3.1.3 Proefstortingen

In 2016 heeft Maritieme Toegang een vergunning bekomen voor het uitvoeren van stortproeven die inzicht geven in het gedrag van mogelijke toekomstige stortzones. Hieraan voorafgaand zijn 14 proefstortlocaties gedefinieerd (Arcadis, 2015a), waarvan er na trechtering 5 zijn meegenomen in het vergunningstraject (Arcadis, 2015b). Uiteindelijk zijn in 2016 en 2017 drie verschillende proefstortlocaties ingezet: Suikerplaat, Inloop Ossenisse (INOS) en Diepe Put Hansweert (DPHW). De inzet van Suikerplaat is gericht op het bijdragen tot de vergroting van de ecologische kwaliteit, terwijl de diepe delen gericht zijn op de ontlasting van de bestaande stortzones en het realiseren van een reductie van de getijslag.

In 2016 is in de diepe zones (INOS, DPHW) telkens één miljoen m³ sediment gestort, en in 2017 opnieuw (zie Bijlage A.1.3 weergegeven). In 2017 is op de suikerplaat 424 000 m³ gestort en in 2018 (tot 30/06/18) reeds 298 000 m³. Deze volumes zijn mee opgenomen in het overzicht in Figuur 3-5.

3.1.4 Stortingen geulwandverdediging Gat van Ossenisse

Sinds februari 2014 worden er op regelmatige basis geulwandstortingen uitgevoerd ter hoogte van de geulwand langs het Gat van Ossenisse. De cijfers worden mee opgenomen in de rapportage in het kader van Flexibel Storten en zijn mee opgenomen in Figuur 3-5. De zone waarin gestort wordt overlapt in grote mate met het zuidelijk deel van stortzone SH41. De zone waarin gestort wordt overlapt in grote mate met het zuidelijk deel van stortzone SH41. Per vergunningsjaar mag maximaal 400 000 m^3 worden gestort, en deze limiet wordt ook elk jaar bereikt.

3.1.5 Bagger-stort relaties

In Bijlage A wordt per vergunningsjaar een overzichtstabel 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.

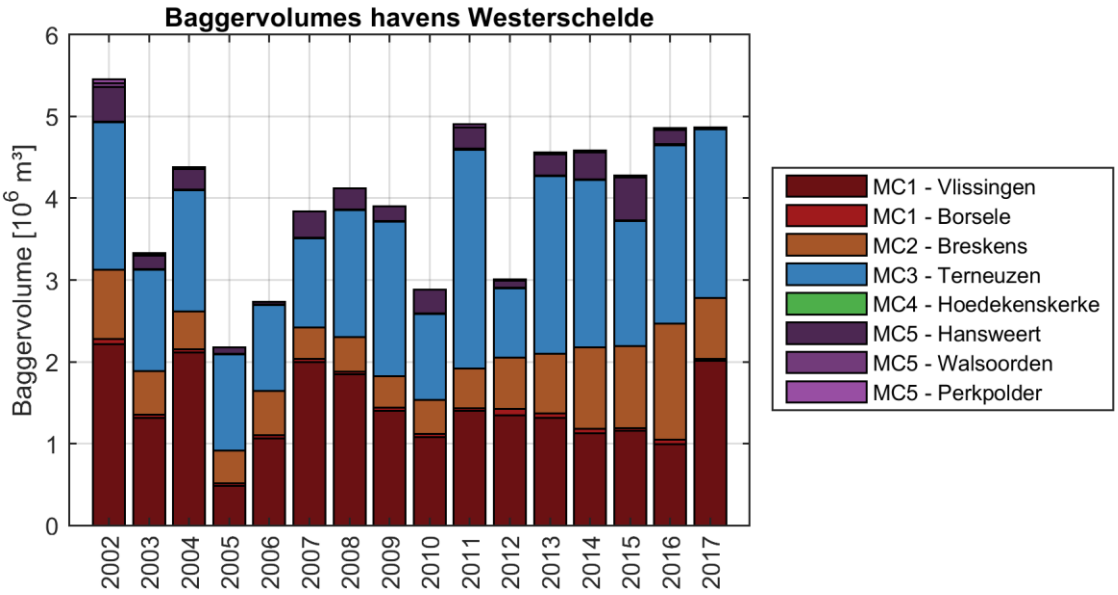
Na de aanleg was het uitgangspunt om zoveel mogelijk specie binnen dezelfde macrocel te storten als waar ze gebaggerd is. Ten gevolge van besluiten in het kader van het Overleg Flexibel storten, konden niet alle stortzones volledig benut worden en is er specie stroomafwaarts gestort wanneer de stortcapaciteit 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. Sinds 2014 is er omwille van de stopzetting van zandwinning geen opgebaggerd materiaal naar België afgevoerd. Een overzicht van deze volumes is weergegeven in Bijlage A.

3.1.6 Havenstortingen

Naast het reguliere onderhoud van de vaargeul, vindt ook onderhoud van de havens plaats. Het sediment dat er gebaggerd wordt is een mengsel van slib en zand en wordt geklept in specifieke vakken in de Westerschelde, binnen dezelfde macrocel als waar de haven zich bevindt.

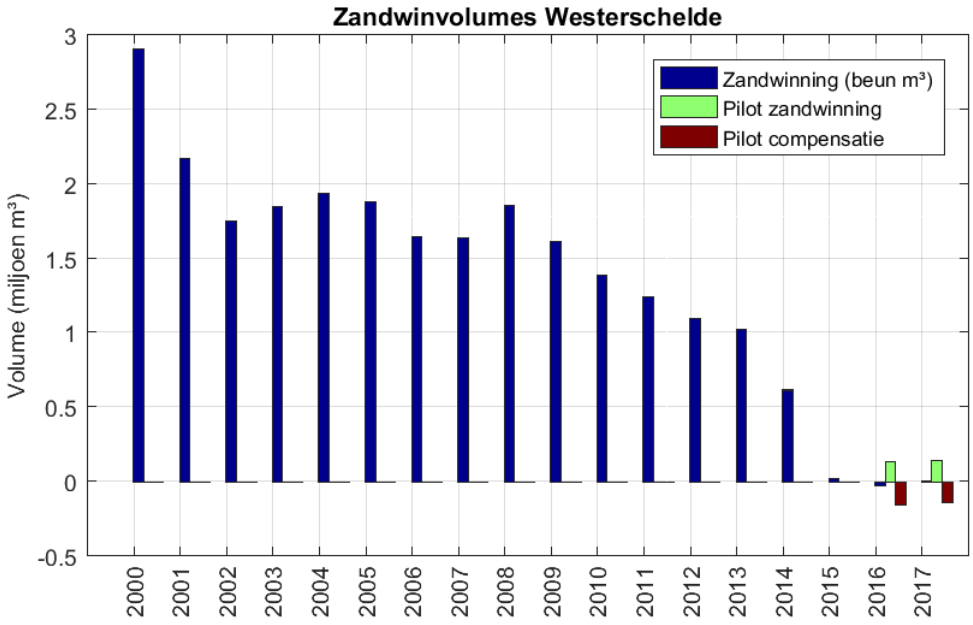
Het onderhoudsvolume (Figuur 3-6) varieert doorheen de tijd tussen ca. 2 en 5 miljoen m³. De laatste 5 jaar is het totaal volume vrij stabiel met 4.5 à 5 miljoen m³. De grootste havens, Terneuzen en Vlissingen, zijn samen verantwoordelijk voor 60 tot 80% van dit volume. Het baggervolume vanuit Breskens toonde de voorbije jaren enige toename, met uitzondering van het jaar 2017 en levert de derde grootste bijdrage met ca. 10 tot 30% (in 2016). De overige havens (Hansweert, Borssele, Walsoorden, …) hebben een beperkt aandeel in deze sedimentstroom.



Figuur 3-6: Evolutie en verdeling havenstortvolumes Westerschelde (mengsel zand/slib; geen informatie over sedimentsamentelling beschikbaar).

3.1.7 Zandwinning

Na stopzetting van de zandwinning in de Westerschelde vanaf 2015, is een zandruilproef gestart waarbij de zandvolumes die worden gewonnen in het oosten van de Westerschelde, worden gecompenseerd met Noordzeezand dat ter hoogte van de Suikerplaat (in het westen) wordt gestort. De bruto volumes zijn beduidend kleiner (niet hoger dan 150 000 m³ in 2016 en 2017) dan de historische zandwinvolumes.



Figuur 3-7: Ontwikkeling van de zandwinvolumes in de Westerschelde vanaf 2000. Na beëindiging van de zandwinning is een zandruilproef ('Pilot') gestart: de bruto en netto volumes worden getoond in de grafiek.

3.2 INGREPEN BENEDEN-ZEESCHELDE

3.2.1 Onderhoudsbaggerwerken

De onderhoudsbaggerwerken in de Beneden-Zeeschelde zijn er op gericht de toegang tot de haven (sluizen, dokken) te verzekeren, en situeren zich afwaarts van Antwerpen.

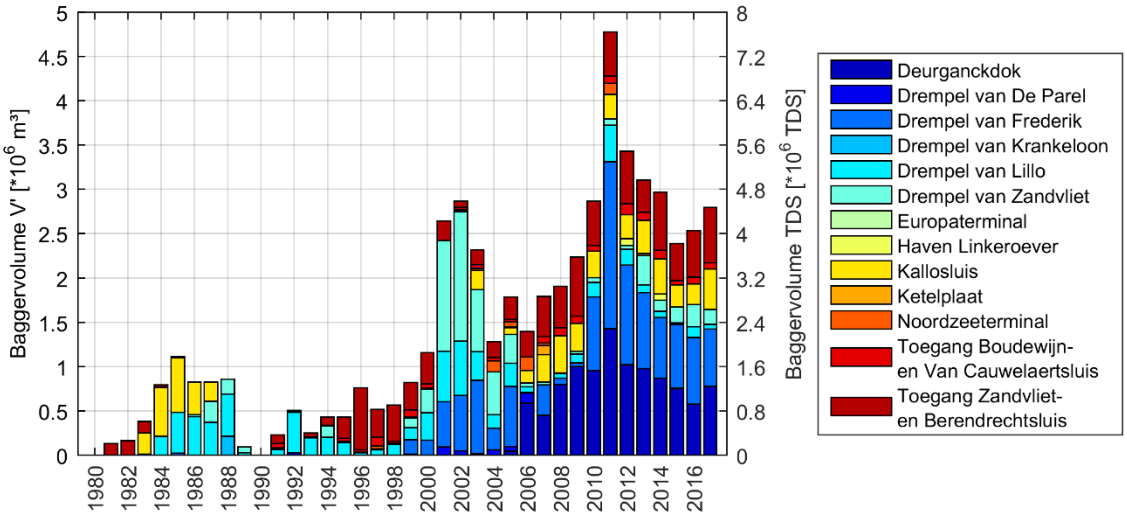
Er wordt bij het baggeren onderscheid gemaakt tussen ‘slib’ en ‘zand’, omdat dit de bestemming van het gebaggerde sediment bepaalt: zand wordt gestort op andere locaties dan slib. Het is van belang te weten dat de sedimenten meestal een mengsel van slib en zand zijn.

Slib

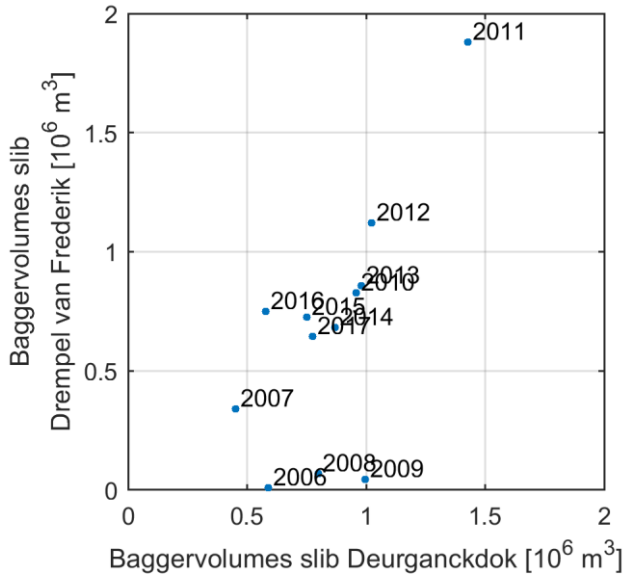
Het slibonderhoud situeert zich sinds de derde verruiming voornamelijk in het Deurganckdok en op de Drempel van Frederik (net afwaarts van Deurganckdok). Daarnaast zijn de sluistoegangen ook onderhevig aan onderhoud: voornamelijk de toegang tot de Zandvliet- en Berendrechtsluis en de Kallosluis. In totaal werd in 2016 en 2017 voor 2,5 tot 2,8 miljoen m³ V’ (equivalent aan 4 tot 4,5 miljoen ton droge stof (TDS)) gebaggerd (Figuur 3-8). Dit was iets meer dan in 2015 (2,4 Mm³ V’) maar minder dan de voorgaande jaren 2010 tot 2014. Het slibonderhoud ligt sinds de derde verruiming beduidend hoger dan ervoor (tot 2008 werd niet meer dan 2 miljoen m³ V’ gebaggerd, m.u.v. de baggerwerken aan de Drempel van Zandvliet in 2001-2003 die eerder aanleg dan onderhoud betreffen).

Op nog langere termijn is duidelijk een toename zichtbaar, waarbij twee locaties een duidelijke rol spelen: vanaf 2006 wordt het onderhoud voor Deurganckdok zichtbaar. Dit onderhoud piekt in 2011 omdat dan het onderhoudspeil wordt verlaagd. Sindsdien schommelt het onderhoud er tussen 0,5 en 1 Mm³ V’.

De Drempel van Frederik kent een sterker (slibrijk) onderhoud na dan voor 2010, aangezien deze drempel ook verdiept is (zie verder). Uit Figuur 3-9 blijkt dat er een sterke correlatie (r = 0.70) is tussen de baggervolumes op Deurganckdok en de drempel van Frederik. Dit kan wijzen op een onderlinge relatie tussen de twee zones (bv. als er veel gebaggerd en gestort wordt vanuit de ene zone, is er meer slib in suspensie dat kan sedimenteren op de andere zone), of op een gedeelde relatie met een externe factor (bv. bovenafvoer). Ook aan de sluistoegang van Zandvliet-Berendrecht zijn de aanslibbingsvolumes toegenomen. Er dient ook opgemerkt te worden dat het onderhoud in de sluistoegangen ook uit *sweepbeam* (slibslepen) bestaat (niet weergegeven).



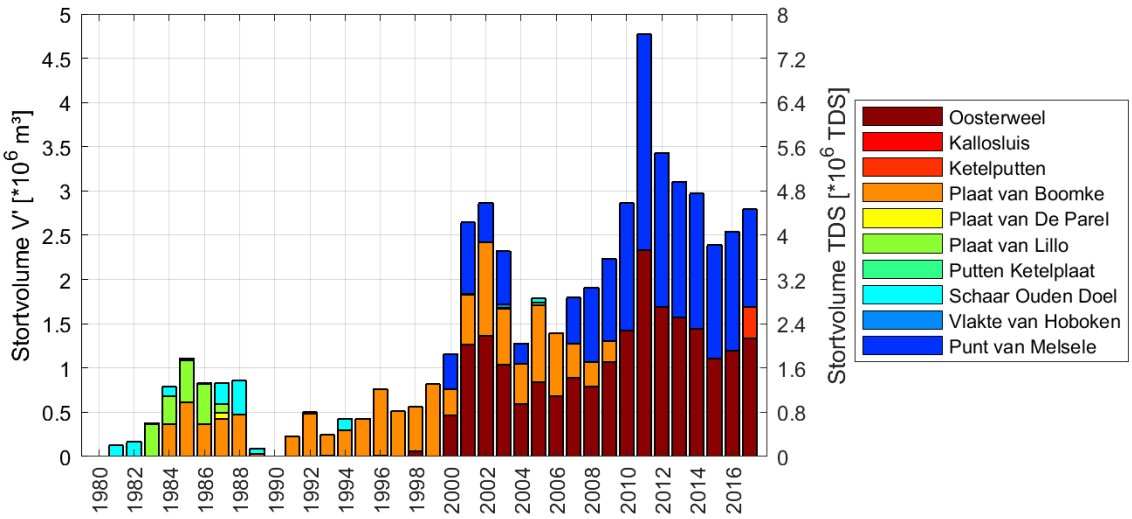
Figuur 3-8: Onderhoud slib in de Beneden-Zeeschelde van 1980 tot 2017.



Figuur 3-9: Baggervolumes slib in Deurganckdok en op de drempel van Frederik.

Het gebaggerde slib werd tussen 2010 en 2016 uitsluitend gestort op de stortlocatie Oosterweel en Punt van Melsele (Figuur 3-10).

In 2017 is een nieuwe bagger- en stortvergunning voor de Beneden-Zeeschelde in voege getreden. De stortstrategie omvat nu ook de mogelijkheid om slib te storten in de putten ter hoogte van de Ketelplaat, gelegen ter hoogte van de toegang tot de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluizen. Deze stortlocatie is afwaarts van de andere stortzones gelegen. Er werd in 2017 ca. 300 000 m³ V' gestort.

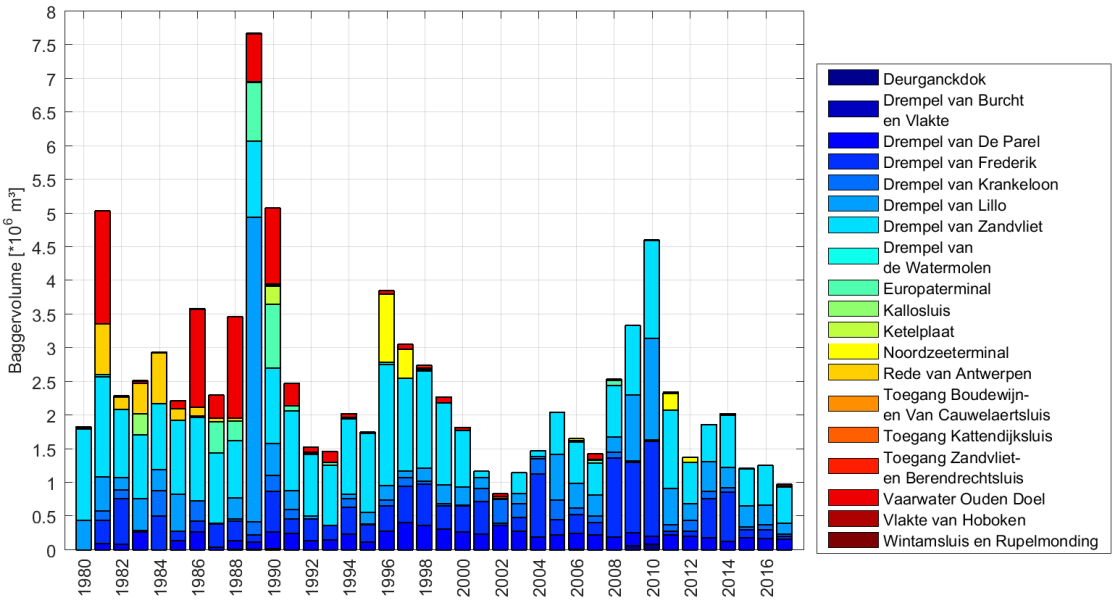


Figuur 3-10: Stortvolume slib in m³ V' per stortlocatie van 1980 tot 2017.

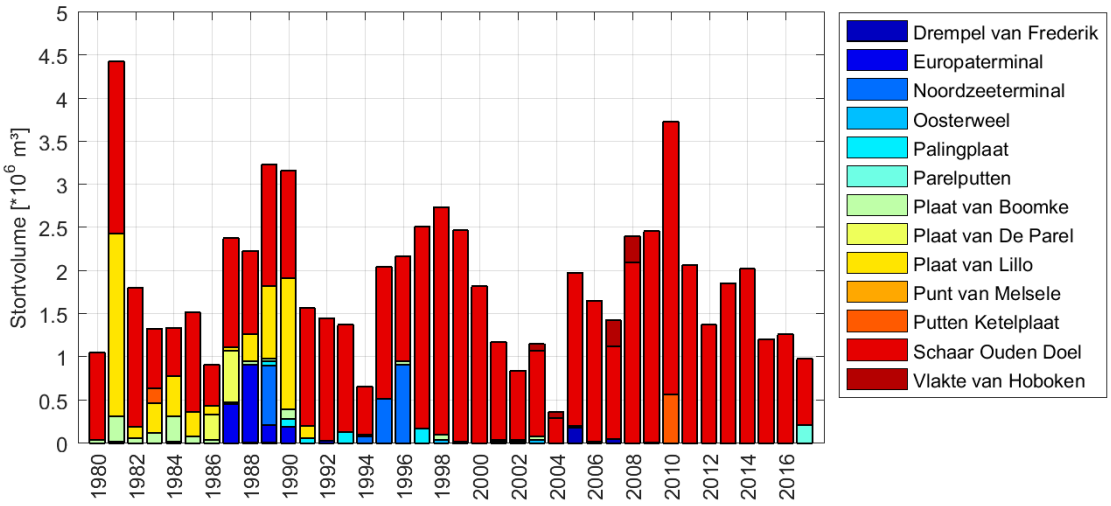
Zand

Het onderhoudsvolume zand (Figuur 3-11) in de Beneden-Zeeschelde bedraagt na de verruiming 1 à 2 miljoen m³. Op de jaren 2008-2010 na (waarin de verdieping is gerealiseerd) ligt het volume op hetzelfde niveau als in de periode 2000-2010; voor het jaar 2000 werden gemiddeld hogere volumes zand gebaggerd. De laatste drie jaren (2015-2017) behoren zelfs tot de jaren met het laagste baggervolume zand. De belangrijkste baggerlocaties zijn de Drempel van Zandvliet (nabij de grens) en de Drempel van Lillo.

Het gebaggerde zand wordt bijna uitsluitend gestort in de Schaar van Ouden Doel (waar het ook terug gewonnen wordt, zie verder). Onder de nieuwe stortvergunning wordt sinds 2017 ook een beperkt volume zand gestort in putten ter hoogte van de Plaat van de Parel.



Figuur 3-11: Onderhoud zand (m^3 in beun) in de Beneden-Zeeschelde van 1980 tot 2017.

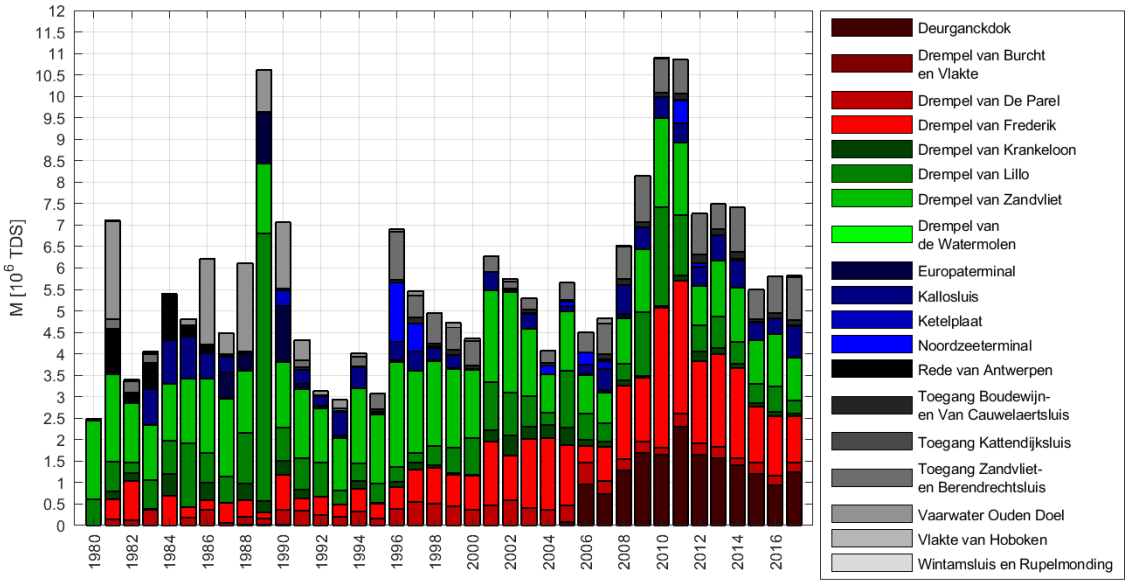


Figuur 3-12: Stortvolume zand (m^3 in beun) per stortlocatie van 1980 tot 2017.

Totaalvolume zand + slib

Omdat de kwalificatie zand of slib niet altijd eenduidig is (het gaat om een mengsel in de meeste gevallen), kan ook de totale baggerinspanning beschouwd worden. Omdat beunvolumes zand (V [m^3]) en equivalente volumes slib (V' [m^3]) niet rechtstreeks met elkaar mogen worden opgeteld, worden deze eerst omgezet naar een massa (in TDS, Ton Droge Stof). Voor slib wordt hiervoor de vaste bulkdensiteit van 2 ton per m^3 gebruikt voor V' (zie infokader p. 16). Voor zand wordt een bulkdensiteit van 1.85 ton per m^3 aangenomen (op basis van densiteitsmetingen van Plancke, 2018). De bulkdensiteit van het gebaggerde zand is onzeker en sterk variabel over de verschillende baggerzones en in de tijd, en heeft een belangrijke impact op de berekende baggermassa. De totale baggermassa's, weergegeven in Figuur 3-13, dienen daarom eerder om trends aan te geven in het totale baggervolume zand + slib, dan als exacte cijfers. Merk op dat Figuur 3-13 zowel aanleg- als onderhoudsbaggerwerken omvat.

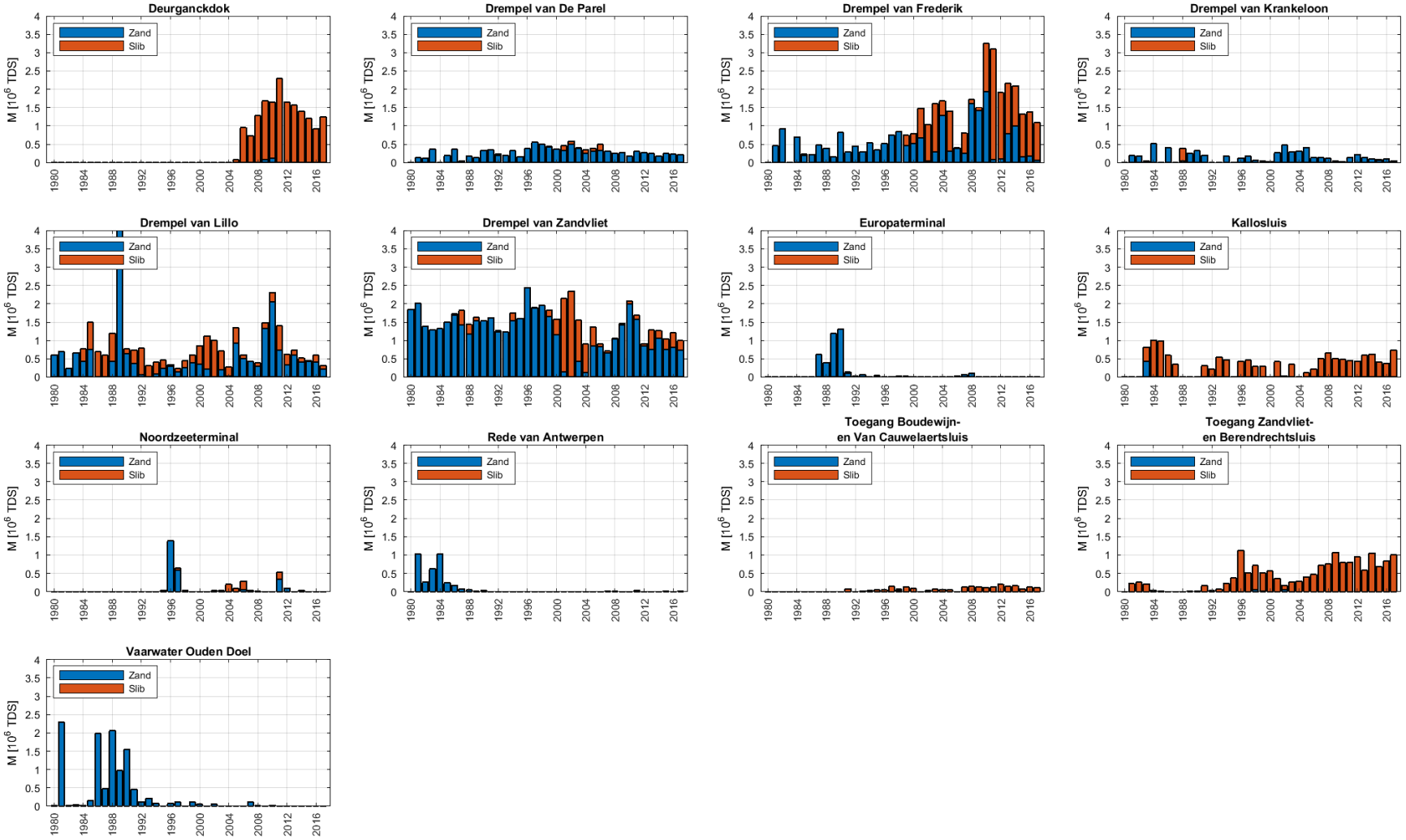
Doorheen de tijd is het totale onderhoudsvolume toegenomen. Zelfs indien abstractie wordt gemaakt van jaren met grote volumes, is duidelijk dat het totaal onderhoud in de jaren '80 en '90 kleiner was dan $6 \cdot 10^6$ TDS en af en toe onder $4 \cdot 10^6$ TDS. Sinds de tweede verruiming lag het onderhoud niet meer lager dan $4 \cdot 10^6$ TDS en meestal onder $6 \cdot 10^6$ TDS. Sinds de derde verruiming is het minimum hoger dan $5{,}5 \cdot 10^6$ TDS en de eerste jaren na de verruiming zelfs meer dan $7 \cdot 10^6$ TDS.



Figuur 3-13: Totaal (aanleg- en) onderhoudsvolume (zand + slib) in de Beneden-Zeeschelde van 1980 tot 2017.

Per drempel beschouwd (Figuur 3-14) blijkt een toename van het totaal kan verklaard worden door toenames ter hoogte van Deurganckdok (in feite een nieuwe locatie), de Drempel van Frederik (een stijgende trend is zichtbaar vanaf 1996, die ook is gelinkt aan de verlagingen van het interventiepeil[5]), en de sluistoegangen (deels ook vanaf de tweede verruiming). De afname van de baggerinspanning op andere locaties (Drempel van de Parel, Drempel van Zandvliet) is kleiner dan de eerder genoemde toenames. Op de Drempel van Frederik werd tot ca. 1998 uitsluitend zand gebaggerd; nadien wordt verhoudingsgewijs steeds meer slib gebaggerd.

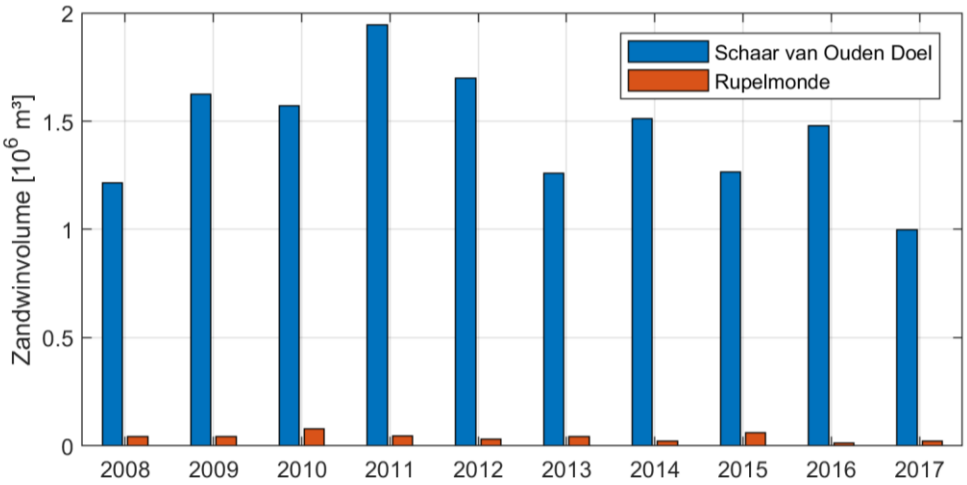
[5] Voor de drempel van Frederik is het interventiepeil in 2003-2004 verlaagd van 13,00 m naar 13,30 m GLLWS (Gemiddelde Laagste LaagWaterstand bij Springtij). Vanaf eind 2009 is het baggerpeil verder verlaagd naar 14.5 m LAT (Laagste Astronomisch Tij).



Figuur 3-14: Totaal baggeronderhoud (zand + slib) per locatie in de Beneden-Zeeschelde van 1980 tot 2017.

3.2.2 Zandwinning

Figuur 3-15 en Tabel 3-7 geven een overzicht van de zandwinning in de Beneden-Zeeschelde. De zandwinning situeert zich vooral op de site Schaar van Ouden Doel; ter hoogte van de Rupelmonding wordt een kleinere hoeveelheid gewonnen. Met de toepassing van de nieuwe stortstrategie in de Beneden-Zeeschelde is de toegestane hoeveelheid met één derde verlaagd vanaf 1 juli 2017. Als gevolg hiervan ligt het zandwinvolume in 2017 lager dan in de voorgaande jaren. Verder opwaarts in de Boven-Zeeschelde wordt ook aan zandwinning gedaan; hierover zijn geen cijfers beschikbaar binnen het monitoringprogramma flexibel storten.



Figuur 3-15: Overzicht van de hoeveelheid gewonnen zand in de Beneden-Zeeschelde (Schaar van Ouden Doel en Rupelmonde) tussen 2008 en 2017 [m³].

Tabel 3-7: Zandwinvolumes in de Beneden-Zeeschelde [m^3]

Jaar	Schaar van Ouden Doel	Rupelmonde
2008	1 214 965	41 885
2009	1 626 058	41 535
2010	1 572 266	78 085
2011	1 944 230	46 063
2012	1 698 810	30 277
2013	1 260 649	43 866
2014	1 511 577	23 024
2015	1 264 145	60 833
2016	1 479 910	13 151
2017	998 023	20 721

3.3 SAMENVATTING INGREPEN

In de **Westerschelde** lag het **baggervolume** in 2016 en 2017 met 9,6 Mm^3 (in situ) gemiddeld 0,5 Mm^3 hoger dan in de voorgaande jaren (8,9-9,3 Mm^3 in situ), maar nog steeds ruim onder de vergunde limiet van 11,7 Mm^3 in situ. Deze toename situeert zich vooral in macrocel 1 (Honte en Drempel van Vlissingen). Het baggervolume in de belangrijkste onderhoudszone, de Drempel van Hansweert, nam tussen 2012 (vergunningsjaar 2) en 2017 (vergunningsjaar 7) toe van 2,3 Mm^3 in beun tot 3,8 Mm^3 in beun, en kende dan in 2018 (vergunningsjaar 8) een terugval naar 2,8 Mm^3 in beun.

Het **stortvolume** lag in de recentste twee jaar relatief laag in de hoofd- en nevengeulen; de plaatranden zijn dan weer iets intensiever gebruikt (1,5 Mm^3 en 1,2 Mm^3 in situ in vergunningsjaar 7 en 8, tegenover 0,5-1,3 in vergunningsjaren 3-6). Het grootste volume aan stortingen situeert zich in macrocel 4. Naast de stortingen binnen de reguliere stortingen werden in de voorbije jaren ook binnen aantal andere zones gestort, met name langs de geulwand Gat van Ossenisse (400 000 m^3 per jaar in de jaren 2014-2017), in de proefstortzones Diepe Put van Hansweert en de Inloop Ossenisse (1 Mm^3 per jaar en per zone in 2016 en in 2017), en in de proefstortzone Suikerplaat (0,4 Mm^3 in 2017). Daarnaast wordt nog ca. 4-5 Mm^3 sediment gestort vanuit de Westerscheldehavens (hoofdzakelijk Terneuzen, Vlissingen en Breskens).

Zandwinning is in 2015 stopgezet in de Westerschelde. In 2016 en 2017 is er een zandruilproef uitgevoerd, waarbij het gewonnen zand enkele kilometers stroomafwaarts wordt gecompenseerd; de verplaatste volumes zijn veel kleiner (minder dan 0,15 Mm^3) dan tijdens de vroegere zandwinning (1-3 Mm^3).

In de **Beneden-Zeeschelde** ligt het onderhoudsbaggervolume aan **slib** hoger dan wat in het MER werd voorspeld. In 2016 en 2017 werd 2,5 en 2,8 miljoen m^3 V' gebaggerd; dit is iets meer dan in 2015 (2,4 Mm^3 V') maar minder dan de voorgaande jaren 2010 tot 2014. Het baggervolume **zand** (Figuur 3-11) in de Beneden-Zeeschelde bedraagt na de verruiming 1 à 2 miljoen m^3. Op de jaren 2008-2010 na (waarin de verdieping is gerealiseerd) ligt het volume op hetzelfde niveau als in de periode 2000-2010; vóór 2000 werden gemiddeld hogere volumes zand gebaggerd. De laatste drie jaren (2015-2017) behoren tot de jaren met het laagste baggervolumes zand.

Uit een vergelijking van de zand- en slibvolumes blijkt dat de Drempel van Frederik sinds de verruiming slibrijker is geworden (zoals voorspeld in het MER). Het totale onderhoudsvolume (zand+slib) is ook toegenomen: na de tweede verruiming lag het totale onderhoud meestal tussen dan $4 \cdot 10^6$ TDS en $6 \cdot 10^6$ TDS; sinds de derde verruiming is het minimum hoger dan $5,5 \cdot 10^6$ TDS en de eerste jaren na de verruiming zelfs meer dan $7 \cdot 10^6$ TDS.

Stortingen worden hoofdzakelijk uitgevoerd op de Schaar van Ouden Doel (zand) en Oosterweel en Punt van Melsele (slib). Sinds de invoering van de nieuwe stortstrategie op 1 juli 2017 wordt ook een beperkt volume zand gestort op de putten rond de Plaat van de Parel, en een beperkt volume slib in de putten rond de Ketelplaat.

In de Beneden-Zeeschelde wordt nog steeds aan **zandwinning** gedaan op de Schaar van Ouden Doel. Het toegestane volume is sinds de nieuwe stortstrategie met een derde verlaagd, en lag in 2017 daarom op 1 Mm^3, tegenover 1,3-2 Mm^3 voordien.

4. METEOROLOGIE EN BOVENAFVOER

Het doel van dit rapport is om na te gaan wat de (mogelijke) impact is van de verruiming en het flexibel storten. Hiervoor is het ook belangrijk om te kijken naar externe parameters die de Schelde beïnvloeden. In dit hoofdstuk worden daarom de weerkundige parameters en het bovenafvoerdebiet, dat sterk afhangt van het neerslagvolume, besproken.

De effecten van de klimaatverandering zijn momenteel reeds merkbaar in België, en veroorzaken een trendmatige evolutie bij parameters zoals neerslag (Brouwers et al., 2015). Dit zal in de toekomst almaar meer invloed hebben.

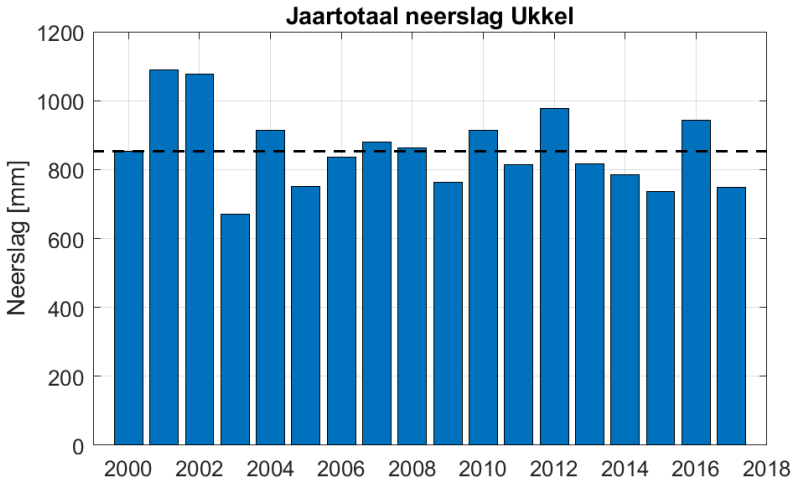
4.1 METEOROLOGIE

4.1.1 Neerslag

Figuur 4-1 geeft de jaargemiddelde neerslag weer in Ukkel. Het jaar 2017 was droog, waarbij het neerslagvolume onder het klimatologisch gemiddelde lag. In 2016 lag het neerslagvolume echter boven het klimatologisch gemiddelde, en dit was dus een nat jaar. Gedurende de totale rapportageperiode (2010-2017) lag het neerslagvolume enkel in 2010, 2012, en 2016 boven het klimatologisch gemiddelde; de jaren 2009, 2011, 2013, 2014, 2015, en 2017 lagen allemaal onder het gemiddelde.

Het bovenafvoerdebiet wordt in sterke mate bepaald door het neerslagvolume in het bekken en zal besproken worden in sectie 0, waarin ook aandacht wordt besteed aan seizoenmatige variaties (droge en natte periode).

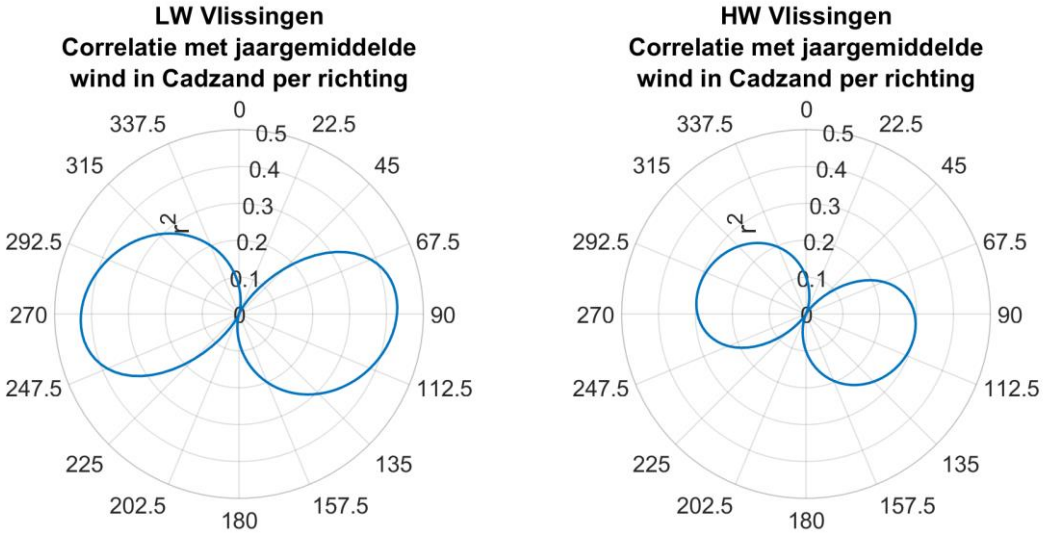
Het feit dat er tijdens de gehele rapportageperiode (2010-2017) voornamelijk droge jaren zijn voorgekomen, uit zich onder andere in de bovenafvoer (sectie 0), hoog- en laagwaterstanden (sectie 5.1), en zoutgehaltes (sectie 7.4). Het is dus interessant om naar de verschillen in deze parameters te kijken tussen jaren die onder (o.a. 2014, 2015 en 2017) of boven (o.a. 2016) de klimatologisch gemiddelde neerslag lagen.



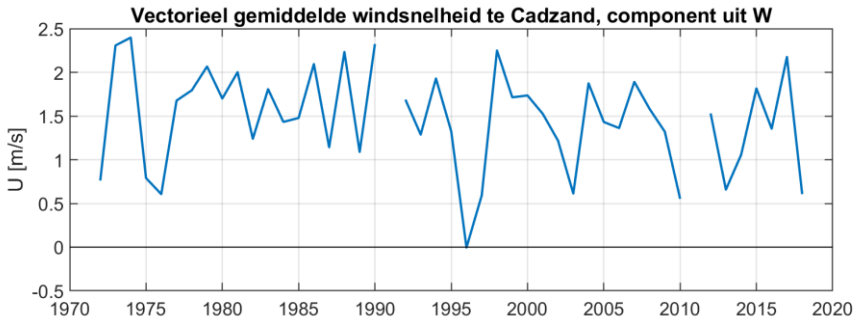
Figuur 4-1: Jaartotaal neerslag in Ukkel (bron: KMI). Zwarte stippellijn geeft het klimatologisch gemiddelde (1981-2010) weer.

4.1.2 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 4-2 geeft de correlatie weer tussen de jaargemiddelde wind gemeten in Cadzand, en de residuen van hoogwater en laagwater gemeten in Vlissingen. Hiertoe werd de totale windvector eerst geprojecteerd op een bepaalde richting, en de correlatie werd berekend per windrichting. Uit Figuur 4-2 blijkt dat de sterkste correlatie optreedt voor wind uit westelijke richtingen. Figuur 4-3 geeft de jaargemiddelde windcomponent in westelijke richting (windcomponent t.o.v. 270° N) weer, zoals gemeten in Cadzand (aan land). In Figuur 4-4 is de jaargemiddelde windsnelheid in Cadzand uitgezet tegen de residuen van 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 4-1). Dit betekent dat een deel van de afwijking van de trend van de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden kan worden verklaard door de wind. De meest recente jaren (aangegeven als rode en zwarte kruisjes in Figuur 4-4) 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. Er kan dus worden geconcludeerd dat de westelijke 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 (sectie 5.1) werd de invloed van de wind daarom in rekening gebracht bij de vergelijking van de waterstanden in Vlissingen met de bestaande trend. De T2015 rapportage liet ook zien dat windopzet een verklarende parameter is voor de waterstanden in de Westerschelde, en daarnaast dat dit (in mindere mate) ook het geval is voor de Beneden-Zeeschelde (T2015 Consortium, 2018).



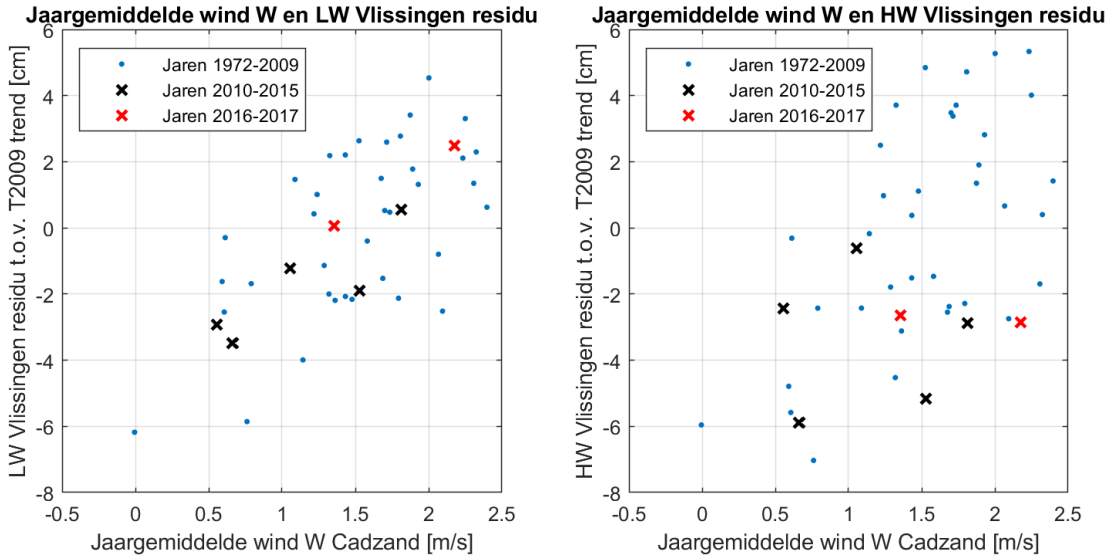
Figuur 4-2: Correlatie tussen residuen van laagwater (links) en hoogwater (rechts) en wind in Cadzand per windrichting.



Figuur 4-3: Vectorieel jaargemiddelde windsnelheid, component t.o.v. 0° N, gemeten in Cadzand en de Vlakte van de Raan.

Tabel 4-1: Correlatiecoëfficiënt en p-waarde van de kruiscorrelatie test (Pearson) tussen de jaargemiddelde windsnelheid (component uit het westen) en de jaargemiddelde HW/LW residuen op de T2009 trend te Vlissingen. Vergelijking van de correlatiecoëfficiënt en p-waarde voor de perioden 1972-2009 en 1972-2017.

Kruiscorrelatie	Correlatiecoëff. (Pearson)		p-waarde (Pearson)	
Periode	1972-2009	1972-2017	1972-2009	1972-2017
Jaargem. opzet – Jaargem. HW 2009 residuen	0,584	0,5425	1,47e-04	1,42e-04
Jaargem. opzet – Jaargem. LW T2009 residuen	0,612	0,654	5,66e-05	1,44e-06



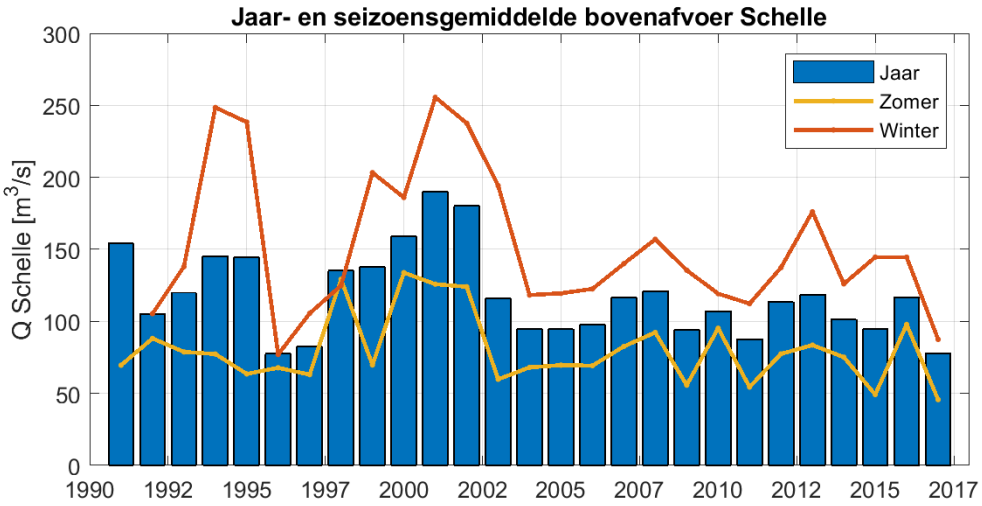
Figuur 4-4: Spreidingsdiagram van de jaargemiddelde windsnelheid Cadzand tegenover het residu t.o.v. de T2009 trend van laagwater (links) en hoogwater (rechts) in Vlissingen.

4.2 BOVENAFVOER

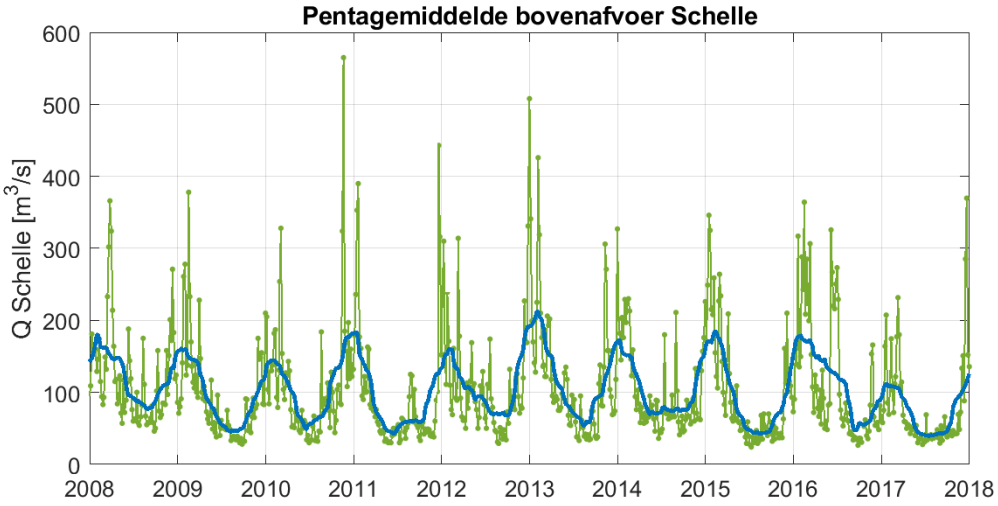
Het afvoerdebiet van het bovenbekken naar de Beneden-Zeeschelde wordt berekend aan de hand van pentadegemiddelde debietwaarden in Schelle, net afwaarts van de Rupelmonding (Taverniers *et al.*, 2013). Figuur 4-5 geeft de jaargemiddelde bovenafvoer weer in Schelle, samen met het seizoengemiddelde voor de zomer (juni-november) en winter (december-mei).

Het afvoerdebiet ligt hoger tijdens de wintermaanden dan tijdens de zomermaanden, en dit bepaalt grotendeels de seizoensmatige variatie van onder andere zout- en sedimentconcentraties. De jaren met lage neerslag – 2009, 2011, 2014 en 2015 (Figuur 4-1) – worden ook gekenmerkt door een overeenkomstige lage bovenafvoer, alhoewel dit in 2013 niet het geval is. Dit is ook duidelijk zichtbaar voor 2017, waarin de jaargemiddelde neerslag lager was dan voorgaande jaren, en de bovenafvoer op het niveau lag van de bovenafvoer in 1996. In 2017 was het zomer- en wintergemiddelde laag, maar met name het wintergemiddelde lag lager dan in bijvoorbeeld 2015, toen de jaartotale neerslag vergelijkbaar was. Daarnaast valt op dat 2016 wordt gekenmerkt door een relatief hoge zomerafvoer.

De bovenafvoer bij Schelle wordt in meer detail weergegeven in Figuur 4-6, met de pentadegemiddelden en daarnaast een lopend gemiddelde. Dit geeft duidelijk de droge en natte periodes voor elk jaar weer. De bovenafvoer was in 2017 duidelijk het gehele jaar laag, maar wordt met name gekenmerkt door een zeer lage winterafvoer. In 2016 vertoont de bovenafvoer niet enkel de typische piekwaarde in de winter, maar daarnaast ook een piek aan het begin van de zomer. Dit jaar wordt dus voornamelijk gekenmerkt door een natte zomer.

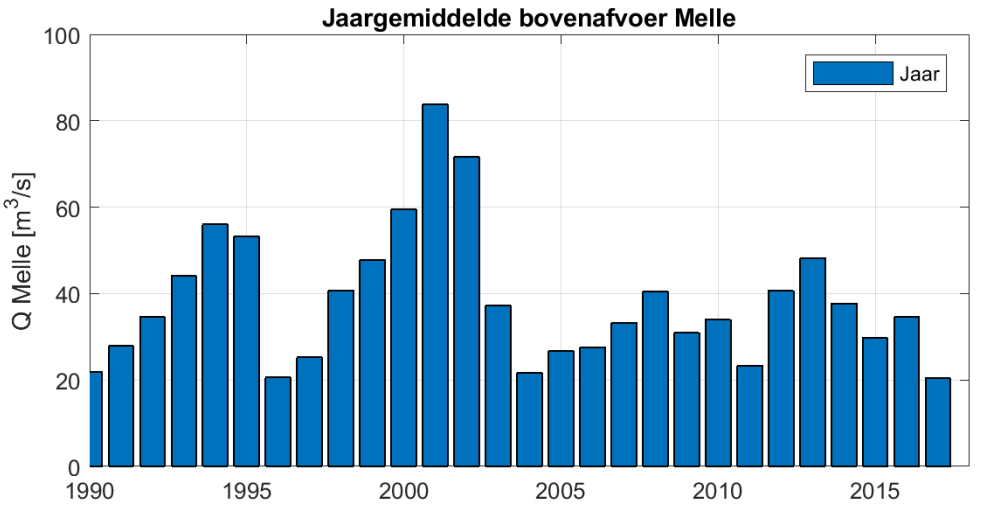


Figuur 4-5: Jaar- en seizoensgemiddelde bovenafvoer in Schelle.



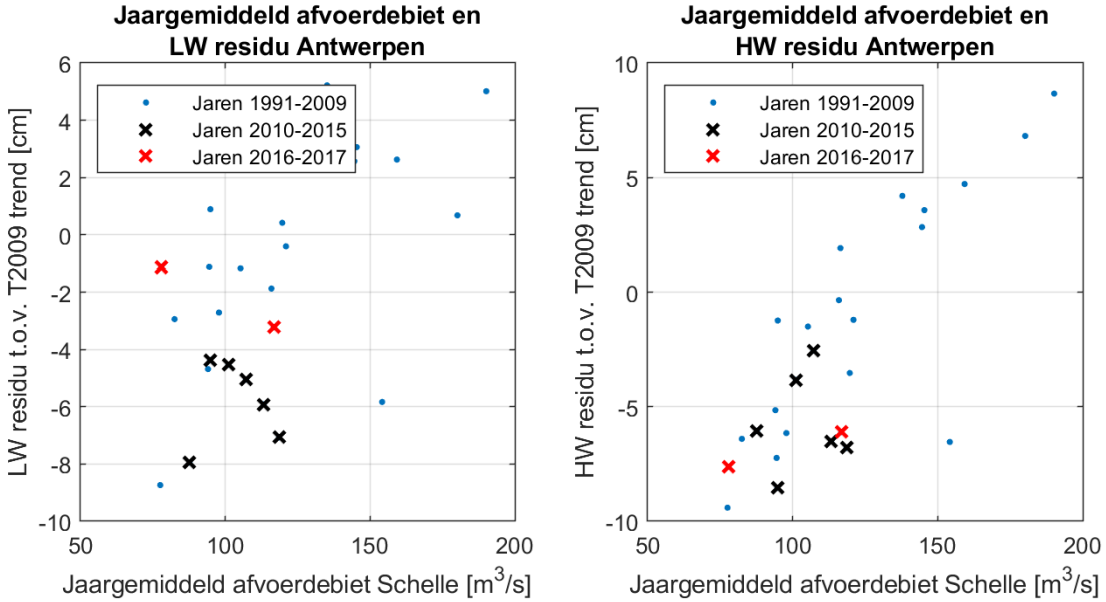
Figuur 4-6: Pentadegemiddelde en lopend gemiddelde bovenafvoer in Schelle.

Voor de volledigheid wordt in Figuur 4-7 ook het jaargemiddelde afvoerdebiet in Melle weergegeven; dit is het belangrijkste afvoerdebiet voor de Boven-Zeeschelde. Het is niet verrassend dat het verloop van natte en droge jaren in Melle sterk overeenkomt met dat 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 en 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 2017 was in Melle bijvoorbeeld slechts 53 % van de gemiddelde waarde over de periode 1990-2017, maar in Schelle was de afvoer in 2017 toch 66 % van het gemiddelde.



Figuur 4-7: 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. Dit werd ook reeds geconstateerd in eerdere rapporten (T2009 Consortium, 2013; Vandenbruwaene *et al.*, 2016; IMDC, 2017b; T2015 Consortium, 2018). Figuur 4-8 geeft in een spreidingsdiagram de relatie weer tussen het jaargemiddeld bovenafvoerdebiet in Schelle en de residuen ten opzichte van de bestaande trends voor jaargemiddeld hoog- en laagwater in Antwerpen. De bijbehorende correlatiecoëfficiënten en p-waarden zijn samengevat in Tabel 4-2. In alle grafieken is een duidelijke relatie waar te nemen tussen afvoerdebiet en hoog- en laagwaterstanden, inclusief voor de meest recente jaren. Bij het laagwaterresidu ligt het punt van 2017 wel enigszins boven de bestaande puntenwolk. Daarnaast is de relatie tussen afvoerdebiet en residu iets sterker voor de hoogwaterstanden.



Figuur 4-8: Spreidingsdiagram van het jaargemiddelde afvoerdebiet in Schelle tegenover het residu t.o.v. de T2009 trend van laagwater (links) en hoogwater (rechts) in Antwerpen.

Tabel 4-2: 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 Antwerpen. Vergelijking van de correlatiecoëfficiënt en p-waarde tussen de periodes 1991-2009 en 1991-2017.

Kruiscorrelatie	Correlatiecoëff. (Pearson)		p-waarde (Pearson)	
Periode	1991-2009	1991-2017	1991-2009	1991-2017
Q Schelle – Jaargem. HW T2009 residuen	0,795	0,795	4,82e-05	7,46e-07
Q Schelle – Jaargem. LW T2009 residuen	0,584	0,582	8,72e-03	1,46e-03

5. 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.

5.1 HOOG- EN LAAGWATERSTANDEN EN GETIJSLAG

5.1.1 Methodologie

Om een evaluatie van de ontwikkeling van het getij te kunnen maken, moeten er verwachtingswaarden voor de jaargemiddelde waterstanden van 2010 t/m 2017 opgesteld worden, gebaseerd op de reeds bestaande toestand. Omdat de Westerschelde een natuurlijk systeem is, kan de waterstand niet volledig deterministisch voorspeld 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:

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

$$HW(t_n) = mt_n + b + A.\cos(2\pi f t_n) + B.\sin(2\pi f t_n) + \epsilon(t_n) \quad (2)$$

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);
- φ : de faseverschuiving van de nodale tijmodulatie (met periode 18,613 jaar);
- A : $A = C.cos(\varphi)$;

B : $B = C.sin(\varphi)$;

ϵ : 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:

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

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.

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, 2013) 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.

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. Indien deze OLS-CUSUM-grafiek buiten één van zijn controlegrenzen treedt, kan er gesproken worden over een (statistisch significante) 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.

5.1.2 Westerschelde

5.1.2.1 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 - 2017.

In Tabel 5-1 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.

De amplitude van de nodale getijcyclus (18,6 jarige cyclus) voor de hoogwaters heeft een maximum bij Terneuzen en neemt dan opwaarts af, terwijl voor de laagwaters deze amplitude een minimum heeft bij Terneuzen en Bath, met hogere waarden bij Vlissingen en Hansweert. De gemiddelde stijging van het hoogwater neemt toe in opwaartse richting, terwijl deze voor het laagwater juist afneemt.

Tabel 5-1: 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

5.1.2.2 Resultaten

Figuur 5-1 tot en met Figuur 5-10 geven de resultaten weer voor de verschillende getijposten voor hoog- en laagwater in de Westerschelde. De meetwaarden gebruikt voor de regressie zijn in blauw weergegeven. De groene ononderbroken 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- en laagwaters). Ten slotte worden de recente meetwaarden van 2010 tot 2017 als zwarte kruisjes weergegeven.

Bijlage B bevat een verdere analyse van de residuen van de metingen van de jaren 2010 tot en met 2017 ten opzichte van de voorspelde trend. Hierbij wordt door middel van controlegrafieken gecontroleerd of het gedrag van de OLS-CUSUM-waarden wijst op een mogelijke afwijking ten opzichte van de trend.

Vlissingen

De jaargemiddelde hoogwaters bij Vlissingen voor 2016 en 2017 zijn min of meer constant gebleven in vergelijking met 2015 en liggen net onder de verwachte trend, binnen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval (Figuur 5-1). De resulterende residuen van het hoogwater ten opzichte van de trend zijn daarmee klein. Het jaargemiddelde laagwater van 2016 was

vergelijkbaar met dat van 2015, en vervolgens is een verhoging van het laagwater te zien in 2017, wat overeenstemt met het inzetten van de stijgende fase van de nodale getijcyclus (Figuur 5-3). Ook de waardes van het jaargemiddelde laagwater liggen binnen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval. De OLS-CUSUM-waarden (Bijlage B) liggen nog binnen de controlegrenzen en 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 en slechts in mindere mate van veranderingen in het estuarium zelf. In sectie 4.1.2 wordt aangetoond dat de residuen van de hoog- en laagwaterstanden ten opzichte van de T2009-trend een significante correlatie vertonen met de westelijke component van de jaargemiddelde windsnelheid gemeten in Cadzand. Afwijkingen in de waterstanden ten opzichte van de verwachte trend bij Vlissingen kunnen dus gedeeltelijk verklaard worden door de mate van windopzet (IMDC, 2017b; T2015 Consortium, 2018). Figuur 5-2 en Figuur 5-4 geven de residuen van de hoog- en laagwaterstanden ten opzichte van de T2009-trend weer, met en zonder correctie op basis van het lineaire verband met de jaargemiddelde windsnelheid in Cadzand. Na correctie vertonen de residuen minder temporele variabiliteit, en liggen ze in de periode 2009-2017 over het algemeen dichter bij 0. Er kan dus geconcludeerd worden dat afwijkingen in de hoog- en laagwaterstanden ten opzichte van de trend in deze periode deels het gevolg zijn van de windopzet buiten het estuarium.

Terneuzen

Het jaargemiddeld hoogwater bij Terneuzen laat geen grote verandering zien in 2016 en 2017 (Figuur 5-5). Een lichte afname van het hoogwater vindt plaats in 2017 overeenkomstig met het inzetten van de dalende trend van de nodale getijcyclus. Deze waarden liggen binnen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval. Het jaargemiddeld laagwater ligt sinds 2014 steeds boven de regressielijn en neemt toe in 2017, waarbij de waarde buiten het 95 %-betrouwbaarheidsinterval ligt, maar binnen het 95 % voorspellingsinterval blijft (Figuur 5-6). De OLS-CUSUM-waarden (Bijlage B) zijn nog binnen de controlegrenzen en er is dus geen sprake van een trendbreuk.

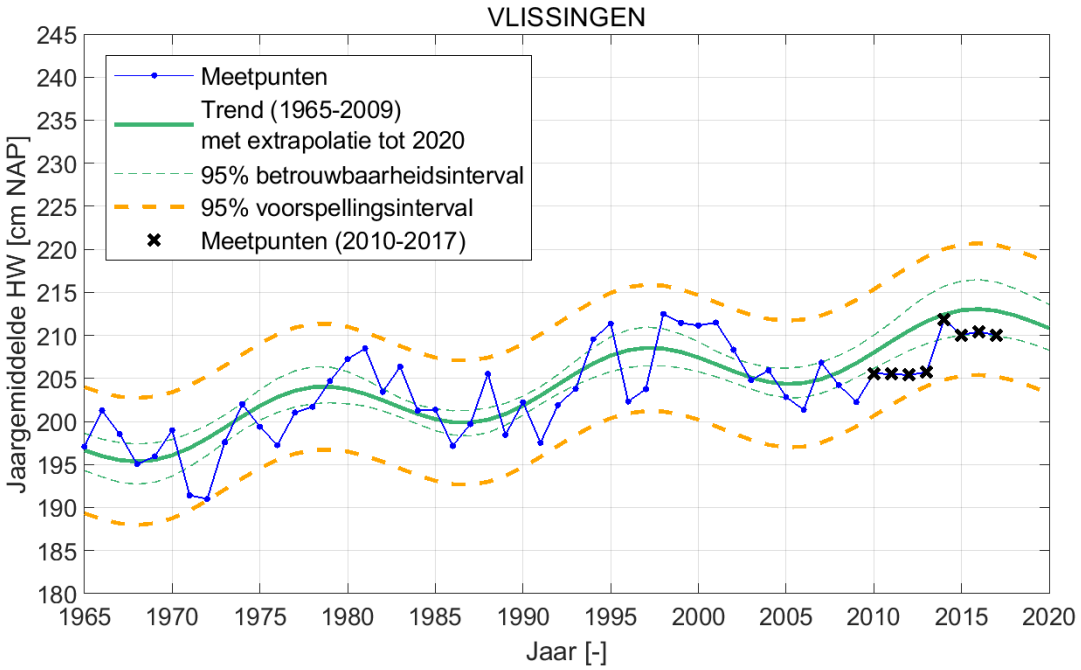
Hansweert

De mate van variatie in jaargemiddeld hoogwater over de afgelopen jaren is klein in vergelijking met de variatie in het gemiddeld hoogwater die voorkwam bij Hansweert van 1960 tot 2000 (Figuur 5-7). De waardes van 2010 tot 2017 liggen allen binnen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval. Van 2015 naar 2016 nam het gemiddeld hoogwater af, waarna het weer licht toenam in 2017. Het jaargemiddeld laagwater bij Hansweert nam in 2016 af nadat het de twee jaren daarvoor was toegenomen (Figuur 5-8). In 2017 was er weer een toename van de laagwaterstand, die nog binnen het 95 %-voorspellingsinterval blijft. De OLS-CUSUM-waarden (Bijlage B) liggen binnen de controlegrenzen en er is dus geen sprake van een trendbreuk. Omdat in Hansweert (net als in Terneuzen) de laagwaters sinds 2014 boven de regressielijn liggen, is er over de jaren wel een toename te zien in de cumulatieve som van de residuen van de laagwaterstand.

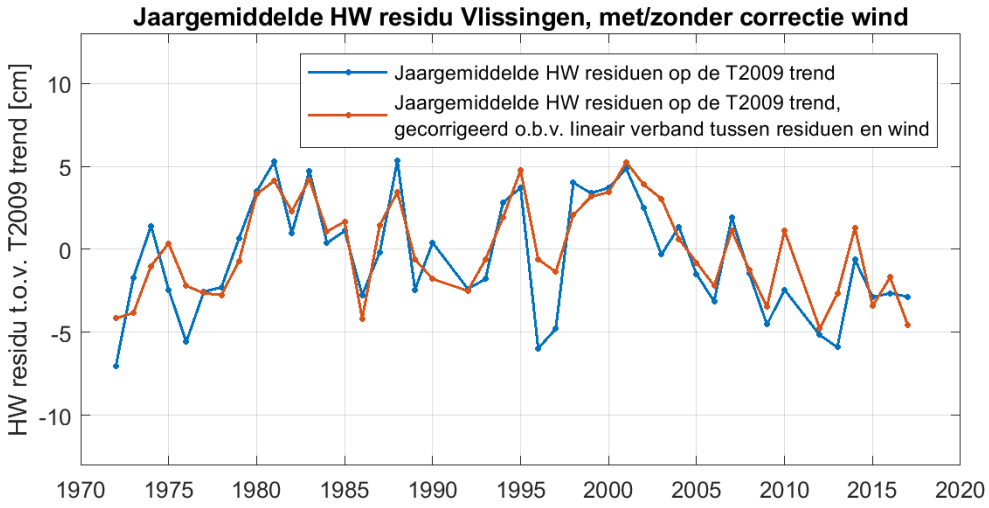
Bath

Het jaargemiddelde hoogwater bij Bath nam licht af in 2016 en 2017 en ligt daarmee net onder de trend, ruim binnen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval (Figuur 5-9). De lichte afname in de hoogwaterstanden komt overeen met de observaties bij de andere getijstations in de Westerschelde en met het inzetten van de dalende trend van de nodale getijcyclus. Het jaargemiddelde laagwater nam iets af in 2016 ten opzichte van 2015,

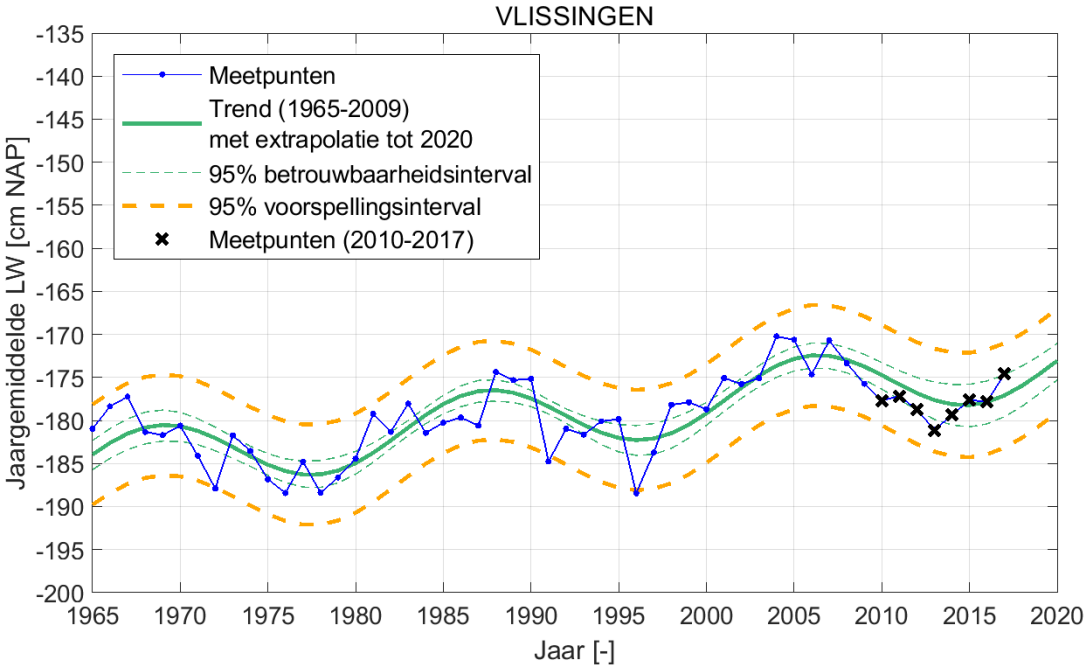
waarna er een duidelijke toename zichtbaar is in 2017 (Figuur 5-10). De gemiddelde laagwaterstand van 2017 is nog binnen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval, en de toename komt overeen met die bij de overige getijstations in de Westerschelde, alsook met het begin van de stijgende trend van de nodale getijcyclus. Nadat de OLS-CUSUM-waarden van de laagwaters in 2014 bijna onder de controlegrens kwamen, is de cumulatieve som van de residuen sindsdien weer duidelijk boven de controlegrens gekomen na de hogere laagwaterstanden van 2015 tot en met 2017 (Bijlage B), en er is dus geen sprake van een trendbreuk.



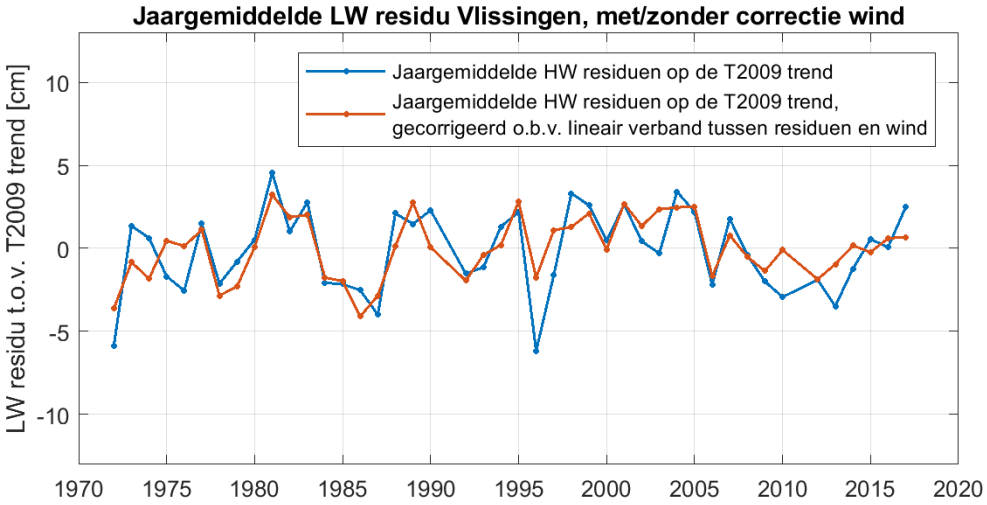
Figuur 5-1: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Vlissingen, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



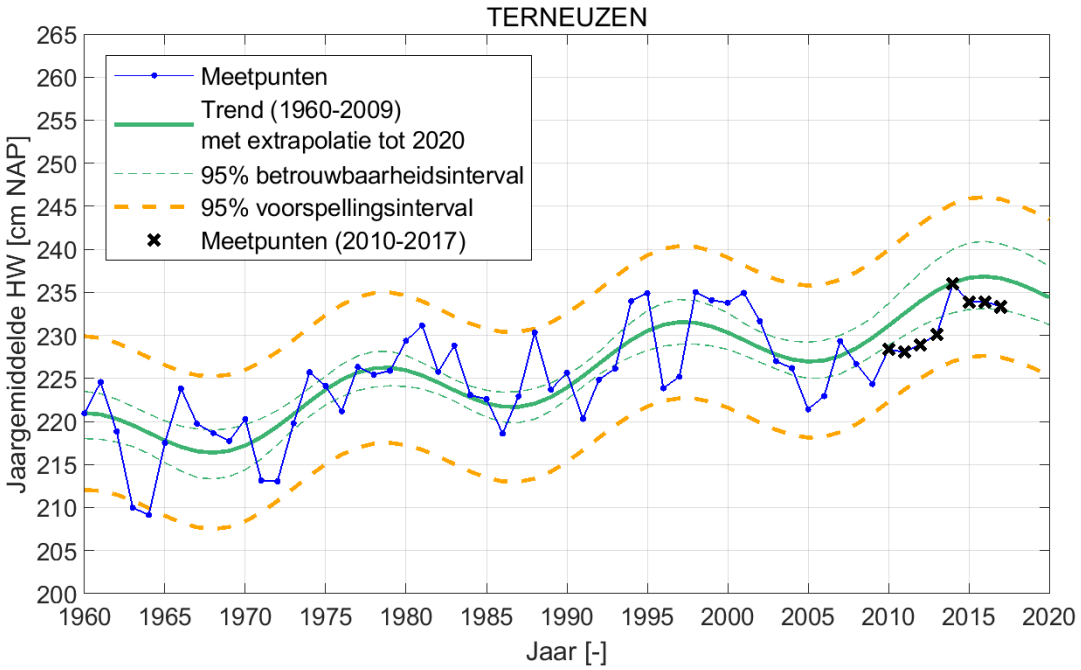
Figuur 5-2: Jaargemiddeld HW residu t.o.v. T2009 trend, gecorrigeerd voor lineair verband tussen residuen en wind.



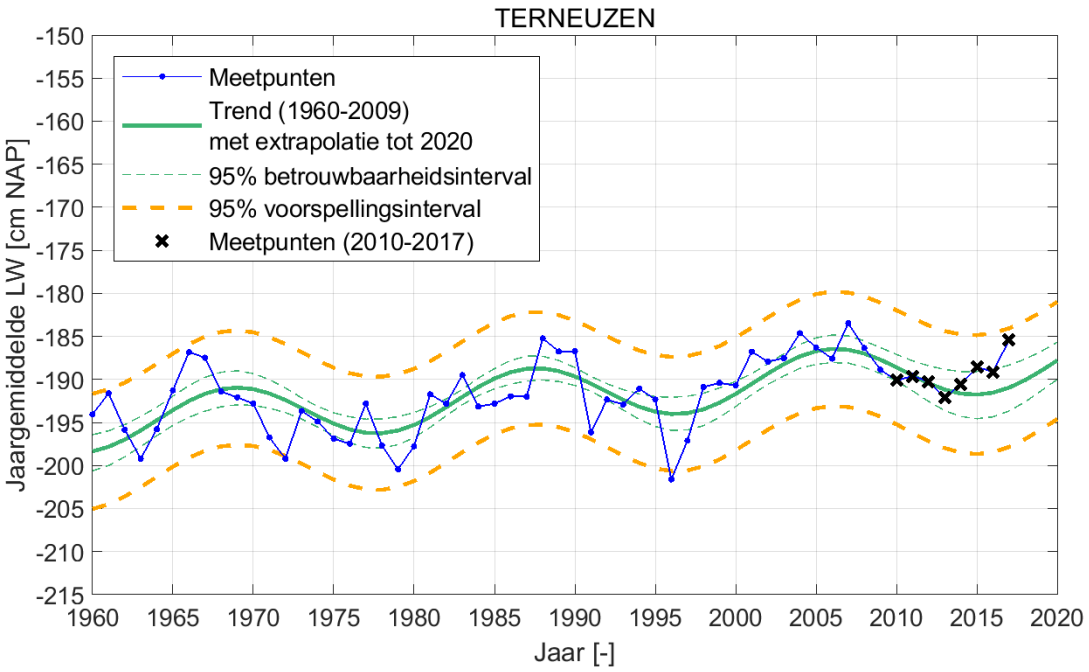
Figuur 5-3: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Vlissingen, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



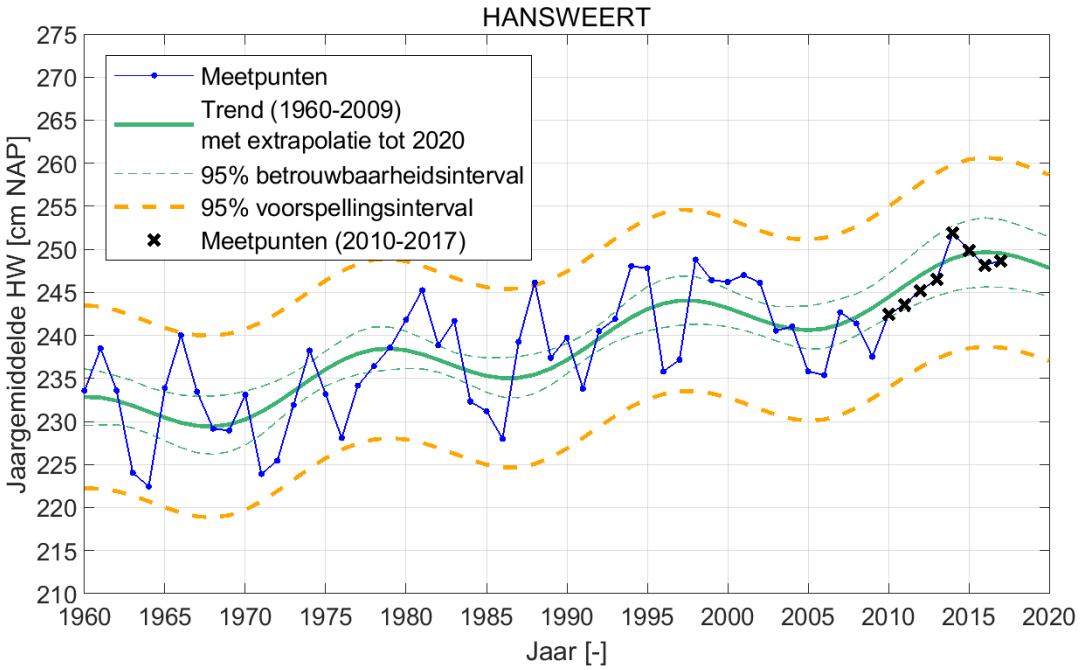
Figuur 5-4: Jaargemiddeld LW residu t.o.v. T2009 trend, gecorrigeerd voor lineair verband tussen residuen en wind.



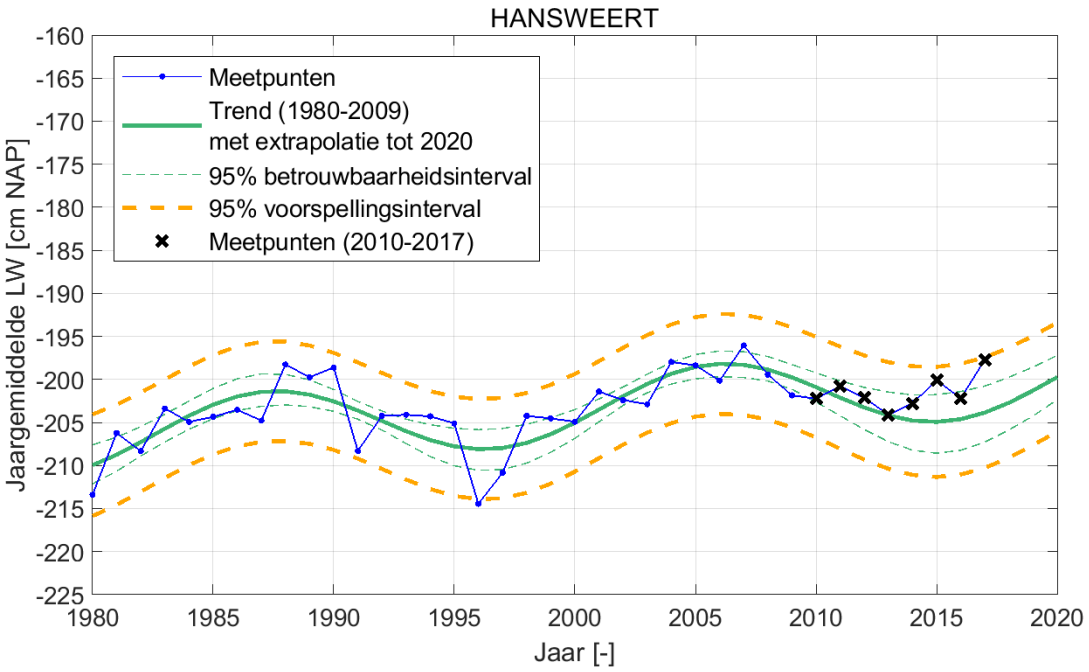
Figuur 5-5: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Terneuzen, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



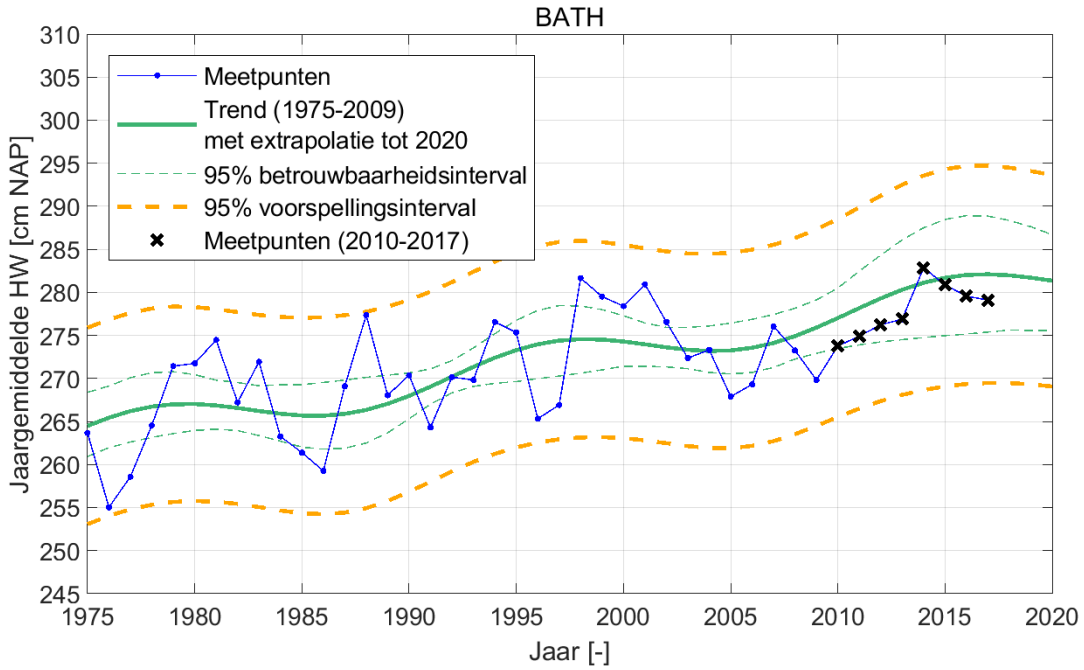
Figuur 5-6: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Terneuzen, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



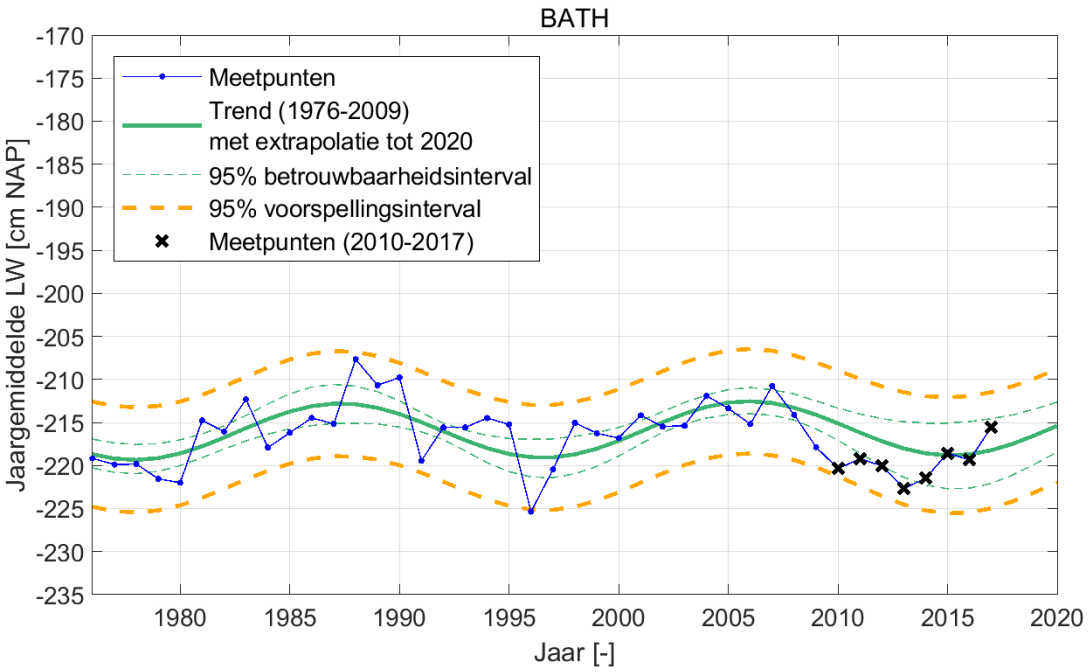
Figuur 5-7: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Hansweert, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



Figuur 5-8: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Hansweert, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



Figuur 5-9: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Bath, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



Figuur 5-10: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Bath, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.

5.1.3 Beneden-Zeeschelde

5.1.3.1 Analyse

In dit deel wordt voor Prosperpolder, Kallosluis, en Antwerpen-Loodsgebouw 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 - 2017.

In Tabel 5-2 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 drie stations (Prosperpolder, Kallosluis, en Antwerpen-Loodsgebouw) weergegeven. In eerdere rapporten werd getijstation Schelle als het meest opwaarts meetstation gebruikt. Dit getijstation is echter sinds juli 2013 buiten gebruik, en zal in het huidige rapport dus niet verder besproken worden.

De amplitude van de nodale getijcyclus (18,6 jarige cyclus) voor de hoogwaters neemt af in opwaartse richting, terwijl de lineaire component – de gemiddelde stijging van het hoogwater – in deze richting verder toeneemt. De trend voor de laagwaters is minder duidelijk, met een maximum amplitude van de nodale cyclus bij Antwerpen en lagere waardes in op- en afwaartse richting. De gemiddelde stijging van het laagwater daalt eerst en neemt dan weer toe in opwaartse richting.

Tabel 5-2: 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

5.1.3.2 Resultaten

Figuur 5-11 tot en met Figuur 5-18 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 ononderbroken 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- en laagwaters). Ten slotte worden de recente meetwaarden van 2010 tot 2017 als zwarte kruisjes weergegeven.

Prosperpolder

Het jaargemiddeld hoogwater bij Prosperpolder bleef gelijk in 2016 ten opzichte van de jaren daarvoor, en nam vervolgens af in 2017 (Figuur 5-11). Deze waardes liggen net als

alle waardes sinds 2008 onder de verwachte trend, maar wel binnen het 95 % betrouwbaarheidsinterval. De afname van de jaargemiddelde hoogwaterstand in 2017 komt overeen met het passeren van het maximum in de nodale getijcyclus en het inzetten van de dalende trend, maar de afname is wel sterker dan de voorspelling van de nodale cyclus. Bij de jaargemiddelde laagwaters is een omgekeerde trend zichtbaar, waarbij de waardes reeds sinds 2013 toenemen (Figuur 5-12). Het jaargemiddeld laagwater ligt sinds 2015 boven de verwachte trend en sinds 2017 buiten het 95 % betrouwbaarheidsinterval, maar nog wel binnen het 95 % voorspellingsinterval. De OLS-CUSUM-waarden van de hoog- en laagwaters liggen nog binnen de controlegrenzen en er is dus geen sprake van een significante afwijking ten opzichte van de verwachte trend (Bijlage B). Na de stijging van de laagwaterstanden de laatste jaren is de cumulatieve som van de residuen van de laagwaters in 2017 ongeveer 0.

Kallosluis

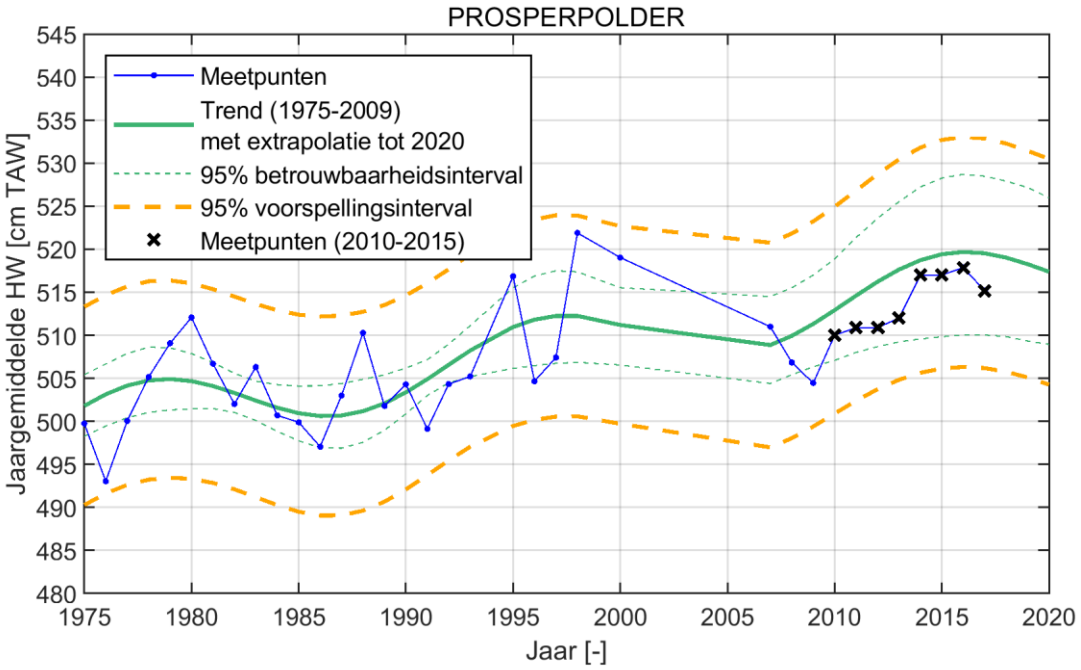
Het jaargemiddeld hoogwater bij Kallosluis is in 2017 afgenomen, nadat het in voorgaande jaren gelijk bleef (Figuur 5-13). De waardes van het jaargemiddeld hoogwater liggen sinds 2009 onder de verwachte trend, vergelijkbaar met de waardes bij Prosperpolder. De jaargemiddelde laagwaters bij Kallosluis nemen sinds 2013 toe en liggen in 2017 boven de verwachte trend (Figuur 5-14). De waardes van 2011 tot en met 2013 lagen buiten het 95 % voorspellingsinterval. De mate waarin de hoog- en laagwaterstanden bij Kallosluis onder de verwachte trend liggen wordt mede veroorzaakt door de peilschaalcorrectie van -4,9 cm die in 2011 werd doorgevoerd. De OLS-CUSUM-waarden van de hoog- en laagwaters liggen beide buiten de controlegrenzen en er lijkt dus sprake te zijn van een trendbreuk (Bijlage B). Deze wordt echter sterk beïnvloed door de sprong van bijna 5 cm in de hoog- en laagwaterstanden in 2011 door de reeds genoemde peilschaalcorrectie. Zonder deze peilschaalcorrectie in 2011 is er bij Kallosluis geen sprake van een trendbreuk.

Antwerpen-Loodsgebouw

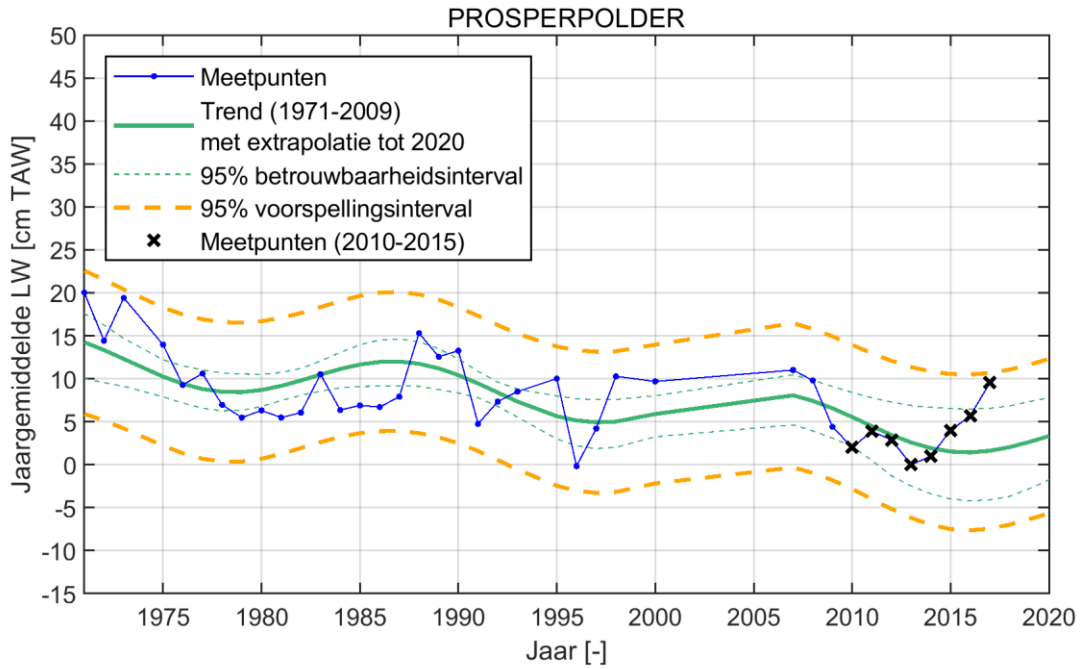
Het jaargemiddelde hoogwater bij Antwerpen nam in 2016 toe, waarna in 2017 een afname volgde (Figuur 5-15). Ook bij Antwerpen liggen de gemiddelde hoogwaterstanden sinds 2008 onder de verwachte trend. Het jaargemiddeld laagwater bij Antwerpen nam iets toe in 2016 en 2017, en ligt in 2017 dichtbij de verwachte trend (Figuur 5-16). De toename in 2017 komt overeen met het inzetten van de stijgende trend van de nodale getijcyclus. De OLS-CUSUM-waarden van de laagwaterstanden liggen buiten de controlegrenzen (Bijlage B). Vergelijkbaar met de waarden bij Kallosluis wordt dit veroorzaakt door de peilschaalcorrectie (van -3,0 cm) die in 2011 werd doorgevoerd. Hierdoor wordt bij de laagwaterstanden een trendbreuk waargenomen, terwijl dit zonder de peilschaalcorrectie in 2011 niet het geval is.

De waterstanden worden, met name bij de verder opwaartse stations, ook beïnvloed door het jaargemiddeld bovenafvoerdebiet (T2009 Consortium, 2013; Vandenbruwaene *et al.*, 2016; IMDC, 2017b; T2015 Consortium, 2018). Deze lineaire relatie wordt in sectie 0 aangetoond en kan gebruikt worden voor een correctie van de residuen van de waterstanden. Figuur 5-17 en Figuur 5-18 geven de residuen tussen de hoog- en laagwaterstanden ten opzichte van de T2009-trend weer in Antwerpen met en zonder een correctie op basis van dit lineaire verband tussen de residuen en het bovenafvoerdebiet. De residuen vertonen minder temporele variatie na de correctie en zijn, voornamelijk bij het hoogwater, minder negatief in de jaren 2010 – 2017 dan de niet-gecorrigeerde residuen. Dit

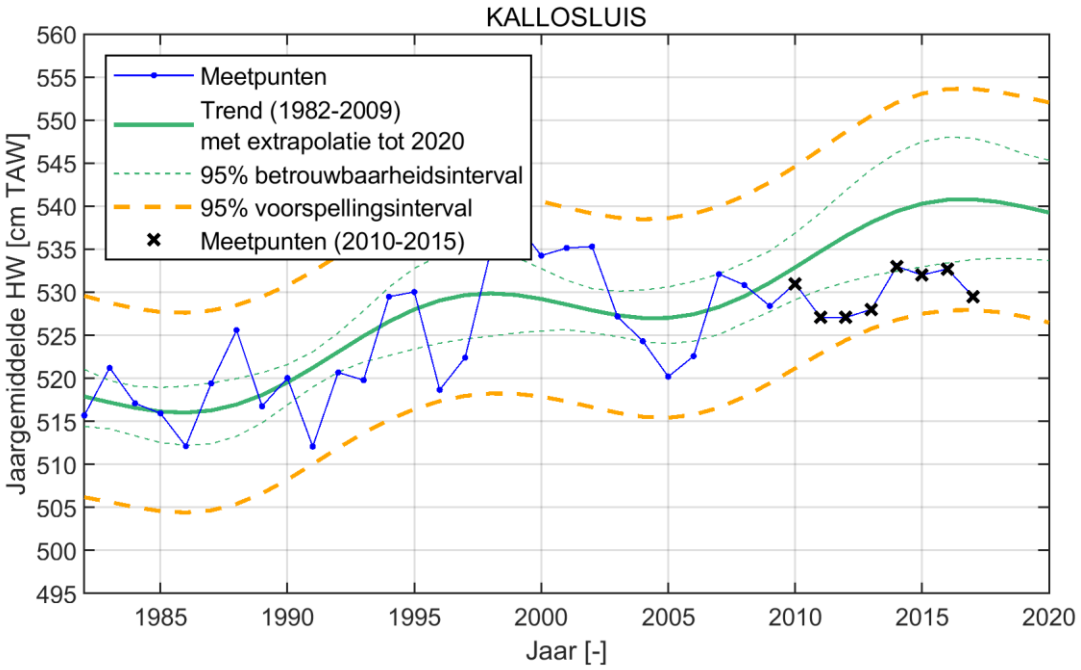
laat zien dat de afwijkingen in de waterstanden bij Antwerpen deels verklaard kunnen worden door variaties in de bovenafvoer.



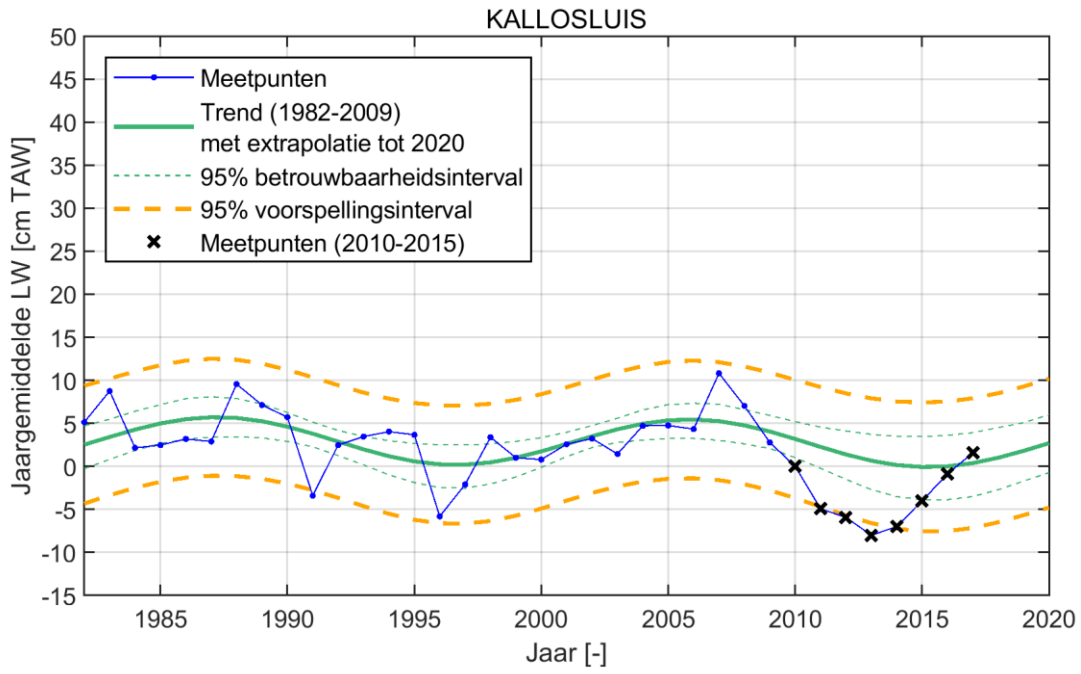
Figuur 5-11: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Prosperpolder, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



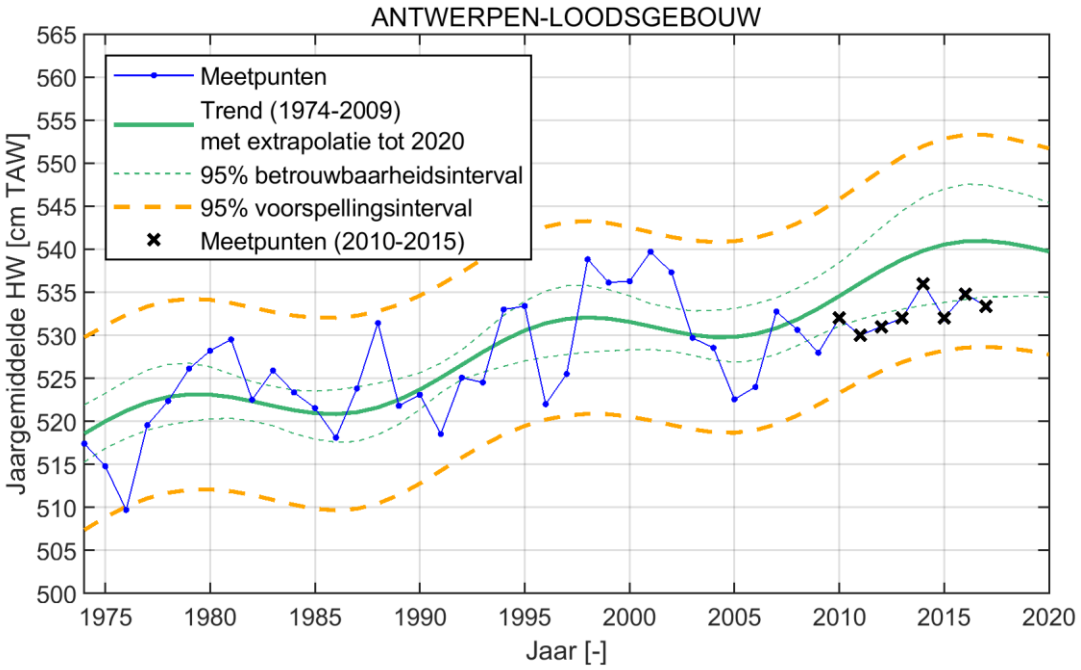
Figuur 5-12: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Prosperpolder, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



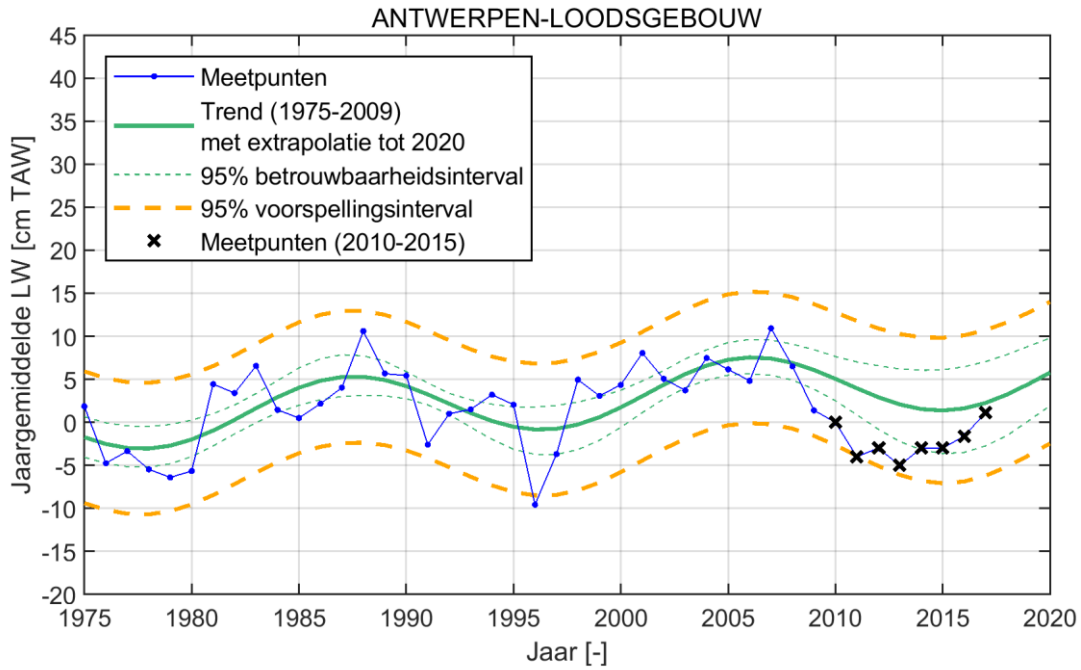
Figuur 5-13: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Kallosluis, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



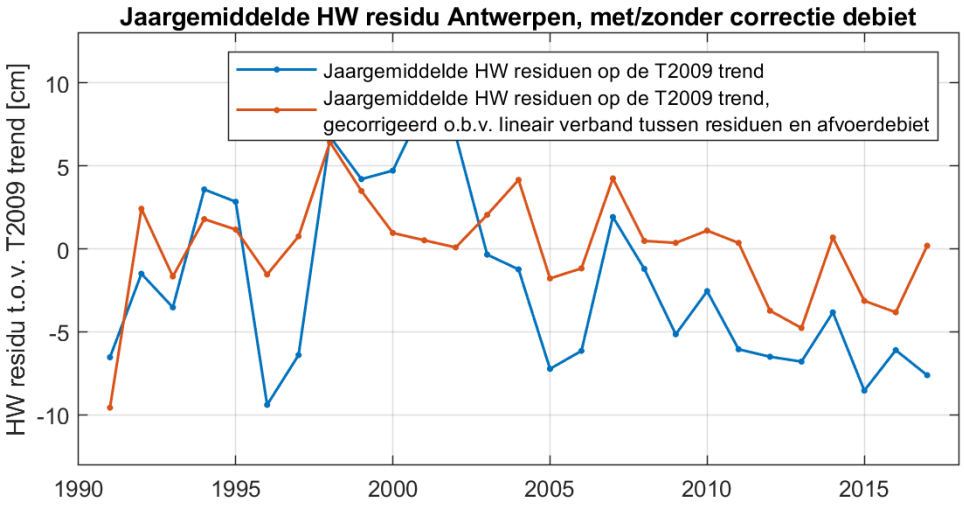
Figuur 5-14: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Kallosluis, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



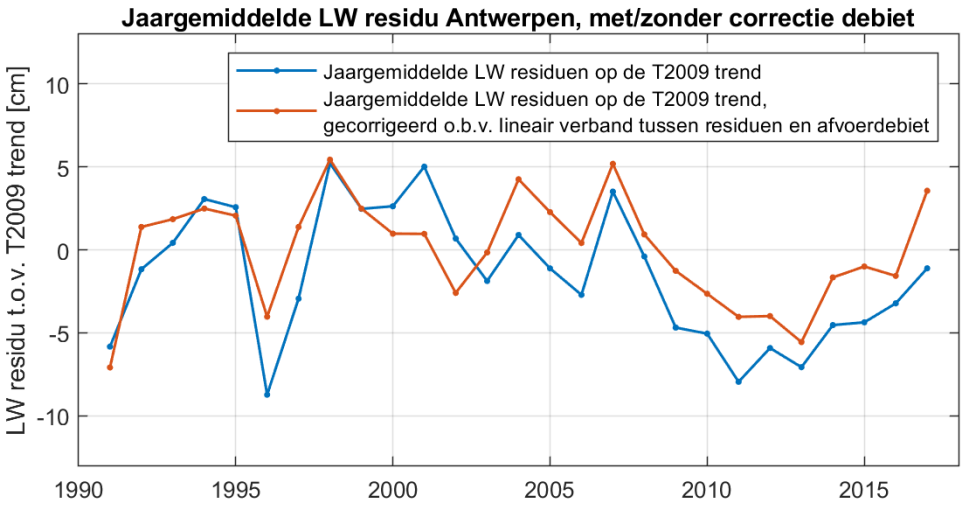
Figuur 5-15: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Antwerpen-Loodsgebouw, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



Figuur 5-16: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Antwerpen-Loodsgebouw, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



Figuur 5-17: Residuen van de hoogwaterstand bij Antwerpen-Loodsgebouw ten opzichte van de T2009-trendlijn, al dan niet gecorrigeerd op basis van een lineaire relatie met het afvoerdebiet in Schelle.

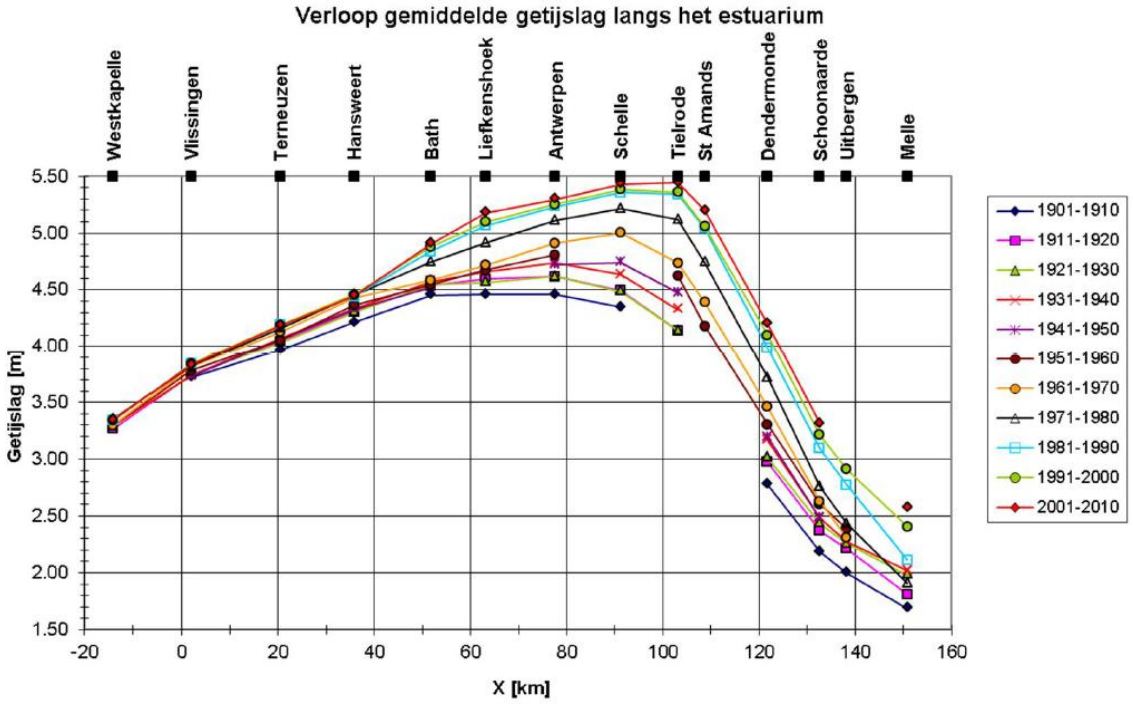


Figuur 5-18: Residuen van de laagwaterstand bij Antwerpen-Loodsgebouw ten opzichte van de T2009-trendlijn, al dan niet gecorrigeerd op basis van een lineaire relatie met het afvoerdebiet in Schelle.

5.1.4 Getijslag

De jaargemiddelde getijslag, het verschil tussen de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstand, is een maat voor de amplitude van de getijgolf. Zowel de absolute getijslag (in meters), 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 in het estuarium; de absolute getijslag is wat uiteindelijk bepalend is voor onder andere stroomsnelheden en sedimenttransport.

Er is in het kader van een studie van LTV – Veiligheid & Toegankelijkheid (Deltares, 2013) een analyse gemaakt van de evolutie van de getijslag in 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 5-19) is onder meer gebleken dat de maximale getijslag de afgelopen decennia fors is toegenomen en bovendien dieper het estuarium indringt.



Figuur 5-19: 10-jarig gemiddelde getijslag voor opeenvolgende decaden, na verwijdering 18,6-jarige cyclus, tussen 1901 en 2010 (Deltares, 2013).

De jaargemiddelde waarden van **absolute getijslag** voor dezelfde stations als de hoog- en laagwaters zijn weergegeven in Figuur 5-22 tot en met Figuur 5-28, en zijn opnieuw vergeleken met de T2009 trend (lineaire trend + 18,6-jarige cyclus), weergegeven in Tabel 5-3. Er werd ook opnieuw gecontroleerd met de OLS-CUSUM-test, hiervan zijn de controlegrafieken weergegeven in Bijlage B.

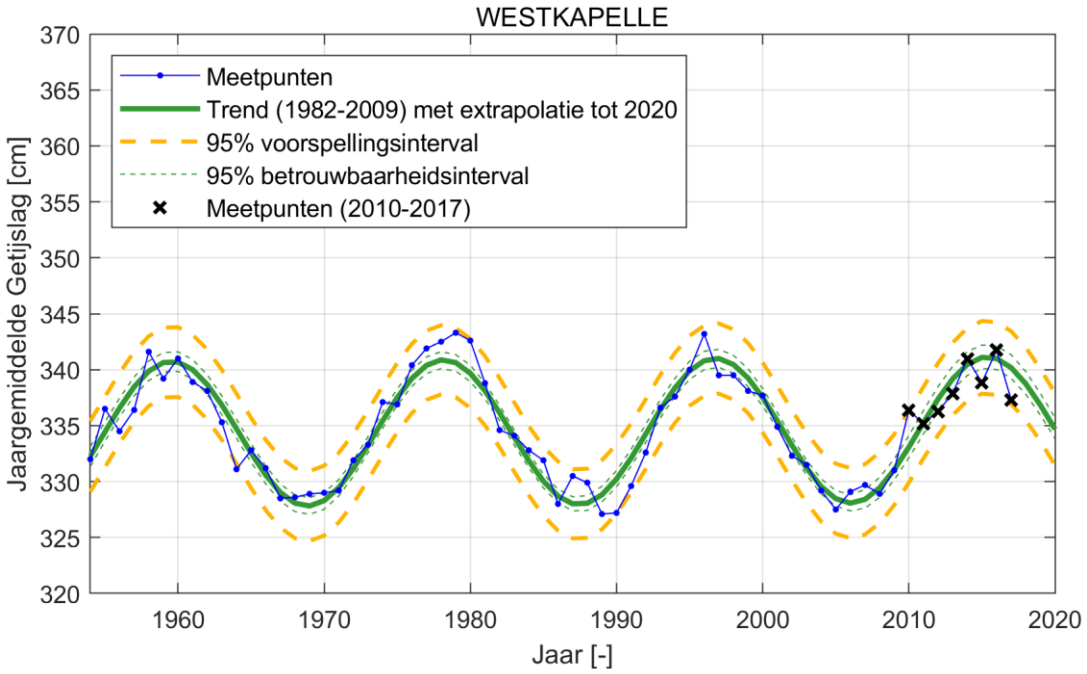
Tabel 5-3: Overzicht van de regressieparameters trend T2009, jaargemiddelde getijslag.

Locatie	Jaargemiddeld getijslag		
	Regressie-periode	Amplitude nodale cyclus	Helling lineaire component
Westkapelle	1954-2009	6,51 cm	0,01 cm/jr
Cadzand	1967-2009	7,78 cm	-0,04 cm/jr
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

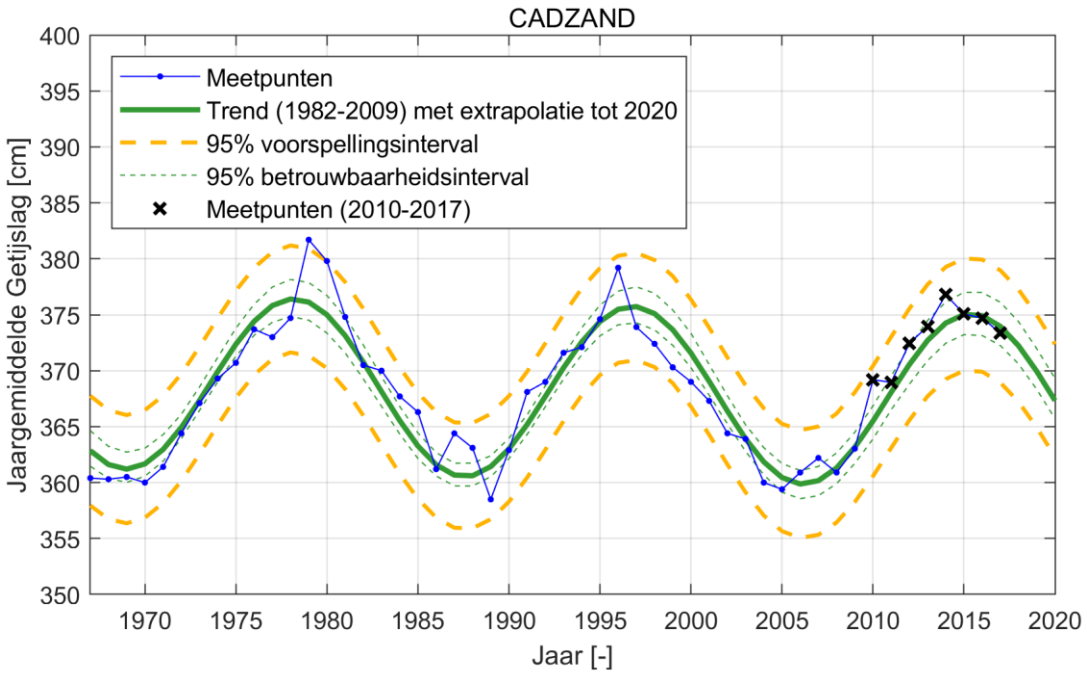
Locatie	Jaargemiddeld getijslag		
Prosperpolder	1975-2009	6,13 cm	0,50 cm/jr
Kallosluis	1982-2009	6,83 cm	0,61 cm/jr
Antwerpen	1975-2009	7,01 cm	0,36 cm/jr
Schelle	1976-2009	5,04 cm	0,40 cm/jr

- Bij Vlissingen was er in 2016 een lichte toename van de getijslag ten opzichte van 2015, maar lag de waarde nog wel onder de verwachte waarde (Figuur 5-22). In 2017 is echter een afname in de getijslag te zien, die buiten het 95 %-voorspellingsinterval ligt. De OLS-CUSUM-waarden zijn nog binnen de controlegrenzen en er is dus geen sprake van een trendbreuk, maar in 2017 komt de waarde wel dichterbij de controlegrenzen.
- Bij Terneuzen is een vergelijkbare ontwikkeling in de getijslag te zien met een lichte toename in 2016 t.o.v 2015 en vervolgens een afname in 2017 (Figuur 5-23). Echter lagen de waardes van eerdere jaren in Terneuzen al lager ten opzichte van de verwachte trend dan bij Vlissingen, waardoor de gemiddelde getijslag in 2017 bij Terneuzen nog verder buiten het 95 %-voorspellingsinterval ligt. De OLS-CUSUM-waarden lagen in 2015 al dichtbij de onderste controlegrens, en door de afname van de getijslag in 2017 zijn de OLS-CUSUM-waarden deze controlegrens gepasseerd (Bijlage B). Er is dus sprake van een significante afwijking ten opzichte van de verwachte trend.
- Bij Hansweert en Bath vond ook een afname in de getijslag plaats in 2017 (Figuur 5-24, Figuur 5-25). De waardes liggen echter nog binnen het 95 %-voorspellingsinterval. Daarnaast zijn de OLS-CUSUM-waarden nog ruim binnen de controlegrenzen en is er dus geen sprake van een trendbreuk (Bijlage B).
- Bij Prosperpolder en Kallosluis nam de getijslag in 2016 reeds licht af, en is ook de grote afname in 2017 zichtbaar (Figuur 5-26, Figuur 5-27). Bij Prosperpolder blijven de waardes net binnen het 95 %-voorspellingsinterval. Voor Kallosluis lag de getijslag in 2015 echter al verder onder de verwachte waarde, en door de nieuwe afname is de getijslag in 2017 onder het 95 %-voorspellingsinterval gekomen. De OLS-CUSUM-test laat zien dat bij beide stations de waardes binnen de controlegrenzen liggen en er dus geen sprake is van een trendbreuk (Bijlage B). Bij Kallosluis komen de waardes door de afname echter wel dichtbij de onderste controlegrens.
- Bij Antwerpen was in 2016 nog een lichte toename in getijslag zichtbaar, waarna een afname plaatsvond in 2017 (Figuur 5-28), vergelijkbaar met de overige getijstations. De waardes blijven wel binnen het 95 %-voorspellingsinterval en de OLS-CUSUM-test geeft aan dat de waardes nog ruim binnen de controlegrenzen blijven (Bijlage B). Er is dus geen sprake van een significante afwijking ten opzichte van de verwachte trend.

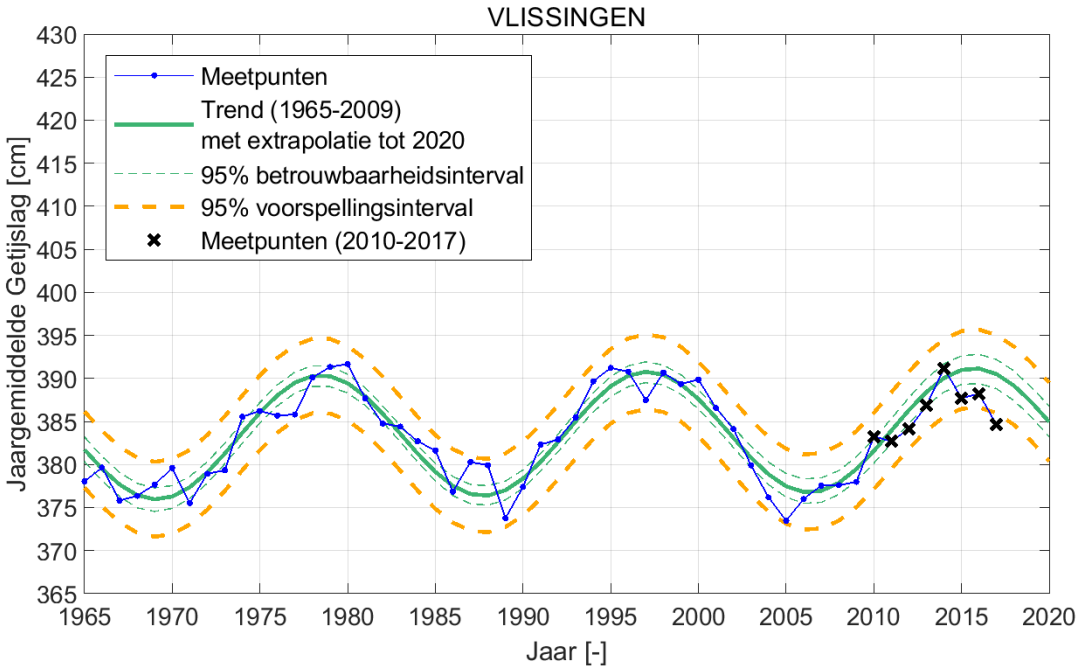
Bij alle stations ligt de getijslag tussen 2015 en 2017 lager dan de voorspelde waarde. Om na te gaan of dit gelinkt is aan ontwikkelingen buiten het estuarium, worden in Figuur 5-20 en Figuur 5-21 de getijslag in Westkapelle en Cadzand weergegeven, aan de buitenkant van het mondingsgebied. De getijslag nam bij Cadzand af vanaf 2014, en ligt vanaf 2015 op de verwachte trend (Figuur 5-21). Bij Westkapelle varieert de getijslag meer rondom de trend, maar liggen de waardes wel binnen het 95 %-voorspellingsinterval (Figuur 5-20). Dit in tegenstelling tot de getijslag opwaarts in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde, waar sprake is van een duidelijke afname, en de waardes regelmatig buiten het 95 %-voorspellingsinterval liggen.



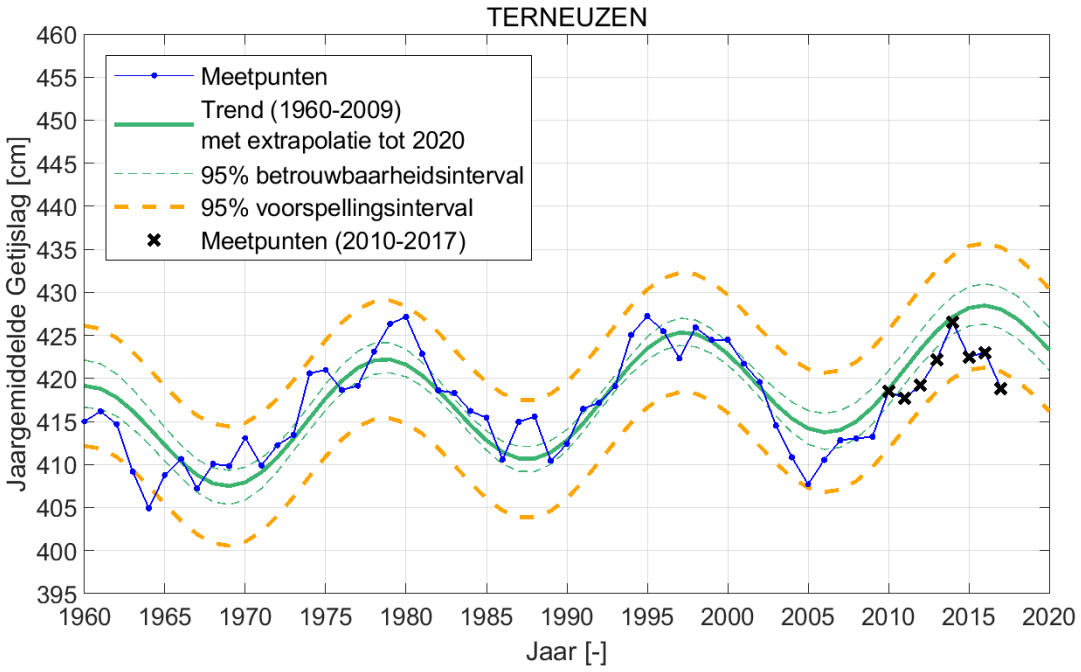
Figuur 5-20: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Westkapelle.



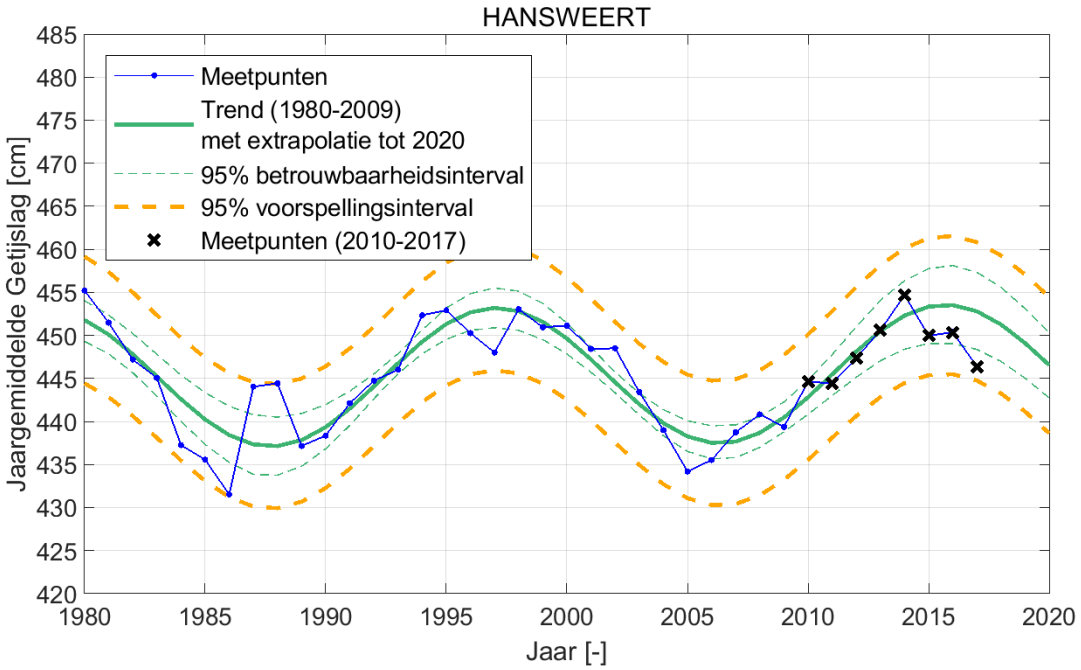
Figuur 5-21: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Cadzand.



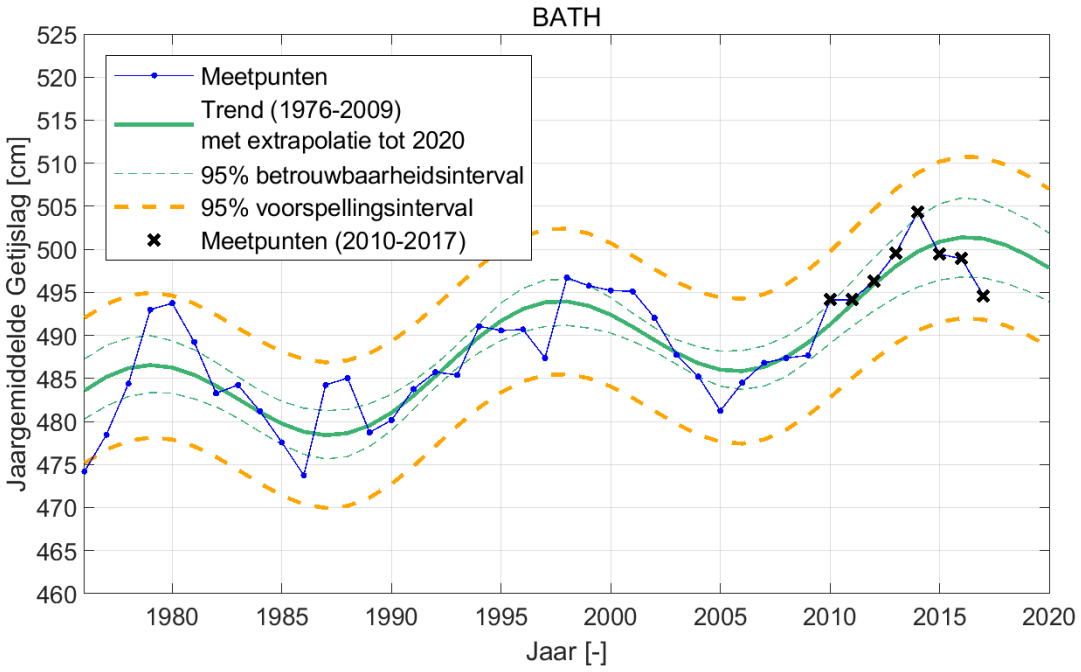
Figuur 5-22: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Vlissingen.



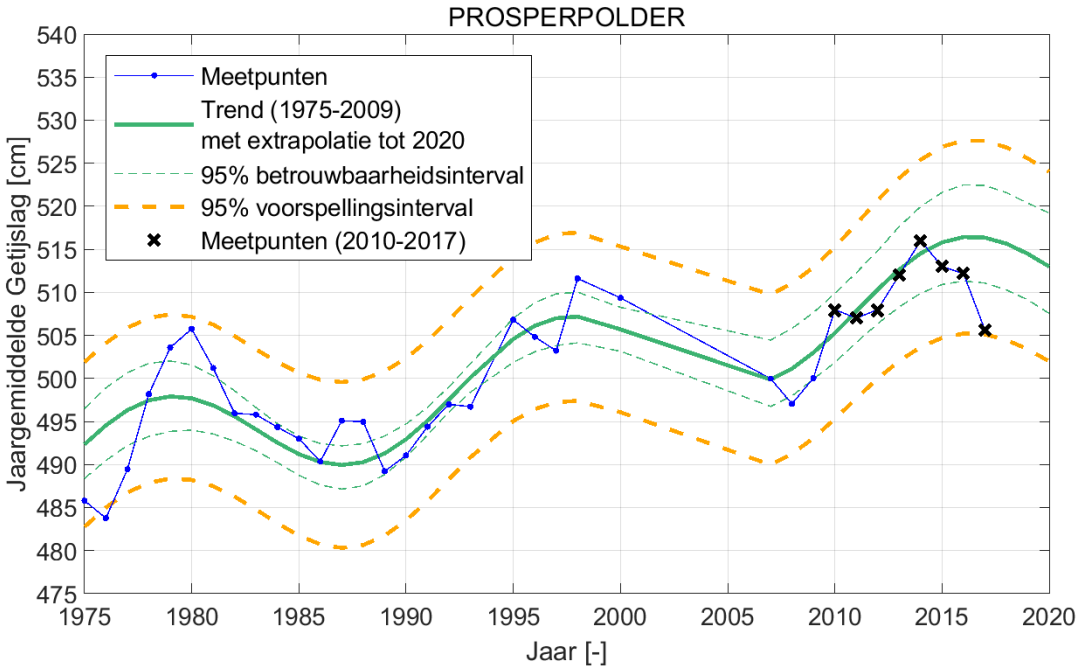
Figuur 5-23: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Terneuzen.



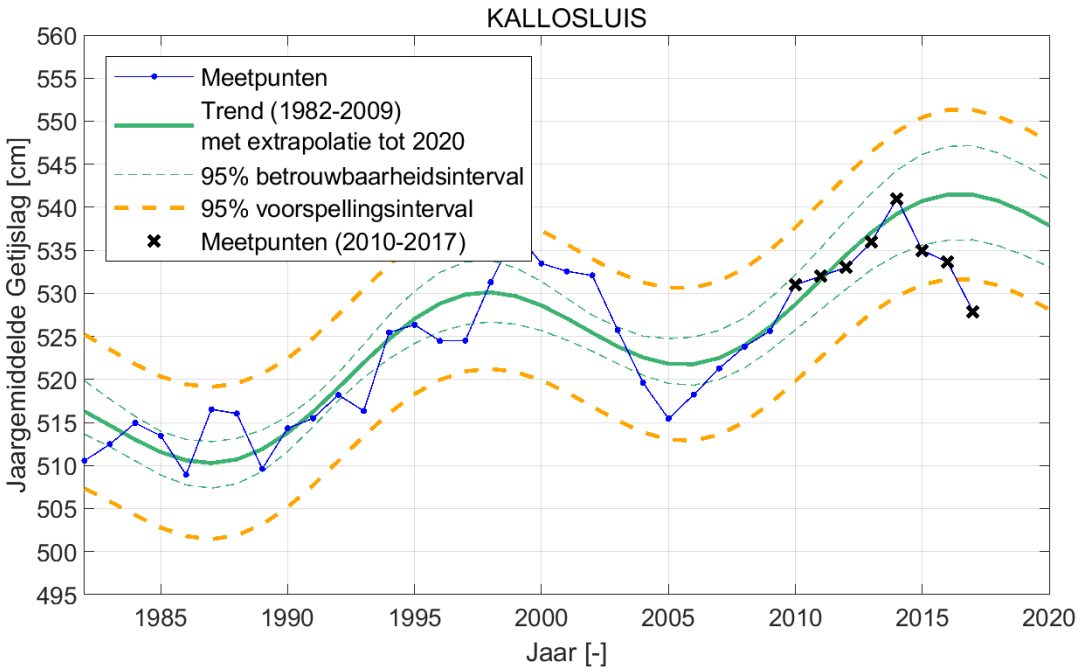
Figuur 5-24: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Hansweert.



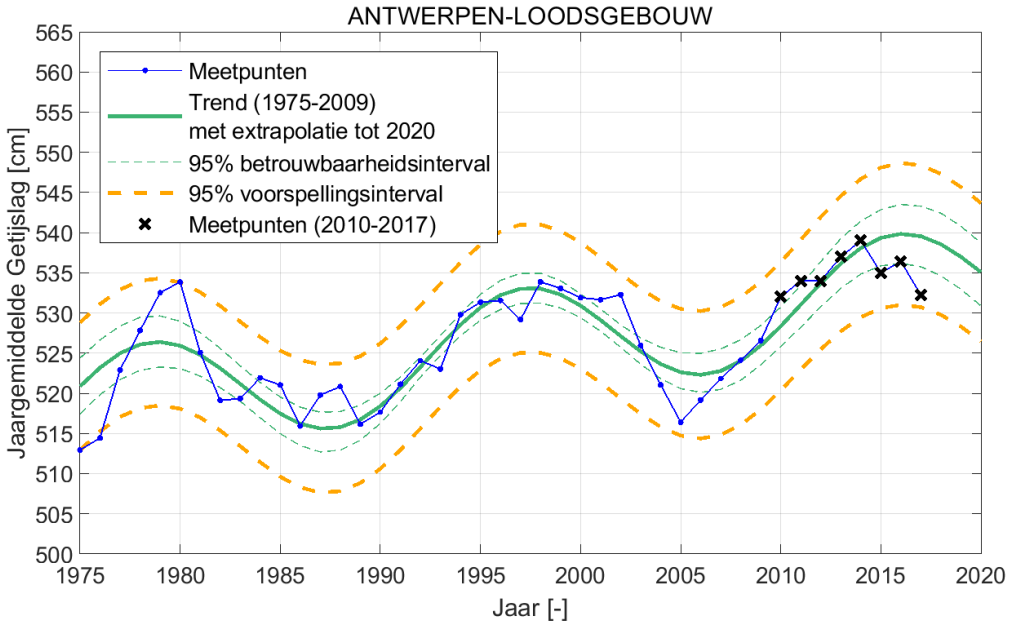
Figuur 5-25: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Bath.



Figuur 5-26: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Prosperpolder (geen data van 2001-2006).



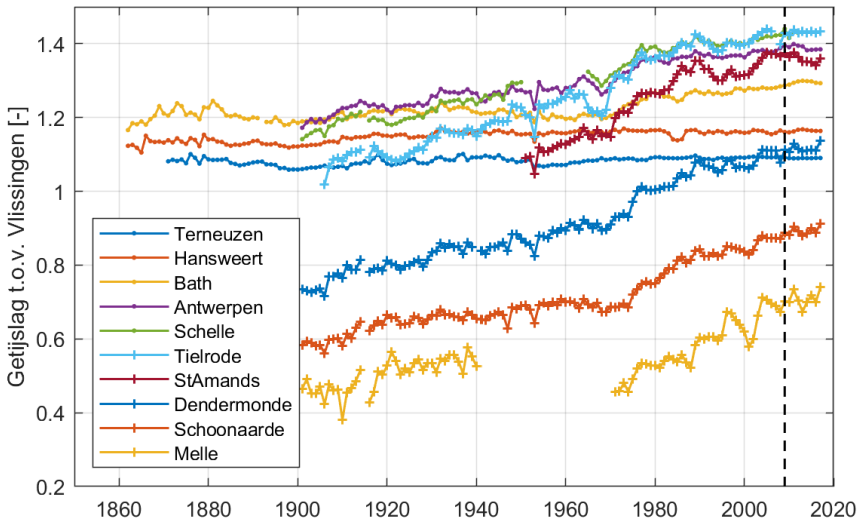
Figuur 5-27: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Kallosluis.



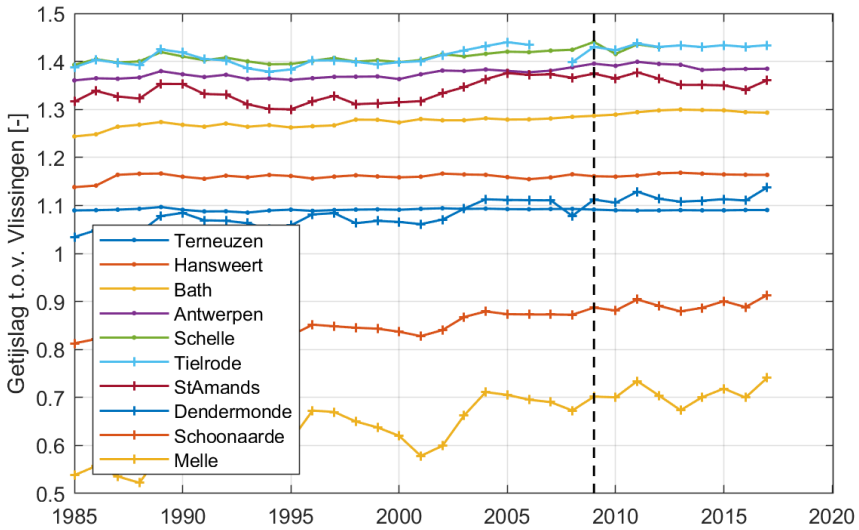
Figuur 5-28: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Antwerpen.

De **relatieve getijslag**, gecorrigeerd voor de 18,6 jarige cyclus, wordt weergegeven in functie van de tijd in Figuur 5-29 en Figuur 5-30, en ruimtelijk in Figuur 5-31. De stijging van de relatieve getijslag op lange termijn is duidelijk zichtbaar in Figuur 5-29, die de evolutie sinds 1860 weergeeft. Figuur 5-30 geeft de meer recente periode sinds 1985 weer.

- Bij de stations in de Westerschelde – Terneuzen, Hansweert en Bath – bleef de relatieve getijslag redelijk constant sinds 2005. Sinds ca. 2013 is er in Bath wel een lichte daling.
- Bij Antwerpen was de relatieve getijslag het hoogst in 2009-2011, waarbij de maximum waarde 1,399 bereikte. Vervolgens is de relatieve getijslag iets afgenomen en sinds 2014 ligt deze redelijk constant rond 1,383.
- Bij Schelle was de relatieve getijslag ook maximaal rond 2009-2011 (1,441), waarna een lichte afname plaatsvond tot 2013. Sinds 2014 worden geen metingen meer uitgevoerd bij Schelle, en de ontwikkeling van de relatieve getijslag van de laatste jaren is dus niet bekend.
- Bij Tielrode werd de maximum waarde van de relatieve getijslag eerder bereikt, in 2005 (1,44), waarna iets lagere waarden werden waargenomen van 2008 tot 2010. Sindsdien is de relatieve getijslag vrij constant net boven de 1,43. De afname die bij Antwerpen en Schelle plaatsvond van 2011 tot 2014 werd hier dus niet waargenomen.
- Bij de getijstations verder opwaarts in de Boven-Zeeschelde wordt meer variatie in de relatieve getijslag waargenomen. Deze getijstations – van Sint-Amands tot Melle – laten allen een toename (van 0,02 tot 0,05) in de relatieve getijslag zien tussen 2016 en 2017, met de sterkste toename bij Melle.

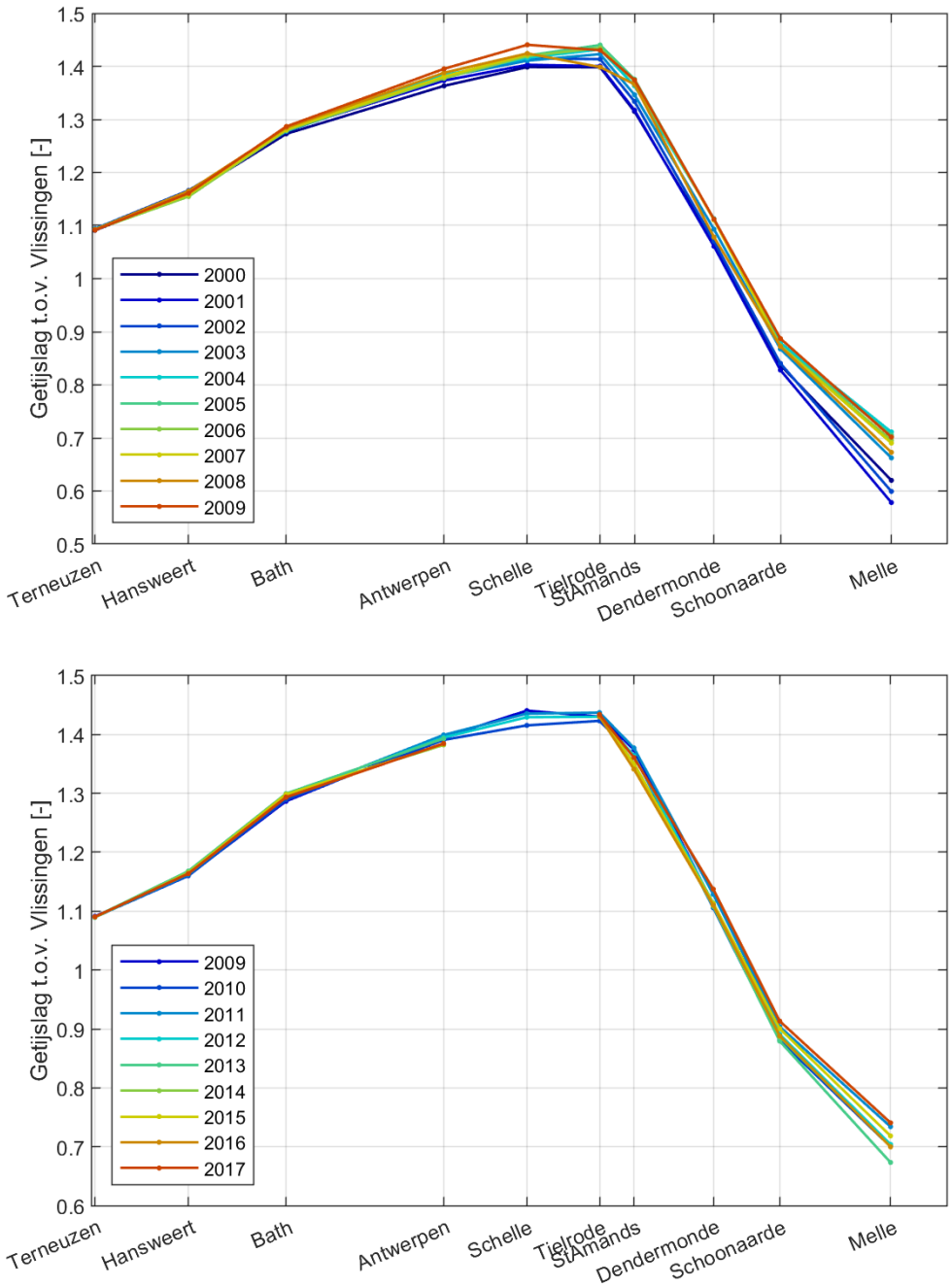


Figuur 5-29: Evolutie van de jaargemiddelde getijslag ten opzichte van Vlissingen per station in het estuarium (t/m 2017) met aanduiding van het jaar 2009 (gestippelde lijn).



Figuur 5-30: Evolutie van de jaargemiddelde getijslag ten opzichte van Vlissingen per station in het estuarium (1985-2017) met aanduiding van het jaar 2009 (gestippelde lijn).

Figuur 5-31 laat de ruimtelijke ontwikkeling van de getijslag ten opzichte van Vlissingen in het estuarium zien, vanaf Terneuzen tot Melle. De piek in de relatieve getijslag is bij Schelle tot Tielrode. Er lijkt meer variatie in de relatieve getijslag te zijn in de jaren 2000 tot 2009 dan in de jaren 2009 tot 2017. In de jaren 2000 tot 2009 is een toename van de relatieve getijslag zichtbaar in het estuarium, die het sterkste is bij Melle. Van 2009 tot 2017 liggen de waarden dichter bij elkaar en is er geen sprake meer van een algemene stijging van de relatieve getijslag. Deze resultaten komen overeen met de bevindingen in eerdere rapporten (IMDC, 2017b; T2015 Consortium, 2018).



Figuur 5-31: Evolutie van de jaargemiddelde getijslag in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde, ten opzichte van Vlissingen tussen 2000-2009 (boven), en 2009-2017 (onder).

5.1.5 Bespreking en conclusies

In de Westerschelde zijn de jaargemiddelde hoogwaterstanden de afgelopen jaren vrij constant gebleven bij alle getijstations. De waardes liggen hierbij over het algemeen net onder de verwachte trend en binnen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval. Bij de hoogwaterstanden is er geen sprake van een trendbreuk. De jaargemiddelde laagwaterstanden zijn toegenomen, voornamelijk in 2017, en liggen boven de verwachte

trend. In Vlissingen en Bath zijn de waardes nog binnen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval, en bij Hansweert en Terneuzen liggen deze binnen het 95 %-voorspellingsinterval. Op geen van de locaties is bij de laagwaterstanden sprake van een trendbreuk.

In de Beneden-Zeeschelde vond in 2017 een lichte afname van de jaargemiddelde hoogwaterstanden plaats bij alle voor dit rapport beschouwde getijstations. De waardes van het jaargemiddeld hoogwater liggen al langere tijd onder de verwachte trend, maar nog wel binnen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval. De jaargemiddelde laagwaterstanden nemen de laatste jaren toe, vergelijkbaar met de meetstations in de Westerschelde. Bij Prosperpolder en Kallosluis liggen de recente waarden buiten het 95 %-betrouwbaarheidsinterval maar nog wel binnen het 95 %-voorspellingsinterval. Bij Antwerpen liggen de jaargemiddelde laagwaterstanden dichter bij de verwachte trend, binnen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval. De cumulatieve residuen van de hoog- en laagwaterstanden liggen op alle locaties binnen de controlegrenzen en er is dus geen sprake van een trendbreuk.

De **absolute getijslag** nam in 2017 af bij alle getijstations in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde. Bij Hansweert, Bath, Prosperpolder en Antwerpen liggen de waardes binnen het 95 %-voorspellingsinterval. Bij Vlissingen, Terneuzen, en Kallosluis kwamen de meest recente waarden echter wel buiten het 95 %-voorspellingsinterval. Bij Terneuzen zijn hierbij in 2017 de cumulatieve residuen van de getijslag de controlegrenzen van de trend gepasseerd, en kan dus gesproken worden van een trendbreuk. Bij de overige getijstations is op dit moment nog geen sprake van een trendbreuk. Buiten de monding van de Westerschelde, bij Cadzand en Westkapelle, wordt geen duidelijke afname van de absolute getijslag waargenomen, en liggen de waardes dichtbij de verwachte trend.

De **relatieve getijslag** in de Westerschelde, van Terneuzen tot Bath, bleef redelijk constant sinds 2005. Opwaarts hiervan in de Beneden-Zeeschelde was de relatieve getijslag maximaal rond 2009-2011, en is er sindsdien sprake van een afname. Dit was het geval van Antwerpen tot Schelle. Bij Tielrode, opwaarts van Schelle, was de relatieve getijslag reeds in 2005 maximaal en zijn de waardes in recente jaren vrij constant. Verder opwaarts in de Boven-Zeeschelde is er nog steeds een stijgende trend en is er ook meer variatie in de relatieve getijslag, waarbij in 2017 sprake was van een toename die het sterkst was bij Melle, het meest opwaartse station.

5.2 GOLVEN

5.2.1 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. Voor wat betreft oevererosie 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).

Bij de analyse van de golfwerking is het praktisch onmogelijk om een onderscheid te maken tussen wind- en scheepsgolven. De Commissie Monitoring Westerschelde

adviseerde om wel te trachten dit onderscheid 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, en ecologie, steeds met opzet van gerichte monitoring (De Roo *et al.*, 2010, 2012; Huisman *et al.*, 2010; De Roo, 2013). Voorlopig werden echter nog geen systematische metingen uitgevoerd van scheeps- en windgolven afzonderlijk, en daardoor kunnen wind- en scheepsgolven nog niet afzonderlijk worden beschouwd.

In het eerste voortgangsrapport (IMDC, 2013a) werd, in navolging van de toenmalige evaluatiemethodiek (Holzhauer *et al.*, 2011a), de golfwerking getoetst aan de hand van de jaarlijkse maximale en gemiddelde 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 en derde voortgangsrapport (IMDC *et al.*, 2015; IMDC, 2017b) 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.

5.2.2 Resultaten

Figuur 5-32 geeft de empirische cumulatieve distributiefunctie weer voor 8 stations in de Westerschelde. De golfhoogtes van de jaren vóór 2010 worden in grijs weergegeven en de jaren 2010 tot 2017 in kleur. Indien meer dan 25 % van de meetgegevens van een jaar ontbraken, is dit jaar uit de analyse weggelaten. Dit was het geval bij Hoofdplaat in de jaren 2012, 2013, en 2015 tot 2017. De metingen bij station WCT1 zijn per 2010 gestopt, en er zijn dus vanaf 2010 geen meer data beschikbaar voor deze locatie.

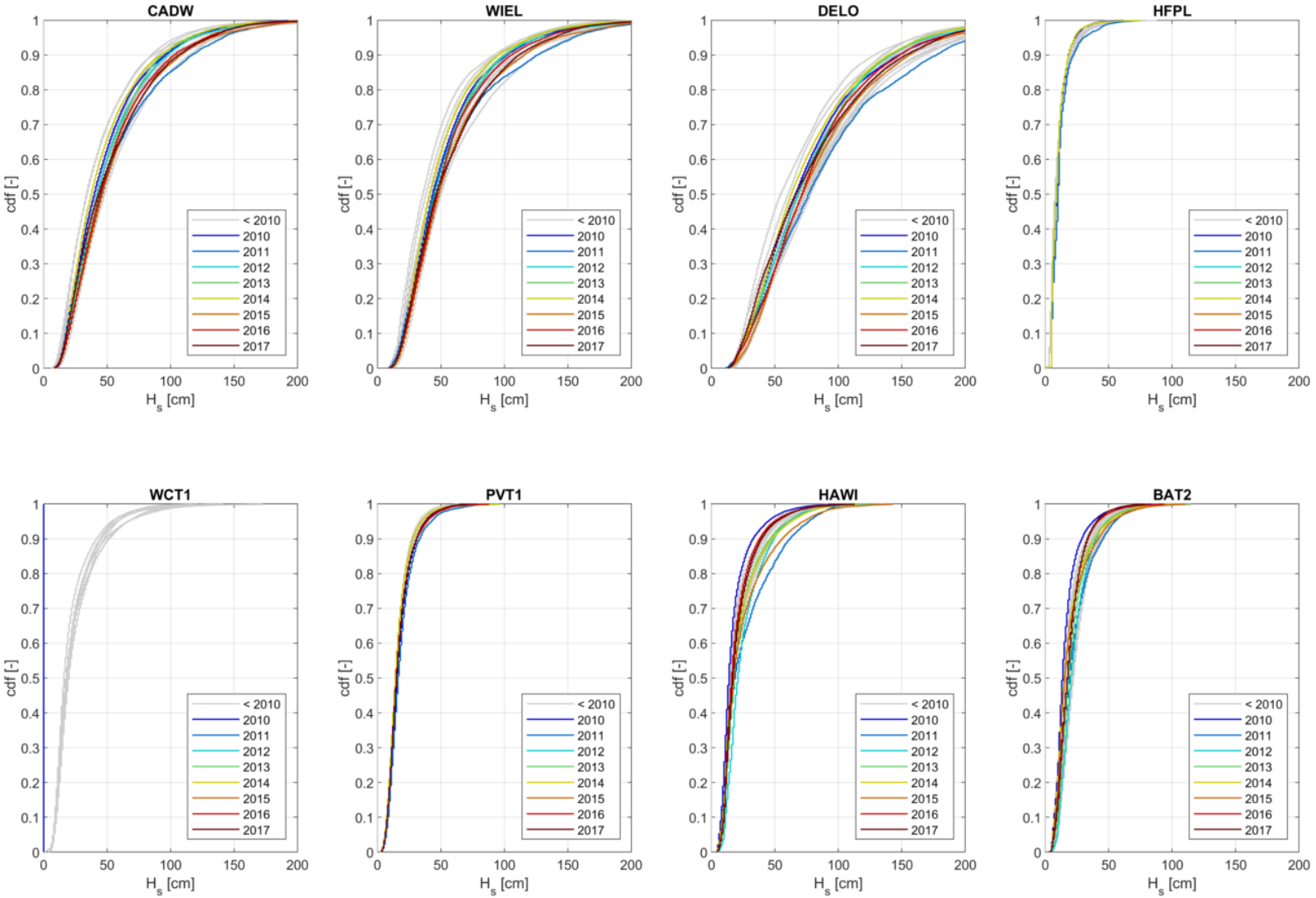
- Bij de meetstations in de monding, **Cadzand, Wielingen, en Deurloo** (buiten het estuarium), vallen de waarschijnlijkheidsverdelingen van de jaren 2010 tot en met 2017 binnen de verdelingen van voorgaande jaren. Bij al deze stations waren de golfhoogtes van deze jaren duidelijk het grootst in 2011, waarvan de waarschijnlijkheidsverdeling aan de rand van de eerdere waarden ligt. De laatste twee jaren, 2016 en 2017, waren de golfhoogtes zeer vergelijkbaar met voorgaande jaren en de cumulatieve distributiefunctie voor beide jaren ligt middenin de verdeling van de eerdere jaren.
- Voor meetstation **Hoofdplaat** waren enkel voldoende golfmetingen beschikbaar voor de jaren 2010, 2011, en 2014. Er zijn niet voldoende nieuwe metingen beschikbaar voor een analyse van de afgelopen twee jaar, aangezien minder dan 75 % van de tijd metingen beschikbaar waren voor 2016 en 2017. Daarmee zijn dus geen nieuwe resultaten beschikbaar voor Hoofdplaat ten opzichte van het vorige voortgangsrapport. De cumulatieve distributiefunctie in 2010 en 2014 lag op het niveau van de laagste waarden van de vorige jaren. Vergelijkbaar met de meetstations in de monding lag 2011 iets boven de hoogste waarden van de vorige jaren.
- Bij **Pas van Terneuzen** was geen data beschikbaar voor 2012, 2013 en 2015. De cumulatieve distributiefuncties van de jaren 2016 en 2017 vallen ruim binnen de verdelingen van eerdere jaren. Op deze locatie was de golfhoogte in 2011 groter dan voorgaande jaren en lag de distributiefunctie net buiten die van eerdere jaren, alhoewel de verschillen klein zijn op deze locatie.

- Bij **Hansweert** is de spreiding van cumulatieve distributiefuncties groter geworden in de jaren vanaf 2010. In 2010 waren de golfhoogtes klein en lag de distributiefunctie buiten de verdeling van eerdere jaren. In 2011 daarentegen waren de golfhoogtes groot, zoals ook waargenomen bij de overige meetstations, en lag de cumulatieve distributiefunctie aan de andere kant buiten de verdeling. Van de jaren sindsdien waren de golfhoogtes in 2012 en 2015 relatief groot, maar lag de verdeling binnen die van 2011. De cumulatieve distributiefunctie van de afgelopen jaren 2016 en 2017 ligt binnen de eerdere verdeling maar nabij de ondergrens.
- Bij **Bath** zijn de cumulatieve distributiefuncties over de jaren 2010 tot 2017 vergelijkbaar met die bij Hansweert. In 2010 waren de golfhoogtes het kleinst en in 2011 het grootst. In de jaren daarna lagen de distributiefuncties van 2012 tot en met 2015 nabij de bovengrens van de verdeling. In de jaren 2016 en 2017 ligt de distributiefunctie echter bij de ondergrens en waren de golven dus relatief klein

De golfhoogtes waren bij Bath en Hansweert in 2016 en 2017 beide relatief klein. Dit lijkt niet veroorzaakt door de lokale bathymetrie op de golfmeetlocaties. Bij Hansweert is sinds 2009 sprake van een verondieping, die tussen 2015 en 2017 ca. 0,28 m was. Bij Bath daarentegen is sprake van een verdieping op de locatie van de golfmeetboei van 2015-2016 van ca. 0,2 m. Uit de meteorologische jaaroverzichten blijkt dat de gemiddelde windsnelheid gemeten te Ukkel in 2016 en 2017 zeer abnormaal laag lag (terugkeerperiode 10-30 jaar, KMI, 2017, 2018). Dit is een mogelijke verklaring voor het feit dat de golfhoogtes binnenin het estuarium (Hansweert en Bath) relatief laag waren; golfhoogtes in het mondingsgebied zijn vermoedelijk medebepaald door golven van op zee.

5.2.3 Conclusies

De golfhoogte bij de monding van de Westerschelde, bij Cadzand, Wielingen, en Deurloo, was in 2016 en 2017 vergelijkbaar met eerdere jaren. De cumulatieve distributiefunctie voor deze jaren ligt binnen de bestaande verdeling. Bij meetstation Hoofdplaat waren voor 2016 en 2017 niet voldoende metingen beschikbaar om de analyse uit te voeren. De golfmetingen van de laatste jaren lagen bij Pas van Terneuzen binnen de verdeling. Bij Hansweert en Bath lagen de cumulatieve distributiefuncties van 2016 en 2017 beide bij de ondergrens van de bestaande verdeling, wat aangeeft dat de golven op deze locaties relatief klein waren. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de lage gemiddelde windsnelheid tijdens deze twee jaren. Op alle locaties waren de golven in 2011 het grootst.



Figuur 5-32: Empirische cumulatieve waarschijnlijkheidsverdeling van de significante golfhoogte van de verschillende meetlocaties.

5.3 STROOMSNELHEDEN

5.3.1 Plaatranden in de Westerschelde

5.3.1.1 Inleiding

Het doel van de plaatrandstortingen die werden uitgevoerd als deel van het flexibel storten is om meer laagdynamisch ondiep water en intergetijdengebieden 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), uitgevoerd door Rijkswaterstaat.

Deze jaarlijkse metingen worden vergeleken per locatie. Ze werden gerapporteerd door Jentink *et al.* (2017, 2018) en op https://waterberichtgeving.rws.nl/monitoring/stroom.

5.3.1.2 Methodiek

De locatie van de meetraaien is weergegeven in Bijlage C.

In de grafieken in Bijlage C wordt per meetraai de relatie weergegeven tussen het tijverschil over de doodtij-springtijcycli ter hoogte van de dichtstbijzijnde getijpost (bijv. Vlissingen, Hansweert, …) en de daar bijbehorende (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.

5.3.1.3 Resultaten

Sinds het vorige voortgangsrapport zijn enkel nieuwe metingen uitgevoerd op Hooge Platen West en de Plaat van Walsoorden. Voor de overige locaties (Hooge Platen Noord, Rug van Baarland, Plaat van Valkenisse) is geen nieuwe data beschikbaar en deze worden in het huidige rapport dan ook niet verder beschouwd, hiervoor wordt verwezen naar het vorige voortgangsrapport (IMDC, 2017b).

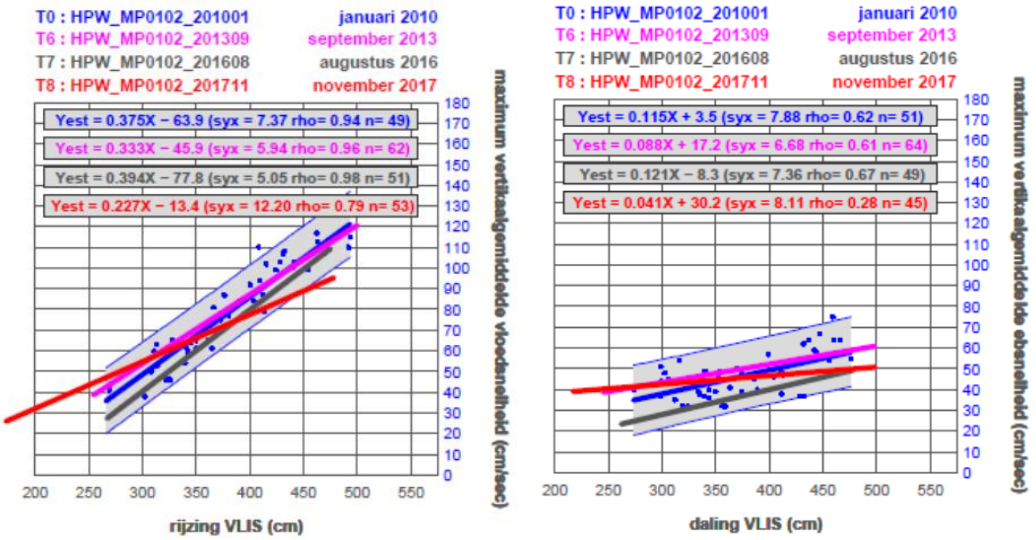
Hooge Platen West

Op de Hooge Platen West worden ADCP metingen uitgevoerd langs 2 raaien van elk 4 punten. Er zijn 8 meetcampagnes uitgevoerd sinds de T0 referentiemeting, de meest recente metingen werden uitgevoerd in augustus 2016 en november 2017. De grafieken zijn opgesteld door Jentink *et al.* (2018) volgens de methodiek beschreven in sectie 5.3.1.2 en worden volledig weergegeven in Bijlage C.

- Op raai 1 wordt in 2016 en 2017 een daling van de ebsnelheid waargenomen voor de hoogste getijden op punt 1, 2 (Figuur 5-33) en 3. Op punt 3 vindt in 2017 zelfs een

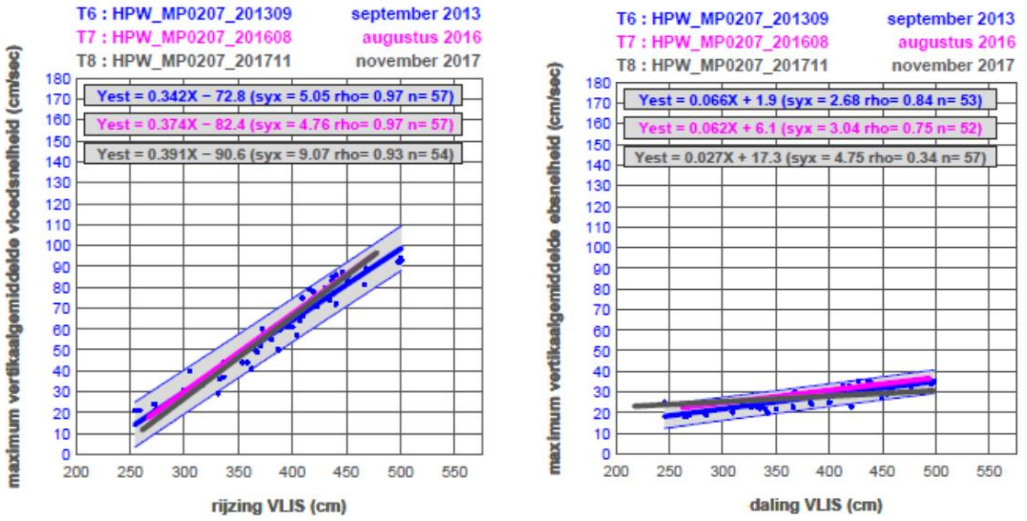
omkering van de trend plaats met hogere ebsnelheden bij doodtijcondities, en lagere ebsnelheden bij springtij. Op punt 4 werd echter een lichte toename van de ebsnelheden voor alle getijcondities waargenomen.

- De vloedsnelheid nam in 2017 af voor de hoogste getijden voor punt 2 en 3 van raai 1 (Figuur 5-33). Voor punt 1 en 4 werd een toename van de vloedsnelheid waargenomen ten opzichte van de T0 meting. Verschillen met recentere metingen waren echter klein. De metingen van 2016 lieten een afname van de vloedsnelheid op punt 3 zien voor de lagere getijden.



Figuur 5-33: Vloedsnelheid (links) en ebsnelheid (rechts) t.o.v. getijrijzing en -daling op punt 2 van raai 1 op Hooge Platen West.

- Op raai 2 werden geen grote wijzigingen van de vloed- en ebstroomsnelheden waargenomen ten opzichte van voorgaande metingen (Figuur 5-34). Enkel de metingen van de vloedsnelheid in 2017 lagen buiten (onder) de nauwkeurigheidsgrenzen van de meting uit 2013.

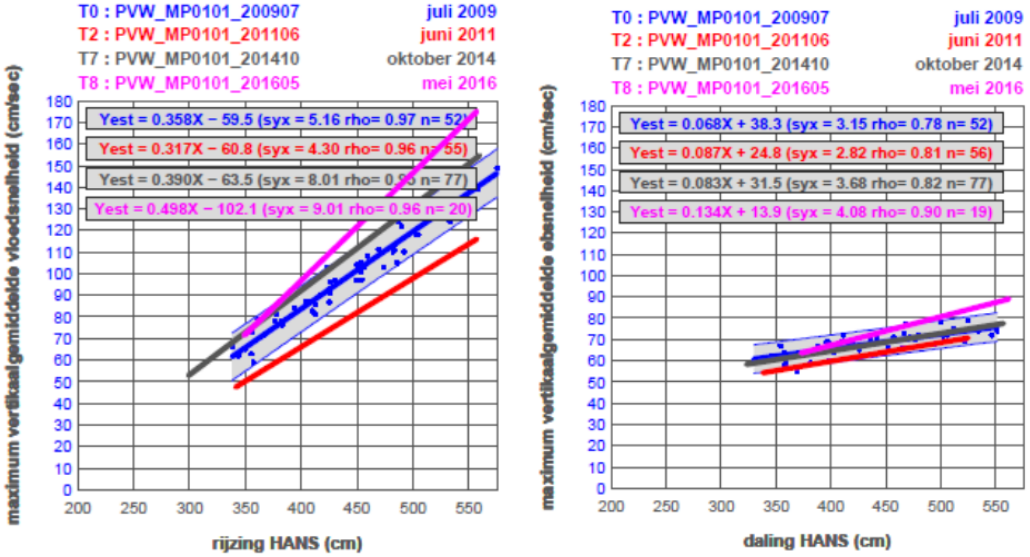


Figuur 5-34: Vloedsnelheid (links) en ebsnelheid (rechts) t.o.v. getijrijzing en -daling op punt 7 van raai 2 op Hooge Platen West.

Plaat van Walsoorden

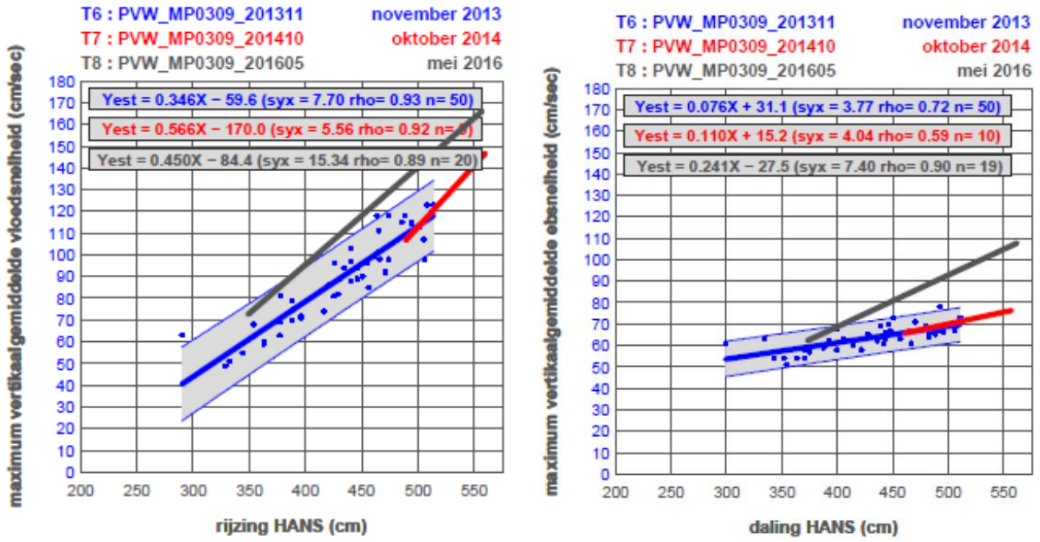
Op de Plaat van Walsoorden worden ADCP metingen uitgevoerd langs 2 raaien van elk 4 punten. Er zijn 8 meetcampagnes uitgevoerd sinds de T0 referentiemeting. De meest recente metingen zijn in mei 2016 uitgevoerd en worden gerapporteerd in Jentink *et al.* (2017). Deze figuren zijn volledig weergegeven in Bijlage C.

- Bij raai 1 (gelegen op de zuidwestelijke zandtong) is de maximale vloedsnelheid gestegen op het diepste punt 1 (Figuur 5-35). Op punt 2 en 3 van deze raai bleef de vloedsnelheid min of meer gelijk, terwijl er op punt 4 sprake was van een daling. De ebsnelheden zijn zo goed als ongewijzigd gebleven sinds de referentiemeting, met een lichte stijging op punt 1 (Figuur 5-35) en een lichte daling op punt 2, alhoewel deze laatste binnen de nauwkeurigheidsgrenzen blijft.



Figuur 5-35: Vloedsnelheid (links) en ebsnelheid (rechts) t.o.v. getijrijzing en -daling op punt 1 van raai 1 op de Plaat van Walsoorden.

- Bij raai 3 is een toename van de maximale ebsnelheid te zien op het diepste punt 9 (Figuur 5-36), en ook op punt 12 wordt een toename geobserveerd. Bij de overige twee punten 10 en 11 worden echter geen veranderingen in de ebsnelheid waargenomen. De vloedsnelheid vertoont een vergelijkbaar beeld op punt 9 (Figuur 5-36) met een toename van de maximale snelheid. Deze toename wordt ook op punt 10, en in mindere mate op punt 11 waargenomen.



Figuur 5-36: Vloedsnelheid (links) en ebsnelheid (rechts) t.o.v. getijrijzing en -daling op punt 9 van raai 3 op de Plaat van Walsoorden.

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 zijn de meest recente meetwaarden vergeleken met de voorgaande metingen en voornamelijk met de referentie T0 meting uitgevoerd vóór de stortingen.

Bij de meetraaien op de **Hooge Platen West** wordt over het algemeen een afname van de maximale eb- en vloedsnelheden waargenomen. Dit suggereert dat dit gebied laagdynamischer is geworden. Bij de **Plaat van Walsoorden** werd voor de diepste punten van de raaien een toename van de maximale eb- en vloedsnelheden geobserveerd. De hoger gelegen punten van de raaien lieten echter een afname van stroomsnelheid zien. Hieruit kan geconcludeerd worden dat langs deze plaatrand de diepere delen hoogdynamischer zijn geworden terwijl de ondiepere delen juist laagdynamischer worden.

Op de overige plaatranden zijn de afgelopen jaren geen nieuwe metingen verricht.

5.3.2 Meetpunten in de Beneden-Zeeschelde

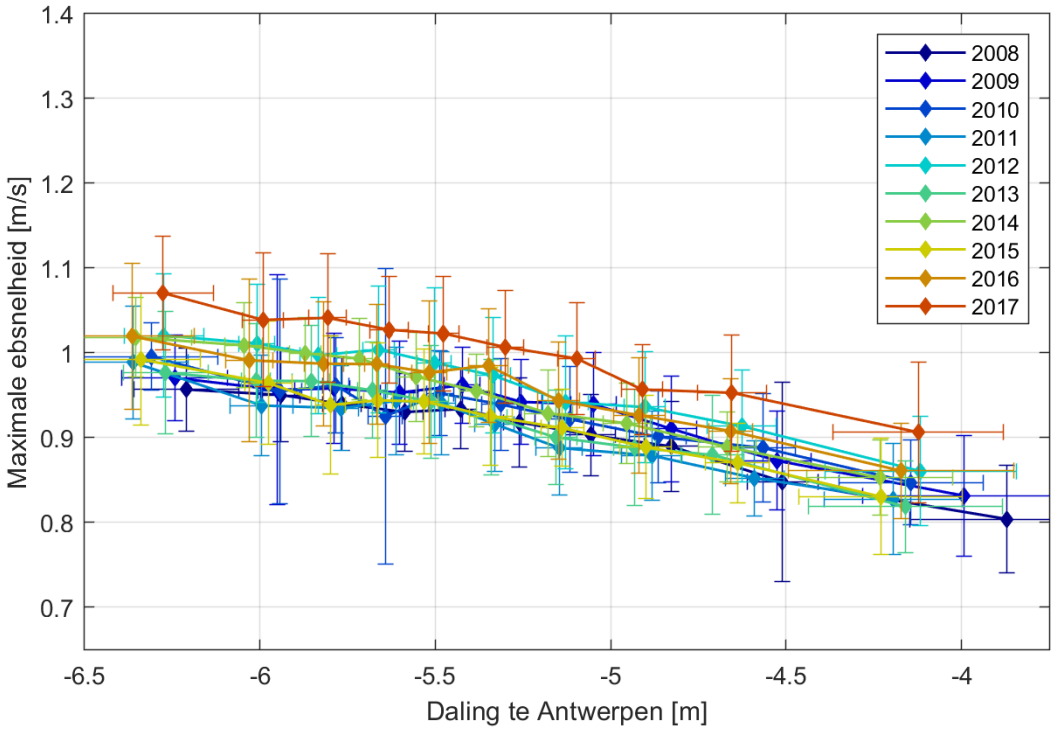
De stroomsnelheden in de Beneden-Zeeschelde worden vergeleken als de maximale ebsnelheden ten opzichte van de magnitude van de waterstanddaling (Figuur 5-37), respectievelijk de maximale vloedsnelheden ten opzichte van de magnitude van de waterstandstijging (Figuur 5-38). In deze figuren geeft x-as de stijging resp. daling weer (stijging: het verschil tussen laagwater en hoogwater; daling: het verschil tussen hoogwater en laagwater). Tijdens deze fase van stijging of daling wordt de maximale vloedsnelheid (bij stijging) of ebsnelheid (bij daling) bepaald als de 95ste percentiel waarde. De resulterende puntenwolk van stijging-daling en maximale stroomsnelheden wordt vervolgens per jaar opgedeeld in decielen en weergegeven met de bijbehorende spreiding binnen het deciel (standaarddeviatie).

De ebsnelheden (Figuur 5-37) lagen in 2017 hoger dan tijdens eerdere meetjaren, voor alle magnitudes van de waterstanddaling. Ook de vloedsnelheden lagen in 2017 licht hoger dan tijdens eerdere meetjaren. In januari 2017 is de temporele resolutie van het meettoestel voor de stroomsnelheid te Oosterweel verhoogd van 10 naar 5 minuten (Vandenbruwaene *et al.*, 2018). Het is mogelijk dat de absolute piek van de stroomsnelheid hierdoor vaker werd gemeten, waardoor de maximale snelheden gemiddeld hoger kwamen te liggen. Om een eventueel effect van de hogere temporele resolutie tegen te gaan, is de data van 2017 gedownsampled naar 10 minuten. Daarnaast is ervoor gekozen om niet maximale piekwaarde van de stroomsnelheid te nemen over een vloed- of ebperiode, maar om de 95ste percentiel waarde te gebruiken voor de maximale eb- en vloedsnelheid.

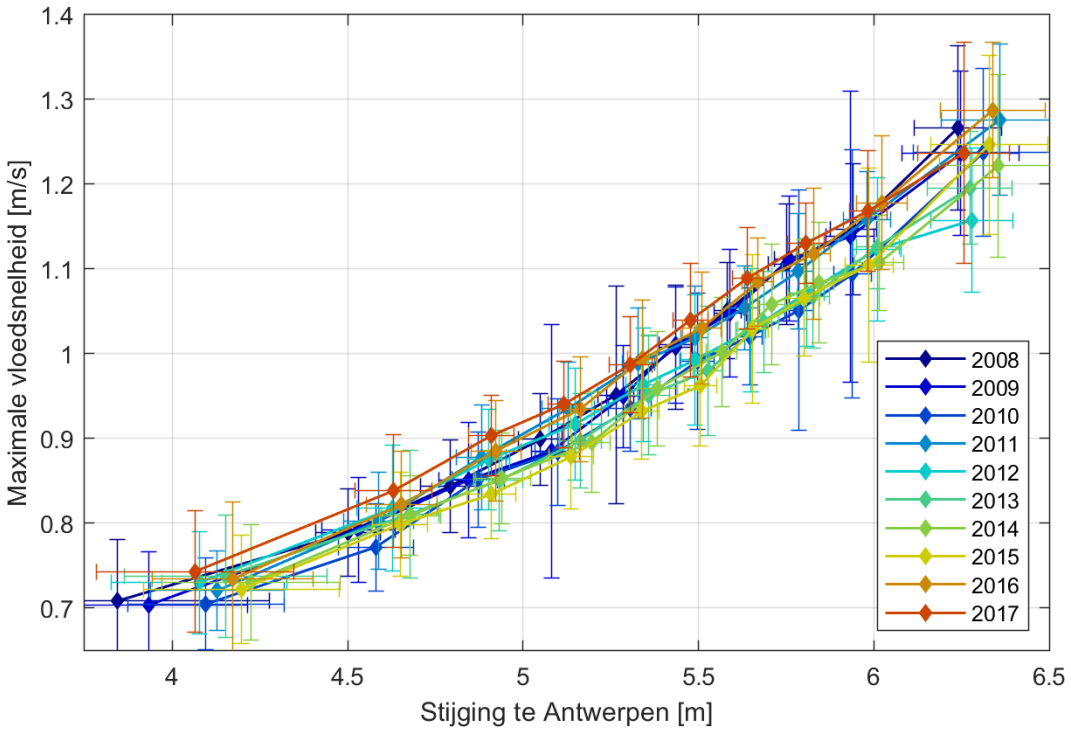
Desalniettemin liggen de ebsnelheden nog duidelijk hoger dan in eerdere jaren.

Er zijn verschillende mogelijke verklaringen voor deze evolutie:

- Doordat het verticaal getij (de waterstanden) toeneemt in de bovenstroomse gebieden (zie Figuur 5-30) neemt het horizontaal getij (debieten en stroomsnelheden) toe in de benedenstroomse gebieden, omdat er een groter watervolume naar opwaarts moet worden verplaatst. Dit effect treedt effectief op (het verticaal getij opwaarts is daadwerkelijk toegenomen) maar is waarschijnlijk niet de hoofdverklaring voor de evolutie van de stroomsnelheden in Oosterweel (Figuur 5-37), omdat hier vooral een abrupte wijziging wordt waargenomen in 2017. Daarnaast zou dit fenomeen een gelijkaardige wijziging in de eb- en de vloedsnelheden moeten teweegbrengen, en dit is niet het geval in de metingen.
- Een wijziging van het bodempeil in de onmiddelijke nabijheid van de sensor (minder dan 50 m afstand). Een vergelijking van de bodempeilingen tussen 2016-2017 geven echter slechts beperkte bodemwijzigingen aan rond de sensorlocatie (minder dan 0.20 m, op een totale waterdiepte van ca. 7 m), dus dit is waarschijnlijk niet de correcte verklaring.
- Bathymetrische veranderingen in de ruimere lokale omgeving van de sensor (enkele kilometer afstand), waardoor de sensor anders aangestroomd wordt door de eb- en/of de vloedstroming. De verschilkaarten (bijlage E van het datarapport) geven inderdaad bathymetrische wijzigingen aan in de ruimere omgeving van de sensor. Met behulp van een numeriek stromingsmodel (met de bathymetrie van 2015 en 2017) zou kunnen worden nagegaan of dit inderdaad een impact heeft op de lokale stroming ter hoogte van de sensor bij Oosterweel.



Figuur 5-37: Maximale ebsnelheid (95ste percentiel waarde) te Oosterweel, bovenste meettoestel, tegenover de daling in waterpeil te Antwerpen. De data van 2017 is gedownsampled naar 10 minuten om overeen te komen met eerdere jaren.



Figuur 5-38: Maximale vloedsnelheid (95ste percentiel waarde) te Oosterweel, bovenste meettoestel, tegenover de stijging in waterpeil te Antwerpen. De data van 2017 is gedownsampled naar 2017 om overeen te komen met eerdere jaren.

5.4 SAMENVATTING HYDRODYNAMIEK

Hoog- en laagwaterstanden en getijslag

De hoog- en laagwaterstanden in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde zijn vergeleken met de regressies die zijn opgesteld in het T2009-rapport voor de periode tussen de meest recente trendbreuk en 2009, geëxtrapoleerd naar de periode 2010-2017.

De hoogwaterstanden vallen bij alle stations binnen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval. In de Beneden-Zeeschelde liggen de waardes vanaf 2010 over het algemeen net onder de verwachte trend. Op alle meetlocaties zijn de jaargemiddelde hoogwaterstanden in recente jaren constant gebleven of afgenomen. De jaargemiddelde laagwaterstanden daarentegen liggen bij verschillende stations buiten het 95 %-betrouwbaarheidsinterval en bij sommige buiten het voorspellingsinterval. Bij de laagwaterstanden is er de laatste jaren sprake van een toename. Bij geen van de locaties liggen de cumulatieve residuen van de hoog- of laagwaterstanden ten opzichte van de verwachte trend buiten de controlegrenzen. Er kan dus niet gesproken worden van een trendbreuk en de afwijkingen vallen binnen de verwachtingen.

De absolute getijslag nam in 2017 af bij alle getijstations in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde. Bij Vlissingen, Terneuzen, en Kallosluis kwamen de meest recente waarden hierbij buiten het 95 %-voorspellingsinterval te liggen, terwijl bij de overige stations de waardes nog wel binnen dit interval zijn. Bij Terneuzen kan gesproken worden van een trendbreuk, aangezien in 2017 de cumulatieve residuen van de getijslag ten opzichte van de verwachte trend de controlegrenzen zijn gepasseerd. De cumulatieve residuen bij de andere getijstations zijn de controlegrenzen nog niet gepasseerd, maar bij verschillende stations al wel dicht genaderd. Aangezien de vooraf bestaande regressie een stijgende trend bevat, is een breuk in deze trend, met een afname van de getijslag, een positieve ontwikkeling. Buiten de monding van de Westerschelde, bij Cadzand en Westkapelle, wordt geen duidelijke afname van de absolute getijslag en afwijking van de verwachte trend waargenomen. De verandering van de getijslag ten opzichte van de vooraf bestaande trend lijkt dus binnen de Westerschelde plaats te vinden.

De relatieve getijslag ten opzichte van Vlissingen is sinds 2005 in de Westerschelde redelijk constant gebleven. Verder opwaarts in de Beneden-Zeeschelde was de relatieve getijslag maximaal rond 2009-2011. Sindsdien wordt hier een lichte afname in de relatieve getijslag waargenomen. In de Boven-Zeeschelde daarentegen wordt deze afname niet geobserveerd en is sprake van meer variatie en een verderzetting van de stijgende trend in de relatieve getijslag.

Golven

De golfhoogtes zijn geanalyseerd aan de hand van jaarlijkse cumulatieve distributies van de significante golfhoogte. Voor recente jaren ligt de cumulatieve distributiefunctie binnen de verdeling van eerdere jaren. In 2011 waren de golven op alle meetlocaties hoog, inclusief de locaties buiten de monding van de Westerschelde, waardoor een meteorologische oorzaak waarschijnlijk is. Bij de meest opwaartse meetstations, Hansweert en Bath, lagen de golfhoogte bij de ondergrens van de bestaande verdeling, wat betekent dat de golven op deze locaties laag waren deze jaren. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de lage gemiddelde windsnelheid tijdens deze twee jaren.

Stroomsnelheden Westerschelde

Stroomsnelheidsmetingen op de plaatranden van de Westerschelde worden uitgevoerd om na te gaan of er nieuw laagdynamisch (= lagere stroomsnelheden) gebied is ontstaan of in wording is. De meest recente meetwaarden zijn vergeleken met de voorgaande metingen, en specifiek met de referentie T0 meting die voor het begin van de stortingen werd uitgevoerd.

De afgelopen twee jaar zijn enkel op de Hooge Platen West en de Plaat van Walsoorden nieuwe metingen verricht. Op de Hooge Platen West wordt een afname van de maximale eb- en vloedsnelheden waargenomen, wat suggereert dat dit gebied richting laagdynamisch evolueert. Op de Plaat van Walsoorden wordt aan de ene kant op de diepste punten een toename van de maximale eb- en vloedsnelheden waargenomen. Aan de andere kant wordt bij dezelfde raaien op de hoger gelegen punten een afname van de stroomsnelheid geobserveerd. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door de versteiling van de plaatrand, waarbij de afstand tussen hoog- en laagdynamisch gebied kleiner wordt.

Stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde

De stroomsnelheden in de Beneden-Zeeschelde werden bekeken te Oosterweel en vergeleken met de waterstanddaling- en stijging bij Antwerpen. Voor de stroomsnelheden werden enkel de maximale eb- en vloedsnelheden gedurende de periode van daling respectievelijk stijging bepaald. Deze maximale waardes lagen in 2017 bij Oosterweel hoger dan in eerdere jaren. Dit was voornamelijk het geval voor de ebsnelheden, die voor alle decielen van de waterstanddalingen duidelijk hoger lagen dan in eerdere jaren. Deze verhoging van de maximale ebsnelheden wordt mogelijk veroorzaakt door lokale bathymetrische veranderingen.

6. 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.

6.1 RECENTE MORFOLOGISCHE VERANDERINGEN

6.1.1 Westerschelde

De vaklodingskaarten van de Westerschelde, opgemeten door Rijkswaterstaat in 2009 (vóór de verruiming), 2010 (na de verruiming), 2016, en 2017, zijn opgenomen in Bijlage D. Deze kaarten geven de bathymetrie en morfologie van de Westerschelde in het betreffende jaar weer. Verder zijn ook de volgende verschilkaarten toegevoegd:

- verschilkaart 2016-2015, die de bodemevolutie weergeeft tijdens het zesde jaar na de verruiming van de Westerschelde;
- verschilkaart 2017-2016, die de bodemevolutie weergeeft tijdens het zevende jaar na de verruiming;
- verschilkaart 2017-2009, die de evolutie weergeeft over 8 jaar ten opzichte van de situatie net voor de verruiming;
- verschilkaart 2017-2010, die de evolutie weergeeft over 7 jaar sinds de verruiming.

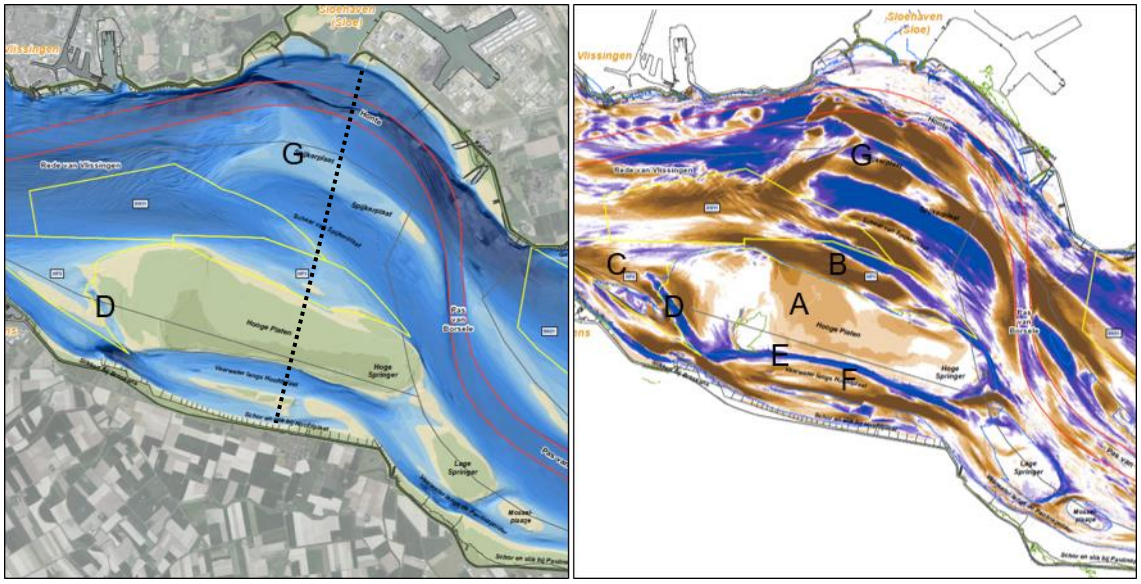
In deze sectie wordt nagegaan op welke manier de huidige morfologische veranderingen zich verhouden tot de referentiesituatie in het jaar 2009. In het T2009-rapport wordt de toestand van de Westerschelde voorafgaand aan de derde verruiming (tot en met 2009) beschreven. Het is de bedoeling om de grootschalige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

Macrocel 1 & mesocel 2

De langetermijntrend van macrocel 1 is erosief, waarbij de verruiming tot de jaren ’80 gedreven werd door zandwinning (T2009 Consortium, 2013). Ondanks het stoppen van de zandwinning, en het storten in de nevengeul (Schaar van de Spijkerplaat), blijft de verruiming gehandhaafd. Dit wijst op een sterke autonome erosie in macrocel 1. Naast de verruiming van de geul is het totale sedimentvolume van de Hooge Platen toegenomen, voornamelijk gedreven door een toename van de gemiddelde hoogte. Aan de andere kant van de Hooge Platen, in mesocel 2 (Vaarwater langs Hoofdplaat) vindt op lange termijn sedimentatie plaats.

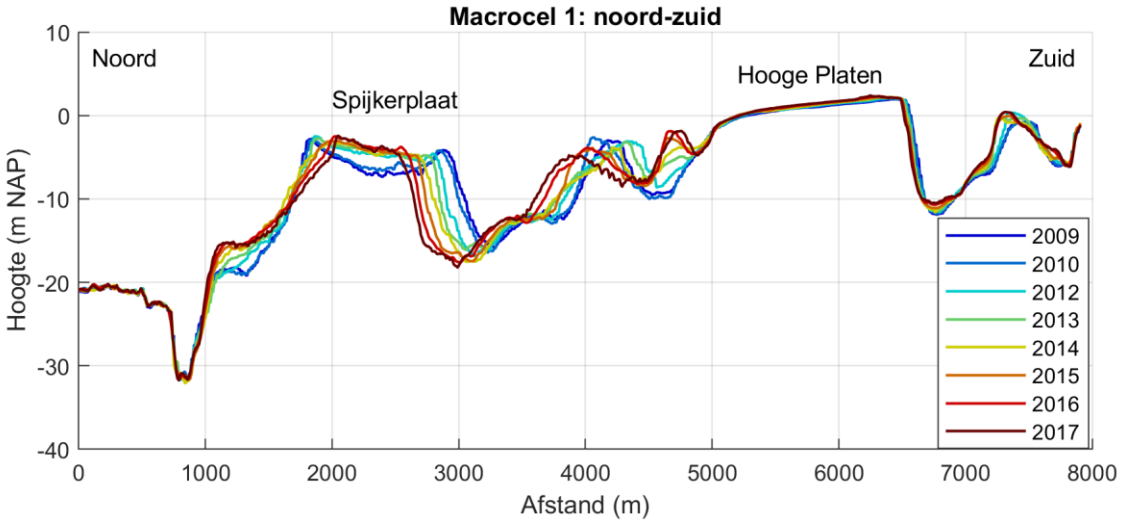
De diepteverschilkaart laat zien dat ook tussen 2009 en 2017 de hoogte van de Hooge Platen verder is toegenomen (Figuur 6-1, A). Aan de noordzijde van de plaat bevindt zich het stortvak ‘Hooge Platen Noord’ (of HP1). In dit gebied is sterke aanzanding zichtbaar (B), mede veroorzaakt door de aanleg van twee zandtongen. Deze zandtongen zijn aangelegd om een luwte te creëren waartussen autonome sedimentatie kan leiden tot het

ontstaan van bijkomend laagdynamisch, ecologisch waardevol areaal. Deze ontwikkelingen zijn ook duidelijk zichtbaar in een noord-zuid transect door de macrocel (Figuur 6-2).



Figuur 6-1: Macrocel 1 en mesocel 2: Bathymetrie 2017 (links) en verschilkaart 2017-2009 (rechts). Zie ook Bijlage D. De stippellijn geeft het transect van Figuur 6-2 weer.

Ten westen van de Hooge Platen ligt stortvak 'Hooge Platen West' (of HP3), waar in het eerste vergunningsjaar van de eerste vergunningsperiode bijna 2 Mm^3 sediment is gestort. De migratie van dit sediment onder invloed van de vloedstroom, in combinatie met bijkomende stortingen in latere vergunningsjaren, heeft ten westen van de Hooge Platen een ondiepe zone gecreëerd (C). De stortingen bij Hooge Platen West lagen van 2012 tot 2015 vrijwel volledig stil, maar sinds 2015 wordt er weer intensiever gestort met volumes van 0,5 tot 1,0 Mm^3 per jaar. Deze stortzone is gescheiden van de plaat zelf door een vloedgeul die oostwaarts migreert, duidelijk te zien aan de erosie aan de westrand van de Hooge Platen (D). Ook ten oosten van deze geul vindt sedimentatie plaats, in dit geval in de vorm van een grote zandduin die opwaarts migreert.



Figuur 6-2: Noord-zuid transect macrocel 1, van Sloehaven door de Suikerplaat en Hooge Platen tot Vaarwater langs Hoofdplaat. De locatie wordt aangegeven in Figuur 6-1.

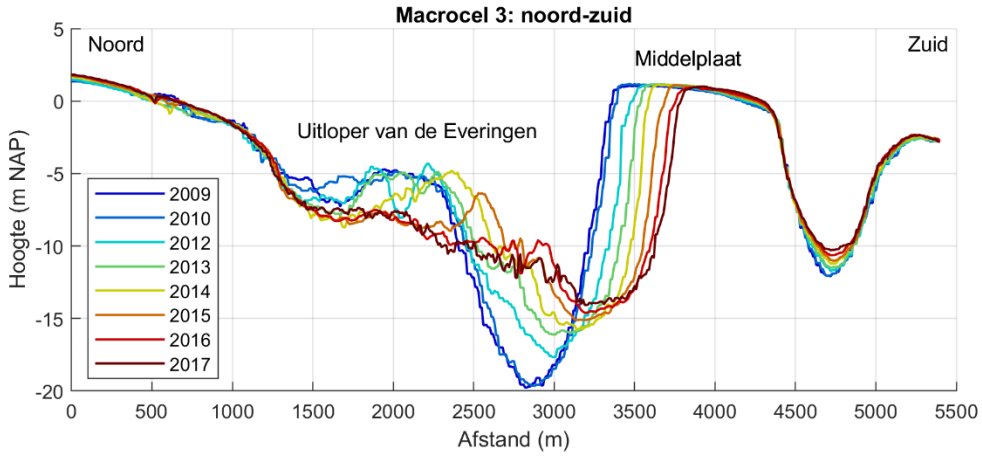
De zuidrand van de plaat (mesocel 2) erodeert (E) doordat het Vaarwater langs Hoofdplaat naar het noorden migreert, waarbij de plaatrand steiler wordt (Figuur 6-2). Daarnaast vindt er in het Vaarwater nog altijd sedimentatie plaats (F). Ten noorden van de nevengeul hoogt de Spijkerplaat op (G) en vindt sedimentatie plaats aan de noordzijde van de plaat in de hoofdgeul (Honte), terwijl de zuidzijde in de nevengeul erodeert (Figuur 6-2). In de hoofdgeul worden sinds 2015 ook weer grotere onderhoudsvolumes gebaggerd.

Bij de inloop van de nevengeul is stortvak SN11 gelegen. Hier is verondieping opgetreden door de stortactiviteit (ongeveer 7,7 Mm^3 sinds de start van de derde verruiming). De laatste jaren zijn de stortvolumes in de nevengeul van macrocel 1 wel afgenomen. Ten noorden van dit stortvak, richting de hoofdgeul is een groot gebied waar erosie plaatsvindt.

Macrocel 3

Sinds de jaren ’70 van de vorige eeuw is een grootschalige verruiming van macrocel 3 waargenomen met een netto sedimentvolume afname van ca. 35 Mm^3 (T2009 Consortium, 2013). Tot aan de tweede verruiming werd dit veroorzaakt door een combinatie van autonome erosie en zandonttrekking. Dit proces verliep niet geleidelijk, maar stabiele periodes werden afgewisseld met periodes van erosie. Sinds de tweede verruiming wordt netto gestort in deze macrocel waardoor de ruimte in totaal minder is toegenomen. De grootste toenames van watervolume ten opzichte van 1970 hebben in de hoofdgeul plaatsgevonden.

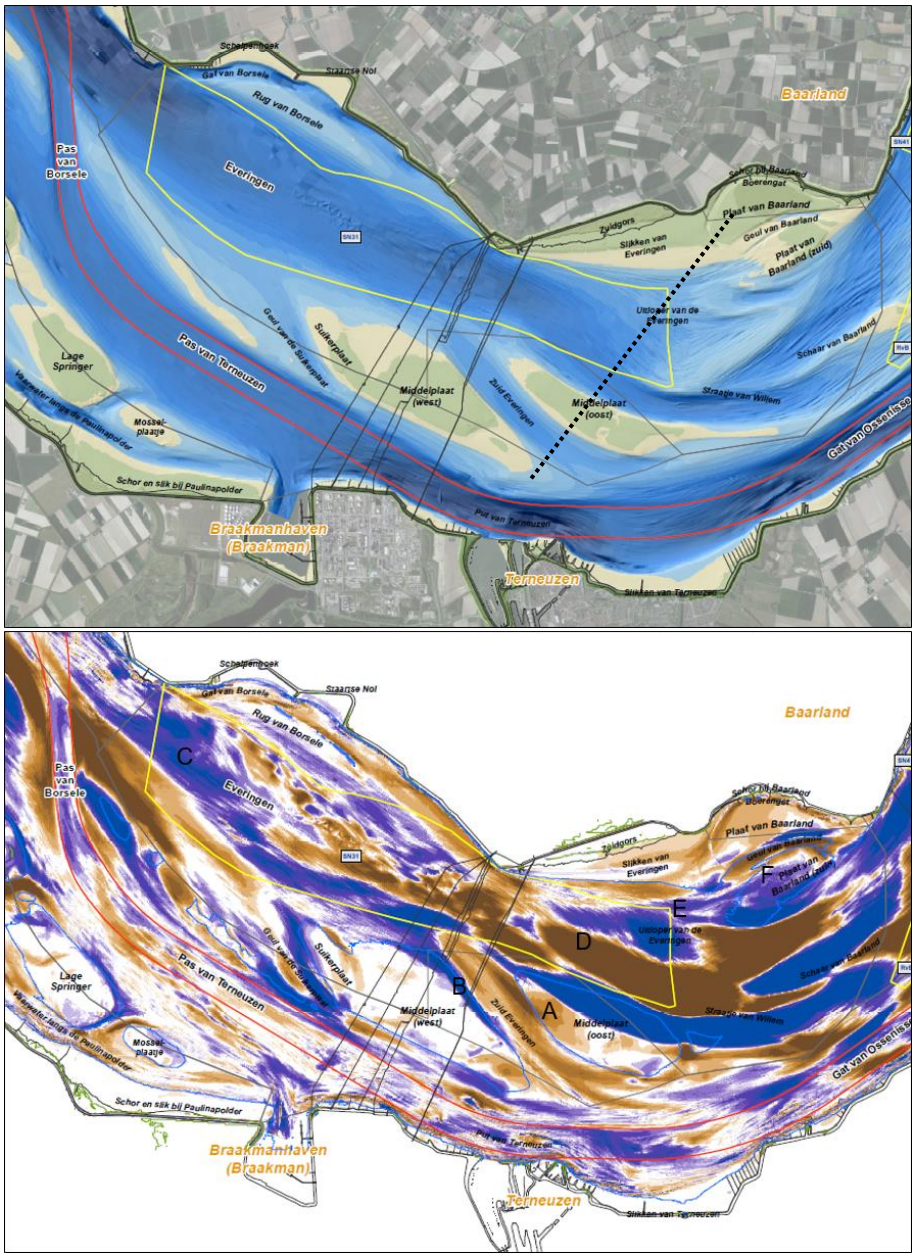
De gemiddelde hoogte van de Middelplaat is toegenomen tot begin jaren ’90, en lijkt sindsdien te stagneren. De oppervlakte van deze plaat is in de voorbije decennia afgenomen (T2009 Consortium, 2013), wat zich sinds 2009 nog altijd doorzet (Figuur 6-3). Aan de oostkant van de Middelplaat is sprake van sedimentatie tussen 2009 en 2017 en dus verhoging van de plaat (Figuur 6-4, A). De westelijke Middelplaat en de Suikerplaat zijn redelijk stabiel gebleven, met lichte erosie aan de westrand van de Suikerplaat. De geul tussen de westelijke en oostelijke Middelplaat (Zuid Everingen) is westwaarts verschoven (B) en daarnaast is deze geul ondieper geworden.



Figuur 6-3: Noord-zuid transect macrocel 3, van Plaat van Baarland door de Uitloper van Everingen tot Middelplaat. De locatie wordt aangegeven in Figuur 6-4.

Het grootste deel van de dynamiek in deze macrocel vindt sinds 2009 plaats in de nevengeul (Everingen). In het westen van de nevengeul vindt erosie plaats (C), terwijl het meest oostelijke deel sterke verondieping toont (D) (Figuur 6-3). In dit nevengeulstortvak (SN31) is tot 2015 vooral gestort in dit meest oostelijke deel, met volumes van ruim 1 Mm^3

per jaar, wat de verondieping verklaart, terwijl in het westen enkel aan de noord- en zuidrand gestort kan worden door de aanwezigheid van ankerplaatsen. Vanaf 2015 wordt wel ten westen van de kabels gestort, zijn de stortingen in het meest oostelijke deel gestopt en de totale stortvolumes afgenomen tot ongeveer 0,7 Mm^3. In het oostelijk deel is een sterke drempeldynamiek aanwezig die een quasi-cyclisch patroon vertoont. Hierbij bepaalt de configuratie van het Straatje van Willem ten opzichte van de uitloper van het Middelgat 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 beschreven in de morfologische analyse van de dynamiek rond Everingen en Middelgat (LTV-consortium, 2014). De uitloper van de Everingen ontwikkelt zich van 2009 tot 2017 in noordoostelijke richting (E) (Figuur 6-3), hierdoor erodeert de zuidelijke Plaat van Baarland (F). De noordkant van deze plaat en slikken van Everingen ondervinden daarentegen sedimentatie.



Figuur 6-4: Macrocel 3: Bathymetrie 2017 (boven) en verschilkaart 2017-2009 (onder). Zie ook Bijlage D. De stippellijn geeft de locatie van het transect van Figuur 6-3 weer.

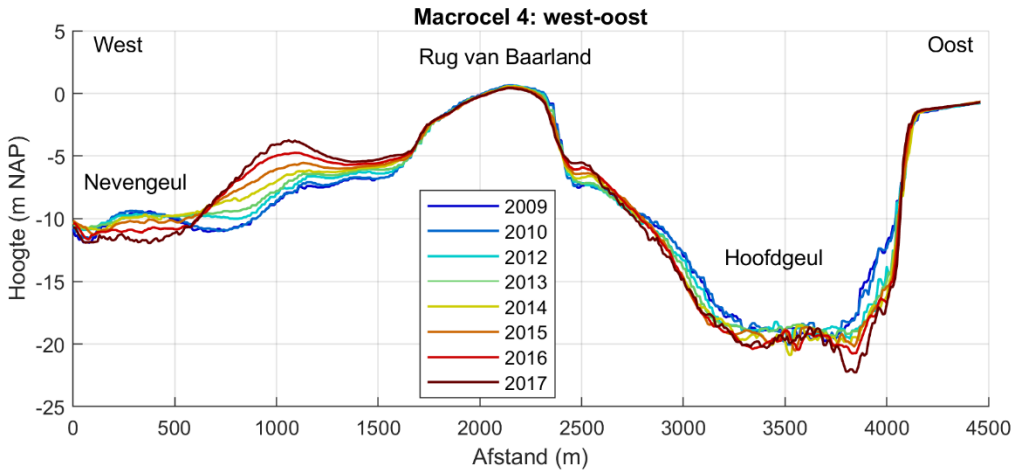
De hoofdgeul zelf is niet erg dynamisch, mede door het onderhoudsbaggeren. Ter hoogte van de Pas van Borssele en Put van Terneuzen is duidelijk sprake van verdieping, terwijl in de Pas van Terneuzen lichte sedimentatie plaatsvindt. Door de bagger- en stortactiviteiten verdiept de Pas van Terneuzen ten opzichte van Everingen, en sinds 2015 is de Pas van Terneuzen de belangrijkste geul gedurende de ebfase (T2015 Consortium, 2018).

Macrocel 4

In macrocel 4 werd van midden jaren ’70 tot 2005 meer sediment gestort dan gebaggerd of gewonnen. Dit leidde, in combinatie met een autonome sedimenterende ontwikkeling tot midden jaren ’80 als gevolg van de functiewissel van de hoofd- en nevengeul, tot een sterke afname van het watervolume. De macrocel als geheel is sindsdien licht erosief, maar dit is enkel door erosie in de hoofdgeul. De nevengeul kent 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 en dit nam vervolgens iets af. Het zuidelijke deel van de plaat werd sindsdien echter minder hoog terwijl de noordelijke delen hoger zijn geworden. In het T2009 rapport is sprake van een nivellering: lage delen worden hoger, hoge delen worden lager. Tegelijkertijd is het plaatareaal afgenomen.

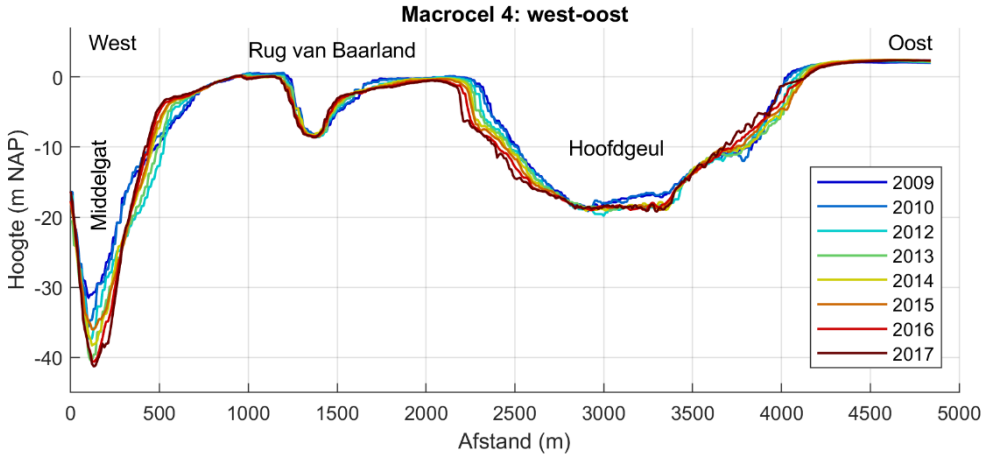
De ontwikkelingen sinds de derde verruiming sluiten goed aan bij wat hierboven beschreven is, zoals te zien is in de verschilkaart 2017-2009 (Figuur 6-8). De hoogte van de platen is relatief weinig gewijzigd. Op alle platen komt zowel lichte erosie als sedimentatie voor. De Geul van de Molenplaat, die de Rug van Baarland doorsnijdt, roteert met de klok mee (A). De Plaat van Ossenisse is sterk geërodeerd aan de randen, waardoor het areaal van de plaat is afgenomen.

In tegenstelling tot de platen zelf, is in de nevengeul in het westen van de macrocel sprake van sterke sedimentatie (Figuur 6-5). Dit is voornamelijk het geval in het zuidelijke uitloopgebied van het Middelgat (B), waar drempeldynamiek plaatsvindt (zie beschrijving bij macrocel 3) en aan de noordkant van het Middelgat (C). De stortingen van in totaal 1,3 Mm^3 in het plaatrandstortvak van Rug van Baarland hebben beperkt bijgedragen aan deze verondieping en zijn in 2012 stopgezet. Ook in nevengeulstortvak SN41 is vanwege de autonome sedimentatietrend niet gestort. In het Middelgat nabij Biezelingse Ham is sprake van een sterke erosie-sedimentatie dynamiek (D).



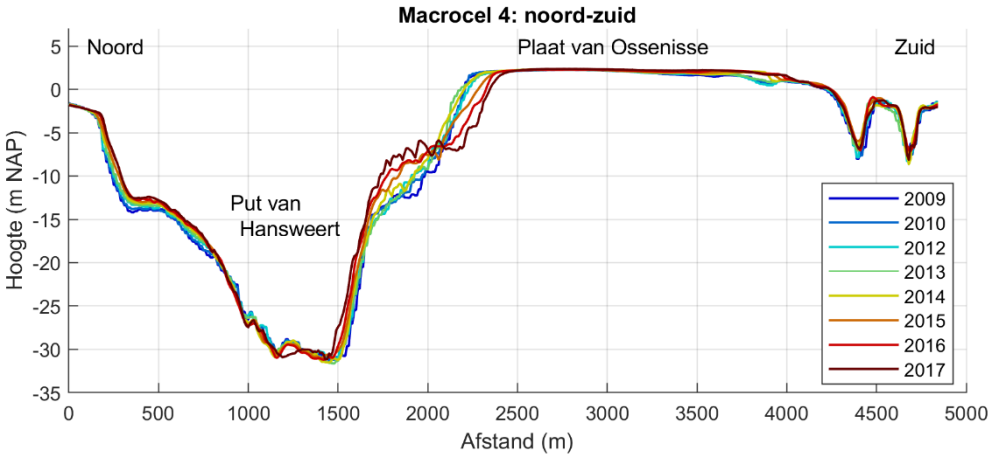
Figuur 6-5: West-oost transect macrocel 4 door het zuidelijke deel van de Rug van Baarland. De locatie wordt aangegeven in Figuur 6-8.

De hoofdgeul ondervindt sterke erosie, voornamelijk in de buitenbochten van Gat van Ossenisse en de Overloop van Hansweert (E). Bij de laatste wordt de erosie mede gestuurd door een afleiding van de stroming aan de Nol van Ossenisse (F) in het noordelijk deel van hoofdgeulstortvak SH41. Door de erosie van de hoofdgeul erodeert de oostzijde van de Rug van Baarland en wordt deze plaatrand steiler (Figuur 6-6). De hoofdgeul bij de Overloop van Hansweert wordt hierdoor verbreed.



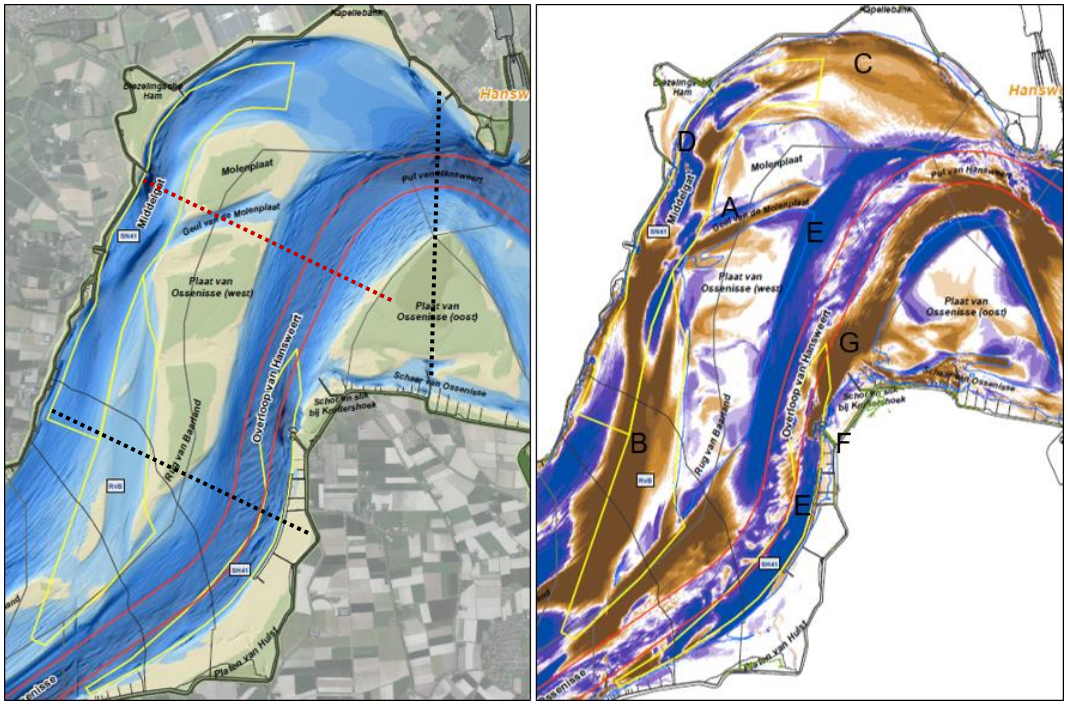
Figuur 6-6: West-oost transect macrocel 4 van Middelgat door het noordelijke deel van de Rug van Baarland tot de Plaat van Ossenisse. De locatie wordt aangegeven in Figuur 6-8.

Het belangrijkste stortvak in de Westerschelde sinds de derde verruiming is het hoofdgeulstortvak SH41. In de 8 jaar sinds de derde verruiming is in dit vak 24 Mm^3 sediment gestort. De hoogdynamische omstandigheden rond Nol van Ossenisse (F) worden gezien als de oorzaak van de snelle resuspensie van de gestorte sedimenten (IMDC, 2012, 2014a, 2014b, 2015b). Slechts 15 tot 20 % van de gestorte sedimenten worden nog in het gebied aangetroffen. Ten noorden van de Nol van Ossenisse (F), voor het schor en slik bij Knuitershoek is wel sterke sedimentatie opgetreden (G). Daarnaast zijn de gestorte sedimenten mogelijk verder verspreid langs de Plaat van Ossenisse tot in macrocel 5, alsook in de Schaar van Ossenisse. De rand van de Plaat van Ossenisse is geërodeerd, terwijl lager in het profiel richting de hoofdgeul sediment is afgezet (Figuur 6-7). Dit vindt voornamelijk sinds 2014 plaats.



Figuur 6-7: Noord-zuid transect macrocel 4 van Put van Hansweert naar de Plaat van Ossenisse. De locatie wordt aangegeven in Figuur 6-8.

Bij de Put van Hansweert is sprake van een complexe sedimentatiedynamiek door het samenkomen van de hoofdgeul en nevengeul en de interactie tussen de twee zandneren van macrocel 4 en 5 (Van Veen, 1944, 1950). Recent komt er netto sedimentatie voor, die mogelijk gedeeltelijk wordt veroorzaakt door de stortingen nabij de Nol van Ossenisse (F) (stortzone SH41, zie sectie 3.1), aangezien deze trend, toen er nog geen stortingen werden uitgevoerd nabij de Nol van Ossenisse, niet werd waargenomen (T2009 Consortium, 2013).



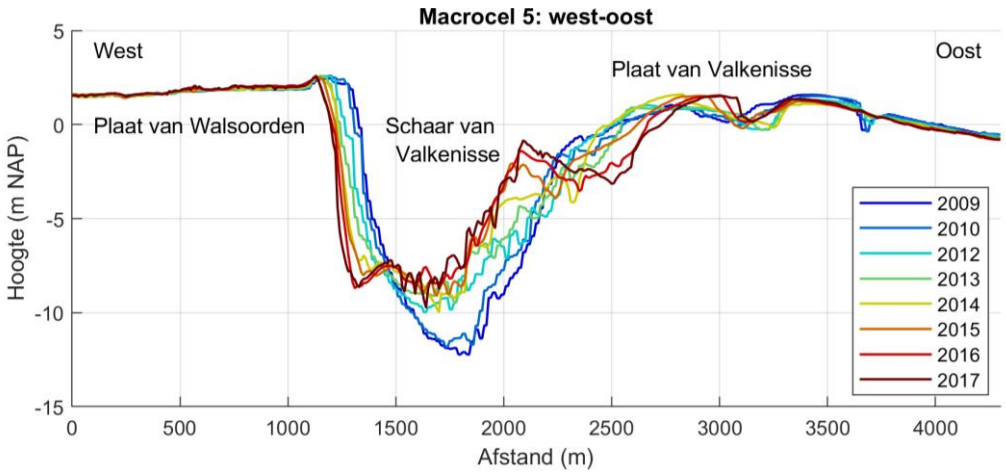
Figuur 6-8: Macrocel 4: Bathymetrie 2017 (links) en verschilkaart 2017-2009 (rechts). Zie ook Bijlage D. De zwarte stippellijnen geven de locaties van de transecten in Figuur 6-5 en Figuur 6-7 aan. De rode stippellijn geeft het transect van Figuur 6-6 weer.

Macrocel 5

Historisch gezien was de langetermijnontwikkeling in de jaren ’70 en ’80 overwegend erosief, ondanks dat er in deze periode netto sediment gestort werd. Vanaf midden jaren ’80 is de zandwinning en onderhoudsstrategie aanleiding geweest van een versnelde verdieping. Dit effect werd nog versterkt vanaf de tweede verruiming en is vanaf 2003 weer vertraagd. In de hoofdgeul hebben de grootste veranderingen plaatsgevonden en is een verruiming van ca. 60 Mm^3 gerealiseerd sinds 1970. Tot de tweede verruiming hebben de platen (Plaat van Valkenisse, Plaat van Walsoorden, en Plaat van Ossenisse) sediment opgeslagen, wat gepaard ging met een sterke verhoging. Tussen de tweede en derde verruiming waren de platen grotendeels stabiel (T2009 Consortium, 2013).

De ophoging van de Plaat van Walsoorden en de Plaat van Valkenisse zet zich sinds 2009 maar beperkt voort (Figuur 6-10, A; zie ook sectie 6.2.1). Bij deze platen is wel sprake van sterke geometrische veranderingen. De Schaar van Valkenisse ontwikkelt hier een meander waarbij de bocht zich naar buiten beweegt. Hierdoor wordt de Plaat van Walsoorden aan de oostkant geërodeerd (B) waar de Schaar van Valkenisse samenkomt met de Overloop van Valkenisse (Figuur 6-9). De zuidoostelijke punt van de Plaat van Walsoorden is ruim een kilometer naar het westen verschoven. Tegelijkertijd ontstaat door het verschuiven van de Schaar van Valkenisse naar het westen ruimte voor de Plaat van

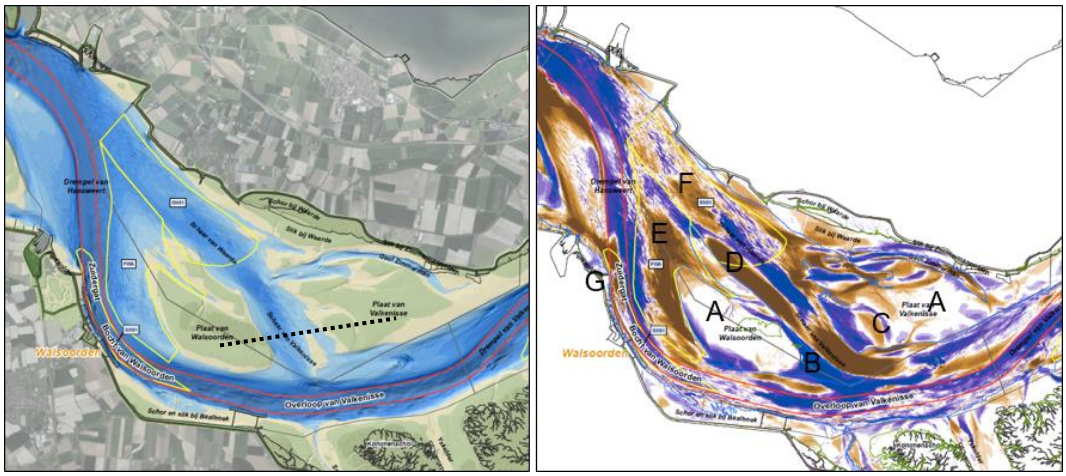
Valkenisse, die aangroeit naar het zuidwesten (C) (Figuur 6-9). Aan de noordoostzijde van de Plaat van Walsoorden is ook sprake van aangroei en sedimentatie (D). Hier beweegt de Schaar van Waarde naar het oosten waardoor er ruimte is voor aangroei van de plaat. De Schaar van Valkenisse en Schaar van Waarde lijken hiermee op weg om samen een grootschalige meander te vormen.



Figuur 6-9: West-oost transect macrocel 4 van de Plaat van Walsoorden naar de Plaat van Valkenisse. De locatie wordt aangegeven in Figuur 6-10.

Aan de noordwestkant van de Plaat van Walsoorden bevindt zich het plaatrandstortvak Plaat van Walsoorden. Hier treedt sterke verondieping op (E) gerelateerd aan de stortingen die hier met name in het eerste vergunningsjaar (3,7 Mm^3) zijn uitgevoerd. Het doel van deze stortingen was om een groot sedimentlichaam aan te leggen, dat zich vervolgens langs de plaatpunt heeft verspreid en een grote ondiepe zone heeft gerealiseerd. De stortvolumes zijn sindsdien afgenomen tot rond de 0,5 Mm^3 per jaar en in het achtste vergunningsjaar is nog 0,15 Mm^3 gestort. Ten noordoosten van deze zone is sprake van verondieping in de Schaar van Waarde (F). In deze stortzone wordt vanwege de verondieping sinds 2013 niet meer gestort.

De hoofdgeul is grotendeels dieper en ruimer geworden. Dit is echter niet het geval bij het oude hoofd van Walsoorden (G), een strekdam waar zich een diepe erosieput ontwikkeld heeft en waar ook wordt gestort. Hier wordt daardoor lokaal verondieping waargenomen.



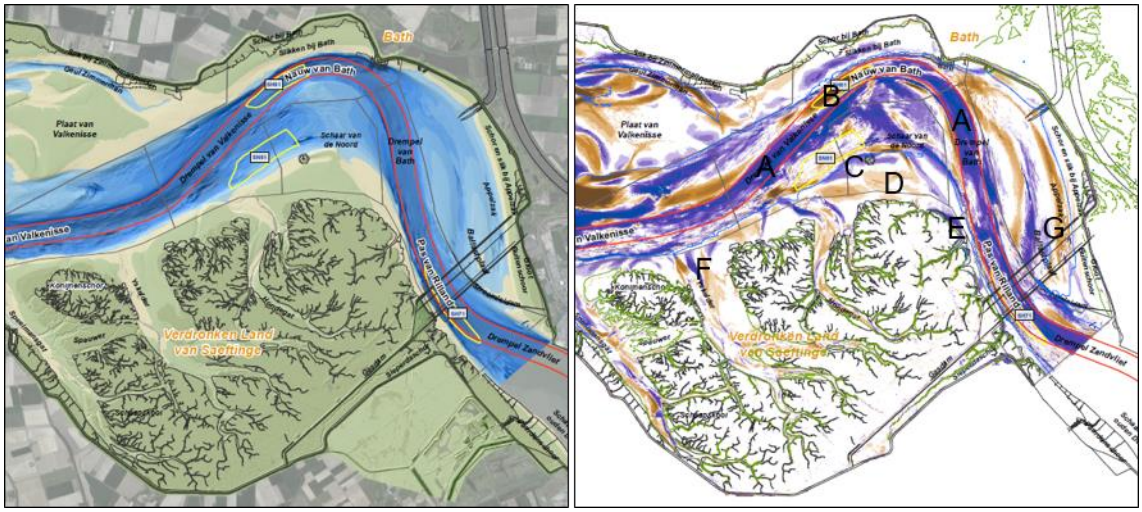
Figuur 6-10: Macrocel 5: Bathymetrie 2017 (links) en verschilkaart 2017-2009 (rechts). Zie ook Bijlage D. De stippellijn geeft het transect van Figuur 6-9 weer.

Macrocel 6 & 7

Op lange termijn is in macrocel 6 en 7 vooral sprake van een verruiming en verdieping, als gevolg van aanhoudende sedimentonttrekkingen. De veranderingen vinden hierbij voornamelijk plaats in de hoofdgeul (T2009 Consortium, 2013).

De hoofdgeul is sinds 2009 verder verdiept (Figuur 6-11, A), wat voornamelijk is veroorzaakt door de verdiepingsbaggerwerken in 2009 en 2010, en het onderhoudsbaggeren in de jaren erna om de minimale vaardiepte op de Drempel van Valkenisse, de Drempel van Bath, en de Drempel van Zandvliet te garanderen. De stortzone SH61 is de enige plek in de hoofdgeul waar verondieping plaatsvindt (B). Deze verondieping sinds 2009 is in grote mate teweeggebracht door stortingen in 2011 en 2012 van in totaal 1,2 Mm^3. In 2013 was de aangroei beperkt en sinds 2014 was sprake van lichte erosie in de stortzone. Nadat in deze stortzone van 2014 tot 2016 minder werd gestort, 0,1 tot 0,2 Mm^3 per jaar, is het stortvolume in het achtste vergunningsjaar weer toegenomen en is 0,4 Mm^3 gestort. Van 2016 naar 2017 is dan ook sprake van lichte verondieping in een deel van deze stortzone. In de stortzone SH71 worden sinds 2015 kleine volumes gestort, gemiddeld 0,1 Mm^3 per jaar, en dit lijkt in 2017 te leiden tot lichte aangroei in de zone.

De randen van de Plaat van Saeftinghe eroderen (C), waarbij sinds 2009 het noordwestelijke gedeelte een sterke volumeafname heeft ondervonden en de plaatrand steiler is geworden. Tussen 2015 en 2017 is de erosie van de Plaat van Saeftinghe vooral doorgegaan aan de noordkant van de plaat. Het centrale deel van de plaat is redelijk stabiel en ondervindt sedimentatie, die de laatste jaren nog steeds doorzet (D).



Figuur 6-11: Macrocel 6 en 7: Bathymetrie 2017 (links) en verschilkaart 2017-2009 (rechts). Zie ook Bijlage D. Naar de letters wordt verwezen in de tekst.

Het oosten van het schor- en slikgebied van het Land van Saeftinghe ondervindt sterke erosie (E), die reeds in de jaren zestig gaande was. In de jaren zeventig werd deze erosie versterkt, mogelijk door de aanleg van de stroomgeleidingsdam in 1970 (Jentink, 2014). Daarnaast is er mogelijk sprake van erosie door golfslagwerking. Scheepsgolven zijn hier waarschijnlijk belangrijker dan windgolven, maar eenduidige meetgegevens zijn hiervan 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 sectie 6.2.2. Aan de westkant van het Land van Saeftinghe, vindt tussen 2009 en 2017 afwisselend erosie en sedimentatie plaats in de kreken Speelmansgat, Yskelder, en Hondegat (F). Van 2016 tot 2017 was de trend hier eerder erosief, maar in het voorgaande jaar was dit niet het geval.

De Ballastplaat in het oosten van macrocel 7 verplaatst zich nog altijd geleidelijk in oostelijke richting. De westelijke rand van de Ballastplaat erodeert, terwijl er sedimentatie plaatsvindt in de Appelzak (G). De hogere delen van de Ballastplaat en het plaatje ten westen ervan zijn relatief stabiel.

6.1.2 Geulwandverdedigingen

Rijkwaterstaat Zee en Delta maakte een overzicht (Figuur 6-12) van de geulwandverdedigingen (Sinke, 2017). De analyses werden gemaakt op basis van de lodingsgegevens van het voorjaar van 2016 en najaar van 2015 en 2016. Er wordt gelet op de steilte van het talud, ontwikkeling naast de geulwandverdediging, en achter- en voorloopsheid.

Figuur 6-12: Locaties van geulwandverdedigingen (Sinke, 2011).

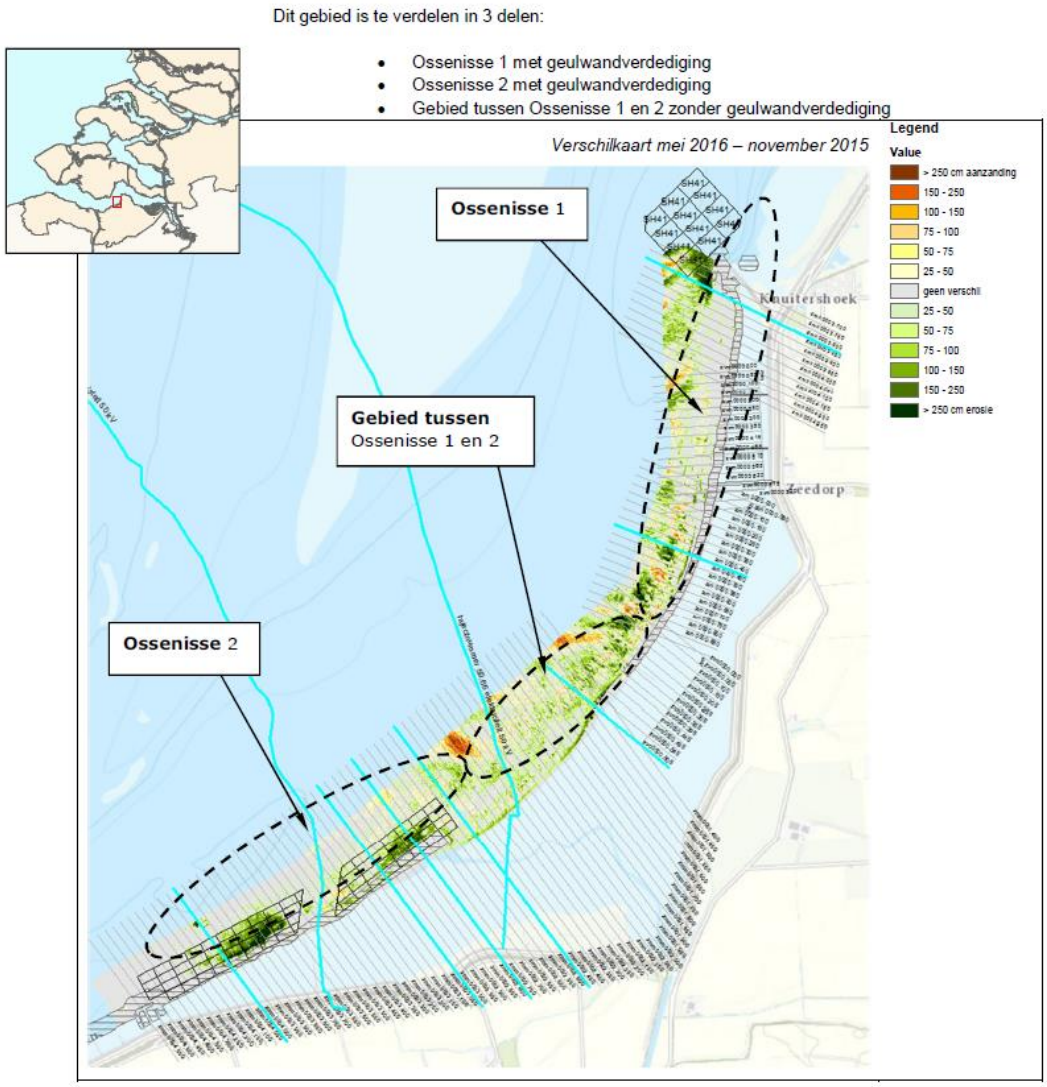
Ossenisse

Er worden stortingen uitgevoerd in de stortzone SH41 aan de noordkant van Ossenisse I (zie Figuur 6-13 voor aanduiding Ossenisse I en II). Het volume van de stortingen is hier afgenomen van ongeveer 3,8 Mm^3 in 2015 naar 0,6 Mm^3 in 2016. De geulwand bij Ossenisse I is redelijk stabiel, maar aan de zuidkant van de geulwandverdediging en in de geul vind op verschillende plaatsen erosie plaats (Figuur 6-13 tot Figuur 6-15).

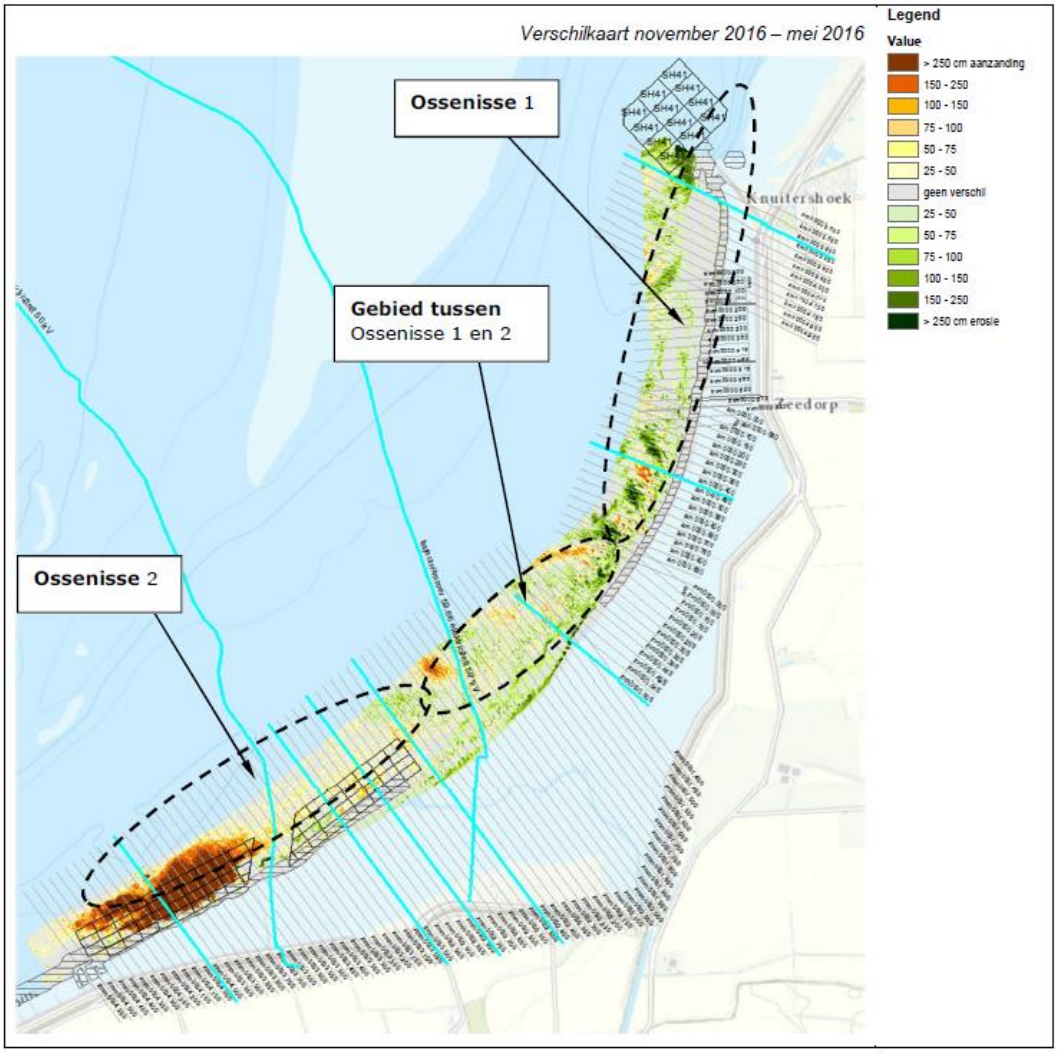
De onverdedigde geulwand tussen Ossenisse I en II ondervindt erosie, waarbij de geulwand terugschrijdt (Figuur 6-16). Er zijn locaties langs de geulwand met een taludhelling steiler dan 1:2, maar deze hellingen zijn minder hoog dan 5 m. In deze zone

zijn onderwaterkabels aanwezig en in het tracé hiervan vindt erosie plaats wat op termijn problemen zou kunnen geven.

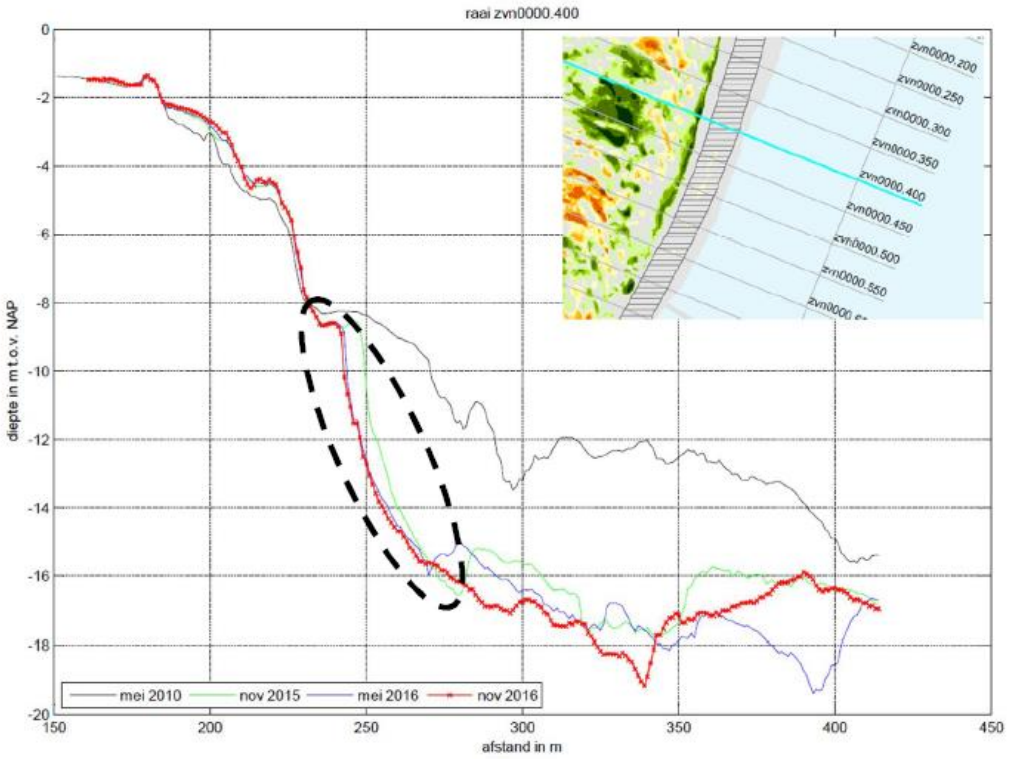
In het zuidelijke gebied van de geulwandverdediging (Ossenisse II) wordt sinds 2014 regelmatig vrijkomend materiaal van het onderhoudsbaggeren gestort om de erosie van de geulwandverdediging tegen te gaan. De stortvolumes namen hierbij toe van ongeveer 1,4 Mm^3 in 2014 en 2015 tot 3,6 Mm^3 in 2016. Na het uitvoeren van de suppletie vindt er verondieping plaats waarna dit materiaal langzaam weer erodeert. De geulwand lijkt hier nu redelijk stabiel te zijn (Figuur 6-17). Van november 2015 tot mei 2016 was in het gebied sprake van erosie (Figuur 6-13) vermoedelijk door erosie van materiaal dat in de periode hiervoor was gestort. Van mei 2016 tot november 2016 was daarentegen sprake van sterke verondieping die waarschijnlijk door stortingen is veroorzaakt (Figuur 6-14). Ook in 2017 bleef de geulwand hier stabiel. Tussen november 2016 en augustus 2017 vond verondieping plaats, waarna er weer sprake was van erosie.



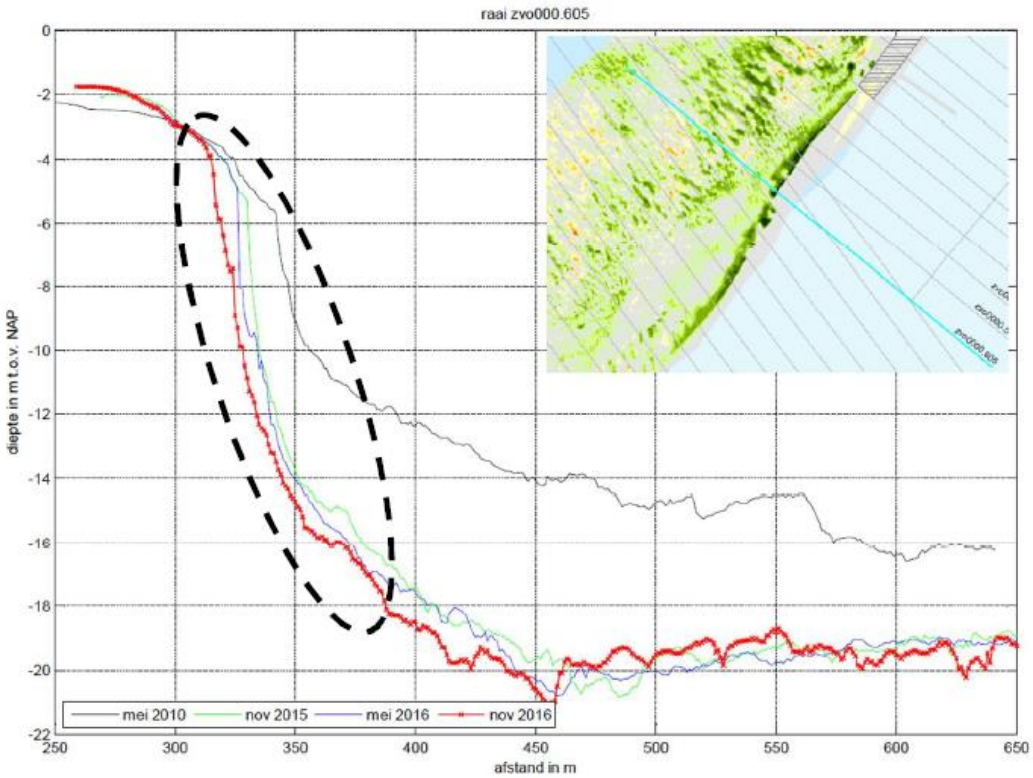
Figuur 6-13: Erosie en sedimentatie van november 2015 tot mei 2016 in de vaargeul langs de geulwand te Ossenisse (Sinke, 2017).



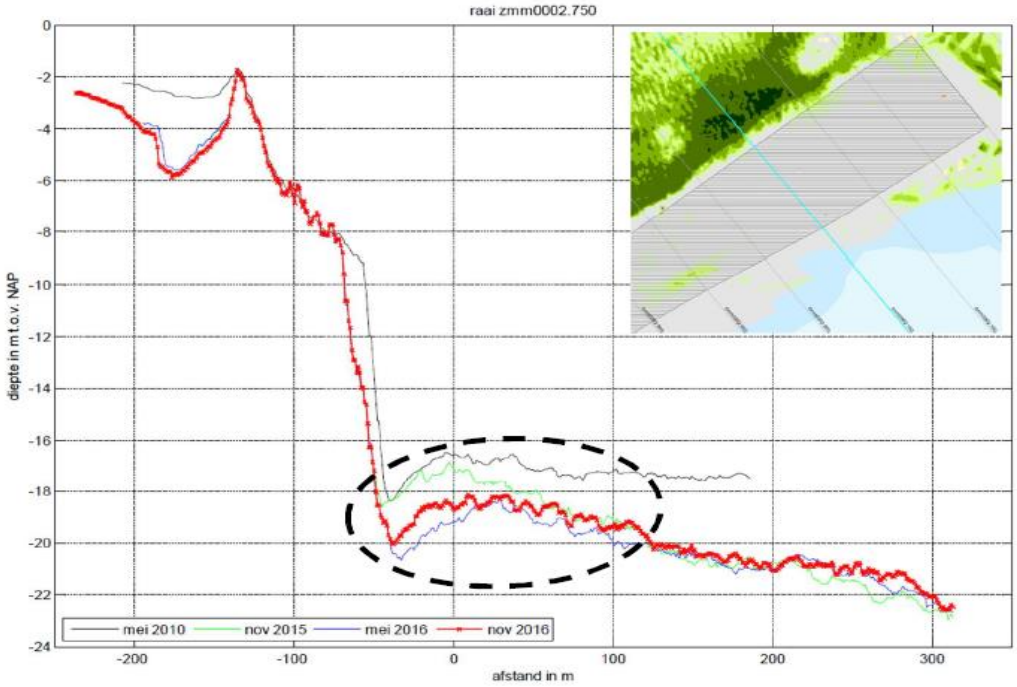
Figuur 6-14: Erosie en sedimentatie van mei 2016 tot november 2016 in de vaargeul langs de geulwand te Ossenisse (Sinke, 2017).



Figuur 6-15: Erosie van de geulwandverdedigingen Ossenisse I (Sinke, 2017).



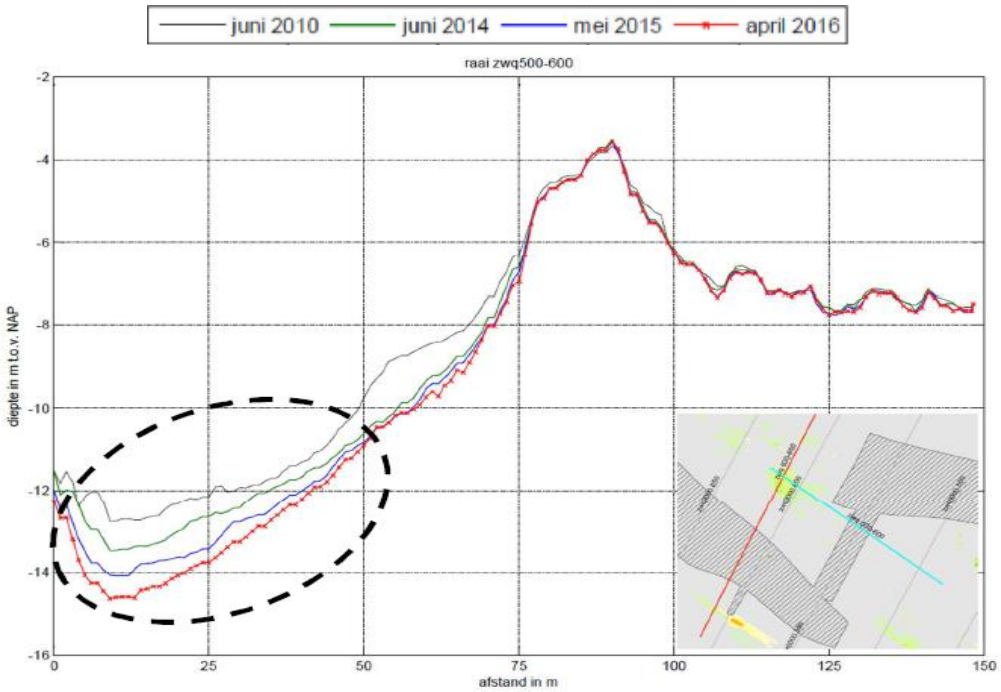
Figuur 6-16: Terugschrijden van de geulwand tussen de zones met geulwandverdedigingen Ossenisse I en II (Sinke, 2017).



Figuur 6-17: Erosie en sedimentatie van de geulwandverdediging Ossenisse II in de stortzone van de suppletie (Sinke, 2017).

Zuidergat

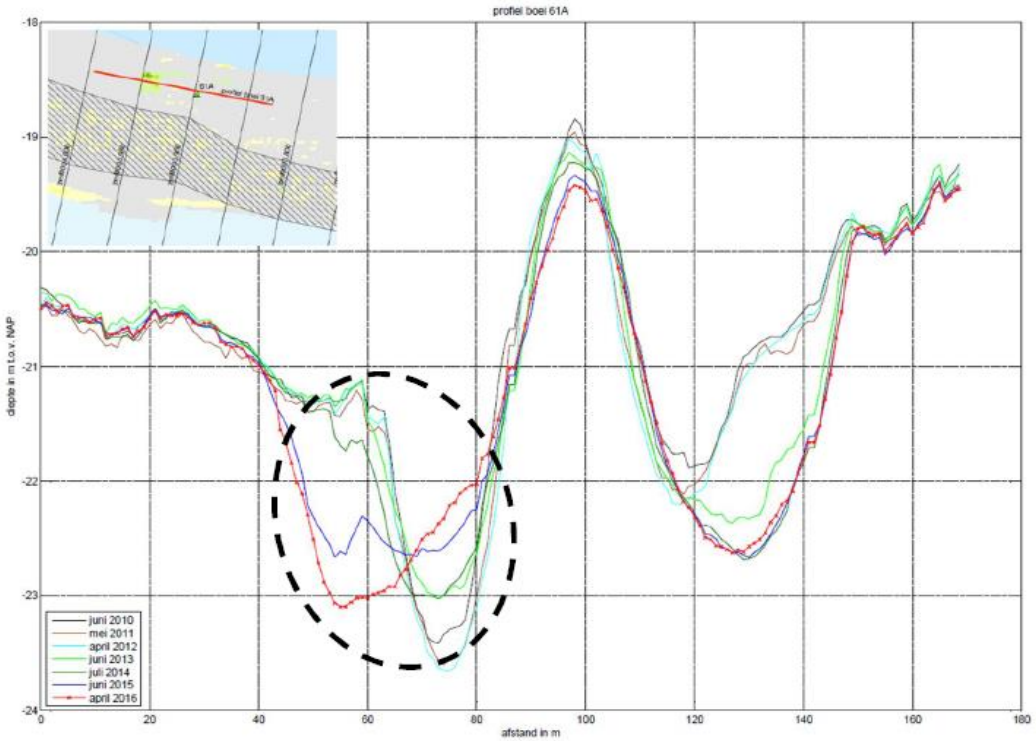
De geulwandverdediging bij het Zuidergat is stabiel. Ten westen van de drempel tussen de twee geulwandverdedigingen treedt wel erosie op (Figuur 6-18). Ook achter de geulwandverdediging is sprake van erosie.



Figuur 6-18: Erosie ten westen van de drempel tussen de twee geulwandverdedigingen bij Zuidergat (Sinke, 2017).

Baalhoek

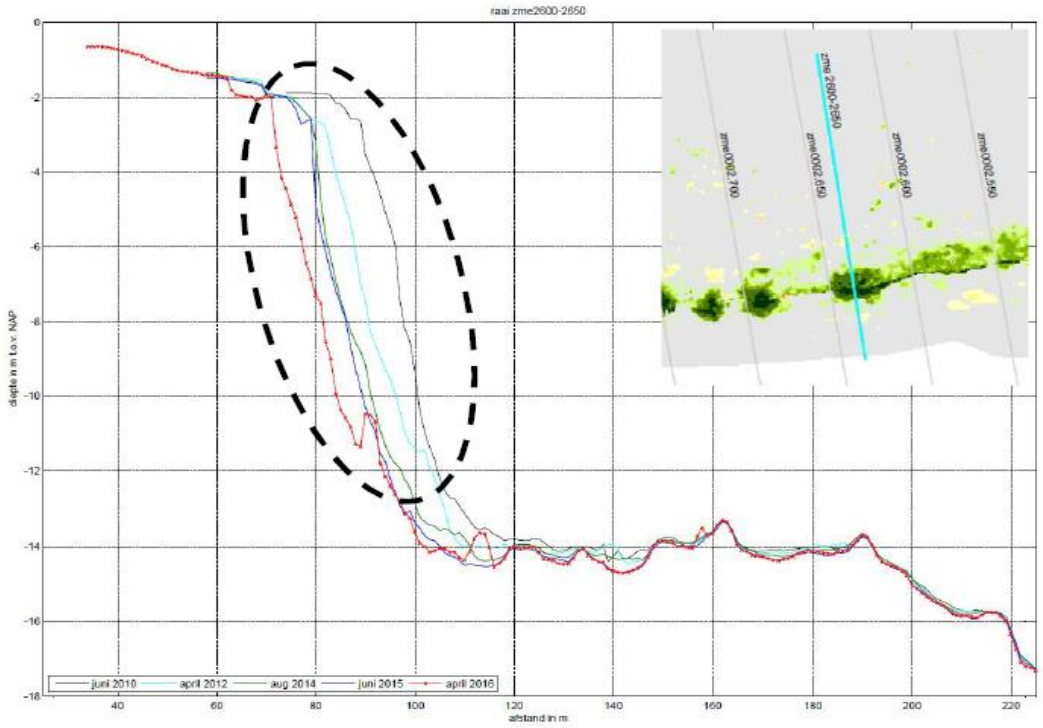
De geulwandverdediging van Baalhoek is stabiel en er treedt geen erosie op. In het gebied komt erosie en sedimentatie voor door de verplaatsing van zandgolven. Daarnaast treedt in de vaargeul erosie op nabij boei 61A (Figuur 6-19).



Figuur 6-19: Erosie in de vaargeul bij Baalhoek nabij boei 61A. Het profiel is in de lengterichting van de vaargeul (Sinke, 2017).

Valkenisse

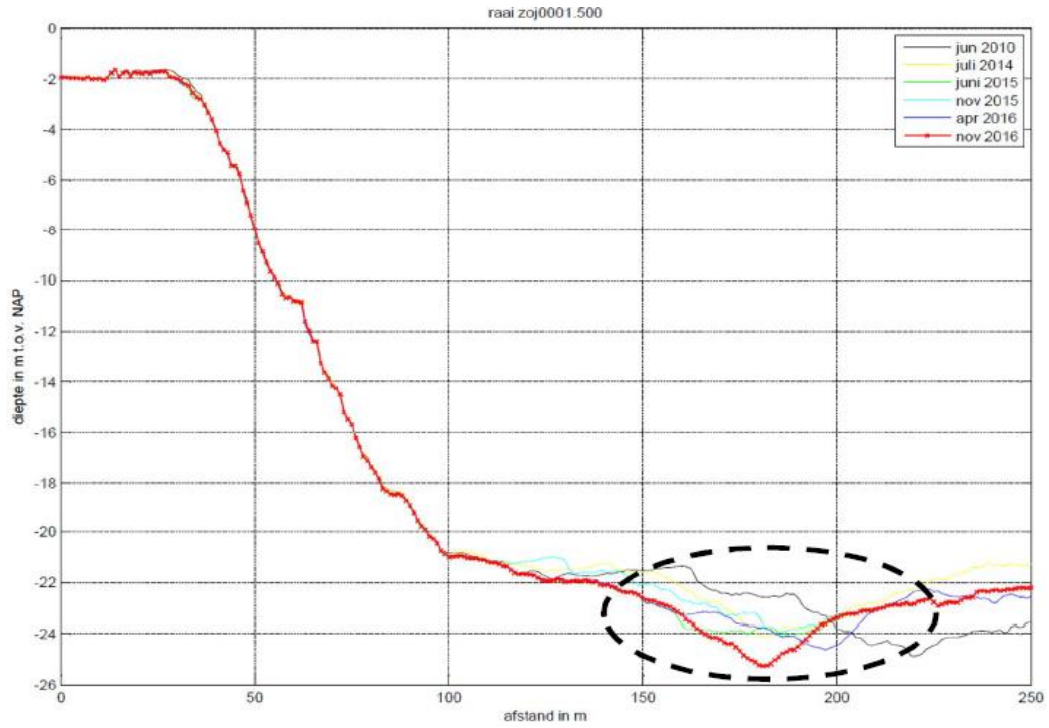
Bij Valkenisse is de geulwandverdediging zelf stabiel. Ten oosten van de geulwandverdediging zet de eroderende trend van de geulwand zich nog altijd voort (Figuur 6-20). De erosie achter de geulwandverdediging heeft zich de afgelopen jaren niet verder doorontwikkeld. Verder naar het oosten vindt erosie plaats op het slik en aan de geulwand ter hoogte van het Konijnenschor. De afwateringsgeul uit de IJskelder is in 2016 gemigreerd naar het oosten, dit heeft sedimentatie en erosie tot gevolg.



Figuur 6-20: Erosie ten oosten van de geulwandverdediging bij Valkenisse (Sinke, 2017).

Bath

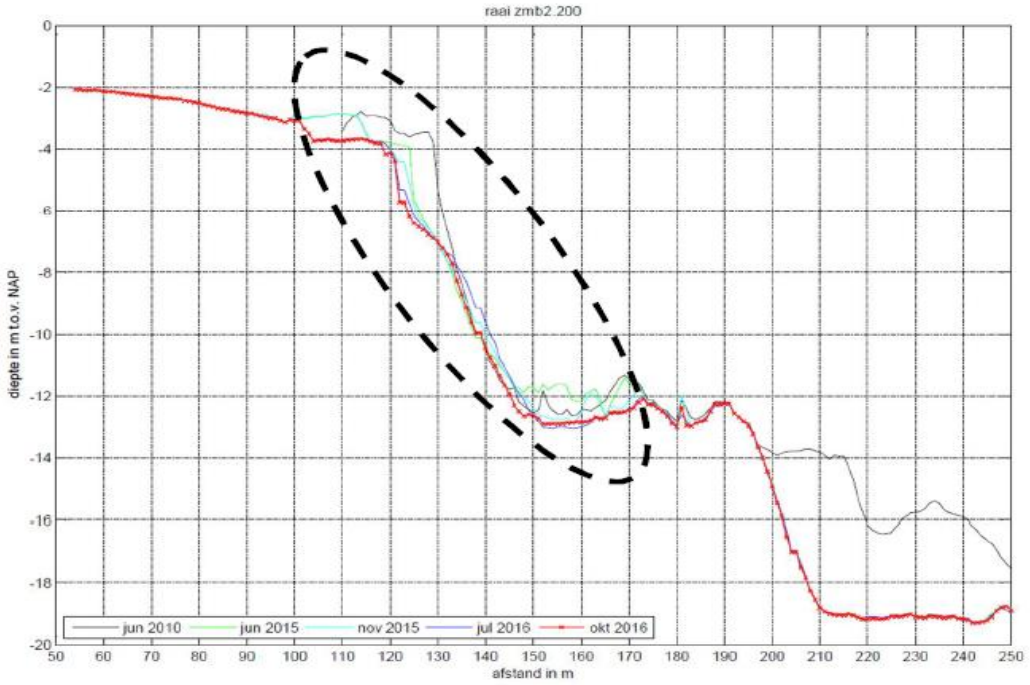
De geulwandverdediging bij Bath is stabiel. In de vaargeul treedt zowel verdieping als verondieping op (Figuur 6-21), waarschijnlijk als gevolg van stortingen in stortzone SH61.



Figuur 6-21: Erosie in de vaargeul bij de geulwandverdiging bij Bath (Sinke, 2017).

Saeftinghe

De geulwandverdediging bij Saeftinghe is stabiel, er is geen erosie opgetreden na de aanpassingen in 2010. In de vaargeul voor de geulwandverdediging vindt sedimentatie en erosie plaats. Ten noorden van de geulwandverdediging is sprake van erosie (Figuur 6-22).



Figuur 6-22: Erosie ten noorden van de geulwandverdediging bij Saeftinghe (Sinke, 2017).

6.1.3 Beneden-Zeeschelde

De bathymetrische opnames van de Beneden-Zeeschelde van 2009, 2015, 2016, en 2017 werden beschikbaar gesteld door de Vlaamse Hydrografie en afdeling Maritieme Toegang. Deze zijn opgenomen in Bijlage E. Deze kaarten geven de bathymetrie en morfologie weer van de Beneden-Zeeschelde in het betreffende jaar. Voor een betere visualisatie werd de Beneden-Zeeschelde opgedeeld in de volgende zones: Saeftinghe – Doel, Doel – Fort Filip, Fort Filip – Oosterweel, Rede van Antwerpen, en Burcht – Rupelmonde.

Daarnaast zijn in Bijlage E ook de volgende verschilkaarten toegevoegd:

- verschilkaart 2016-2015, die de bodemevolutie weergeeft over één jaar;
- verschilkaart 2017-2016, die de bodemevolutie weergeeft over één jaar;
- verschilkaart 2017-2009, die de bodemevolutie weergeeft over 8 jaar.

In deze sectie worden de grootschalige morfologische veranderingen besproken die op de verschilkaarten te zien zijn.

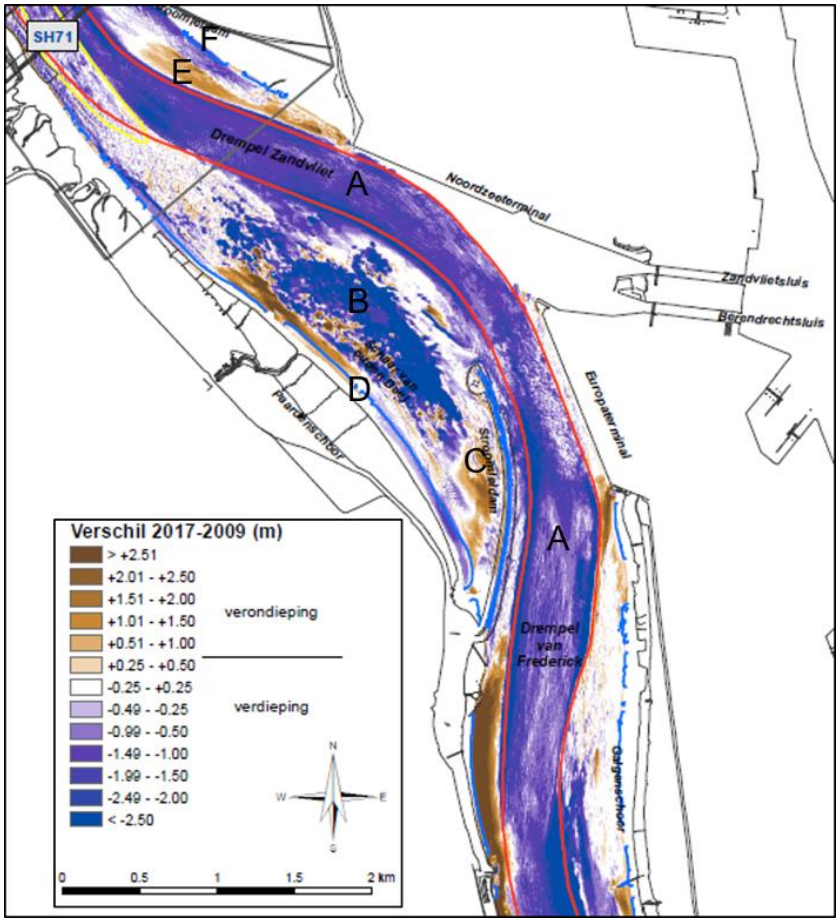
Saeftinghe – Doel

De verschilkaart van 2009-2017 laat de sterke verdieping van de vaargeul zien (Figuur 6-23, A). Dit is het geval bij de Drempel van Zandvliet en de Drempel van Frederik, maar ook tussen de twee drempels. Van 2015 tot 2016 was op beide drempels voornamelijk sprake van verdieping, terwijl in 2016-2017 op deze locaties sedimentatie plaatsvond.

In de zandwinningszone van Schaar van Ouden doel vindt voornamelijk verdieping plaats (B), en verondieping langs de stroomleidam (C). Dit gebied is erg dynamisch door de stortings- en zandwinningsactiviteiten. Van 2015 tot 2016 was in het gebied meer verdieping dan van 2016 tot 2017, mogelijk door de verminderde zandwinningsvolumes in 2017. In de periode 2015-2016 was ook langs de stroomleidam sprake van verdieping.

De rand van het Paardenschor sedimenteert sterk aan de noordwestelijke helft, terwijl er sprake is van erosie aan de zuidelijke helft (D). Van 2015 tot 2017 werd voornamelijk de sedimentatie aan de noordwestelijke helft waargenomen, de zuidelijke helft lijkt redelijk stabiel.

De sedimentatie aan de zuidelijke rand van het Buitenschoor, die in de vorige voortgangsrapporten werd opgemerkt, zet zich nog altijd voort (E). De sedimentatie was hier sterker van 2015-2016 dan van 2016-2017. Aan de strekdam ten noorden hiervan vindt nog steeds erosie plaats (F).



Figuur 6-23: Verschilkaart 2009-2017 ter hoogte van Schaar Ouden Doel.

Doel – Fort Filip

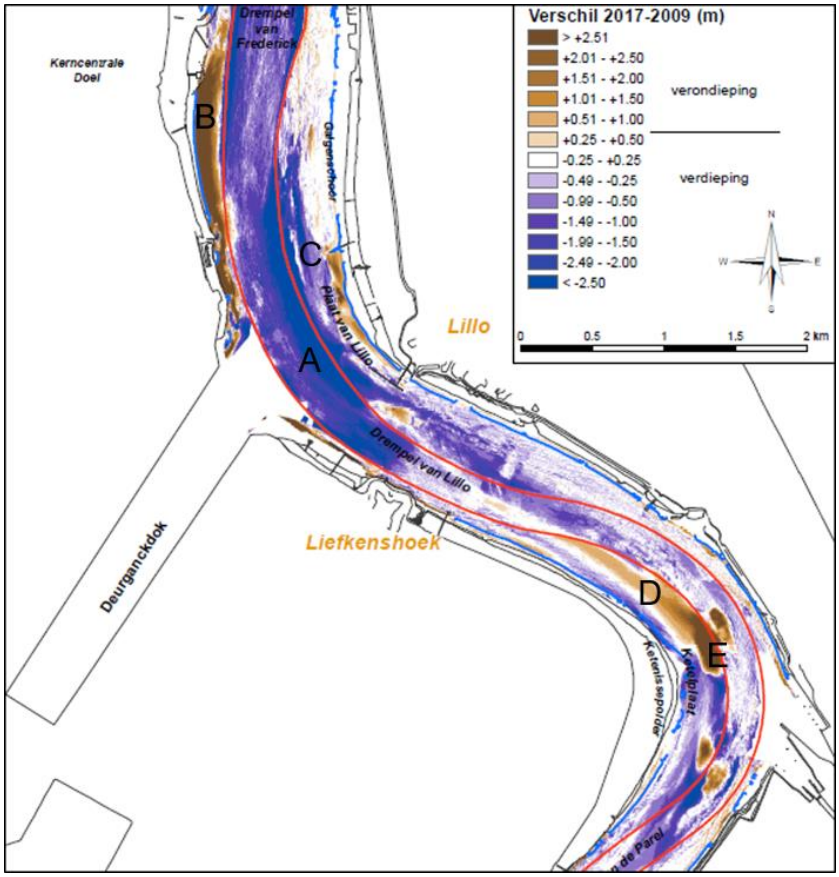
In de periode van 2009 tot 2017 is sprake van sterke verdieping van de vaargeul tussen de Drempel van Frederik en de Drempel van Lillo (Figuur 6-24, A). Van 2015 tot 2016 laat deze zone ook verdieping zien, voornamelijk aan de binnenbocht bij de Drempel van Lillo, en op de Drempel van Frederik. In de periode 2016-2017 was over het algemeen meer sprake van sedimentatie, zowel ten zuiden van de Drempel van Frederik, als op de

Drempel van Lillo. Langs de binnenbocht bij Lillo werd in deze periode wel erosie waargenomen. De variaties in verdieping en verondieping in deze zone wordt waarschijnlijk veroorzaakt door meer of minder baggeren. Het Deurganckdok en de sluistoegang naar de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluis vertoonden ook verdieping van 2009-2015, deze gebieden werden de afgelopen twee jaar echter niet opgemeten.

Langs de vaargeul aan de linkeroever ten noorden van het Deurganckdok is sprake van sedimentatie (B) over de laatste 8 jaar. Van 2015 tot 2016 zette deze sedimentatie zich voort, in de periode 2016-2017 was deze zone eerder stabiel. Aan de andere zijde van de vaargeul vindt erosie plaats aan de rand van het Galgeschoor, vooral in het centrale deel (C), in het noorden en zuiden is sprake van sedimentatie. Dit patroon heeft zich in de periode van 2015-2017 voortgezet.

Tussen 2009 en 2017 is sedimentatie opgetreden aan de zuidoostkant van de Drempel van Lillo en de noordkant van de Ketelplaat (D). Deze verondieping heeft echter voornamelijk plaatsgevonden tot 2013 en heeft zicht vervolgens niet voortgezet. Het centrale en zuidelijk deel van de Ketelplaat is verdiept ten opzichte van 2009, maar de laatste jaren heeft dit zich ook niet voortgezet.

Bij de Ketelplaat en de twee diepe putten is een complex patroon van erosie en sedimentatie (E). Op deze locatie treden onder andere periodiek plaatvallen op langs de randen van de diepe putten (IMDC, 2015b). Tussen 2016-2017 heeft hier sterke erosie plaatsgevonden in de vaargeul en sedimentatie op de Ketelplaat, maar in 2015-2016 was dit eerder andersom.



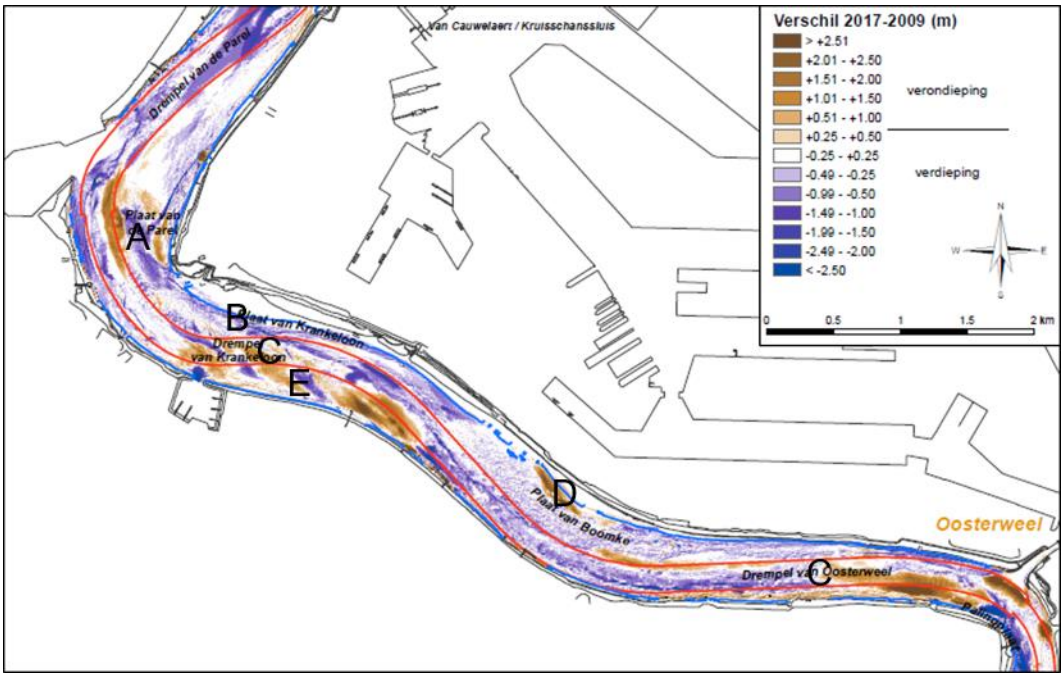
Figuur 6-24: Verschilkaart 2009-2017 ter hoogte van het Deurganckdok.

Fort Filip – Oosterweel

Tussen 2009 en 2017 zijn op de Plaat van de Parel zowel zones met erosie als met sedimentatie waargenomen (Figuur 6-25, A). In het vorige voortgangsrapport werd een nieuwe zone met sedimentatie langs de punt van het slikkengebied waargenomen. De afgelopen jaren heeft hier eerst erosie (2015-2016) en vervolgens sedimentatie (2016-2017) plaatsgevonden. Verder richting de vaargeul was daarentegen in 2015-2016 sprake van sedimentatie en in 2016-2017 van erosie. De netto veranderingen over de twee jaar zijn hier daardoor klein. Langs de Plaat van Krankeloon wordt sinds 2009 erosie waargenomen (B). De afgelopen jaren is dit gebied echter vooral stabiel gebleven.

Zowel bij de Drempel van Krankeloon als de Drempel van Oosterweel wordt er verdieping en verondieping waargenomen (C). Ook de afgelopen jaren is hier op verschillende plekken dan weer sprake van verdieping en dan weer van verondieping, waarbij het beeld tussen 2015-2016 en 2016-2017 meestal omgekeerd is, net als bij de Plaat van de Parel.

In deze zone zijn twee stortvakken gesitueerd, waarin slib wordt gestort. Het eerste stortvak is gelegen aan de noordzijde bij de Plaat van Boomke (Oosterweel), die de afgelopen jaren relatief stabiel was. Er vond lichte verondieping plaats in de zone van verondieping die reeds aanwezig was (D). Ten zuiden van de Drempel van Krankeloon is ook een stortzone aanwezig (Punt van Melsele), in deze zone is sprake van relatief sterke verondieping en verdieping, wat van 2015 tot 2017 nog toegenomen is (E).



Figuur 6-25: Verschilkaart 2009-2017 ter hoogte van de Plaat van Boomke.

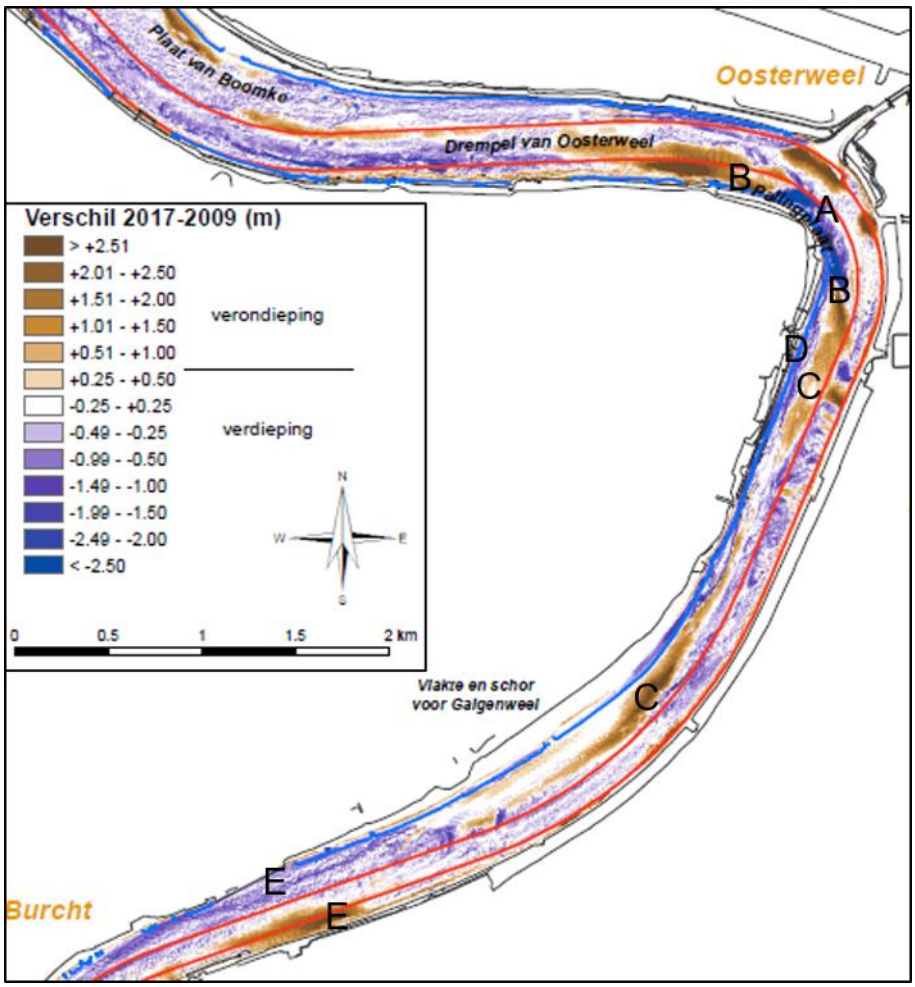
Rede van Antwerpen

De verschilkaart van 2009-2017 is weinig veranderd ten opzichte van die van 2009-2015 (Figuur 6-26). Rond de Palingplaat, in de binnenbocht van de vaargeul heeft erosie plaatsgevonden over deze periode (A). Naar het zuiden en westen toe groeit de Palingplaat

echter wel aan (B). Van 2016 tot 2017 vond in de binnenbocht van de vaargeul ook weer sterke erosie van de Palingplaat plaats.

De vaargeul was redelijk stabiel sinds 2009, met over het algemeen slechts lichte erosie en sedimentatie. Langs de vaargeul vindt sedimentatie plaats ten zuiden van de Palingplaat en voor het Galgenweel (C). De laatste jaren is deze sedimentatie echter niet meer toegenomen. Ten westen van de sedimentatie, aan de rand van de slikken is sprake van erosie ter hoogte van de laagwaterlijn (D), die de afgelopen jaren verder is gegaan en zich iets heeft uitgebreid. De (zuidelijke) rand van de plaat “Vlakte voor Galgenweel” is in 2015-2016 gesedimenteerd en vervolgens in 2016-2017 weer geërodeerd.

Verder naar het zuiden vindt ter hoogte van Burcht erosie plaats in de buitenbocht (linkeroever), en sedimentatie in de binnenbocht (rechteroever) (E). De laatste twee jaar is dit gebied echter voornamelijk stabiel gebleven.

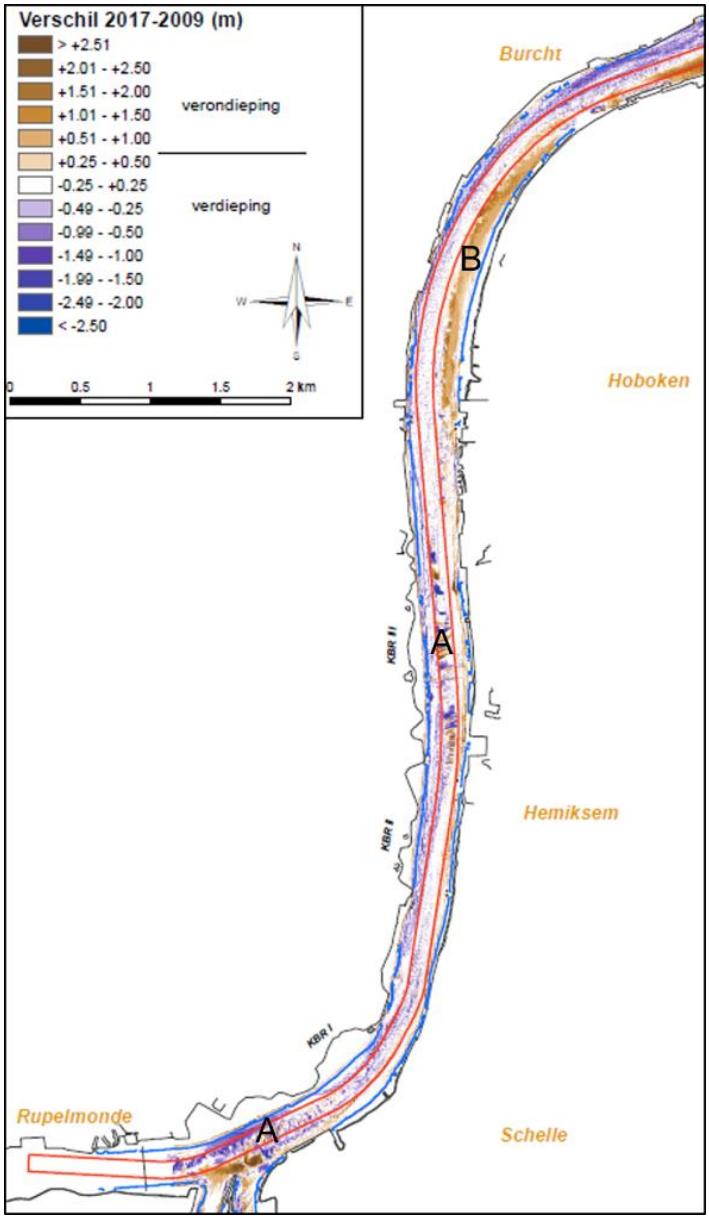


Figuur 6-26: Verschilkaart 2009-2017 ter hoogte van de Rede van Antwerpen.

Burcht – Rupelmonde

In de meest opwaartse zone van de Beneden-Zeeschelde, tussen Burcht en Rupelmonde, is de vaargeul redelijk stabiel (Figuur 6-27). De grootste veranderingen in de vaargeul worden waargenomen bij KBR III en de Rupelmonding en kunnen worden toegeschreven aan de migratie van bodemvormen (A). Naast de vaargeul is er verondieping in de binnenbocht bij Hoboken (B). Deze verondieping, die erop duidt dat er sedimentatie

plaatsvindt, is voornamelijk in 2015-2016 sterk toegenomen. Aan de linkeroever vindt erosie plaats aan de schorrand, maar de afgelopen jaren is dit gebied stabiel gebleven.



Figuur 6-27: Verschilkaart 2009-2017 ter hoogte van Burcht-Rupelmonde.

6.2 SLIKKEN EN PLATEN

6.2.1 Hoogtemetingen bij de plaatrandstortzones (Westerschelde)

Per plaatrandzone (Hooge Platen West, Hooge Platen Noord, Plaat van Walsoorden, en Rug van Baarland) 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 naar twee maal per jaar, omdat de gebieden intussen goed gekend zijn. De resultaten worden voorgesteld in halfjaarlijkse rapporten (Jentink, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e) en worden jaarlijks verzameld in de datarapportage (Jentink *et al.*, 2018). De meetgegevens zijn ook digitaal beschikbaar gesteld en verwerkt in Bijlage G. Voor ieder meetpunt is op basis van zijn droogvalduur een maximale hoogteverandering bepaald waarmee het punt mag veranderen.

Voor deze indeling wordt gebruik gemaakt van 4 hoogteklassen op basis van droogvalduur (dvd) (Tabel 6-1). 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, 2018b). 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 terecht mag komen. In het Protocol Kwaliteitsparameters 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 de meetpunten wordt nagegaan of de berekende waarde voor een meetlocatie de norm overschrijdt in de datarapportage 2017 van Jentink *et al.* (2018) en het laatst beschikbare halfjaar rapport (Jentink, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e) 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.

Tabel 6-1: 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 het volgende vermeld: *“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 ruimtelijk schaal samen met andere metingen en visuele veldwaarnemingen is daarom belangrijk, evenals het beschouwen van een wat langere periode.”*

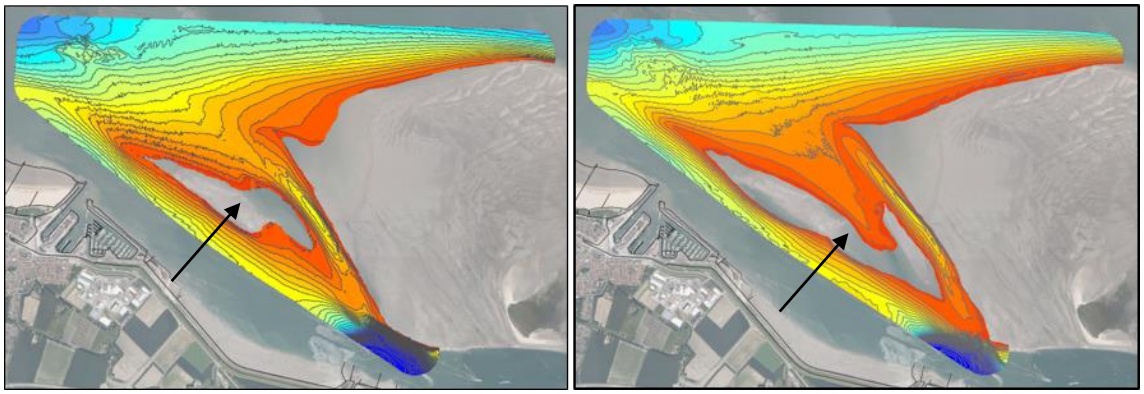
De plaatrandlodingen worden maandelijks gerapporteerd en geanalyseerd (bijv. (IMDC, 2017c) en zijn beschikbaar via de VNSC website (www.vnsc.eu). In deze rapporten worden ook de bagger- en storthoeveelheden weergegeven. De rapportage wordt steeds op het Overleg Flexibel Storten behandeld.

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

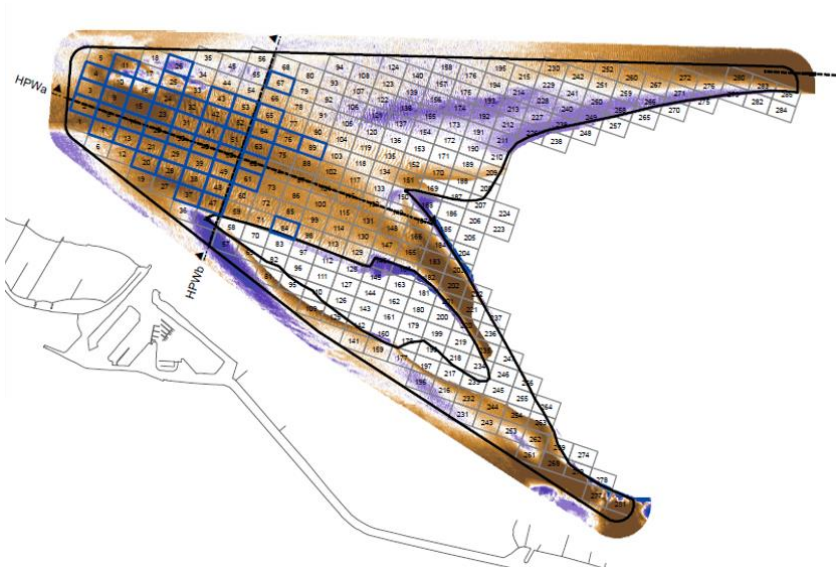
Hooge Platen West

De plaatrandstortingen op Hooge Platen West (Figuur 6-28) zijn uitgevoerd aan de diepe punt van de stortzone, zoals te zien is aan de blauwe vakken in Figuur 6-29. De initiële plaatrandstorting van 2010 bedroeg 2 Mm^3 en werd in 2011 en 2013 aangevuld met ca. 0,5 Mm^3 resp. 0,1 Mm^3. Recenter, vanaf midden 2015 wordt opnieuw intensiever gestort. De totale storthoeveelheid tussen februari 2010 en februari 2018 bedraagt 5,19 Mm^3.

Onder invloed van de vloedstroom is dit sediment grotendeels in oostelijke en zuidoostelijke richting gemigreerd. Hierdoor is voor de plaatpunt een verondieping gerealiseerd. Tegelijk is de vorm van het kleine Plaatje van Breskens sterk gewijzigd en opgehoogd, terwijl een vloedgeultje naar het oosten is gemigreerd.



Figuur 6-28: Bathymetrie ter hoogte van plaatrandstortvak Hooge Platen West in februari 2010 (links) en januari 2018 (rechts). De pijl geeft het Plaatje van Breskens aan.

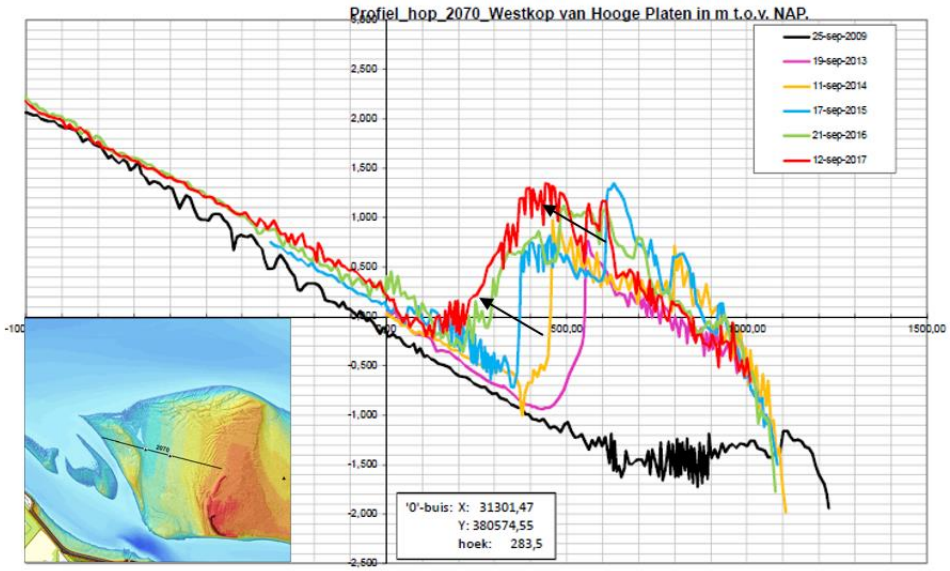


Figuur 6-29: Verschilkaart plaatrandstortvak Hooge Platen West van februari 2010 tot januari 2018. De blauwe rechthoekjes zijn de ingezette stortvakken.

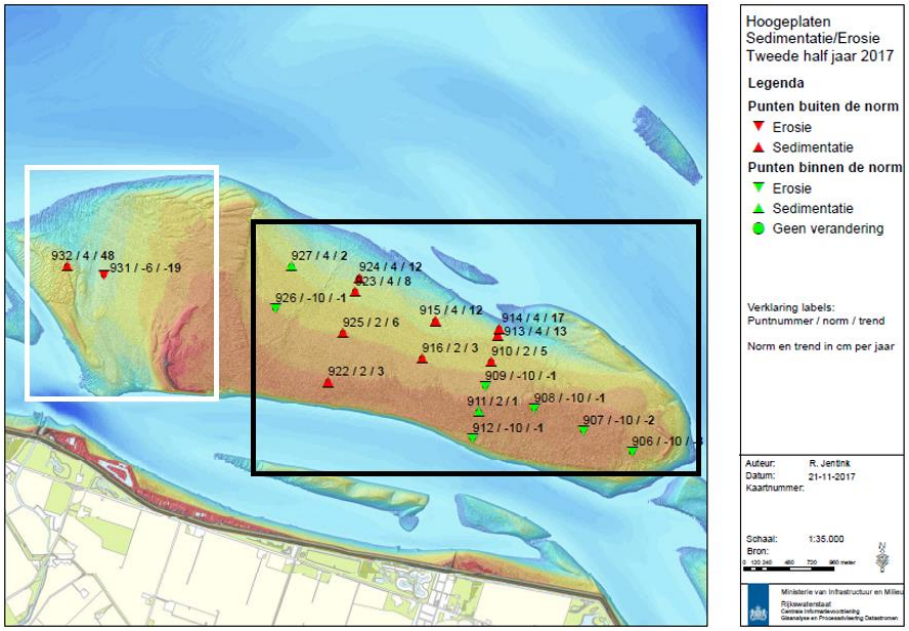
De RTK profielen van de oost-west raai op Hooge Platen West laten zien dat er sinds de plaatrandstortingen in 2010 sprake is van een algemene verhoging van het bodempeil (Figuur 6-30). Er heeft zich een zandrug ontwikkeld die zich opwaarts (oostwaarts) beweegt, en hierachter heeft zich een laagdynamische zone gevormd. De grootste

verandering in hoogte heeft hierbij plaatsgevonden van 2009-2013, maar ook van 2013-2017 is dit proces nog altijd gaande. Het sediment van de plaatrandstortingen is dus wellicht hoger op de plaat terecht gekomen.

Dit beeld van grote hoogteveranderingen wordt bevestigd door de RTK hoogtemeetpunten (Figuur 6-31). Op beide meetpunten (931 en 932) is sprake van een sterkere hoogteverandering dan wenselijk (zie Bijlage G). Bij meetpunt 932 vindt sterke sedimentatie plaats, terwijl bij meetpunt 931 na eerdere sterke sedimentatie nu erosie plaatsvindt. Dit wordt vermoedelijk veroorzaakt door het bewegen van de zandgolf en een laagte die zich aan de voet daarvan vormt.



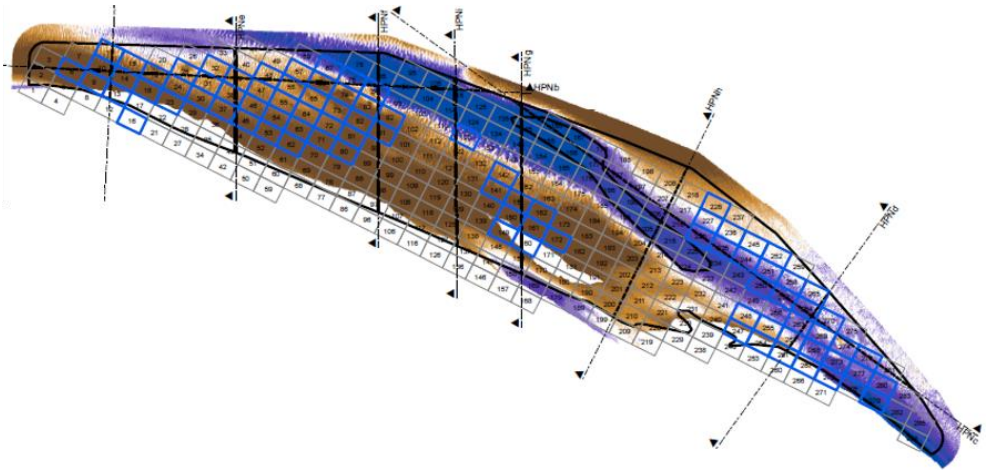
Figuur 6-30: RTK-raai 2070 op de Hooge Platen West (Jentink, 2017b).



Figuur 6-31: Sedimentatie / erosie in de RTK meetpunten van de Hooge Platen West (wit) en Hooge Platen Noord (zwart) voor het 2de halfjaar van 2017 (Jentink, 2017b).

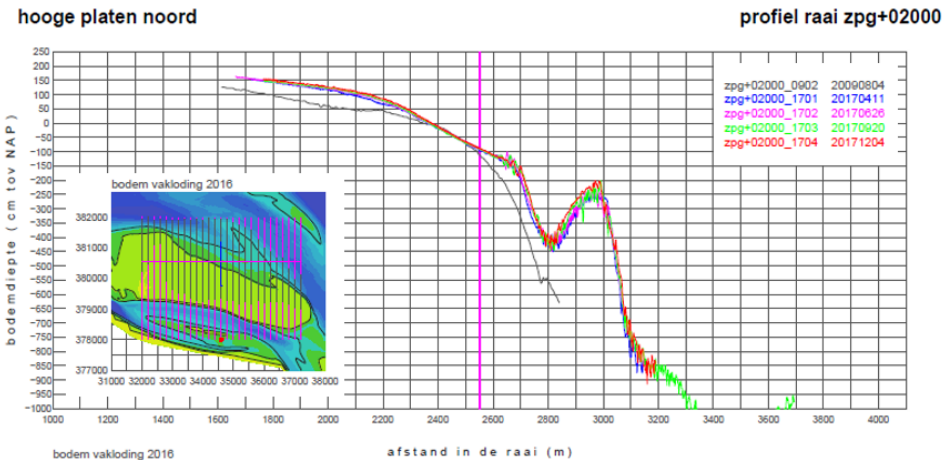
Hooge Platen Noord

De plaatrandstortingen in de stortzone Hooge Platen Noord zijn voor het grootste deel uitgevoerd in een periode van anderhalf jaar na de start van de verruiming. In totaal is vanaf de verruiming 4,43 Mm^3 sediment in dit stortvak gestort. De afgelopen jaren zijn de gestorte volumes hier klein geweest. Bij de aanleg is in het noordwestelijk en het zuidoostelijk gebied een zandtong gerealiseerd met als doel hiertussen een luw, laagdynamisch gebied te creëren waarbinnen sedimentatie zou optreden. Deze sedimentatie is ook effectief opgetreden (Figuur 6-32), onder meer door verspreiding van het sediment van de westelijke zandtong.

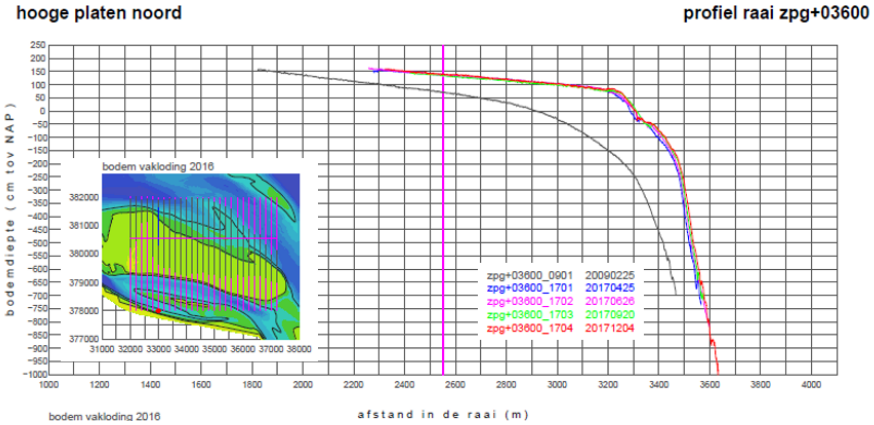


Figuur 6-32: Verschilkaart Hooge Platen Noord tussen april 2010 en december 2017. Blauwe rechthoekjes zijn de gebruikte stortvakken.

De verondieping van de plaatrand wordt geïllustreerd door de plaatrandlodingen (Figuur 6-33, Figuur 6-34), die daarnaast tonen dat ook hoger op de plaat, boven de laagwaterlijn, sprake is van sedimentatie. Deze sedimentatie en verhoging van de plaatrand is voornamelijk in de eerste jaren na de verruiming gerealiseerd en blijft de laatste jaren grotendeels stabiel.

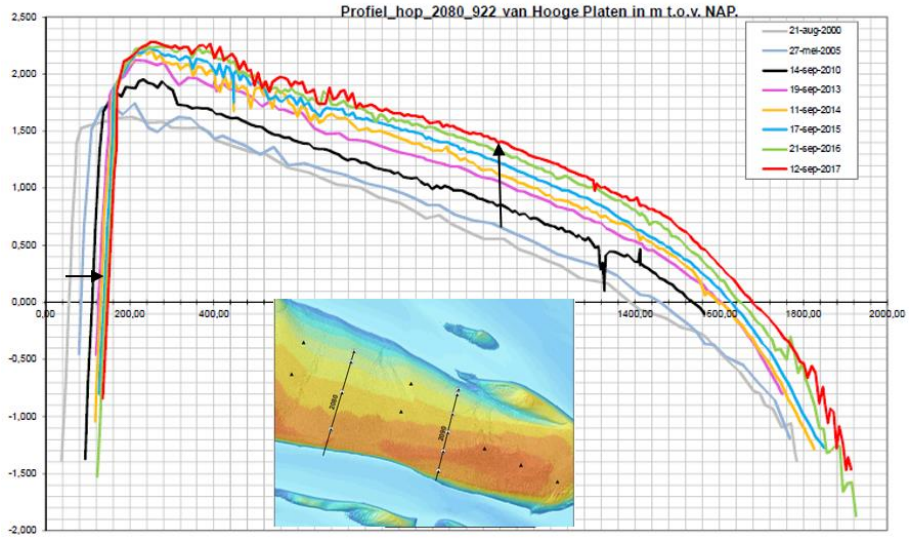


Figuur 6-33: Plaatrandloding 02000 op de Hooge Platen Noord (Jentink et al.*, 2018).*



Figuur 6-34: Plaatrandloding 03600 op de Hooge Platen Noord (Jentink et al.*, 2018).*

De RTK raaien over de gehele plaat laten zien dat de gehele plaat hoger is geworden, en daarbij steiler (Figuur 6-35, Figuur 6-36). Het steiler worden van de is met name goed zichtbaar bij raai 2090, waar de plaat hoger is geworden, maar alle RTK metingen van 2012 tot 2017 elkaar onder de laagwaterlijn kruisen. Het intergetijdengebied van de plaat neemt af door deze versteiling. Op basis van een meer diepgaande analyse (IMDC en Arcadis, 2013, 2014) werd besloten dat de areaalafnames van het intergetijdengebied te verwachten waren op basis van de langetermijnontwikkeling, maar lokaal (ten oosten van de Bol) mogelijk versterkt worden door de stortingen in de nabijheid. Uit voorzorg werd door het Overleg Flexibel Storten beslist om in het westelijk deel van plaatrandstortvak HPN niet meer te storten.

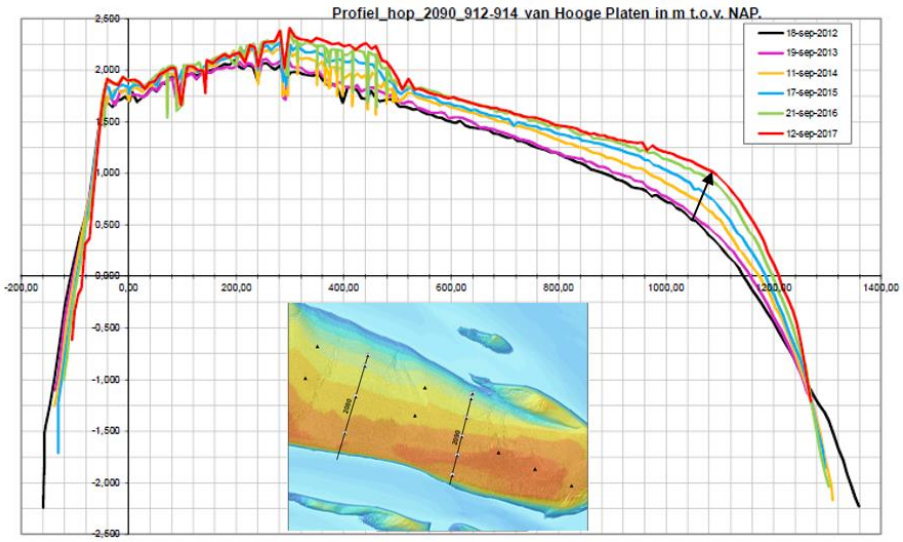


Figuur 6-35: RTK-raai 2080 op de Hooge Platen Noord (Jentink, 2017c).

Op het centrale deel van de Hooge Platen blijkt deze ontwikkeling ook uit de RTK meetpunten, die bij de evaluatie van het tweede halfjaar van 2017 indicatief zijn voor een snelle ophoging die buiten de norm ligt (Figuur 6-31). De hoogste sedimentatie in dit gebied is tot 17 cm per jaar en wordt waargenomen langs de noordelijke rand van de plaat (914).

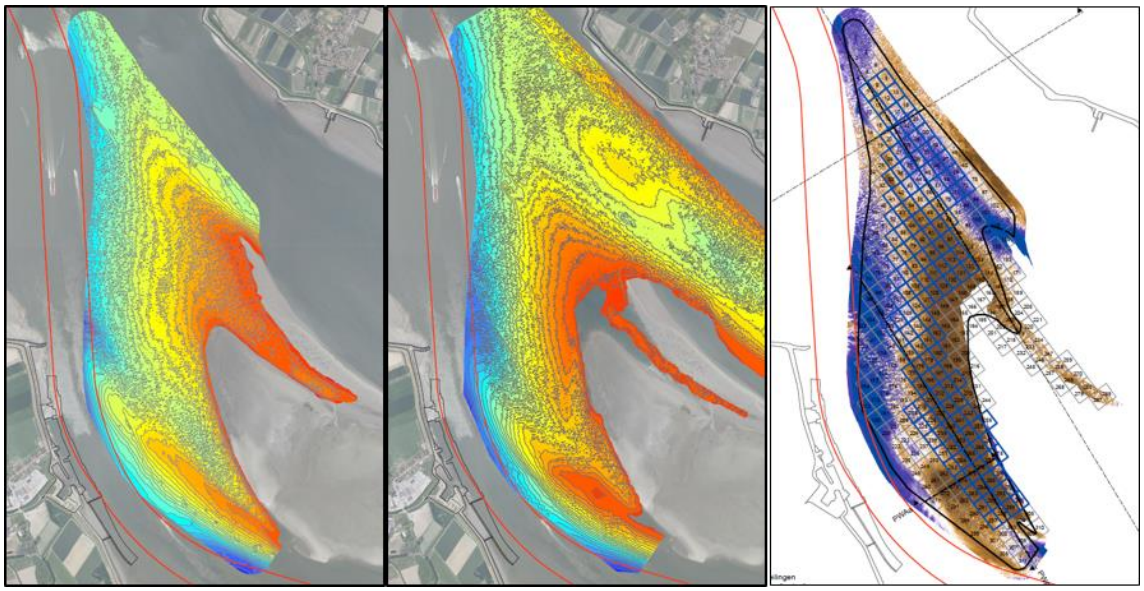
De meest westelijke punten bij HPN (926, 927) liggen inmiddels wel binnen de norm, waarbij bij punt 926 zelfs lichte erosie plaatsvindt van 1 cm per jaar. In 2015 was bij deze punten ook nog sprake van sterke sedimentatie boven de norm.

De punten aan de zuidoostkant van de Hooge Platen (906-912, behalve 910) laten over het algemeen lichte erosie zien, binnen de norm. De erosie is hier 1 tot enkele centimeters per jaar. Enkel op punt 911 is sprake van lichte sedimentatie. In het vorige voortgangsrapport werd bij punt 907 en 908 nog een snelle verhoging waargenomen, waarvan werd opgemerkt dat deze reeds bij punt 908 reeds sinds 2005 gaande was.



Figuur 6-36: RTK-raai 2090 op de Hooge Platen Noord (Jentink, 2017c).

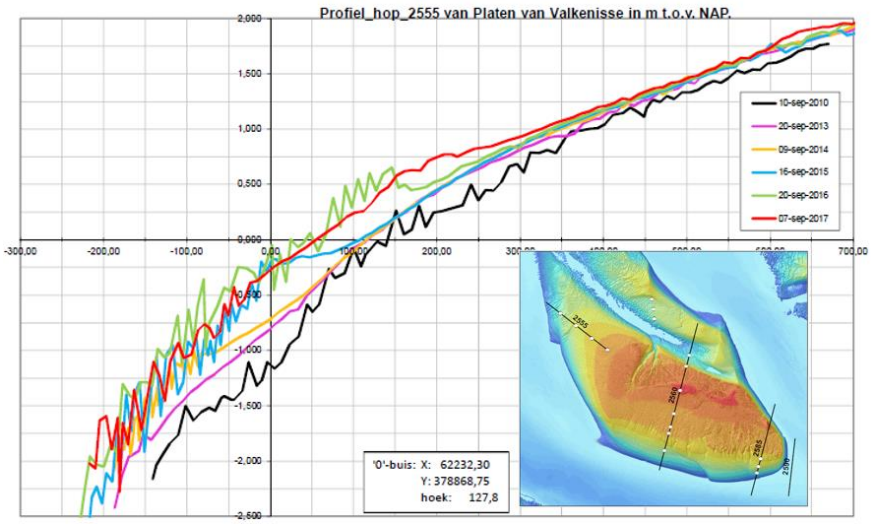
Plaat van Walsoorden



Figuur 6-37: Bathymetrie van plaatrandstortvak Plaat van Walsoorden in februari 2010 (links) en januari 2018 (midden) en de verschilkaart (rechts). Blauwe rechthoekjes zijn de ingezette stortvakken.

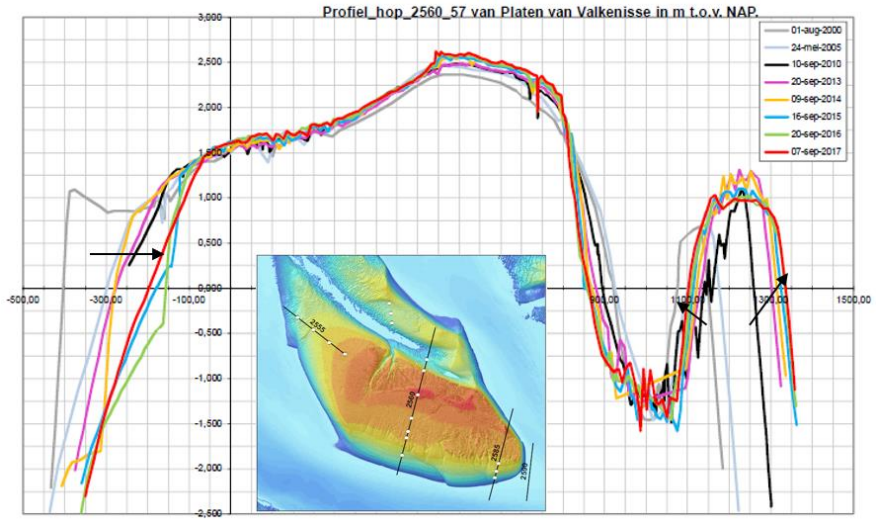
In 2010 is een grote megaduin aangelegd aan de westelijke plaatpunt van de Plaat van Walsoorden (bijna 4 Mm^3). Sindsdien zijn jaarlijks bijkomende stortingen uitgevoerd van rond de 0,5 Mm^3, waardoor tot en met het achtste vergunningsjaar in totaal bijna 7,4 Mm^3 sediment is gestort. De laatste jaren is het gestorte volume afgenomen en in het achtste

vergunningsjaar is nog 0,15 Mm^3 gestort. Onder invloed van de vloedstroom is het gestorte sediment dichter naar de plaatpunt gebracht (Figuur 6-37). Na de initiële stortingen vonden ook verder zuidwaarts plaats om sediment in de richting van de zuidelijke vloedschaar te laten migreren. De verschilkaart in Figuur 6-37 laat duidelijk zien hoe de noordwestkant van de Plaat van Walsoorden is aangegroeid tussen 2010 en 2017.



Figuur 6-38: RTK-raai 2555 op de Plaat van Walsoorden (Jentink, 2017d).

De RTK raai die op de westpunt gelegen is laat ook zien dat de punt van de plaat zelf, opwaarts van de storting, ophoging vertoont ten opzichte van de situatie in 2010 (Figuur 6-38). Het intergetijdenareaal op de plaatpunt neemt hierdoor verder toe. Deze ophoging vond tot 2015 voornamelijk plaats op het diepere gedeelte van de plaatpunt (onder 0 m NAP). Van 2015 tot 2017 is dit gedeelte stabiel gebleven en het hogere gedeelte van de plaatpunt, boven NAP, hoger geworden.

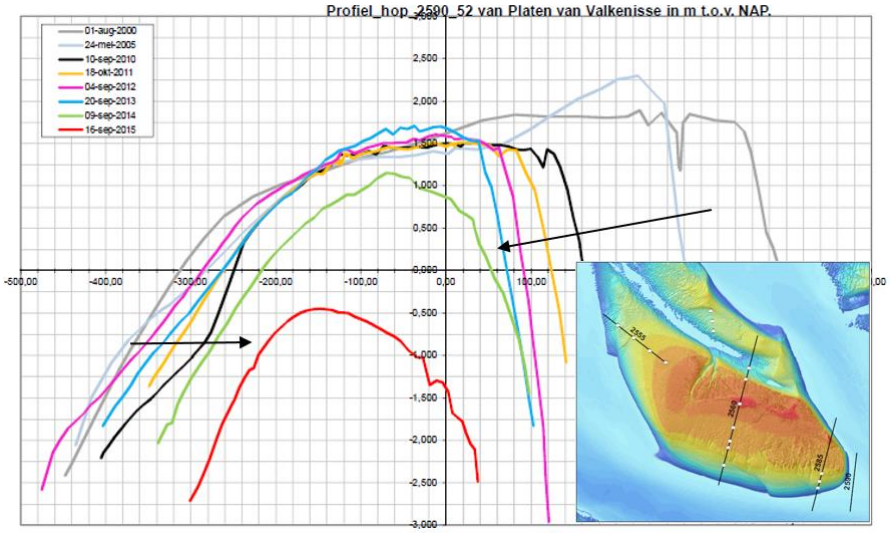


Figuur 6-39: RTK-raai 2560 op de Plaat van Walsoorden (Jentink, 2017d).

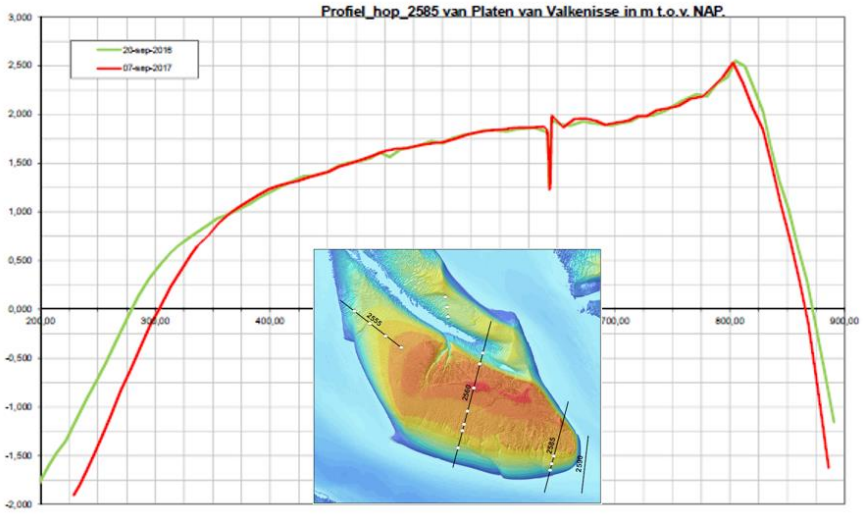
Centraal op de plaat laat RTK raai 2560 zien dat er hier beperkte ophoging van de plaat is (Figuur 6-39). De raai toont sinds 2000 een terugwijkende zuidelijke plaatrand. Van 2014-

2015 was het uitwaaierende erosief effect van de plaatval van eind 2013 duidelijk te zien in het profiel. Nadat er in 2016 nog erosie plaatsvond langs de zuidelijke plaatrand, is er in 2017 sprake van lichte sedimentatie. De noordelijke plaatrand wordt steiler en de vloedschaar is ten opzichte van 2000 verbreed, maar ten opzichte van 2010 voornamelijk naar het zuiden verplaatst. De zandtong ten noorden van de vloedschaar wordt hoger en breder en bouwt met name naar het noordoosten uit.

Aan de oostelijke plaatpunt vindt erosie plaats door het uitbochten van de nevengeul, wat duidelijk zichtbaar is bij raai 2590 (Figuur 6-40). Deze raai ligt inmiddels ten oosten van de plaat en werd in 2015 voor het laatst opgemeten. Sinds 2016 wordt raai 2585 opgemeten, die iets naar het westen ligt (Figuur 6-41). In 2017 is hier erosie van de noordelijke en zuidelijke plaatrand zichtbaar ten opzichte van 2016.



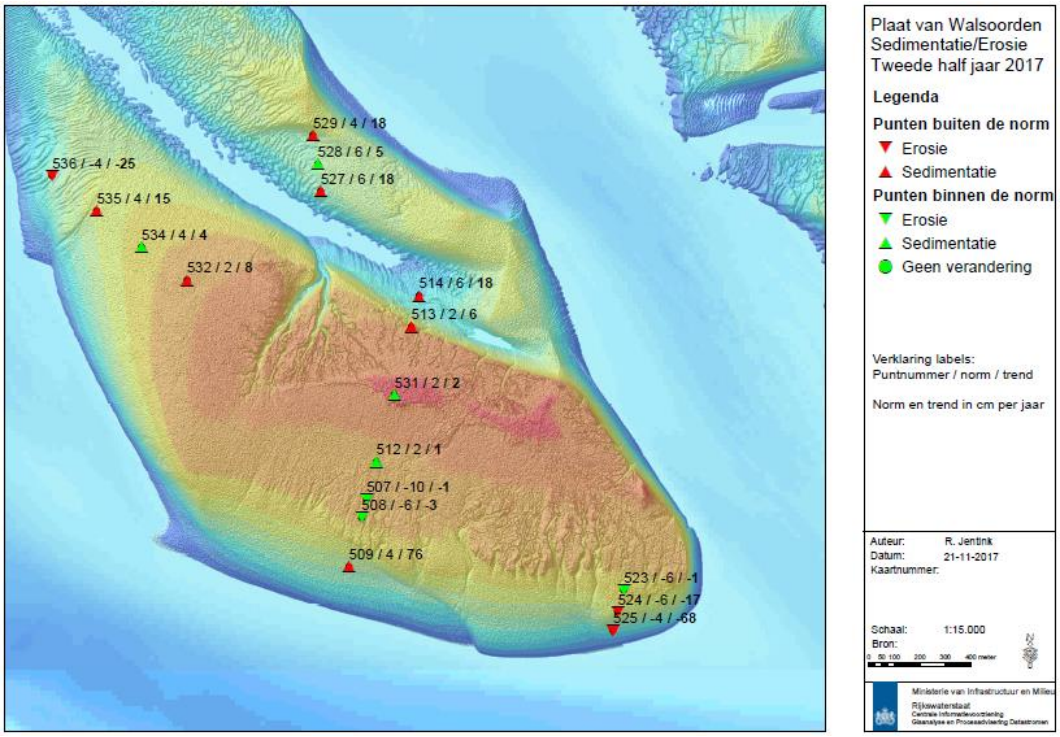
Figuur 6-40: RTK-raai 2590 op de Plaat van Walsoorden (Jentink, 2015).



Figuur 6-41: RTK-raai 2585 op de Plaat van Walsoorden (Jentink, 2017d).

De RTK meetpunten geven de evoluties ook op langere termijn weer. De erosie aan de oostelijke punt treedt op vanaf 2012. De oorspronkelijke meetpunten 501-506 liggen

inmiddels niet meer op de plaat. Bij meetpunt 523-525 meer naar het westen is vooral aan de zuidkant sterke erosie te zien, bij punt 525 is dit 68 cm per jaar (Figuur 6-42). Aan de noordwestelijke plaatpunt zijn grote veranderingen zichtbaar die buiten de norm liggen. Het meest noordwestelijke punt erodeert sterk, met 25 cm per jaar, terwijl de overige punten sedimenteren. Op het centrale deel van de Plaat van Walsoorden vindt lichte erosie en sedimentatie binnen de norm plaats. Aan de noordelijke en zuidelijke plaatrand vindt sterkere sedimentatie plaats die buiten de norm ligt. Aan de zuidrand wordt dit waarschijnlijk veroorzaakt door het herstel van de plaatrand na de plaatval van eind 2013. Op de noordelijke zandtong vindt sedimentatie plaats van 5 tot 18 cm per jaar.



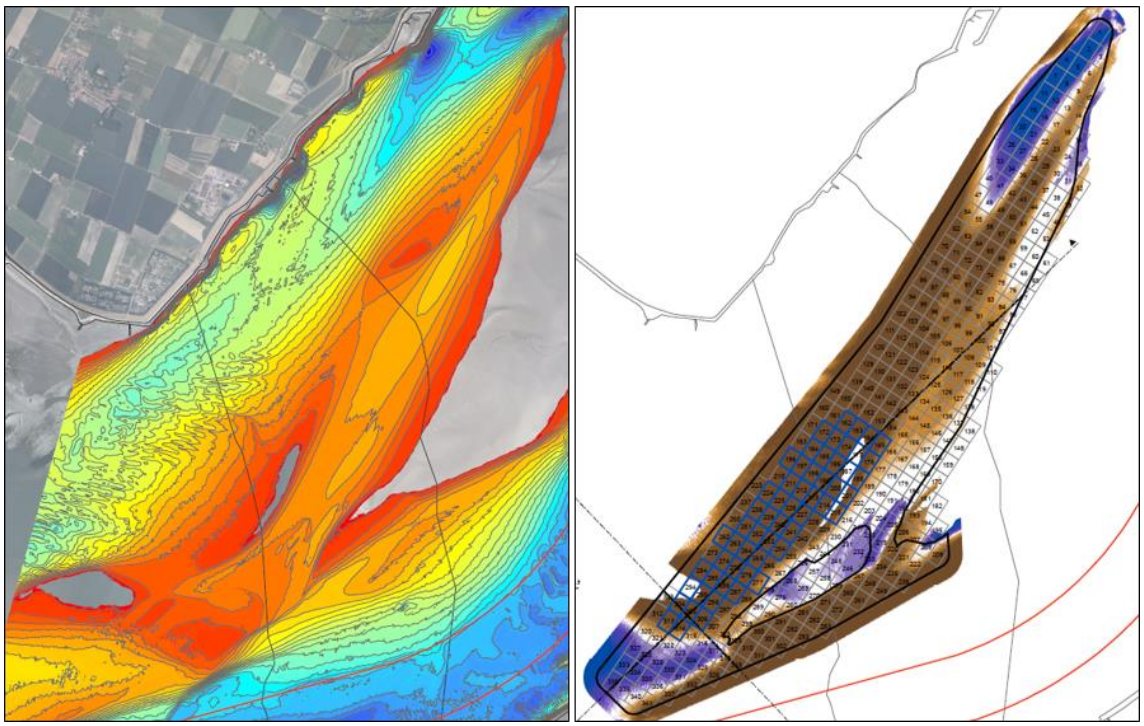
Figuur 6-42: Sedimentatie / erosie in de RTK meetpunten van de Plaat van Walsoorden voor de 2de helft van 2017 (Jentink, 2017d).

Rug van Baarland

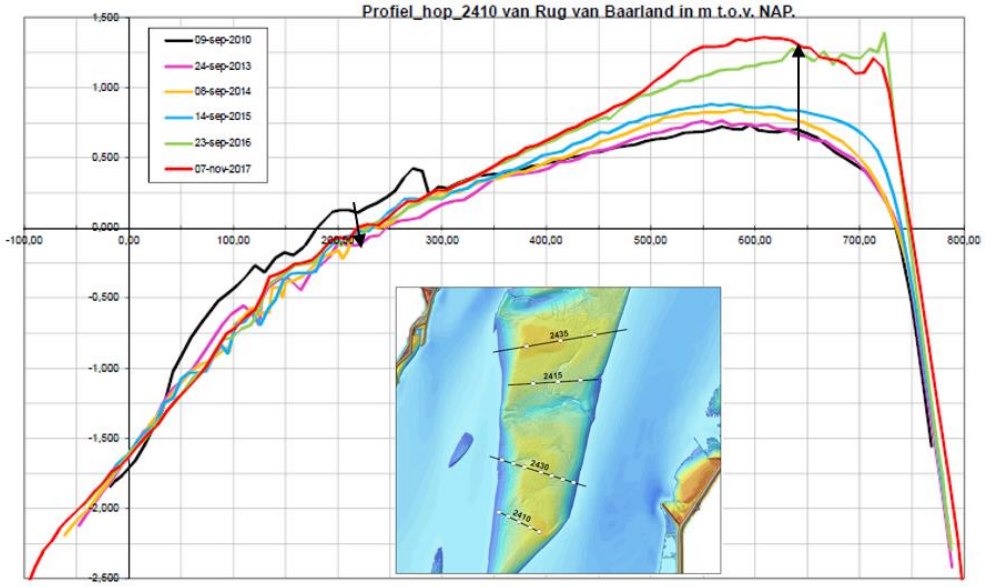
Het plaatrandstortvak Rug van Baarland is gelegen langs het Middelgat. Het werd enkel in de eerste twee vergunningsjaren als stortvak ingezet, in verband met bezorgdheid over de autonome die in het Middelgat zou leiden tot een te sterke afname van het nevengeulvolume.

De plaatrandstortingen worden wel in de maandelijkse rapportage voor het Overleg Flexibel Storten opgenomen, en laten zien dat sinds het beëindigen van de stortingen, de sedimentatie binnen het stortvak verder is doorgegaan: in de zone is 1,3 Mm^3 sediment gestort, en bijna 11,4 Mm^3 sedimentatie opgetreden tot mei 2017, het moment van de laatste peiling. De sedimentatie is het sterkst in de diepe delen, aan de zijde van de nevengeul (Figuur 6-43). 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.

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.



Figuur 6-43: Bathymetrie van plaatrandstortvak Rug van Baarland (mei 2017) en de verschilkaart met 2010. Blauwe rechthoekjes zijn de ingezette stortvakken.

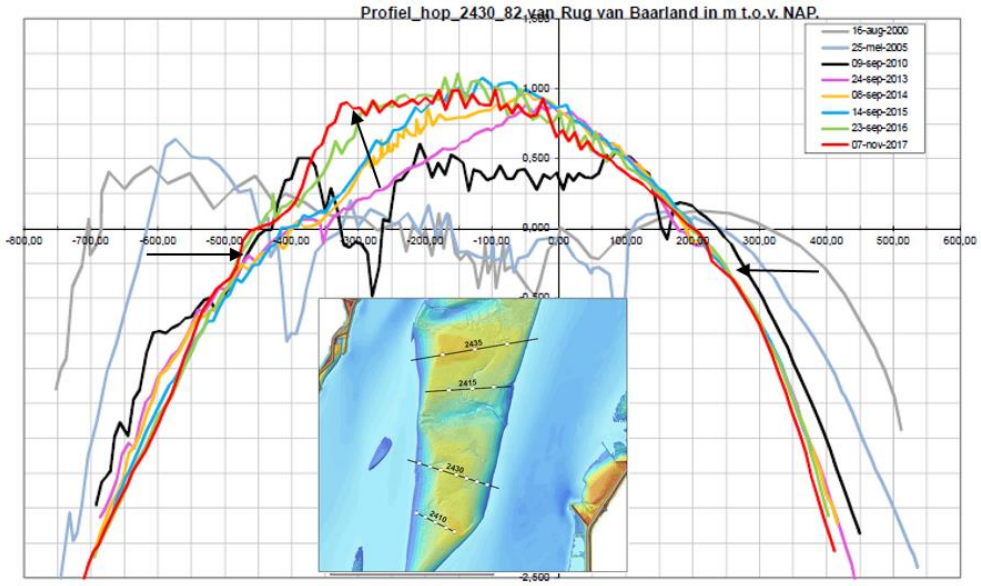


Figuur 6-44: RTK-raai 2410 op de Rug van Baarland (Jentink, 2017e).

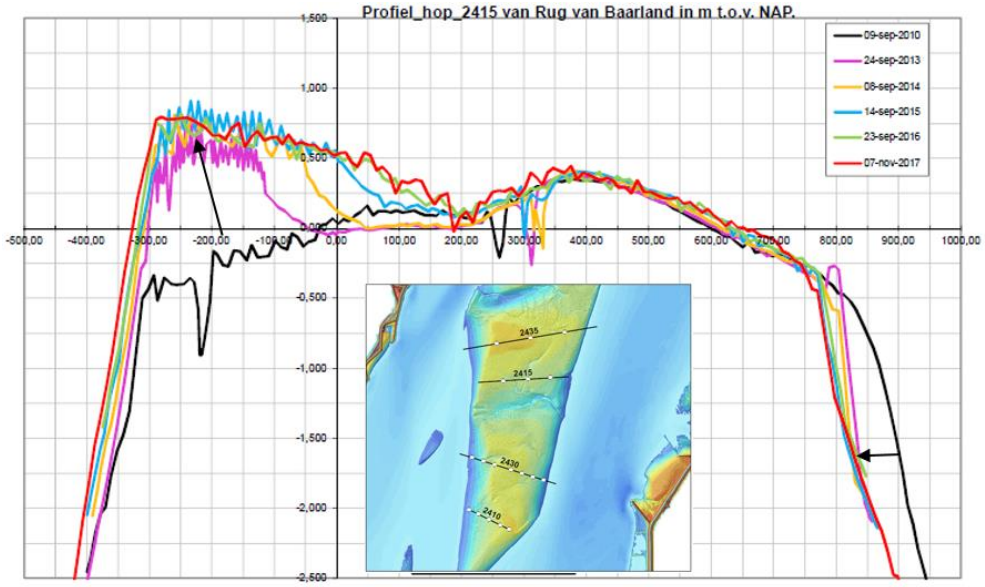
Op de plaat zelf vindt zowel erosie als sedimentatie plaats, zoals te zien is in de RTK raaien. Raai 2410 op het zuidelijk deel van de plaat vertoont erosie in het westen en

sedimentatie in het oosten (Figuur 6-44). Sinds 2015 is de sedimentatie aan de oostkant hier sterk toegenomen. De westkant van de plaat is hier de laatste jaren vooral stabiel.

Verder naar het noorden op de plaat vindt erosie van de oostelijke plaatrand plaats (Figuur 6-45, Figuur 6-46) door de Overloop van Hansweert. RTK raai 2430 laat ook van de westelijke plaatrand erosie zien en toont dus een versmalling en daarnaast een verhoging van de plaat (Figuur 6-46). De plaatranden zijn hier de laatste jaren redelijk stabiel gebleven, maar met name aan de westkant is wel sprake van sterke verhoging van de plaat. Raai 2415 toont een uitbreiding van de plaatrand naar het westen, met daarbij een verhoging van de westelijke helft van de plaat (Figuur 6-45), die zich de laatste jaren steeds naar het oosten heeft uitgebreid.

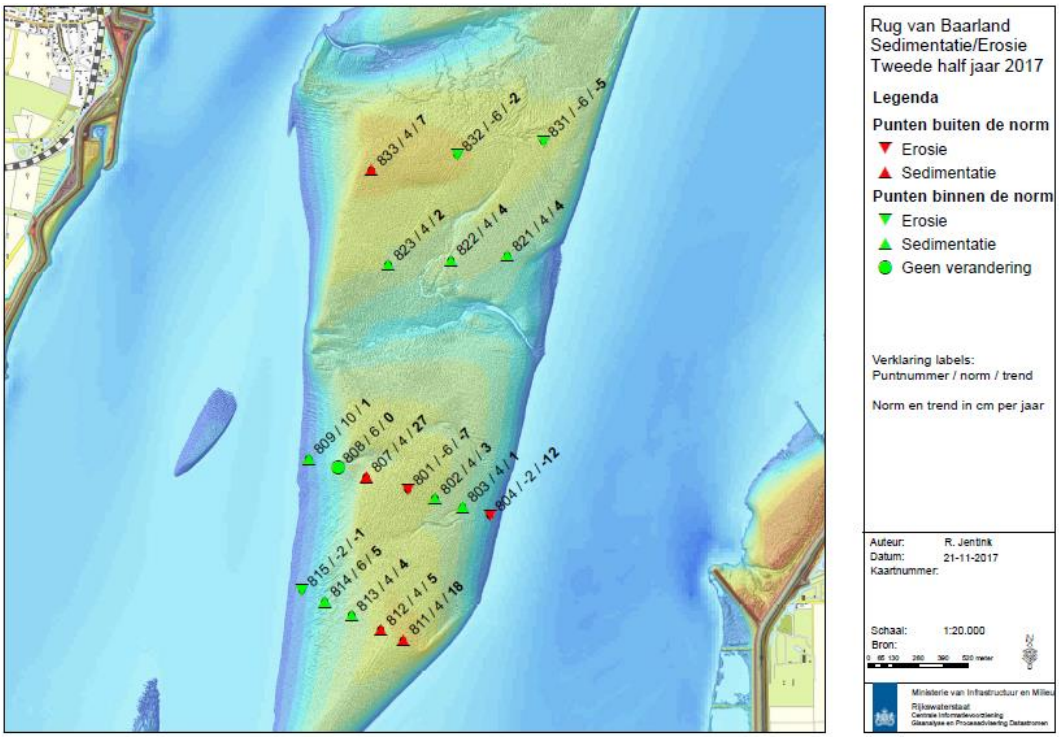


Figuur 6-45: RTK-raai 2430 op de Rug van Baarland (Jentink, 2017e).



Figuur 6-46: RTK-raai 2415 op de Rug van Baarland (Jentink, 2017e).

De RTK meetpunten ondersteunen dit gevarieerde beeld. Sedimentatie overheerst op de plaat, maar aan de zuidwestrand, de oostrand en centraal op de plaat vind erosie plaats (Figuur 6-47). Bij meetpunt 801 en 804 is deze erosie sterker dan de norm, tot 12 cm per jaar. Op punt 807, 811 en 812 vindt daarentegen sterke sedimentatie plaats, tot 27 cm per jaar, die ook buiten de norm ligt. In het noordelijke gedeelte van de plaat blijft de erosie/sedimentatie binnen de norm, afgezien van het noordwestelijke punt 833 waar sterke sedimentatie plaatsvindt.



Figuur 6-47: Sedimentatie / erosie in de RTK meetpunten van de Rug van Baarland voor de 2de helft van 2017 (Jentink, 2017e).

6.2.2 Schorranderosiemetingen (Westerschelde)

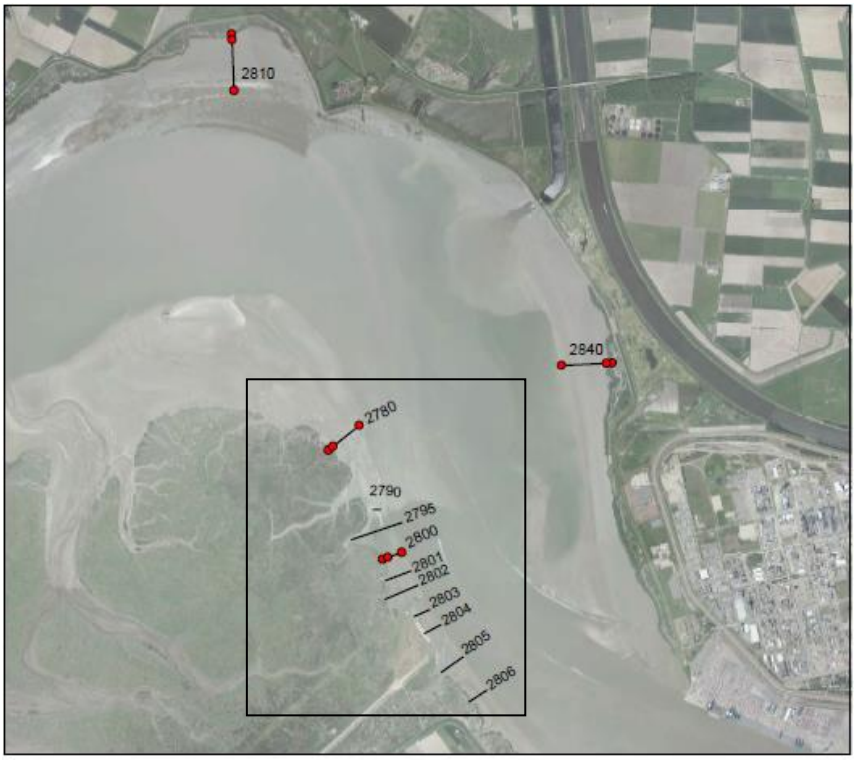
Jaarlijks worden raaimetingen uitgevoerd door Rijkswaterstaat op raaien loodrecht op de schorrand. Uit deze raaimetingen wordt ook de positie van de schorrand afgeleid. De metingen worden voorgesteld in twee soorten grafieken. Ten eerste worden de hoogtemetingen zelf weergegeven, met op de y-as de hoogte in NAP (bijv. Figuur 6-49). Voor de leesbaarheid van de grafiek is ervoor gekozen om alleen metingen vanaf 2000 te presenteren.

Bij locaties waar een duidelijk schorklif aanwezig is, wordt nog een tweede soort grafiek weergegeven (bijv. Figuur 6-50). Hierin wordt de ligging van het schorklif ten opzichte van 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 +0,5 m NAP en +1,5 m NAP bepaald. Dit zijn de lichtblauwe lijnen. Merk op dat deze controlepunten per locatie kunnen verschillen (bijv. +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; stijgt de blauwe lijn verder van het nulpunt dan sedimenteert het slik; en daalt de blauwe lijn richting het nulpunt dan erodeert het slik.

In Jentink *et al.* (2018) worden de schor-slikprofielen van de verschillende locaties langs de Westerschelde gepresenteerd. De ligging van de profielen is hier ook in aangeduid. In de volgende paragrafen worden de waargenomen ontwikkelingen in de verschillende slik- en schorgebieden besproken, in stroomafwaartse richting.

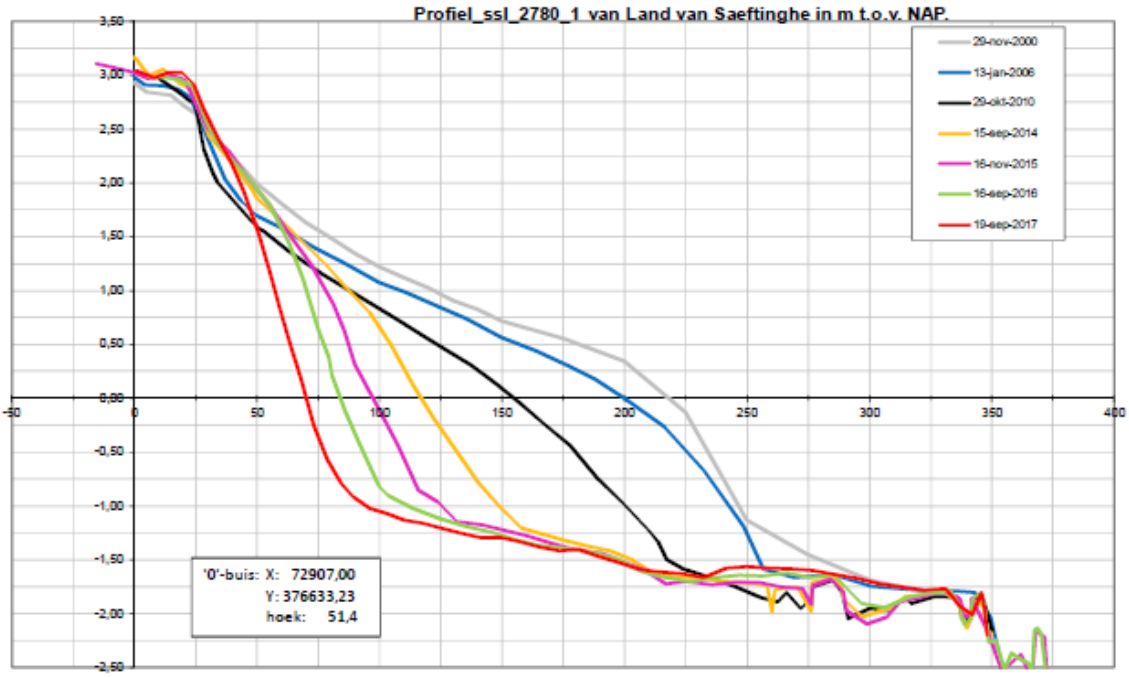
Land van Saeftinghe



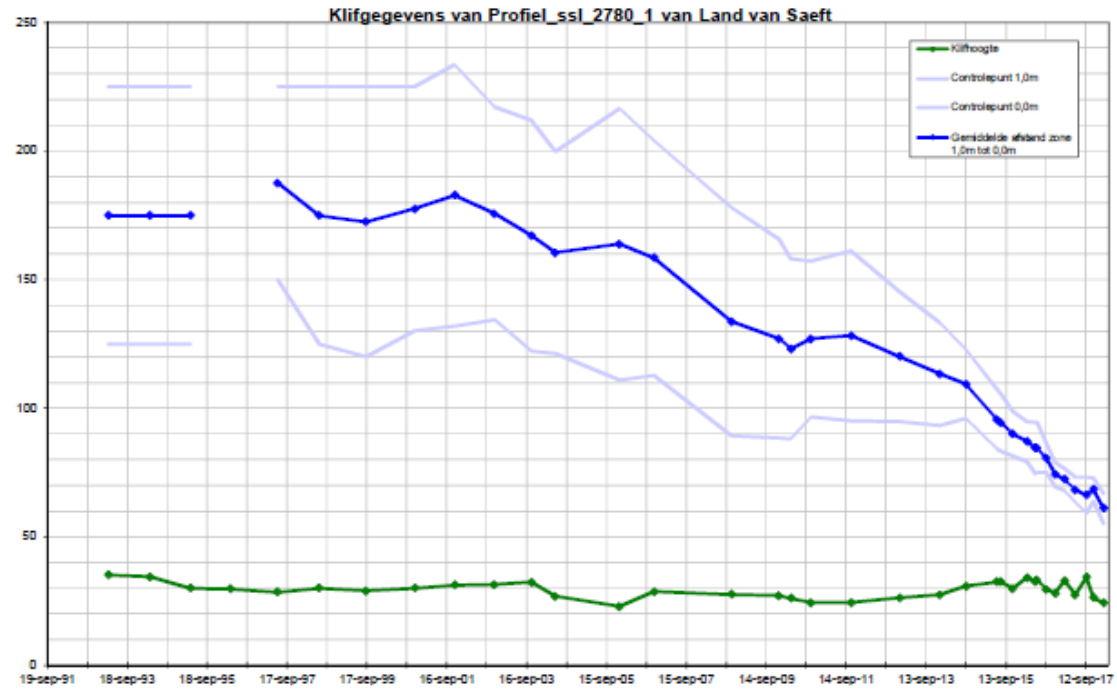
Figuur 6-48: Ligging profielen ter hoogte van het Land van Saeftinghe (Jentink et al.*, 2018).*

De schorranden bij het Land van Saeftinghe (Figuur 6-48) vertonen allen erosie (Figuur 6-49 tot Figuur 6-53). De helling van het slik wordt steiler, waardoor de oppervlakte van het slik afneemt. Profiel 2780 had van 2000 tot 2010 een convex-concave vorm, maar is nu geëvolueerd naar een concave vorm (Figuur 6-49). Hierbij trekt het slik zich sterk terug tussen -1,5 m en +1,5 m NAP en wordt de helling van het slik steeds steiler. Dit proces zet zich ook de laatste jaren nog voort. Tegelijkertijd treedt sedimentatie op net onder de schorrand van ongeveer +2 m tot +3 m NAP en is het schor zelf iets opgehoogd. Deze sedimentatie en ophoging zijn de laatste jaren echter vrijwel gestopt en er zijn slechts kleine veranderingen zichtbaar. Profiel 2790 is ten opzichte van 2000 van vorm veranderd en steiler geworden (Figuur 6-51). Er is nu sprake van een vrijwel verticale klif aan de schorrand van +0,5 m tot +3 m NAP. In recente jaren blijft de vorm van de schorrand hetzelfde, maar is er sprake van een terugtrekking van het volledige profiel tot ongeveer -1 m NAP. Profiel 2800 vertoont een vergelijkbaar beeld (Figuur 6-53). Ook hier is nu een verticale klif aanwezig aan de schorrand van +1 m tot +3 m NAP. De laatste jaren heeft vooral erosie plaatsgevonden van het profiel tussen +1 m en +2 m NAP. De hoogte van het

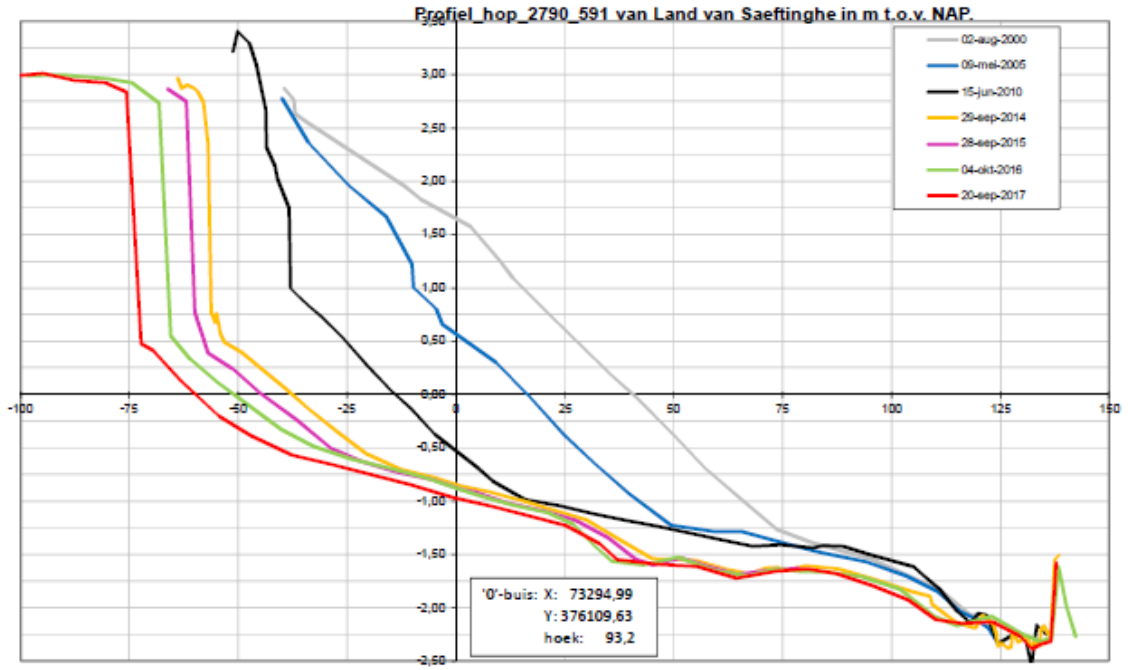
schor blijft hier stabiel. De dalende lijnen in de klifgrafieken (Figuur 6-50, Figuur 6-52, Figuur 6-54) geven ook duidelijk aan dat de oostelijke rand van het Land van Saeftinghe sterk erosief is. Dit bevestigt de bevindingen uit de bathymetrische verschilkaarten uit sectie 6.1.1.



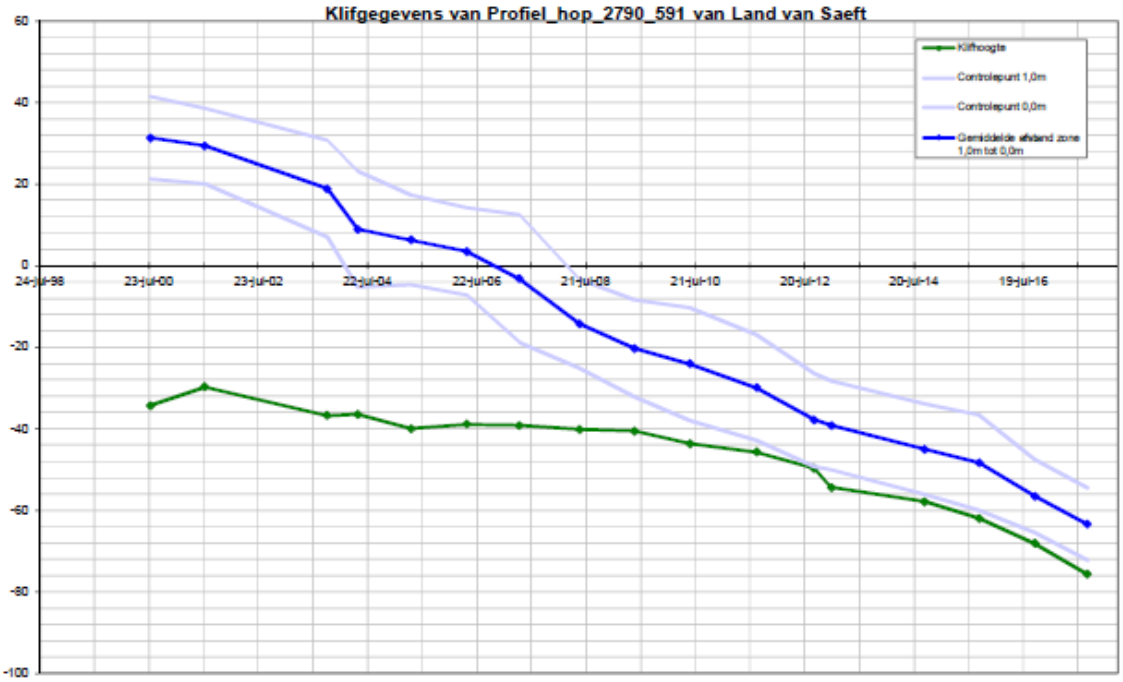
Figuur 6-49: Schor-slikprofiel 2780 van Land van Saeftinghe (Jentink et al.*, 2018).*



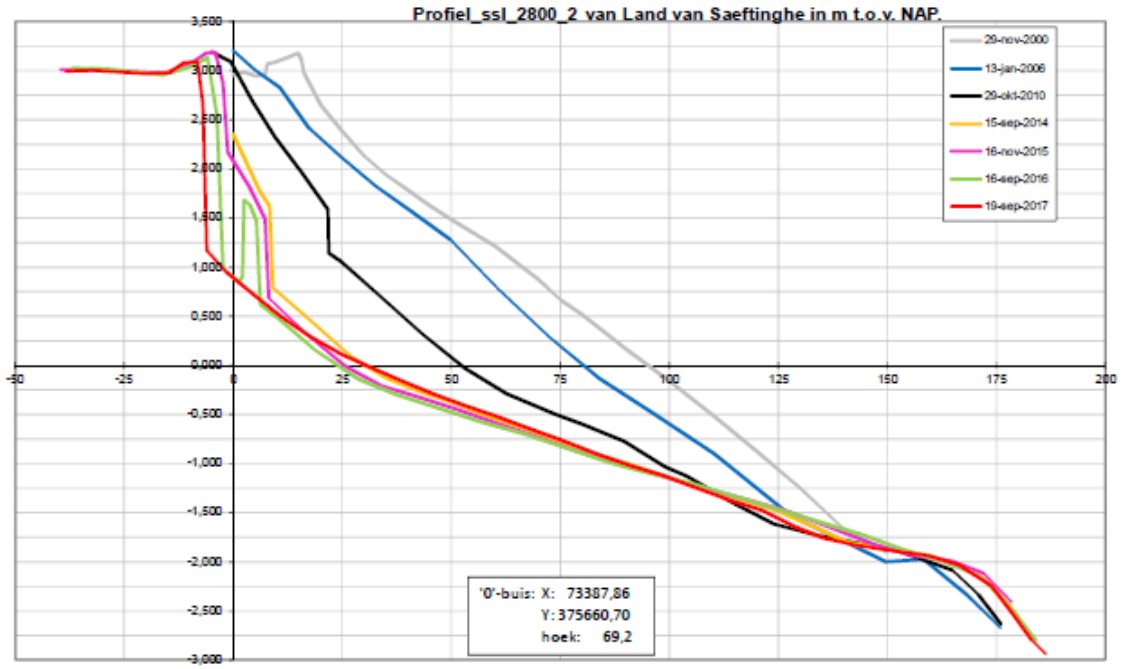
Figuur 6-50: Klifhoogte en gemiddelde afstand zone +1,0 m NAP en 0 m NAP voor profiel 2780 van Land van Saeftinghe (Jentink et al.*, 2018).*



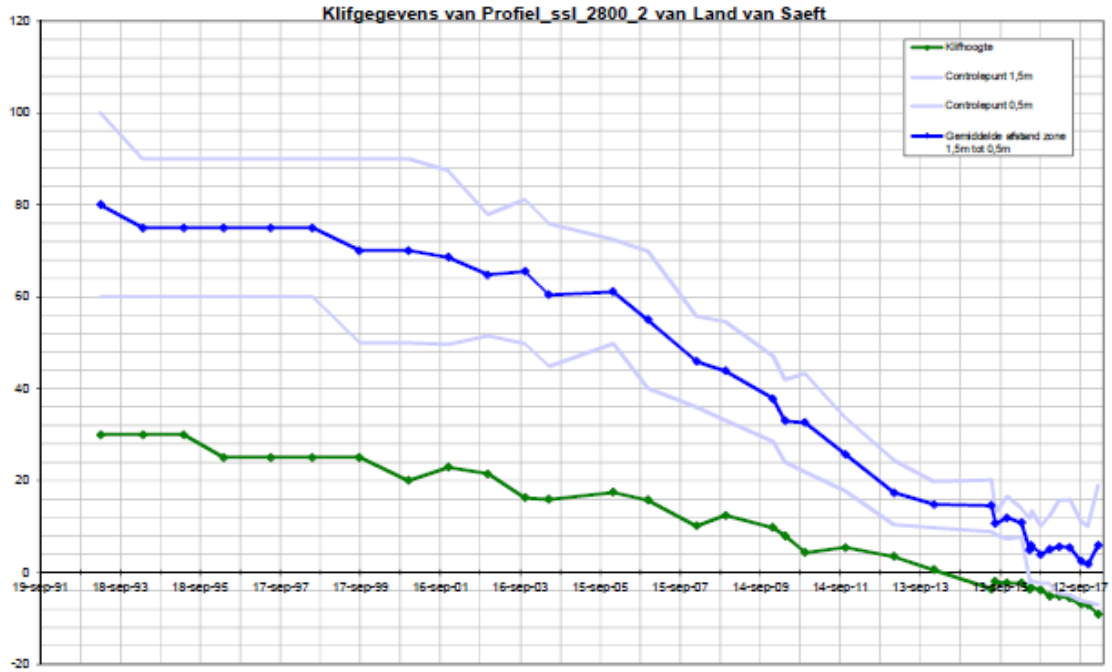
Figuur 6-51: Schor-slikprofiel 2790 van Land van Saeftinghe (Jentink et al.*, 2018).*



Figuur 6-52: Klifhoogte en gemiddelde afstand zone +1,0 m NAP en 0 m NAP voor profiel 2790 van Land van Saeftinghe (Jentink et al.*, 2018).*

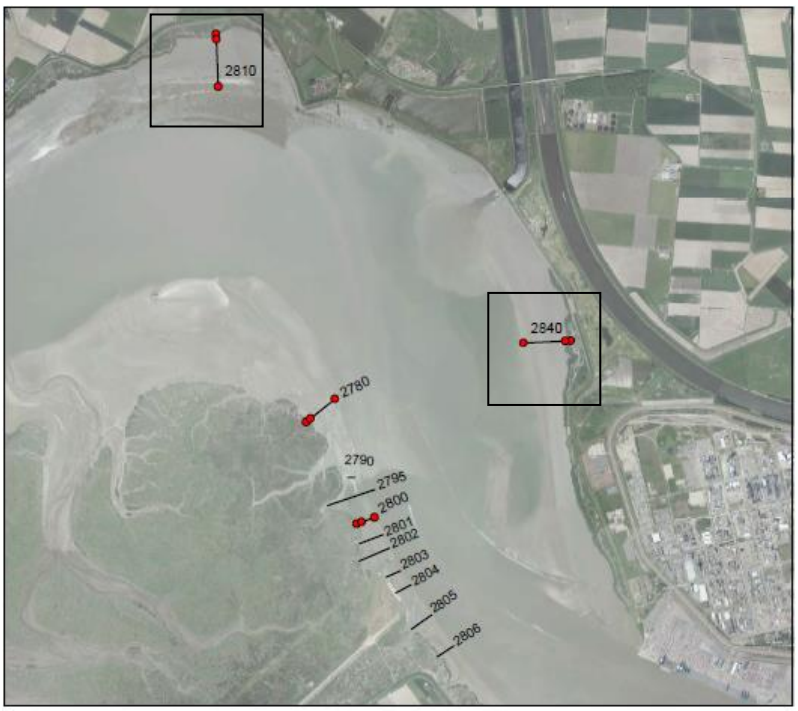


Figuur 6-53: Schor-slikprofiel 2800 van Land van Saeftinghe (Jentink et al.*, 2018).*



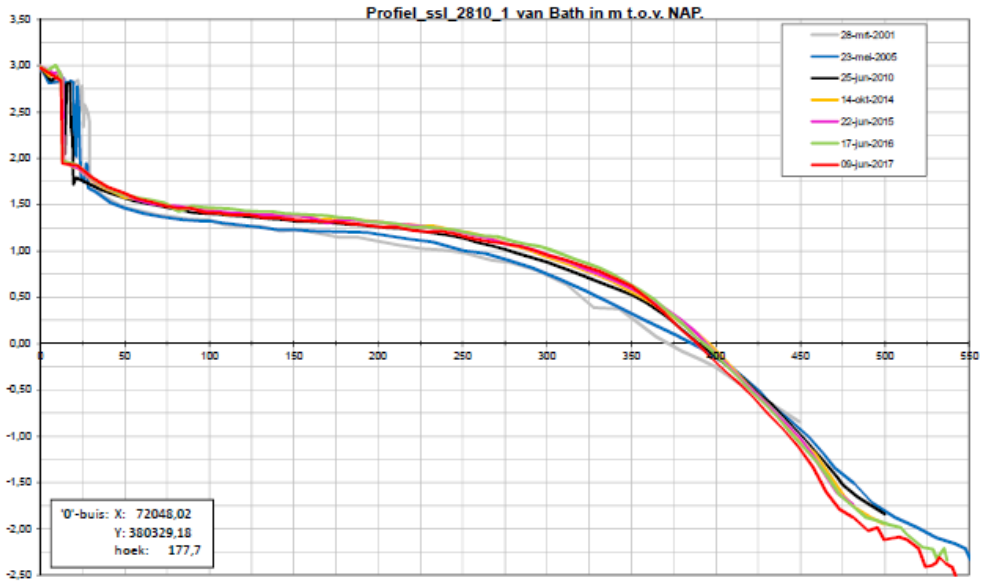
Figuur 6-54: Klifhoogte en gemiddelde afstand zone +1,5 m NAP en 0,5 m NAP voor profiel 2800 van Land van Saeftinghe (Jentink et al.*, 2018).*

Bath – Appelzak

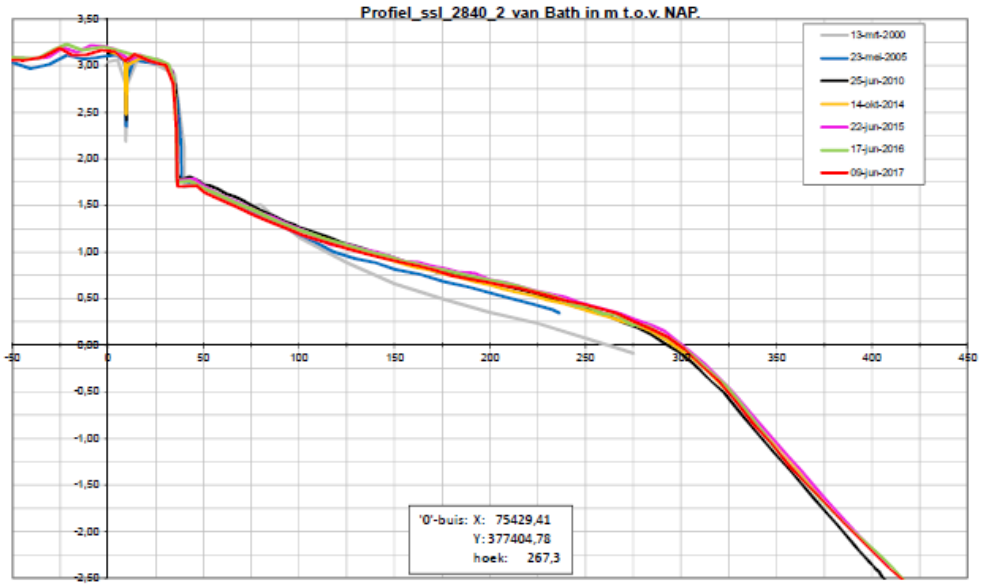


Figuur 6-55: Ligging profielen ter hoogte van Bath (Jentink et al.*, 2018).*

De schorrandprofielen bij Bath (Figuur 6-55) zijn relatief stabiel (Figuur 6-56, Figuur 6-57), in vergelijking van de oostelijke rand van het Land van Saeftinghe. Het slik vertoont lichte sedimentatie ten opzichte van 2001, die bij profiel 2810 voornamelijk tussen 2005 en 2010 plaats lijkt te hebben gevonden. De laatste jaren is het profiel vrij stabiel en in 2017 lijkt er sprake te zijn van lichte erosie ten opzichte van 2016. Daarnaast heeft de schorrand zich teruggetrokken sinds 2010, maar ook dit blijft de afgelopen jaren stabiel. Bij profiel 2840 blijft de schorrand stabiel en vindt lichte erosie plaats rond de +1,5 m NAP terwijl lager op het slik (rond +0,5 m NAP) juist lichte sedimentatie is.



Figuur 6-56: Schor-slikprofiel 2810 van Bath (Jentink et al.*, 2018).*



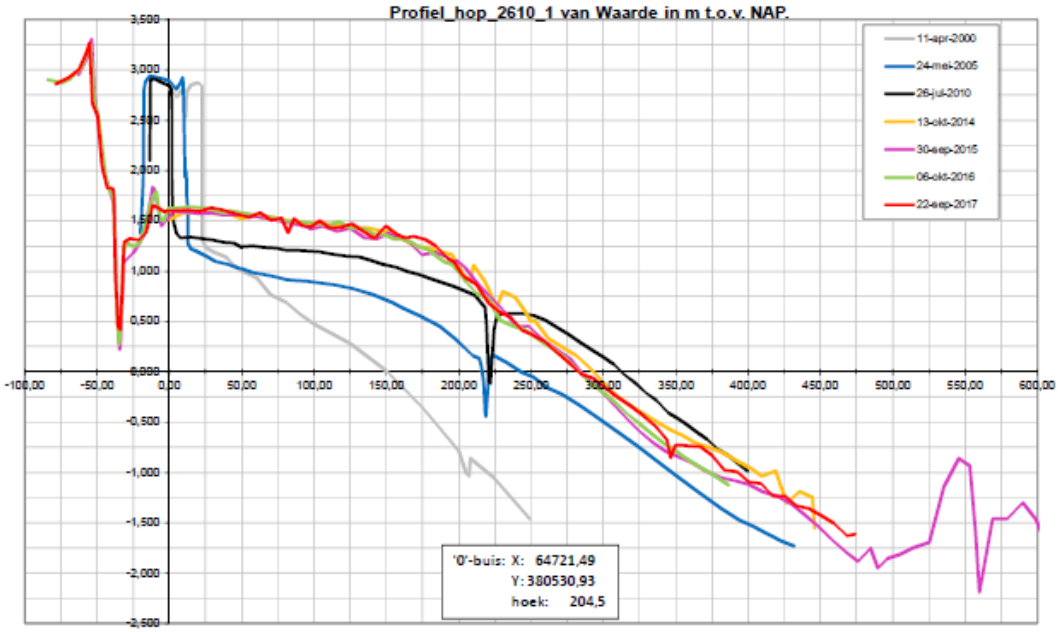
Figuur 6-57: Schor-slikprofiel 2840 van Bath (Jentink et al.*, 2018).*

Waarde

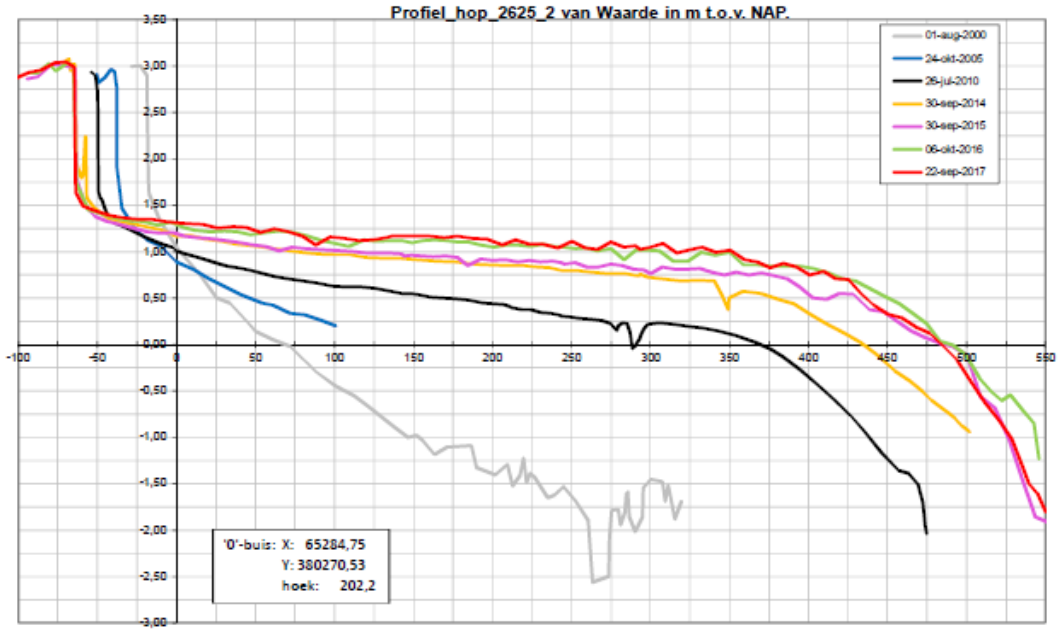
Figuur 6-58: Ligging profielen ter hoogte van Waarde (Jentink et al.*, 2018).*

Profiel 2610 bij Waarde (Figuur 6-58) vertoont door de jaren heen veel variatie met sterke erosie en sedimentatie (Figuur 6-59). De laatste jaren is het profiel echter redelijk stabiel. Tussen 2010 en 2014 vond een sterke terugtrekking van de schorrand plaats door de aanwezigheid van een geul. Het slik voor de schorrand is sinds 2000 sterk gesedimenteerd en uitgebreid. Profiel 2625 laat ook sterke sedimentatie en verbreding van het slik zien

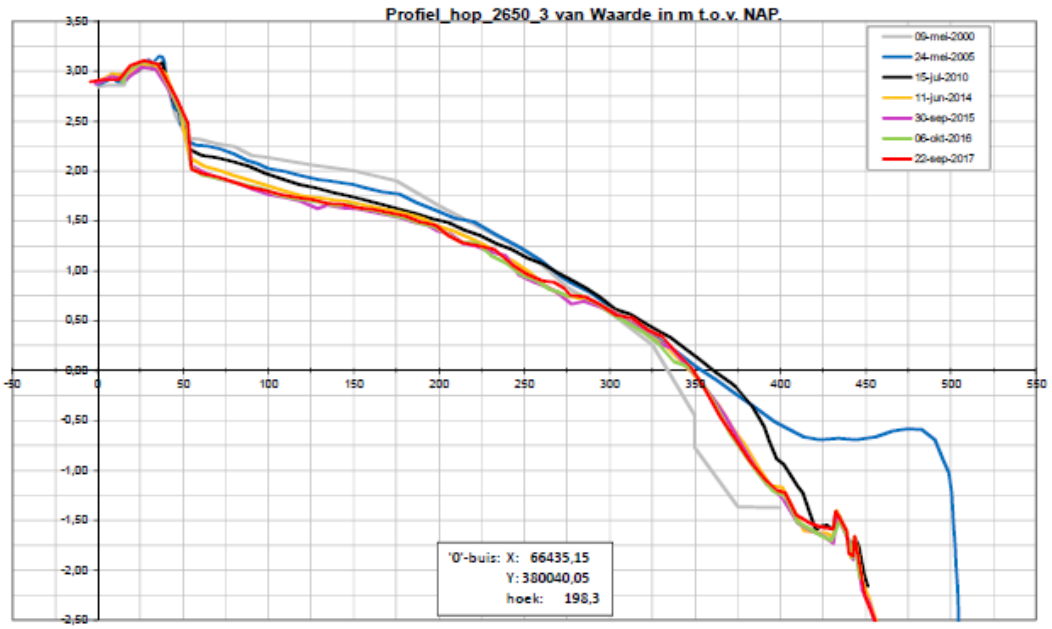
sinds 2000 (Figuur 6-60). De laatste jaren is het slik meer stabiel, maar de sedimentatie zet zich nog steeds voort. Tegelijkertijd is de schorrand teruggeschreden, maar ook dit is sinds 2014 meer stabiel. Het slik bij profiel 2650 is in tegenstelling tot de andere profielen bij Waarde in hoogte afgenomen van 2000 tot 2015 (Figuur 6-61). Sinds 2015 blijft het slikprofiel stabiel, en de schorrand is hier al sinds 2000 grotendeels stabiel.



Figuur 6-59: Schor-slikprofiel 2610 van Waarde (Jentink et al.*, 2018).*



Figuur 6-60: Schor-slikprofiel 2625 van Waarde (Jentink et al.*, 2018).*

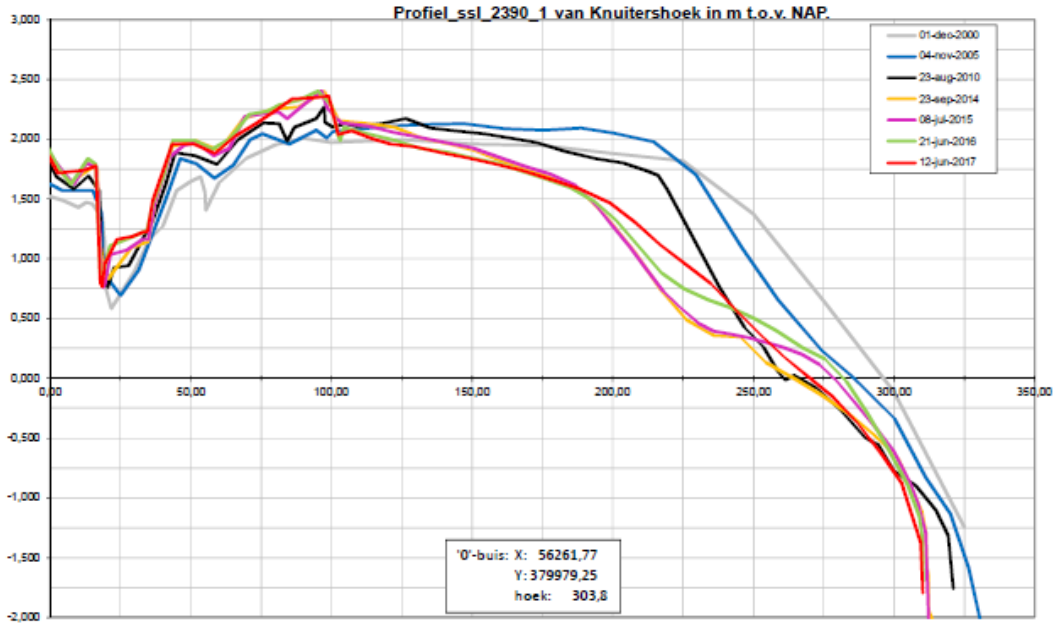


Figuur 6-61: Schor-slikprofiel 2650 van Waarde (Jentink et al.*, 2018).*

Knuitershoek (Ossenisse)

Figuur 6-62: Ligging profiel ter hoogte van Ossenisse (Jentink et al.*, 2018).*

Tot 2012 was bij het slik bij Ossenisse (Figuur 6-62) sprake van erosie tussen +0,25 m en +1,5 m NAP (IMDC, 2017b). Vervolgens bleef het slik hier stabiel, en tussen 2015 en 2017 heeft het slik zich weer uitgebreid (Figuur 6-64). Boven de +1,5 m NAP is nog altijd sprake van lichte erosie van het slik. Het laagste deel van het slik ondervond sedimentatie van 2010 tot 2016, maar is in 2017 weer geërodeerd. Het schor groeit sinds 2005 beperkt aan.



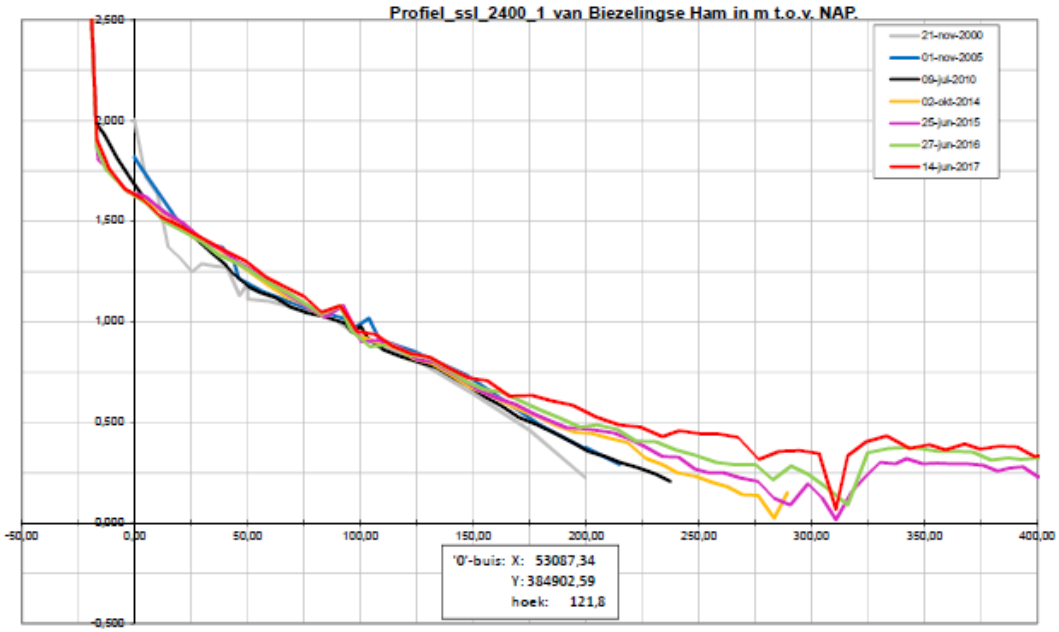
Figuur 6-63: Schor-slikprofiel 2390 van Knuitershoek/Ossenisse (Jentink et al.*, 2018).*

Biezelingse Ham

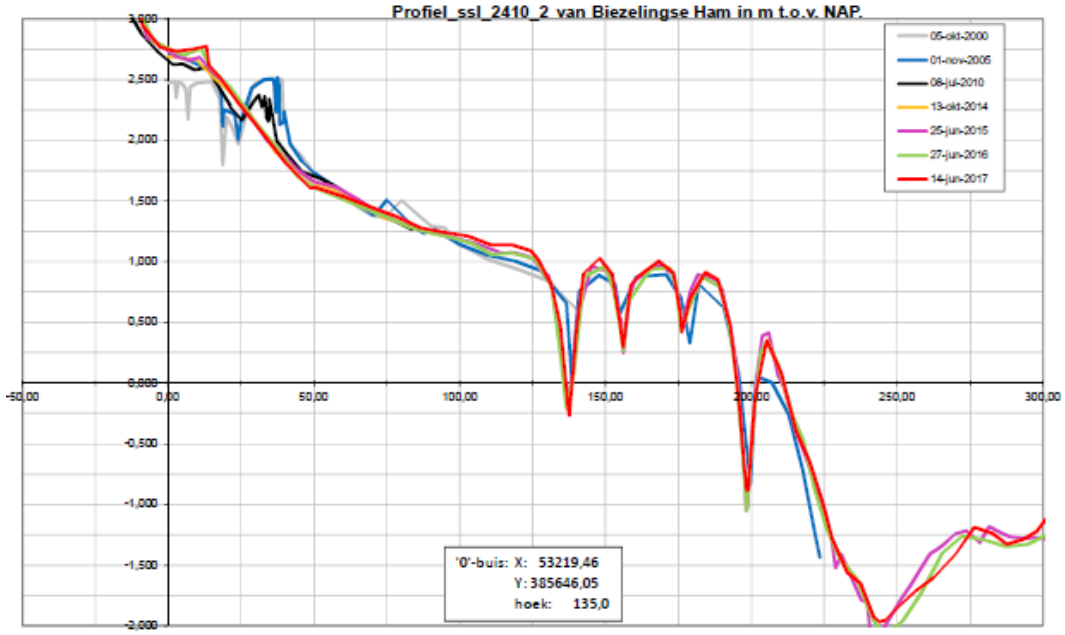
Figuur 6-64: Ligging profielen ter hoogte van Biezelingse Ham (Jentink et al.*, 2018).*

Het slik van profiel 2400 bij Biezelingse Ham (Figuur 6-64) sedimenteert in het laagste deel (onder 0,5 m NAP) sinds 2013 (Figuur 6-65). Ook hoger op het slik, tussen +1,0 en +1,5 m NAP vindt sedimentatie plaats. De schorrand is iets teruggetrokken van 2000 tot 2010, maar is de laatste jaren stabiel. Bij profiel 2410 is de drempel die eerder aanwezig was

sinds 2013 volledig verdwenen (Figuur 6-66). Op het slik worden de geultjes dieper en de drempels hiertussen hoger.



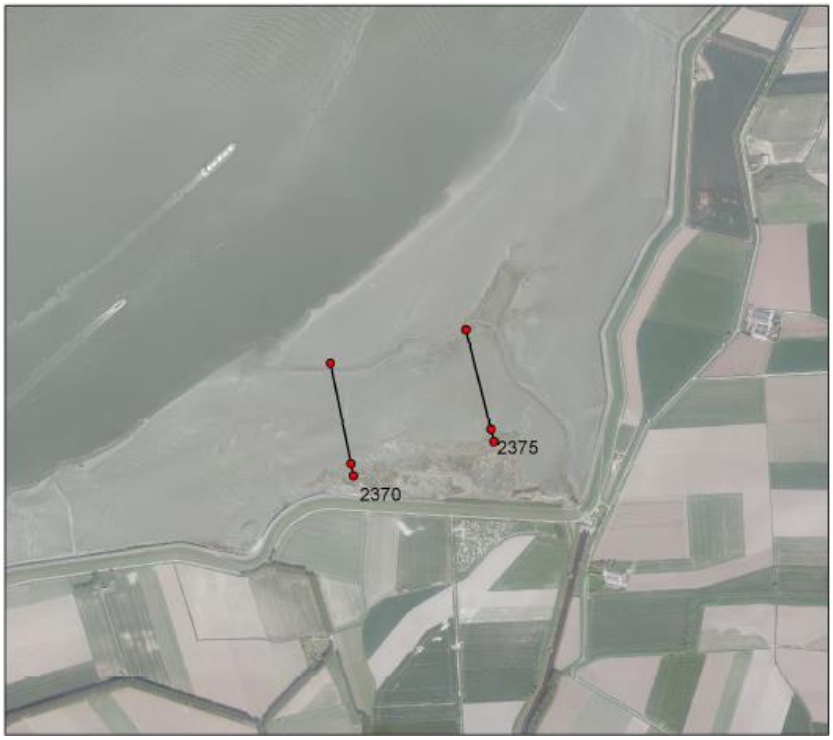
Figuur 6-65: Schor-slikprofiel 2400 van Biezelingse Ham (Jentink et al.*, 2018).*



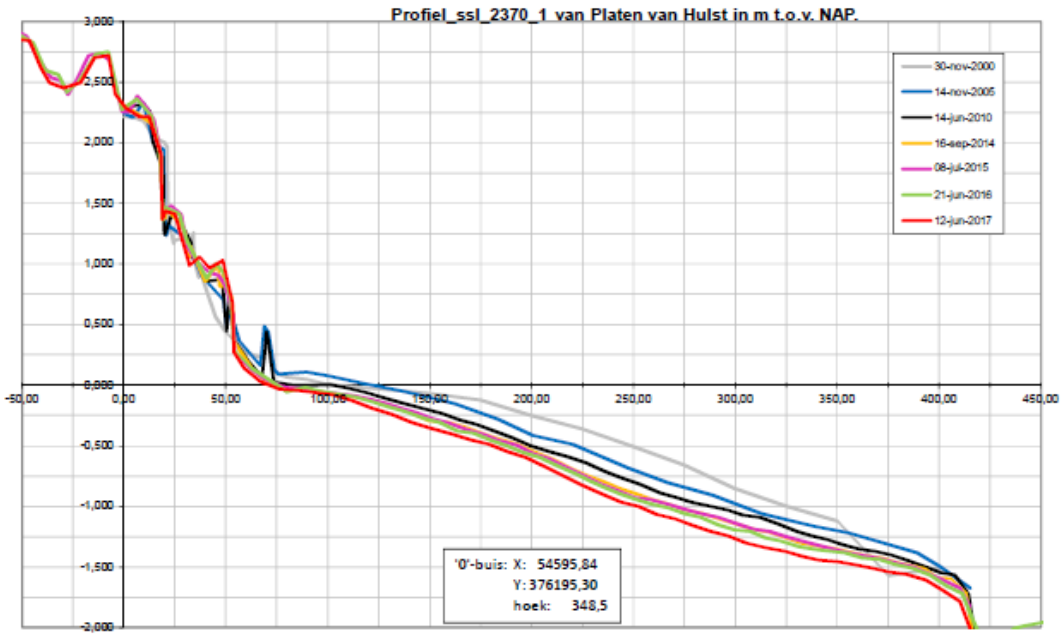
Figuur 6-66: Schor-slikprofiel 2410 van Biezelingse Ham (Jentink et al.*, 2018).*

Platen van Hulst

De profielen bij Hulst (Figuur 6-67) laten een algemene verlaging van het slikkengebied zien (Figuur 6-68). Deze evolutie zet zich ook in de meest recente jaren nog altijd voort. De positie van de schorrand blijft daarentegen stabiel.

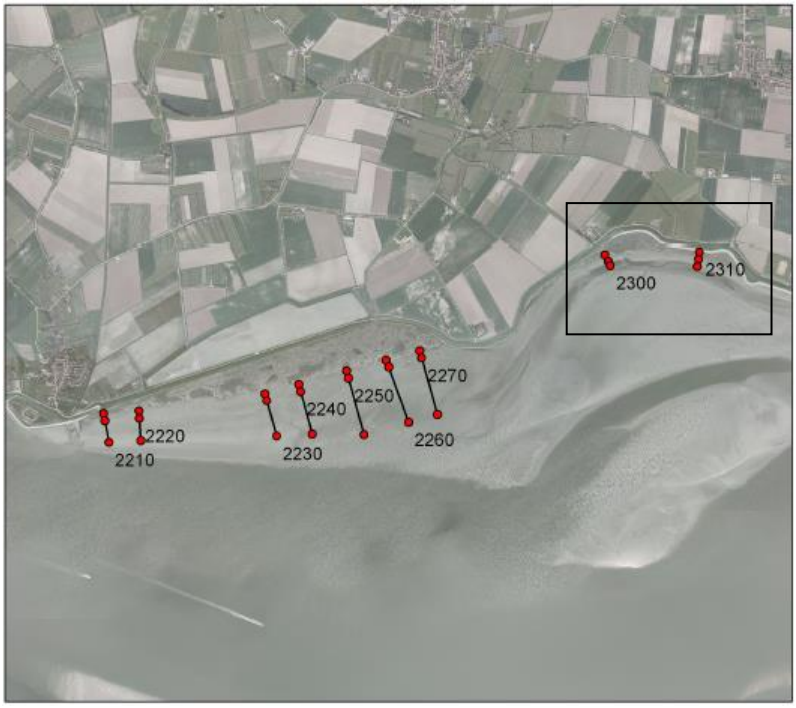


Figuur 6-67: Ligging profielen ter hoogte van Platen van Hulst (Jentink et al.*, 2018).*



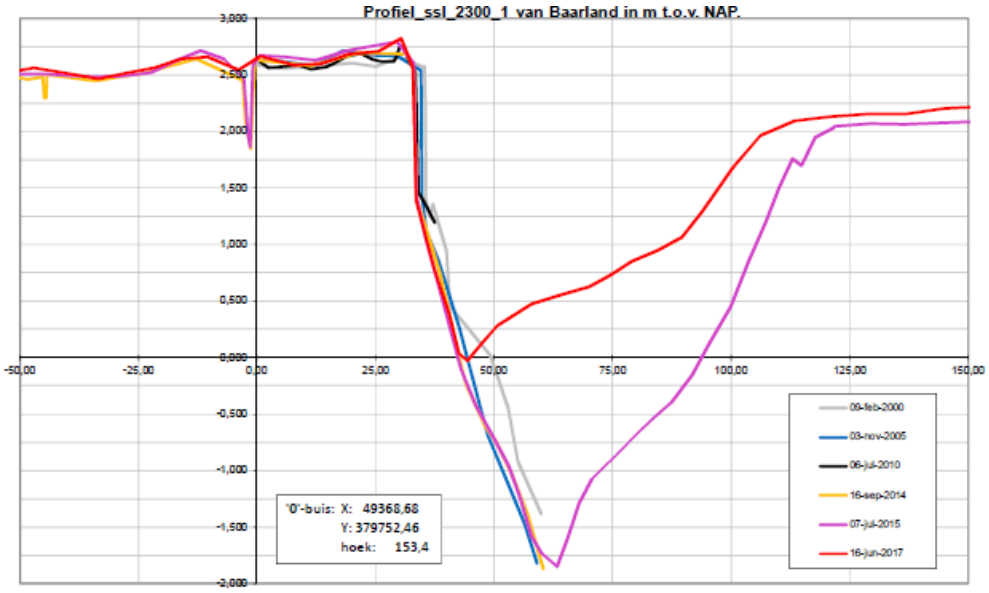
Figuur 6-68: Schor-slikprofiel 2370 van Platen van Hulst (Jentink et al.*, 2018).*

Baarland

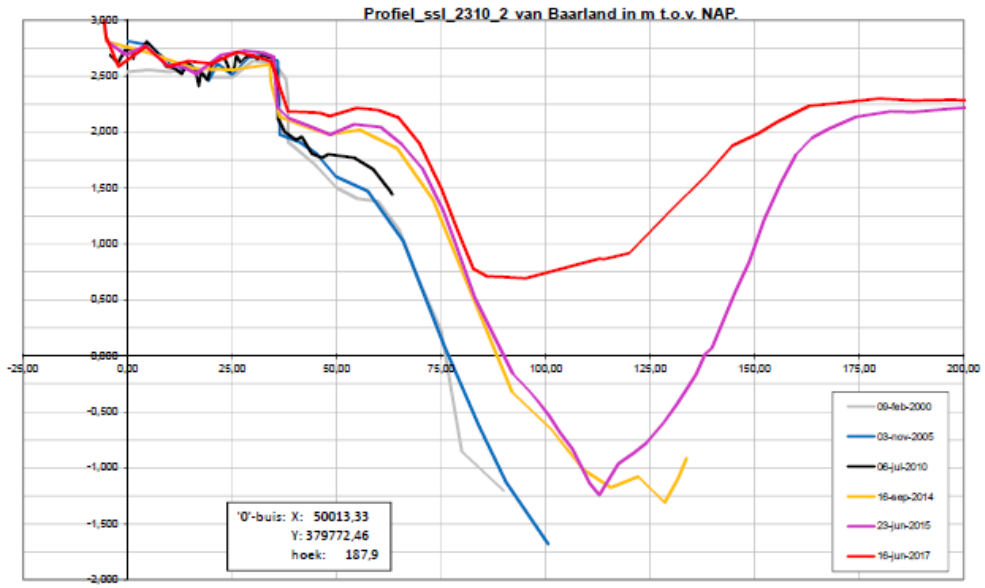


Figuur 6-69: Ligging profielen ter hoogte van Baarland (Jentink et al.*, 2018).*

De profielen bij Baarland, ten oosten van de Zuidgors (Figuur 6-69), laten beide in 2017 sterke sedimentatie van de geul en daarmee ophoging van het slik zien (Figuur 6-70, Figuur 6-71). Eerder lag het diepste punt bij profiel 2300 rond de -1,75 m NAP en bij profiel 2310 op -1,25 m NAP. Dit is nu toegenomen tot respectievelijk 0 m NAP en +0,75 m NAP. Bij beide profielen is de bodem dus 2 meter opgehoogd. Ook hoger op het slik heeft sedimentatie plaatsgevonden. De schorrand bij profiel 2300 vertoonde een terugwijkende trend tot 2013 en is de laatste jaren stabiel. Bij profiel 2310 is de schorrand al sinds 2005 stabiel.

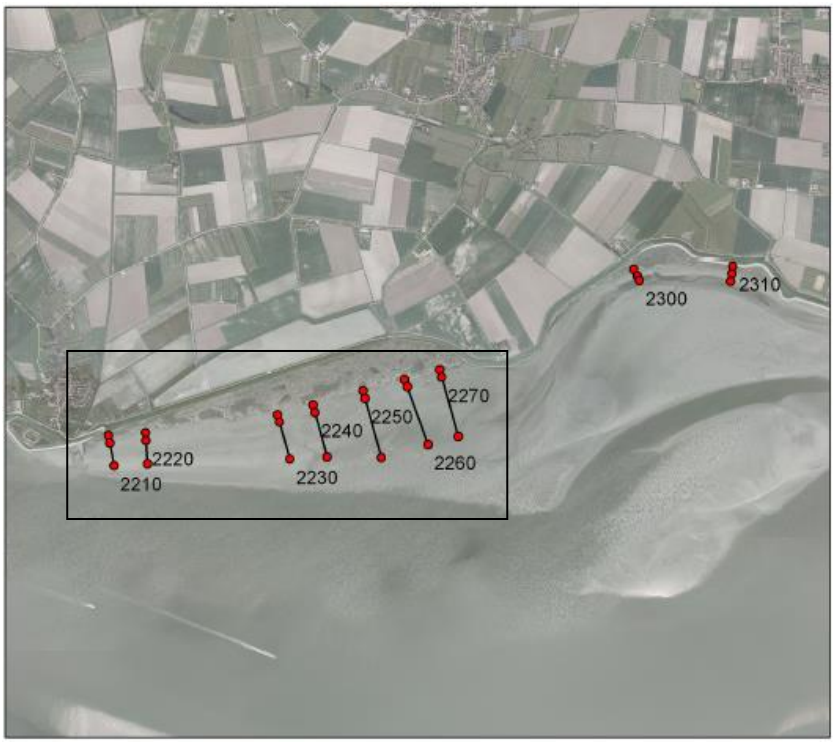


Figuur 6-70: Schor-slikprofiel 2300 van Baarland (Jentink et al.*, 2018).*



Figuur 6-71: Schor-slikprofiel 2310 van Baarland (Jentink et al.*, 2018).*

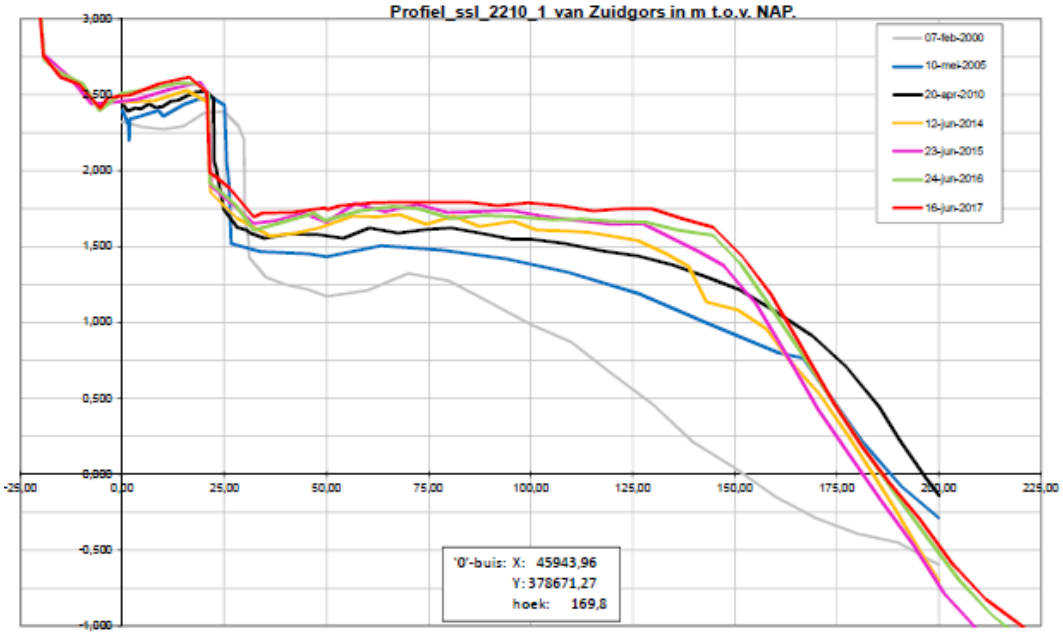
Zuidgors



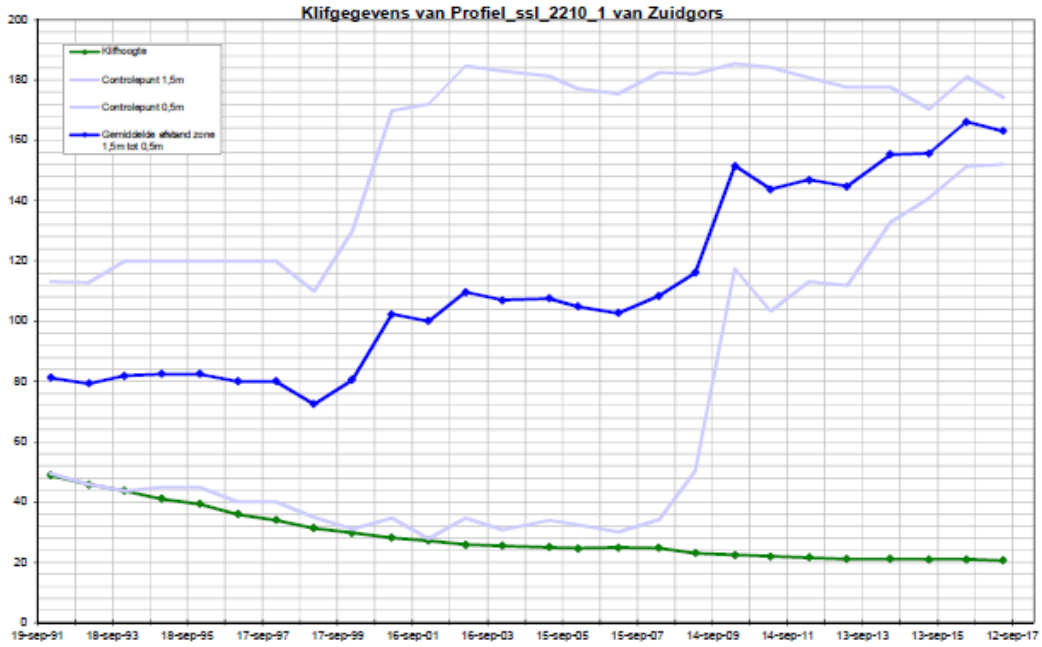
Figuur 6-72: Ligging profielen ter hoogte van Zuidgors (Jentink et al.*, 2018).*

De profielen op de Zuidgors (Figuur 6-72) laten consequent sedimentatie van het slik zien, waarbij een plateau wordt gevormd rond de +1,75 m NAP (Figuur 6-73, Figuur 6-75). De westelijke profielen, 2210 en 2220, erodeerden aan het diepere gedeelte tot 2015. Sinds 2015 vindt hier daarentegen weer sedimentatie plaats. Bij andere profielen, zoals profiel 2250, bouwt de rand van het slikplateau uit en is er sprake van sedimentatie in het diepere deel. Bij profiel 2250 en 2270 is geen duidelijke klifrand meer aanwezig en verloopt de

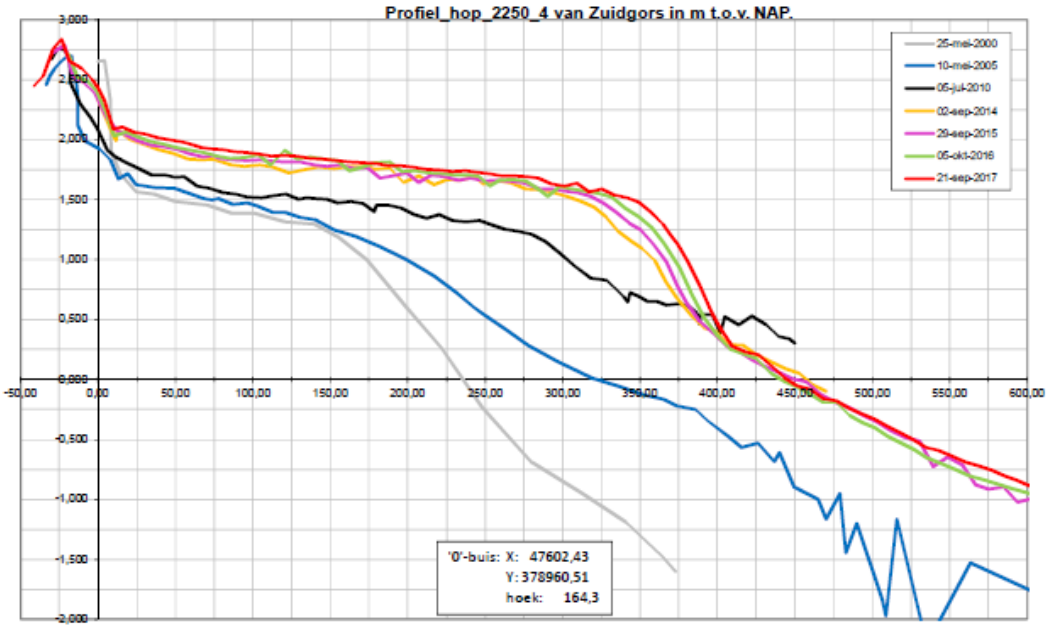
overgang van schor naar slik geleidelijk. Bij de overige profielen op de Zuidgors is een klifrand aanwezig die een terugtrekkende trend vertoont, maar sinds 2014 redelijk stabiel blijft.



Figuur 6-73: Schor-slikprofiel 2210 van Zuidgors (Jentink et al.*, 2018).*



Figuur 6-74: Klifhoogte en gemiddelde afstand zone +1,5 m NAP en 0,5 m NAP voor profiel 2210 van Zuidgors (Jentink et al.*, 2018).*



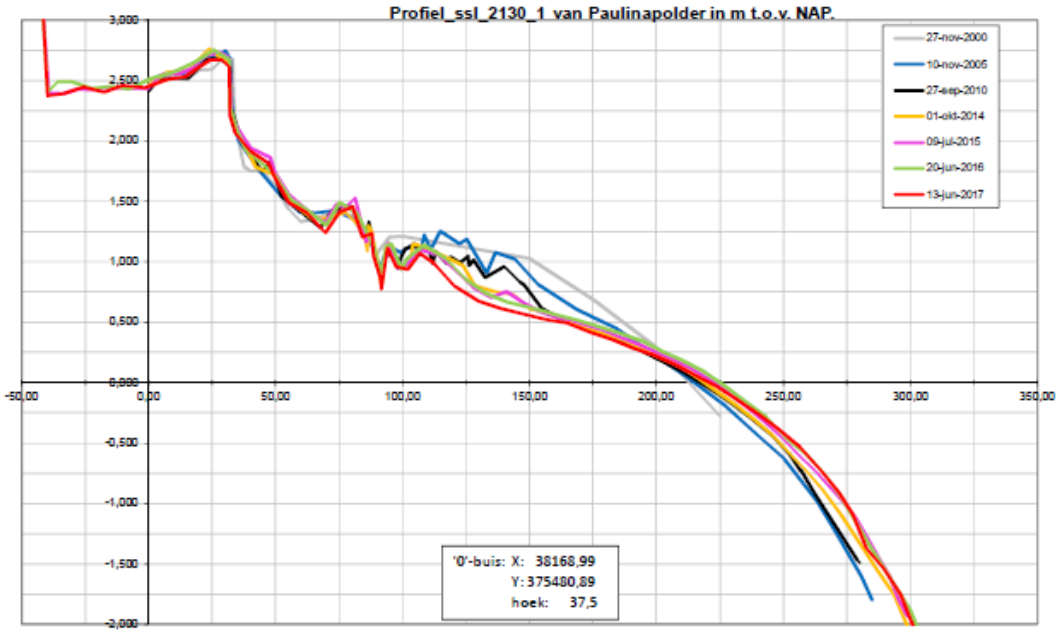
Figuur 6-75: Schor-slikprofiel 2250 van Zuidgors (Jentink et al.*, 2018).*

Paulinapolder

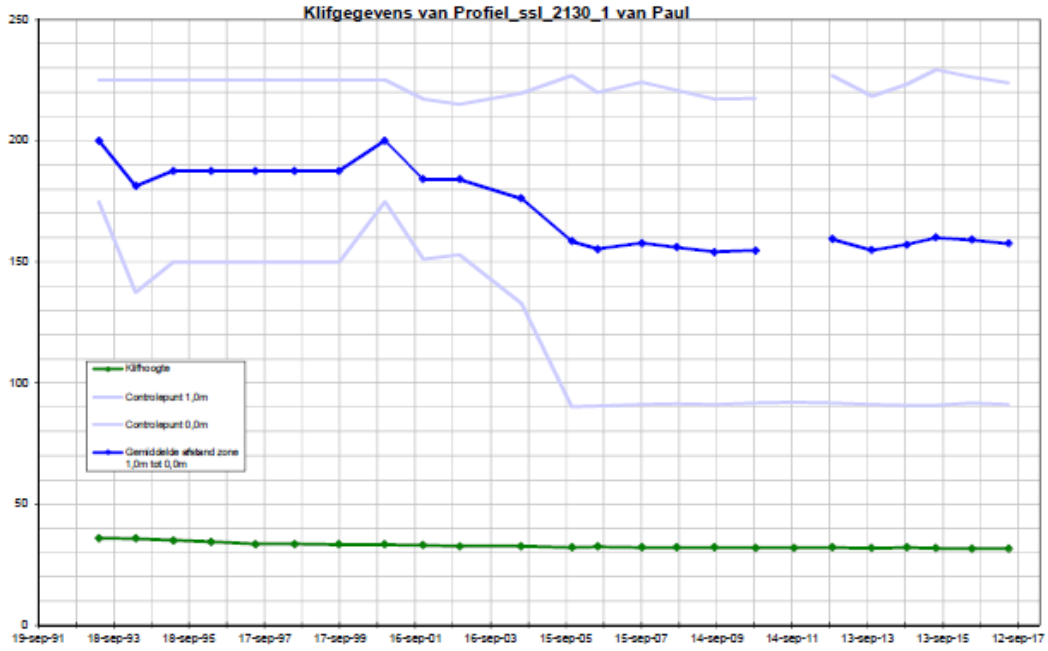
Figuur 6-76: Ligging profielen ter hoogte van Paulinapolder (Jentink et al.*, 2018).*

Het westelijk gelegen profiel 2130 bij Paulinapolder (Figuur 6-76) ondervond erosie van de slikken van 2000 tot 2012 (IMDC, 2017b), waarna het profiel vrij stabiel bleef tot 2016 (Figuur 6-77). Van 2016 tot 2017 vond weer erosie plaats op de slikken. In het diepere gedeelte, onder 0 m NAP is daarentegen sprake van lichte sedimentatie. Het slik bij profiel

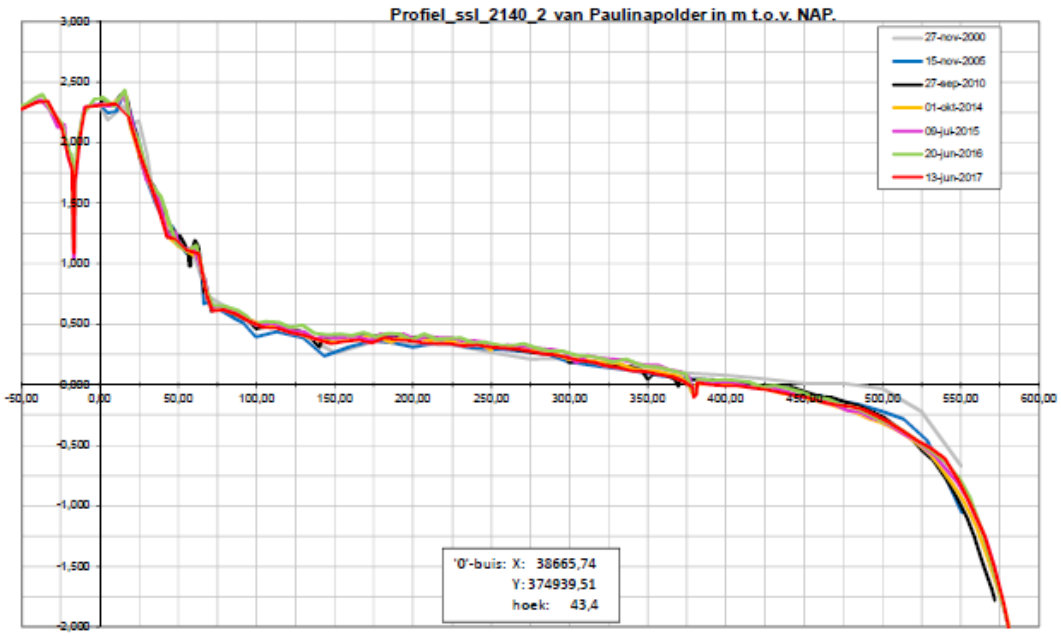
2140 vertoonde lichte sedimentatie van 2000 tot 2016, maar is in 2017 juist geërodeerd (Figuur 6-79). De schorrand bij beide profielen blijft reeds sinds 2005 stabiel.



Figuur 6-77: Schor-slikprofiel 2130 van Paulinapolder (Jentink et al.*, 2018).*



Figuur 6-78: Klifhoogte en gemiddelde afstand zone +1,0 m NAP en 0 m NAP voor profiel 2130 van Paulinapolder (Jentink et al.*, 2018).*



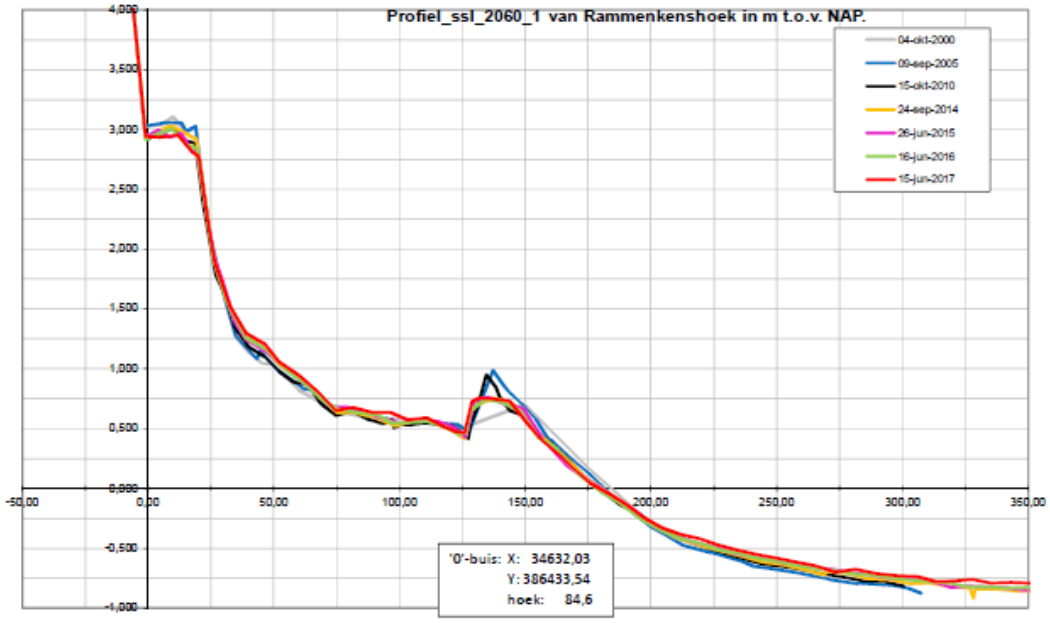
Figuur 6-79: Schor-slikprofiel 2140 van Paulinapolder (Jentink et al.*, 2018).*

Rammekenshoek

Figuur 6-80: Ligging profielen ter hoogte van Rammekenshoek (Jentink et al.*, 2018).*

De profielen van het slik bij Rammekenshoek (Figuur 6-80) laten over het algemeen lichte sedimentatie zien (Figuur 6-81). In het voorland is wel sprake van erosie aan een drempel, die daarnaast ook een terugschrijdende trend vertoont. De hoogte van de drempel is de laatste jaren stabiel, maar de terugtrekking zet zich nog wel voort. Hierdoor wordt de lijzijde

van de drempel steiler. Het schor is sinds 2005 licht geërodeerd, en ook de laatste jaren zet deze trend zich voort. De schorrand blijft daarentegen stabiel.



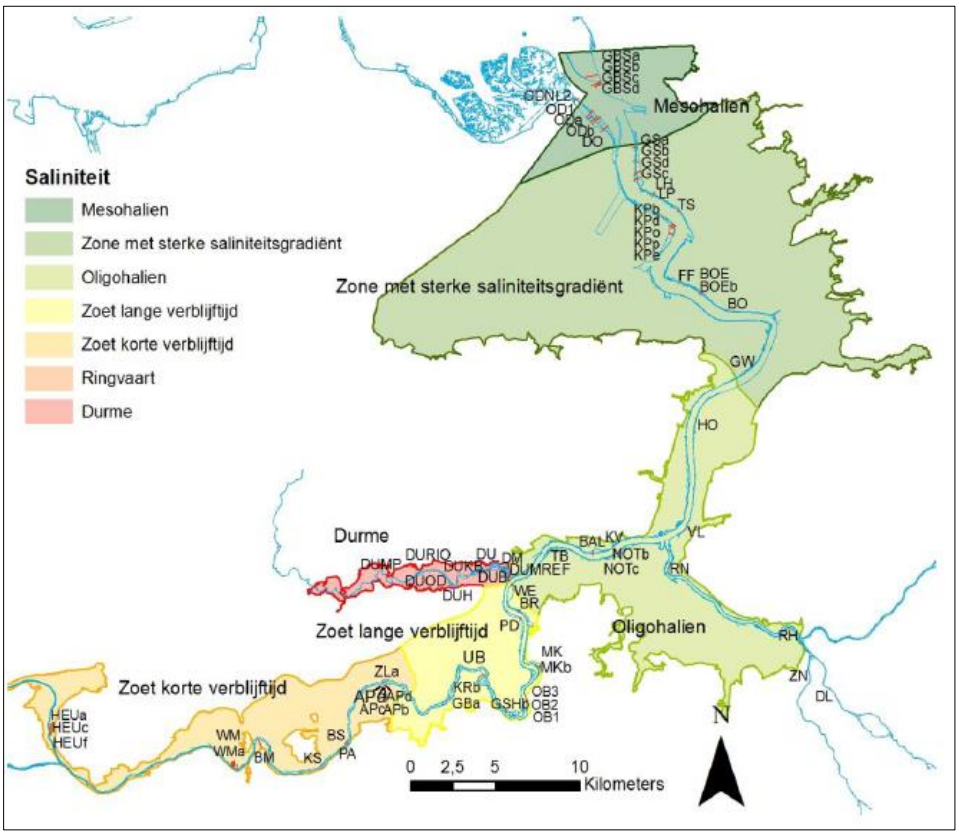
Figuur 6-81: Schor-slikprofiel 2060 van Rammekenshoek (Jentink et al.*, 2018).*

6.2.3 Schor-slikraaien Beneden-Zeeschelde

Jaarlijks wordt door het INBO in het kader van het Uitvoeringsplan MONEOS-T langs de Zeeschelde vaste dwarsraaien op het schor en slik (Figuur 6-82) ingemeten om hoogteveranderingen in de tijd met een zo groot mogelijke verticale resolutie in kaart te brengen. In de Beneden-Zeeschelde zijn 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 zijn niet standaard in de jaarlijkse meetcampagnes opgenomen maar worden op een lagere frequentie om de 2-3 jaar ingemeten (raaitype ‘aanvullend’) of ad hoc (raaitype ‘optioneel’).

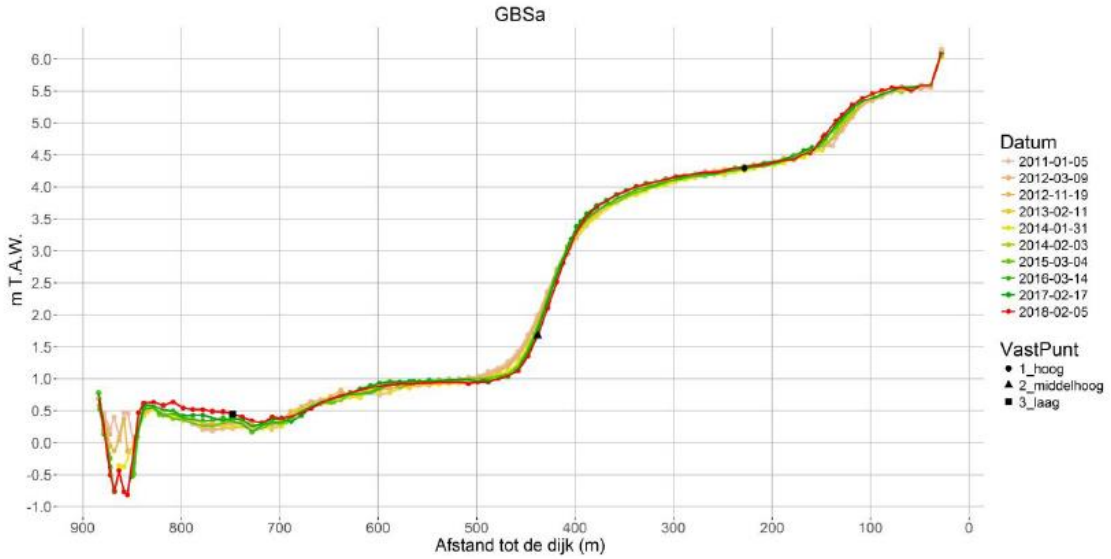
In deze sectie worden alle raaien gerapporteerd waarvoor een vergelijking van het profiel tussen metingen op verschillende tijdstippen mogelijk is. Het gaat om de raaien (met afkortingen op Figuur 6-82): Groot Buitenschoor (GBS), Ouden Doel (OD), Paardeschor (DO), Galgeschoor (GS), Lillo-Haven (LH), Lillo-Potpolder (LP), Twaalf sluizen (TS), Ketenisse (KP), Boerenschans (BOE), Galgenweel (GW), en Hoboken (HO). Bij de bespreking wordt onderscheid gemaakt tussen hoog, middelhoog, en laag slik. Deze klassen worden bepaald op basis van droogvalduur, waarbij laag slik een droogvalduur heeft van minder dan 25 %, middelhoog slik 25-75 %, en hoog slik meer dan 75 % (INBO, 2018).



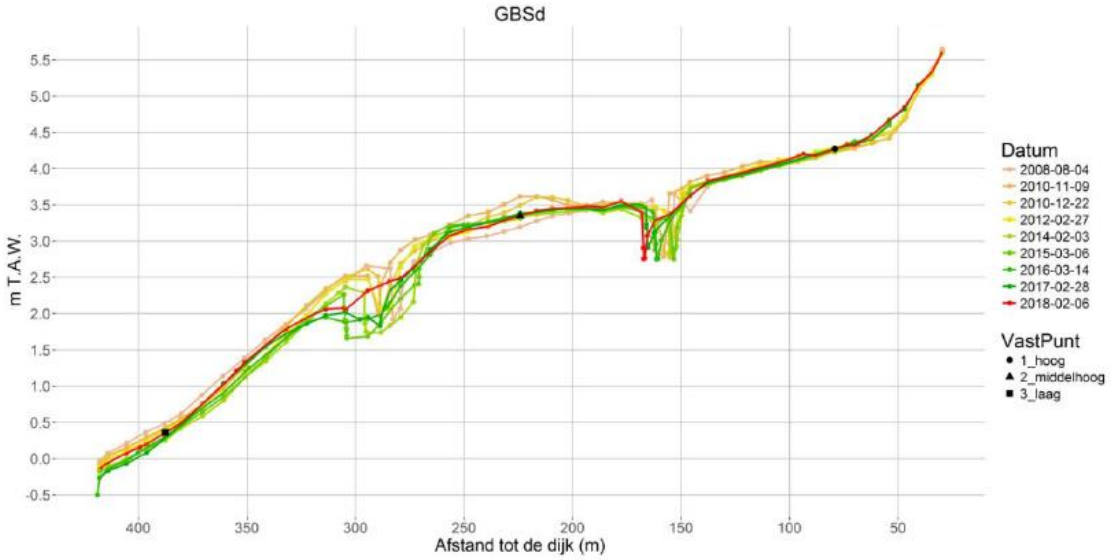
Figuur 6-82: Situering van de MONEOS-raaien in de Beneden-Zeeschelde (INBO, 2018).

Groot Buitenschoor

Het profiel GBSa bij het Groot Buitenschoor is vrij stabiel in de periode 2011-2018 (Figuur 6-83). Op het pionierschor is sprake van sedimentatie waardoor de zone boven 4,5 m TAW opbolt. Het hoogste deel van het slik is stabiel, maar in de zone van 1,0 tot 2,0 m TAW trekt het profiel zich terug waardoor de overgang van hoog naar laag slik steiler wordt. Daarnaast wordt het lage slik vlakker door erosie in de hoge delen en sedimentatie van de lage delen. De vloedgeul aan het eind van de raai is ten opzichte van 2011 verbreed en verdiept, maar dit zet zich de laatste jaren niet voort. Profiel GBSd vertoont meer variatie, met name bij de aanwezige geulen (Figuur 6-84). Nadat de laagstgelegen kreek eerst breder en ondieper werd, is deze inmiddels volledig ingevuld en verdwenen. De hoger gelegen kreek behoudt een vergelijkbare vorm en beweegt zich in rivierwaartse richting (naar het westen). Tussen 2008 en 2011 sedimenteerde het middelhoog slik hier, waarna tot 2014 erosie optrad en sindsdien is het slik stabiel. Het lage slik ondervindt de laatste jaren sedimentatie.

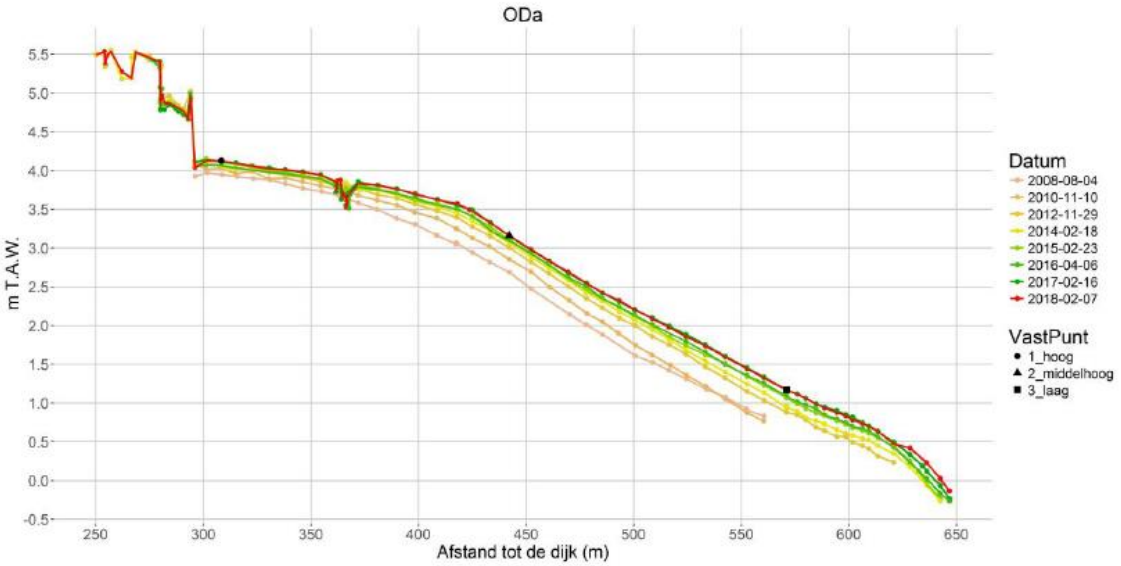


Figuur 6-83: Schor-slikprofiel GBSa op Groot Buitenschoor (INBO, 2018).



Figuur 6-84: Schor-slikprofiel GBSd op Groot Buitenschoor (INBO, 2018).

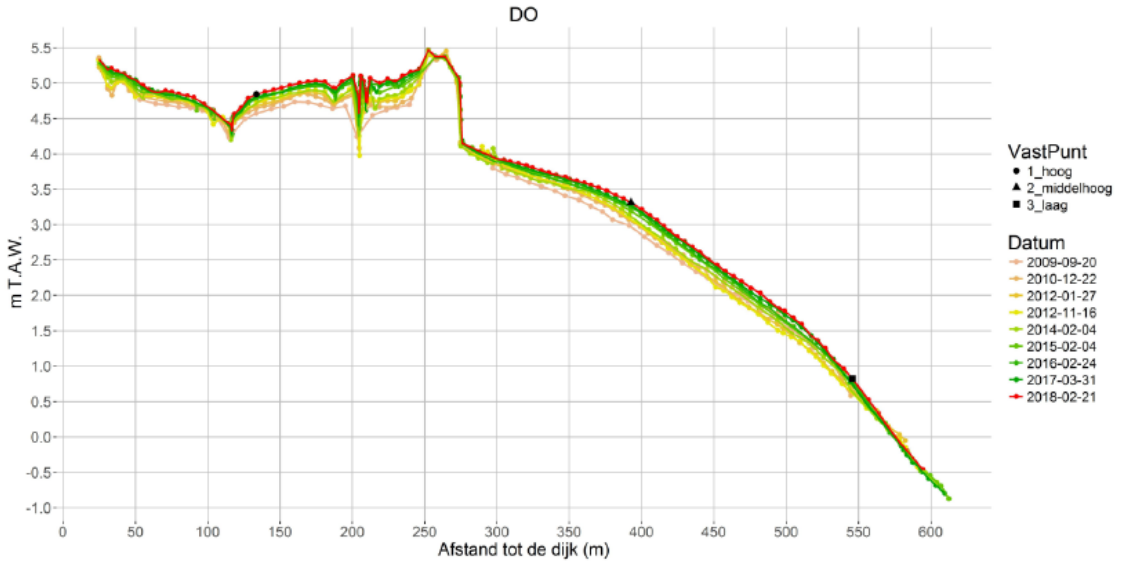
Schor Ouden Doel / Paardenschor



Figuur 6-85: Schor-slikprofiel ODa op Schor Ouden Doel (INBO, 2018).

Het schorklif van het profiel Schor Ouden Doel (ODa) is sinds 2012 zeer stabiel (Figuur 6-85). Het slik sedimenteert systematisch vanaf 2008 over het gehele profiel. Enkel in de jaren 2015 en 2017 was sprake van lichte erosie. De kreek bovenin het slikprofiel heeft zich de afgelopen jaren verdiept.

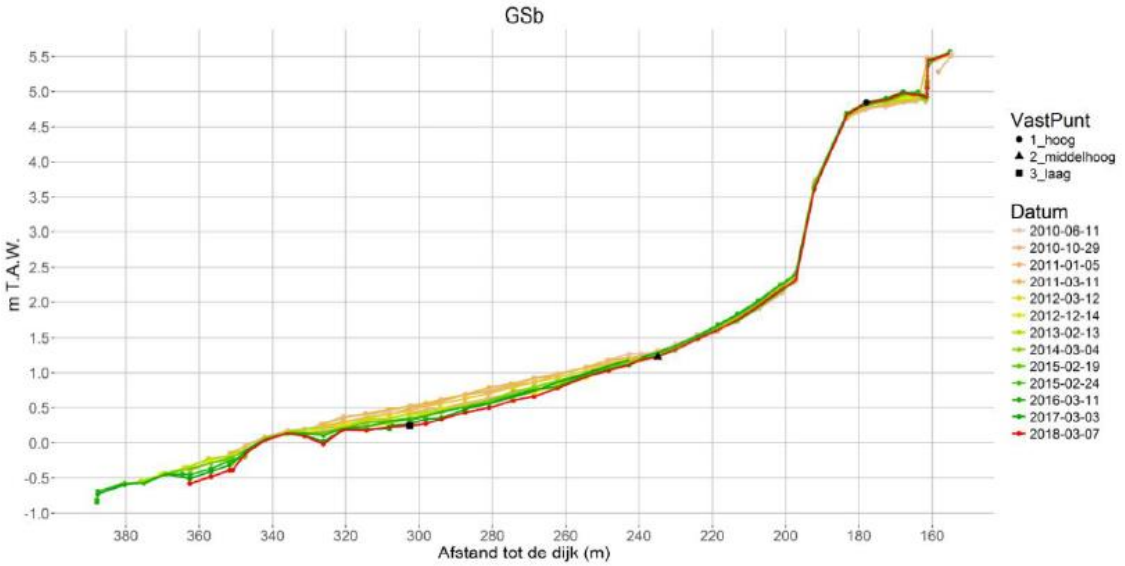
Het Paardenschor (DO) en voorliggende slik vertonen sinds 2009 sedimentatie (Figuur 6-86). Dit is het geval op het schor, en het hoog en middelhoog slik. Het slikprofiel wordt hiermee steeds steiler, aangezien de sedimentatie enkel boven de 0 m TAW plaatsvindt, hieronder is het slik stabiel.



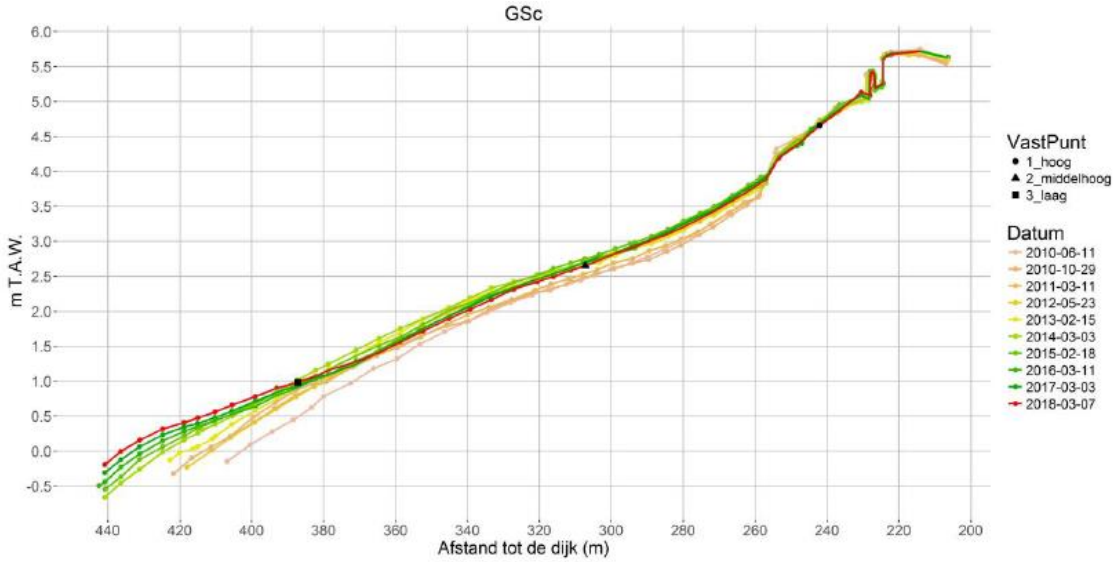
Figuur 6-86: Schor-slikprofiel DO op Paardenschor (INBO, 2018).

Galgeschoor

Het Galgeschoor is bij profiel GSb vrij stabiel (Figuur 6-87). De schorrand blijft op dezelfde plek liggen en het schor is stabiel in hoogte. De grootste veranderingen zijn zichtbaar op het laag slik, waar gestaag erosie voorkomt. Recent is ook op het middelhoog slik lichte erosie zichtbaar (tussen 1,5 en 2,5 m TAW). Ten zuiden hiervan, bij profiel GSc, is het hoog slik redelijk stabiel (Figuur 6-88). Het middelhoog slik sedimenteerde van 2011 tot 2015, waarna dit omsloeg naar een erosieve trend. Bij het laagslik is nog wel altijd sprake van een sedimenterende trend.



Figuur 6-87: Schor-slikprofiel GSb op Galgeschoor (INBO, 2018).

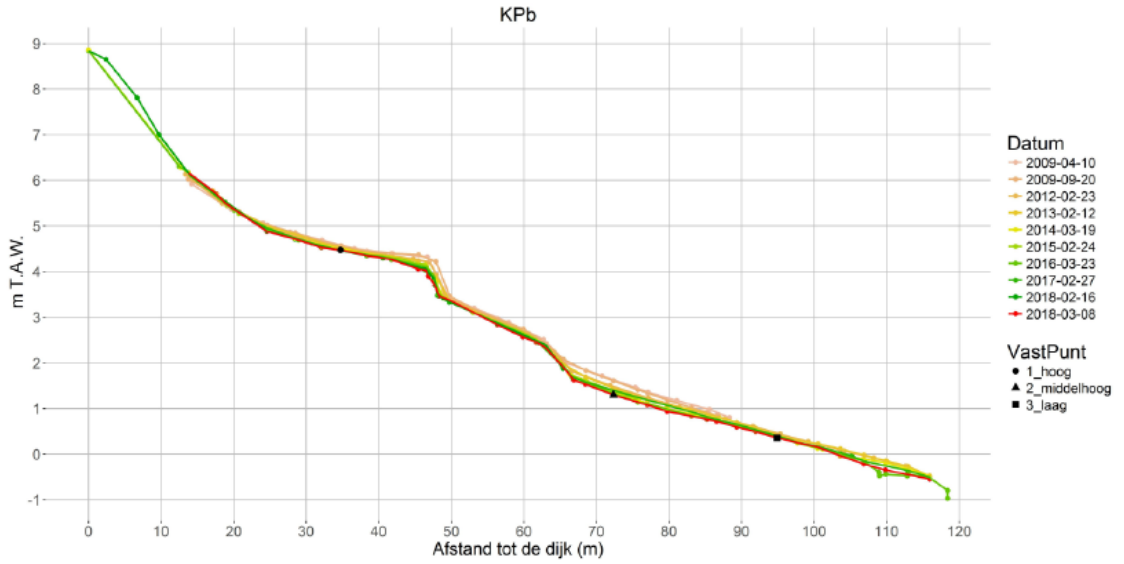


Figuur 6-88: Schor-slikprofiel GSc op Galgeschoor (INBO, 2018).

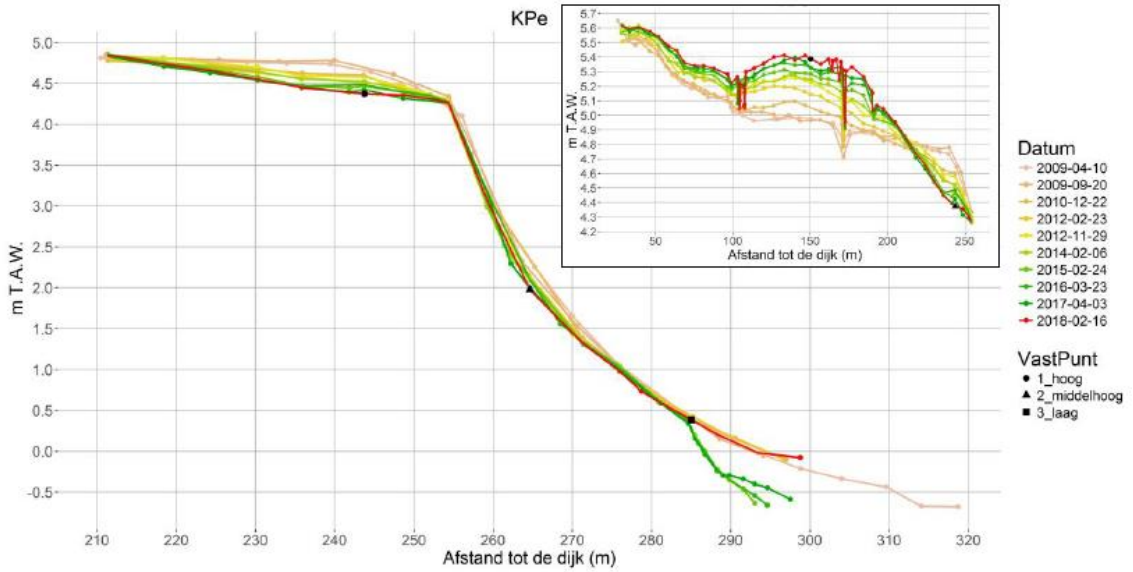
Ketenisse

Het profiel KPb bij Ketenisse vertoont systematische, lichte erosie (Figuur 6-89) van het gehele profiel. De erosie is het sterkst ter hoogte van een natuurlijke harde substraatlaag die rond de 48 m aanwezig is. Onderin het profiel was in 2015 sprake van sterke erosie, waarna afwisselend erosie en sedimentatie heeft plaatsgevonden.

Bij profiel KPe vindt erosie plaats op het schor nabij de schorrand (Figuur 6-90). Hoger op het schor komt daarentegen sedimentatie voor (inset in Figuur 6-90). Het hoog en middelhoog slik voor het schor is vrij stabiel, maar het laag slik erodeerde sterk vanaf eind 2012 tot begin 2015. Tussen 2015 en 2018 is dit slik opnieuw aangegroeid.



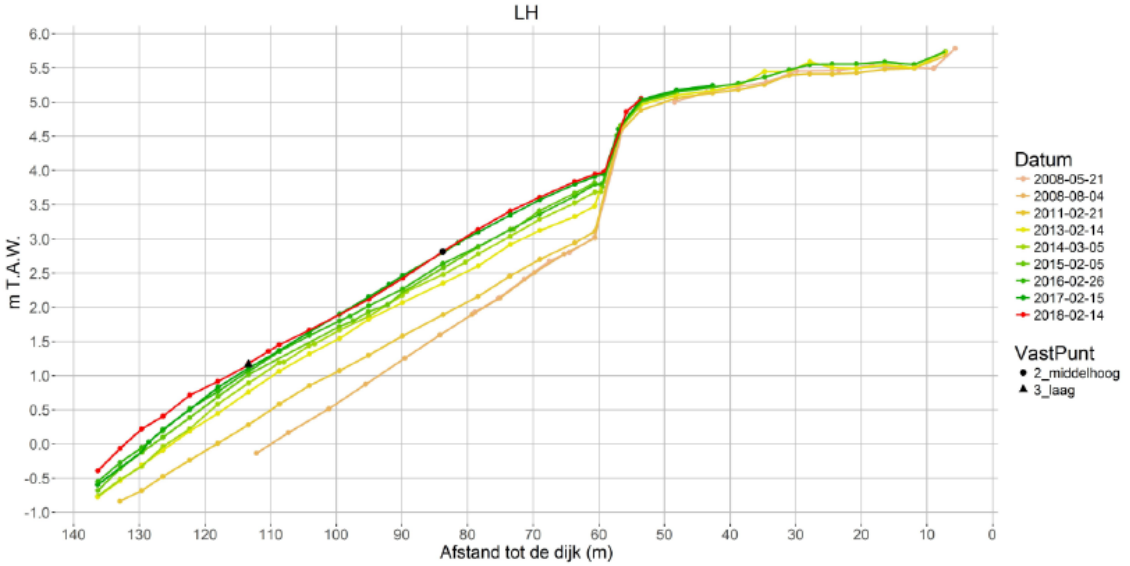
Figuur 6-89: Schor-slikprofiel KPb op Ketenisse (INBO, 2018).



Figuur 6-90: Schor-slikprofiel KPe op Ketenisse (INBO, 2018). De inset geeft het hogere schor weer.

Lillo-Haven

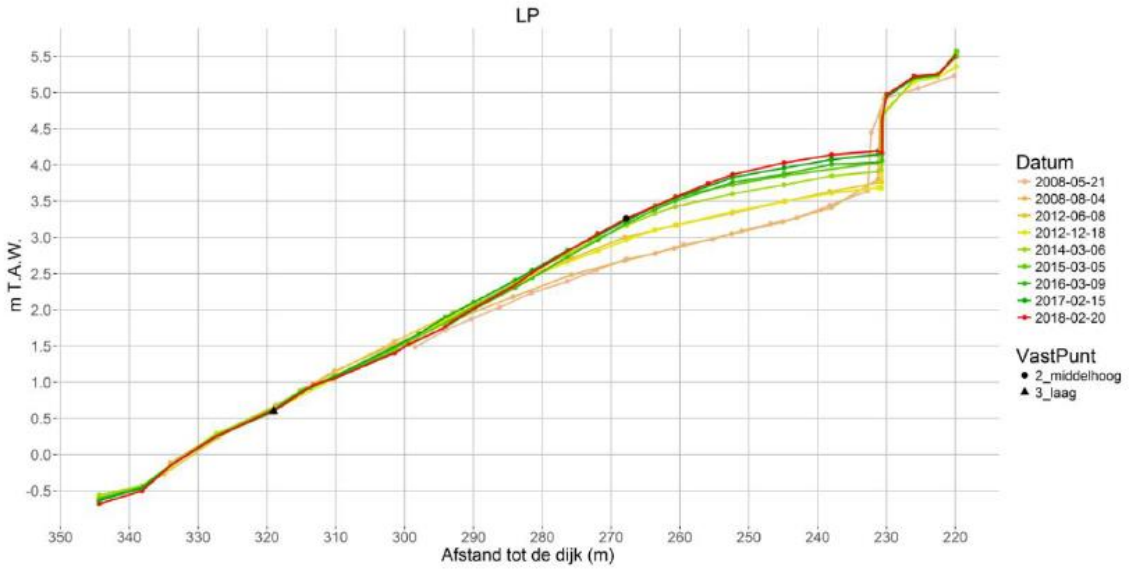
Bij profiel Lillo-Haven (LH) sedimenteert het slik onder het schor systematisch (Figuur 6-91). Het afgelopen jaar is de sedimentatie op het middelhoog slik afgenomen, terwijl het laag slik nog sterk sedimenteerde. Net onder de schorrand trad in 2016 lichte erosie op, maar hier heeft vervolgens in 2017 weer sedimentatie plaatsgevonden.



Figuur 6-91: Schor-slikprofiel LH op Lillo-Haven (INBO, 2018).

Lillo-Potpolder

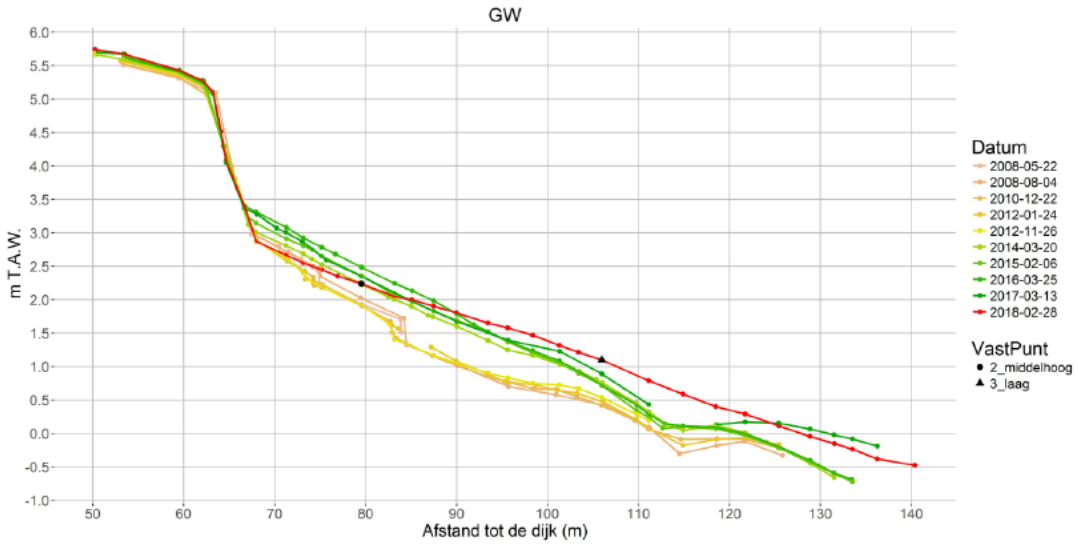
Het middelhoog en hoog slik bij Lillo-Potpolder (LP) sedimenteerde sterk tussen 2008 en 2017 (Figuur 6-92). De hoogste sedimentatiesnelheden werden waargenomen tussen 2013 en 2015 en vervolgens vlakt de sedimentatie af. Bij de overgang van middelhoog naar laag slik erodeert het profiel sinds 2012. In de lage slikzone (315-344 m) is door erosie een harde veenlaag aan de oppervlakte gekomen, die aan de laagwaterlijn erodeert.



Figuur 6-92: Schor-slikprofiel LP op Lillo-Potpolder (INBO, 2018).

Galgenweel

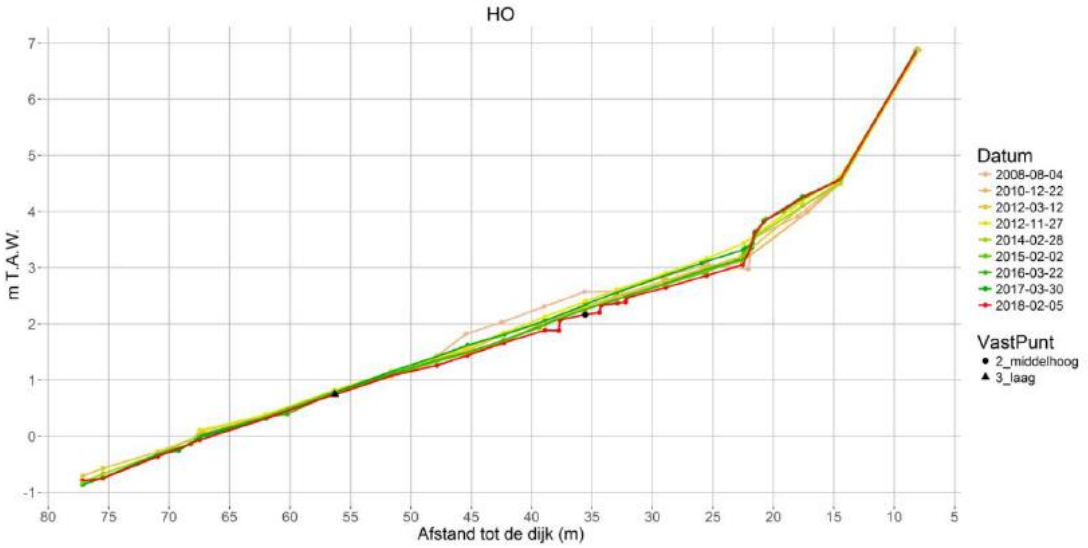
Het schor-slikprofiel op Galgenweel (GW) was tot 2012 erosief op het middelhoog slik (Figuur 6-93). Van 2012 tot 2014 heeft sterke sedimentatie plaatsgevonden op het volledige slik en deze trend heeft zich tot begin 2016 voortgezet. Hierna vindt erosie plaats van het hoog en middelhoog slik, terwijl het laag slik sedimenteert. Hierdoor is het slik als geheel vlakker geworden.



Figuur 6-93: Schor-slikprofiel GW op Galgenweel (INBO, 2018).

Hoboken

Het hoog en middelhoog slik bij Hoboken (HO) vertoont het laatste jaar erosie (Figuur 6-94), waarbij kliffen vormen in het profiel, nadat tussen 2016 en 2017 juist sprake was van sedimentatie. Het schor is van 2008 tot 2016 sterk gesedimenteerd en blijft de laatste jaren stabiel. Door deze tegengestelde trend is de schorrand de laatste jaren meer uitgesproken geworden. Het laag slik blijft vrijwel stabiel, mede door de aanwezigheid van een harde laag.



Figuur 6-94: Schor-slikprofiel HO op Hobokense Polder (INBO, 2018).

6.3 INTEGRALE ANALYSE MEETPUNTEN

Op de plaatranden worden in vastgelegde meetpunten tal van parameters gemonitord en gerapporteerd door Rijkswaterstaat (Jentink *et al.*, 2018). De campagnes worden twee maal per jaar, in maart en september, uitgevoerd.

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 (zie ook sectie 6.2.1). Vóór 2008 werd de hoogte vanaf een ligger tot de bodem bepaald met behulp van een duimstok. Deze stalen ligger was horizontaal geplaatst op verankerde RVS buizen.

De sedimentsamenstelling wordt op 2 manieren geregistreerd:

- Manuele lutum classificatie op de punten waar een RTK hoogtemeting wordt uitgevoerd. 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 *et al.*, 2015) 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 (vlokreeften), 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 *et al.*, 2015) verwezen.

De geomorfologische eenheid is bepaald op basis van veldkenmerken. Dit wordt sinds 2008 voor ieder punt genoteerd. Tabel 6-2 toont 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, 2015, en 2016 op basis van de aangeleverde ecotopenkaarten. De ecotopenkaarten worden daarnaast geanalyseerd in sectie 6.6.

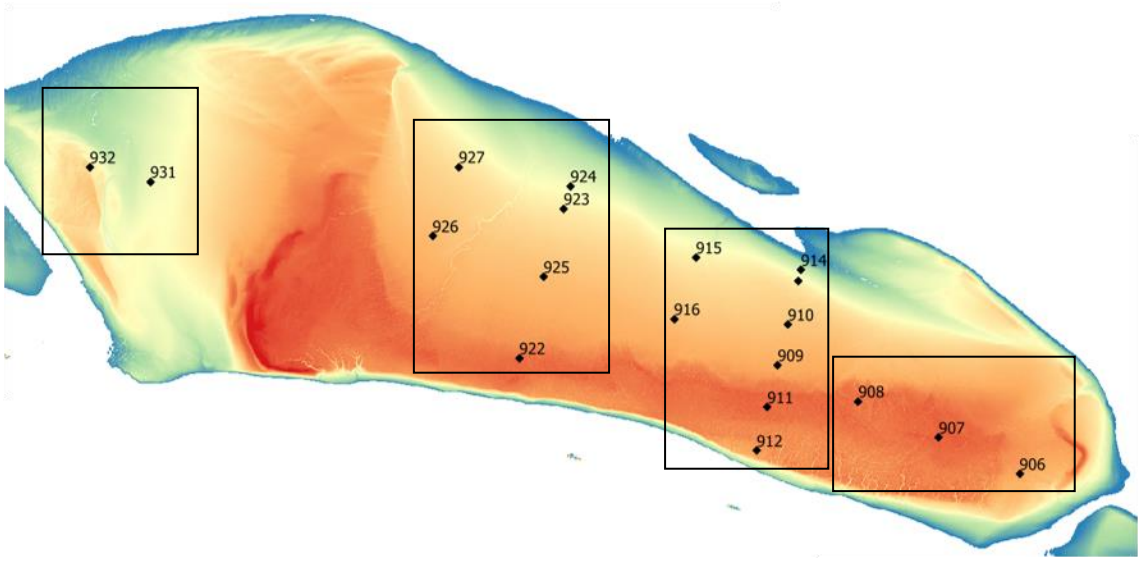
Bovenstaande metingen en waarnemingen zijn waardevol, daar ze verschillende tijdreeksen van parameters combineren die op vastgelegde meetpunten worden verzameld. Hierdoor kunnen spatio-temporele evoluties worden onderscheiden. De meeste waarde wordt gehecht aan de hoogtemetingen en eventuele monsternames. Visuele waarnemingen geven eerder een indruk dan een exacte hoeveelheid.

In wat volgt wordt een geïntegreerde benadering en synthese gebracht op basis van de figuren in Bijlage G. Eerst worden de verschillende parameters per punt (of groepen van punten) besproken gedurende de periode 2009-2017. Daarna volgt een ruimtelijke vergelijking van de waargenomen trends en ontwikkelingen.

Tabel 6-2: Verklaring van de aanwezige geomorfologische eenheden.

Geomorf. eenheid	Omschrijving
S1a	Schor, gesloten vegetatie (>50% bedekking), natuurlijke schorren
S2a	Schor, open vegetatie (<50% bedekking), primair schor (10%<bedekking<50%)
S2b	Schor, open vegetatie (<50% bedekking), pollen (<10% bedekking, >10 pollen/ha)
P1a1	Plaat/slik, laag dynamisch, vlak, zandig
P1a2	Plaat/slik, laag dynamisch, vlak, slibrijk
P1b	Plaat/slik, laag dynamisch, laag golvend reliëf
P2a	Plaat/slik, hoog dynamisch, laag golvend reliëf
P2b1	Plaat/slik, hoog dynamisch, megaribbels, 2-dimensionaal
P2b2	Plaat/slik, hoog dynamisch, megaribbels, 3-dimensionaal
P2c	Plaat/slik, hoog dynamisch, vlak
P3	Plaat/slik, open water (bodem onzichtbaar)

6.3.1 Hooge Platen West



Figuur 6-95: Ligging van de meetpunten op de Hooge Platen.

De bodemhoogte van meetpunt 931 op Hooge Platen West (Figuur 6-95) is tussen 2009 en 2016 sterk toegenomen, met 60 cm. Ondanks de verhoging van het meetpunt is de geomorfologie eind 2013 veranderd van laagdynamisch naar hoogdynamisch. In 2014 verandert dit nog even terug naar laagdynamisch, maar sinds eind 2014 is de geomorfologie hoogdynamisch. Op het moment dat het milieu laagdynamisch is in 2014, is ook het percentage lutum hoger (5-12 %) dan de 0-2 % die anders op dit punt aanwezig is, en komen vlokreeften (Corophium) voor. Sinds september 2016 neemt de bodemhoogte van meetpunt 931 sterk af, met 20 cm in 1 jaar tot september 2017. In september 2017 werden hier voor het eerst sinds begin 2013 kokkels gevonden.

Bij meetpunt 932 nam de bodemhoogte tot 2014 geleidelijk toe, maar desondanks evolueerde de geomorfologie van laagdynamisch begin 2012, via hoogdynamisch naar open water in 2013. Gedurende de periode van open water is een tijdelijke toename waar

te nemen in het aantal kokkels en het bodemleven. In 2015 vond een sterke stijging van de bodemhoogte plaats en veranderde de geomorfologie weer naar hoogdynamisch. Sindsdien wordt geen tot slechts sporadisch bodemleven aangetroffen. Vanaf 2010 is het lutumgehalte op dit punt gezakt tot 0-2 %.

6.3.2 Hooge Platen Noord

Oostelijke meetpunten

De bodemhoogte van het meest oostelijke meetpunt 906 (Figuur 6-95) is vrij constant en varieert met minder dan 5 cm. De geomorfologie veranderde in 2010 echter van pionierschor met een pollenstructuur naar vlak laagdynamisch. Eind 2015 veranderde de geomorfologie weer terug naar pionierschor, en dit heeft zich sindsdien in 2017 ontwikkeld tot schor. Sinds 2014 ligt het lutumgehalte ook hoger gerelateerd aan de neiging van schorvegetatie om fijner materiaal te vangen. In september 2015 werden meer kokkels aangetroffen en eind 2016 – begin 2017 juist meer wadpieren, maar bij de meest recente opname in september 2017 werd slechts sporadisch bodemleven gevonden.

Meetpunt 907 en 908 laten een zeer vergelijkbare ontwikkeling zien. Beide punten behoren tot de schorvegetatie en laten geleidelijke sedimentatie zien. De ophoging is sterker bij punt 908, namelijk ruim 50 cm sinds 2009, bij meetpunt 907 is de bodemhoogte ongeveer 30 cm toegenomen. Het lutumgehalte bij beide punten ligt tussen de 12-25 % en sinds 2014 wordt geen bodemleven aangetroffen. Enkel begin 2017 werd wel sporadisch bodemleven gevonden.

Centrale meetpunten

De bodemhoogte van het centrale meetpunt 909 (Figuur 6-95) neemt sinds 2009 continu toe. Geomorfologisch gezien is dit punt voortdurend laagdynamisch en wijzigt het subniveau enkele keren van zandig naar slibrijk. Sinds het najaar van 2013 blijft het subniveau bijna continu slibrijk. Het lutumgehalte ligt hierbij tussen de 8-17 %. Het bodemleven is op dit punt gemiddeld tot rijk. Er worden geen kokkels aangetroffen, en geen tot weinig wadpieren en vlokreeften.

Ook bij meetpunt 910 neemt de bodemhoogte sinds 2009 toe, met bijna 50 cm tot 2017. De geomorfologie blijft hierbij laagdynamisch en verandert eerst in 2013 en 2014 naar slibrijk, dan terug naar zandig en in 2016 weer naar slibrijk. Dit is ook terug te zien in het lutumgehalte dat in deze periodes hoger ligt, tussen de 8 en 17%. Wadpieren kwamen tot 2013 veel tot gemiddeld voor, maar sindsdien slechts weinig. Kokkels werden tot eind 2014 weinig aantroffen, en sinds 2015 niet meer. Meetpunt 910 heeft afwisselend een gemiddeld tot rijk bodemleven.

Naar het zuiden, bij meetpunt 911, neemt de bodemhoogte ook toe. Hier heeft de geomorfologie zich ontwikkeld van laagdynamisch in 2009, naar pionierschor, naar volwaardig schor eind 2011. Het lutumgehalte is hierbij ook gestegen tot 17-25 %. Tegelijkertijd is er sprake van een algemene afname in bodemleven. Wadpieren en Corophium werden tot 2012 nog aangetroffen, maar zijn sindsdien niet meer aanwezig.

Meetpunt 912, het meest zuidelijke punt, maakte een vergelijkbare ontwikkeling van geomorfologie door als punt 911, van laagdynamisch naar pionierschor naar schor. Ook hier neemt de bodemhoogte consequent toe. Tot 2011 werden vlokreeften aangetroffen,

terwijl wadpieren en kokkels steeds afwezig zijn. Het bodemleven werd tot 2012 over het algemeen geclassificeerd als rijk, en daarna als gemiddeld.

Naar het noorden zijn meetpunt 913 en 914 reeds lange tijd geclassificeerd als laagdynamisch. Beide punten laten sinds 2009 een sterke en continue verhoging van de bodem zien. Het lutumgehalte was bij punt 913 over het algemeen hoger dan bij 914, maar bij de meest recente opnames in 2017 was het lutumgehalte bij beide punten 8-12 %. De meetpunten worden in 2017 dan ook beide geclassificeerd als slibrijk laagdynamisch. Het bodemleven van beide punten is rijk tot gemiddeld rijk. Over het algemeen is het bodemleven bij punt 913 rijker dan bij punt 914 en worden daar veel wadpieren aangetroffen. In 2017 was het aantal wadpieren op punt 913 laag, maar werden wel corophium aangetroffen, wat in eerdere jaren niet het geval was.

Meetpunt 915 en 916 naar het westen zijn beide laagdynamisch en nemen ook in hoogte toe. Afhankelijk van het lutumgehalte varieert het geomorfologische subniveau tussen slibrijk en zandig laagdynamisch. Over het algemeen is het lutumgehalte bij punt 916 hoger dan bij punt 915, vermoedelijk door de hogere ligging op de plaat. Het bodemleven van punt 916 wordt overwegend geclassificeerd als rijk, en varieert soms naar gemiddeld. Wadpieren, corophium, en kokkels vertonen allen een verminderd voorkomen op dit punt, gerelateerd aan het hogere slibgehalte. Bij punt 915 is het bodemleven over het algemeen gemiddeld, en enkele keren rijk. Kokkels en corophium komen sporadisch voor, wadpieren kwamen tot 2014 veel voor en sindsdien gemiddeld. Het ecotopentype van punt 915 blijft laagdynamisch middenlitoraal, terwijl dit bij punt 916 in 2015 is veranderd naar laagdynamisch hooglitoraal.

Westelijke meetpunten

Bij het zuidelijke meetpunt 922 (Figuur 6-95) neemt de bodemhoogte sterk toe en dit gaat gepaard met een verandering van het geomorfologisch type van laagdynamisch naar schor. In 2012 werd dit punt voor het eerst geclassificeerd als pionierschor en dit veranderde vervolgens snel naar volwaardig schor. Hiermee nam ook het lutumgehalte toe naar 12-25 % en de bodem werd dus slibrijker. Het bodemleven daarentegen is afgenomen van gemiddeld tot rijk naar geen tot sporadisch.

Meetpunt 923, 924, en 925 nemen allen in hoogte toe en hebben een laagdynamische morfologie. Het geomorfologisch subniveau is over het algemeen zandig, maar soms slibrijk, en bij punt 925 is dit sinds 2014 vaker slibrijk. Het ecotopentype is bij punt 925 in 2016 ook gewijzigd van laagdynamisch middenlitoraal naar laagdynamisch hooglitoraal. Het lutumgehalte varieert tussen 2-5 % en 12-17 % en is bij punt 925 meestal hoger dan bij punt 923 en 924. Het bodemleven is op alle drie de punten over het algemeen rijk. Het aantal wadpieren daalde bij punt 923 sinds 2013, maar lijkt in 2017 weer hoger te zijn. Kokkels worden af en toe waargenomen, terwijl corophium over het algemeen afwezig is.

Meetpunt 926 is sinds 2009 sterk opgehoogd en het ecotopentype is tussen 2012 en 2015 daardoor gewijzigd van laagdynamisch middenlitoraal naar laagdynamisch hooglitoraal. De geomorfologie is hier overwegend slibrijk laagdynamisch, soms afgewisseld met zandig laagdynamisch. Het percentage lutum varieert tussen de 2-5 % en de 12-17 %. Het bodemleven bij meetpunt 926 is over het algemeen rijk, maar wordt af en toe als gemiddeld geclassificeerd. Kokkels komen sinds eind 2012 niet meer voor en ook corophium is de laatste jaren afwezig. Wadpieren komen soms nog weinig voor.

De ontwikkeling van meetpunt 927 is vergelijkbaar met die van punt 926. De hoogteligging van het meetpunt is sinds 2009 sterk toegenomen, alhoewel het ecotopentype laagdynamisch middenlitoraal blijft door de lagere ligging op de plaat. Het geomorfologisch type varieert tussen zandig laagdynamisch en slibrijk laagdynamisch en was over het algemeen zandig, maar bij de laatste drie opnames was deze locatie juist slibrijk. Deze variatie is ook te zien in het lutumgehalte, dat varieert tussen de 0-2 % (in 2010) en 12-17 % (in 2017). Het bodemleven is overwegend rijk. Wadpieren kwamen tot begin 2013 veel voor, maar sindsdien is dit minder geworden. Corophium wordt meestal niet aangetroffen, en kokkels slechts sporadisch.

6.3.3 Plaat van Walsoorden

Oostelijke meetpunten

De oostelijke meetpunten die in het vorige voortgangsrapport werden besproken (punt 501 tot 506) liggen door erosie van de oostelijke punt van de Plaat van Walsoorden inmiddels niet meer op de plaat en werden in 2016 en 2017 niet meer opgenomen. Deze punten worden hier dus niet meer besproken, voor een bespreking van de ontwikkeling van deze punten tot 2015 wordt verwezen naar het vorige voortgangsrapport (IMDC, 2017b).

Deze meetpunten zijn sinds 2016 vervangen door meetpunt 523-525 (Figuur 6-96), die verder naar het westen gesitueerd zijn. Het meest noordelijke punt 523 bevond zich in september 2016 op laagdynamisch slik, maar dit is in 2017 veranderd naar een hoogdynamisch milieu. Tegelijkertijd met de verandering van laag- naar hoogdynamisch is ook het lutumgehalte afgenomen van 2-5 % naar 0-2 %. De hoogteligging is gelijk gebleven en bodemleven komt sporadisch voor. In september 2016 werd veel Corophium aangetroffen, maar dit was in 2017 niet het geval.

Meetpunt 524 en 525 naar het zuiden hebben beide een hoogdynamische geomorfologie. Er is sporadisch bodemleven aanwezig en bij meetpunt 525 werd in september 2016 een kleine hoeveelheid Corophium aangetroffen. De bodemhoogte van beide punten is in 1 jaar sterk afgenomen, met bijna 20 cm op punt 524 en meer dan 50 cm op het meest zuidelijke punt 525.

Centrale meetpunten

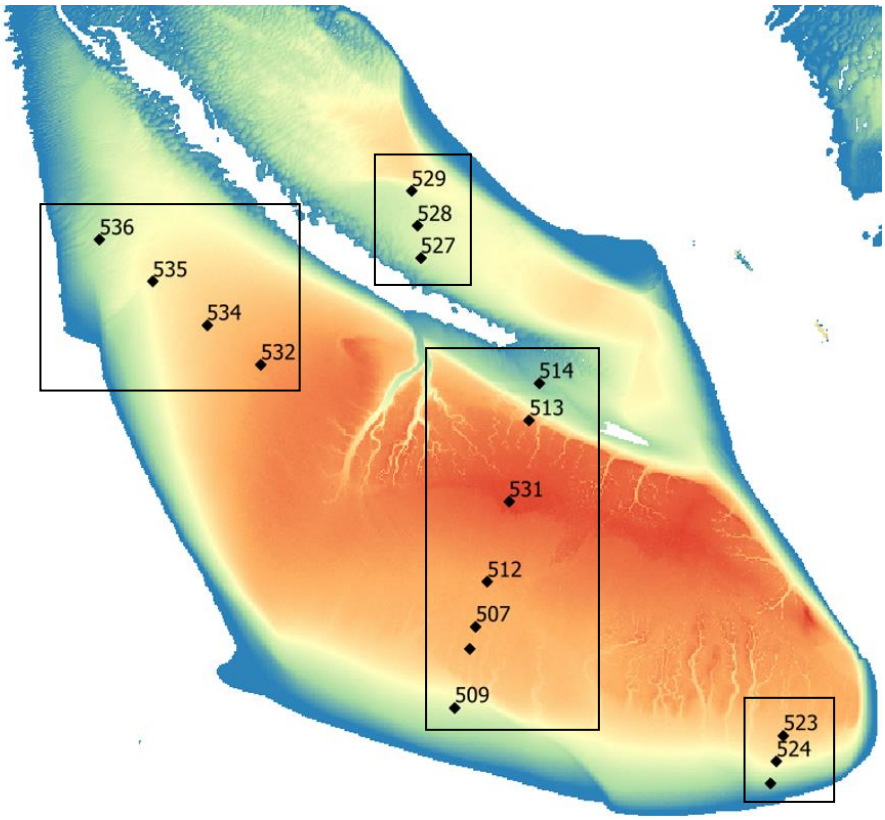
Meetpunten 507 en 508 (Figuur 6-96) laten een vergelijkbare evolutie zien. De bodemhoogte is er vrij stabiel en varieert met ongeveer 10 cm. Op beide punten was in 2009 pionierschor aanwezig en is de geomorfologie inmiddels gewijzigd naar vlak laagdynamisch. Bij punt 507 vond deze verandering plaats begin 2012 en bij punt 508 was dit twee jaar later in 2014. Het lutumgehalte ligt over het algemeen tussen de 2 en 8 %, maar enkele keren worden hogere waardes gemeten. Het bodemleven is overwegen rijk en vooral corophium komt veel voor. Bij punt 507 worden ook regelmatig wadpieren aangetroffen.

De hoogteligging van meetpunt 509 was tot begin 2015 vrij stabiel en is vervolgens snel afgenomen. Tussen september 2016 en september 2017 is weer een toename van de bodemhoogte zichtbaar. Tot midden 2014 was de geomorfologie bij punt 509 overwegend zandig laagdynamisch, maar dit veranderde vervolgens naar hoogdynamisch, nog voor de sterke verlaging van de bodem. Bij de laatste opname in september 2017 is de geomorfologie weer terug veranderd naar laagdynamisch. Het lutumgehalte is overwegend 0-2 % en stijgt soms naar 2-5 %. Het bodemleven varieert van sporadisch tot gemiddeld en

was in 2015 en 2016 even afwezig, maar is eind 2016 weer toegenomen. Kokkels worden hier niet gevonden, maar wel regelmatig corophium en wadpieren. Bij de laatste opname in 2017 werden voor het eerst veel wadpieren aangetroffen.

Meer centraal op de plaat bij meetpunt 512 is de hoogteligging vrij stabiel sinds 2009 en is de geomorfologie over het algemeen laagdynamisch. In 2012-2013 was korte tijd sprake van de ontwikkeling van schor op dit punt, maar dit heeft zich niet doorgezet. Het ecotopentype is hier constant laagdynamisch hooglitoraal. Het lutumgehalte varieert tussen 2-5 % en 8-12 %. Als het lutumgehalte hoger is wijzigt het geomorfologisch subniveau van zandig naar slibrijk. Het bodemleven op dit punt is rijk met voornamelijk veel corophium. Kokkels worden daarentegen nooit aangetroffen.

Bij meetpunt 513 is sinds 2009 continu schor aanwezig. De hoogteligging was vrij constant van 2009 tot 2013, is toen in korte tijd ruim 10 cm verlaagd, en neemt sindsdien zeer geleidelijk toe. Het lutumgehalte ligt over het algemeen tussen de 2 en 8 %, maar piekte in het najaar van 2014 met 17-25 %. Hierna daalt het lutumgehalte weer maar blijft het wel gemiddeld hoger dan ervoor. Het bodemleven is sporadisch tot gemiddeld en met name corophium komt regelmatig veel voor.



Figuur 6-96: Ligging van de meetpunten op de Plaat van Walsoorden.

De hoogteligging van meetpunt 514 neemt sinds 2009 af, maar varieert sinds 2014 rond de -1 m NAP. Met de afname van de hoogte is het geomorfologisch type gewijzigd van laagdynamisch naar hoogdynamisch en werd het zelfs enkele keren in 2014 en 2016 geclassificeerd als open water. Het lutumgehalte is vrijwel altijd laag (0-2 %), op een uitschieter in 2014 na. Het bodemleven is sinds de verandering naar hoogdynamisch

overwegend sporadisch en bij de laatste opmeting in 2017 gemiddeld. Enkel wadpieren worden regelmatig aangetroffen.

Centraal op de plaat bij meetpunt 531 is schor aanwezig en neemt de hoogte langzaam toe. Het lutumgehalte ligt tussen de 12 en 25 % en is ten opzichte van 2009 duidelijk toegenomen, gerelateerd aan de dichtere begroeiing. Het bodemleven is afwezig tot slechts sporadisch aanwezig. Corophium werd tot 2012 regelmatig aangetroffen, maar dit is de laatste jaren niet meer het geval.

Westelijke meetpunten

Meetpunt 532 (Figuur 6-96) neemt sinds 2009 licht in hoogte toe. Het geomorfologisch type blijft constant zandig laagdynamisch en ook het ecotopentype, laagdynamisch hooglitoraal, wijzigt niet. Het lutumgehalte is over het algemeen laag, 0-2 %. Het bodemleven is gemiddeld tot rijk en corophium en wadpieren worden beide regelmatig aangetroffen. Kokkels kwamen enkel in 2014 zeer beperkt voor.

De hoogte van meetpunt 534 neemt ook toe sinds 2009. In 2009 was deze locatie hoogdynamisch, maar sindsdien wordt het consequent geclassificeerd als laagdynamisch slik. Het lutumgehalte is met 0-2 % steeds laag. Het bodemleven is rijk en voornamelijk wadpieren komen veel voor, maar ook corophium wordt regelmatig aangetroffen.

Op meetlocatie 535 was tot 2011 een hoogdynamische geomorfologische omgeving aanwezig. Sindsdien is er een laagdynamisch slik aanwezig. Het bodemniveau is sinds 2009 met ongeveer 60 cm gestegen en deze stijgende trend zet zich na een stabiele periode in 2014 en 2015 weer voort. Bodemleven is over het algemeen gemiddeld aanwezig en voornamelijk wadpieren en corophium worden aangetroffen.

Meetpunt 536 veranderde in 2011 van hoog- naar laagdynamisch en is vervolgens in 2014 weer gewijzigd naar hoogdynamisch. Deze verandering in 2014 liep parallel met een toename van de hoogteligging en een versnelling van de sedimentatie. Van 2016 tot 2017 is de bodemhoogte weer verminderd en eind 2017 is de geomorfologie weer laagdynamisch geworden. Bodemleven komt overwegend sporadisch voor. Wadpieren kwamen van 2011 tot 2014 veel voor, toen het meetpunt laagdynamisch was, en dit is vervolgens afgenomen. In september 2017 werden voor het eerst sinds 2009 kokkels aangetroffen.

Noordelijke meetpunten

Sinds 2016 worden op de noordelijke zandrug drie nieuwe meetpunten opgenomen, meetpunt 527-529 (Figuur 6-96). Het zuidelijke punt 527 heeft de laagste hoogteligging en de hoogte nam hier van september 2016 tot maart 2017 sterk toe, met ruim 20 cm, en vervolgens weer bijna 10 cm af. Tegelijkertijd met de verandering van de bodemhoogte veranderde het geomorfologische van laagdynamisch naar hoogdynamisch en weer terug. Het lutumgehalte op deze locatie is laag (0-2 %). Bodemleven is variabel aanwezig en werd in de drie opnames reeds als *geen*, *sporadisch*, en *gemiddeld* geclassificeerd. Corophium en wadpieren werden enkele keren aangetroffen, maar kokkels zijn niet aanwezig.

Meetpunt 528 en 529 hebben beide een laagdynamische geomorfologie. De hoogteligging van beide punten nam iets toe tussen maart en september 2017 en tegelijkertijd nam ook het lutumgehalte toe tot 5-12 %. Wadpieren komen met name op punt 529 veelvuldig voor, terwijl bij punt 528 Corophium veel wordt aangetroffen. Kokkels waren bij beide punten in september 2017 veel aanwezig. Het algemene bodemleven is gemiddeld tot rijk.

6.3.4 Rug van Baarland

Centraal-zuidelijke meetpunten

Na een stijging van de bodemhoogte bij meetpunt 801 tussen 2009 en 2015 (Figuur 6-97) is de geomorfologie veranderd van hoogdynamisch naar laagdynamisch. Na een lichte daling van de bodem vanaf eind 2015 is de geomorfologie echter weer terug veranderd naar hoogdynamisch. Dit is ook te zien in het ecotopentype dat in 2015 laagdynamisch middenlitoraal was en in 2016 weer hoogdynamisch litoraal. Het lutumgehalte is hier altijd laag en het bodemleven is sporadisch tot gemiddeld aanwezig. Voornamelijk wadpieren komen veel voor, maar ook kokkels worden regelmatig aangetroffen.

Meer naar het oosten laat punt 802 een continue bodemstijging zien tot 2012 waarna weer een lichte daling wordt ingezet. Het geomorfologisch type was van 2009 tot begin 2016 over het algemeen laagdynamisch, maar is de laatste drie opnames veranderd naar hoogdynamisch. Wadpieren komen steeds voor, in wisselende hoeveelheden van weinig tot veel. Corophium en kokkels worden beide sporadisch aangetroffen en het bodemleven is sporadisch tot gemiddeld.

De hoogte van meetpunt 803 nam van 2010 tot 2013 af en is sindsdien vrij stabiel. Het geomorfologisch type is consequent laagdynamisch, terwijl het ecotopentype in 2010 en 2011 nog hoogdynamisch litoraal was. Vanaf 2012 is het ecotopentype ook laagdynamisch middenlitoraal. Het bodemleven is overwegend gemiddeld en voornamelijk wadpieren worden veel aangetroffen.

Meetpunt 804 neemt sinds 2009 gestaag in hoogte af. Hierbij is de geomorfologie constant hoogdynamisch, terwijl het ecotopentype in 2012 en 2016 als respectievelijk laagdynamisch middenlitoraal en laaglitoraal wordt geregistreerd. Bodemleven op deze locatie is sporadisch. Wadpieren worden regelmatig in kleine hoeveelheden aangetroffen.

De hoogte van meetpunt 807 nam van 2009 tot 2011 af en neemt daarna steeds toe. In 2011 veranderde de geomorfologie van hoogdynamisch naar laagdynamisch. In 2016 en 2017 varieerde het geomorfologisch type twee maal tussen hoog- en laagdynamisch. Vanaf 2012 wordt het ecotopentype geregistreerd als laagdynamisch middenlitoraal. Het bodemleven was van 2011 tot 2016 gemiddeld tot rijk, maar lijkt in 2017 af te nemen tot sporadisch.

Meetpunt 808 behoort sinds 2009 consequent tot het laagdynamisch slik, maar werd begin 2016 éénmaal geregistreerd als hoogdynamisch. De hoogteligging is hier redelijk constant en varieert tussen -0,3 en -0,5 m NAP. Het lutumgehalte varieert van 0-2 % tot 5-8 %. Het bodemleven is gemiddeld tot rijk, maar in maart 2016 en maart 2017 werd sporadisch bodemleven aangetroffen. Met name wadpieren komen veel voor, kokkels kwamen van 2010 tot 2012 veel voor maar dit is sindsdien sterk afgenomen.

Van 2010 tot 2014 was meetpunt 809 overwegend hoogdynamisch, maar ondanks een continue bodemdaling behoort het punt sinds 2014 tot het laagdynamisch slik. Het ecotopentype is tussen 2012 en 2015 dan ook gewijzigd van hoogdynamisch litoraal naar laagdynamisch laaglitoraal. Het bodemleven is sporadisch tot gemiddeld en kokkels en wadpieren komen regelmatig in kleine hoeveelheden voor. Kokkels en wadpieren kwamen beide rond 2012 in grotere mate voor.

Zuidelijke meetpunten

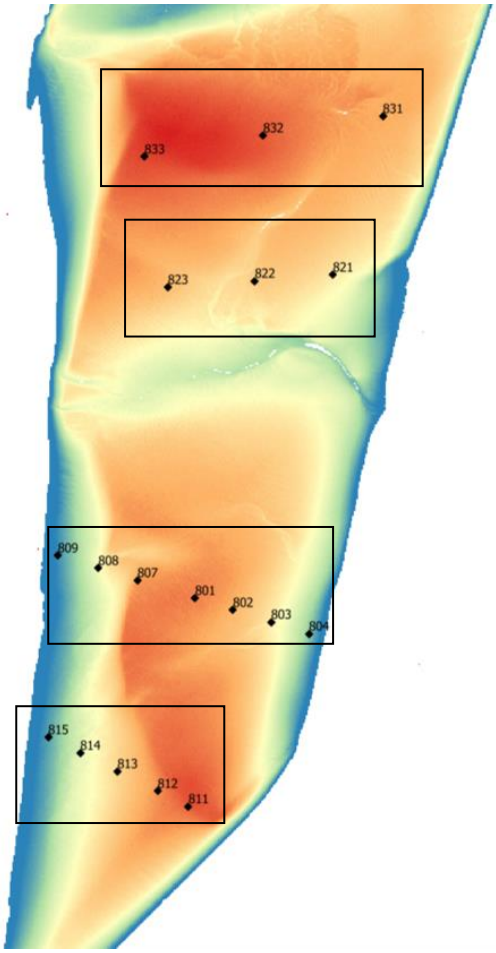
Meetpunt 811 aan de oostelijke plaatrand in het zuiden (Figuur 6-97) liet van 2009 tot 2015 een geleidelijke bodemstijging zien, waarna van 2015 tot 2017 de hoogte sneller toenam. Ondanks de verhoging is de geomorfologie in 2012 gewijzigd van laagdynamisch naar hoogdynamisch. In 2014-2015 kwam het laagdynamisch milieu weer korte tijd terug, maar vanaf 2016 is het weer hoogdynamisch. Vanaf 2009 is een duidelijke afname van het aantal wadpieren te zien, in 2016 en 2017 werden deze niet meer waargenomen. Het bodemleven is sinds 2010 verminderd van gemiddeld naar sporadisch.

De hoogte van punt 812 neemt sinds 2015 versneld toe, vergelijkbaar met punt 811. Hier blijft het geomorfologisch type constant zandig laagdynamisch. Het bodemleven is hier gemiddeld tot rijk. Vooral wadpieren komen hier bijna altijd veel voor, en kokkels worden altijd in kleine hoeveelheden aangetroffen.

De bodemhoogte bij punt 813 nam van 2009 tot 2013 af en is sindsdien min of meer stabiel. Het geomorfologisch type is vrijwel altijd laagdynamisch slik, terwijl het ecotopentype van hoogdynamisch litoraal in 2010-2012 veranderde naar laagdynamisch middenlitoraal in 2015 en 2016. Het lutumgehalte is over het algemeen laag, maar laat bij de laatste opname een piek zien van 8-12 %. Wadpieren komen ook hier veel voor, alhoewel dit in de laatste jaren iets lijkt af te nemen. Kokkels worden gemiddeld tot veel gevonden, en het algemene bodemleven is gemiddeld tot rijk.

Meetpunt 814 is geomorfologisch sinds 2009 laagdynamisch slik en behoort sinds 2011 ook bij de ecotopen tot het laagdynamisch middenlitoraal. De bodemhoogte nam hier van 2009 tot 2015 af, en neemt sindsdien weer iets toe. Het lutumgehalte ligt sinds 2014 hoger, tussen de 5 en 17 %, en de bodem wordt dus slibrijker. Het aantal kokkels neemt sinds 2012 duidelijk af en van eind 2015 tot begin 2017 werden geen kokkels aangetroffen. Bij de laatste opname in september 2017 werd echter weer een gemiddelde hoeveelheid kokkels gevonden. Het bodemleven is over het algemeen rijk.

Meetpunt 815 laat een vrij stabiele hoogteligging zien met lichte variatie. Over het algemeen is het milieu hier laagdynamisch. Het lutumgehalte lijkt sinds eind 2014 iets verhoogd tot 5-12 %. Het bodemleven varieert van sporadisch tot rijk. Wadpieren zijn steeds aanwezig, terwijl de aanwezigheid van kokkels sinds 2012 sterk is afgenomen en deze de laatste twee jaar niet meer worden aangetroffen.



Figuur 6-97: Ligging van de meetpunten op de Rug van Baarland.

Centraal-noordelijke meetpunten

Centraal op de noordelijke Rug van Baarland is een vrij stabiel laagdynamisch milieu aanwezig bij meetpunt 821, 822, en 823 (Figuur 6-97). Het ecotopentype bij punt 823 werd in 2016 evenwel geregistreerd als hoogdynamisch litoraal. Dit punt heeft van 2014 tot 2015 een sterke verhoging van ruim 40 cm ondervonden, waarna de hoogte weer stabiel bleef. Op alle drie de punten komen veel wadpieren voor en het algemene bodemleven is gemiddeld tot rijk. Op punt 821 komen vrijwel geen kokkels voor, terwijl deze bij punt 822 en 823 in grote mate aanwezig zijn.

Noordelijke meetpunten

Meetpunt 832, centraal in het noorden van de plaat (Figuur 6-97) wordt gekenmerkt door een zandig laagdynamisch slik. Verder naar het oosten bij punt 831 was dit de afgelopen jaren ook meestal aanwezig, maar dit werd in 2016 kortstondig afgewisseld door een hoogdynamisch milieu. Bij beide meetpunten zijn veel wadpieren aanwezig en is het algemene bodemleven gemiddeld. Corophium en kokkels worden soms in kleine aantallen aangetroffen.

In 2009 evolueerde de geomorfologie bij meetpunt 833 van laagdynamische naar een hoogdynamische omgeving. Het laagdynamische milieu kwam in 2014 even terug, en is ook vanaf september 2016 weer aanwezig. Het ecotooptype was in 2015 laagdynamisch middenlitoraal, maar was in 2016 weer hoogdynamisch litoraal. Het bodemleven is hier

sporadisch, maar lijkt in recent jaren iets toe te nemen en wordt enkele keren als gemiddeld geregistreerd. Wadpieren en corophium worden sinds 2014 regelmatig in kleine hoeveelheden aangetroffen.

6.3.5 Samenvatting

Op basis van de voorgaande beschrijving werden onderstaande overzichtstabellen opgesteld (Tabel 6-4 tot Tabel 6-6), geordend volgens de locatie van het meetpunt. Hierin wordt de evolutie tussen 2009 en 2017 weergegeven door de heersende trends met symbolen (+, =, -, /) weer te geven. Merk op dat het tijdsverloop van de gemeten indicatoren niet vervat kan worden in een enkel symbool. De bedoeling is om een synthese te maken, zodat de belangrijkste signaleren eruit gefilterd kunnen worden. Tabel 6-3 geeft de verklaring van de symbolen. De volgende afkortingen worden gebruikt:

- h: hoogteligging;
- geo: geomorfologisch type (+ = evolutie naar laagdynamisch; - = evolutie naar hoogdynamisch; indien schor wordt dit aangeduid);
- eco: ecotoopklasse afgeleid van de ecotopenkaarten 2010, 2011, 2012, 2015, en 2016;
- lut%: lutumgehalte;
- wp: wadpieren;
- cor: corophium;
- kok: kokkels;
- bl: bodemleven.

Tabel 6-3: Verklaring van gebruikte symbolen.

	EVOLUTIE 2009-2017			
afkorting	**+**	**=**	**-**	**/**
h.	bodemhoogte stijgt	blijft gelijk	bodemhoogte daalt	geen data
geo	evolutie naar laagdynamisch	blijft gelijk	evolutie naar hoogdynamisch	geen data
eco	evolutie naar laagdynamisch	blijft gelijk	evolutie naar hoogdynamisch	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

Hooge Platen

Tabel 6-4: Analyse parameters voor Hooge Platen in de periode 2009-2017.

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 2017 in een hoogdynamische, zandige omgeving. De megaribbels geven aan dat er aanzienlijk bodemtransport plaatsvindt en de punten worden dus blootgesteld aan een dynamische omgeving. Dit kan ook een verklaring zijn 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 het bezinken van fijner sediment en dus 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. Bij de hoogst gelegen punten gaat dit gepaard met schorvorming. De evolutie naar een slibrijkere omgeving heeft een negatieve impact op het aantal wadpieren, Corophium en kokkels die zandigere omstandigheden verkiezen. Het algemene bodemleven blijft bij de meeste punten gelijk of neemt toe in rijkdom, behalve bij punt 911 waar het bodemleven afneemt.

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 schorvorming. Hierdoor stijgt ook het lutumgehalte, en wordt de bodem slibrijker, waardoor het bodemleven, inclusief kokkels, Corophium en wadpieren grotendeels verdwijnt.

Plaat van Walsoorden

Tabel 6-5: Analyse parameters voor Plaat van Walsoorden in de periode 2009-2017.

punt	h.	geo	eco	lut	wp	Cor	kok	bl
Plaat van Walsoorden (oost)								
523	=	-	/	-	/	-	/	-
524	-	=	/	=	/	/	/	=
525	-	=	/	=	/	-	/	=
Plaat van Walsoorden (centraal)								
507	+	- (← schor)	-	=	+	-	/	=
508	=	- (← schor)	-	-	=	=	/	=
509	-	- (← schor)	-	-	=	-	/	=
512	=	=	=	=	+	=	/	=
513	-	= (schor)	=	+	/	+	/	+
514	-	-	=	-	-	=	/	-
531	+	+ (→ schor)	+	+	/	-	/	-
Plaat van Walsoorden (west)								
532	+	=	=	=	-	=	/	=
534	+	+	=	=	+	=	+	=
535	+	+	+	=	+	+	+	+
536	+	=	=	=	=	=	+	=
Plaat van Walsoorden (noord)								
527	+	=	/	=	=	-	/	-
528	+	=	/	+	+	=	+	=
529	+	=	/	+	-	-	+	+

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 behoren deze meetpunten niet meer tot het litoraal en worden deze sinds 2016 niet meer opgemeten. Nieuwe meetpunten (923-925), die verder naar het westen gesitueerd zijn, laten zien dat dezelfde erosieve trend zich doorzet aan de oostelijke punt van de Plaat van Walsoorden.

Langs de noordelijke rand van de plaat komt bodemdaling voor door het breder worden van de noordelijke vloedschaar (punt 513-514). Het meest noordelijke meetpunt van het centrale deel is hoogdynamischer geworden, waardoor het bodemleven er is verminderd, maar in recente jaren lijkt het bodemleven weer toe te nemen. Meer naar het midden van de Plaat van Walsoorden toe komt schorvegetatie voor (punt 531). De vegetatie vangt sediment, waardoor de bodemligging licht verhoogt.

Aan de zuidelijke plaatrand van het centrale deel wordt het schor vervangen door laagdynamisch litoraal (punt 507-509). 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. Het laatste jaar is de bodemligging hier echter weer verhoogd en is de geomorfologie weer gewijzigd naar laagdynamisch slik.

Aan het westelijke deel van de Plaat van Walsoorden vindt over het algemeen een overgang plaats van een hoog- naar een laagenergetisch milieu (punt 532-536). Vermoedelijk is dit te danken aan de plaatrandstortingen, die ter plekke een luwe zone creëren. De aanwezigheid van fijn materiaal is beperkt, waar wadpieren, Corophium en het algemene bodemleven van profiteren. Kokkels worden nergens op de Plaat van Walsoorden waargenomen, ook hier zijn deze dus over het algemeen afwezig. Het meest westelijke meetpunt kent, ondanks de stijging van de bodemligging, eind 2014 een terugval naar een hoogdynamisch milieu, maar in 2017 verandert dit weer naar laagdynamisch. De verandering naar een hoogdynamisch milieu ging gepaard met het verdwijnen van de wadpieren, corophium en het verminderen van het algemene bodemleven. Het laatste jaar is dit juist weer toegenomen.

Op de noordelijke zandrug worden sinds 2016 drie nieuwe meetpunten opgenomen (527-529). De lange termijn trend sinds 2009 kan hier dus niet worden bepaald. Sinds 2016 neemt de hoogte van de twee noordelijke punten hier toe, waarbij ook het slibgehalte toeneemt. Het algemene bodemleven neemt af bij het zuidelijke punt en toe bij het noordelijke punt. Kokkels werden bij de twee noordelijke punten in september 2017 veel aangetroffen, en zijn bij het zuidelijke meetpunt afwezig.

Rug van Baarland

Tabel 6-6: Analyse parameters voor Rug van Baarland in de periode 2009-2017.

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	+	=	=	-	+	-	=	=

punt	h.	geo	eco	lut	wp	Cor	kok	bl
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 veranderingen vinden geleidelijk plaats. Op het oostelijke deel is de dynamiek iets hoger en is het bodemleven dan ook vrij beperkt (punt 811). 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.

Noordelijker, op het centraal zuidelijke deel van de Rug van Baarland, was het centrale deel van de plaat laagdynamisch tot 2015 en is het vervolgens geëvolueerd naar een hoogdynamisch milieu (punt 801-802). 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 (804) is gelegen in een hoogdynamisch 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 zuidelijke centrale deel komt ook bodemdaling voor (meetpunt 809). Echter heerst hier wel een laagdynamisch 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 worden wadpieren en Corophium frequenter waargenomen en is het algemene bodemleven fors in aantal toegenomen.

Op het noordelijke deel van de Rug van Baarland geldt ook een laagenergetische omgeving. Bij het westelijk gelegen punt 833 heerste over het algemeen een hoogdynamisch klimaat, maar dit is in 2016 veranderd naar laagdynamisch. Bij de overige noordelijke meetpunten komt de wadpier veelvuldig voor. Het geringe lutumgehalte en de morfologische (sub-)klassen wijzen op een vrijwel ongewijzigde sedimentsamenstelling.

6.4 WATERVOLUME IN DE GEULEN

Het criterium Instandhouding Meergeulenstelsel omvat één kwaliteitsparameter: het watervolume in de nevengeul. In de beschouwde rapportages (Schrijver, 2018a) 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 wordt enkel het watervolume en de kantelindex besproken.

In het Protocol Kwaliteitsparameters wordt het ‘watervolume geulen’ gedefinieerd als het watervolume van zowel de hoofd- als nevengeul beneden -5 m NAP. 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 -5 m NAP steeds is opgenomen 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 nodig heeft.

De berekening van de kantelindex en de onder- en waarschuwingsgrens wordt hieronder beschreven en werd overgenomen uit Schrijver (2018a). 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 meegenomen moeten 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 de Agenda van de Toekomst. Vooralsnog worden de resultaten dus gerapporteerd en beoordeeld volgens het klassieke criterium.

6.4.1 Maximaal toegelaten verandering

De maximaal toelaatbare afwijking in een nevengeul ($V_{\max toelaatbaar}$) is in het Protocol Kwaliteitsparameters gedefinieerd als:

$$MC = \{\text{macrocel } 1, \text{macrocel } 3, \dots, \text{macrocel } 7\}$$

$$\forall i \in MC: V_{\max toelaatbaar}(i) = V_{max}(i) - V_{min}(i) + NV(i) + V_{\max stort}(i)$$

Waarbij:

i	=	de macrocel
V_{max}	=	max(V_{2006} … V_{2010}), het maximale watervolume berekend over de periode 01-01-2006 tot en met 01-01-2010.
V_{min}	=	min(V_{2006} … V_{2010}), het minimale watervolume berekend over de periode 01-01-2006 tot en met 01-01-2010.
NV	=	stdev(V_{2006} … V_{2010}), de standaarddeviatie van het watervolume berekend over de periode 01-01-2006 tot en met 01-01-2010.
$V_{\max stort}$	=	de maximaal jaarlijkse stortcapaciteit voor de nevengeul zoals vastgelegd in de vergunning.

De variabele $V_{\max stort}$ 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 6-7.

Tabel 6-7: Maximaal jaarlijks te storten hoeveelheden in de nevengeulen.

Macrocel	Maximaal jaarlijks te storten hoeveelheid in de nevengeulen [miljoen m^3 in situ]
1	3,0
3	3,2
4	2,4
5	3,8
6	1,0
7	0,0

De periode waarover het minimum, het maximum en de standaarddeviatie worden bepaald is in het Protocol Kwaliteitsparameters gedefinieerd als vijf jaar. Daarnaast worden grenzen gebaseerd op een berekening met een periode van tien jaar weergegeven op de figuren. Hierbij worden V_{max}, V_{min} en NV berekend over de periode van 01-01-2001 tot en met 01-01-2010. Dit is alleen ter informatie om inzicht te krijgen of het beschouwen van een langere termijn beter zou zijn.

6.4.2 Ondergrens en waarschuwingsgrens

De ondergrens (OG) wordt bepaald door de maximaal toelaatbare afwijking ten opzichte van het grootste gemeten watervolume.

Na substitutie volgt dat de ondergrens voor het volume van een nevengeul het minimale volume van de voorafgaande vijf jaar (V_{min}) is, met daarvan afgetrokken de standaarddeviatie van de voorafgaande vijf jaar (NV) en het maximaal toegelaten stortvolume in de nevengeul volgens vergunning ($V_{\max stort}$):

$$\begin{aligned}\forall i \in MC: OG(i) \quad &= V_{max}(i) - V_{\max toelaatbaar}(i)\\ &= V_{max}(i) - \left(V_{max}(i) - V_{min}(i) + NV(i) + V_{\max stort}(i)\right)\\ &= V_{min}(i) - NV(i) - V_{\max stort}(i)\end{aligned}$$

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 80% van de maximaal toelaatbare afwijking:

$$\begin{aligned}\forall i \in MC: OG(i) \quad &= V_{max}(i) - 0{,}8 * V_{\max toelaatbaar}(i)\\ &= V_{max}(i) - 0{,}8 * \left(V_{max}(i) - V_{min}(i) + NV(i) + V_{\max stort}(i)\right)\\ &= 0{,}2 * V_{max}(i) + 0{,}8 * (V_{min}(i) - NV(i) - V_{\max stort}(i))\end{aligned}$$

De waarschuwingsgrens bedraagt dus 20% van het maximale volume opgeteld met 80% van het volume dat is berekend als de ondergrens.

6.4.3 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 de verhouding van de diepte van de eb- en vloedgeul ten opzichte van elkaar. Dit kan aangeven of het meergeulenstelsel van de macrocel in balans is, of dreigt om te slaan naar een eengeulenstelsel.

6.4.4 Getijvolume

Van iedere macrocel wordt iedere 3 jaar gedurende één eb- en één vloedperiode (13 uur) de stroomsnelheid over een raai in de verticaal 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 6-8 is aangegeven welke raai bij welke macrocel hoort. Binnen het monitoringsprogramma worden nog andere raaien in de Westerschelde en de monding gemeten. Voor een volledig overzicht worden verwezen naar Schrijver en Plancke (2008).

Tabel 6-8: Raai per macrocel waar het getijvolume wordt bepaald.

Macrocel	Raai
1	9
3	7
4	6
5	5a
6	2
7	1

De grafieken van het getijvolume werden opgesteld door Schrijver (2018) die ze als volgt beschrijft:

“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.”

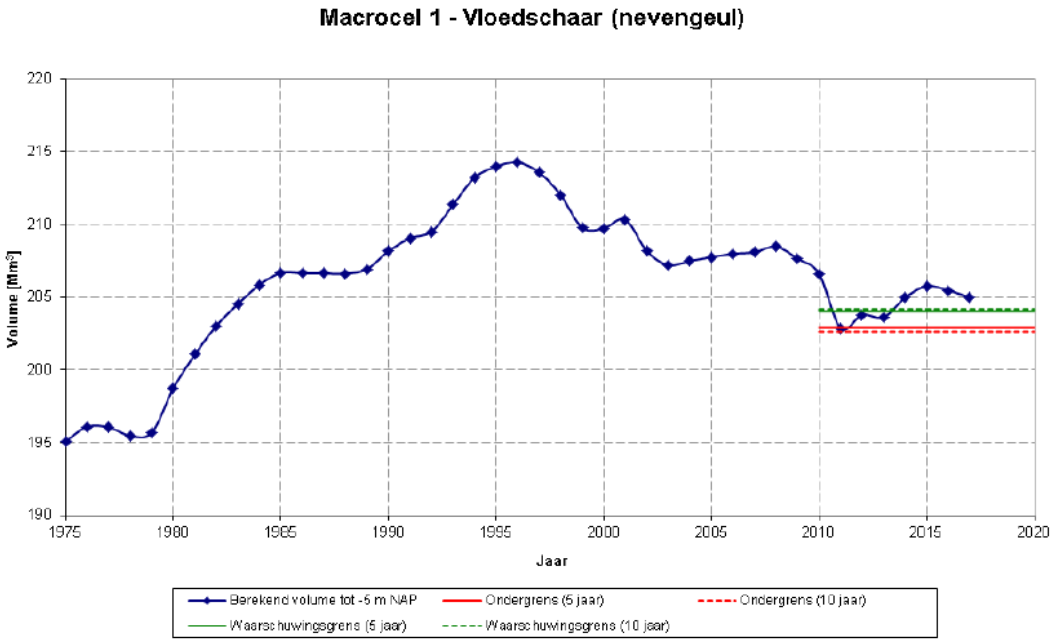
Per macrocel wordt op basis van deze figuren het getijvolume besproken in zijn respectieve raai. Daarbij wordt ook gekeken naar de verhouding of verdeling van het getijvolume tussen hoofdgeul en nevengeul: het is niet wenselijk dat het getijvolume in de hoofdgeul toeneemt ten koste van het getijvolume in de nevengeul.

6.4.5 Toetsing

De resultaten voor het criterium watervolume nevengeulen staan in het rapport “Monitoring meergeulensysteem Westerschelde – Toetsing nevengeulen op criterium watervolume” (Schrijver, 2018a). In wat volgt is een selectie van de resultaten weergegeven die wat meer aandacht verdient. Voor de volledige resultaten wordt verwezen naar Schrijver (2018). 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 een ongewenste situatie. Daarnaast definieert het Protocol Kwaliteitsparameters ook een waarschuwingscriterium waarop wordt getoetst. In deze sectie wordt de ontwikkeling van de watervolumes bij de balansdatum van 1 januari 2017 getoetst.

Macrocel 1 + mesocel 2

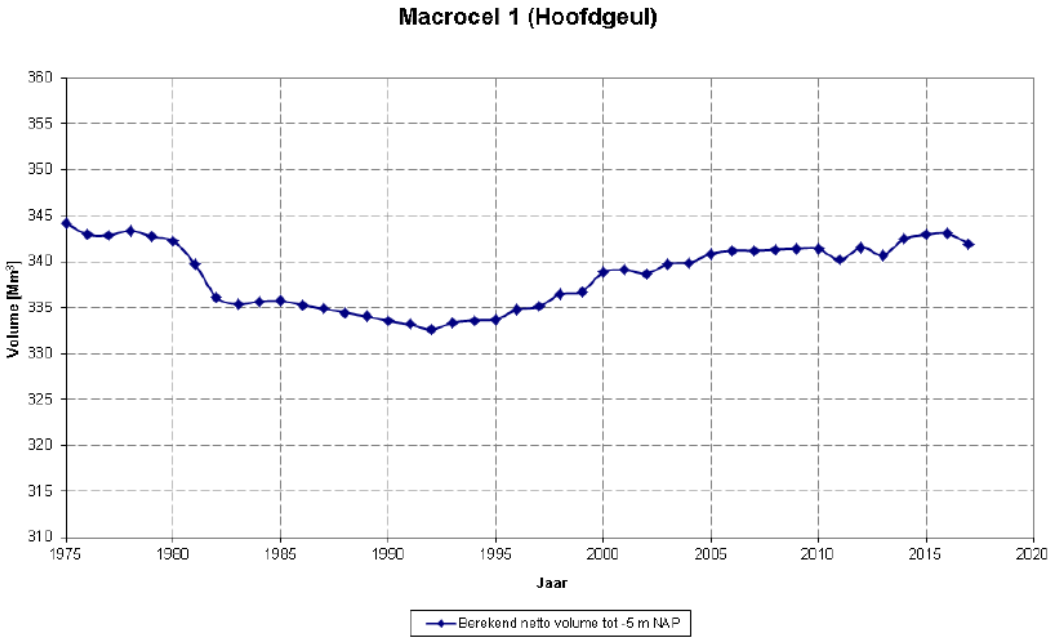
- De sterke afname van het watervolume van de nevengeul in macrocel 1 van 2010 tot 2011 – te wijten aan de initiële plaatrandstortingen (IMDC, 2013a) – is in de jaren daarna omgezet in een toename. Na 2013 ligt het natte volume in de nevengeul weer hoger dan de waarschuwingsgrens (Figuur 6-98). Deze 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. De afgelopen twee jaar (2016-2017) is er wel weer een lichte afname van het volume zichtbaar. Dit wordt veroorzaakt door een afname van het watervolume in het westelijk deel Schaar van de Spijkerplaat. Sinds de jaren negentig nam het belang van de hoofdgeul ten opzichte van de nevengeul reeds toe.



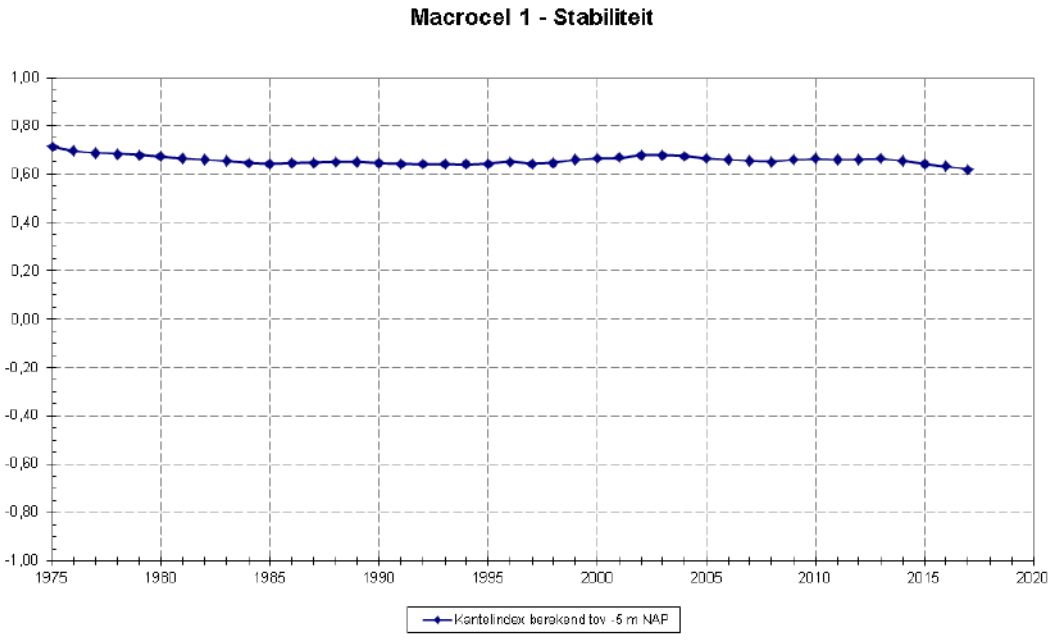
Figuur 6-98: Netto volume vloedschaar nevengeul macrocel 1 (Schrijver, 2018a).

- Het watervolume in de hoofdgeul van macrocel 1 fluctueerde tussen 2010 en 2014. Tussen 2014 en 2016 bleef het geulvolume redelijk constant, waarna een afname zichtbaar is in 2017 (Figuur 6-99). Aangezien de ingrepen in de hoofdgeul beperkt zijn, zijn de ontwikkelingen in de hoofdgeul van macrocel 1 te beschouwen als een autonome evolutie.

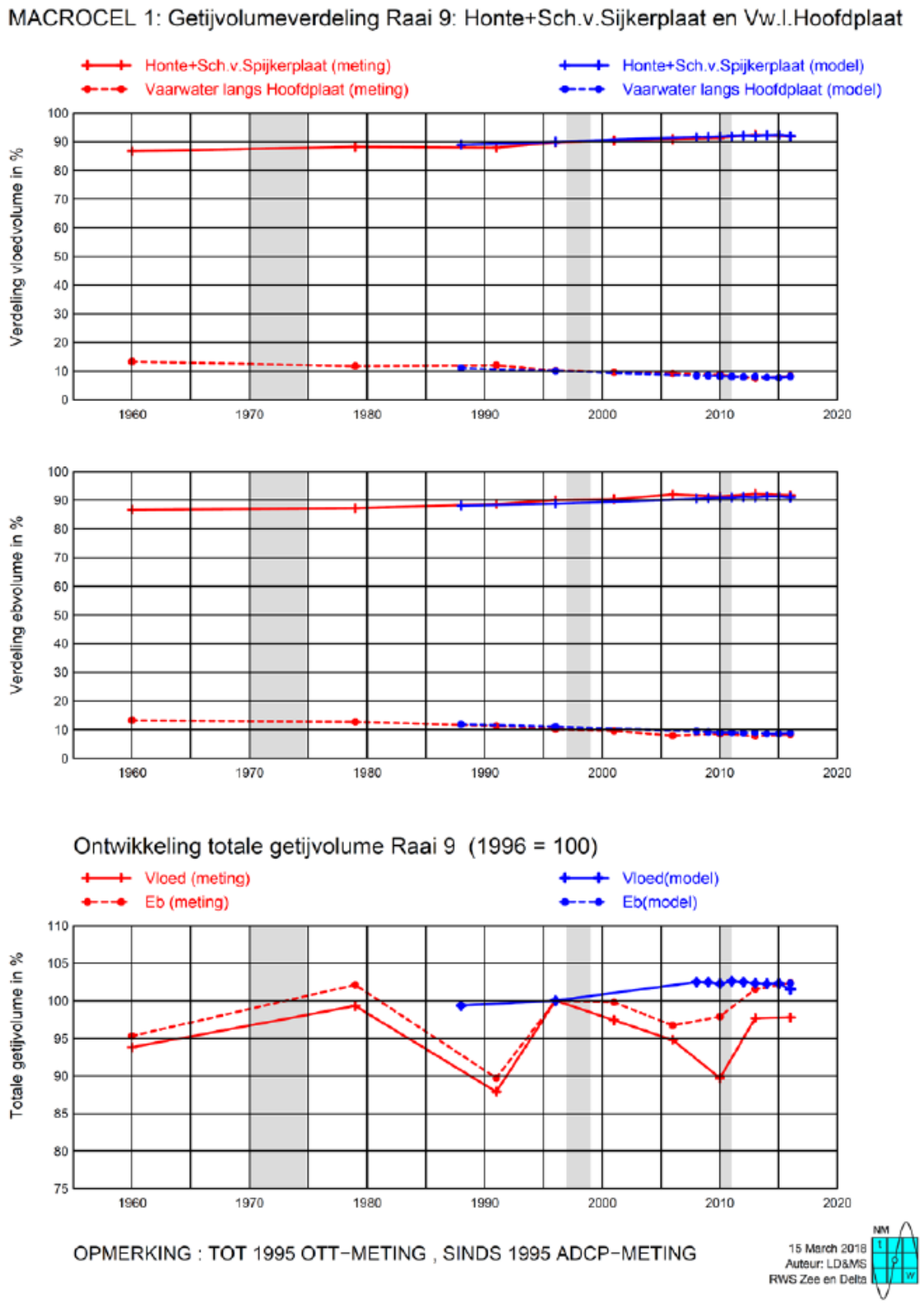
- De kantelindex voor macrocel 1 is redelijk stabiel, maar lijkt sinds 2014 enigszins af te nemen (Figuur 6-100).
- De laatste debietmeting (2016) in het Vaarwater langs Hoofdplaat laat zien dat het procentueel volume voor zowel vloed als eb vrijwel gelijk is gebleven ten opzichte van 2014 (Figuur 6-101). Hiervoor was er sprake van een daling van het procentueel debiet die werd toegeschreven aan aanhoudende sedimentatie in het Vaarwater langs Hoofdplaat. Het gelijkblijven van het volume sinds 2014 zou er op kunnen wijzen dat deze sedimentatie is gestopt.



Figuur 6-99: Netto volume ebschaar hoofdgeul macrocel 1 (Schrijver, 2018a).



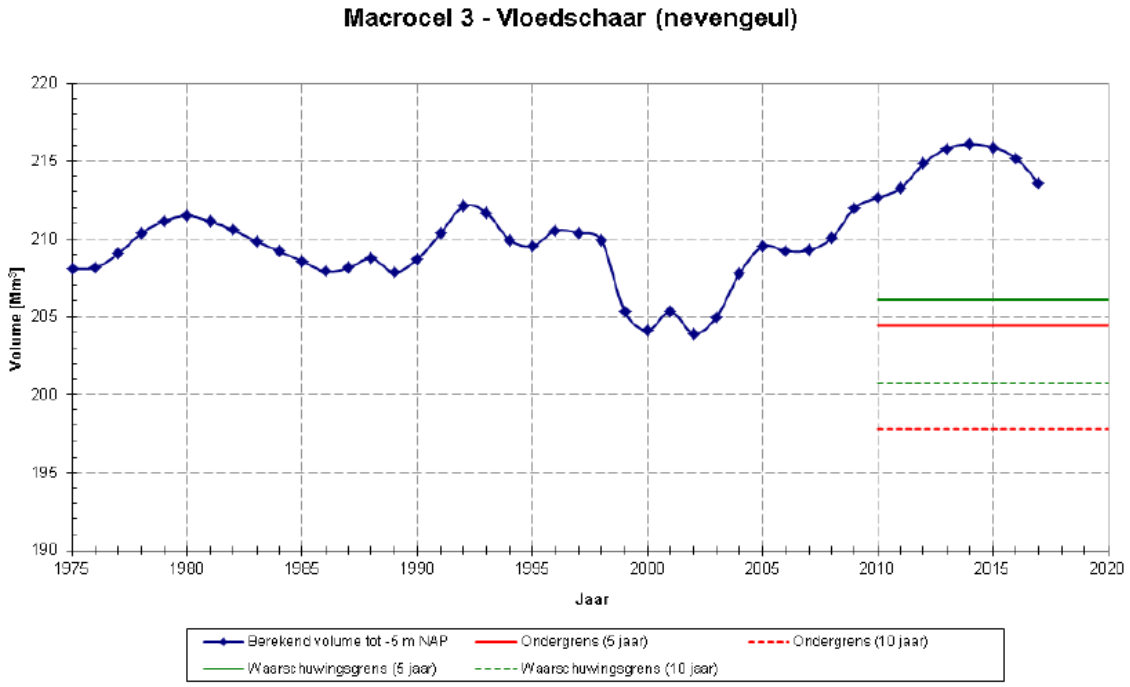
Figuur 6-100: De evolutie van de kantelindex voor macrocel 1 (Schrijver, 2018a).



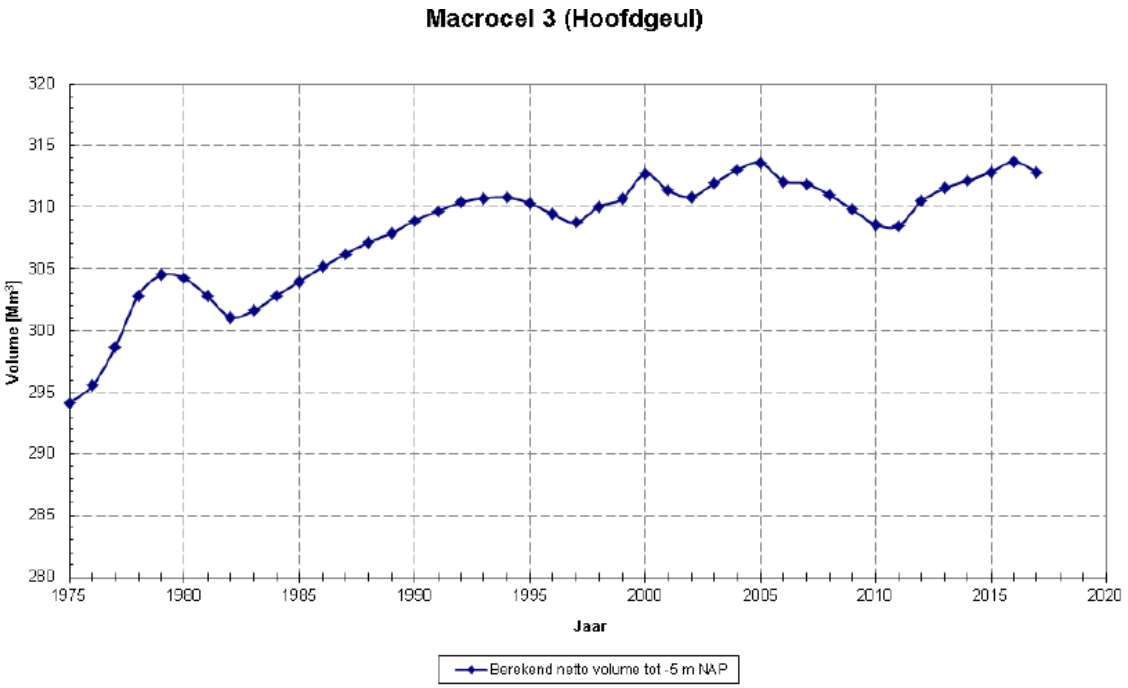
Figuur 6-101: Getijvolumeverdeling Raai 9 in macrocel 1 (Schrijver, 2018a).

Macrocel 3

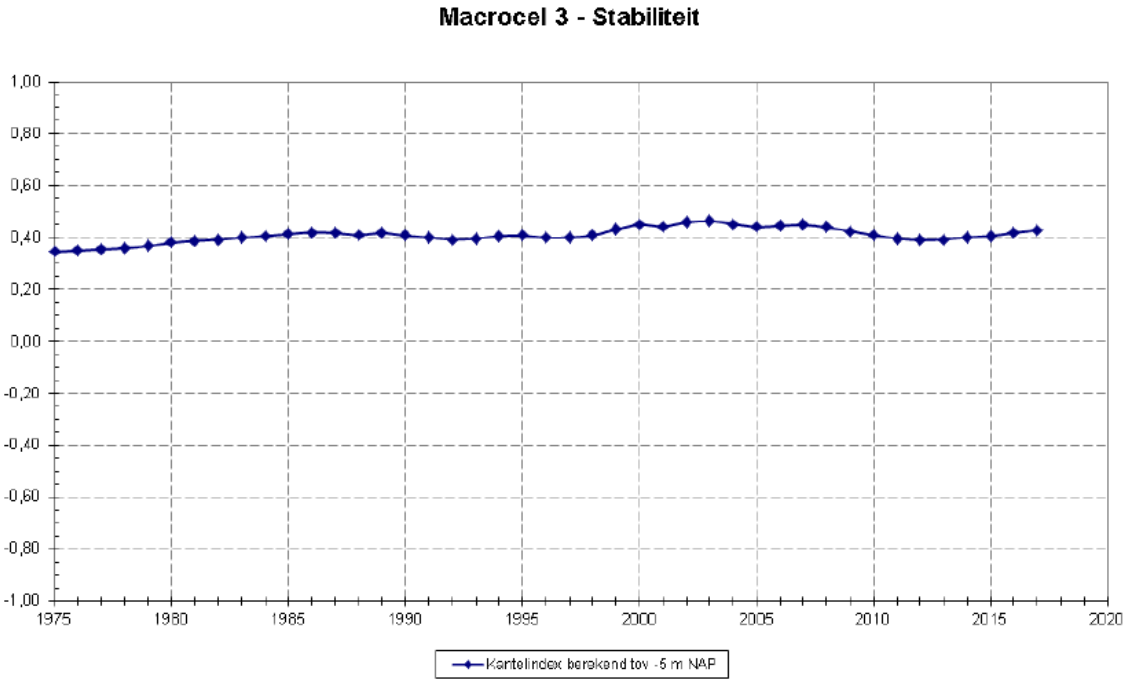
- Het watervolume in de nevengeul van macrocel 3 nam tot 2014 toe, waarna de stijgende trend is veranderd naar een dalende trend van 2014 tot 2017. Aangezien er geen sprake is van een toename in stortintensiteit in het nevengeulstortvak, is de erosie kennelijk afgenomen. Het watervolume bevindt zich nog wel ver boven de vijfjarige waarschuwingsgrens (Figuur 6-102).
- Het volume in de hoofgeul nam van 2011 tot 2016 toe. Het laatste jaar is er echter sprake van een afname van het watervolume in de hoofdgeul (Figuur 6-103).
- De kantelindex vertoonde tot 2013 een negatieve trend, wat erop wijst dat de nevengeul aan volume won ten opzichte van de hoofdgeul (Figuur 6-104). Vanaf 2013 is er sprake van een lichte toename van de kantelindex, in het voordeel van de hoofdgeul.
- De debietmetingen laten in 2017 een afname zien van het relatieve getij-aandeel van de nevengeul (Everingen) en een toename van het getij-aandeel van de hoofdgeul (Figuur 6-105). Deze trend was reeds vanaf 2003 aanwezig. Tussen 2011 en 2014 werd daarentegen een omgekeerde trend waargenomen.



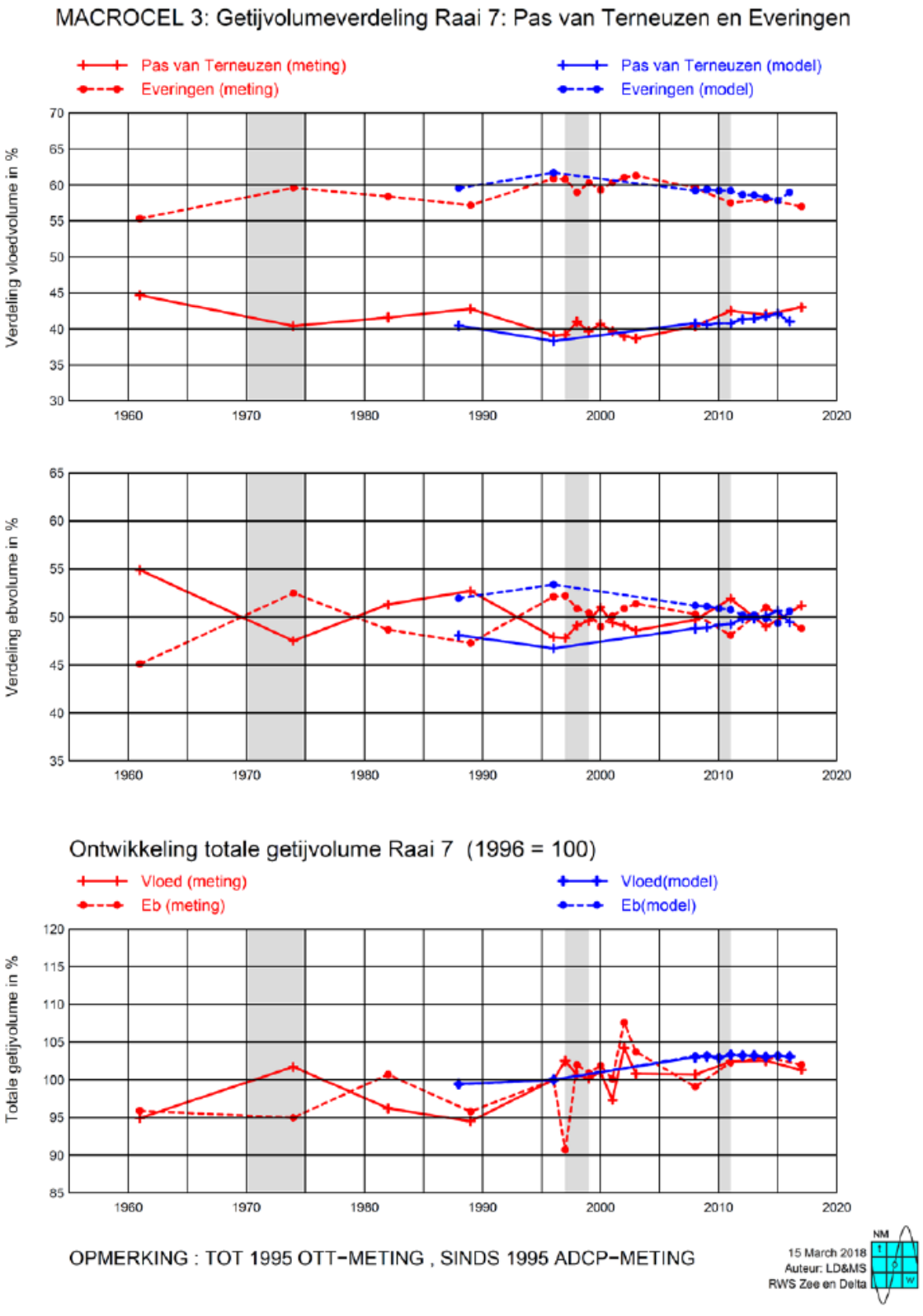
Figuur 6-102: Netto volume vloedschaar nevengeul macrocel 3 (Schrijver, 2018a).



Figuur 6-103: Netto volume ebschaar hoofdgeul macrocel 3 (Schrijver, 2018a).



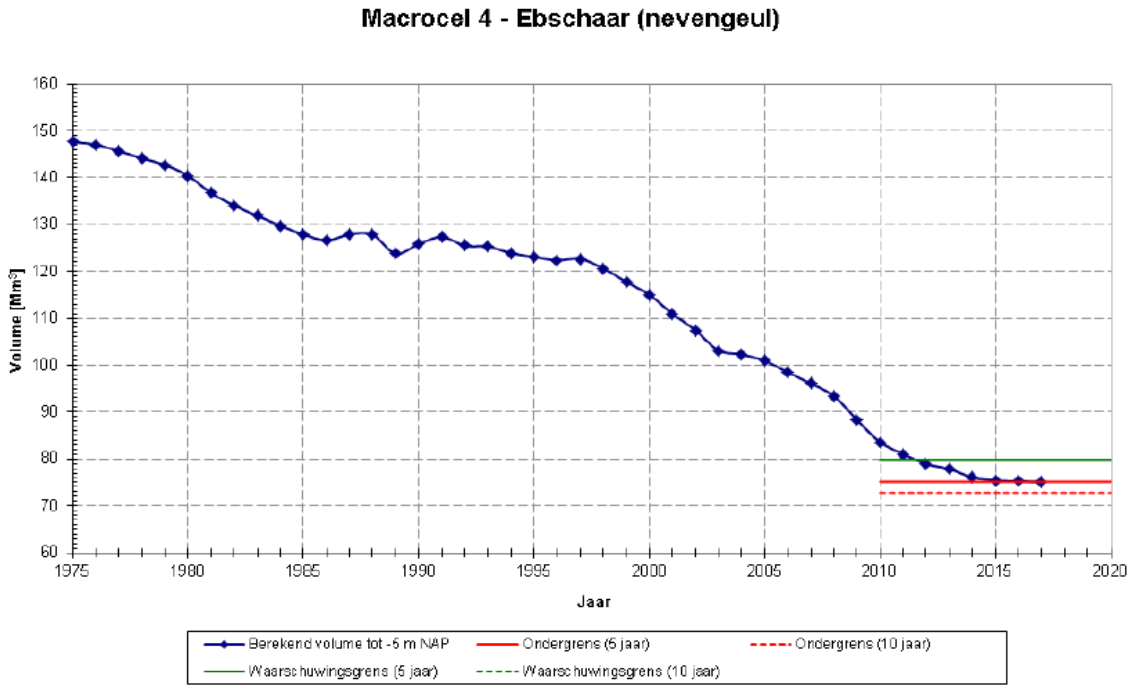
Figuur 6-104: De evolutie van de kantelindex voor macrocel 3 (Schrijver, 2018a).



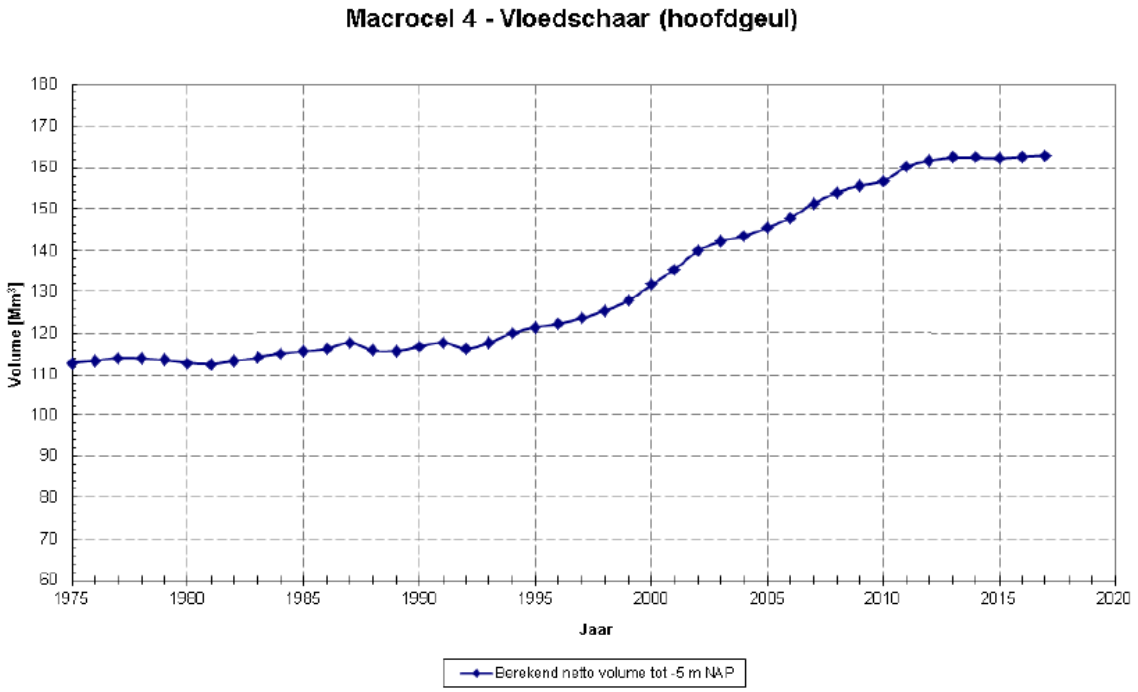
Figuur 6-105: Getijvolumeverdeling Raai 7 in macrocel 3 (Schrijver, 2018a).

Macrocel 4

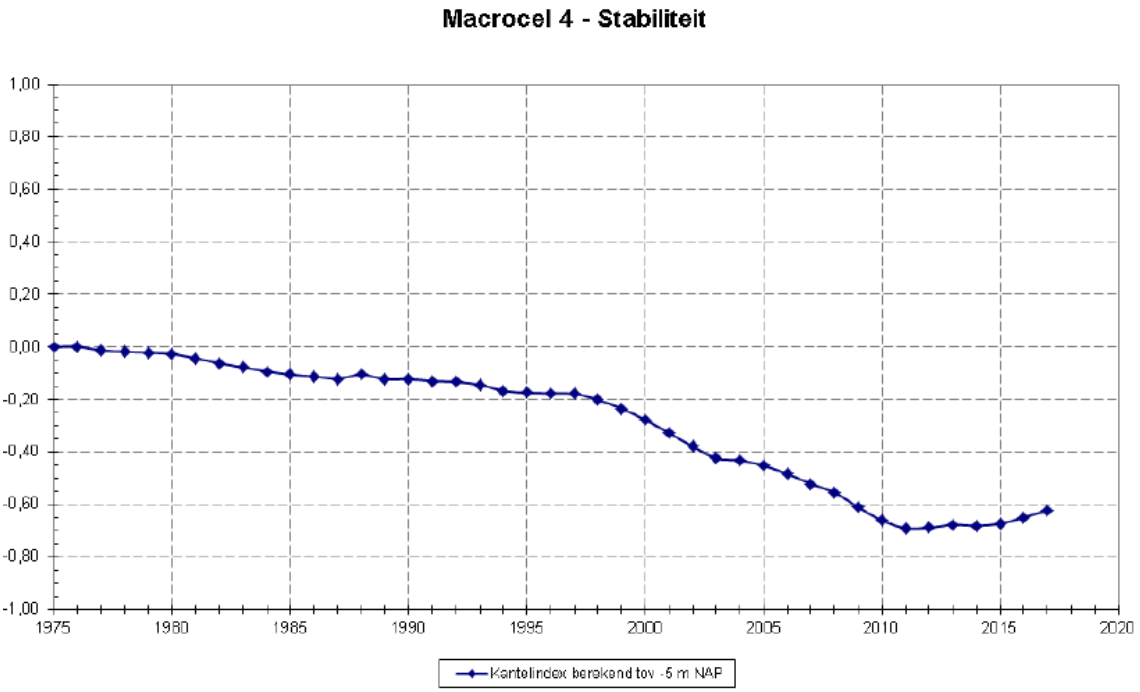
- De reeds lange tijd aanwezige sedimenterende trend in de nevengeul van macrocel 4 (Middelgat) zette zich door tot 2014. Hierna is van 2014 tot 2017 de dalende trend afgezwakt en ligt het volume rond de 5-jarige ondergrens (Figuur 6-106). Het watervolume voldoet in 2017 al net niet meer aan het opgelegde criterium, en dit zal de komende jaren zo blijven, tenzij de dalende trend wordt omgekeerd. De daling van de sedimentatiesnelheid ter hoogte van het Middelgat wordt mogelijk deels verklaard door het stopzetten van de stortingen sinds 2012 en mogelijk omdat de stortingen aan de oostzijde van macrocel 3 zijn afgenomen.
- Het watervolume in de hoofdgeul is sinds 2013 vrij stabiel, maar laat van 2015 tot 2017 toch een lichte toename zien (Figuur 6-107). De stortintensiteit is min of meer in evenwicht met het baggeren en de autonome erosie van de hoofdgeul.
- De kantelindex is de afgelopen jaren gestegen, en de nevengeul (die hier de ebgeul betreft) krijgt dus een relatief groter aandeel van het getijvolume ten opzichte van de hoofdgeul (Figuur 6-108). Deze ontwikkeling wordt waarschijnlijk beïnvloed door het stopzetten van de plaatrandstortingen aan de Rug van Baarland en de hogere stortintensiteit in de hoofdgeul sinds 2011.
- In macrocel 4 zijn sinds 2014 geen nieuwe debietmetingen uitgevoerd. In 2014 was het watervolume in de nevengeul (Middelgat) bij vloed en eb toegenomen (Figuur 6-109). De modelberekeningen voorspelden tot 2015 nog een afname van voornamelijk het ebvolume, maar laten vanaf 2015 ook een toename van de volumes zien.



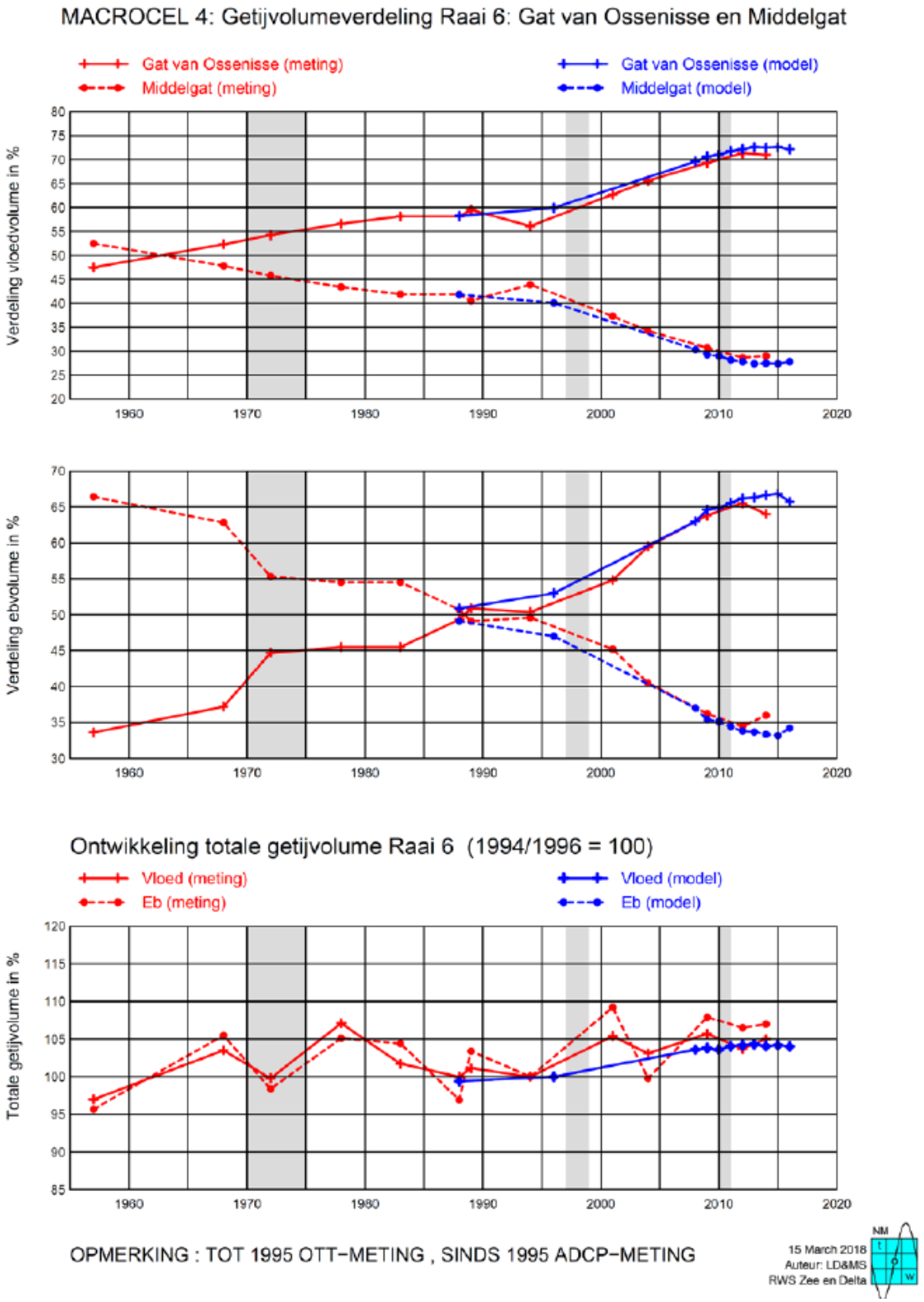
Figuur 6-106: Netto volume ebschaar nevengeul macrocel 4 (Schrijver, 2018a).



Figuur 6-107: Netto volume vloedschaar hoofdgeul macrocel 4 (Schrijver, 2018a).



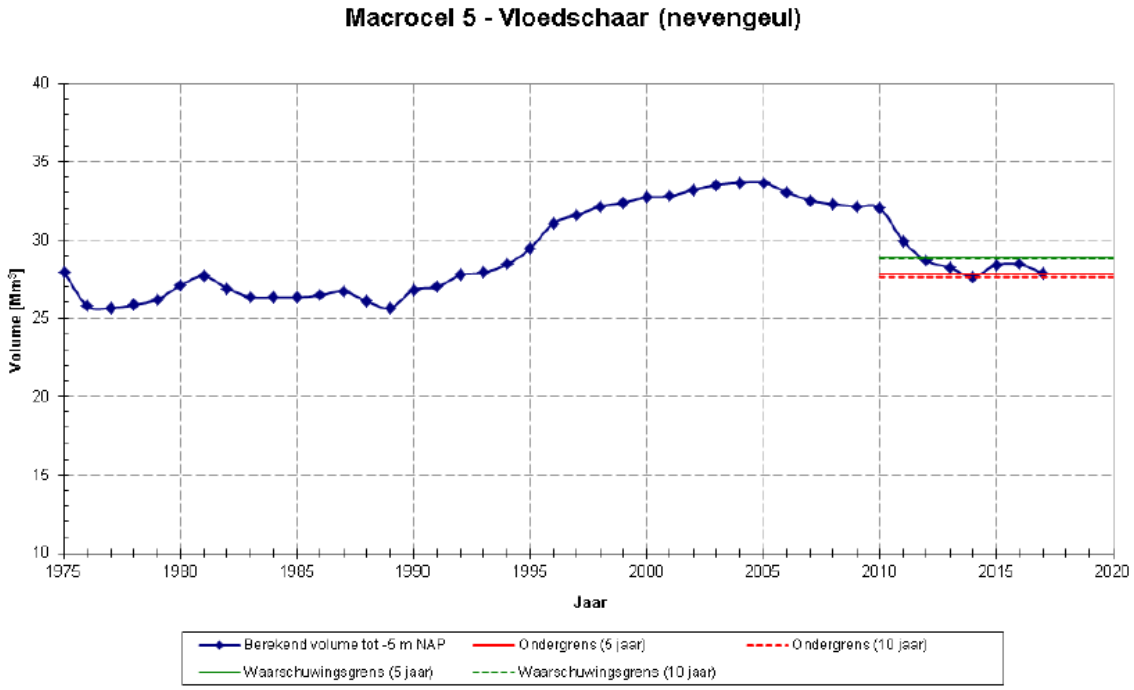
Figuur 6-108: De evolutie van de kantelindex voor macrocel 4 (Schrijver, 2018a).



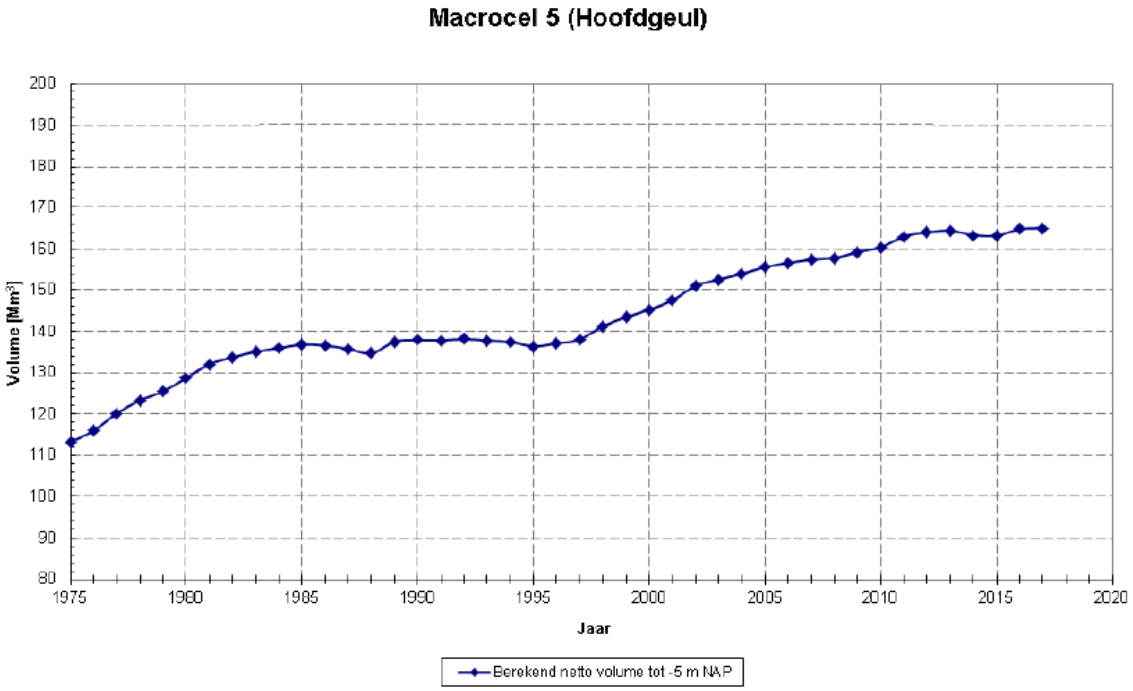
Figuur 6-109: Getijvolumeverdeling Raai 6 in macrocel 4 (Schrijver, 2018a).

Macrocel 5

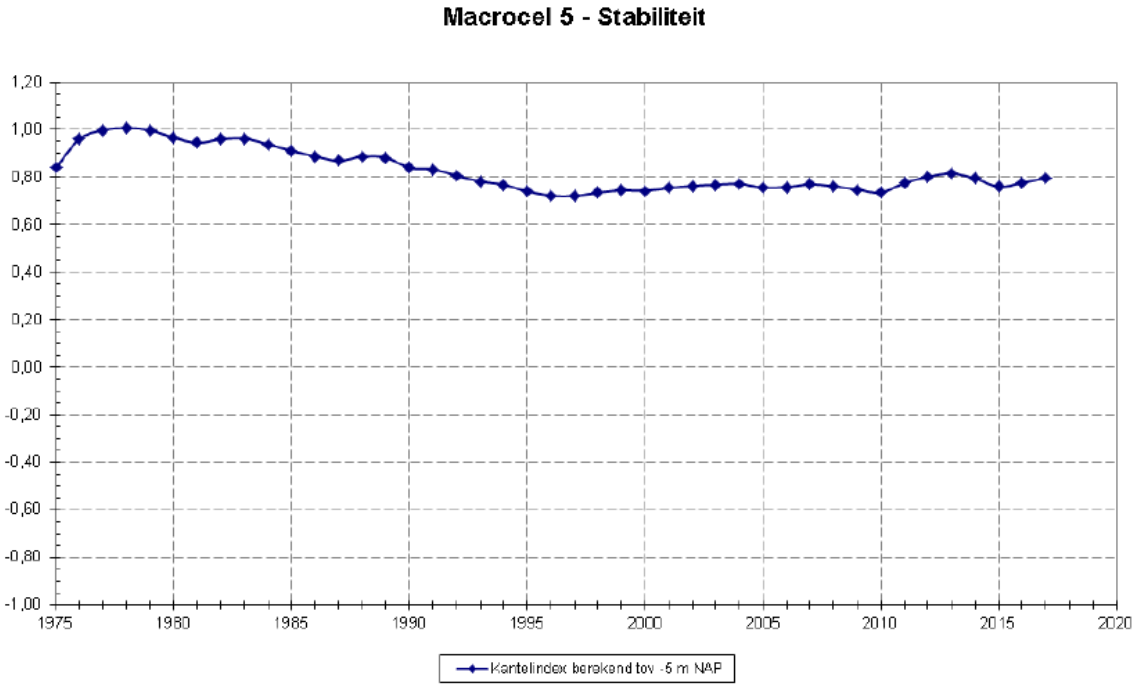
- Het watervolume in de nevengeul nam af van 2010 tot 2014 en liet hierna een toename zien tot 2016 (Figuur 6-110), wellicht door het stopzetten van de stortingen in de nevengeul. Van 2016 naar 2017 was echter weer sprake van een afname van het watervolume, waardoor het nu nog net boven de ondergrens ligt.
- De langzame, gestage stijging van het watervolume in de hoofdgeul was afgevlakt in 2014 en 2015, maar heeft zich in 2016 en 2017 weer doorgezet (Figuur 6-111). Dit komt wellicht door de lichte toename in het gebaggerde volume in de hoofdgeul en de afname van het nevengeulvolume in 2017.
- De kantelindex fluctueert en daalde na een piek in 2013 tot in 2015. Sinds 2015 neemt de kantelindex weer toe tot het meest recente jaar 2017 (Figuur 6-112). De laatste jaren heeft de nevengeul dus relatief volume verloren ten opzichte van de hoofdgeul.
- Bij de meest recent metingen in 2016 is het debiet van de nevengeul (Schaar van Waarde) toegenomen, zowel bij eb als bij vloed. Deze toename is meer uitgesproken bij vloed (Figuur 6-113).



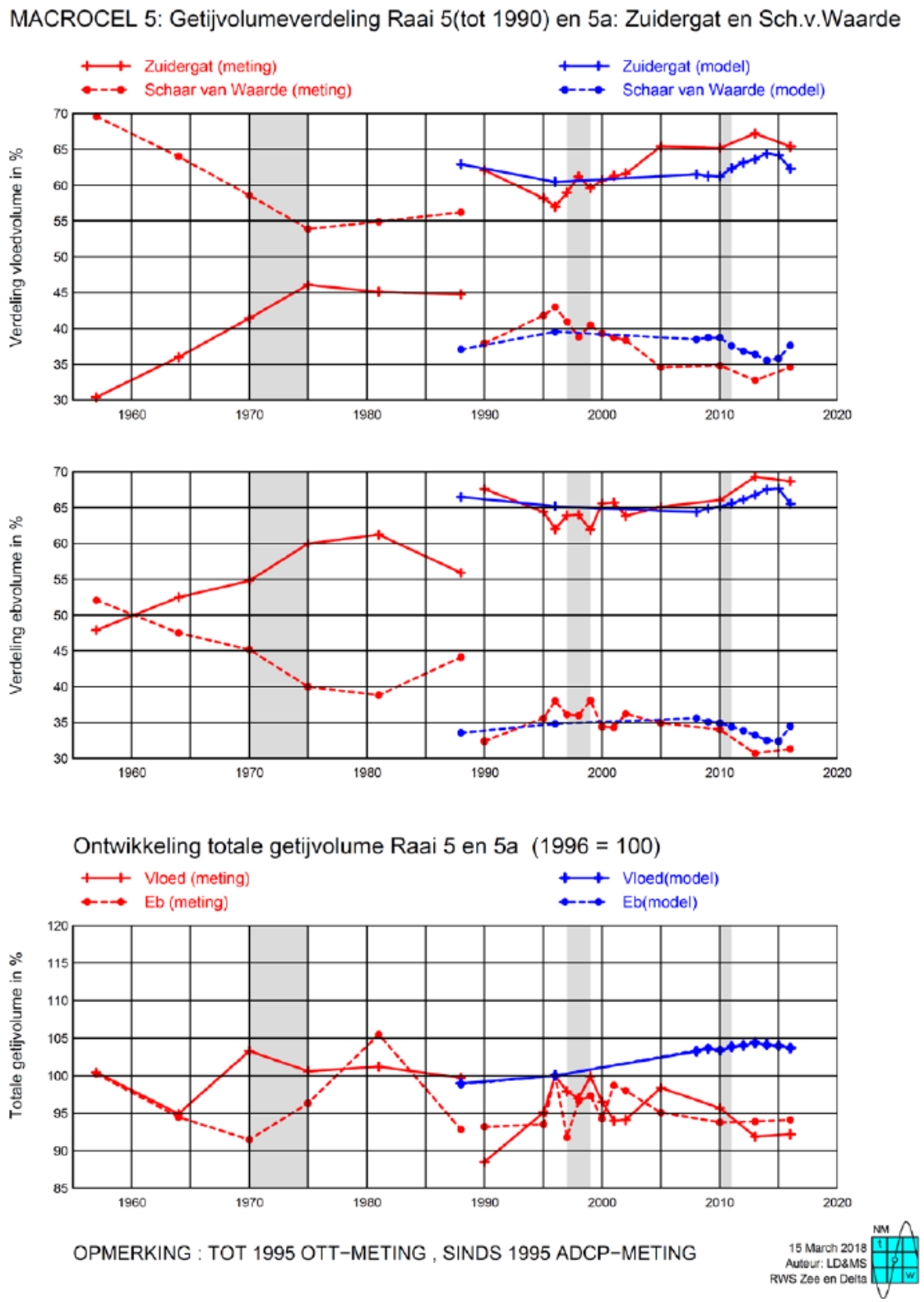
Figuur 6-110: Netto volume vloedschaar nevengeul macrocel 5 (Schrijver, 2018a).



Figuur 6-111: Netto volume ebschaar hoofdgeul macrocel 5 (Schrijver, 2018a).



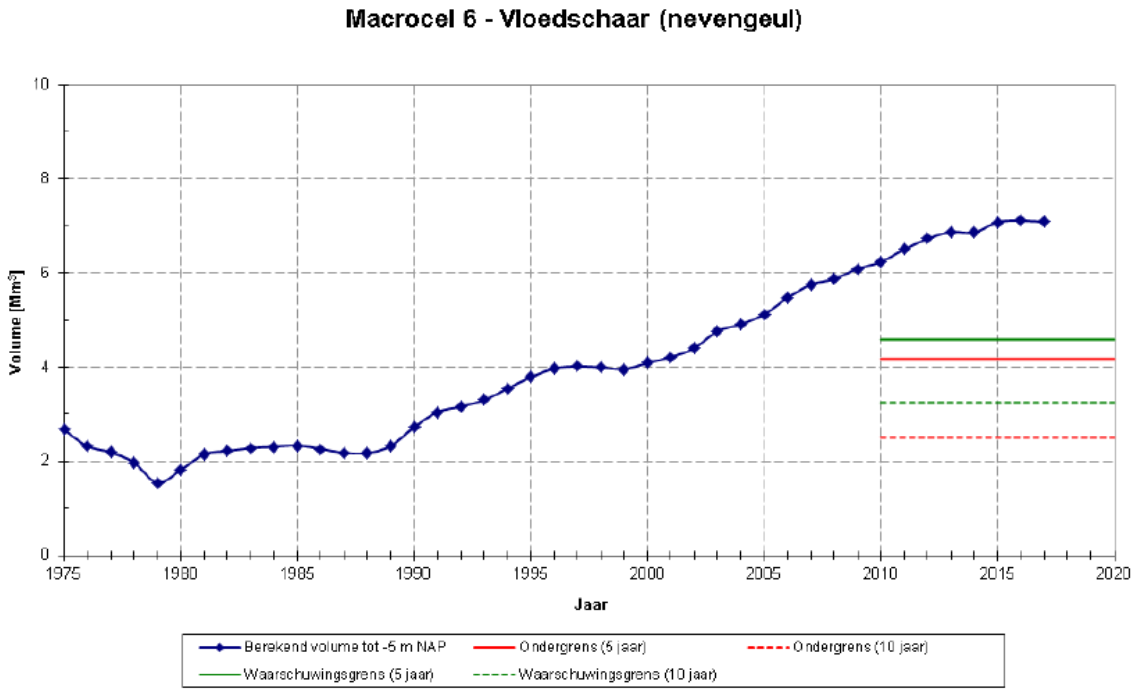
Figuur 6-112: De evolutie van de kantelindex voor macrocel 5 (Schrijver, 2018a).



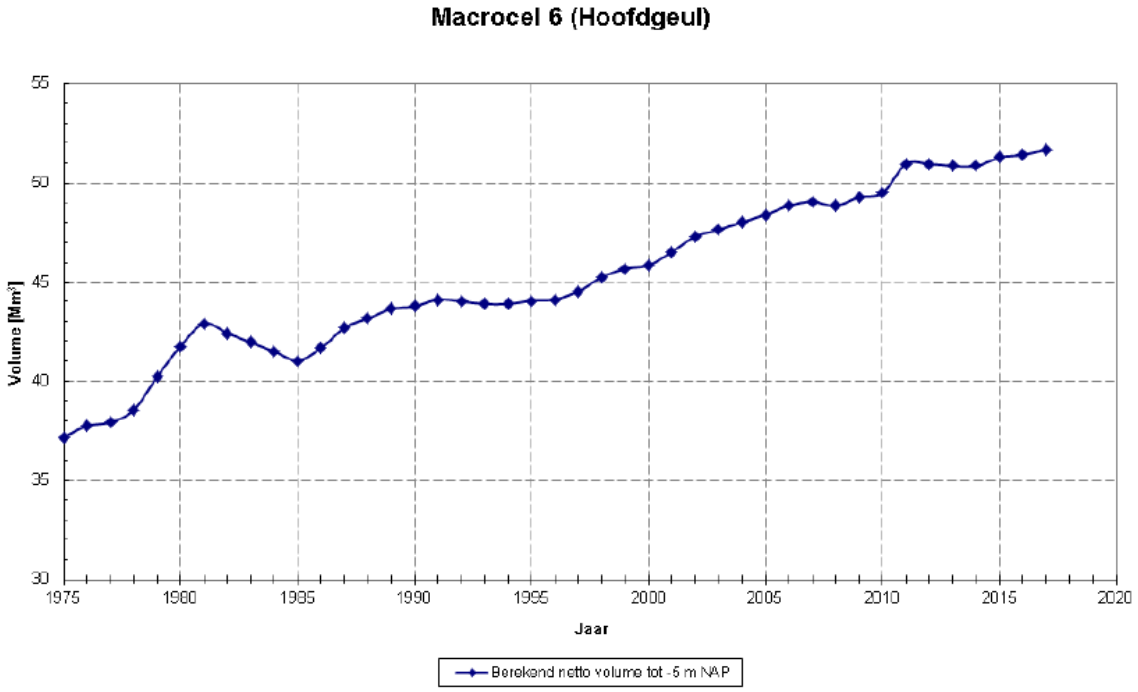
Figuur 6-113: Getijvolumeverdeling Raai 5 en 5a in macrocel 5 (Schrijver, 2018a).

Macrocel 6

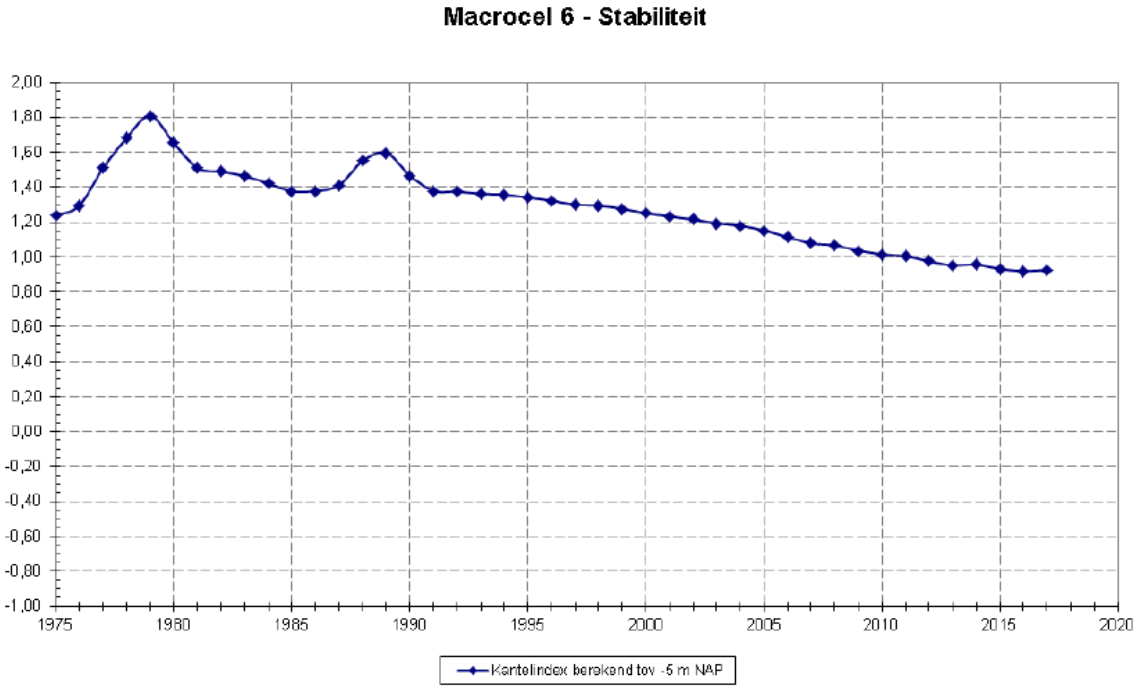
- De nevengeul heeft een stijgende trend in watervolume tot 2015, wat correspondeert met de erosie van de Schaar van de Noord. Sinds 2015 blijft het volume in de nevengeul stabiel (Figuur 6-114). Het watervolume ligt ver boven de waarschuwingsgrens en voldoet ruim aan de criteria. Merk op dat de nevengeul van deze macrocel een zeer klein volume heeft.
- Nadat het watervolume in de hoofdgeul van 2011 tot 2014 stabiel was gebleven, neemt het volume sindsdien weer toe, wat ook over een lange periode hiervoor het geval was (Figuur 6-115). Dit wordt mogelijk veroorzaakt door een afname van het gestorte volume vanaf 2015.
- De kantelindex vertoont al geruime tijd een afnemende trend, die ook de laatste jaren doorzet (Figuur 6-116). Dit is het gevolg van de relatief sterke toename van het volume in de nevengeul (vloedschaar).
- Bij de laatste debietmetingen in 2016 waren volumes in de nevengeul toegenomen ten opzichte van die in de hoofdgeul (Figuur 6-117). Dit is voornamelijk het geval bij vloed en in mindere mate bij eb.



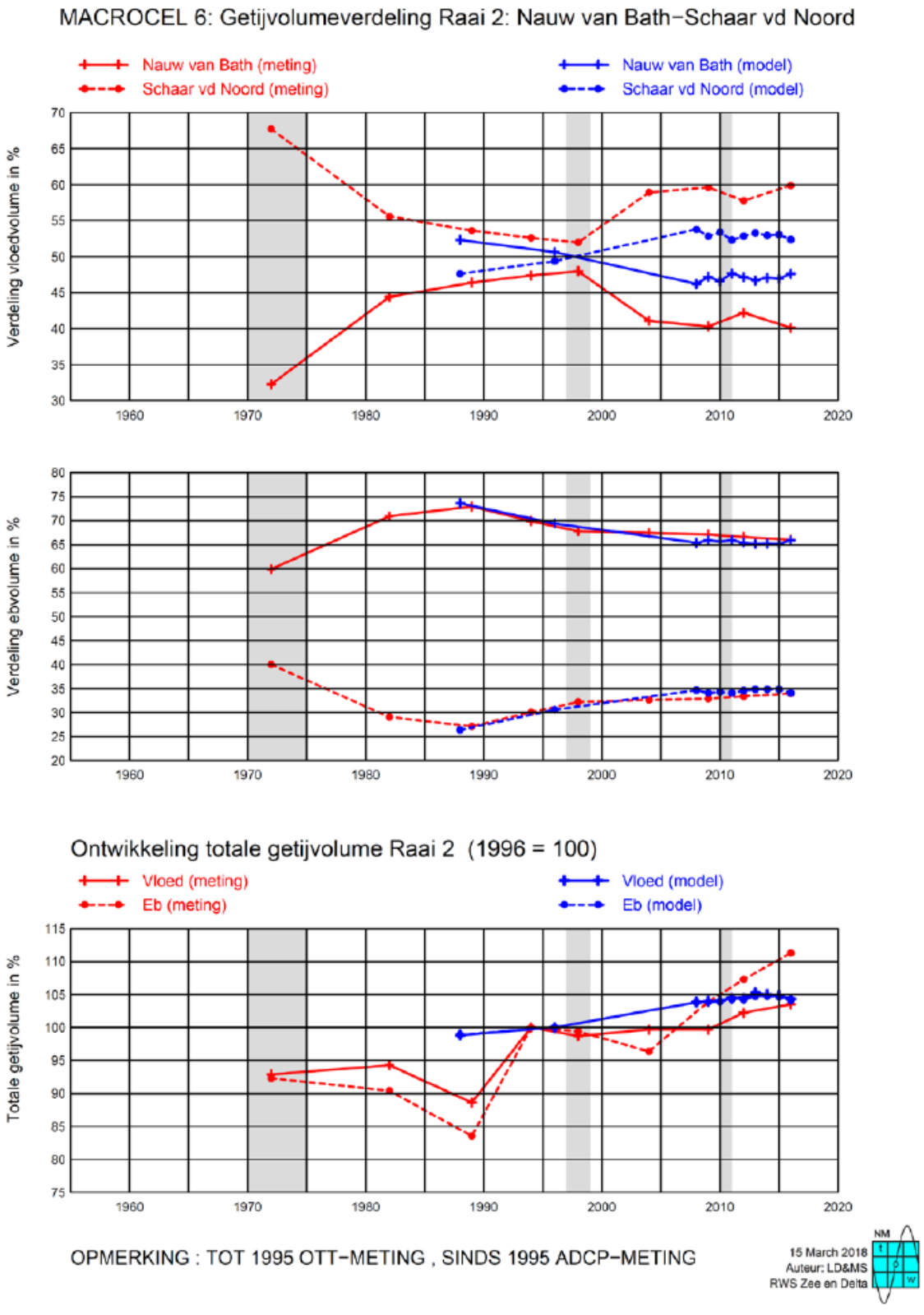
Figuur 6-114: Netto volume vloedschaar nevengeul macrocel 6 (Schrijver, 2018a).



Figuur 6-115: Netto volume ebschaar hoofdgeul macrocel 6 (Schrijver, 2018a).



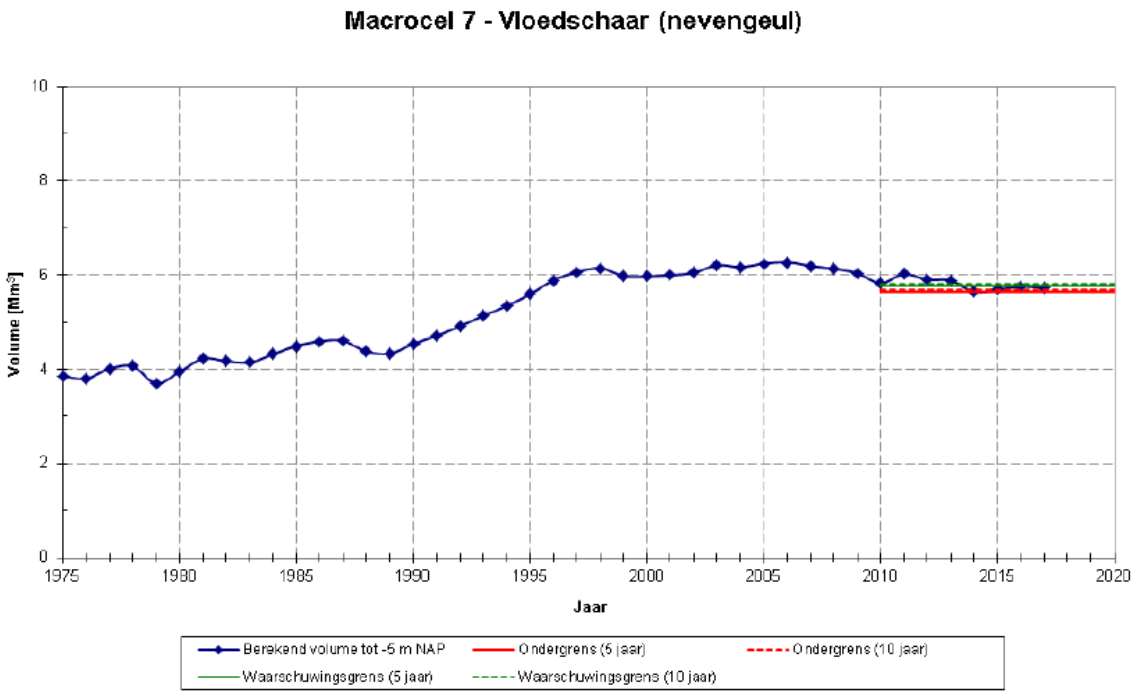
Figuur 6-116: De evolutie van de kantelindex voor macrocel 6 (Schrijver, 2018a).



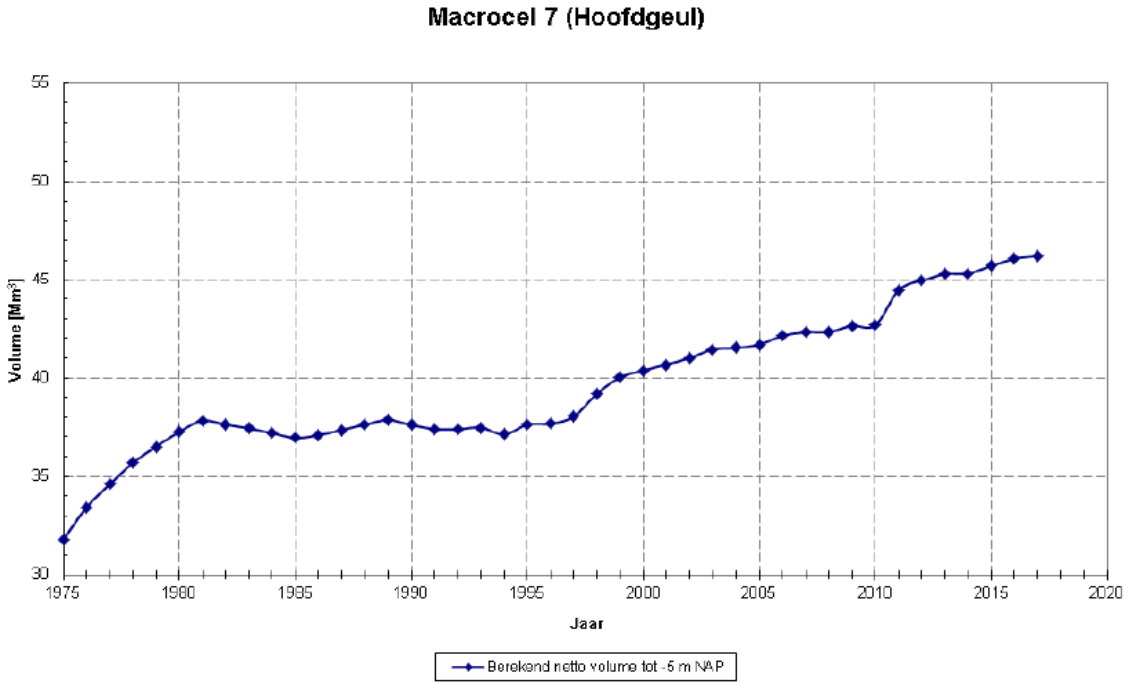
Figuur 6-117: Getijvolumeverdeling Raai 2 in macrocel 6 (Schrijver, 2018a).

Macrocel 7

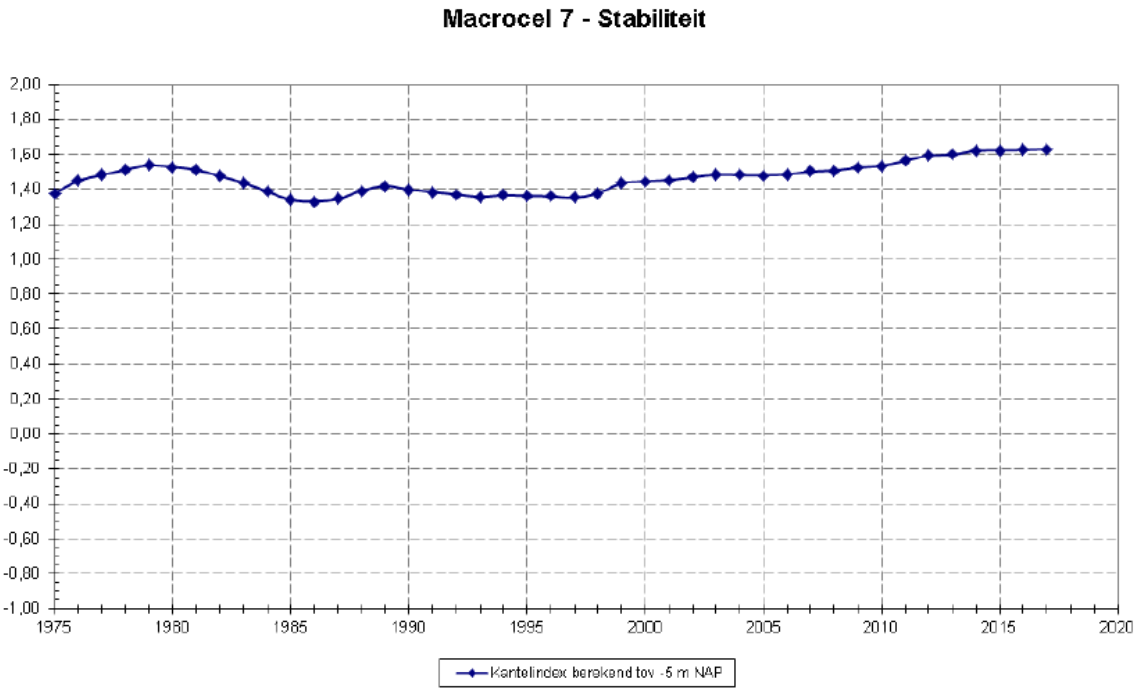
- Het watervolume in de nevengeul nam van 2011 tot 2014 enigszins af en neemt sindsdien zeer licht toe (Figuur 6-118). Het volume ligt tussen de waarschuwingsgrens en de ondergrens in.
- Het watervolume in de hoofdgeul neemt toe, al is de toename de afgelopen jaren iets afgezwakt (Figuur 6-119). Het watervolume in de hoofdgeul wordt sterk beïnvloed door de baggerwerken ter plaatse. De sterke stijging van het watervolume van 2010 naar 2011 zijn veroorzaakt door de verdiepingswerken op de Drempel van Bath en de Drempel van Zandvliet. De afzwakking van de stijging in volume wordt mogelijk veroorzaakt door de toegenomen stortvolumes.
- De kantelindex is na een lange periode van stijging, de laatste jaren gestabiliseerd doordat de hoofdgeul en nevengeul beide een lichte toename in volume vertonen (Figuur 6-120).
- De debietsmetingen van 2016 laten een toename zien van het aandeel van de nevengeul, voornamelijk bij eb, maar in mindere mate ook bij vloed (Figuur 6-121). Het aandeel van de nevengeul in het volume van macrocel 7 is steeds zeer klein, mede door de bouw van de stroomgeleidingsdam aan de Appelzak, halverwege de jaren ’60.



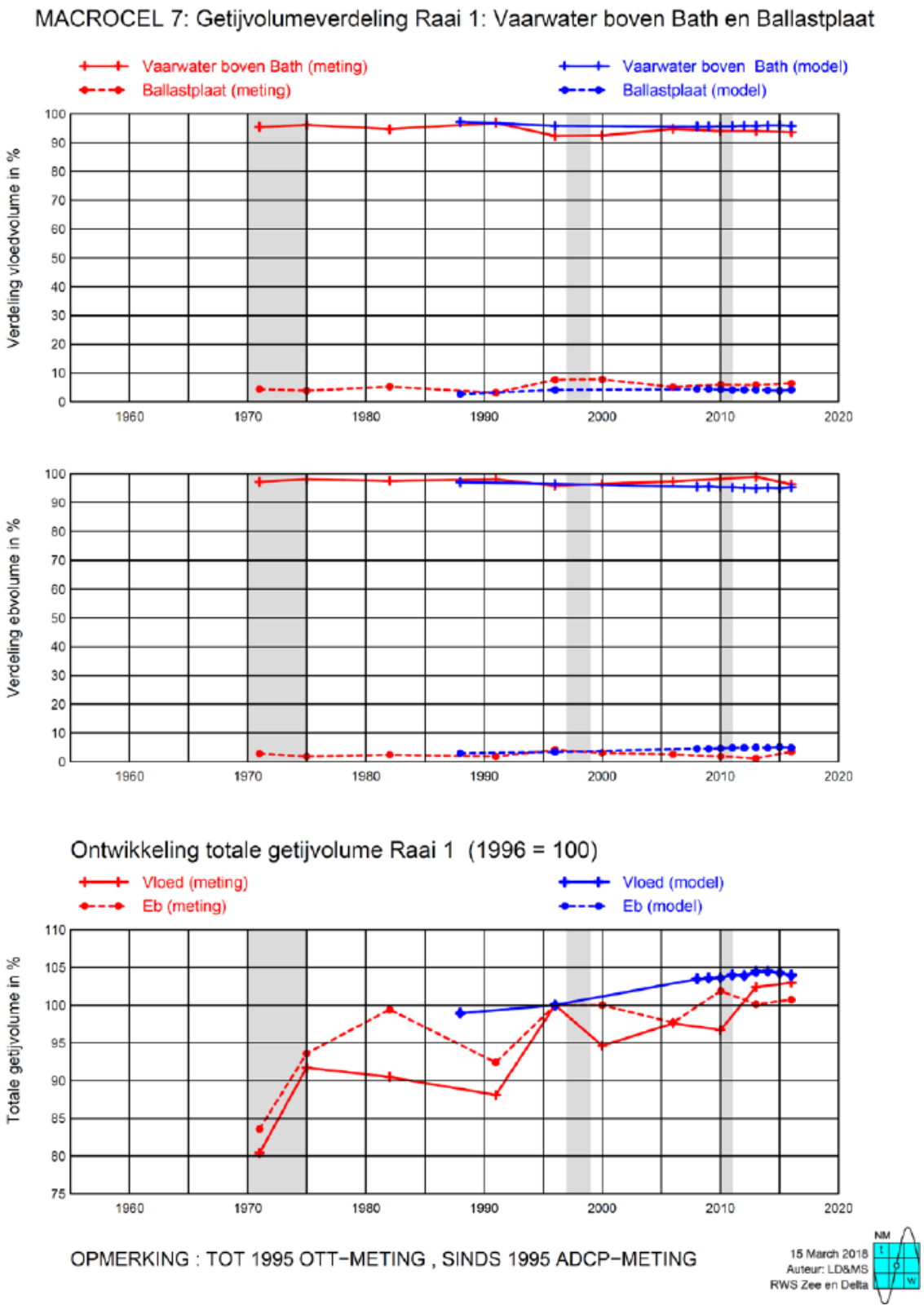
Figuur 6-118: Netto volume vloedschaar nevengeul macrocel 7 (Schrijver, 2018a).



Figuur 6-119: Netto volume ebschaar hoofdgeul macrocel 7 (Schrijver, 2018a).



Figuur 6-120: De evolutie van de kantelindex voor macrocel 7 (Schrijver, 2018a).



Figuur 6-121: Getijvolumeverdeling Raai 1 in macrocel 7 (Schrijver, 2018a).

6.5 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 6-9 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 6-9: Gewenste hoeveelheden specie per jaar na beëindigen storten verdiepingsspecie (stabiliteit plaatrandstorting).

Jaar	Percentage oorspronkelijk 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 zijn geregistreerd.

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 Hooge Platen West (HPW), Hooge Platen Noord (HPN), Plaat van Walsoorden (PWA), en Rug van Baarland (RvB) worden maandelijks rapporten opgesteld met daarin de ontwikkeling van de bodemdiepte in de stortzone en de plaatranden. De bevindingen en resultaten in deze sectie zijn integraal overgenomen uit het “Statusrapport acht jaar na de start van de plaatrandstortingen” (IMDC, 2018a).

Om de evolutie weer te geven van de plaatrandstortingen in deze periode zijn verschilkaarten opgemaakt tussen 2010-2017. Deze kaarten zijn opgenomen in Bijlage F.

Hooge Platen West

De eerste stortingen op de 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 (ca. 580 000 m³) liep van 11/05/2011 tot 17/07/2011 en omvatte voornamelijk 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 is er frequenter gestort, al zijn er tijdens deze continue stortingen ook periodes te herkennen waarin meer of minder intensief gestort werd. De eerste storting volgens deze strategie werd uitgevoerd op 27/03/2015. Periodes waarin meer intensief gestort werd zijn te herkennen tussen van oktober tot en met december 2015, in juli tot eind november 2016 en van juni 2017 tot en met september 2017.

Tijdens vergunningsjaren 6 en 7 waren de gestorte sedimenten grotendeels afkomstig van de Drempel van Borssele (ca. 1,20 miljoen m³) en de Pas van Terneuzen (ca. 211 000 m³). Op het einde van vergunningsjaar 6 (T74, 24/01/2016) bedroeg de totale stabiliteit 64%. Tegen het einde van vergunningsjaar 7 (T85, 27/02/2017) is deze verder gedaald tot 59%.

In het achtste vergunningsjaar (12/02/2017 - 11/02/2018) werd ca. 1 030 000 m³ (in-situ) baggermateriaal afkomstig van de Drempel van Borssele (ca. 562 000 m³) en de Pas van Terneuzen (ca. 468 000 m³) op de plaatrandstortzone Hooge Platen West aangebracht. Hiervan is op 14 februari 2018 (T96) nog 821 000 m³ aanwezig.

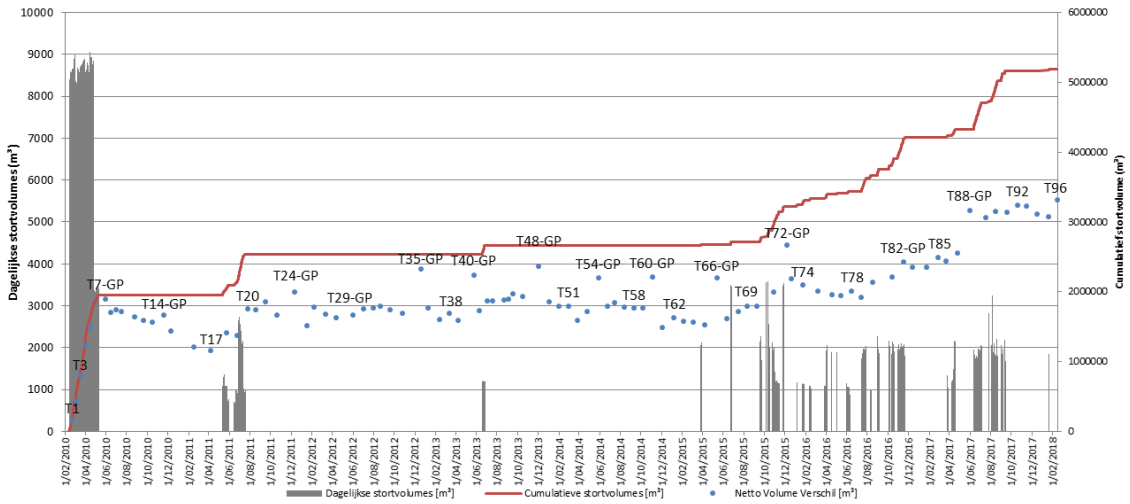
De stabiliteit sinds de start van de tweede vergunningsperiode bedraagt 67%.

De totale stabiliteit na 8 jaar (sinds de start van de eerste vergunning) bedraagt 63%.

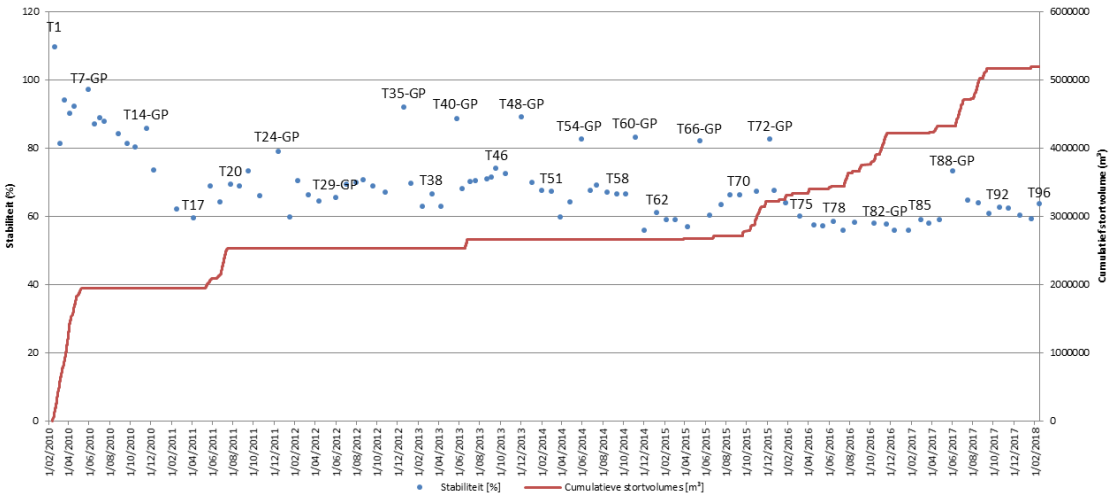
Het verloop van de stortingen en de gepeilde volumeverschillen wordt weergegeven in Figuur 6-122. De totale stabiliteit (t.o.v. T0) van de gestorte baggerspecie is voorgesteld in Figuur 6-123. De stabiliteit op enkele bovenvermelde tijdstippen wordt samengevat in Tabel 6-10.

Tabel 6-10: Samenvatting van de stabiliteit van de plaatrandstortingen op Hooge Platen West. Volumes in m³. Toetswaarden voor de verschillende vergunningsjaren staan in vet afgedrukt. Grote peilingen worden in de nummering met '-GP' aangeduid.

Datum	Peiling	Gepeild	Gestort tov. 11/02/2010	Stabiliteit t.o.v. T0
04/02/2010	T0	0	0	100%
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-GP	1 790 500	2 532 354	71%
13/02/2013	**T37**	**1 597 878**	**2 532 354**	**63%**
3/07/2013	T42	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%**
17/11/2016	T82-GP	2 423 173	4 185 663	58%
27/02/2017	**T85**	**2 491 431**	**4 216 086**	**59%**
1/06/2017	T88-GP	3 170 560	4 323 931	73%
14/02/2018	**T96**	**3 312 116**	**5 245 817**	**63%**



Figuur 6-122: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal (m³) en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzichte van de beginsituatie) (m³) voor de stortzone Hooge Platen West.



Figuur 6-123: Verloop van de stabiliteit (%) van het gestorte volume en het cumulatief stortvolume (m³) voor de stortzone Hooge Platen West.

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 (3,47 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 4,006 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 (ca. 0,18 Mm³) 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 (3/12/2013) 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 (18 333 m³). In deze periode wordt een sterke afname van de stabiliteit berekend. Er is meer sediment geërodeerd dan er werd gestort, waardoor de stabiliteit ten opzicht van de start van de tweede vergunningsperiode ‘netto’ kleiner is dan nul (-3 016%). Bij peiling T71 (7/03/2016) bedraagt de stabiliteit op de Hooge Platen Noord 84% ten opzichte van het begin van de stortingen in 2010.

In oktober en november van het zevende vergunningsjaar is ca. 144 000 m³ sediment aangebracht op het zuidelijke deel van de oostelijke zandtong door middel van rainbowing,

vlak tegen de Hooge Platen aan. Nadien worden geen sedimenten meer aangebracht, de stabiliteit bij peiling T84 (1/03/2017) bedroeg 82%.

In het achtste vergunningsjaar zijn geen bijkomende stortingen uitgevoerd. Het volume daalt door een toename van het niet opgemeten oppervlak ter hoogte van het zuidelijke deel van de oostelijke zandrug en door erosie op het noordelijke gedeelte van de oostelijke zandrug.

De stabiliteit ten opzichte van T0 bij toetspeiling T91 (28/12/2017) bedraagt 75%. Wellicht komt de stabiliteit van grote peiling T86 (1/06/2017) dichter in de buurt van de werkelijke stabiliteit.

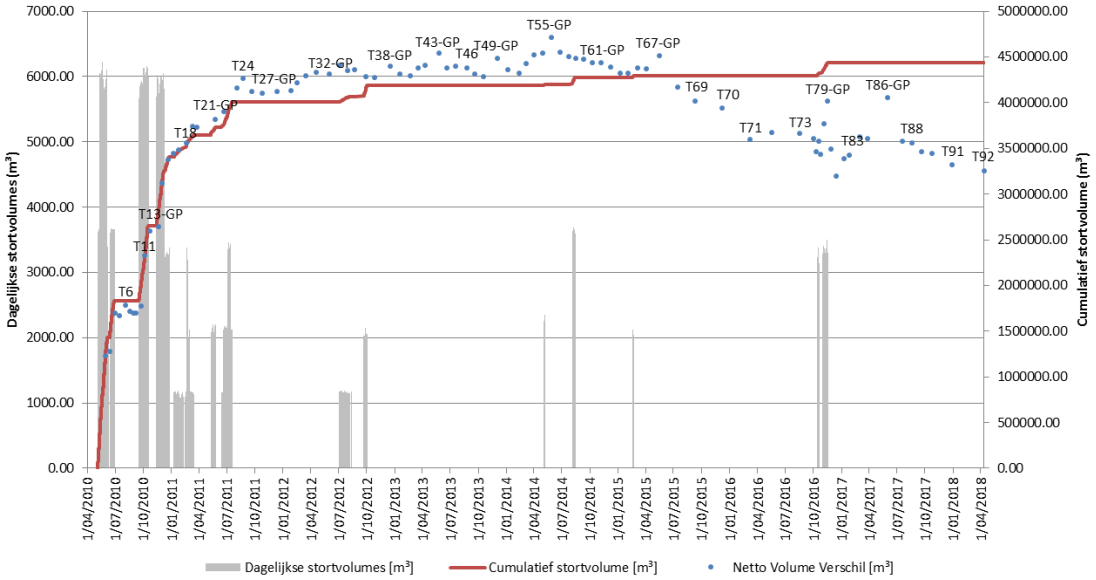
Door de toename van het ongepeilde oppervlak kan geen realistische waarde voor de stabiliteit sinds het ingaan van de tweede vergunningsperiode berekend worden (-623%).

Het verloop van de stortingen en de gepeilde volumeverschillen wordt weergegeven in Figuur 6-124. De stabiliteit van de gestorte baggerspecie is voorgesteld in Figuur 6-125. De stabiliteit op enkele bovenvermelde tijdstippen wordt samengevat in Tabel 6-11.

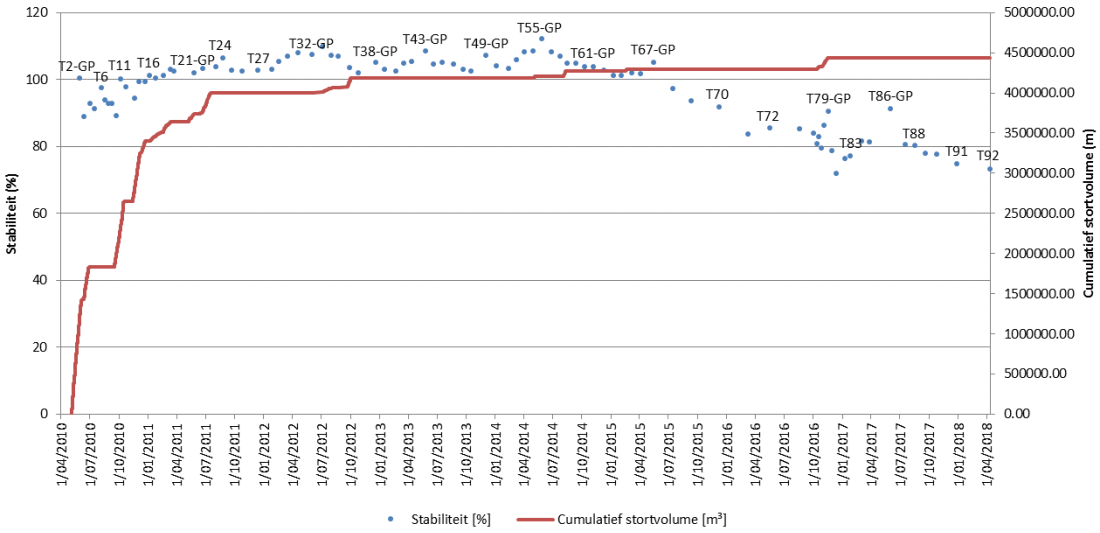
Tabel 6-11: Samenvatting van de stabiliteit van de plaatrandstortingen op Hooge Platen Noord. Volumes in m³. Toetswaarden voor de verschillende vergunningsjaren staan in vet afgedrukt. Grote peilingen worden in de nummering met '-GP' aangeduid.

Datum	Peiling	Gepeild	Gestort	Stabiliteit t.o.v. T0
25/04/2010	T0		0	100%
5/05/2010	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%
2/08/2011	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%**
17/11/2016	T79-GP	4 014 136	4 434 497	91%

Datum	Peiling	Gepeild	Gestort	Stabiliteit t.o.v. T0
01/03/2017	**T84**	**3 625 483**	**4434497**	**82%**
01/06/2017	T86-GP	4 054 468	4 434 497	91%
28/12/2017	**T91**	**3 317 316**	**4 434 497**	**75%**
12/04/2018	T92	3 254 386	4 434 497	73%



Figuur 6-124: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzichte van de beginsituatie) voor de stortzone Hooge Platen Noord.



Figuur 6-125: Verloop van de stabiliteit (%) van het gestorte volume en het cumulatief stortvolume (m³) voor de stortzone Hooge Platen Noord.

Plaat van Walsoorden

De stortingen aan de Plaat van Walsoorden zijn in meerdere periodes uitgevoerd. De eerste periode liep van 12/02/2010 tot 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 was. Ongeveer een jaar na het starten van de plaatrandstortingen, op 8/2/2011 (T22) bleek 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. Twee jaar na het start van de plaatrandstortingen was de totale stabiliteit van gestorte specie 62%. Tijdens het derde vergunningsjaar werd verder gestort in de zuidelijke vloedschaar op de plaatrand. Dit heeft geleid tot een 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) was 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).

Tijdens het zesde vergunningsjaar werd ca. 604 000 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. De stabiliteit bedroeg op het einde van het zesde vergunningsjaar (T89, 3/02/2016) 37%. In het begin van het zevende vergunningsjaar werd nog eens 400 000 m³ aangebracht langs de grens tussen de diepe en de ondiepe plaatpunt. Bij peiling T97 (20/02/2017) bedroeg de stabiliteit sinds het begin van de opvolging 40%.

Aan het einde van het achtste vergunningsjaar, tussen 11/12/2017 en 5/2/2018 werd ca. 158 000 m³ baggerspecie gestort op de plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden, voor de noordelijke vloedschaar.

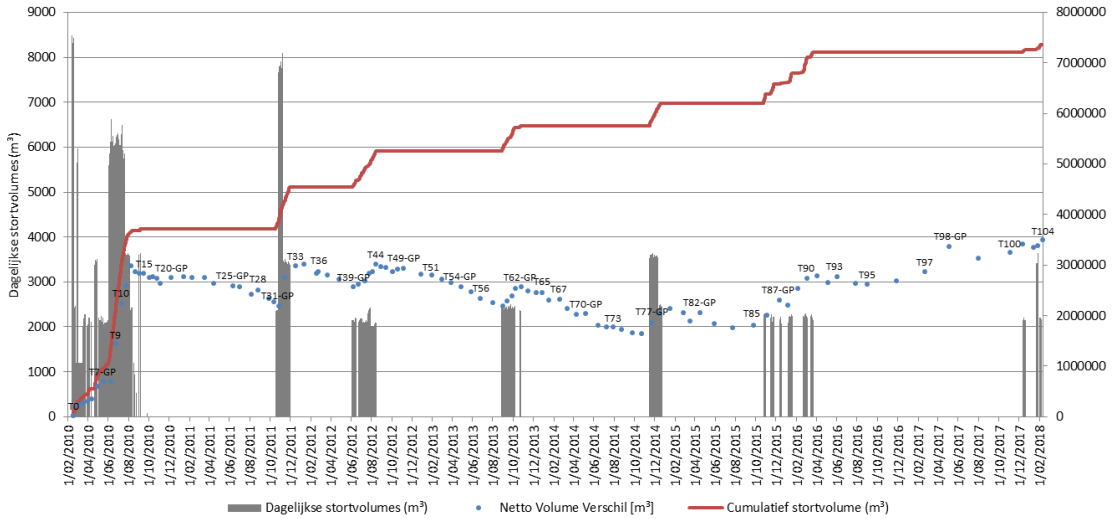
Aan het einde van het achtste vergunningsjaar (T104, 10/02/2018) is de totale stabiliteit van de plaatrandstortingen toegenomen tot 48%, terwijl deze aan het eind van de eerste vergunningsperiode nog slechts 33% bedroeg.

Ten opzichte van de start van de tweede vergunningsperiode bedraagt de stabiliteit van de plaatrandstortingen 124%.

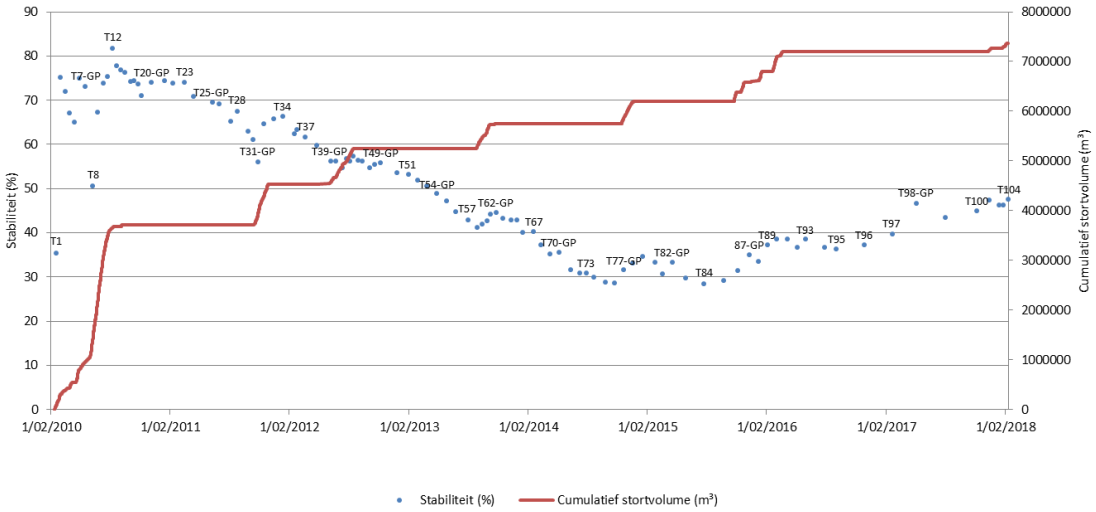
Het verloop van de stortingen en de gepeilde volumeverschillen wordt weergegeven in Figuur 6-126. De stabiliteit van de gestorte baggerspecie is voorgesteld in Figuur 6-127. Enkele belangrijke tijdstippen worden samengevat in Tabel 6-12.

Tabel 6-12: Samenvatting van de stabiliteit van de plaatrandstortingen op de Plaat van Walsoorden. Toetswaarden staan in vet afgedrukt.

Datum	Peiling	Gepeild	Gestort	Stabiliteit t.o.v. T0
1/02/2010	T0	0	0	100%
12/02/2010	T_{start}	Aanvang plaatrandstortingen		
2/10/2010	T16	2 760 957	3 717 468	74%
8/02/2011	**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%
8/10/2013	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%**
27/06/2016	T94	2 641 890	7 204 383	37%
20/02/2017	**T97**	**2 864 491**	**7 204 383**	**40%**
4/05/2018	T98-GP	3 365 820	7 204 383	47%
10/02/2018	**T104**	**3 504 337**	**7 362 725**	**48%**



Figuur 6-126: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzichte van de beginsituatie) voor de stortzone aan de Plaat van Walsoorden.



Figuur 6-127: Verloop van de stabiliteit (%) van het gestorte volume en het cumulatief stortvolume (m³) voor de stortzone aan de Plaat van Walsoorden.

Rug van Baarland

Er hebben enkel stortingen op de rand van de Rug van Baarland plaatsgevonden gedurende de eerste twee jaar na de verruiming. In totaal werd 1,27 Mm³ gestort.

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 6-129 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 daarom geen stortingen uitgevoerd, maar de autonome sedimentatie zette zich onverminderd voort en de stabiliteit bedroeg reeds 480%. Op 21/01/2015 (T47), aan het einde van het vijfde vergunningsjaar, werd een stabiliteit opgemeten van 573% en 723% aan het einde van het zesde vergunningsjaar en 874% na het zevende vergunningsjaar.

Voor het achtste vergunningsjaar werd geen recentere peiling opgeleverd.

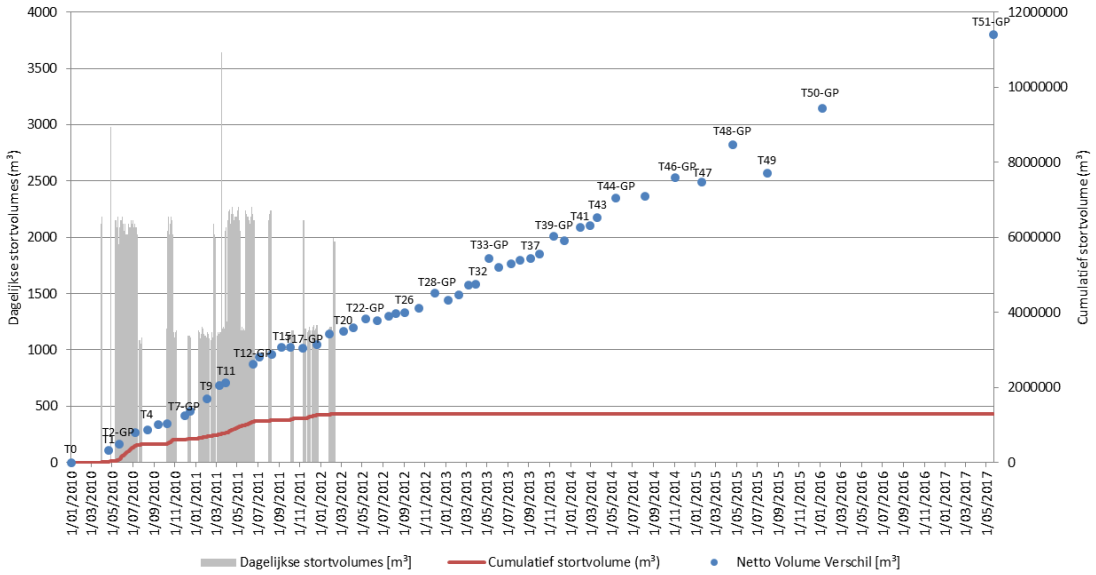
De genoemde waarden kunnen feitelijk moeilijk als 'stabiliteit van de gestorte baggerspecie' geïnterpreteerd worden aangezien we hier een sterk autonome sedimentatietrend waarnemen. Om die reden is de waarde ook niet in het toetsverslag opgenomen.

Het verloop van de stortingen en de gepeilde volumeverschillen wordt weergegeven in Figuur 6-128. De stabiliteit van de gestorte baggerspecie is voorgesteld in Figuur 6-129. Enkele belangrijke tijdstippen worden samengevat in Tabel 6-13.

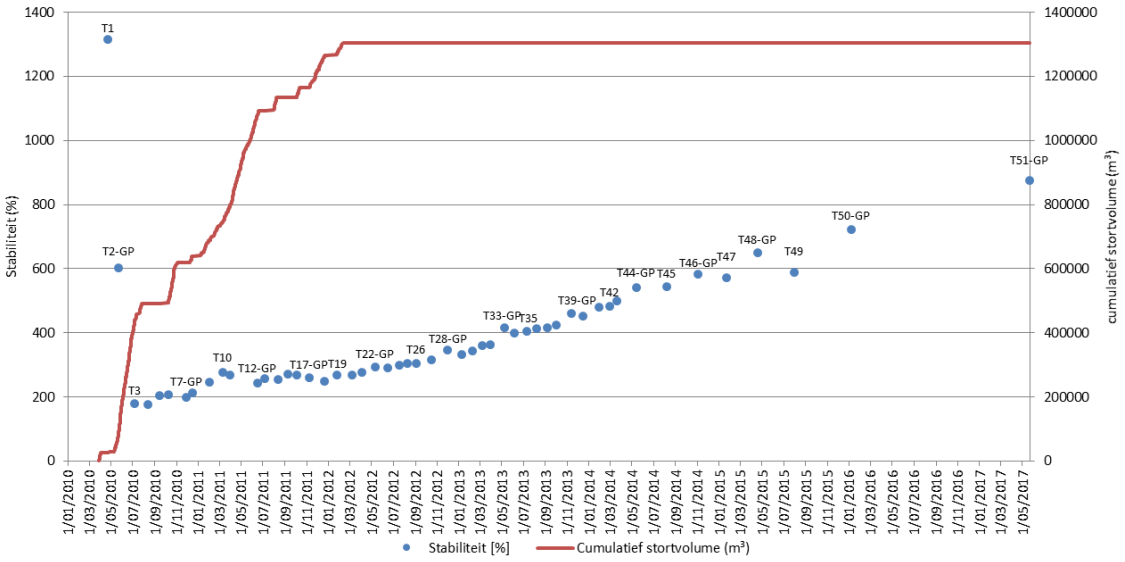
Tabel 6-13: Samenvatting van de stabiliteit van de plaatrandstortingen op de Rug van Baarland. Toetswaarden staan in vet afgedrukt.

Datum	Peiling	Gepeild	Gestort	Stabiliteit
12/02/2010	T0	0	0	100%
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%**
22/05/2017	**T51***	**11 408 663**	**1 305 019**	**874%**

* Peiling T50 en T51 betreffen grote peilingen, waarbij tot een ondieper niveau is ingepeild



Figuur 6-128: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzichte van de beginsituatie) voor de complete stortzone aan de Rug van Baarland.



Figuur 6-129: Verloop van de stabiliteit (%) van het gestorte volume en het cumulatief stortvolume (m³) voor de complete stortzone aan de Rug van Baarland.

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 8 jaar worden samengevat in Tabel 6-14. De toetsing gebeurt echter ten opzichte van de start van de tweede vergunningsperiode. De berekende stabiliteit voor elk van de plaatrandstortzones sinds de start van de tweede vergunning wordt weergegeven in Tabel 6-15. De toetspeiling voor het

vijfde vergunningsjaar wordt hierbij als start van de tweede vergunningsperiode aangenomen. Voor het achtste vergunningsjaar bedraagt de opgelegde grenswaarde conform het protocol 60 % (Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie, 2014). De toetsing van de resultaten gebeurt door het Overleg flexibel storten en wordt in een toetsingsverslag gerapporteerd.

Tabel 6-14: Toetswaarden stabiliteit plaatrandstortingen ten opzichte van de start van de verruiming.

Stortzone	T0	Toetspeiling	Gepeild volume-verschil (m³)	Gestort volume (m³)	Stabiliteit t.o.v. start verruiming (%)
HPW	4/02/2010 (T0)	14/02/2018 (T96)	3 312 116	5245817	63%
HPN	25/04/2010 (T0)	28/12/2017 (T91)	3 317 316	4 434 497	75%
PWA	1/02/2010 (T0)	10/02/2018 (T104)	3 504 337	7 362 725	48%
RVB	12/02/2010 (T0)	22/05/2017 (T51)	11 408 663	1 305 019	Nvt
Grenswaarde conform protocol					Nvt

Tabel 6-15: Toetswaarden stabiliteit plaatrandstortingen ten opzichte van de start van de tweede vergunningsperiode.

Stortzone	Start tweede vergunning	Toetspeiling	Gepeild volume-verschil (m³)	Gestort volume (m³)	Stabiliteit t.o.v. start tweede vergunningsperiode
HPW	5/02/2015 (T63)	14/02/2018 (T96)	1 739 779	2 585 770	67%
HPN	8/01/2015 (T64)	28/12/2017 (T91)	-1 003 238	162 105	< 0%
PWA	24/02/2015 (T80)	10/02/2018 (T104)	1 440 506	1 162 003	124%
RVB	21/01/2015 (T47)	22/05/2017 (T51)	3 933 896	0	Nvt
Grenswaarde conform protocol					60%

Hooge Platen West (macrocel 1): 63%/67%. Netto is 63% van het gestorte materiaal ter plekke gebleven ten opzichte van het begin van de verruiming. Van de stortingen uitgevoerd in de tweede vergunningsperiode is 67% blijven liggen. Drie jaar na de start van de tweede vergunningsperiode ligt deze waarde dus 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 plaatsvindt (dit is te tijdrovend om maandelijks te doen). Deze 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 onder andere voor gezorgd dat het Plaatje van Breskens wat groter is geworden.

Hooge Platen Noord (macrocel 1): 75%/<0%. Netto is 75% van het sinds de aanvang van de stortingen gestorte materiaal nog in de plaatrandstortzone aanwezig eind december 2017. Door de geringe hoeveelheid stortingen uitgevoerd in de tweede vergunningsperiode, overstijgt het erosievolume het stortvolume en is de stabiliteit van deze stortingen schijnbaar negatief. Het criterium van stabiliteit van de tweede vergunningsperiode wordt strikt genomen dus niet gehaald.

Plaat van Walsoorden (macrocel 5): 48%/124%. Netto ligt 48% van het gestorte materiaal in februari 2018 nog in de plaatrandstortzone. In de tweede vergunningsperiode is 124% van het materiaal blijven liggen. Er lijkt dus sprake te zijn van autonome sedimentatie in de plaatrandstortzone, in tegenstelling tot de erosieve trend die in eerdere jaren werd waargenomen.

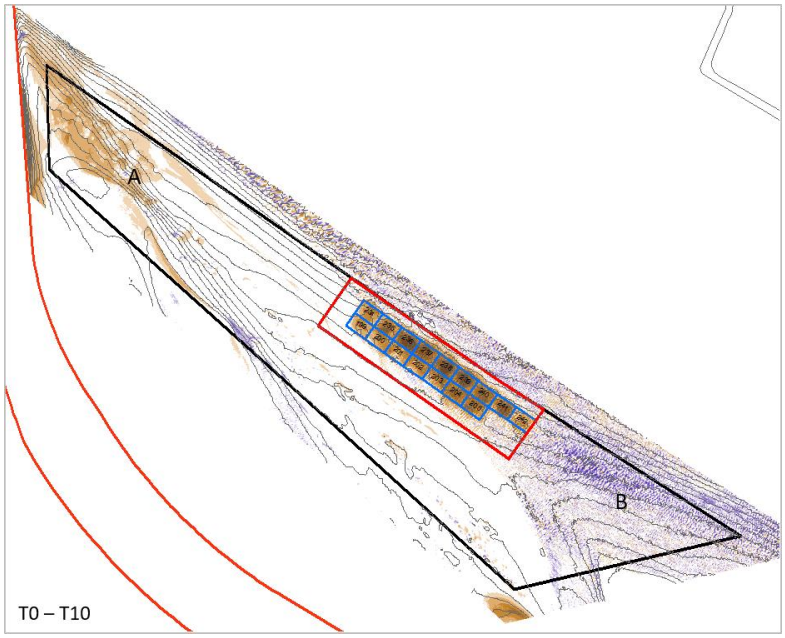
6.6 PROEFSTORTINGEN

Naast de stortingen binnen de reguliere vergunning zijn in 2016 en 2017 ook proefstortingen uitgevoerd in drie zones (zie Sectie 3.1.3 voor de stortvolumes), namelijk de Inloop Ossenisse en Put van Hansweert (proefstortingen in diepe delen van de hoofdgeul) en de Suikerplaat (proefstorting op de plaatrand). De proefstortingen zijn gericht op onderzoek naar de effecten van het storten in deze locaties en op het creëren van bijkomende stortcapaciteit, en er zijn dus geen specifieke doelstellingen gesteld voor de creatie van ecologisch waardevolle gebieden. De proefstortingen zijn in detail beschreven in de maandrapporten Flexibel Storten (IMDC, 2018b), in de volgende paragrafen volgt een korte samenvatting.

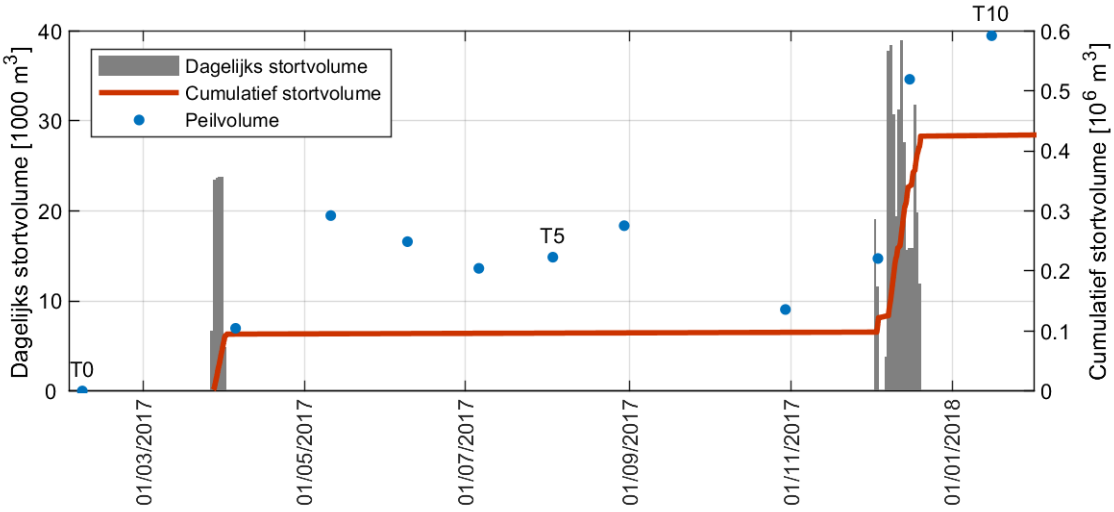
6.6.1 Suikerplaat

De proefstortingen op de Suikerplaat zijn in twee periodes uitgevoerd. In de eerste stortperiode, tussen 27/03/2017 en 1/04/2017, werd in de proefstortzone aan de Suikerplaat ca. 94 800 m³ baggerspecie aangebracht (Figuur 6-131). De initiële stabiliteit van deze eerste stortcampagne bedroeg 110% bij T1 (5/04/2017). Bij T7 (30/10/2017) bedroeg de stabiliteit van de eerste stortcampagne nog 85%. Bij de berekening van deze stabiliteit werden de stortingen met zeezand op het westelijke deel van de proefstortzone in het kader van de zandruilproef niet meegenomen.

In tweede campagne, in december 2017, is ca. 330 000 m³ materiaal gestort op de Suikerplaat. Het materiaal is gestort ter hoogte en ten noorden van de locatie van de eerste stortcampagne. Tussen T7 en T10 (16/01/2018) is een netto volumetoename van ca. 456 000 m³ opgemeten binnen de proefstortzone. De stabiliteit van de tweede stortcampagne (sinds T7) bedraagt ca. 109%. De netto stabiliteit van de beide stortcampagnes berekend sinds T0 bedraagt ca. 101%. Beide stabiliteiten werden berekend in een kleiner gebied rond de stortingen waarin zowel de stortingen met zeezand op het westelijke deel van de proefstortzone (Figuur 6-130, A), als de erosieve zone ten oosten van de gebruikte stortvakjes (Figuur 6-130, B) niet werden meegenomen. Er kan dus worden geconcludeerd dat het gestorte zand op de plaatrand van de Suikerplaat in hoge mate stabiel is.



Figuur 6-130: Morfologische veranderingen op de proefstortzone Suikerplaat. Verschilkaart T0 – T10. Met aanduiding van het kleiner gebied gebruikt om de stabiliteit van de stortingen te berekenen (rood).



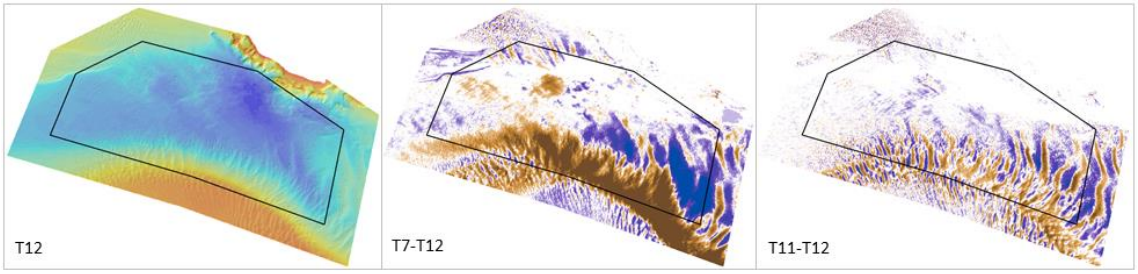
Figuur 6-131: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzichte van de beginsituatie) voor de complete stortzone aan de Suikerplaat.

6.6.2 Put van Hansweert

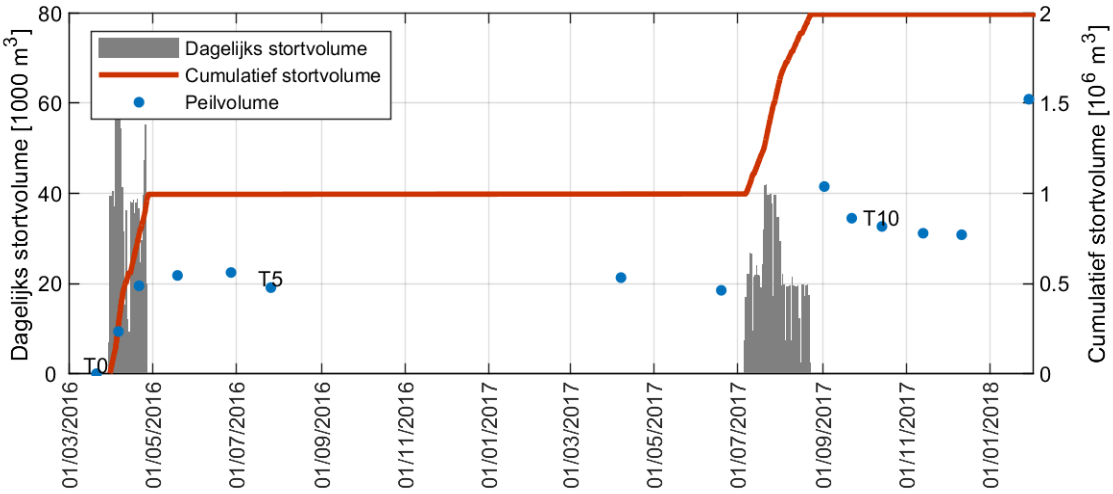
In maart-april 2016 en juli-augustus 2017 werden twee proefstortcampagnes uitgevoerd in de diepe put van Hansweert, waarbij telkens ca. 1 Mm^3 sediment werd gestort. Deze zijn in detail beschreven in het factual datarapport Diepe Delen 2017 (IMDC, 2018c) en een bijkomend analyserapport van Deltares en IMDC (Deltares en IMDC, 2018). Op het einde van de eerste stortcampagne (peiling T2, 21/04/2016, 4 dagen voor het einde van de

stortingen) werd slechts 62% van het gestorte sedimentvolume in de peilingen waargenomen (Figuur 6-133), en ook vlak na de tweede proefstortcampagne werd ca. 35% van het sediment niet in de stortzone waargenomen. Bij peiling T12 (11/12/2017) bedroeg de netto stabiliteit 39 %; dit komt overeen met een netto verlies van ruim 1,2 Mm³ gestort materiaal. Een belangrijk deel van dit materiaal werd door de helicoïdale stroming afgezet aan de binnenbocht van de hoofdgeul, waarna het langs de binnenbocht verder opwaarts migreerde (Figuur 6-132). Eind 2017 of begin 2018 (tussen T12 en T13) trad een grote zettingsvloeiing op, waarbij ca. 1,1 Mm^3 sediment vanuit de binnenbocht terug in de diepe put schoof, opwaarts van de oorspronkelijke stortzone.

Uit de peilingen kan worden geconcludeerd dat het sediment dat in de diepste delen van de put van Hansweert wordt gestort, grotendeels terechtkomt op de zuidrand van de put, in de binnenbocht: ongeveer 34% verplaatst zich tijdens of zeer snel na de stortingen, en de andere 66% verplaatst zich over een tijdsspanne van ca. 1 jaar. Op de bodem van de diepe put zelf blijft na 1 jaar nagenoeg geen sediment aanwezig. Het feit dat ca. 30-40% van het gestorte sediment kort na de stortingen niet in de peilingen wordt waargenomen is het onderwerp van lopend onderzoek; mogelijke verklaringen hiervoor zijn dat het sediment ofwel tijdens het kleppen wordt meegevoerd door de turbulente stroming en dus nooit de bodem bereikt, of dat het sediment zeer snel erodeert in de eerste uren of dagen nadat het op bodem is afgezet, bijvoorbeeld omdat de bodem waarop gestort wordt uit moeilijk erodeerbaar sediment (klei- of veenlaag) zou bestaan.



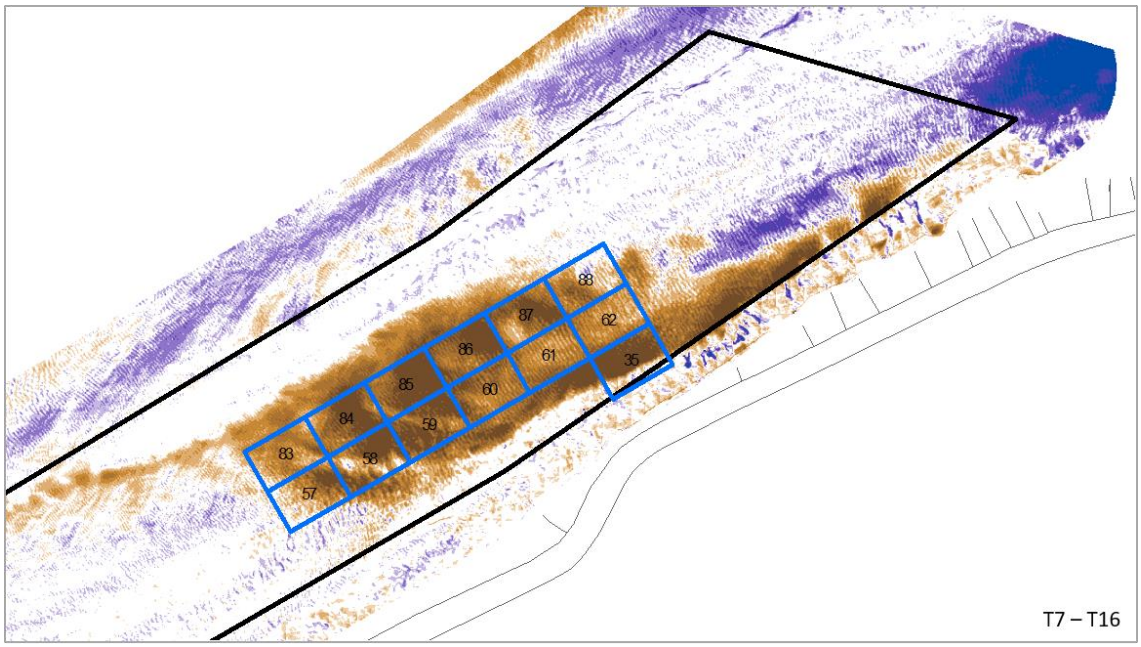
Figuur 6-132: Morfologische veranderingen in de proefstortzone Put van Hansweert.



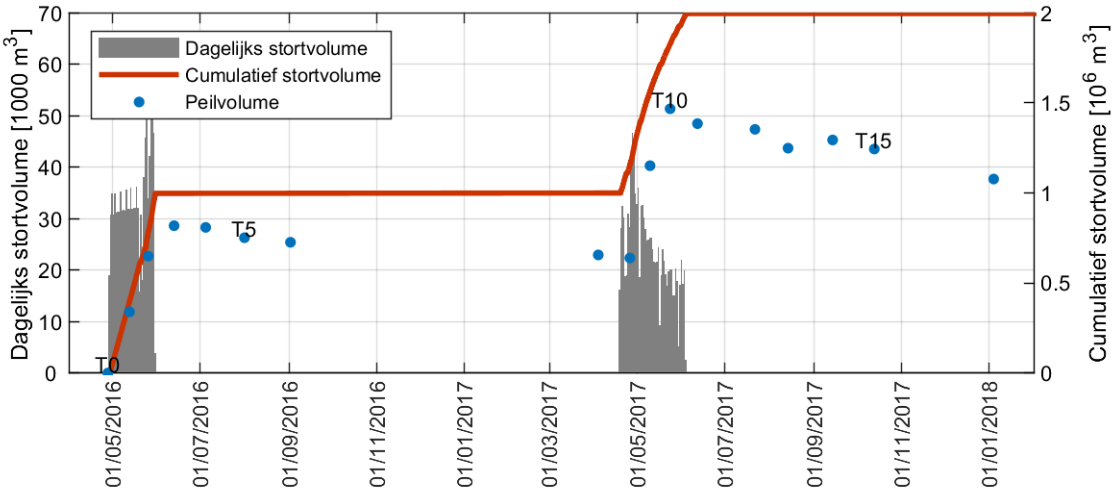
Figuur 6-133: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzichte van de beginsituatie) voor de proefstortzone aan de Put van Hansweert.

6.6.3 Inloop van Ossenisse

Ook in de Inloop Ossenisse werden twee proefstortcampagnes van ca. 1 Mm^3 sediment uitgevoerd. De initiële stabiliteit na de eerste stortcampagne van april-mei 2016 (peiling T2, 26/05/2016) bedroeg 82 %, bij peiling T7 (4/04/2017), was nog 66% van het aangebrachte volume in de stortzone aanwezig. De tweede campagne vond plaats in april-juni 2017, nadien vonden hier geen stortactiviteiten plaats en trad erosie op. De stabiliteit ten opzichte van T0 (28/04/2016) voor de meest recente peiling (T16) bedroeg 54%. Het gestorte sediment migreert hoofdzakelijk in opwaartse richting (Figuur 6-134), zoals ook vooraf werd verwacht (IMDC, 2017d).



Figuur 6-134: Morfologische veranderingen tijdens de tweede stortcampagne op de oostelijke helft van de proefstortzone Inloop Ossenisse.



Figuur 6-135: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzichte van de beginsituatie) voor de proefstortzone aan de Inloop van Ossenisse.

6.7 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.

6.7.1 Westerschelde

De ecotopenkaarten (Bijlage H) 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, 2012, 2015, en 2016. Een kaart voor 2017 werd niet opgemaakt. 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 H).
- Ecotopenkaart 2011 geeft de situatie weer 1 jaar na de start van de verruiming (IMDC, 2013b).
- 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.
- Ecotopenkaart 2016 geeft de situatie weer 6 jaar na de start van de verruiming (Bijlage H).

Hier is ook de ecotoop turn-over kaart, met de veranderingen van ecotopentype naar ecotopentype tussen 2010 en 2016 ingesloten (Bijlage H). Deze kaart toont de ecotopenkaart 2016 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. Hierop wordt verder ingegaan in sectie 6.8, hypsometrie.

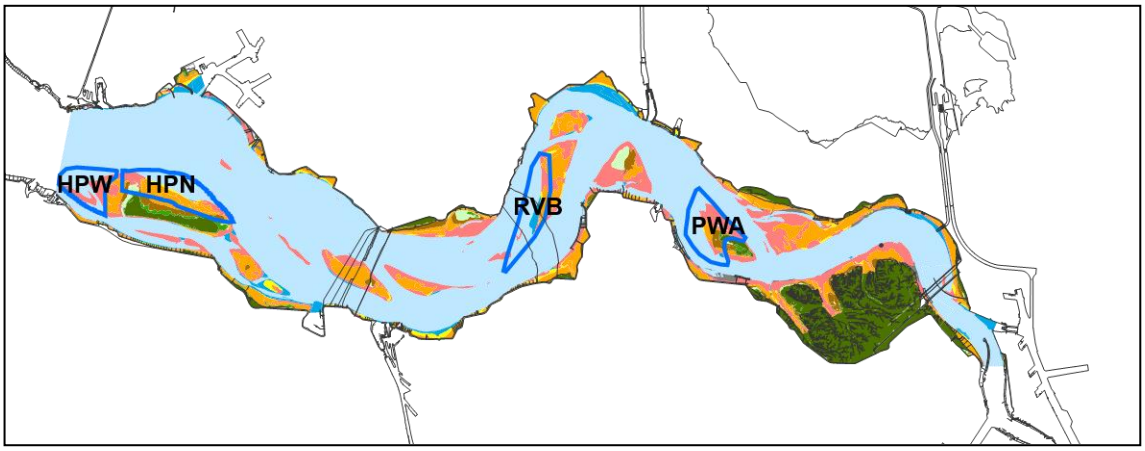
Toetsmethodiek

Het areaal laagdynamisch gebied ter hoogte van de plaatrandstortzones is één van de toetsparameters uit het Protocol voorwaarden voor flexibel storten.

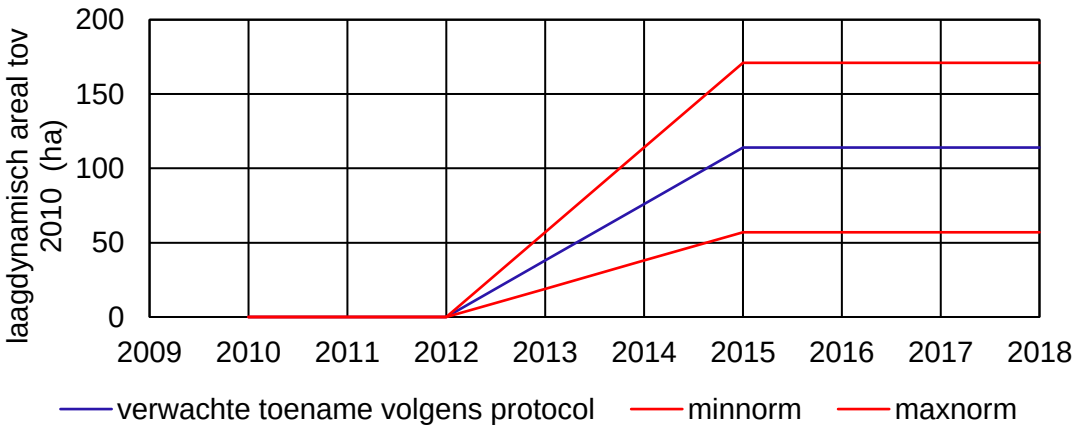
Op basis van de ecotopenkaart wordt de totale oppervlakte laagdynamisch gebied nabij de plaatranden bepaald, met behulp van polygonen die de zones voorstellen waarbinnen een effect van de plaatrandstortingen kan verwacht worden (Figuur 6-136). Deze vaste polygonen zijn bepaald door het Overleg Flexibel 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 verruimingswerkzaamheden. De T0 waarde (Figuur 6-137) 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 van de verruiming wordt geen achteruitgang verwacht (zoals het Milieu-effectrapport in het slechtst 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 6-136: Afbakening rekenpolygonen laagdynamisch gebied ter hoogte van de plaatrandstortzones op een ecotopenkaart.



Figuur 6-137: Gewenste ontwikkeling laagdynamisch gebied na afloop van de eerste vergunningsperiode

Een bijkomende voorwaarde uit het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten is dat het laagdynamisch areaal over de gehele Westerschelde niet mag afnemen ten opzichte van het referentiejaar 2010.

Resultaten

Ecotopen in de gehele Westerschelde

Tabel 6-16 geeft de ecotopenontwikkeling sinds 1996 weer, en de wijziging van de ecotooparealen is weergegeven in Tabel 6-17 (zie ook turn-over kaart in Bijlage H). Een uitgebreide analyse van de evolutie van de ecotooparealen van 1996 tot 2012 werd

uitgevoerd door Arcadis (2014). Voor dit voortgangsrapport is de ecotopenkaart van 2016 nieuw beschikbaar. De volgende veranderingen kunnen geobserveerd worden:

- Het aandeel laagdynamisch areaal in het sublitoraal (de geulen) is in 2016 toegenomen, nadat er in 2015 sprake was van een lichte afname. Deze toename sinds 2010 vindt vooral plaats rond de Hoge en Lage Springer (ten zuidoosten van de Hooge Platen), aan de zuidwestrand van de Rug van Baarland, aan de noordzijde van de Molenplaat, bij de noordelijke drempel van het Middelgat en in beperkte mate bij de Middelplaat, het Vaarwater langs Hoofdplaat, en de zuidkant van de Plaat van Ossenisse. Het gaat dus vooral om nevengeulgebied.
- Het hoogdynamisch litoraal gebied is tussen 2015 en 2016 weer met 140 ha toegenomen, nadat het tussen 2012 en 2015 met 150 ha was afgenomen. Van 2010 tot 2012 nam het hoogdynamisch litoraal licht af.
- Het laagdynamisch litoraal is tussen 2010 en 2016 met ca. 60 ha toegenomen, maar ten opzichte van 2015 is dit gebied juist met ca. 80 ha afgenomen. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door een afname van het laagdynamisch middenlitoraal tussen 2015 en 2016.

De interpretatie van het hoog- en laagdynamisch litoraal is echter zeer complex. De bandbreedte voor het hoog- en laagdynamische litoraal over de gehele Westerschelde bedraagt ca. 375 ha (Arcadis, 2014a). De grootste uitwisseling treedt op tussen hoogdynamisch litoraal en laagdynamisch middenlitoraal. Tussen het hoogdynamisch sublitoraal en hoogdynamisch litoraal vinden ook veel veranderingen plaats.

- De toename in schorareaal is verder doorgezet (+38 ha sinds 2015 en +225 ha sinds 2010). Ook het areaal pionierschor is ten opzichte van 2015 weer gegroeid. Voornamelijk hooglitoraal en supralitoraal verandert (soms via pionierschor) naar schor. Vooral rondom de Hooge Platen en de Plaat van Walsoorden is deze evolutie opmerkelijk (Figuur 6-138 en Figuur 6-141). Vóór 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 pionierschor 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 (bijv. de achteruitgang van de schorranden) is relatief klein in vergelijking met de grote veranderingen op de platen.
- Het areaal hard substraat is in 2016 afgenomen. Voornamelijk het hard substraat veen/klein is sterk afgenomen (-24 ha ten opzichte van 2015) en ligt weer onder het niveau van 2010. Het hard substraat steen is slechts licht afgenomen en ligt nog boven het niveau van 2012. Sinds 2004 werd een stijging van het areaal hard substraat waargenomen die werd toegeschreven aan hard substraat (zowel steen als veen) dat aan de oppervlakte komt, voornamelijk in het oosten van de Westerschelde.
- In het algemeen kan gesteld worden dat de grootste wijzigingen in ecotoopareaal plaatsvinden in de buurt van de plaat- en schorgebieden. De grootste veranderingen vinden plaats in het hoogdynamisch litoraal en laagdynamisch middenlitoraal.

Tabel 6-16: Ecotopen ontwikkeling in de periode 1996-2016 voor de Westerschelde (in ha).

Ecotoop	1996	2001	2004	2008	2010	2011	2012	2015	2016
Overig	72	77	73	71	85	88	87	87	84
Hard substraat steen	132	144	151	169	166	168	168	180	173
Hard substraat veen/klei	208	176	104	101	119	123	129	137	113
Hoogdynamisch sublitoraal	19283	19369	19483	19355	19303	19134	19158	19158	19138
Laagdynamisch sublitoraal	418	496	560	628	693	728	744	723	750
Hoogdynamisch litoraal	3882	3743	3451	3646	3316	3302	3292	3143	3283
Laagdynamisch laaglitoraal	261	358	409	310	326	317	301	304	341
Laagdynamisch middenlitoraal	2671	2696	2882	2674	2866	2957	2982	3050	2940
Laagdynamisch hooglitoraal	693	560	562	468	592	610	525	563	550
Hoogdynamisch supralitoraal	79	35	63	65	70	53	50	47	30
Laagdynamisch supralitoraal	246	195	171	116	167	155	131	159	135
Pionierzone (potentieel schor)	141	212	192	408	211	191	237	178	201
Schor	2672	2697	2657	2749	2842	2932	2953	3029	3067
Totaal	**30758**	**30758**	**30758**	**30758**	**30758**	**30758**	**30758**	**30758**	**30805**
Totaal Laag	**4044**	**4110**	**4412**	**4080**	**4477**	**4612**	**4553**	**4640**	**4581**

Tabel 6-17: Ecotopen turnover in de periode 2010-2016 voor de Westerschelde (in ha).

	Overgang 2010-2016	NAAR 2016											
		HDS	LDS	HS	HDL	LDL	LDM	LDH	SL	PI	S	O	T
VAN 2010			5	0	0	3	57						**65**
	Hoogdynamisch sublitoraal (HDS)	**18 572**	153	15	510	26	8		0				**19 285**
	Laagdynamisch sublitoraal (LDS)	80	**553**	6	34	15	4		0				**693**
	Hard substraat (HS)	8	2	**214**	18	22	20	1	0	0	1	0	**285**
	Hoogdynamisch litoraal (HDL)	429	26	31	**2 063**	81	636	51	9	1	2	0	**3 330**
	Laagdynamisch laaglitoraal (LDL)	9	11	7	73	**163**	59	0	0				**321**
	Laagdynamisch middenlitoraal (LDM)	39	0	9	524	31	**2.073**	154	5	19	4	0	**2 857**
	Laagdynamisch hooglitoraal (LDH)	0		0	19		52	**282**	40	109	89	0	**592**
	Supralitoraal (SL)	0	0	2	24	0	6	46	**99**	30	28	2	**237**
	Pionierschor (PI)	1		1	7	0	17	12	4	**23**	144	2	**211**
	Schor (S)	0	0	1	10	0	7	4	4	17	**2 798**	0	**2 842**
	Overig (O)	0		1	0	0		0	2	0	2	**80**	**85**
	Totaal (T)	**19 138**	**750**	**286**	**3 283**	**341**	**2 940**	**550**	**164**	**201**	**3 067**	**84**	**30 805**

Arealen ter hoogte van de plaatrandstortzones

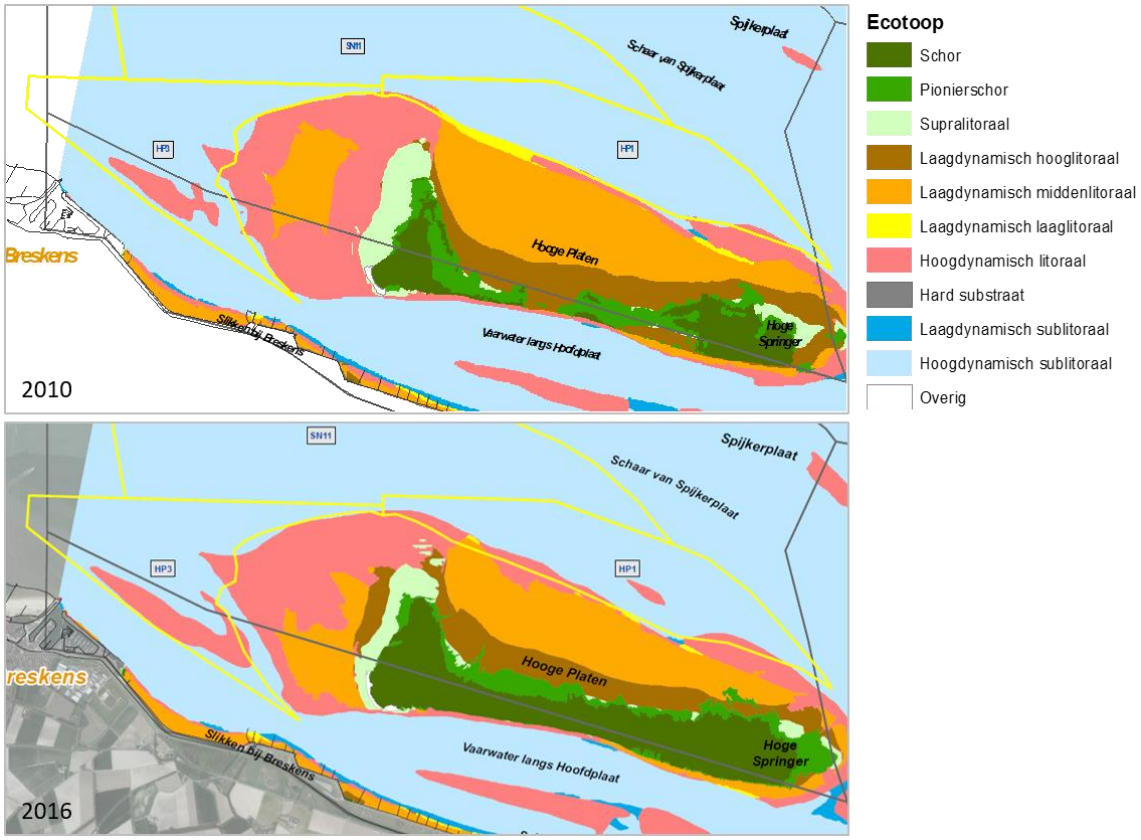
De oppervlaktes van het laagdynamisch gebied ter hoogte van de plaatrandstortzones (Figuur 6-137) zijn eveneens afgeleid van de beschikbare ecotopenkaarten tussen 1996 en 2016. De waargenomen veranderingen zijn ontwikkelingen die hebben plaatsgevonden sinds de plaatrandstortingen. Het is echter belangrijk om bij de interpretatie de voorafgaande trend mee te nemen.

Per plaatrand volgen een weergave (Tabel 6-18 tot Tabel 6-25 en Figuur 6-138 tot Figuur 6-144) met de evolutie sinds 1996 en de wijzigingen sinds 2010. Het laagdynamisch areaal wordt voor elke plaatrandstortzone bepaald binnen een vastgelegde toetspolygoon. Deze polygonen zijn vastgelegd voor de eerste vergunning in 2010 en effecten buiten deze polygonen worden voor de toetsing niet direct meegenomen.

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 (2014) 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 voor het hoog- en laagdynamische litoraal geschat op ca. 375 ha (Arcadis, 2014a).

Op **Hooge Platen West** is het totaal waardevol laagdynamisch areaal in 2016 sterk afgenomen, er is nog slechts 1 ha laagdynamisch areaal aanwezig. Ten opzichte van 2010 was het laagdynamisch areaal in 2011 sterk toegenomen, maar sindsdien is sprake van een afname. Het verlies in 2016 ten opzichte van 2010 is 11 ha. De grootste veranderingen hebben plaatsgevonden in het zandig middelhoog litoraal, wat in 2011 sterk toenam en in 2016 volledig is verdwenen. In 2016 wordt daarentegen voor het eerst 1 ha slibrijk middelhoog litoraal opgetekend.

Op **Hooge Platen Noord** is het totaal waardevol laagdynamisch areaal ten opzichte van de referentiesituatie in 2010 toegenomen. Ten opzichte van 2011 is echter sprake van een lichte daling in het totaal areaal. Het grootste aandeel laagdynamisch areaal op de Hooge Platen Noord behoort tot het middelhoog litoraal, en dit was tot 2015 in grote mate zandig. Het aandeel slibrijk middelhoog litoraal neemt echter sinds 2010 gestaag toe, terwijl het zandig middelhoog litoraal licht afnam. Tussen 2015 en 2016 was sprake van een sterke afname van het zandig middelhoog litoraal en een sterke, verdere toename van het slibrijk middelhoog litoraal, waardoor het areaal slibrijk nu groter is dan het zandige type, vergelijkbaar met de situatie van voor 2004. Het laagdynamisch laaglitoraal is in 2016 afgenomen, met 11 ha ten opzichte van 2010. Tussen 2010 en 2016 is een toename van het hooglitoraal zichtbaar, met 15 ha (zandig en slibrijk samen). In 2016 wordt voor het eerst een areaal laagdynamisch zacht substraat in het supralitoraal opgetekend, van 19 ha.



Figuur 6-138: Ecotopenkaart Hooge Platen in 2010 (boven) en 2016 (onder).

Tabel 6-18: Samenvatting waardevol laagdynamisch areaal op de Hooge Platen West (opp. in ha).

HPW	1996	2001	2004	2008	2010	2011	2012	2015	2016
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	-
Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Totaal waardevol laagdynamisch areaal	**0**	**32**	**43**	**6**	**12**	**39**	**24**	**11**	**1**

Tabel 6-19: Verschil waardevol laagdynamisch areaal op de Hooge Platen West (opp. in ha).

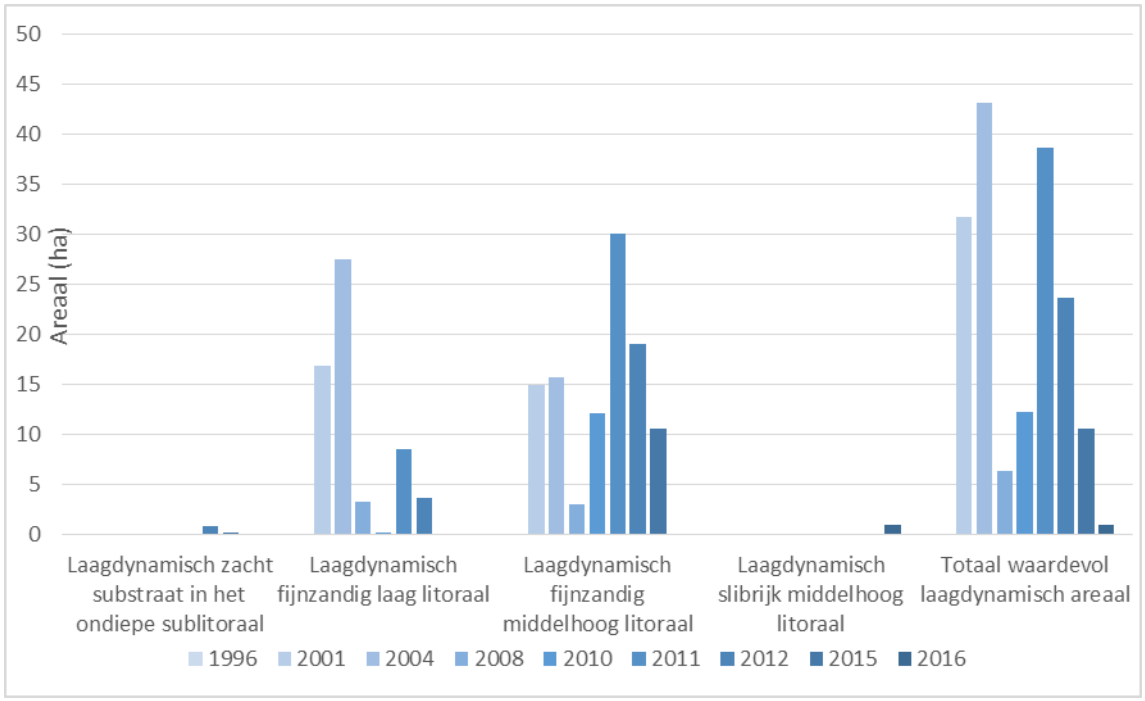
HPW	2008-2016	2010-2016
Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	-	-
Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal	-3	-0
Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	-3	-12
Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal	+1	+1
Totaal waardevol laagdynamisch areaal	**-5**	**-11**

Tabel 6-20: Samenvatting waardevol laagdynamisch areaal op de Hooge Platen Noord (opp. in ha).

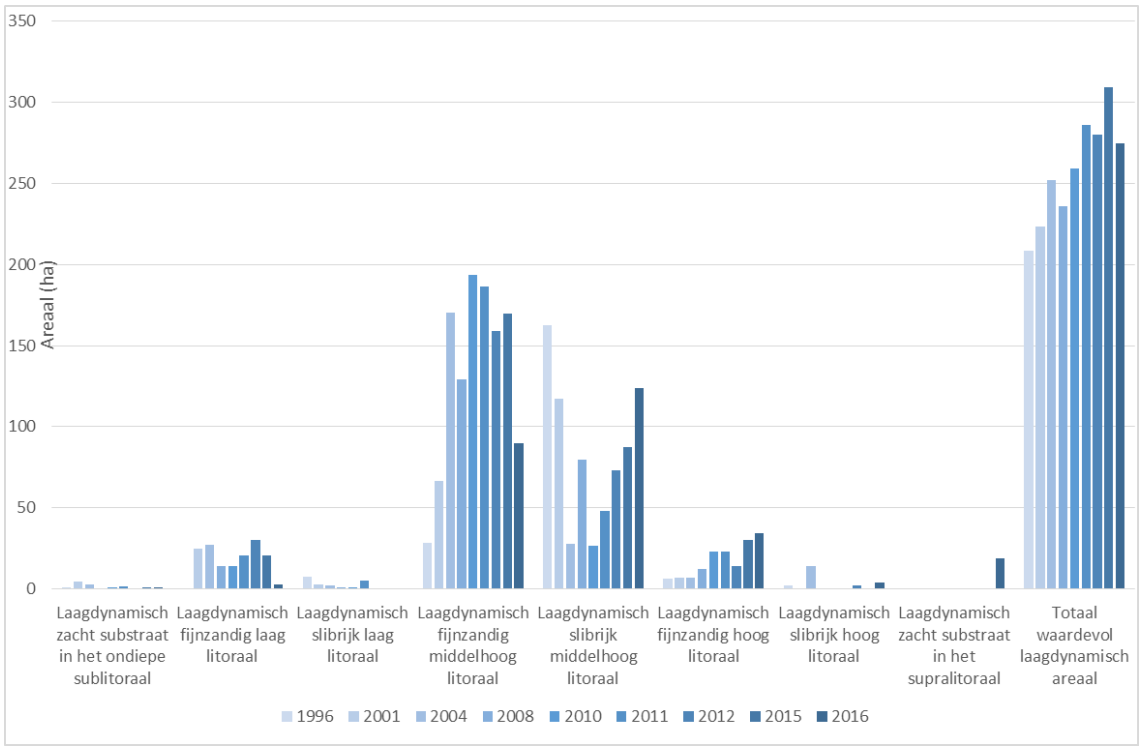
HPN	1996	2001	2004	2008	2010	2011	2012	2015	2016
Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	1	4	3	-	1	2	1	1	1
Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal	0	25	27	14	14	21	30	21	3
Laagdynamisch slibrijk laag litoraal	7	3	2	1	1	5	0	0	-
Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	29	67	170	129	193	186	159	170	90
Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal	163	117	28	80	27	48	73	87	124
Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal	6	7	7	12	23	23	14	30	34
Laagdynamisch slibrijk hoog litoraal	2	0	14	-	-	0	2	1	4
Laagdynamisch zacht substraat supralitoraal	-	-	-	-	-	-	-	-	19
Totaal waardevol laagdynamisch areaal	**208**	**224**	**252**	**236**	**259**	**286**	**280**	**309**	**275**

Tabel 6-21: Verschil waardevol laagdynamisch areaal op de Hooge Platen Noord (opp. In ha).

HPN	2008-2016	2010-2016
Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	+1	+0
Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal	-12	-11
Laagdynamisch slibrijk laag litoraal	-1	-1
Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	-39	-104
Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal	+44	+98
Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal	+22	+11
Laagdynamisch slibrijk hoog litoraal	+4	+4
Laagdynamisch zacht substraat in het supralitoraal	+19	+19
Totaal waardevol laagdynamisch areaal	**+38**	**+16**



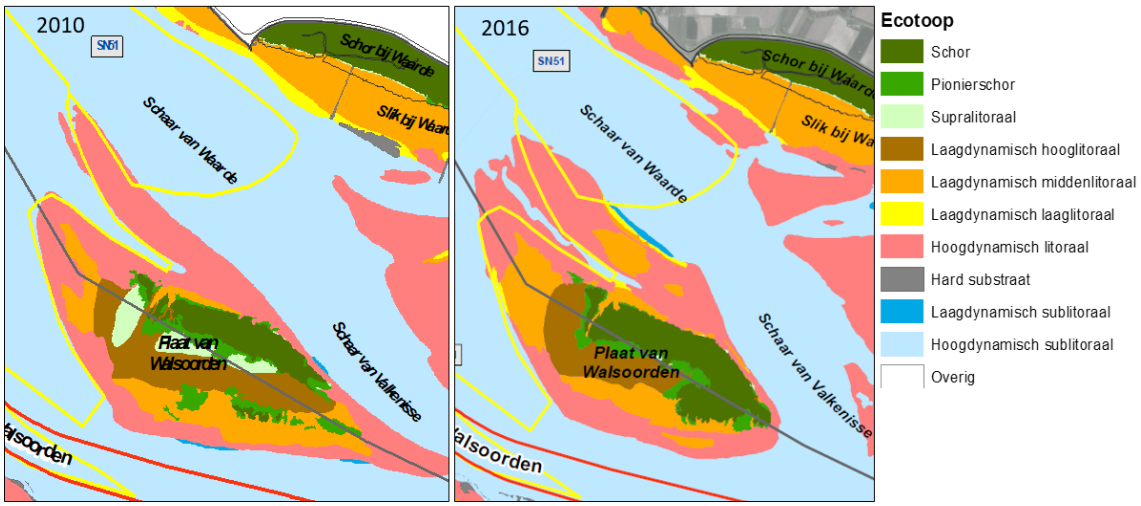
Figuur 6-139: Evolutie van het laagdynamische ecotoopareaal op de Hooge Platen West.



Figuur 6-140: Evolutie van het laagdynamische ecotoopareaal op de Hooge Platen Noord.

Het totaal waardevol laagdynamisch areaal op de **Plaat van Walsoorden** is hoger in 2016 dan de referentiesituatie van 2010. Het laagdynamisch areaal steeg het meest tussen 2010 en 2011, en neemt sindsdien verder, maar minder snel, toe tot 2016. Het is niet onwaarschijnlijk dat de plaatrandstortingen hebben bijgedragen aan het omkeren van de

voorafgaande trend van afnemend laagdynamisch areaal. Het ondiepe sublitoraal en laag litoraal waren tot 2015 slechts in zeer geringe mate aanwezig.. In 2016 nam het areaal sublitoraal weer af, terwijl het laagdynamisch laaglitoraal toenam. De algemene toename van het laagdynamisch areaal wordt voornamelijk veroorzaakt door de toename van het laagdynamisch zandig middelhoog litoraal, dat met 31 ha is toegenomen sinds 2010. Het laagdynamisch hooglitoraal is vrijwel gelijk gebleven tussen 2010 en 2016.



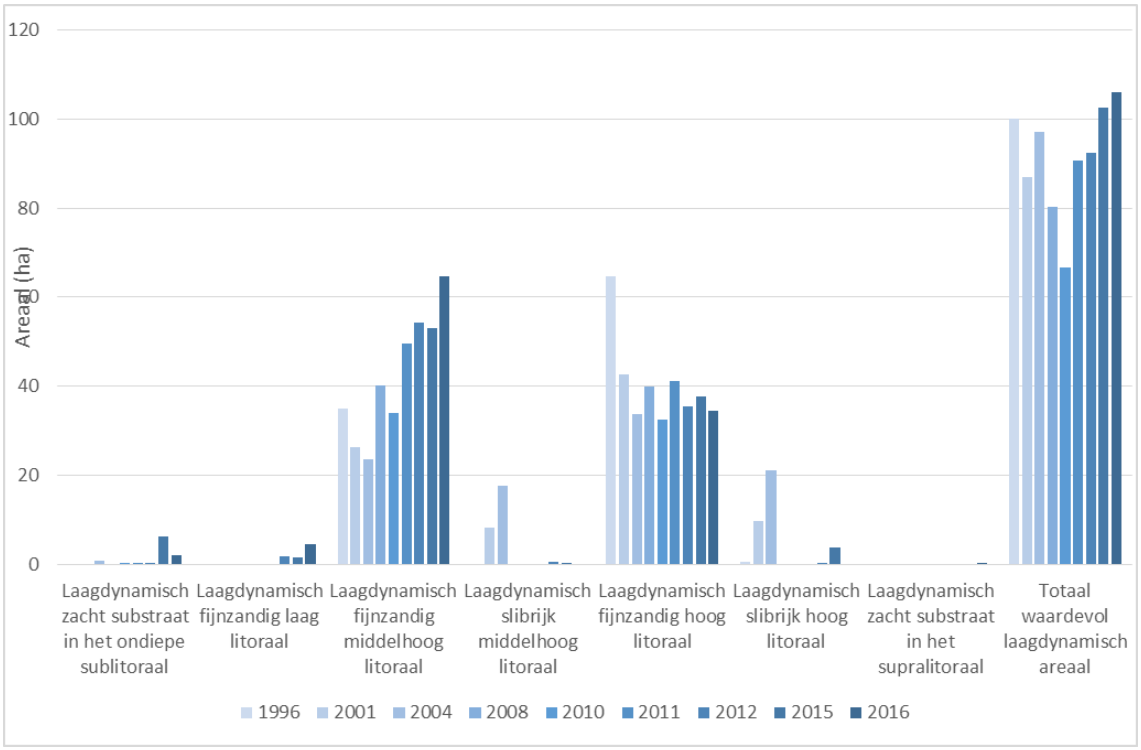
Figuur 6-141: Ecotopenkaart Plaat van Walsoorden in 2010 (links) en 2016 (rechts).

Tabel 6-22: Samenvatting waardevol laagdynamisch areaal op de Plaat van Walsoorden (opp. in ha).

PWA	1996	2001	2004	2008	2010	2011	2012	2015	2016
Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	-	-	1	-	0	0	0	6	2
Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal	-	-	-	-	-	-	2	1	5
Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	35	26	24	40	34	50	54	53	65
Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal	-	8	18	-	-	-	1	0	-
Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal	65	43	34	40	33	41	35	38	34
Laagdynamisch slibrijk hoog litoraal	0	10	21	-	-	-	0	4	-
Laagdynamisch zacht substraat supralitoraal	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Totaal waardevol laagdynamisch areaal	**100**	**87**	**97**	**80**	**67**	**91**	**92**	**103**	**106**

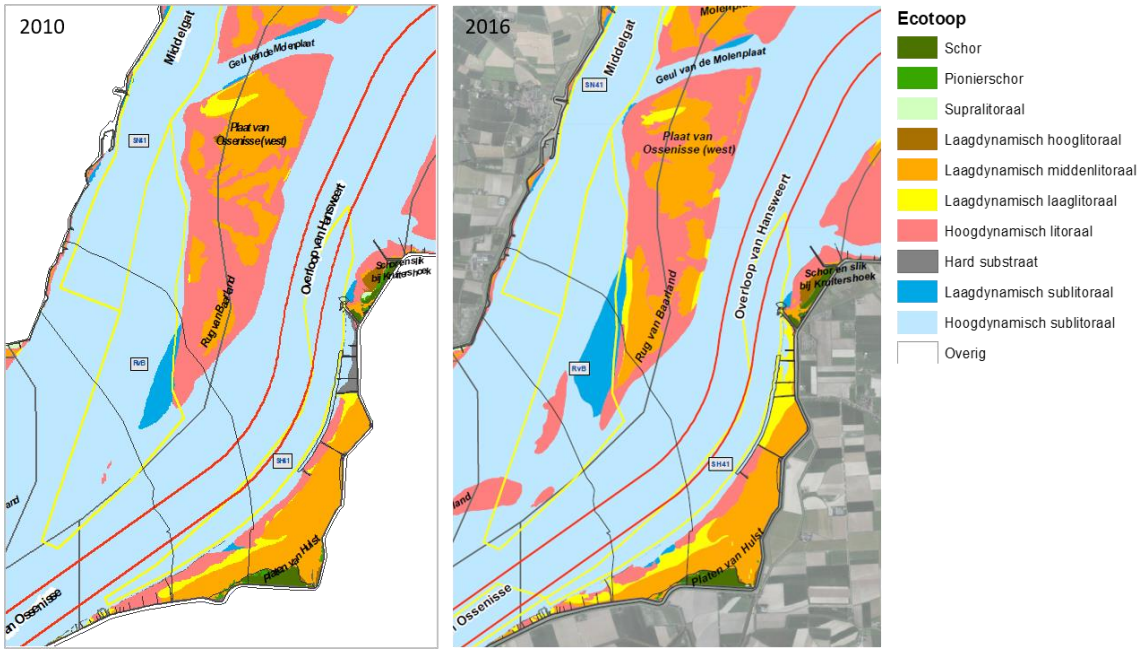
Tabel 6-23: Verschil waardevol laagdynamisch areaal op de Plaat van Walsoorden (opp. in ha).

PWA	2008-2016	2010-2016
Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	+2	+2
Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal	+5	+5
Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	+24	+31
Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal	-	-
Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal	-5	+2
Laagdynamisch slibrijk hoog litoraal	-	-
Laagdynamisch zacht substraat in het supralitoraal	+0	+0
Totaal waardevol laagdynamisch areaal	**+26**	**+39**



Figuur 6-142: Evolutie van het laagdynamische ecotoopareaal op de Plaat van Walsoorden

Ter hoogte van de **Rug van Baarland** neemt het totaal waardevol laagdynamisch areaal sterk toe sinds 2001, nadat het was afgenomen 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. Tussen 2015 en 2016 was er slechts een lichte toename van het totaal laagdynamisch areaal. In deze periode nam het fijnzandig middelhoog litoraal sterk af, terwijl een sterke toename van het laagdynamisch sublitoraal zichtbaar was. Ten opzichte van 2010 nemen het fijnzandig laaglitoraal, middenlitoraal, en het sublitoraal in 2016 allen toe. De slibrijke variant van deze klassen was in 2010 in zeer beperkte mate aanwezig, en komt in 2016 niet meer voor. Laagdynamisch hooglitoraal wordt in 2016, evenals in 2015, niet meer waargenomen.



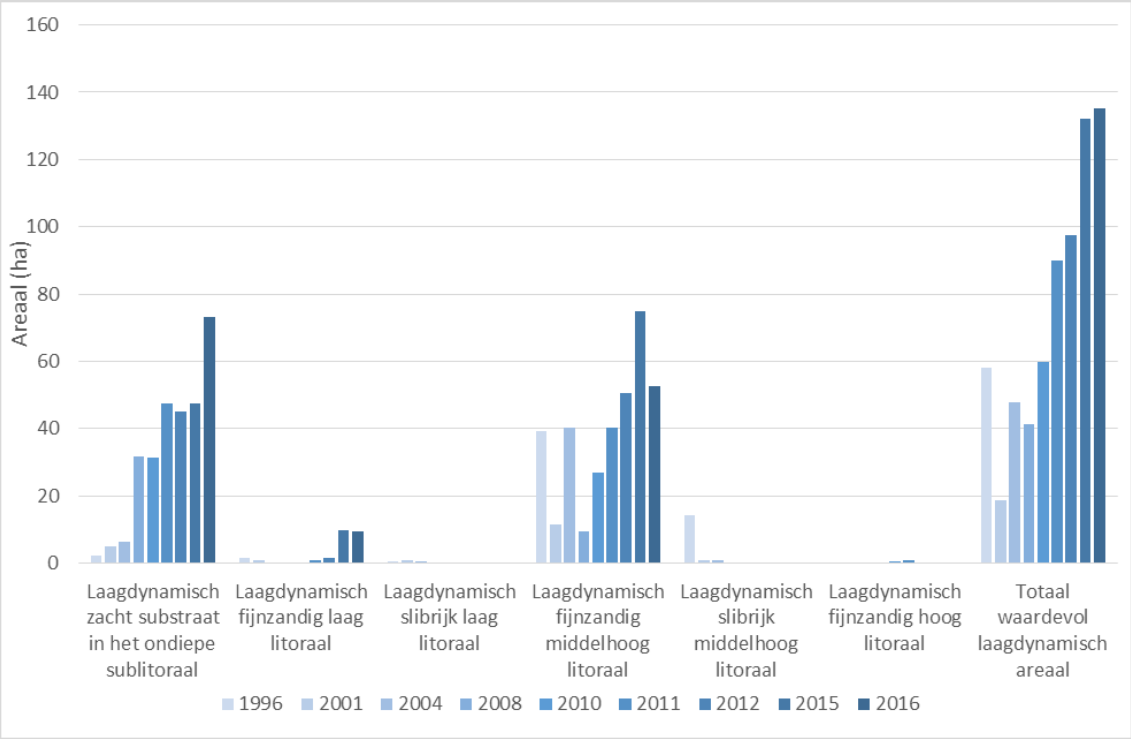
Figuur 6-143: Ecotopenkaart Rug van Baarland in 2010 (links) en 2016 (rechts).

Tabel 6-24: Samenvatting waardevol laagdynamisch areaal op de Rug van Baarland (opp. in ha).

RVB	1996	2001	2004	2008	2010	2011	2012	2015	2016
Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	2	5	6	32	31	48	45	48	73
Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal	2	1	-	0	0	1	2	10	9
Laagdynamisch slibrijk laag litoraal	0	1	1	-	0	0	-	-	-
Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	39	11	40	10	27	40	51	75	53
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**	**135**

Tabel 6-25: Verschil waardevol laagdynamisch areaal op de Rug van Baarland (opp. in ha).

RVB	2008-2016	2010-2016
Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	+41	+42
Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal	+9	+9
Laagdynamisch slibrijk laag litoraal	-	-0
Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	+43	+26
Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal	-	-0
Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal	-	-1
Totaal waardevol laagdynamisch areaal	**+94**	**+76**

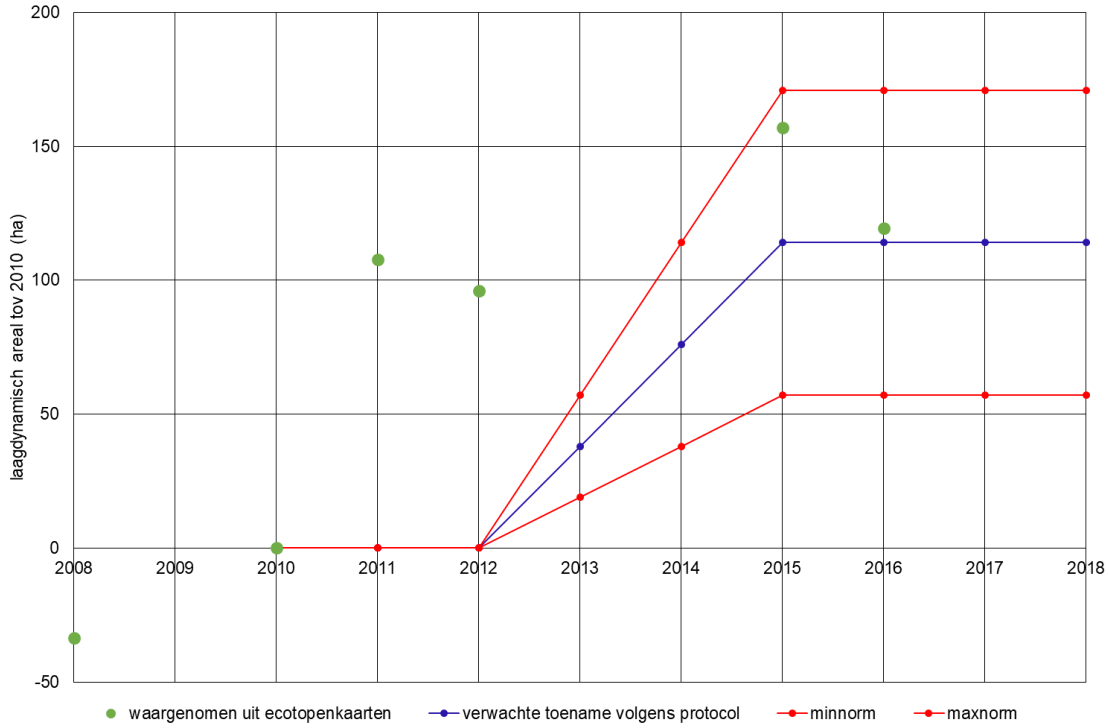


Figuur 6-144: Evolutie van het laagdynamische ecotoopareaal op de Rug van Baarland.

Totaal laagdynamisch waardevol areaal ter hoogte van de plaatrandstortzones

De ontwikkeling van het laagdynamisch areaal ter hoogte van de plaatrandstortzones is positief ten opzichte van de referentiesituatie in 2010. 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 meer dan 150 ha werd dit streefdoel in 2015 ruim gehaald. In 2016 is het totaal laagdynamisch areaal weer afgenomen, wat voornamelijk veroorzaakt wordt door een afname van het laagdynamisch areaal op de Hooge Platen (ten opzichte van 2015). De toename van laagdynamisch areaal in 2016 ten opzichte van 2010 is nog bijna 120 ha en ligt dus net boven het streefdoel. Hierbij dient aangemerkt te worden dat de toename voor een belangrijk deel is veroorzaakt door de grotendeels autonome toename op de Rug van Baarland. De ontwikkeling van het laagdynamisch areaal van de Hooge Platen voldoet niet aan de verwachte toename, wat voornamelijk wordt veroorzaakt door de afname van het laagdynamisch areaal op de Hooge Platen West en de afname van het middelhoog litoraal op Hooge Platen Noord. Een verplaatsing van het laagdynamisch areaal buiten de rekenpolygonen van de plaatrandstortzones zou hieraan kunnen bijdragen.



Figuur 6-145: Evolutie van het waargenomen laagdynamisch areaal ten opzichte van 2010 (T0) vs de verwachte toename op de plaatranden volgens het Protocol Flexibel Storten.

6.7.2 Beneden-Zeeschelde

De ecotopenkaarten van 2010, 2015, en 2016 zijn opgenomen in Bijlage I. Naast de areaaloppervlaktes, zijn ook ecotoop oppervlakteveranderingen afgeleid (turnover). In de analyse wordt gekeken naar de Beneden-Zeeschelde, maar ook naar het Groot Buitenschoor, het Paardenschor, en het Galgeschoor op zich.

Volledige Beneden-Zeeschelde

De ontwikkeling van de ecotooparealen in de Beneden-Zeeschelde zijn weergegeven in Tabel 6-26.

Tussen 2010 en 2016 is een afname zichtbaar van het laag slik zacht substraat (-11,5 ha), terwijl het hoog slik zacht substraat, en in mindere mate het middelhoog slik zacht substraat, toenemen (+20,1 ha en +5,8 ha resp.). Ook het laag slik hard natuurlijk en hard antropogeen zijn toegenomen in oppervlakte, met respectievelijk 7,6 ha en 4,7 ha. De sterkste toename wordt waargenomen in het areaal schor, dat met name tussen 2014 en 2015 sterk toenam, en in totaal tussen 2010 en 2016 met 47,7 ha. Het areaal hoog supralitoraal nam tussen 2010 en 2014 toe, en blijft sindsdien vrijwel gelijk.

De grootste afnames in areaal zijn zichtbaar in het diep en matig diep subtidaal, die met 19,6 ha en 16,9 ha zijn verminderd. Het ondiep subtidaal nam in dezelfde periode wel iets toe. De afname van het diep subtidaal vond volledig plaats tussen 2015 en 2016, van 2010 tot 2015 bleef dit areaal vrijwel gelijk.

Bij deze veranderingen dient opgemerkt te worden dat het totale oppervlakte van het buitendijkse gebied sinds 2010 is toegenomen door ontpolderingen en dijkverleggingen met natuurontwikkeling als doel (INBO, 2018).

Tabel 6-27 laat de verandering tussen de verschillende ecotopenklassen zien tussen 2010 en 2016. Deze cijfers laten zien dat de ecotopen vooral overgaan naar aangrenzende hoogteklassen binnen de ecotopen (bijv. van matig diep subtidaal naar diep subtidaal). Bij het laag slik zacht substraat valt op dat er ook veel verandering plaatsvindt naar ecologisch minder interessante zones, zoals ondiep subtidaal, en laag slik hard natuurlijk en antropogeen. Daarnaast blijkt dat schor voornamelijk gevormd wordt vanaf potentiele pionierzone, terwijl schor vaker omgezet wordt naar hoog supralitoraal areaal.

Tabel 6-26: Evolutie van de ecotopen in de Beneden-Zeeschelde tussen 2010 en 2016 (ha).

	Ecotoop	2010	2012	2013	2014	2015	2016
Subtidaal	diep subtidaal	1 964,6	1 967,1	1 962,9	1 965,8	1 965,9	1 945,0
	matig diep subtidaal	396,0	395,8	389,8	385,3	381,7	379,1
	ondiep subtidaal	242,3	250,8	248,5	238,8	250,1	250,8
Zacht substraat	laag slik zacht substraat	146,8	150,4	143,0	144,4	141,0	135,3
	middelhoog slik zacht substraat	210,7	194,1	215,4	222,6	218,6	216,5
	hoog slik zacht substraat	35,5	47,4	53,6	55,9	59,4	55,6
Natuurlijk hard substraat	laag slik hard natuurlijk	14,0	14,7	20,9	18,8	17,7	21,6
	middelhoog slik hard natuurlijk	3,5	2,6	1,8	2,5	2,2	3,4
	hoog slik hard natuurlijk	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
	supralitoraal hard natuurlijk						0,0
Antropogeen hard substraat	laag slik hard antropogeen	15,5	19,9	20,6	20	20,8	20,2
	middelhoog slik hard antropogeen	48,8	46,8	47,9	49,8	48,7	47,6
	hoog slik hard antropogeen	10,8	10,9	9,2	10,3	10,2	9,9
	supralitoraal hard antropogeen	13,5	14,2	17,0	14,1	16,5	13,8
	hoog supralitoraal hard antropogeen						0,4
supralitoraal	potentiële pionierzone	22,9	18,9	17,0	18,9	19,5	19,6
	schor	215,5	223,3	226,9	224,6	257,5	263,2
	getijdenplas	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,4
	hoog supralitoraal*	9,1	9,8	18,1	21,0	21,0	21,9
	antropogeen	0,9	0,8	1,0	1,2	1,8	1,8
Totaal		**3 350,4**	**3 367,6**	**3 393,7**	**3 393,95**	**3 433,7**	**3 407,3**

Groot Buitenschoor

Bij het Groot Buitenschoor (Tabel 6-28) neemt het areaal diep subtidaal toe door een omzetting van matig diep subtidaal naar diep subtidaal, netto is er sprake van een omzetting van ruim 5 ha. Tegelijkertijd is er een grote uitwisseling tussen matig diep subtidaal en ondiep subtidaal. Netto wordt er meer matig diep subtidaal naar ondiep subtidaal omgezet dan andersom, het verschil is bijna 2 ha. Daarnaast neemt het ondiep subtidaal toe door een uitwisseling met het laag slik (zacht substraat). Ook hierbij is sprake van een netto winst voor het ondiep subtidaal, van 2 ha. Het totaal areaal laag slik zacht substraat neemt wel iets toe, door verandering van middelhoog slik naar laag slik, van netto ongeveer 3 ha. Het middelhoog slik zacht substraat neemt ruim 7 ha in oppervlakte af, onder andere door omzetting van 3 ha naar hoog slik zacht substraat, terwijl er vrijwel geen sprake is van omzetting van hoog slik naar middelhoog slik. Het schor is tussen 2010 en 2016 met 2 ha in omvang toegenomen, door omzetting van potentiele pionierzone en hoog slik zacht substraat. Het areaal hoog supralitoraal neemt toe door omzetting van areaal schor (+0,6 ha).

Paardenschor

Ook bij het Paardenschor (Tabel 6-29) vindt netto aanwinst van diep subtidaal plaats door omzetting van matig diep subtidaal, met ca. 11 ha. Daarnaast is er een kleine netto omzetting van matig diep subtidaal naar ondiep subtidaal van ruim 1 ha. Het ondiep subtidaal wisselt ook areaal uit met laag slik zacht substraat, maar netto vindt hier weinig verandering plaats. Hetzelfde geldt voor de uitwisseling tussen laag slik en middelhoog slik zacht substraat, waarbij het middelhoog slik netto ongeveer 0,7 ha aan areaal wint. Het middelhoog slik neemt wel in omvang af door de omzetting van bijna 3 ha naar hoog slik. Het hoog slik zacht substraat neemt hierdoor netto met 3 ha in omvang toe. Het schor groeit tussen 2010 en 2016 met ruim 3 ha aan, voornamelijk door omzetting van potentiele pionierzone naar schor.

Galgeschoor

Aan het Galgeschoor (Tabel 6-30), neemt het diep subtidaal toe met 3,8 ha. Deze aangroei is toe te schrijven aan de omzetting van areaal matig diep subtidaal. Netto neemt het matig diep subtidaal met ca. 4 ha af in omvang. Het ondiepe subtidaal neemt licht af met 0,8 ha. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door omzetting naar laag slik met zacht substraat. Het laag slik zacht substraat neemt echter sterk af door omzetting naar middelhoog slik zacht substraat (2,7 ha) en laag slik hard natuurlijk (5,2 ha). Het middelhoog slik met zacht substraat neemt in omvang toe met ca. 2,8 ha, voornamelijk door ophoging van laag slik, maar ook door omzetting van middelhoog slik met natuurlijk hard substraat. Het areaal schor neemt iets toe, met 0,6 ha, met name door omzetting van potentiele pionierzone.

Tabel 6-27: Omzetting van de ecotopenarealen in de Beneden-Zeeschelde tussen 2010 en 2016 (in ha).

Overgang 2010-2016		NAAR 2016																		
		DS	MDS	OS	LSZS	LSHA	LSHN	MSZS	MSHA	MSHN	HSZS	HSHA	HSHN	GP	PP	S	SHA	SHAH	HS	A	Totaal
VAN 2010	diep subtidaal (DS)	**1908,7**	27,5	3,1	0,6	<0,1		<0,1	<0,1							<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	1964,5
	matig diep subtidaal (MDS)	33,7	**333,2**	25,7	2,7	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1						<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	0,1	396,3
	ondiep subtidaal (OS)	0,3	16,9	**200,5**	19,3	1,3	0,8	1,1	0,2	<0,1					<0,1	<0,1				<0,1	240,5
	laag slik zacht substraat (LSZS)	0,2	0,8	18,4	**97,4**	6,1	9,3	15,4	0,8	0,1	<0,1	0,1				<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	148,6
	laag slik hard antropogeen (LSHA)	<0,1	0,1	0,9	1,6	**11,1**	0,1	0,5	1,3	<0,1	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	15,5
	laag slik hard natuurlijk (LSHN)		<0,1	0,4	1,7	0,2	**10,7**	0,6	0,3	0,2		<0,1									14,0
	middelhoog slik zacht substraat (MSZS)	<0,1	0,1	1,0	9,6	0,2	0,5	**181,5**	5,8	1,6	7,9	0,2	<0,1		<0,1	1,6	0,1	<0,1	<0,1	0,1	210,4
	middelhoog slik hard antropogeen (MSHA)	<0,1	0,1	0,2	0,3	1,1	<0,1	5,2	**37,6**	0,1	0,2	1,3	<0,1		<0,1	2,0	0,3	<0,1	<0,1	0,4	48,8
	middelhoog slik hard natuurlijk (MSHN)				<0,1	<0,1	0,2	1,7	0,3	**1,4**	<0,1		<0,1			<0,1					3,5
	hoog slik zacht substraat (HSZS)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		0,9	0,1	<0,1	**30,0**	0,6	<0,1	<0,1	0,5	3,3	<0,1		<0,1	<0,1	35,8
	hoog slik hard antropogeen (HSHA)		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		0,1	0,9	<0,1	0,4	**5,8**	<0,1		<0,1	2,9	0,4	<0,1	<0,1	0,2	10,8
	hoog slik hard natuurlijk (HSHN)		<0,1	<0,1	<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		<0,1	<0,1	<0,1	3,9	0,1	<0,1	0,1	**11,4**	7,2	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	23,2
	schor (S)			<0,1	0,1	<0,1		0,5	0,2	<0,1	1,8	0,7	<0,1		0,9	**201,0**	2,7	<0,1	7,4	0,1	217,1
	supralitoraal hard antropogeen (SHA)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		0,1	0,1		0,2	0,8	<0,1		0,1	4,4	**5,4**	0,1	0,9	0,3	13,1
	hoog supralitoraal hard antropogeen (SHAH)																				
	hoog supralitoraal (HS)		<0,1		<0,1			<0,1	<0,1		<0,1	0,1		<0,1	0,1	0,9	0,8	0,1	**6,9**	<0,1	9,1
	antropogeen (A)		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1		<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	0,2	0,2	0,1	<0,1	**0,2**	1,0
	Totaal	1945,0	379,1	250,8	135,4	20,2	21,6	216,5	47,6	3,5	55,6	9,9	0,1	1,4	19,6	263,3	13,8	0,4	21,9	1,8	

Tabel 6-28: Omzetting van de ecotopenarealen op het Groot Buitenschoor tussen 2010 en 2016 (in m^2).

Overgang 2010-2016		NAAR 2016																
Van 2010		**DS**	**MDS**	**OS**	**LSZS**	**LSHA**	**MSZS**	**MSHA**	**MSHN**	**HSZS**	**HSHA**	**PP**	**S**	**SHA**	**HS**	**SHAH**	**O**	**Totaal**
	diep subtidaal (DS)	**715 382**	7 180	9													149	**722 720**
	matig diep subtidaal (MDS)	60 198	**532 993**	61 904	249													**655 344**
	ondiep subtidaal (OS)	10	43 735	**586 776**	43 564	565												**674 650**
	laag slik zacht substraat (LSZS)		781	67 128	**287 104**	909	8 267	8										**364 197**
	laag slik hard antropogeen (LSHA)			1 697	80	**12 801**		101										**14 679**
	middelhoog slik zacht substraat (MSZS)			6 935	39 148	555	**403 313**	1 146	255	32 217	2		1 097					**484 669**
	middelhoog slik hard antropogeen (MSHA)			4	7	1 588	234	**27 835**		11	120		24				1	**29 824**
	hoog slik zacht substraat (HSZS)						20			**153 958**	36		14 314					**168 328**
	hoog slik hard antropogeen (HSHA)						0	157		122	**1 571**		147	7			0	**2 004**
	potentiele pionierzone (PP)	14			0	1		2		14 820	2	**11 657**	10 397	459	43	8	17	**37 421**
	schor (S)						0			217		1 153	**150 278**	369	6 558	0	0	**158 577**
	supralitoraal hard antropogeen (SHA)							0		1	561	0	278	**3 533**	218	16	1	**4 608**
	hoog supralitoraal (HS)											3	1 211		**12 141**	0	1	**13 355**
	overig (O)	462	34	21	4	0	4				2		2	278	711	246		**1 764**
	Totaal	**776 066**	**584 723**	**724 473**	**370 158**	**16 420**	**411 838**	**29 250**	**255**	**201 346**	**2 293**	**12 813**	**177 748**	**4 647**	**19 672**	**270**	**169**	**3 332 140**

Tabel 6-29: Omzetting van de ecotopenarealen op het Paardenschor tussen 2010 en 2016 (in m^2).

Overgang 2010-2016		NAAR 2016																
VAN 2010		**DS**	**MDS**	**OS**	**LSZS**	**LSHA**	**LSHN**	**MSZS**	**MSHA**	**MSHN**	**HSZS**	**HSHA**	**PP**	**S**	**SHA**	**SHAH**	**HS**	**O**	**Totaal**
	diep subtidaal (DS)	**1 563 905**	28 629	21														6	**1 592 560**
	matig diep subtidaal (MDS)	142 679	**650 103**	37 279	1 498													0	**831 559**
	ondiep subtidaal (OS)	284	23 253	**159 934**	27 114	1 434	56											0	**212 076**
	laag slik zacht substraat (LSZS)		486	23 120	**96 930**	1 194	1 289	24 971	80	321				2				1	**148 392**
	laag slik hard antropogeen (LSHA)		57	2 003	413	**15 628**		113	140										**18 354**
	laag slik hard natuurlijk (LSHN)			2 099	2 380		**8 485**	14											**12 977**
	middelhoog slik zacht substraat (MSZS)			71	17 780	19	72	**473 683**	2 070	1 822	27 682	69	9	295			11	3	**523 586**
	middelhoog slik hard antropogeen (MSHA)			31	56	713		5 734	**7 274**		465	1 051		263	20	44			**15 650**
	middelhoog slik hard natuurlijk (MSHN)				216		1 164	215	249	**1 428**									**3 271**
	hoog slik zacht substraat (HSZS)							218	58		**57 446**	765	2 130	4 619	7		3	1	**65 246**
	hoog slik hard antropogeen (HSHA)							26	243		1 263	**4 490**	9	2 054	356	42	0	0	**8 482**
	potentiele pionierzone (PP)							3	1		6 978	127	**32 183**	26 604	76		42	0	**66 013**
	schor (S)							140	1		2 087	309	287	**501 398**	1 890		262	25	**506 398**
	supralitoraal hard antropogeen (SHA)										61	1 085	4	3 523	**3 347**	8	4	0	**8 030**
	hoog supralitoraal (HS)											0	0	281	11		**21 291**	45	**21 629**
	antropogeen (A)								1			26		13	380	10	0	1	**431**
	overig (O)	140	0	1	0			0			0	61		30	192		1 519		**1 943**
	Totaal	**1 707 007**	**702 528**	**224 558**	**146 387**	**18 989**	**11 066**	**505 115**	**10 117**	**3 571**	**95 980**	**7 983**	**34 622**	**539 080**	**6 277**	**104**	**23 131**	**83**	**4 036 596**

Tabel 6-30: Omzetting van de ecotopenarealen op het Galgeschoor tussen 2010 en 2016 (in m^2).

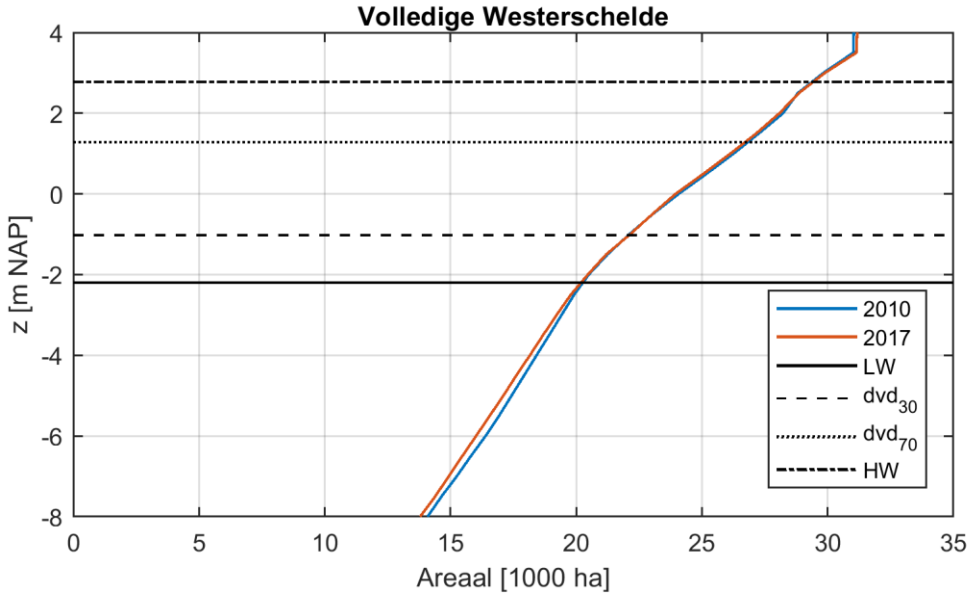
Overgang 2010-2016		NAAR 2016																	
VAN 2010		**DS**	**MDS**	**OS**	**LSZS**	**LSHA**	**LSHN**	**MSZS**	**MSHA**	**MSHN**	**HSZS**	**HSHA**	**PP**	**S**	**SHA**	**HS**	**SHAH**	**A**	**O**	**Totaal**
	diep subtidaal (DS)	**433 342**	7 444	136															100	**441 022**
	matig diep subtidaal (MDS)	45 545	**303 507**	16 334																**365 386**
	ondiep subtidaal (OS)		12 140	**275 687**	16 151	20	1 558	4											7	**305 566**
	laag slik zacht substraat (LSZS)			4 278	**102 099**	65	52 515	29 353		52										**188 362**
	laag slik hard antropogeen (LSHA)			66	215	**587**	72	46	2											**988**
	laag slik hard natuurlijk (LSHN)			420	870		**41 633**	312		884										**44 119**
	middelhoog slik zacht substraat (MSZS)				2 614		1 947	**212 299**	256	2 719	3 974	6	3	72				0	4	**223 896**
	middelhoog slik hard antropogeen (MSHA)							2 137	**19 115**		252	1 114		28				50		**22 697**
	middelhoog slik hard natuurlijk (MSHN)				2		45	7 330		**3 601**										**10 977**
	hoog slik zacht substraat (HSZS)							59	26		**8 546**	794	9	2 805						**12 239**
	hoog slik hard antropogeen (HSHA)							2	736		401	**13 599**		849	30			15		**15 632**
	potentiele pionierzone (PP)							1			2 880	287	**1 836**	6 080	210			0	3	**11 297**
	schor (S)							87	7		3 360	532	667	**398 827**	180	450		0		**404 109**
	supralitoraal hard antropogeen (SHA)										29	1 238	32	1 246	**1 954**	48	49	8	27	**4 631**
	hoog supralitoraal (HS)													527		**6 633**				**7 160**
	antropogeen (A)													86						**86**
	overig (O)	312	1 340	264	43			109	0		5	0		39	22	6 170	41			**8 345**
	Totaal	**479 199**	**324 431**	**297 184**	**121 995**	**672**	**97 770**	**251 739**	**20 142**	**7 256**	**19 448**	**17 571**	**2 546**	**410 561**	**2 396**	**13 301**	**89**	**74**	**141**	**2 066 513**

6.8 HYPSOMETRIE

In sectie 6.6 werd aangetoond dat het ecologisch waardevol laagdynamisch areaal is toegenomen in de Westerschelde over de periode 2010-2016. Het laagdynamisch areaal kan wijzigen door 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 cyclisch gedrag als gevolg van de 18,6-jarige nodale maancyclus. Het meest recente minimum in de nodale cyclus lag in theorie in 2006, en het meest recente maximum in 2016. In praktijk lag het minimum en maximum echter in 2005 en 2014, door toevallige fluctuaties in de tijdreeks (Figuur 5-22). Dit betekent dat de getijslag (het verschil tussen jaargemiddeld hoog- en laagwater) tussen 2005 en 2014 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.

Een andere manier om het areaal aan ecologisch waardevol gebied in kaart te brengen, is aan de hand van de hypsometrie van het estuarium. De hypsometrische kromme, weergegeven in Figuur 6-146, geeft aan op welk peil het bodemareaal van het estuarium ligt. Een belangrijk verschil met de ecotopenkaarten is dat bij de hypsometrie geen rekening wordt gehouden met stroomsnelheden (hoog/laagdynamisch), maar enkel met bodempeil (sub-, inter- of supratidaal) en de jaarlijks gemeten waterstanden. In deze sectie wordt enkel de hypsometrie (op basis van de bathymetrie) geanalyseerd, in sectie 8.2.5 wordt deze gecombineerd met de ecotopenkaarten.



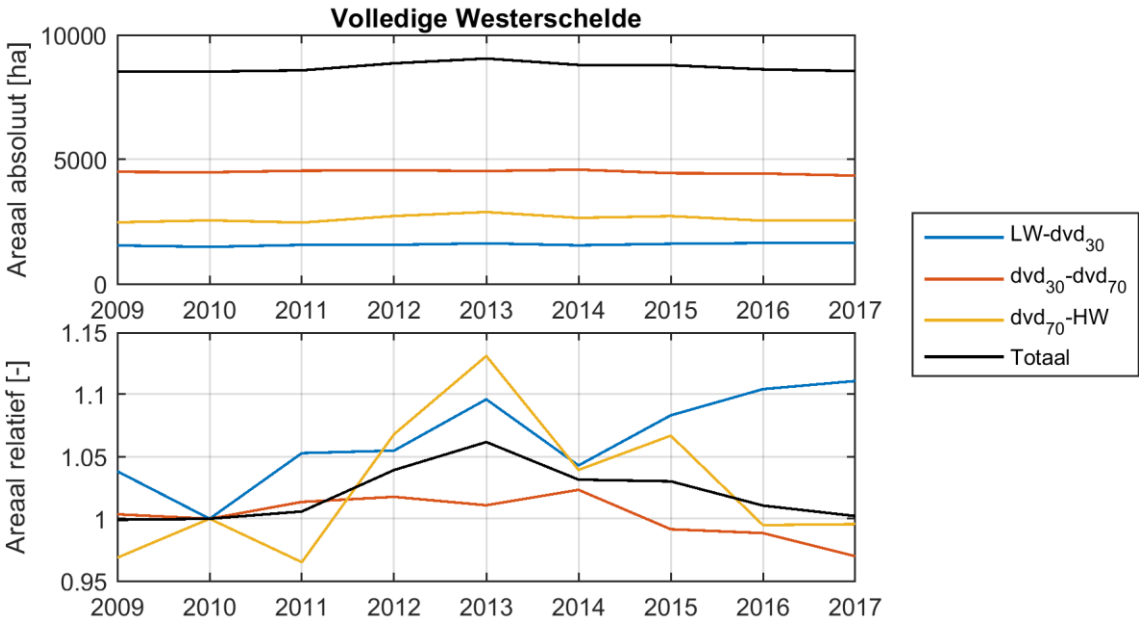
Figuur 6-146: Hypsometrische kromme voor de volledige Westerschelde, 2010-2017.

Uit de hypsometrische kromme kunnen belangrijke parameters worden afgeleid, zoals het areaal aan intertidaal gebied (tussen laagwater en hoogwater) en het gebied met een droogvalduur tussen 30% en 70%, dat dikwijls aanzien wordt als het belangrijkste foerageergebied voor vogels. Figuur 6-147 geeft de evolutie van het intertidaal gebied en het gebied tussen droogvalduur 30% en 70% weer. De waarden in Figuur 6-147 werden berekend op basis van de jaarlijks gemeten waterstanden (LW, HW, 30% en 70% droogvalduur) en bevatten dus zowel het effect van een veranderende getijslag als van een veranderende morfologie, maar houden geen rekening met hoog- of laagdynamisch. Het areaal aan intertidaal gebied vertoonde in de volledige Westerschelde een toename van 2010 tot 2013, gevolgd door een afname, waardoor het totale intertidaal areaal in 2017 zo'n 19 ha hoger lag dan in 2010.

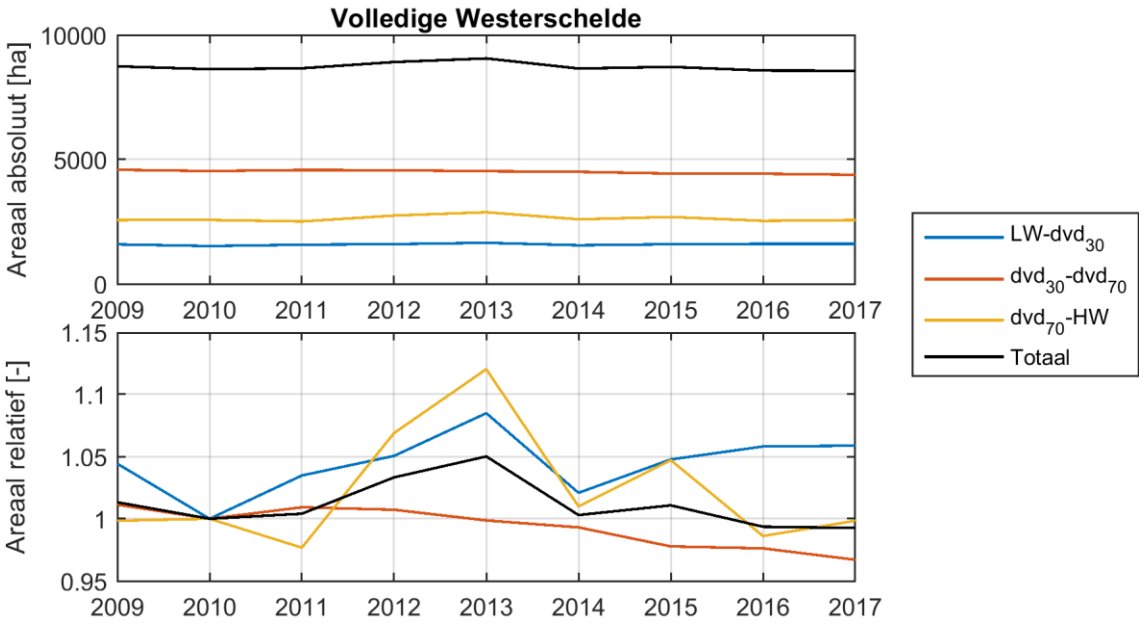
De invloed van de getijcycli kan worden verwijderd door de hypsometrie en arealen te berekenen op basis van een temporeel constant peil van LW, HW en droogvalduur 30% en 70%. De resultaten hiervan worden weergegeven in Figuur 6-148. Op basis van deze berekeningsmethode ligt het intertidaal areaal in 2017 zo'n 64 ha lager dan in 2010. Het areaal intergetijdengebied in 2017 ligt dus hoger (t.o.v. 2010) wanneer de verandering in het getij in rekening wordt gebracht (+19 ha) dan wanneer het niet in rekening wordt gebracht (-64 ha), wat logisch is aangezien de getijslag in 2017 hoger lag dan in 2010. De wijzigingen zijn echter relatief klein ten opzichte van de foutenmarge voor de berekening.

Uit Figuur 6-147 en Figuur 6-148 blijkt verder ook dat vooral het areaal met een droogvalduur tussen 30% en 70% (het mid-intertidaal) is gedaald; deze daling is sterker dan het areaal aan totaal intergetijdengebied. Deze zone wordt gezien als het belangrijkste foerageergebied voor steltlopers (Alkyon, 2006). Figuur 6-149 geeft de evolutie van het totaal intertidaal areaal en het areaal met een droogvalduur tussen 30% en 70% weer per macrocel. Hieruit blijkt dat de daling van het gebied met een droogvalduur tussen 30% en 70% zich vooral manifesteert in macrocel 1, 3 en 6. Hierop wordt verder ingegaan in het hoofdstuk Fauna, waar de zones met droogvalduur tussen 30 en 70% en een laagdynamisch karakterd worden geanalyseerd (sectie 8.2.5).

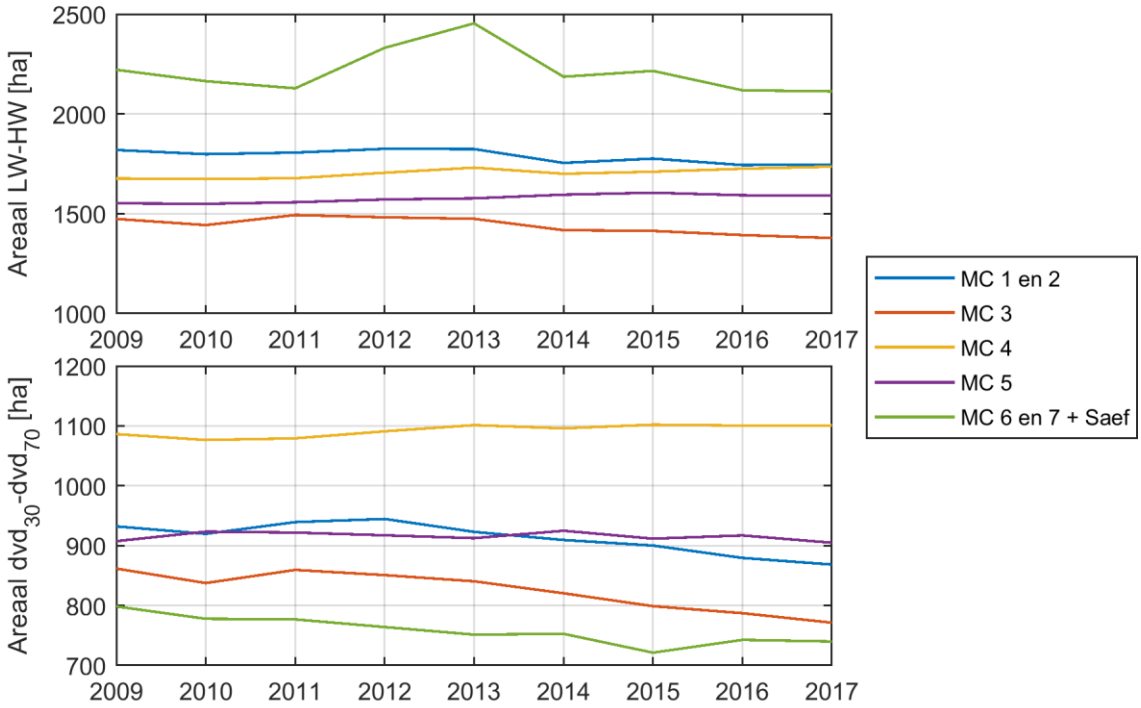
Algemeen kan worden besloten dat de getijslag en de bijbehorende nodale cyclus wel degelijk een effect hebben op de berekende arealen; afhankelijk van de gestelde vraag dienen daarom ofwel de getijonafhankelijke arealen (met constant verondersteld getij) of de getijafhankelijke arealen (met veranderlijk getij) te worden beschouwd.



Figuur 6-147: Evolutie intertidaal areaal en areaal met droogvalduur tussen 30% en 70%, getijafhankelijk. Boven: absoluut (in hectare); onderaan: relatief (2010=1).



Figuur 6-148: Evolutie intertidaal areaal en areaal met droogvalduur tussen 30% en 70%, getijonafhankelijk. Boven: absoluut (in hectare); onderaan: relatief (2010=1).



Figuur 6-149: Evolutie intertidaal areaal (boven) en areaal met droogvalduur tussen 30% en 70% (onder) per macrocel, getijonafhankelijk.

6.9 SAMENVATTING MORFOLOGIE

Westerschelde

De vaargeul van de Schelde is in 2010 verruimd en wordt sindsdien met onderhoudsbaggerwerken op diepte gehouden. De hoofdgeul is daardoor vrijwel stabiel, en de grootste veranderingen vinden plaats aan de platen en in de nevengeulen. In de Westerschelde worden plaatrandstortingen uitgevoerd bij Hooge Platen West en Hooge Platen Noord in macrocel 1, de Rug van Baarland in macrocel 4, en de Plaat van Walsoorden in macrocel 5. Hiervan werden in 2017 enkel Hooge Platen West en Plaat van Walsoorden nog actief ingezet. Bij Rug van Baarland wordt sinds 2011 niet meer gestort in verband met de sterke autonome sedimentatie in het gebied en de aangrenzende nevengeul.

In macrocel 1 is verplaatsing van de nevengeul naar het noorden te zien, waarbij de zuidkant van de Spijkerplaat wordt geërodeerd. De Spijkerplaat zelf hoogt op en ten noorden, richting de hoofdgeul, vindt sedimentatie plaats. Ook de Hooge Platen vertonen ophoging, die reeds voor de stortingen plaatsvond, maar mogelijk mede door de plaatrandstortingen bij Hooge Platen Noord wordt veroorzaakt. De zuidrand van de Hooge Platen erodeert doordat het Vaarwater langs Hoofdplaat naar het noorden beweegt. Tegelijkertijd is in deze geul sprake van sedimentatie. De plaatranden van de Hooge Platen versteilen en de zuidelijke helft van de plaat verschort. De versteiling veroorzaakt een afname van het intergetijdengebied op deze locatie Het laagdynamische gebied bij Hooge Platen West heeft zich de laatste jaren naar het zuidoosten verplaatst en is daardoor buiten de rekenpolygoon komen te liggen.

De nevengeul van macrocel 3 vertoont verondieping aan de oostkant, gerelateerd aan stortingen in de stortzone. Het oostelijke deel van de Middelplaat is sterk in grootte afgenomen door verplaatsing van een geul naar het westen. De platen in deze macrocel zijn verder redelijk stabiel en zijn iets opgehoogd. Opwaarts, bij macrocel 4, is sprake van sterke autonome sedimentatie in de nevengeul, ten zuidwesten van de Rug van Baarland. Het is mogelijk dat dit deels gerelateerd is aan de stortingen in het oostelijke deel van de nevengeul van macrocel 3. Door deze sedimentatie is het laagdynamisch areaal op de plaatrand hier sinds 2010 sterk toegenomen. De Rug van Baarland zelf vertoont afwisselende delen met erosie en sedimentatie, terwijl de oostrand van de plaat wordt geërodeerd door de hoofdgeul die naar het westen beweegt. De plaatrand wordt hier steiler. Ten westen vindt sterke erosie en sedimentatie plaats rondom het Middelgat. Bij de verbinding van de nevengeul met de hoofdgeul nabij de Put van Hansweert vindt sterke drempeldynamiek plaats.

De plaatrandstortingen bij de Plaat van Walsoorden in macrocel 5 hebben gezorgd voor sterke verondieping aan de noordwestkant van de plaat. Dit gaat ook gepaard met een toename van het laagdynamisch areaal in deze zone. De zuidoostkant van de plaat erodeert daarentegen sterk door het uitbochten van de nevengeul (Schaar van Valkenisse). Tegelijkertijd beweegt de Schaar van Waarde noordelijk waardoor de Plaat van Walsoorden juist kan aangroeien. De Plaat van Valkenisse ondervindt zowel erosie als sedimentatie en breidt naar het westen uit door de beweging van de Schaar van Valkenisse. De Plaat van Saeftinghe bij macrocel 6 en 7 sedimenteert op het centrale deel, terwijl de noordwestelijke rand erodeert. De Ballastplaat beweegt naar het oosten waardoor er sedimentatie plaatsvindt in de Appelzak.

De schorrand aan de oostkant van het Land van Saeftinghe erodeert sterk. De overige schorranden langs de Westerschelde zijn over het algemeen redelijk stabiel. De slikken in de Westerschelde vertonen zowel verhoging als verlaging. Het slik bij Bath hoogt bijvoorbeeld gestaag op, terwijl bij de slikken bij Hulst een verlaging zichtbaar is. Bij Waarde hoogt een deel van het slik op, terwijl een ander deel juist verlaagd. Ook is er bij sommige slikken sprake van een versteiling van het profiel en bij andere wordt het slik vlakker.

Beneden-Zeeschelde

In de Beneden-Zeeschelde is de verdieping van de vaarweg, die in het kader van de derde verruiming is gerealiseerd vanaf de grens tot net voorbij het Deurganckdok de meest opvallende verandering op de bathymetrische verschilkaarten. Langs het buitenschoor (zuidelijk deel) wordt aanhoudend sedimentatie waargenomen. Het Galgeschoor is erosief in het zuiden en sedimenteert in het noorden. Bij de putten aan de Ketelplaat is afwisselend sterke erosie en sedimentatie zichtbaar. 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 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 bij Ketenisse en Fort Filip.

7. FYSICOCHEMIE EN WATERBODEMKWALITEIT

In het hoofdstuk Fysicochemie en Waterbodemkwaliteit wordt onderzocht of er een invloed is van de derde verruiming en de stortstrategie 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 and Plancke, 2008, 2015): gehalte aan zwevende stof (suspensiegehalte), doorzicht (eufotische diepte), gehalte aan chlorofyl-a in de waterkolom en op de schorren, chloridegehalte (saliniteit), en waterbodemkwaliteit (verontreinigingsparameters).

Voor verschillende parameters zijn 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 één keer per maand een meetcampagne uitgevoerd. Vanaf 2009 wordt er in de wintermaanden één keer per maand een meetcampagne uitgevoerd, en twee keer per maand in de zomermaanden. Om te vermijden dat de wijziging in de 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 zomergemiddelde berekend. De winterperiode (periode met hogere bovenafvoer) wordt gedefinieerd van december tot mei, en de zomerperiode (periode met lagere bovenafvoer) van juni tot november. Omdat de winterperiode van een bepaald jaar begint in december van het jaar ervoor, is het jaargemiddelde niet exact gelijk aan het gemiddelde van het zomer- en wintergemiddelde.

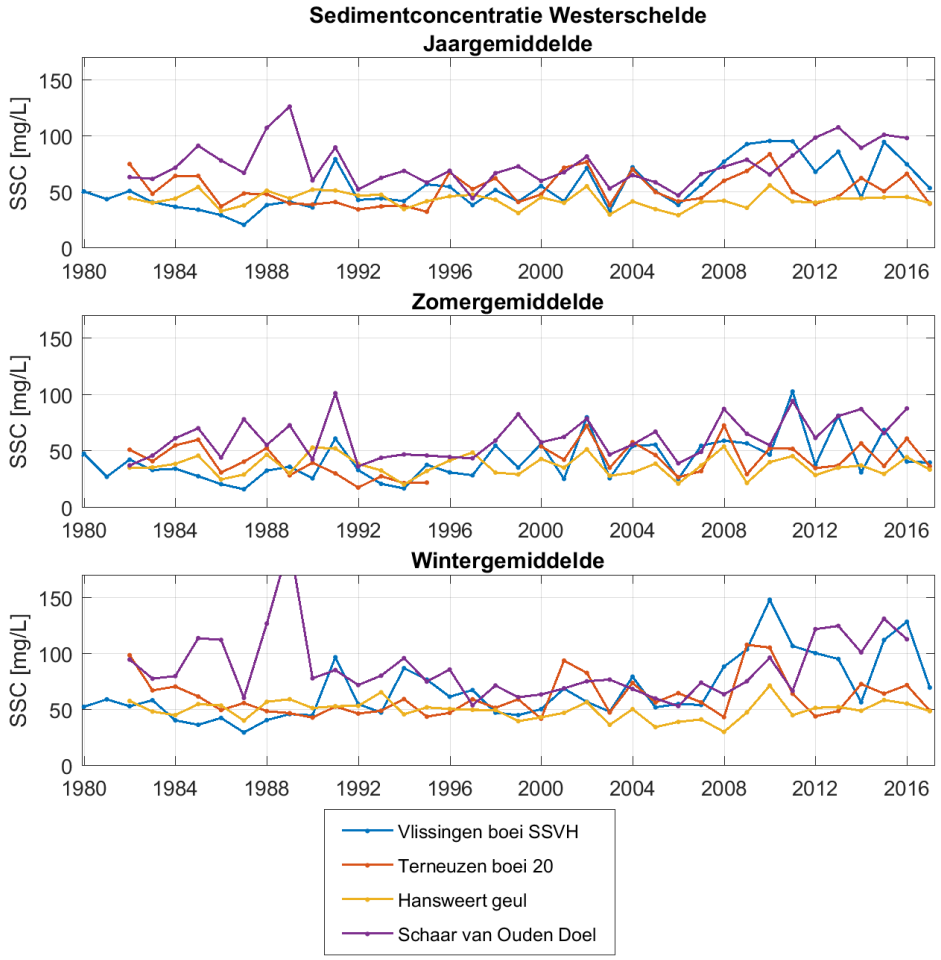
In het kader van de voorliggende rapportage werden eventuele stijgende of dalende trends in de jaargemiddelden nagegaan met de Mann-Kendall-test met een significantieniveau van 0,05 (Helsel en Hirsch, 2002). Wanneer in de onderstaande tekst wordt gesproken over een (stijgende of dalende) trend dan refereert dit aan de Mann-Kendall trendanalyse die is uitgevoerd.

7.1 ZWEVENDE STOF

7.1.1 Westerschelde

Periodieke metingen van de sedimentconcentratie worden in de Westerschelde in het kader van MWTL uitgevoerd tijdens laagwater op een diepte van 1 m onder het wateroppervlak. Jaargemiddelde waarden van het suspensiegehalte zijn weergegeven in Figuur 7-1, samen met het zomer- en wintergemiddelde. Bij meetlocatie Schaar van Ouden Doel is in 2017 geen data beschikbaar. Over het algemeen liggen de concentraties vanaf 2008 hoog ten opzichte van de jaren hiervoor. De jaar-, zomer- en wintergemiddelde sedimentconcentraties waren in 2017 echter laag in vergelijking met de jaren 2008-2016. Het wintergemiddelde van 2016 bij Vlissingen was de hoogste waarde op deze locatie sinds 2010. Het zomergemiddelde bij Vlissingen was laag in 2016, maar relatief hoog bij Schaar van Ouden Doel en Terneuzen. Op de langere termijn is een toenemende trend in sedimentconcentratie zichtbaar bij Vlissingen en Schaar van Ouden Doel vanaf midden

jaren ’90, die voornamelijk wordt veroorzaakt door een verhoging in de sedimentconcentraties vanaf 2008. In de laatste jaren (2016-2017) lijkt deze echter weer af te nemen, deze afname is echter nog over een te korte periode om te spreken van een afnemende trend. Bij Terneuzen en Hansweert wordt geen significante langetermijntrend waargenomen.



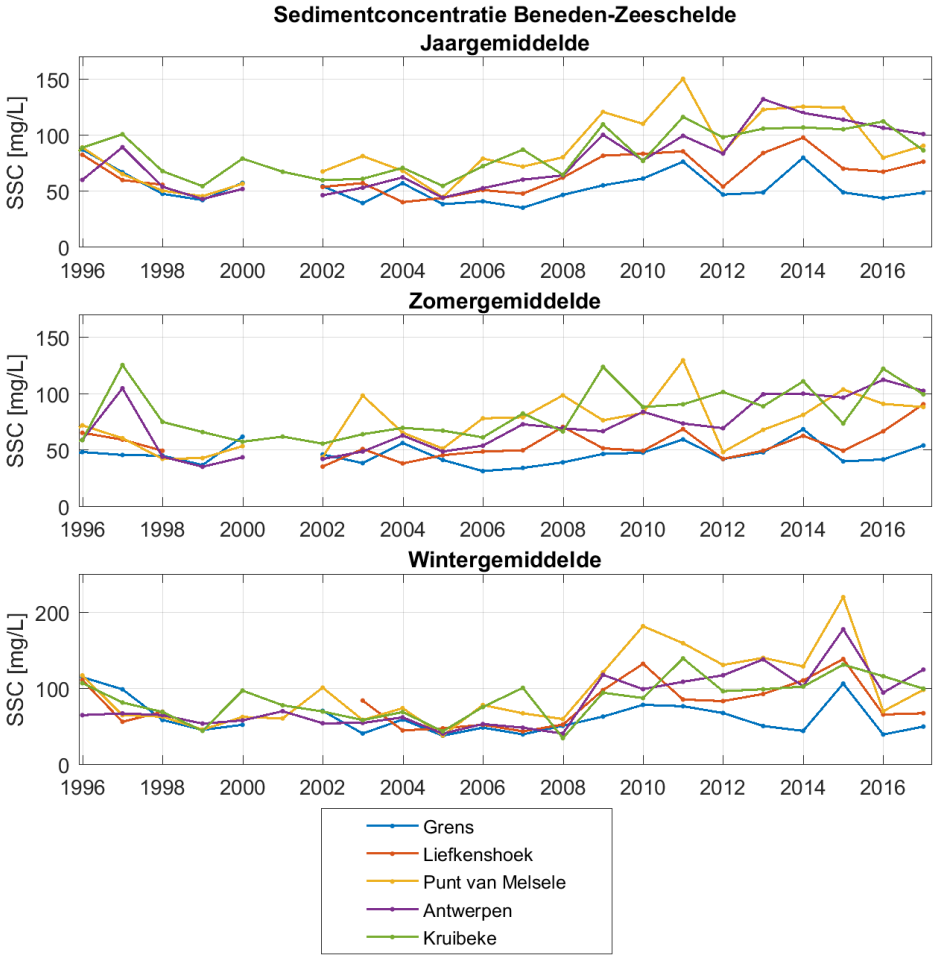
Figuur 7-1: Jaar- en seizoensgemiddelde van periodieke metingen sedimentconcentratie in de Westerschelde.

7.1.2 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. Een overzicht van de meetlocaties in de Beneden-Zeeschelde wordt weergegeven in sectie 0 en Figuur 2-4. 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.

7.1.2.1 Periodieke metingen: oppervlaktestalen

De jaargemiddelde waarden van sedimentconcentratie op basis van de periodieke metingen in de Beneden-Zeeschelde zijn weergegeven in Figuur 7-2. Over de periode vanaf 1996 is sprake van een toenemende trend in sedimentconcentratie bij Punt van Melsele, Antwerpen, en Kruibeke. Deze trend lijkt voornamelijk veroorzaakt te worden door een toename van de sedimentconcentraties vanaf 2009, vergelijkbaar met het beeld in de Westerschelde. Daarentegen laat de jaargemiddelde sedimentconcentratie bij Antwerpen een afname zien van 2013 tot 2017, en ook bij Punt van Melsele vindt een afname van de jaargemiddelde sedimentconcentratie plaats sinds het maximum in 2011. Kruibeke had een piek in jaar- en zomergemiddelde sedimentconcentratie in 2016 en vervolgens een afname naar 2017. De stijgende langetermijntrend lijkt dus in de laatste jaren niet door te zetten, maar de recente waardes liggen nog wel hoger dan de gemiddelde waardes voor 2009. Bij Liefkenshoek wordt net geen significante trend waargenomen (p = 0.069) en ook bij meetlocatie Grens is er geen significante trend. Op deze locaties was er een piek in de sedimentconcentratie in 2014 met vervolgens een afname naar 2015 in het jaar- en zomergemiddelde. Sindsdien is naar 2017 weer een toename te zien, die voornamelijk naar voren komt in het zomergemiddelde. Op alle locaties was het wintergemiddelde maximaal in 2015, gevolgd door een afname in 2016 en lichte toename naar 2017.

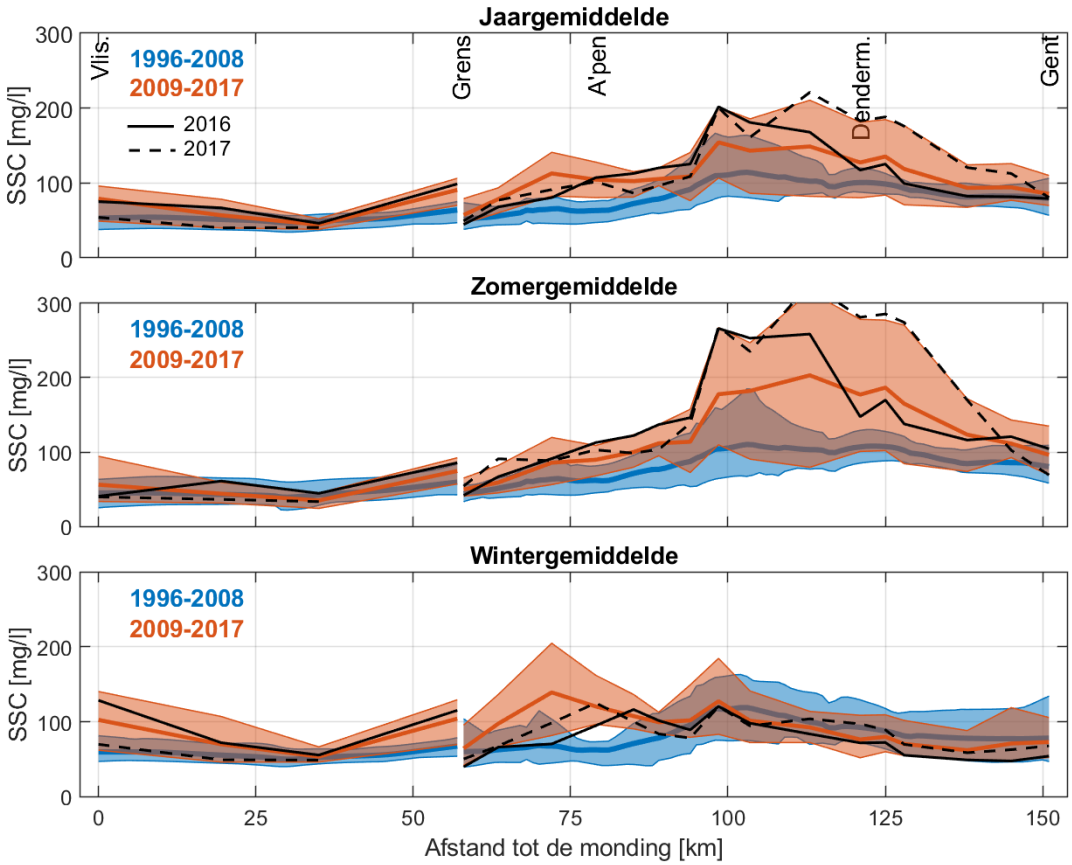


Figuur 7-2: Jaar- en seizoensgemiddelde van periodieke metingen suspensiegehalte in de Beneden-Zeeschelde.

Figuur 7-3 geeft de langsverdeling van de sedimentconcentratie in het gehele Schelde-estuarium weer, van Vlissingen tot Melle. De metingen zijn hierbij opgedeeld in twee periodes, van 1996 tot 2008, en van 2009 tot 2017. Hierbij zijn de 10^{e} en 90ste percentielen weergegeven, alsook het gemiddelde over deze jaren. Daarnaast worden de jaar- en seizoensgemiddeldes van 2016 en 2017 individueel weergegeven.

De sedimentconcentraties zijn verhoogd in de periode van 2009-2017, voornamelijk in de Zeeschelde. Daarnaast lijkt een verschuiving plaats te vinden van de locatie van de piek in sedimentconcentratie (het Estuarien Turbiditeitsmaximum, ETM). In de periode van 1996-2008 lag deze piek rond 100 km opwaarts van Vlissingen, in de buurt van Temse, waarbij de piek in de winter iets verder afwaarts lag dan in de zomer. In de recentere periode van 2009-2017 is deze piek in de winter echter verder afwaarts verplaatst, voorbij Antwerpen, terwijl deze in de zomer verder opwaarts is bewogen, rond 110 km opwaarts van Vlissingen. De pieken in sedimentconcentratie zijn met name in de zomer hoger geworden, alhoewel de spreiding, tussen het 10^{e} en 90ste percentiel, groot is.

Voor de jaren 2016 en 2017 specifiek is te zien dat de piek sedimentconcentraties in de zomer van 2017 bij de hoogste waardes van de periode 2009-2017 horen. In 2016 ligt de piek verder afwaarts en zijn de waardes opwaarts, vanaf Dendermonde, onder de gemiddelde sedimentconcentraties van deze periode. De lage zomerconcentraties in 2016 en de hoge zomerconcentraties in 2017 in het opwaartse gedeelte kunnen mogelijk deels worden verklaard door respectievelijk het hoge en lage bovenafvoerdebiet tijdens de zomers van 2016 en 2017 (zie sectie 0). Verder afwaarts, tussen Antwerpen en Sint Amands, behoorden de zomerconcentraties van 2016 wel tot de hoogste waardes van de periode 2009-2017. De wintergemiddeldes van 2016 en 2017 liggen onder het gemiddelde vanaf de Grens tot voorbij Antwerpen, en verder opwaarts liggen de waardes rond het gemiddelde. In de Westerschelde waren de sedimentconcentraties van 2017 relatief laag en onder het gemiddelde, terwijl die van 2016 rond of net boven het gemiddelde lagen.



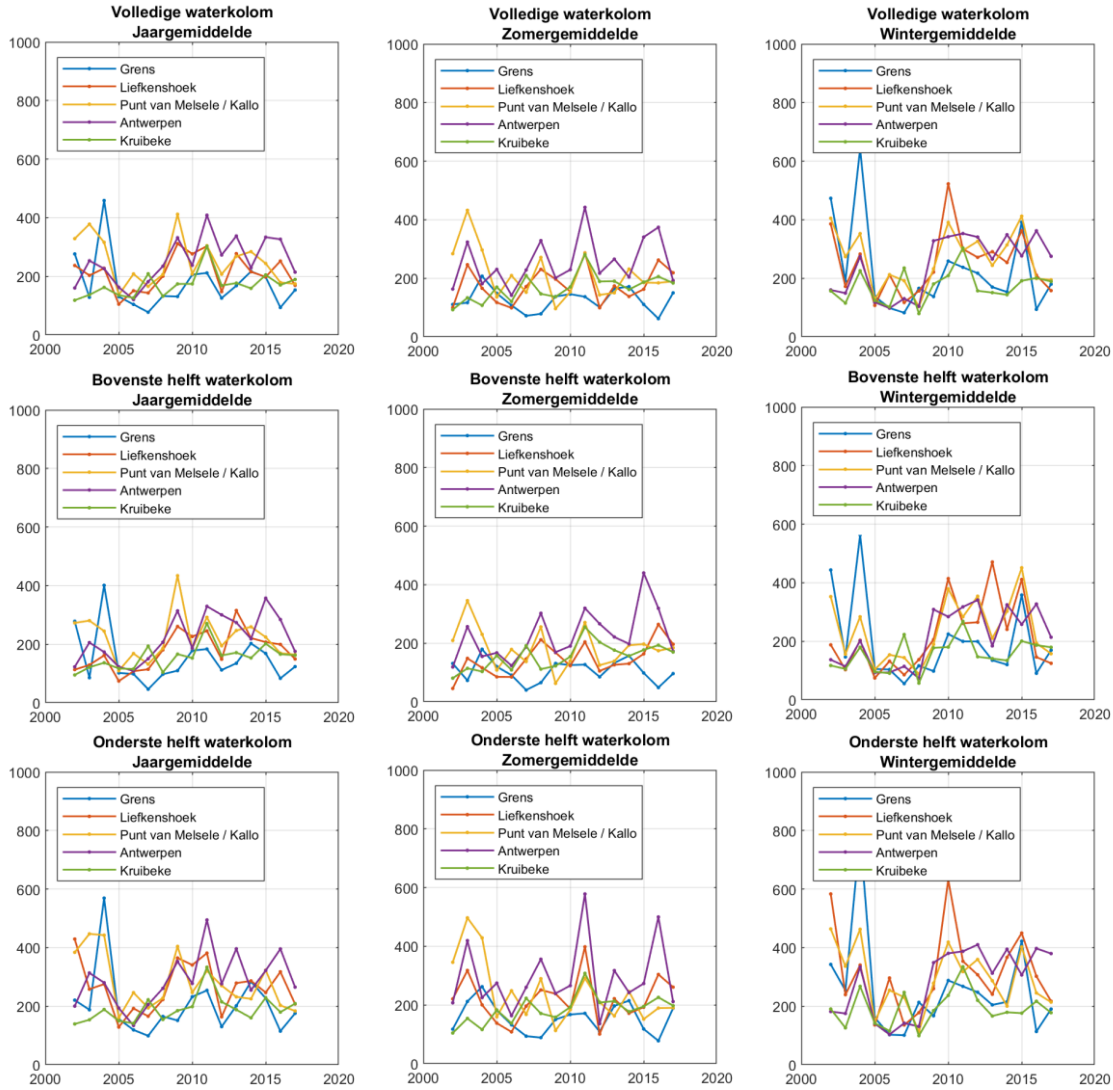
Figuur 7-3: Langsverdeling van sedimentconcentraties in het gehele Schelde-estuarium (naar Cox et al.*, 2015). Brede, gekleurde lijn geeft het gemiddelde weer, gekleurde gebieden geven het 10^{e} en 90ste percentiel van de jaargemiddelden weer over de beschouwde periode. De zwarte doorgetrokken en gestippelde lijn geven de waardes van respectievelijk 2016 en 2017 weer.*

7.1.2.2 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. Het aantal dieptestalen dat werd genomen per staalnamelocatie varieert sterk doorheen de monitoringperiode, en om deze reden wordt de verdeling over de waterkolom geanalyseerd aan de hand van vereenvoudigde parameters: enerzijds de verhouding tussen de sedimentconcentratie in de bovenste en onderste helft van de waterkolom (Figuur 7-4), en anderzijds door het berekenen van een verticale concentratiegradiënt met een gefitte lijn (Figuur 7-5).

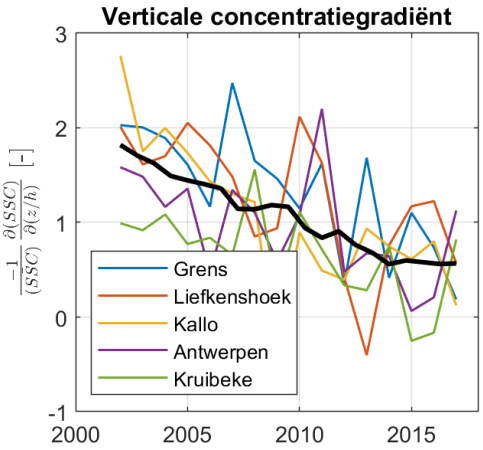
De jaar- en seizoensgemiddelde concentratiewaarden zijn weergegeven in Figuur 7-4, zowel voor de volledige dataset van dieptestalen, als onderverdeeld voor de bovenste en onderste helft van de waterkolom. Net als bij de oppervlaktemetingen is een toename in sedimentconcentratie te zien vanaf circa 2009 bij Antwerpen, Punt van Melsele en Liefkenshoek. Deze toename is voornamelijk zichtbaar in het wintergemiddelde en de bovenste helft van de waterkolom. Het zomergemiddelde bij Antwerpen vertoont ook een

stijgende trend in de bovenste helft van de waterkolom. In de onderste helft van de waterkolom worden geen stijgende trends in sedimentconcentratie waargenomen.



Figuur 7-4: Sedimentconcentratie op basis van dieptestalen. Boven: volledige waterkolom. Midden: bovenste helft van de waterkolom. Onder: onderste helft van de waterkolom. Links: jaargemiddelde. Midden: zomergemiddelde. Rechts: wintergemiddelde.

Op basis van de dieptestalen van sedimentconcentratie kan ook de verticale concentratiegradiënt worden bepaald. Deze (genormaliseerde) gradiënt wordt berekend als $\frac{-1}{\overline{SSC}}\frac{\partial(SSC)}{\partial(z/h)}$ waarbij z/h de relatieve hoogte boven de bodem van de staalname is en $\overline{SSC}$ de gemiddelde sedimentconcentratie. De jaargemiddelde verticale concentratiegradiënt is weergegeven in Figuur 7-5 per station in de Beneden-Zeeschelde. Daarnaast wordt de gemiddelde verticale concentratiegradiënt over alle stations weergegeven (zwarte lijn). Dit gemiddelde laat zien dat er sprake is van een afname van de verticale gradiënt met de tijd. Dit betekent dat het sediment meer uniform verdeeld is over de waterkolom, voornamelijk door een toename in de bovenste helft van de waterkolom. Vanaf 2014 lijkt de afname van de gemiddelde gradiënt af te vlakken en zich niet verder te zetten.



Figuur 7-5: Jaargemiddelde verticale concentratiegradiënt op basis van de dieptestalen. Brede zwarte lijn geeft een lopend gemiddelde weer door alle meetlocaties.

7.1.2.3 Continue metingen

Op de locaties Oosterweel, Boei 84, en Driegoten in de Beneden-Zeeschelde zijn tot en met 2015 turbiditeitsmetingen verricht met behulp van multiparametertoestellen. Sinds 2016 worden deze metingen van deze locaties enkel nog in Oosterweel uitgevoerd. De locatie Boei 84 is in oktober 2015 vervangen door meetpaal Lillo. Meetstation Driegoten is per januari 2016 ook buiten werking gesteld en wordt vanaf december 2017 vervangen door station Weert. Metingen van dit station worden echter in dit rapport nog niet meegenomen.

De turbiditeitsmetingen 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. Tijdreeksen van de continue metingen (meetinterval 10 minuten) zijn weergegeven in Figuur 7-6 tot Figuur 7-9. De turbiditeitsmetingen werden uitgevoerd met het Anderaa RCM9-toestel en het Anderaa Seaguard-toestel. Tijdens bepaalde periodes 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 7-6 tot Figuur 7-9. 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 7-1.

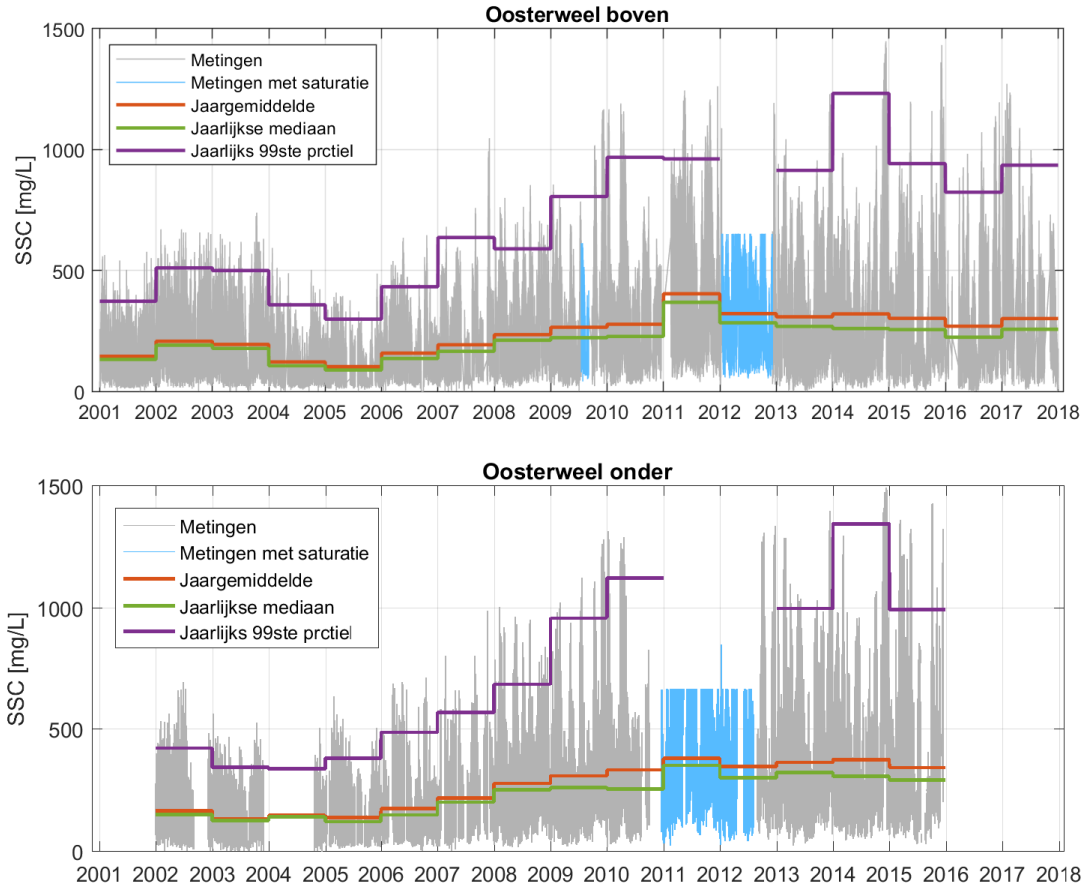
Tabel 7-1: Jaargemiddeldes, standaardafwijking, 99ste percentielwaarde, en percentage boven drempelwaarde 800 mg/l (op basis van volledige dataset) van de continue metingen suspensiegehalte, in mg/l. Lege velden: geen data of geen waarde door saturatie van de sensor.

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
OOSTERWEEL BOVEN	Gemiddelde	145	207	194	122	102	158	193	235	265	278	404	321	308	320	302	269	301
	Mediaan	132	191	178	106	88	136	166	212	222	227	368	284	269	260	255	224	257
	99ste perc.	373	511	500	358	299	433	636	589	806	968	961		914	1232	942	824	935
	% > 800 mg/l	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	4%	4%		2%	5%	3%	1%	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	2016	2017
LILLO BOVEN	Gemiddelde															213	173	167
	Mediaan															179	151	137
	99ste perc.																470	518
	% > 800 mg/l																0%	0%
LILLO ONDER	Gemiddelde																232	226
	Mediaan																184	172
	99ste perc.																809	830
	% > 800 mg/l																1%	1%
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%		

De piekwaarden van sedimentconcentratie kunnen enkel worden ingeschat wanneer de meetinstrumenten geen plafonnering vertonen. In Figuur 7-6 tot Figuur 7-9 wordt de jaarlijkse 99ste percentielwaarde weergegeven, en ook de absolute jaarmaxima kunnen worden ingeschat aan de hand van de tijdreeksen. De 99ste percentielwaarden worden voor de meetjaren zonder saturatie ook weergegeven in Tabel 7-1.

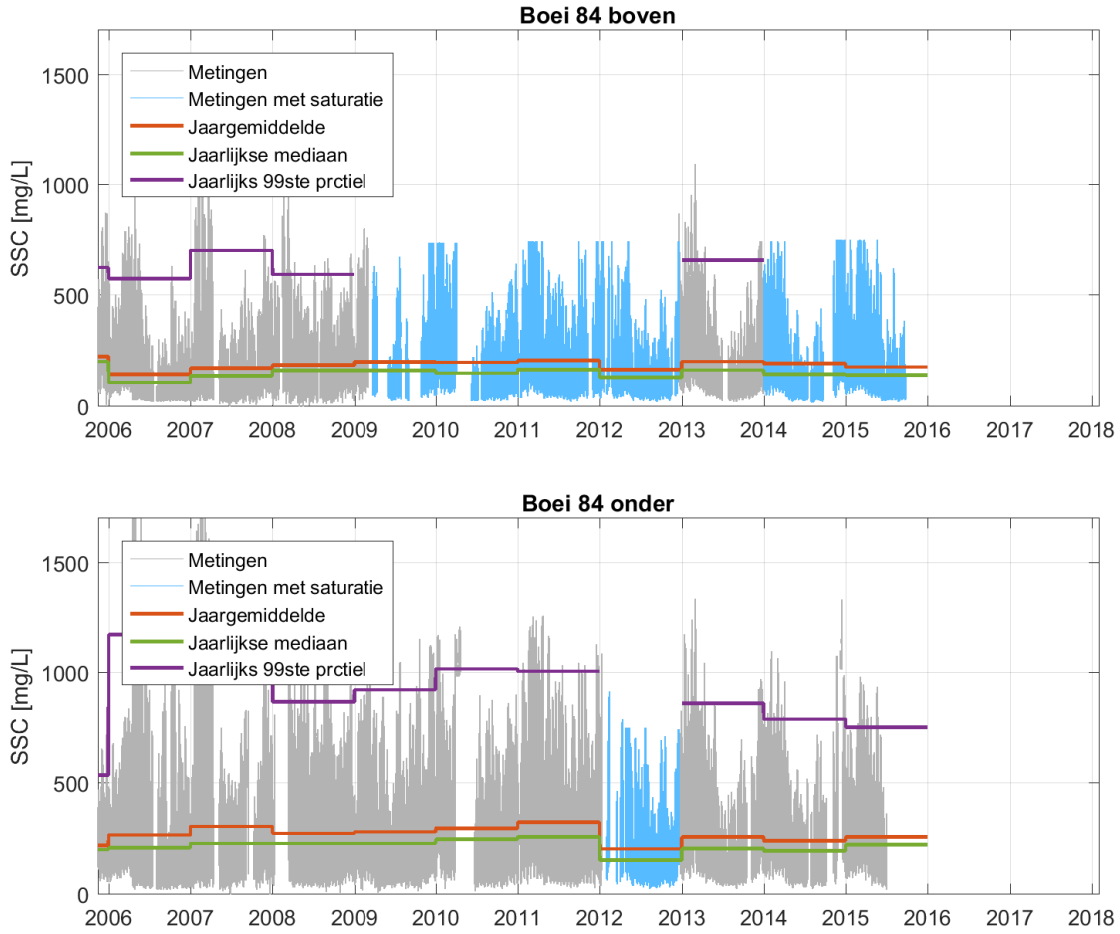
Meetpunt Oosterweel (Figuur 7-6) ligt tussen de locaties Punt van Melsele en Antwerpen waar periodieke metingen in de Beneden-Zeeschelde worden uitgevoerd (sectie 7.1.2.1), en in de nabijheid van de stortzones voor slib te Oosterweel en Punt van Melsele in de Beneden-Zeeschelde. De sensoren voor continue meting zijn geplaatst op 1,0 m boven de bodem (Oosterweel onder) en 4,5 m boven de bodem (Oosterweel boven). Bij Oosterweel boven en onder vond een toename van het jaargemiddelde en -mediaan plaats van 2005 tot 2011, waarin het sedimentconcentratie een maximum bereikte. Hierna namen het gemiddelde en de mediaan licht af en sinds 2012 zijn deze waardes vrij constant op dit hogere niveau. De 99ste percentiel laat een vergelijkbare toename zien vanaf 2005, met een maximum in 2014. Ook deze waarden namen in de laatste jaren weer terug af naar het niveau van 2010-2013. De sedimentconcentratie in Oosterweel vertoont een sterke correlatie met de stortingen van slib in de nabijgelegen stortzones, zoals is aangetoond met een multivariate regressie-analyse (IMDC, 2016). De jaarlijkse stortvolumes vertoonden ook een toename tot het piekjaar 2011 (sectie 3.2), daarna een afname tot 2015 en weer een lichte toename tot 2017. De jaargemiddelde sedimentconcentratie laat niet dezelfde mate van afname naar 2015 en toename naar 2017 zien.



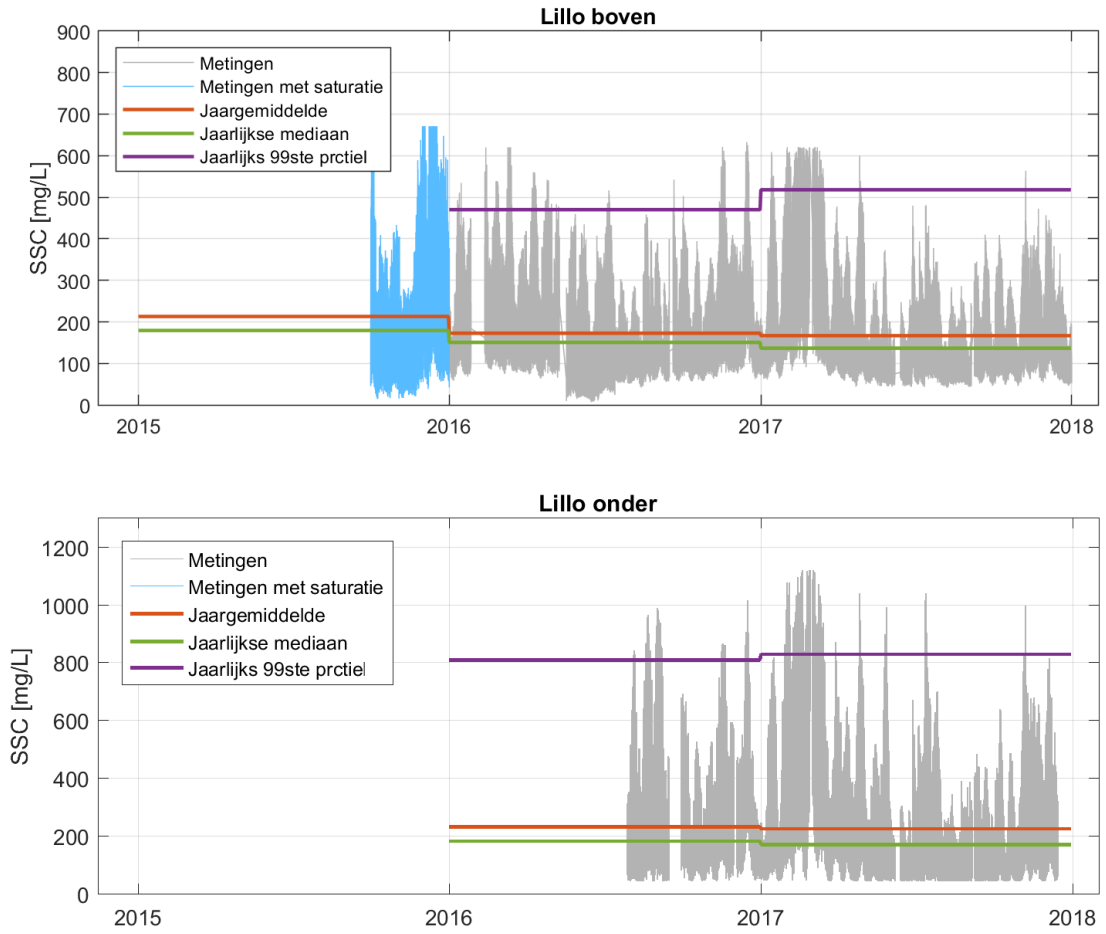
Figuur 7-6: Continue metingen sedimentconcentratie Oosterweel. Metingen in blauw werden uitgevoerd met het Seaguard-500 toestel.

Bij Boei 84 boven en onder (Figuur 7-7) is een lichte toename van de jaargemiddelde sedimentconcentraties te zien van 2006 tot 2011, maar deze stijging is minder duidelijk en minder groot dan bij Oosterweel. De toename is iets sterker bij het bovenste meetpunt van Boei 84 dan bij het onderste meetpunt. Bij Boei 84 worden sinds oktober 2015 geen metingen meer verricht. De dataset bij het nieuwe meetstation Lillo (Figuur 7-8) is nog te kort om conclusies te trekken over een trend in de waardes. Wel ligt het jaargemiddelde in 2017 iets lager dan in 2016, terwijl het 99ste percentiel in 2017 juist hoger is. Aangezien de metingen bij Boei 84 en Lillo niet in de tijd overlappen is het niet mogelijk om de datasets direct te vergelijken.

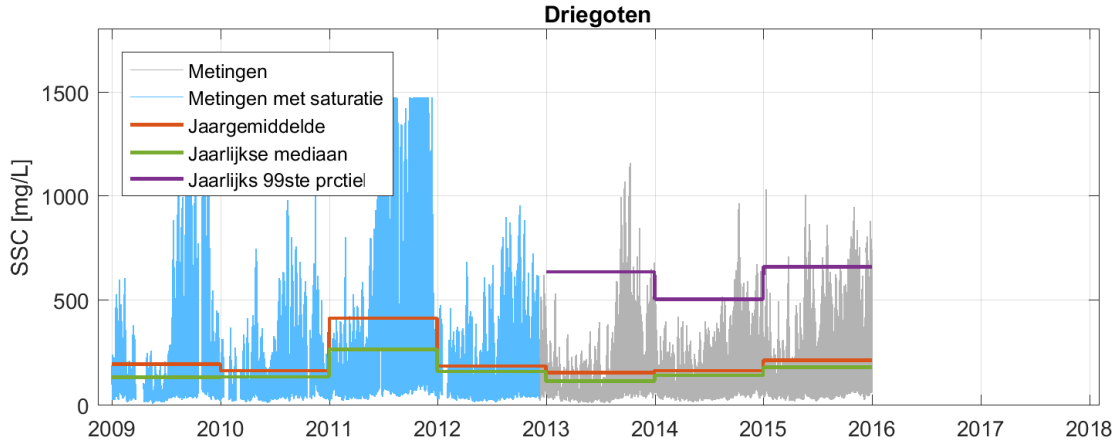
Bij Driegoten (Figuur 7-9) werden de hoogste gemiddelde en mediaan waardes geobserveerd in 2011, net als bij Oosterweel. In de jaren hierna was de sedimentconcentratie weer afgenomen naar het niveau van voor 2011. Sinds januari 2016 zijn geen nieuwe metingen bij Driegoten uitgevoerd.



Figuur 7-7: Continue metingen suspensiegehalte Boei 84. Metingen in blauw werden genomen met het Seaguard-500 toestel.



Figuur 7-8: Continue metingen suspensiegehalte meetpaal Lillo. Metingen in blauw werden uitgevoerd met het Seaguard-500 toestel.



Figuur 7-9: Continue metingen suspensiegehalte Driegoten. Metingen in blauw werden uitgevoerd met het Seaguard-500 toestel.

7.1.3 Bespreking en conclusies

In de Westerschelde is op de langere termijn een toenemende trend in sedimentconcentratie zichtbaar bij Vlissingen en Schaar van Ouden Doel. Deze trend lijkt echter in de laatste jaren af te vlakken. Bij Terneuzen en Hansweert werd geen significante trend in sedimentconcentratie waargenomen. De jaar-, zomer- en wintergemiddelde sedimentconcentraties waren in 2017 op alle locaties laag ten opzichte van eerdere jaren.

In de Beneden-Zeeschelde wordt op de lange termijn een toenemende trend in de sedimentconcentratie waargenomen in de zone van Punt van Melsele tot Kruibeke. Deze toename is consistent over de periodieke metingen van de oppervlaktestalen, dieptestalen, en de continue metingen. Echter is er in recentere jaren sprake van het gelijkblijven of een lichte afname van de sedimentconcentratie in dit gebied, en lijkt de stijgende trend dus niet door te zetten.

De staalnames in de waterkolom laten voornamelijk een toename van de sedimentconcentratie zien in het wintergemiddelde bij Antwerpen, Punt van Melsele, en Liefkenshoek. De duidelijkste toename vindt plaats in de bovenste helft van de waterkolom. Daarmee neemt de verticale gradient van de sedimentconcentratie ook af, en is het sediment dus meer uniform verdeeld over de waterkolom. De afname van de verticale gradient lijkt af te vlakken vanaf 2014 en niet verder te gaan.

De continue metingen van sedimentconcentratie in de Beneden-Zeeschelde laten een toename van het jaargemiddelde zien tot een maximum in 2011. In dit jaar was ook het volume van de stortingen in de Beneden-Zeeschelde maximaal. Na dit piekjaar nam de jaargemiddelde sedimentconcentratie licht af naar 2012 en sindsdien zijn de waardes vrij constant.

Beschouwd over de periodes 1996-2008 en 2009-2017, in de Westerschelde en Zeeschelde van Vlissingen tot Melle, zijn de sedimentconcentraties verhoogd in deze laatste periode, voornamelijk in de Zeeschelde. De locatie van de piek in sedimentconcentratie is daarbij in de zomer verder opwaarts verschoven en in de winter verder afwaarts. De zomerpiek is daarmee in de Boven-Zeeschelde komen te liggen. De zomergemiddelde sedimentconcentraties van 2016 en 2017 behoren tot de hoogste waardes opwaarts in de Zeeschelde over de beschouwde periode. In 2016 werden de hoogste waardes gemeten tussen Antwerpen en Sint Amands, terwijl in 2017 de piek meer richting Dendermonde lag.

7.2 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, sedimentbeschikbaarheid, en baggerwerkzaamheden spelen een rol bij de waargenomen variaties.

De lichtpenetratie wordt doorgaans gekwantificeerd aan de hand van de lichtextinctiecoëfficient 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

$$Z_{eu} = -\ln(0{,}01)/k_d.$$

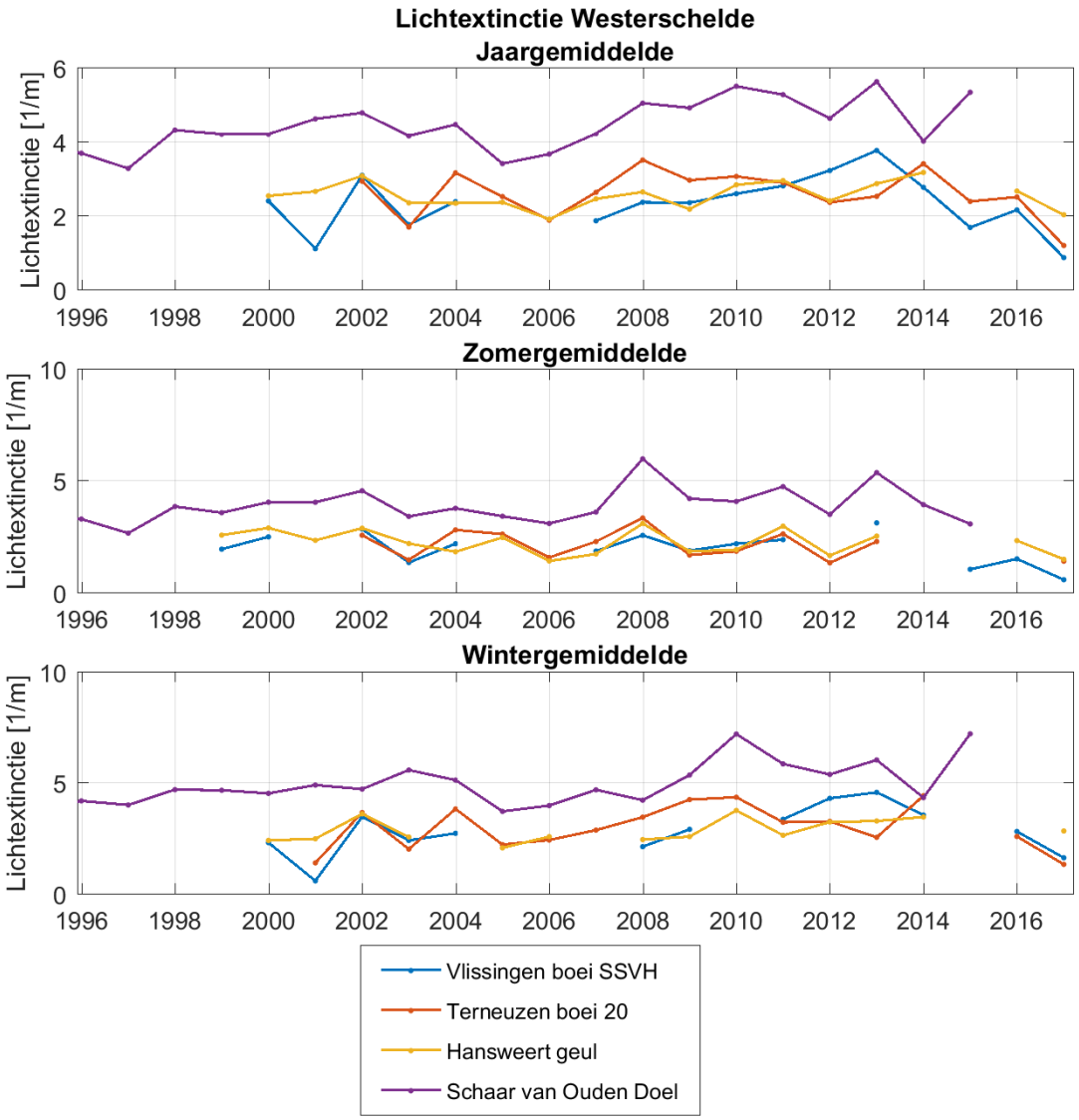
De dataset van metingen in de Westerschelde bevat een aantal waarden $k_d = 0\ \mathrm{m}^{-1}$ (de lichtextinctie was dus kleiner dan de meetgevoeligheid van de sensor). De eufotische diepte is dan oneindig, waardoor geen jaargemiddelden kunnen worden berekend. Daarom wordt in dit rapport de lichtextinctiecoëfficient 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 (Consortium Arcadis-Technum, 2007c) werden de effecten van de verruiming of stortstrategie op de lichtpenetratie als gering bestempeld.

7.2.1 Westerschelde

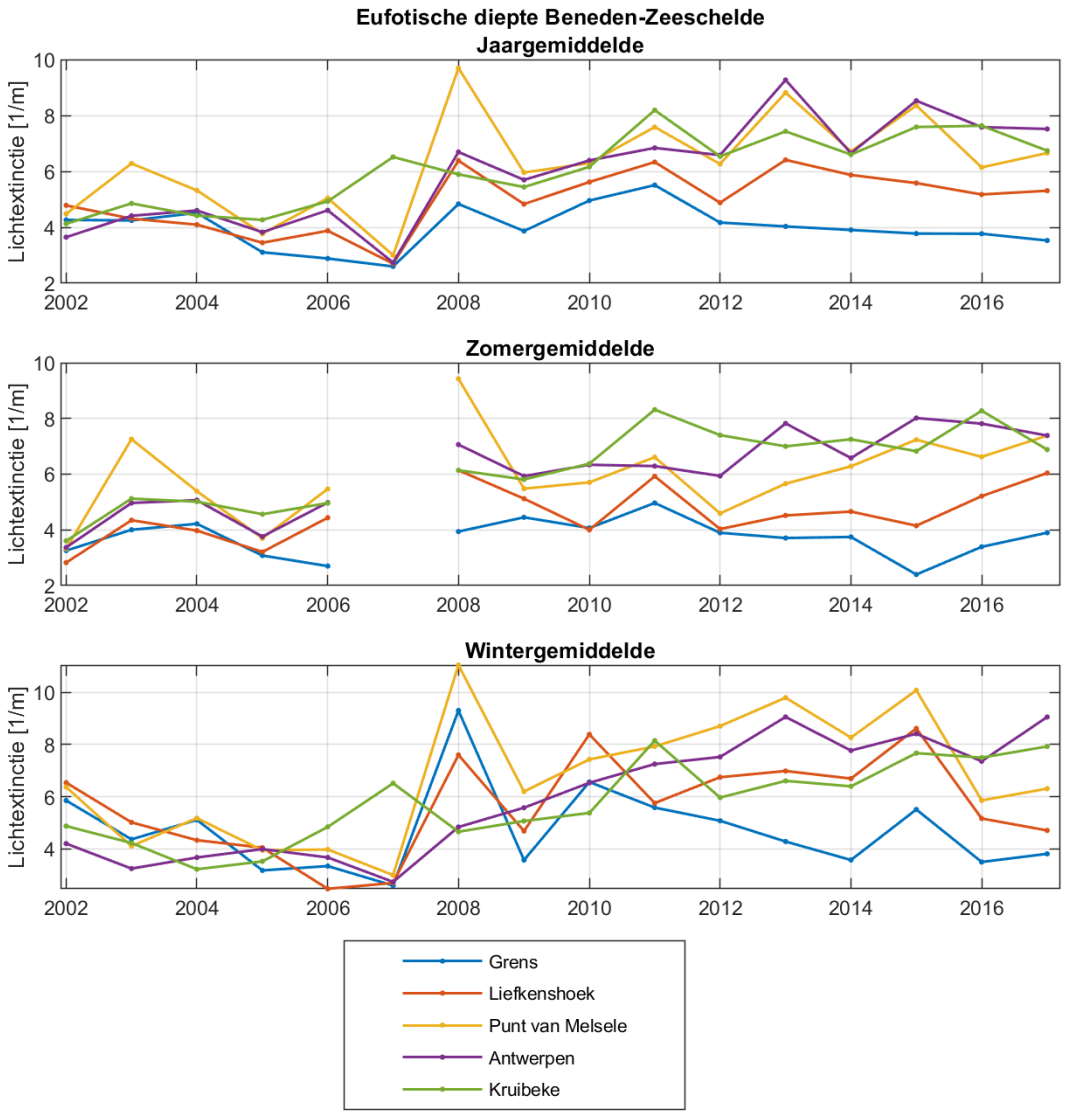
Bij Schaar van Ouden Doel werd een toenemende trend (op basis van de Mann-Kendall trendanalyse) waargenomen over de periode 1996-2015, maar op deze locatie is geen nieuwe data beschikbaar van 2016 en 2017. Op de overige meetlocaties wordt op de lange termijn geen significante trend waargenomen (Figuur 7-10). Dit terwijl bij Vlissingen wel een significante stijging van de sedimentconcentratie werd waargenomen, en de lichtextinctie en sedimentconcentratie gerelateerd zijn. In de meest recente jaren was er echter in de sedimentconcentratie in Vlissingen ook een afname zichtbaar. In de jaren sinds 2013-2014 lijkt op alle locaties een afname van de lichtextinctie plaats te vinden. De lage waardes van lichtextinctie in 2017 komen overeen met de lage sedimentconcentratiewaardes van dat jaar in de Westerschelde (Figuur 7-1), en is zowel in de winter- als zomerwaardes zichtbaar.



Figuur 7-10: Jaar- en seizoensgemiddelde lichtextinctie in de Westerschelde.

7.2.2 Beneden-Zeeschelde

De jaargemiddelde lichtextinctie vertoont een toenemende trend bij Antwerpen en Kruibeke (Figuur 7-11). Deze toename lijkt voornamelijk veroorzaakt te worden door een toename in het wintergemiddelde. Bij Punt van Melsele ($p = 0.053$) en Liefkenshoek ($p = 0.079$) wordt over de periode sinds 2002 net geen significante toenemende trend waargenomen, mogelijk door de recente lage waardes in het wintergemiddelde van 2016 en 2017. Ook bij meetlocatie Grens is geen sprake van een significante trend in de lichtextinctie. Deze trends (of de afwezigheid daarvan) komen overeen met de trends in oppervlaktemetingen van sedimentconcentratie (sectie 7.1.2.1).



Figuur 7-11: Jaar- en seizoensgemiddelde lichtextinctie Beneden-Zeeschelde.

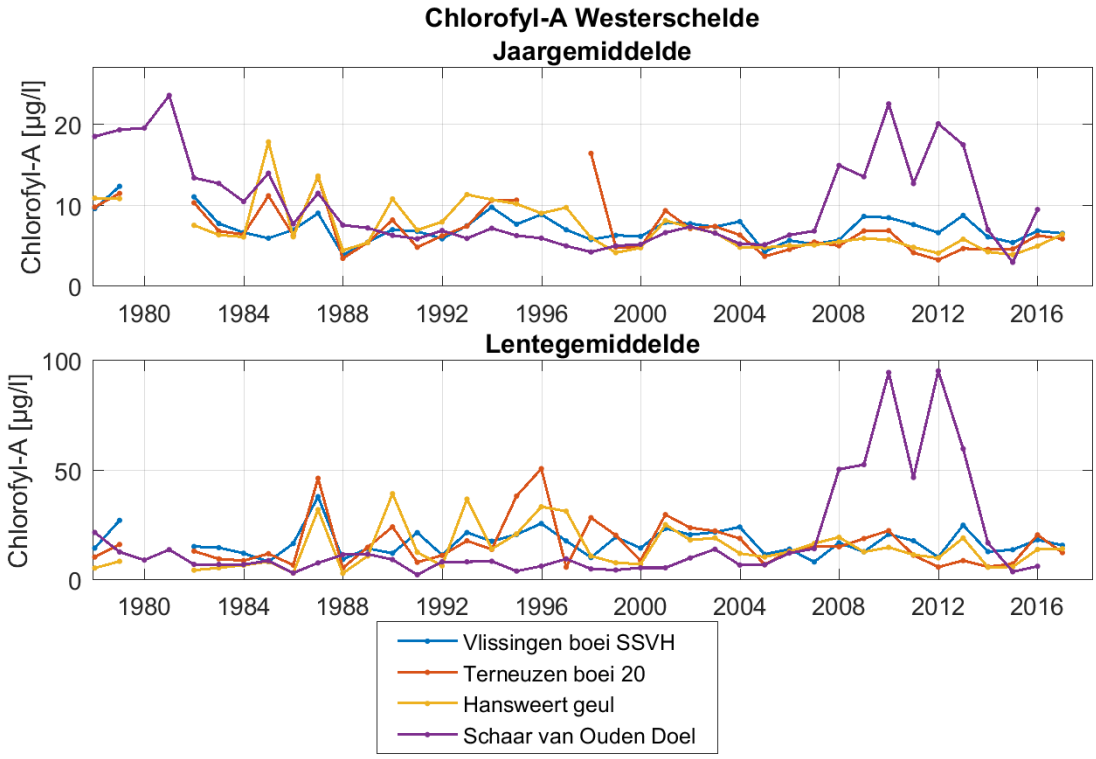
7.3 CHLOROFYLGEHALTE

7.3.1 Westerschelde

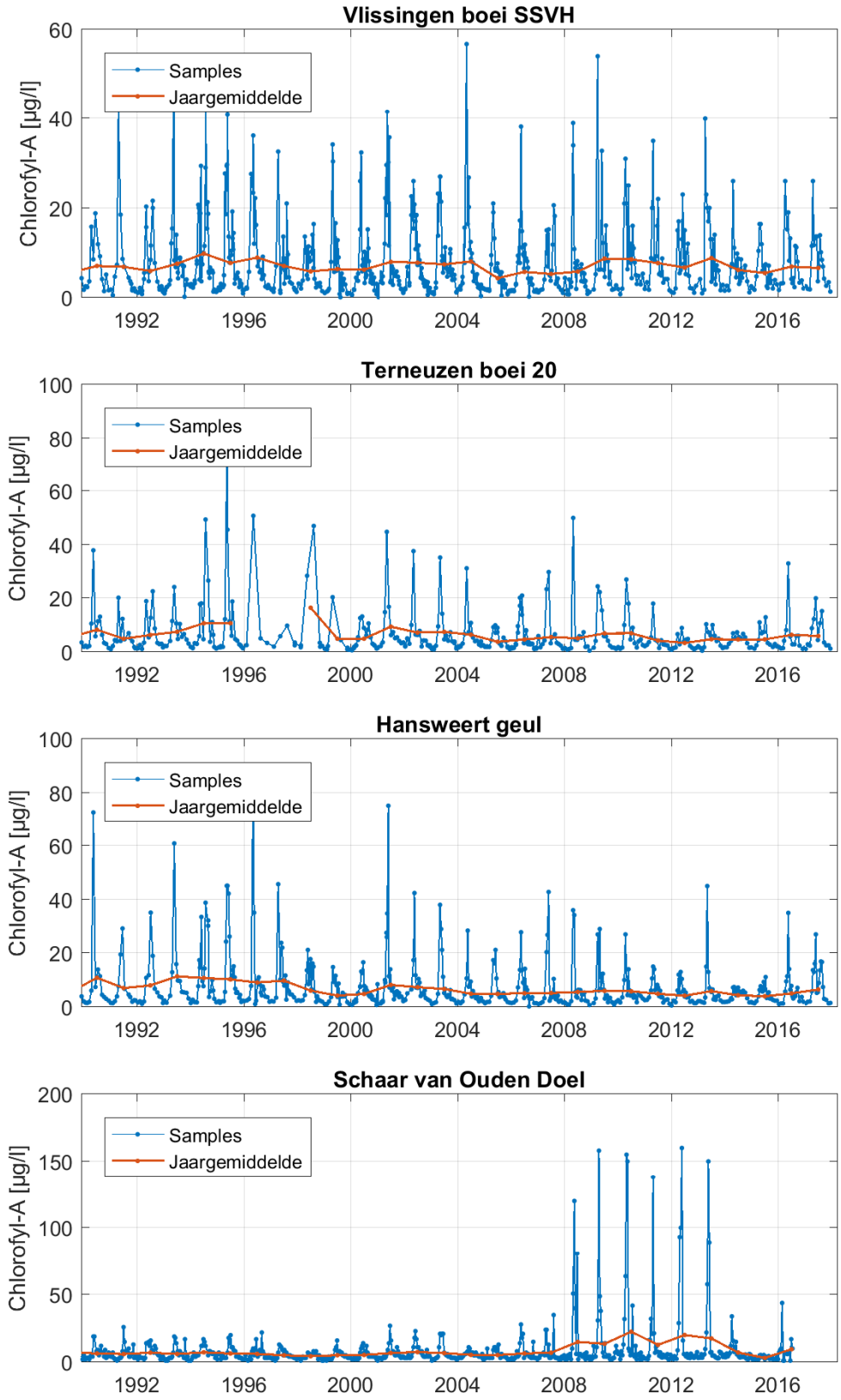
Metingen van het chlorofyl-a gehalte in de waterkolom, een maat voor de biomassa van fytoplankton, werden om de twee weken uitgevoerd bij laagwater in de Westerschelde. Het chlorofyl-a gehalte wordt dikwijls gekenmerkt door één of meerdere bloeiperiodes, waarvan de voorjaarsbloei de belangrijkste is. Daarom worden in Figuur 7-12 naast de jaargemiddelde concentratie, niet de winter- en zomerconcentratie weergegeven, maar de gemiddelde concentratie tijdens de voorjaarsmaanden (april en mei). Ook worden in Figuur 7-13 de volledige tijdreeksen met alle metingen weergegeven om de hoge pieken in het voorjaar duidelijker in beeld te brengen.

Het jaargemiddelde chlorofyl-a gehalte bij Schaar van Ouden Doel vertoont een toenemende trend sinds midden jaren ’90, die voornamelijk veroorzaakt wordt door hoge piekwaarden in de lente in de jaren 2008 tot 2013 (Figuur 7-13). Deze hoge piekwaarden in de lente werden echter in de recente jaren, sinds 2014, niet meer gemeten. Er lijkt dus eerder sprake van een eenmalige toename in chlorofyl-a gehalte in 2008 met hoge waardes tot 2013, waarna het chlorofyl-a terug afneemt naar het oorspronkelijke niveau. Deze sterk verhoogde voorjaarspiek van 2008 tot 2013 wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de verhoogde bloei van *Thalassiosira nodulolineata* die ook opwaarts in de Beneden-Zeeschelde wordt waargenomen (zie sectie 7.3.2).

Bij Terneuzen en Hansweert wordt daarentegen een dalende trend in jaargemiddeld chlorofyl-a gehalte waargenomen (Figuur 7-12). Deze daling vindt voornamelijk plaats in de periode van ca. 1994-2012, sindsdien lijkt er geen sprake meer te zijn van een daling. In het lentegemiddelde wordt op deze locaties de laatste jaren minder variatie waargenomen. Bij Vlissingen is geen significante trend in het jaargemiddeld chlorofyl-a gehalte zichtbaar, en ook de pieken in de lente lijken niet te veranderen (Figuur 7-13).



Figuur 7-12: Jaargemiddelde chlorofyl a-gehalte in oppervlaktewater in de Westerschelde, samen met lentegemiddelde (april en mei). Bemerk de verschillende verticale schaal in de panelen.



Figuur 7-13: Metingen chlorofyl a-gehalte in oppervlaktewater, Westerschelde.

7.3.2 Beneden-Zeeschelde

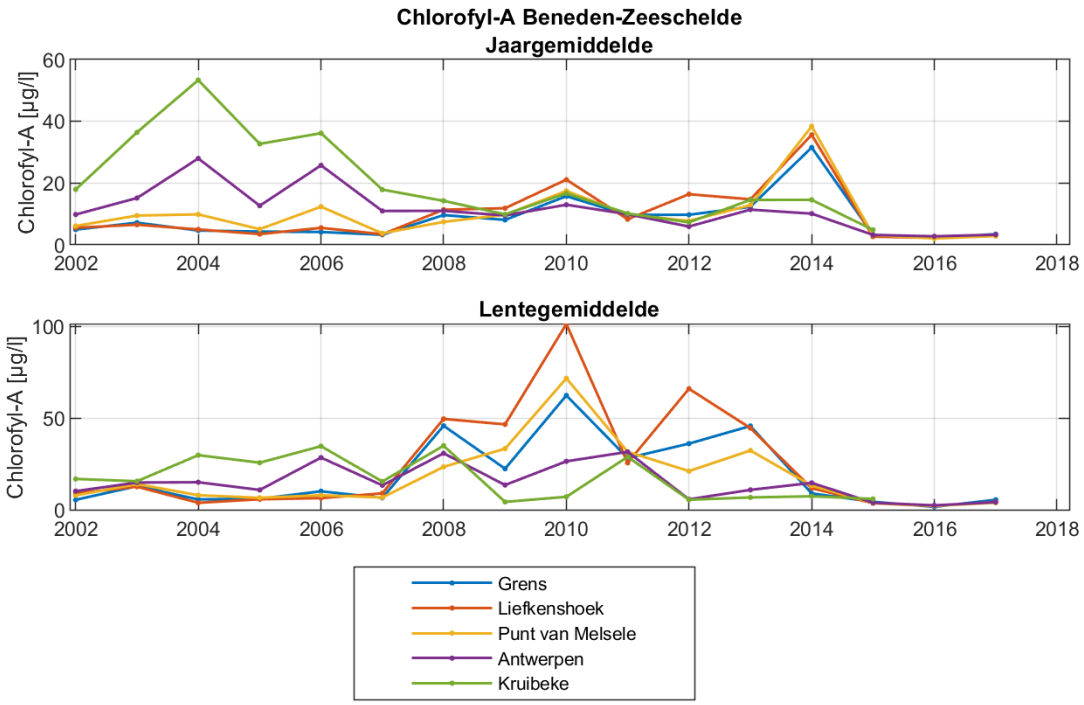
Metingen in de waterkolom

De jaar- en voorjaarsgemiddelden van chlorofyl-a in de Beneden-Zeeschelde zijn weergegeven in Figuur 7-14, en de volledige tijdreeksen per meetlocatie (inclusief pieken) in Figuur 7-15. In 2009 is de bemonsteringsstrategie gewijzigd voor periodieke metingen in de Zeeschelde als onderdeel 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.

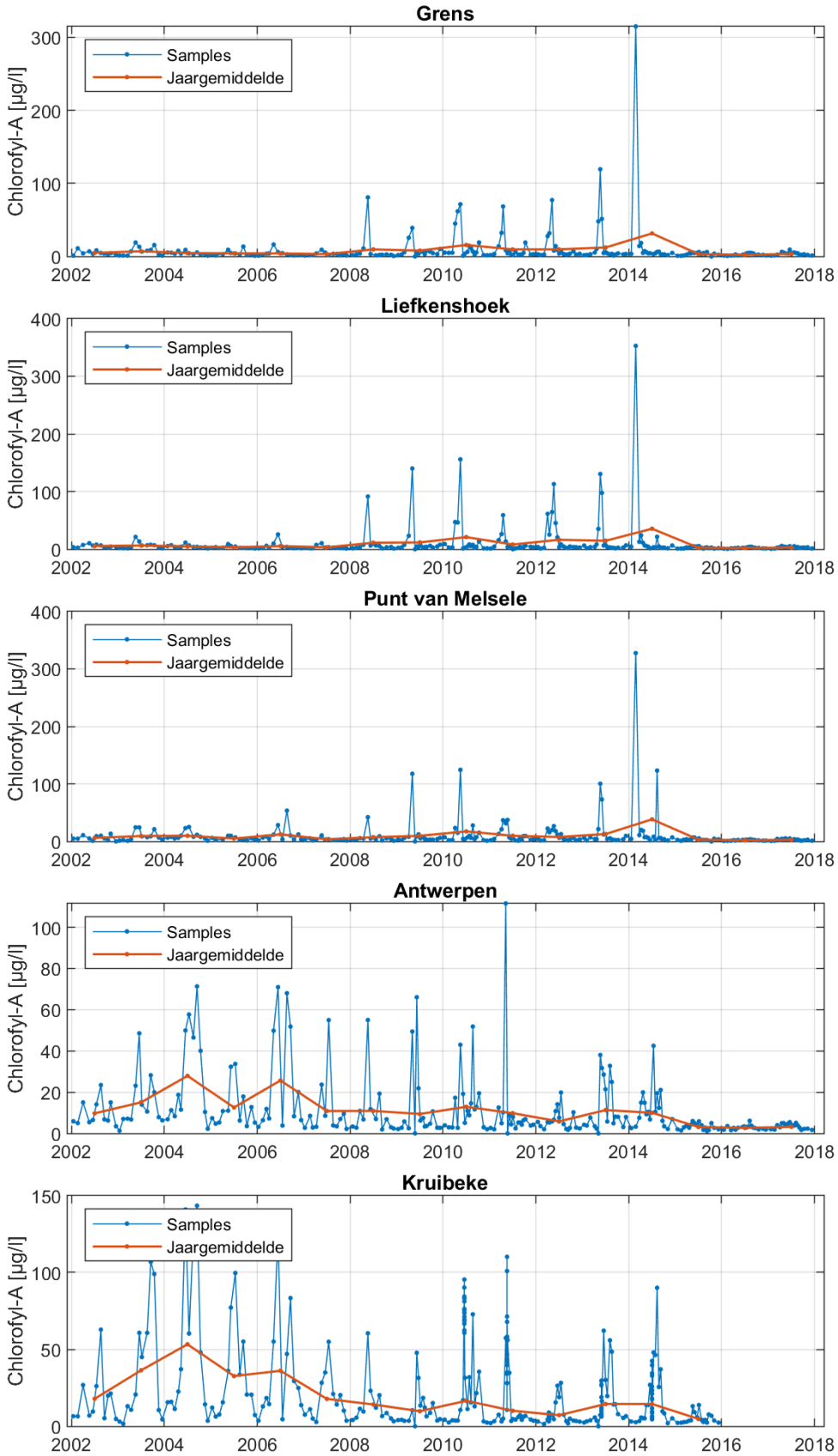
Net als op de meetlocatie Schaar van Ouden Doel wordt op de locaties Grens, Liefkenshoek en Punt van Melsele vanaf 2008 in het voorjaar een verhoogde piek chlorofyl-a waargenomen, die wordt toegeschreven aan de centrische diatomee *Thalassiosira nodulolineata* (Buyze *et al.*, 2015). Deze verhoogde voorjaarsbloei kwam het laatst voor in 2014 op deze meetlocaties (in Schaar van Ouden Doel was dit in 2013). Vanaf 2015 wordt op geen enkele locatie meer een voorjaarspiek waargenomen en zijn de waardes doorlopend laag, en ook lager dan de waardes uit de periode vóór de verhoogde voorjaarsbloei. Dit heeft mogelijk te maken met verslechterde lichtcondities of verhoogde begrazing door zoöplankton.

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 (2002-2017), en ook tijdens de laatste jaren. De laatste jaren zijn de chlorofyl-a gehaltes doorlopend laag en blijven de waardes continu onder de 10 µg/l. Er wordt dus geen voorjaarsbloei meer waargenomen op deze locaties.

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 de sluiten dat ook de toegenomen troebelheid in de zone een impact heeft op de biomassa aan fytoplankton, aangezien er op deze locaties sprake is van een toename van de lichtextinctie (sectie 7.2.2).



Figuur 7-14: Jaargemiddelde chlorofyl a-gehalte in de waterkolom in de Beneden-Zeeschelde, samen met het lentegemiddelde (april en mei). Bemerk de verschillende verticale schaal in de twee panelen.

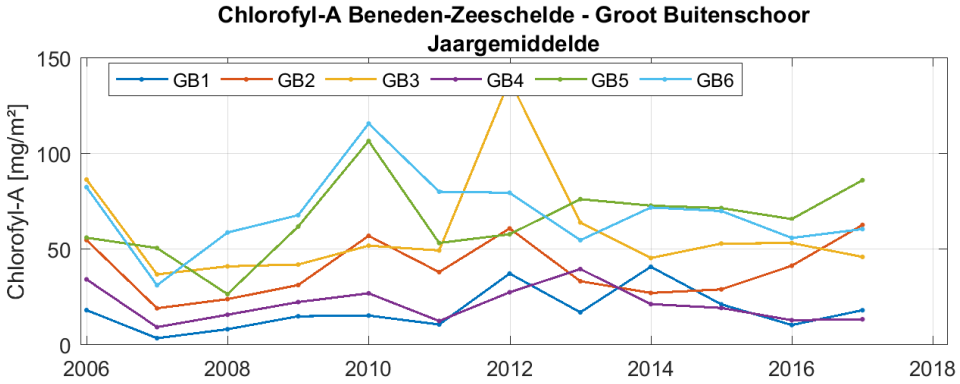


Figuur 7-15: Chlorofyl a-gehalte in de Beneden-Zeeschelde.

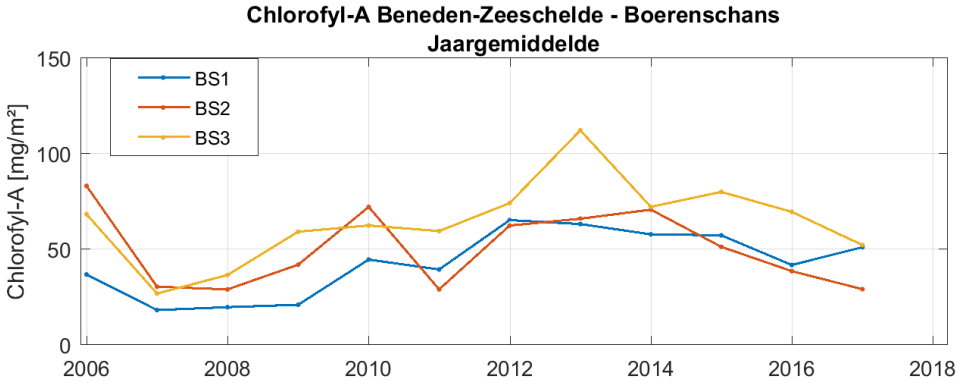
Bodemstalen

In de Beneden-Zeeschelde wordt in twee schorgebieden het chlorofylgehalte gemeten in bodemstalen: op 6 meetlocaties op het Groot Buitenschoor (Figuur 7-16 en Figuur 7-18) en op 3 meetlocaties op de Boerenschans (Figuur 7-17 en Figuur 7-19). De jaargemiddelden worden 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 stijgingen en dalingen afkomstig zijn van een reële verandering in de biomassa, of dat er toevallig meer of minder voorjaarspieken werden gemeten de laatste jaren.

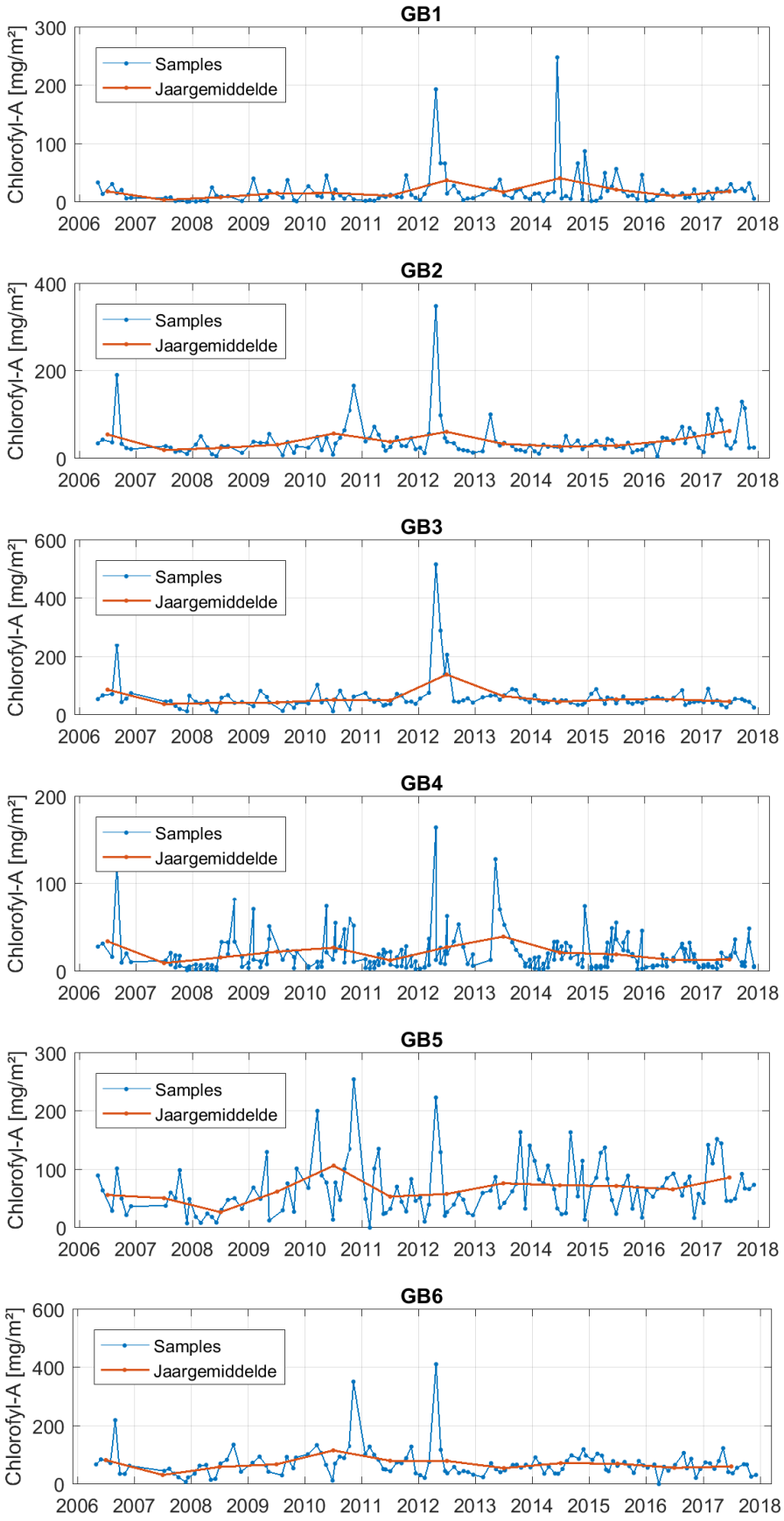
Op de meeste meetlocaties wordt geen significante trend waargenomen. Enkel op de meetpunten Groot Buitenschoor 5 en Boerenschans 1 is er bijna sprake van een significante trend (p = 0.064). In beide gevallen gaat het om een stijgende trend. Over het algemeen waren de chlorofyl-a gehaltes op Groot Buitenschoor in 2017 hoger dan in 2016, en op enkele meetpunten ook hoger dan in de jaren daarvoor. Op Boerenschans lijkt echter een afname plaats te vinden van het chlorofyl-a gehalte sinds 2013-2014.



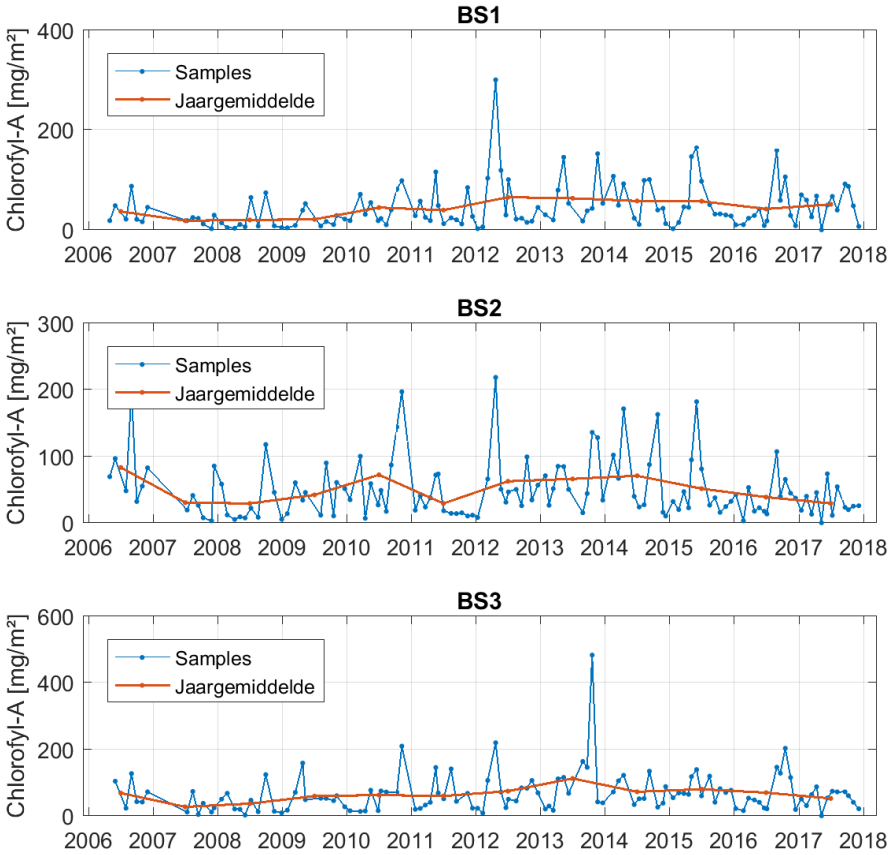
Figuur 7-16: Jaargemiddelde chlorofylgehaltes uit bodemstalen op het Groot Buitenschoor.



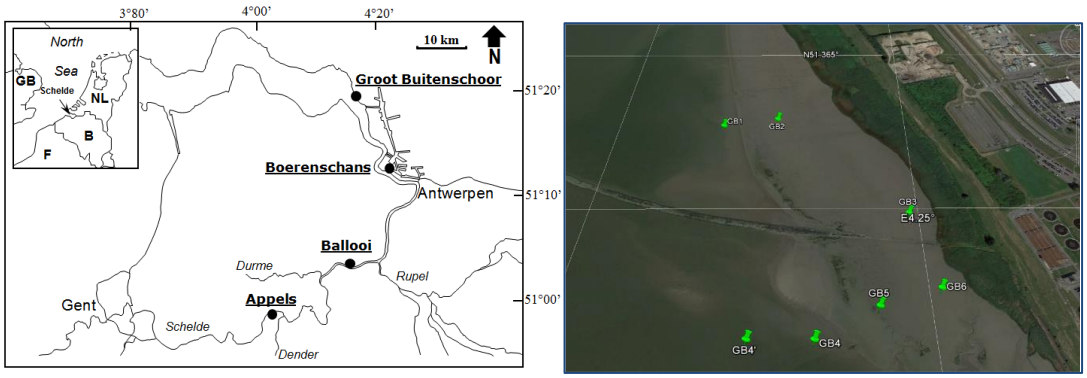
Figuur 7-17: Jaargemiddelde chlorofylgehaltes uit bodemstalen op de Boerenschans



Figuur 7-18: Periodieke metingen chlorofyl a-gehalte op Groot Buitenschoor.



Figuur 7-19: Periodieke metingen chlorofyl a-gehalte op Boerenschans.



Figuur 7-20: Meetlocaties bodemstalen chlorofyl a. Links: algemeen. Rechts: detailweergave Groot Buitenschoor. Detailligging van de meetpunten op de Boerenschans was niet beschikbaar. Bron: Maris & Meire (2017)

7.4 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 seizoensgebonden schommelingen als tijdelijke verlagingen gedurende periode van verhoogde bovenafvoer.

In het MER (Consortium Arcadis-Technum, 2007c) werd een lichte toename van de zoutindringing verwacht, maar vooral als gevolg van de autonome ontwikkelingen, waaronder de zeespiegelstijging.

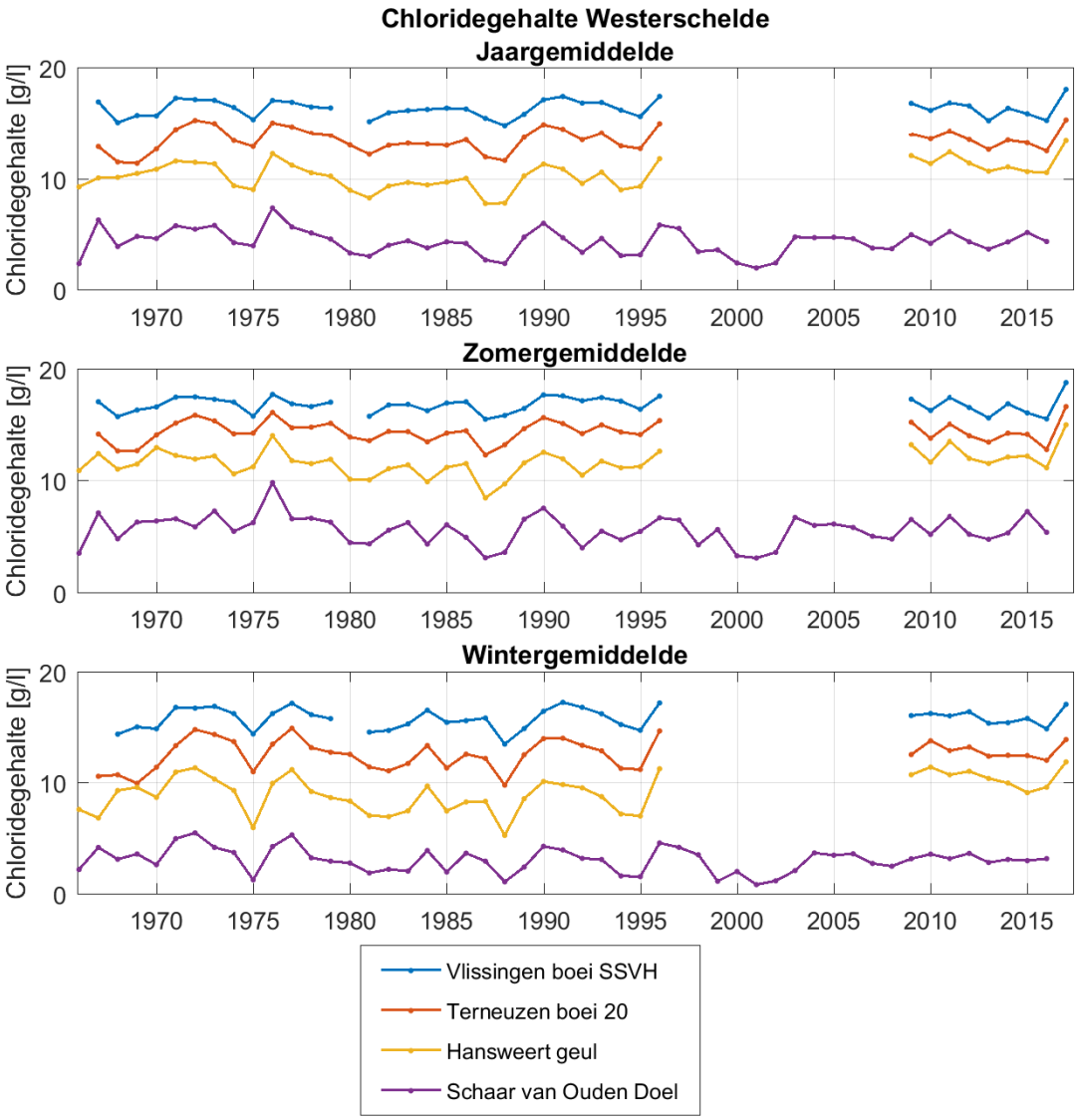
7.4.1 Westerschelde

7.4.1.1 Periodieke metingen

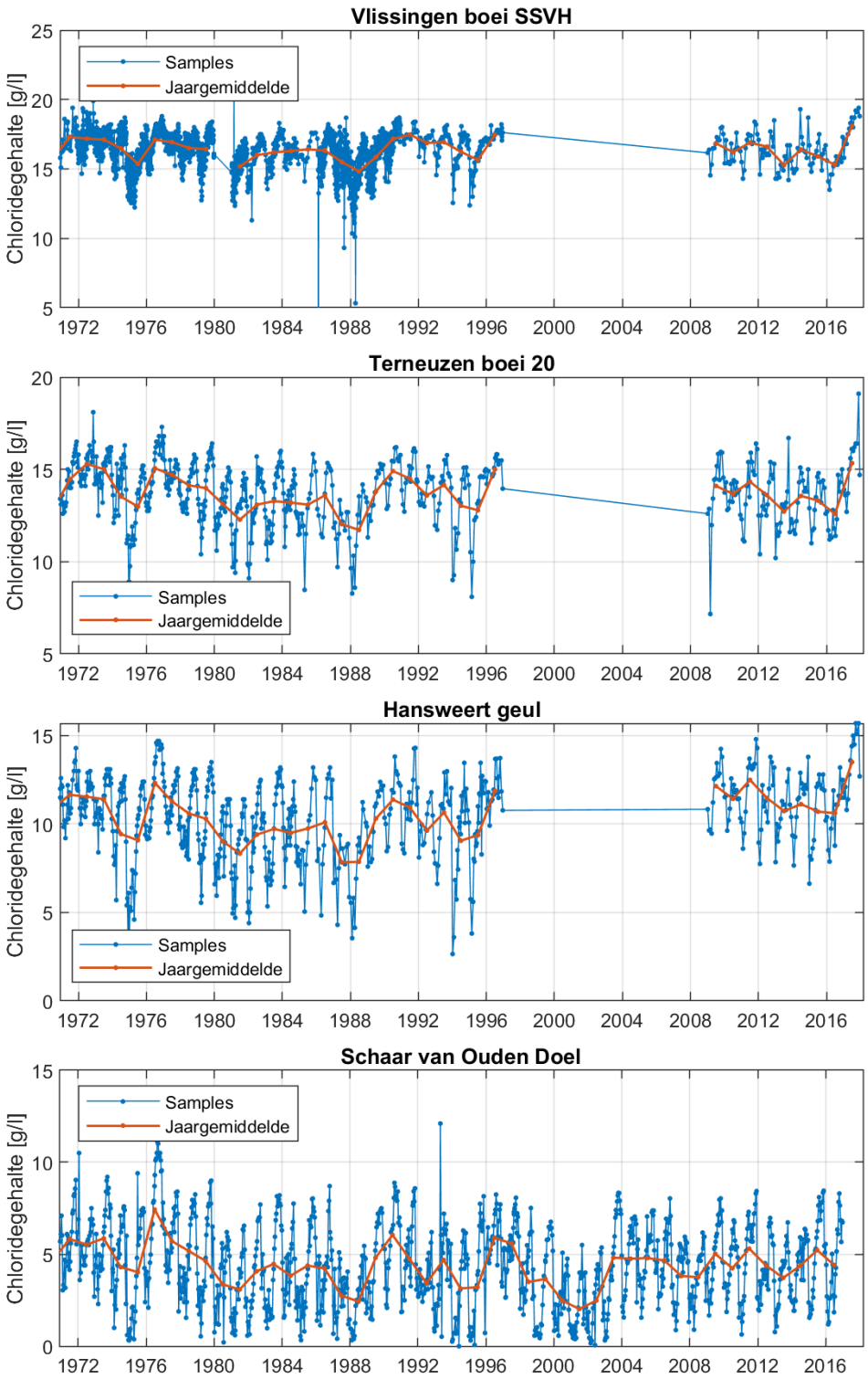
Figuur 7-21 geeft de jaar- en seizoensgemiddelde metingen van het chloridegehalte weer. Het chloridegehalte neemt af in opwaartse richting in het estuarium en is lager in de zomer dan in de winter, wat wordt veroorzaakt door de verhoogde bovenafvoer in de winter (sectie 0). De bovenafvoer heeft een groter effect op het chloridegehalte bij de opwaartse meetlocaties dan bij de afwaartse.

Voor de meetlocaties Vlissingen, Terneuzen, en Hansweert zijn enkel meetgegevens beschikbaar tussen ca. 1965 en 1996, en tussen 2009 en 2017. De onderbreking van 13 jaar maakt het moeilijk om eventuele wijzigingen als gevolg van de derde verruiming nauwkeurig in te schatten, maar op basis van een Mann-Kendall trendanalyse over de gehele dataset blijkt dat het chloridegehalte op deze drie locaties geen significante wijzigingen heeft ondergaan. Bij Schaar van Ouden Doel is er wel een ononderbroken tijdreeks, echter zijn hier voor 2017 geen metingen meer beschikbaar. Ook op deze meetlocatie zijn geen significante wijzigingen in het chloridegehalte waargenomen.

Bij alle meetlocaties wordt een verhoging van het chloridegehalte waargenomen in 2017. Dit kan worden verklaard door de lage neerslag en bovenafvoer van dat jaar, vergelijkbaar met bijvoorbeeld 1996, toen ook vergelijkbare chloridegehaltes werden gemeten (zie Hoofdstuk 0). De hoge chloridegehaltes in 2017 worden verder geïllustreerd in Figuur 7-22. Hierbij valt op dat er in de Westerschelde, en met name bij Vlissingen, geen lage chloridgehaltes worden waargenomen in de winter van 2017.



Figuur 7-21: Jaar- en seizoensgemiddelde chloridegehaltes in de Westerschelde.

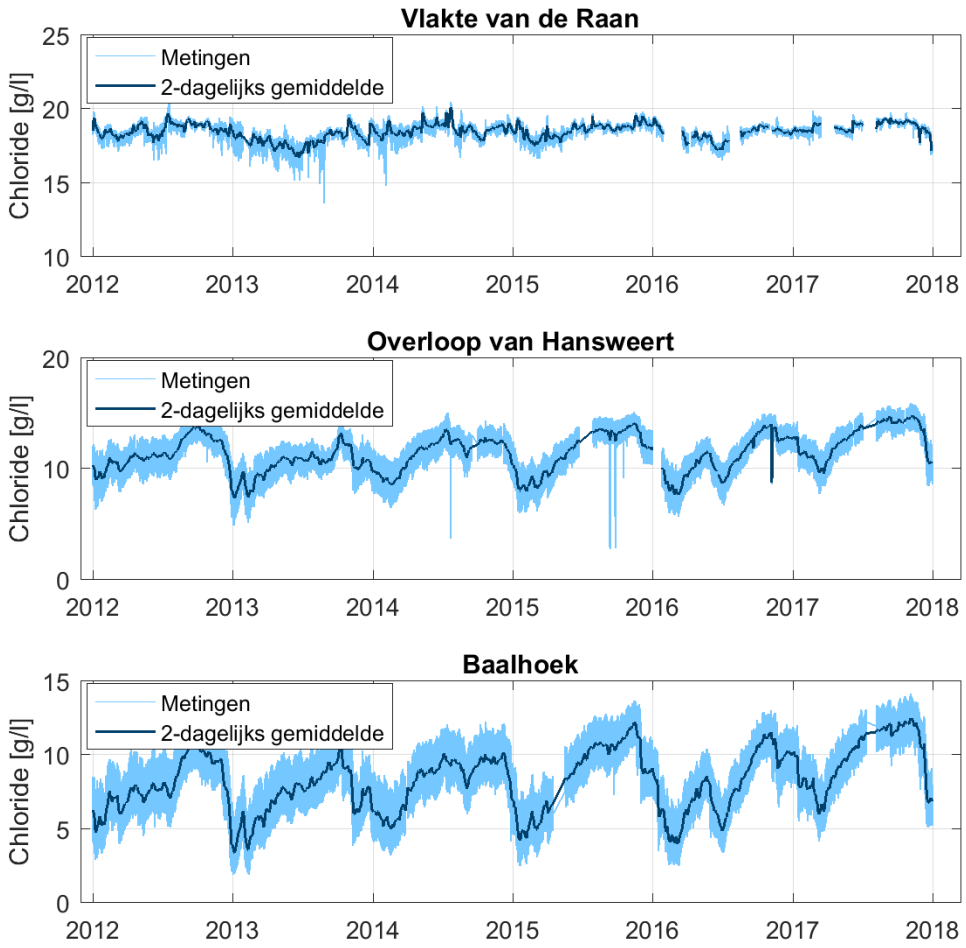


Figuur 7-22: Periodieke metingen chloridegehalte in de Westerschelde.

7.4.1.2 Continue metingen

Naast periodieke metingen worden ook continue metingen van chloride gedaan in de Westerschelde (Figuur 7-23). Voornamelijk bij de opwaartse meetstations is een duidelijke getijgebonden variatie zichtbaar in de metingen, daarom wordt ook een 2-daags

gemiddelde waarde weergegeven (donkerblauwe lijn). De variatie in chloridegehalte is klein bij Vlakte van de Raan, buiten de monding van de Schelde. Verder opwaarts in de Schelde is naast de getijgebonden variatie ook seizoensvariatie zichtbaar in het chloridegehalte. Deze seizoensgebonden verschillen worden veroorzaakt door een toename van de neerslag en bovenafvoer in de winter. Door de korte duur van de metingen kunnen geen conclusies getrokken worden over de langetermijntrends. In 2016 zijn twee periodes met verlaagde chloridegehaltes zichtbaar. Naast het gebruikelijke dal in de winter, worden in 2016 ook aan het begin van de zomer lage chloridegehaltes gemeten, gerelateerd aan de hoge neerslag in deze periode (sectie 4.1.1). In 2017 daarentegen zijn de chloridegehaltes in de winter relatief hoog, en blijven deze ook stijgen gedurende de rest van het jaar.



Figuur 7-23: Continue metingen chloridegehalte Westerschelde. Lichtblauwe lijn: continue metingen. Donkerblauwe lijn: lopend gemiddelde met een venster van 2 dagen.

7.4.2 Beneden-Zeeschelde

7.4.2.1 Periodieke metingen

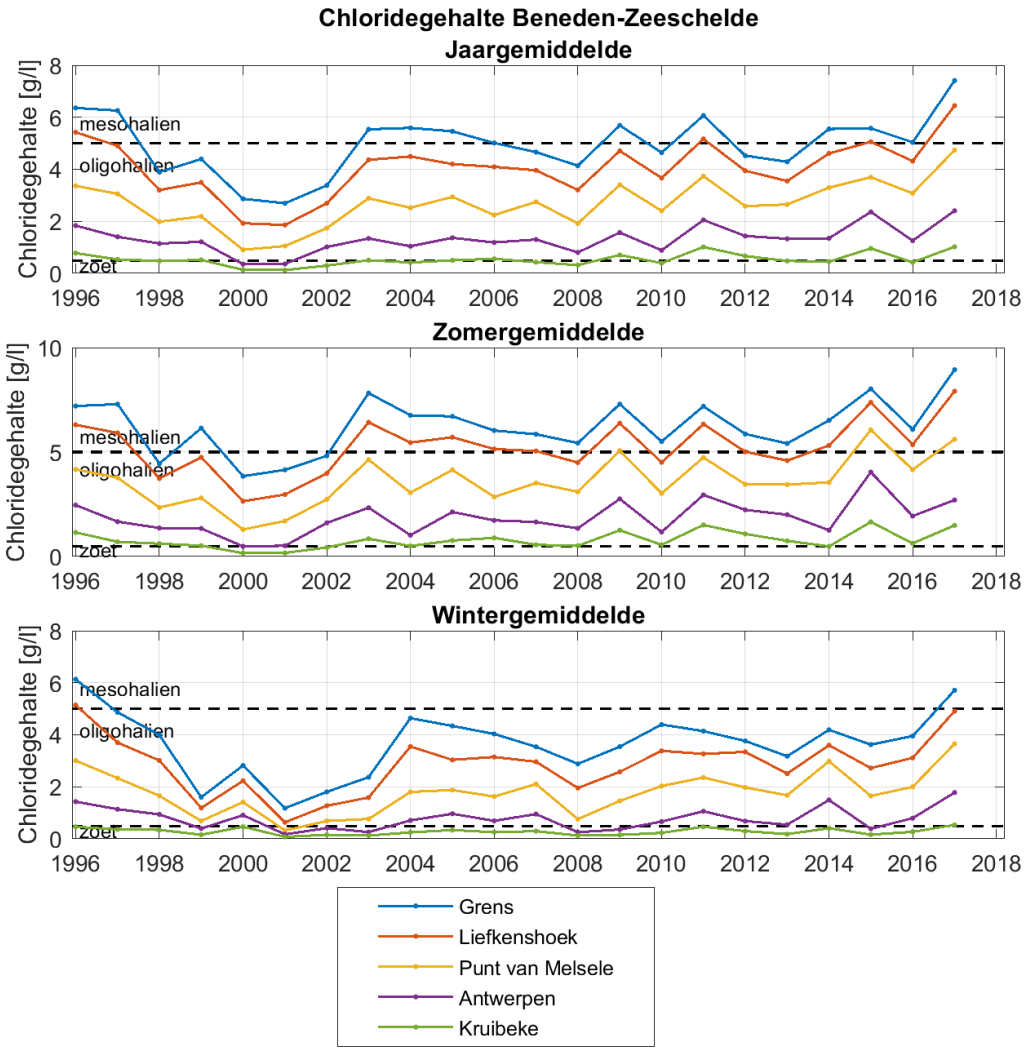
Figuur 7-24 geeft de jaar- en seizoensgemiddelde chloridegehaltes in de Beneden-Zeeschelde weer. De seizoensverschillen in chloridegehalte zijn hier nog duidelijker dan in de Westerschelde, veroorzaakt door variaties in de bovenafvoer. Ook het jaargemiddelde

chloridegehalte hangt nauw samen met het jaargemiddelde afvoerdebiet[6] (IMDC, 2017b; T2015 Consortium, 2018), zoals geïllustreerd in het spreidingsdiagram in Figuur 7-26. De chloridegehaltes in de Beneden-Zeeschelde worden daarom aan de hand van de lineaire relatie tussen de bovenafvoer en chloridegehalte gecorrigeerd (Figuur 7-27). Na correctie van het chloridegehalte met de bovenafvoer is de variatie per jaar sterk verminderd. Met name de lage waardes in de natte jaren 2000 en 2001 worden hierbij duidelijk opgehaald.

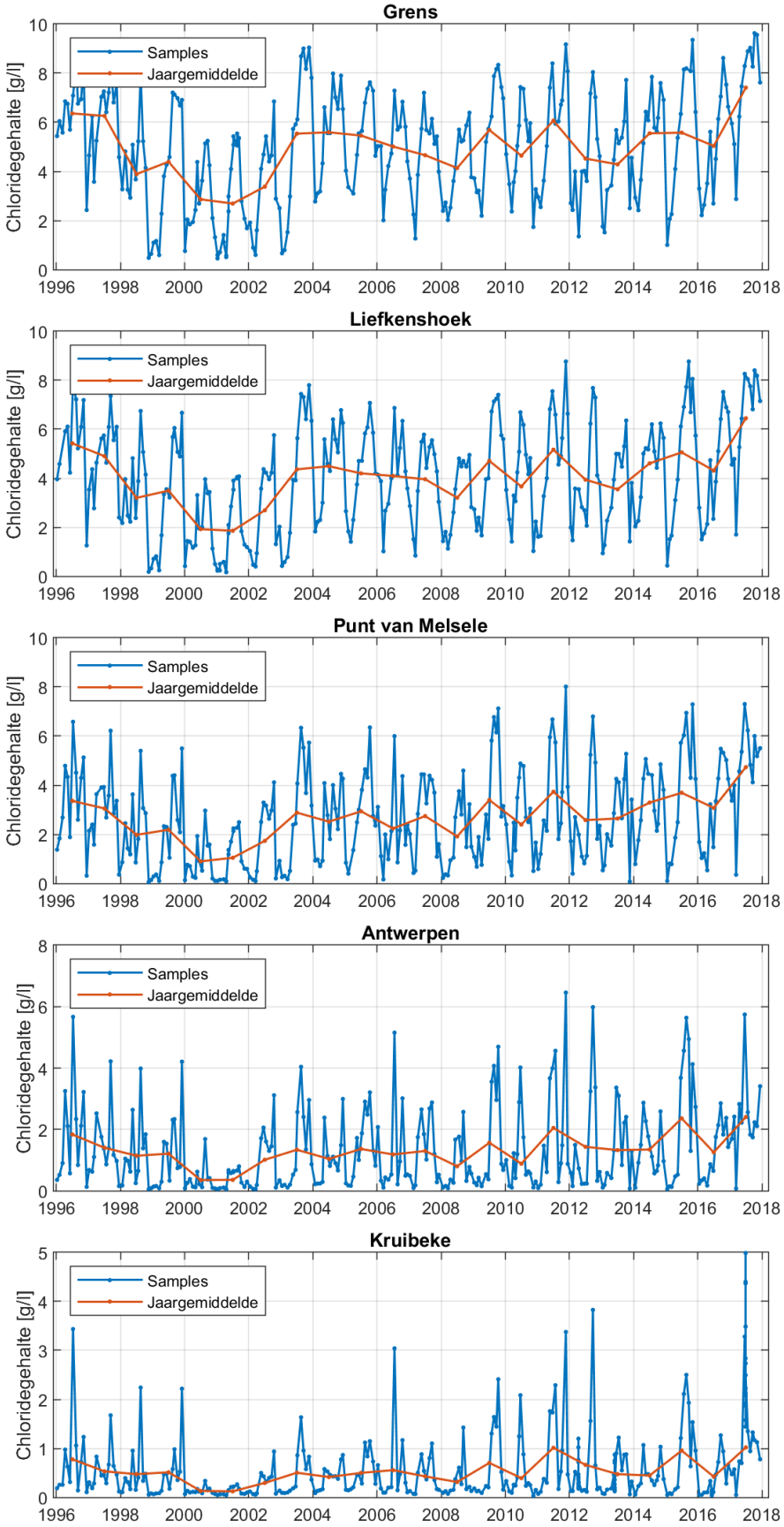
Op de lange termijn is er enkel bij Punt van Melsele sprake van een significante toenemende trend in de gecorrigeerde chloridegehaltes. Bij de overige meetstations is er geen significante trend, wanneer de volledige meetperiode 1996-2017 wordt beschouwd. Wel is bij meetstation Grens en Liefkenshoek een toename in chloridegehalte zichtbaar vanaf 2013. Bij alle stations is het chloridegehalte in 2017 relatief hoog, ook na correctie voor de lage bovenafvoer in dat droge jaar.

Figuur 7-25 laat duidelijk de hoge chloridegehaltes in 2017 zien. Over het algemeen wordt gedurende de wintermaanden een periode met lagere chloridegehaltes gemeten. In de droge winter van 2017 zijn er echter zeer weinig lage waardes gemeten en is er bijna enkel sprake van een toename in chloridegehalte gedurende het jaar. Daarnaast worden bij Kruibeke in 2017 de hoogste chloridegehaltes gemeten sinds het begin van deze dataset in 1996.

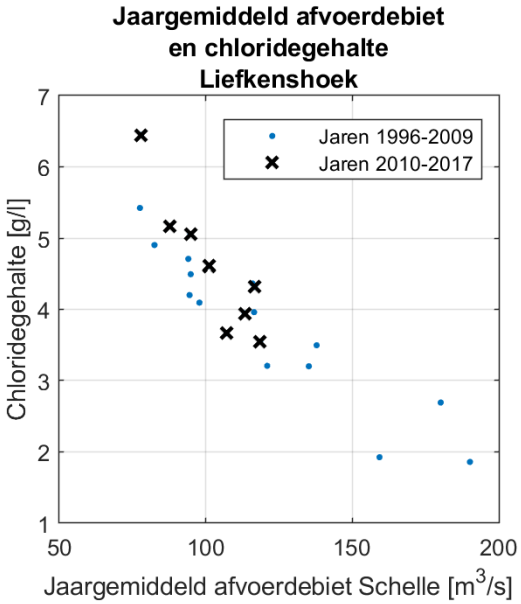
[6] De relatie tussen chloridegehalte en afvoerdebiet is potentieel nog sterker dan wat Figuur 7-25 aangeeft omdat enkel kalenderjaren met elkaar worden vergeleken, en een hoge of lage afvoer op het einde van het voorgaande jaar heeft uiteraard ook een invloed op het chloridegehalte.



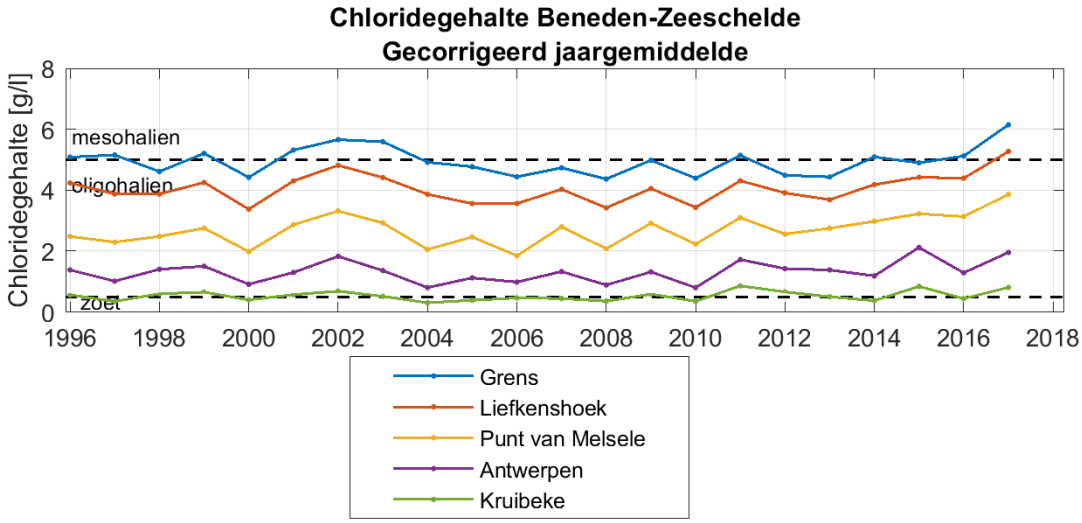
Figuur 7-24: Jaar- en seizoensgemiddelde chloridegehaltes Beneden-Zeeschelde.



Figuur 7-25: Periodieke metingen chloridegehalte in de Beneden-Zeeschelde.



Figuur 7-26: Spreidingsdiagram van jaargemiddeld chloridegehalte in Liefkenshoek en afvoerdebiet in Schelle.

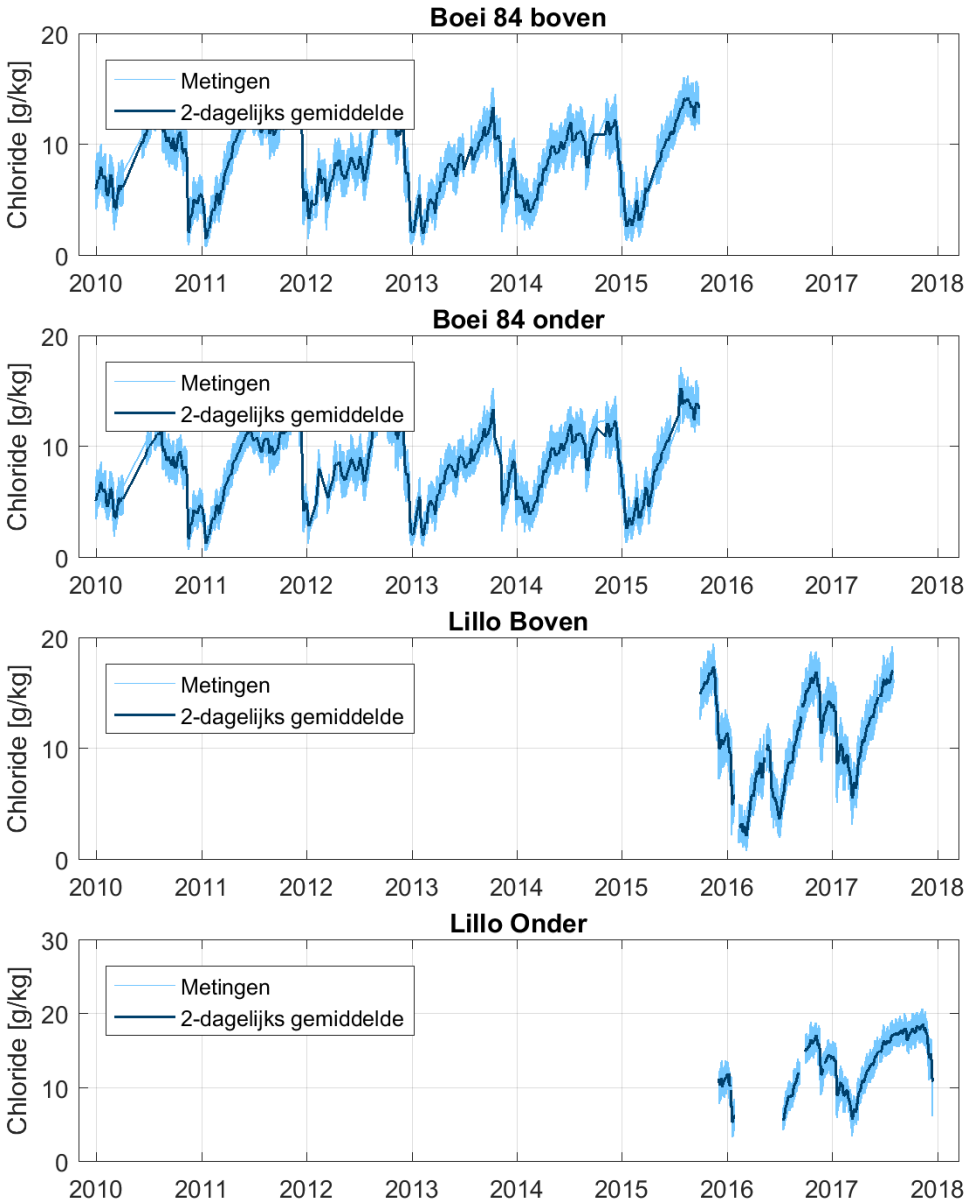


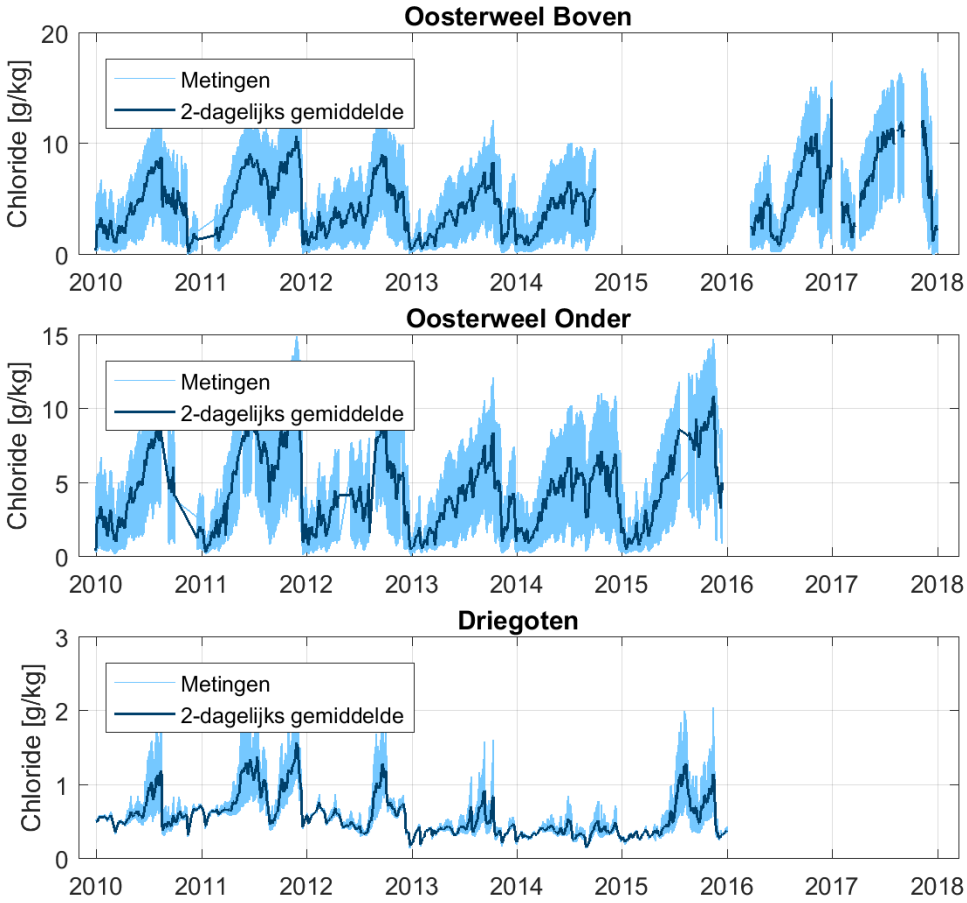
Figuur 7-27: Jaargemiddeld chloridegehalte in de Beneden-Zeeschelde, gecorrigeerd op basis van een lineaire relatie met de bovenafvoer.

7.4.2.2 Continue metingen

Chloridegehaltes worden ook continu gemeten op dezelfde meetlocaties als de continue metingen van het suspensiegehalte (sectie 7.1.2.3). Net als bij de zwevende stof, zijn meetlocaties Boei 84 en Driegoten voor de continue chloridemetingen eind 2015 buiten werking gesteld. Boei 84 wordt hierbij sinds oktober 2015 vervangen door meetpaal Lillo, terwijl metingen bij Driegoten per december 2017 worden overgenomen door station Weert. Metingen van dit laatste station worden in de huidige analyse echter nog niet meegenomen.

Interpretatie van de metingen is niet eenduidig door de verplaatsing van de meetstations en de discontinuïteit van de data. Bij Boei 84 en Oosterweel werden eind 2015 de hoogste chloridegehaltes gemeten, gerelateerd aan lage bovenafvoer in de (na)zomer van 2015. Bij vervangend station meetpaal Lillo worden eind 2015 ook hoge waardes gemeten, voordat een minimum werd bereikt begin 2016, gevolgd door een tweede minimum aan het begin van de zomer in 2016, zoals ook werd waargenomen in de Westerschelde. Deze lage waardes worden verklaard door de hoge neerslag en bovenafvoer in deze periode. In 2017 lagen de chloridegehaltes daarentegen hoger door de lage bovenafvoer, zoals ook in de periodieke metingen wordt geobserveerd.





Figuur 7-28: Continue metingen chloridegehalte Beneden-Zeeschelde. Lichtblauwe lijn: continue metingen. Donkerblauwe lijn: lopend gemiddelde met een venster van 2 dagen.

7.5 CHEMISCHE KWALITEIT VAN DE WATERBODEM

In opdracht van de afdeling Maritieme Toegang bemonstert de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) jaarlijks de bodem- en waterkwaliteit in een aantal vaste punten in de Beneden-Zeeschelde (België) en de Westerschelde (Nederland), ter hoogte van de baggerplaatsen.

In de Westerschelde werden in 2010 op 25 verschillende locaties monsters genomen, en dit werd in 2011 uitgebreid naar 26 locaties.

In het MER Verruiming vaargeul (Consortium Arcadis-Technum, 2007b) wordt gesteld dat op basis van een 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 er steeds voldaan wordt aan de andere zijde van de vaargeul. Er kan geconcludeerd worden dat geen systematische en grote normoverschrijdingen verwacht worden, maar dat meetcampagnes en grondige analyses noodzakelijk blijven om het terugstorten van specie te rechtvaardigen.

In 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), en ontwikkelingen zoals Deurganckdok, en dergelijke. In 2016 werden 24 punten bemonsterd, en in 2017 waren dit er 26 (periode januari-maart).

De meetpunten in de haven van Antwerpen (5) zijn echter niet representatief voor de Beneden-Zeeschelde, aangezien 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 beschouwd worden, aangezien enkel deze relevant zijn voor het flexibel storten. De monsterneming wordt uitgevoerd door WL en de analyses door het laboratorium van de VMM.

Vanuit het MER Verruiming vaargeul (Consortium Arcadis-Technum, 2007c) 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.”

7.5.1 Westerschelde

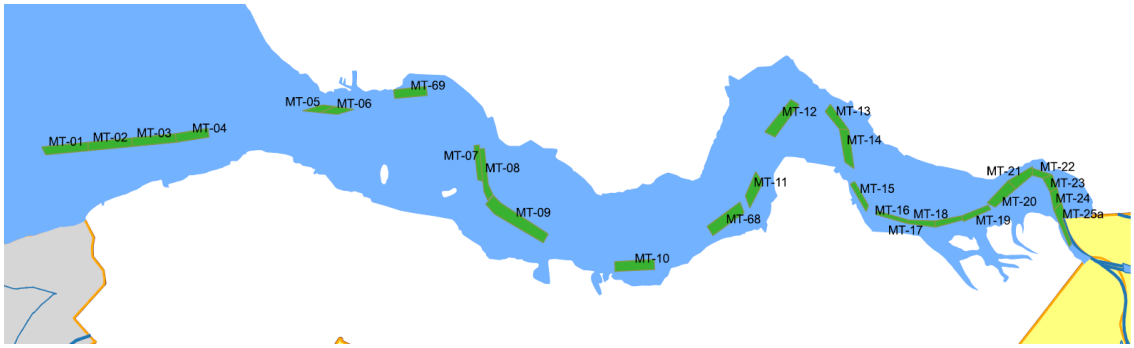
7.5.1.1 Monstername

Voor de monstername wordt er per locatie met een Van Veen grijper een zestal happen genomen, die vervolgens gemengd worden. De geteste monsters zijn dus mengmonsters, waarvan de resultaten representatief geacht worden te zijn voor de kwaliteit van een bepaald baggergebied (Vanlierde *et al.*, 2010).

De volgende meetpunten van waterbodemkwaliteit komen voor in de Westerschelde (Figuur 7-29).

- MT-01 Wielingen - Zwin
- MT-02 Wielingen - Cadzand Bad
- MT-03 Wielingen - Zwarte Polder
- MT-04 Wielingen - Kruishoofd
- MT-05 Drempel van Vlissingen - rode kant
- MT-06 Drempel van Vlissingen - groene kant
- MT-07 Drempel van Borssele - groene kant
- MT-08 Drempel van Borssele - rode kant
- MT-09 Pas van Terneuzen
- MT-10 Terneuzen
- MT-11 Overloop van Hansweert - afwaarts
- MT-12 Overloop van Hansweert - opwaarts
- MT-13 Drempel van Hansweert - afwaarts boei 51
- MT-14 Drempel van Hansweert - opwaarts boei 51
- MT-15 Walsoorden
- MT-16 Rand Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse - omgeving boei 52
- MT-17 Rand Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse - omgeving boei 56
- MT-18 Rand Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse - omgeving boei 60
- MT-19 Drempel van Valkenisse - omgeving boei 64
- MT-20 Drempel van Valkenisse - omgeving Schaarboei

- MT-21 Nauw van Bath - afwaarts
- MT-22 Nauw van Bath - opwaarts
- MT-23 Drempel van Bath - afwaarts boei 70
- MT-24 Drempel van Bath - opwaarts boei 70
- MT-25a Vaarwater boven Bath
- MT-68 Gat van Ossenisse – boei 28a-32



Figuur 7-29: Situering bemonsteringsplaatsen VMM in de Westerschelde (VMM, 2017a).

7.5.1.2 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, 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 de volgende toetsingswaarden van de verplaatsbare baggerspecie (voor standaard baggerspecie 5 % organisch materiaal en 25 % lutum; deze omrekening wordt beschreven in bijv. VMM, 2004).

De volgende getalwaarden worden gebruikt voor de beoordeling volgens de Zoute-Bagger-Toets in de Westerschelde:

- 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
- Tributylin* - 0,25 mgSn/kg DS

* prioritaire stoffen waarop de 50 % toetsingsregel niet van toepassing is.

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 de Beneden-Zeeschelde. Bij overschrijding van de vermelde toetsingswaarden dient de vergunningverlenende overheid alsook 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 te worden volgens volgend stramien:

- Indien voor maximaal 2 parameters de toetsingswaarde met niet meer dan 50 % wordt overschreden, mag de baggerspecie teruggestort worden;
    - Voor een aantal prioritaire stoffen zoals Cd, Hg, TBT, … is de 50 % toetsingsregel in de Westerschelde echter niet van toepassing;
- 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 bovenvermelde individuele parameters;
    - bijkomend dienen de volgende specifieke parameters onderzocht te worden: 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 ter zake.
- 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.

7.5.1.3 Resultaten

Resultaten van de bodemmonsters voor de Westerschelde zijn samengevat in Tabel 7-2. Sinds 2007 voldeden alle stalen aan de Zoute Baggertoets; het sediment mag dus worden teruggestort.

Tabel 7-2: Evolutie bodemkwaliteit Westerschelde voor storting in zoute wateren (VMM, 2017a).

	Omschrijving	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
MT-01	Wielingen - Zwin							J	J	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	J	J
MT-03	Wielingen - Zwarte Polder							J	J	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	J	J
MT-68	Gat van Ossenisse – boei 28a-32																	J	J	J	J	J	J	J

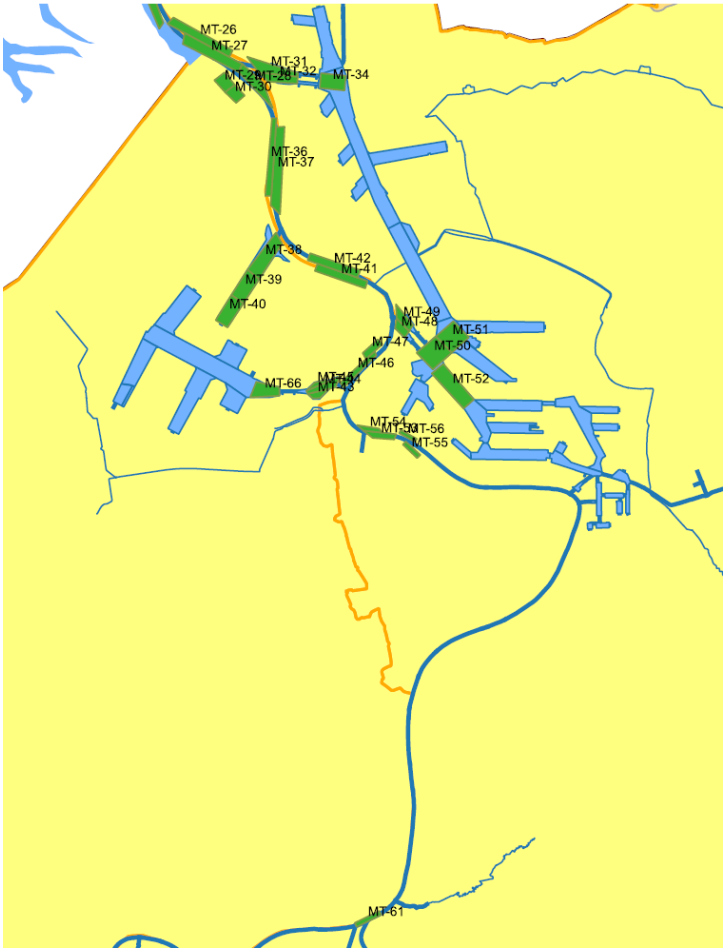
J: storting toegestaan, N: storting niet toegestaan, lege cel: geen metingen.

7.5.2 Beneden-Zeeschelde

7.5.2.1 Monstername

De monstername is analoog aan die van de Beneden-Zeeschelde. De volgende meetpunten van de baggerplaatsen werden beschouwd voor dit rapport (Figuur 7-30).

- 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 & drempel vd Parel - rode kant
- MT47 Plaat & drempel vd 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



Figuur 7-30: Situering bemonsteringsplaatsen VMM in de Beneden-Zeeschelde (VMM, 2017b).

7.5.2.2 Monsteranalyse en aanvaardbaarheid terugstorten

De monsters worden op dezelfde manier geanalyseerd en beoordeeld als deze van de Beneden-Zeeschelde. De 50 % toetsingsregel wordt eveneens toegepast.

De toetsingswaarden volgens VLAREA Provinciale Milieuvergunning voor het terugstorten in maritieme zone binnenwateren zijn niet identiek aan deze voor de Westerschelde (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.

7.5.2.3 Resultaten

Resultaten van de monsternames zijn weergegeven in Tabel 7-3. In de periode 2016-2017 werden, voor de eerste maal sinds het begin van de metingen in 2002, geen normoverschrijdingen waargenomen. Wel is het zo dat het meetpunt MT61 (Zeesluis Wintam – afwaarts), dat in 2013-2015 nog voor (hoge) overschrijdingen zorgde voor PAK10, niet bemonsterd werd in 2016.

Tabel 7-3: Normoverschrijdingen organische parameters in de Beneden-Zeeschelde (2002 t/m 2017). Een lege cel wil zeggen dat er geen normen overschreden zijn. De rode waarden duiden erop dat de criteria met meer dan 50 % werden overschreden (VMM, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017b).

Meetpunt	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
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			*Geen metingen*	*Geen metingen*
MT41 Drempel van Lillo - groene kant						+12,46% PAK10	+14% EOX + 5% PAK10									
MT42 Drempel van Lillo - rode kant																

Meetpunt	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
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								
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	*Geen metingen*	
MT65 Vaarwater Plaat van Lillo	*Geen metingen*			*Geen metingen*												
MT67 Kaai 23-27	*Geen metingen*												+10,00% EOX; +252,00 % PAK10			

7.6 SAMENVATTING FYSICOCHEMIE EN WATERBODEMKWALITEIT

Sedimentconcentratie

De toenemende trend in sedimentconcentratie, die op verschillende plekken in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde werd waargenomen, lijkt de laatste jaren afgenomen. In de Westerschelde is nog steeds sprake van een significante toenemende trend bij Vlissingen en Schaar van Ouden Doel bekeken over de volledige meetperiode (1980-2017), en in de Beneden-Zeeschelde (1996-2017) is dit het geval bij Punt van Melsele, Antwerpen, en Kruibeke. Echter zijn de jaargemiddelde sedimentconcentraties sinds 2013 over het algemeen afgenomen, en waren deze in 2017 laag in het bijzonder in de Westerschelde. De maximale sedimentconcentraties in de continue metingen in de Beneden-Zeeschelde werden waargenomen in 2011. In dit jaar was ook het volume van de stortingen maximaal in de Beneden-Zeeschelde. De wintergemiddelde sedimentconcentratie in de bovenste helft van de waterkolom neemt toe bij Antwerpen, Punt van Melsele, en Liefkenshoek. Doordat de concentratie in de bovenste helft van de waterkolom meer toeneemt dan in de onderste helft, neemt de verticale concentratiegradiënt af. Het sediment is dus meer uniform verdeeld over de waterkolom.

In een ruimtelijke zin is de locatie van de sedimentconcentratiepiek in de zomer opwaarts, en in de winter afwaarts verschoven in Schelde. De piek ligt daarmee in de zomer in de Boven-Zeeschelde, terwijl de winterpiek rond Antwerpen is gelegen. Bij een vergelijking van de periodes 1996-2008 en 2009-2017 valt verder op dat de sedimentconcentraties in de laatste periode zijn verhoogd. De zomergemiddelde sedimentconcentratie van 2017 was de hoogste in de Boven-Zeeschelde gemeten in de beschouwde periode, terwijl de sedimentconcentraties in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde in 2017 juist lager waren dan eerdere jaren.

Lichtpenetratie

De lichtextinctie is sterk gerelateerd aan de sedimentconcentratie. In de Beneden-Zeeschelde wordt bij dezelfde meetstations een toenemende trend in lichtextinctie waargenomen als voor de sedimentconcentratie (Antwerpen, Kruibeke, Punt van Melsele). Recente waardes zijn echter laag, overeenkomstig met de lage sedimentconcentratie van 2017. In de Westerschelde wordt bij Schaar van Ouden Doel een toenemende trend waargenomen, net als bij de sedimentconcentratie. Bij Vlissingen is dit echter niet het geval. Op alle locaties in de Westerschelde vindt sinds 2013-2014 een afname van de lichtextinctie plaats.

Chlorofyl-a

Het chlorofyl-a gehalte was verhoogd bij Schaar van Ouden Doel van 2008 tot 2013 (voorjaarsbloei). Dit komt overeen met verhoogde waardes in de Beneden-Zeeschelde. Verder afwaarts in de Westerschelde wordt een afnemende trend in het chlorofyl-a gehalte waargenomen, bij Hansweert en Terneuzen. Bij Vlissingen was geen sprake van een significante trend.

Bij de afwaartse stations in de Beneden-Zeeschelde was net als bij Schaar van Ouden Doel vanaf 2008 een verhoogde voorjaarsbloei zichtbaar. De opwaartse locaties van Antwerpen en Kruibeke hadden voor 2008 hogere chlorofyl-a gehaltes dan de afwaartse

stations, maar lieten in de periode vanaf 2008 geen verhoging zien. Deze twee locaties vertonen een dalende trend in het chlorofyl-a gehalte. Vanaf 2015 zijn de chlorofyl-a gehaltes bij alle stations in de Beneden-Zeeschelde doorlopend laag en lager dan de waardes uit de periode vóór de verhoogde voorjaarsbloei.

Op de schorren in de Beneden-Zeeschelde worden geen duidelijke trends in chlorofyl-a gehalte waargenomen. Dit wordt mogelijk mede veroorzaakt door de korte voorjaarsbloei en de frequentie van de metingen die 1 keer per maand worden opgenomen.

Chloride

Op de lange termijn is er in de Westerschelde geen sprake van een significante trend. Bij meetlocaties Vlissingen, Terneuzen, en Hansweert zijn echter geen meetgegevens beschikbaar tussen 1996 en 2009, dus wijzigingen ten gevolge van de derde verruiming zijn lastig te bepalen. In 2017 werd op alle locaties een verhoging van het chloridegehalte waargenomen, door de lage neerslag en bovenafvoer, specifiek in de winter van 2017. Dit was ook het geval in de Beneden-Zeeschelde. Bij Punt van Melsele is sprake van een significante toenemende trend in chloridegehalte, die niet wordt waargenomen op de overige locaties.

Waterbodemkwaliteit

Bij de tests van de waterbodemkwaliteit werden de afgelopen jaren geen overschrijdingen van de normen gemeten. Bij de Westerschelde is dit het geval sinds 2007, en in de Beneden-Zeeschelde sinds 2016. Alle gebaggerde sedimenten konden dus worden teruggestort.

8. FAUNA

In het hoofdstuk Fauna wordt onderzocht of de derde verruiming en de stortstrategie een effect hebben op de gunstige staat van instandhouding op soorten die voorkomen in de Westerschelde. Specifiek wordt er gekeken naar benthos, watervogels, broedvogels en zeehonden.

8.1 MACROZOÖBENTHOS

8.1.1 Inleiding

Benthos 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, 2007d) gaat gepaard met omvangrijke baggerwerken. In dit 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).

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).

Behalve een analyse van de inheemse soorten wordt nagegaan of er exoten voorkomen in de Westerschelde. 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'.

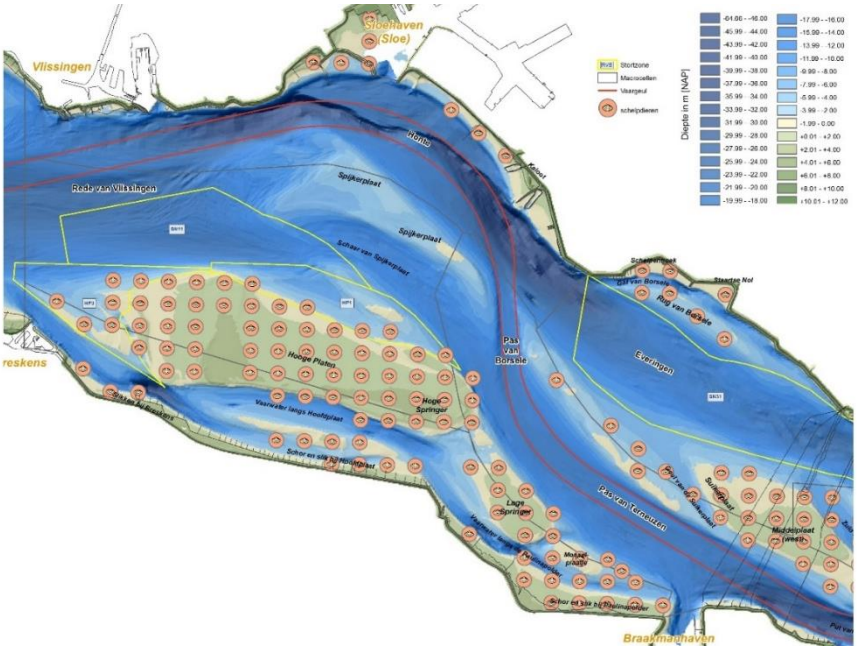
Het doel van onderhavige analyses is de evolutie nagaan van de (macrobenthos)populaties in de Westerschelde tussen 2009 en 2017 in het algemeen, en specifiek op de plaatranden. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat benthos van nature erg geclusterd voorkomt. Er zal dus steeds een grote variatie zichtbaar zijn tussen verschillende monsters. Om conclusies te kunnen trekken uit de benthosdata dient de steekproefgrootte daarom voldoende groot te zijn.

8.1.2 Data

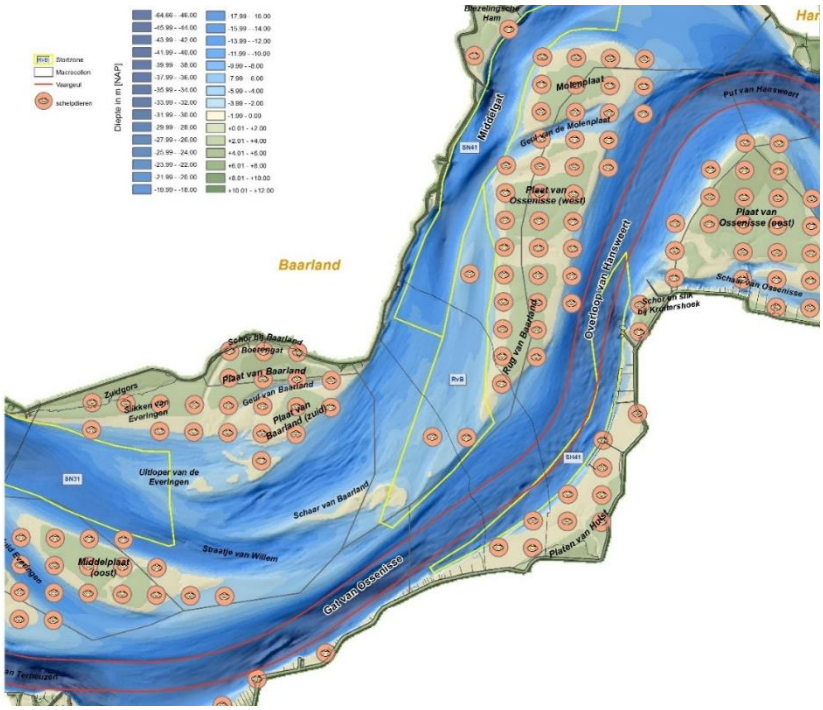
Schelpdierdata – WOT 1992-2017

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. De platte slijkgaper (*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).

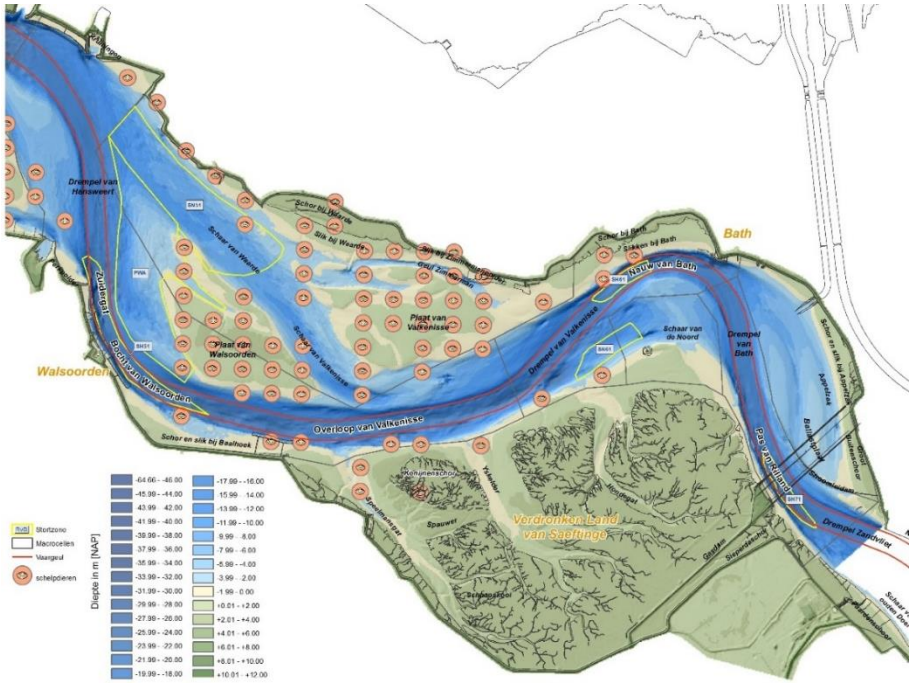
De schelpdierdata is beschikbaar per coördinaat. Voor de ruimtelijke analyse werden vijf ‘plaatcomplexen’ onderscheiden: Hooge Platen & Hooge Springer, Suikerplaat & Middelplaten, Rug van Baarland, Plaat van Ossenisse, Plaat van Walsoorden en Valkenisse. De monsternamepunten zijn weergegeven in Figuur 8-1 tot Figuur 8-3.



Figuur 8-1: Monsternamepunten Schelpdierensurvey in westelijk gebied Westerschelde.



Figuur 8-2: Monsternamepunten Schelpdierensurvey in middengebied Westerschelde.



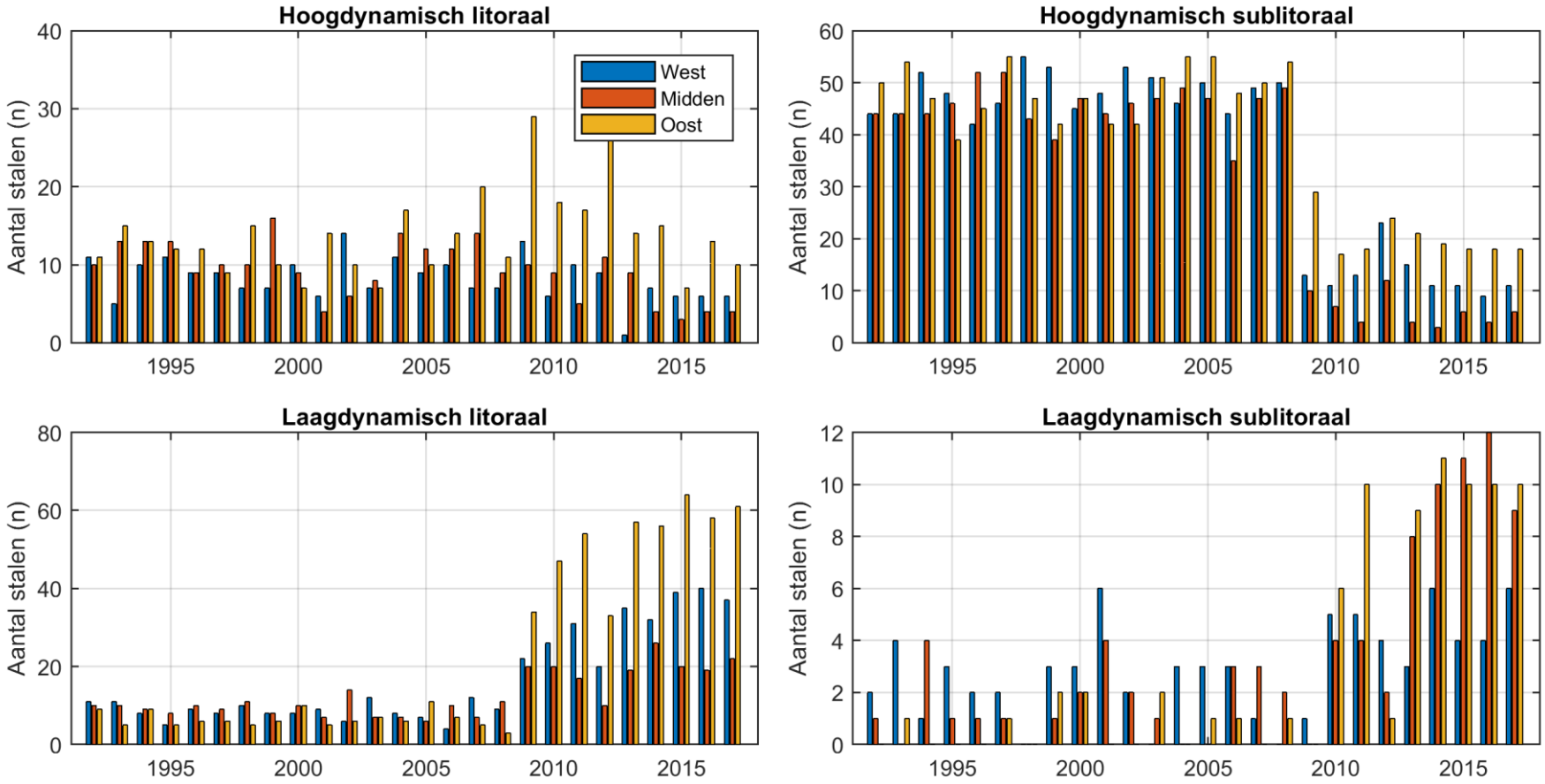
Figuur 8-3: Monsternamepunten Schelpdierensurvey in oostelijk gebied Westerschelde.

MWTL 1992-2017

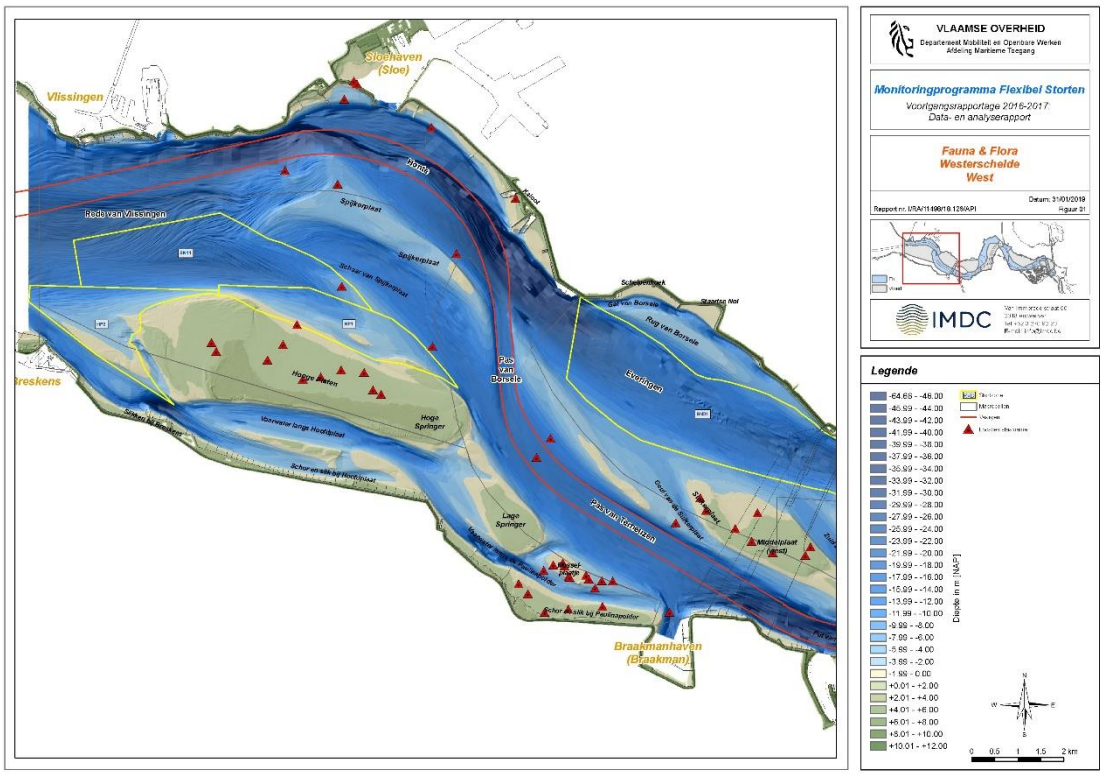
De Water, Verkeer en Leefomgeving dienst (WVL) van Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor de uitvoering van het MWTL meetplan (Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands – Milieumeetnet Rijkswateren). In het kader van het MWTL meetplan werd de benthosgemeenschap onderzocht op verschillende locaties in de Westerschelde in de periode 1992-2017. 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 laagdynamisch areaal zijn toegenomen terwijl er minder stalen in het hoogdynamisch sublitoraal worden genomen (Figuur 8-4).

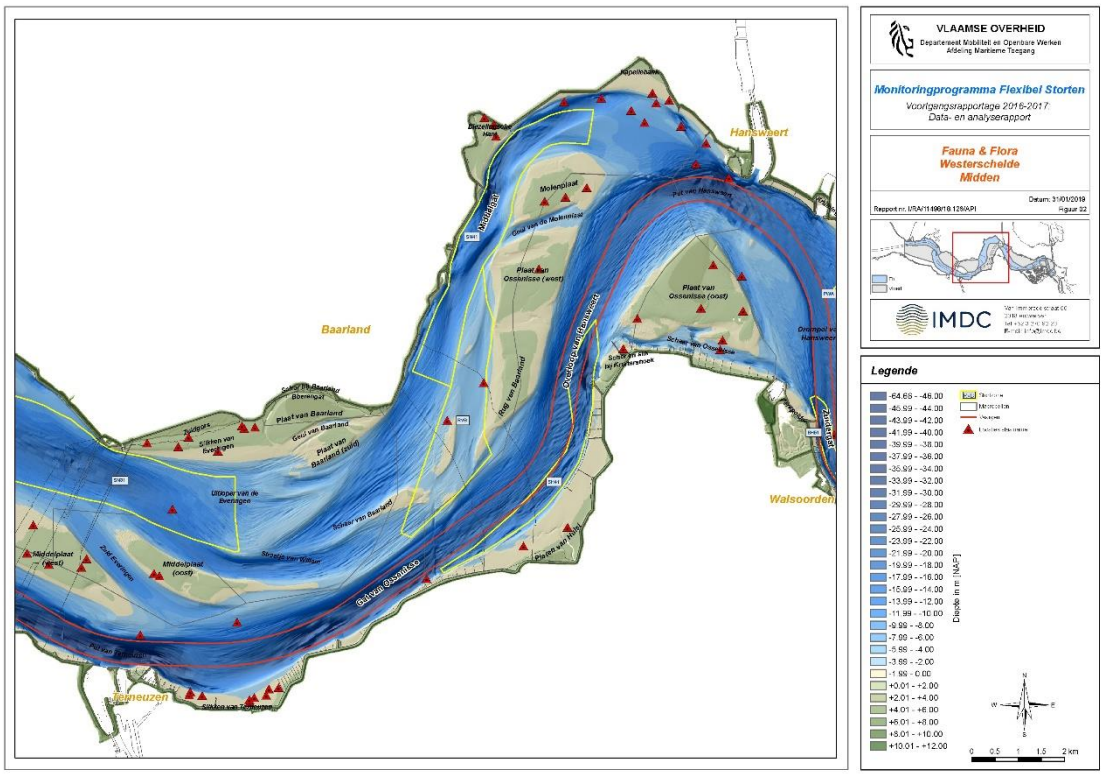
Voor de analyses werden de MWTL data gegroepeerd per zone (west, midden oost; Figuur 8-5 tot Figuur 8-7 voor het jaar 2017) en per ecotoop (laag-en hoogdynamisch litoraal en sublitoraal). De ecotopen werden door MWTL bepaald op basis van het Zoute Wateren Ecotopen Stelsel (ZES).



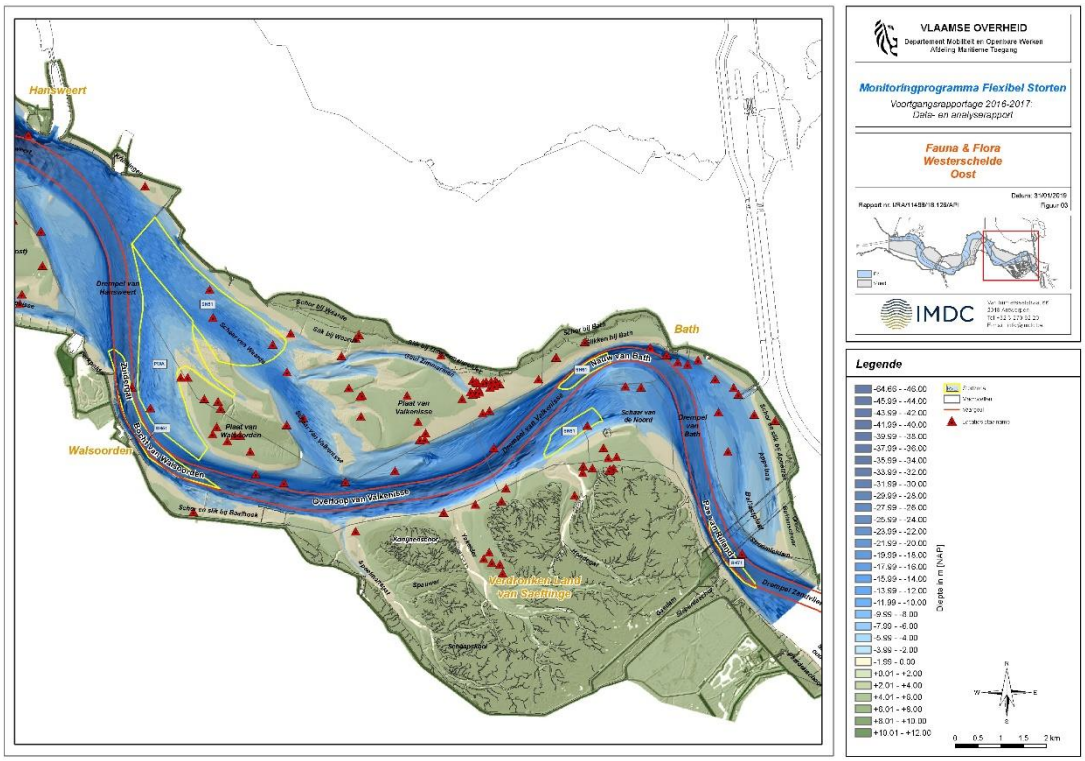
Figuur 8-4: Temporele evolutie van het totaal aantal stalen genomen per deelgebied van de Westerschelde tussen 1992 en 2017. (MTWL bemonstering)



Figuur 8-5: Staalnamelocaties MWTL 2017 in westelijk gebied Westerschelde.



Figuur 8-6: Staalnamelocaties MWTL 2017 in middengebied Westerschelde.



Figuur 8-7: Staalnamelocaties MWTL 2017 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 sectie 6.3.

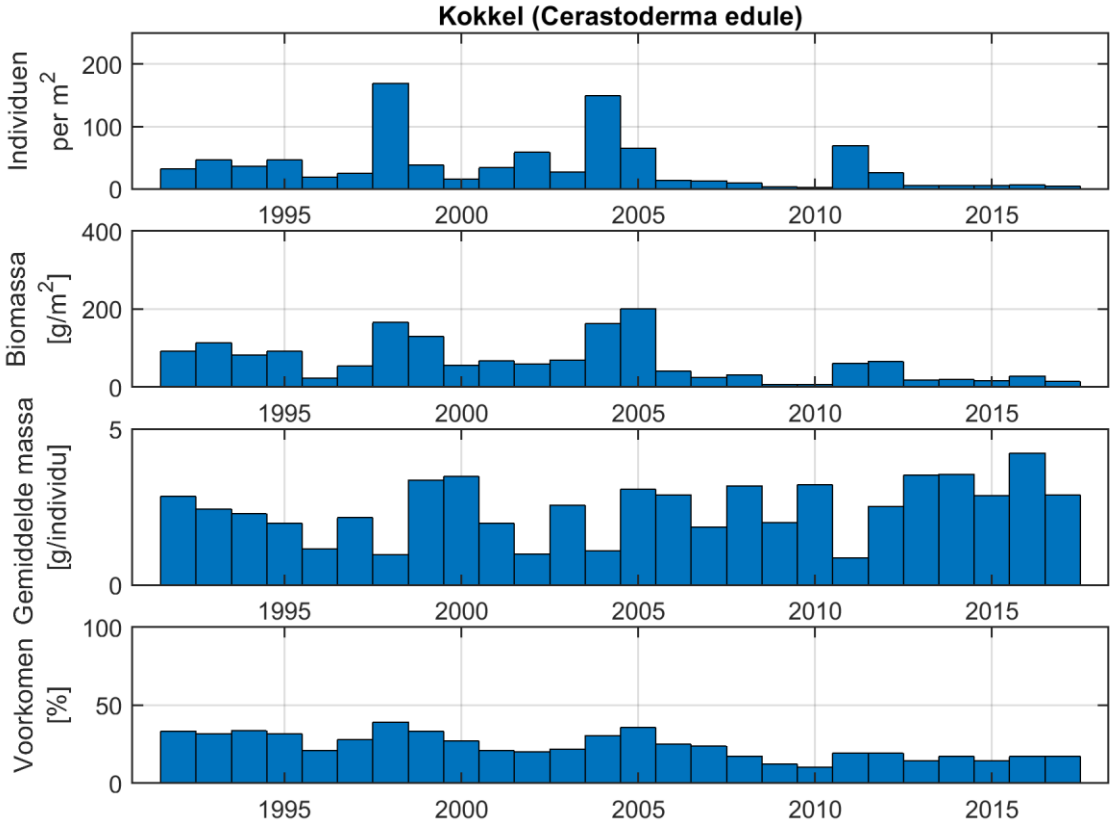
8.1.3 Analyses

Schelpdierdata (WOT kokkelsurvey data 1992-2017)

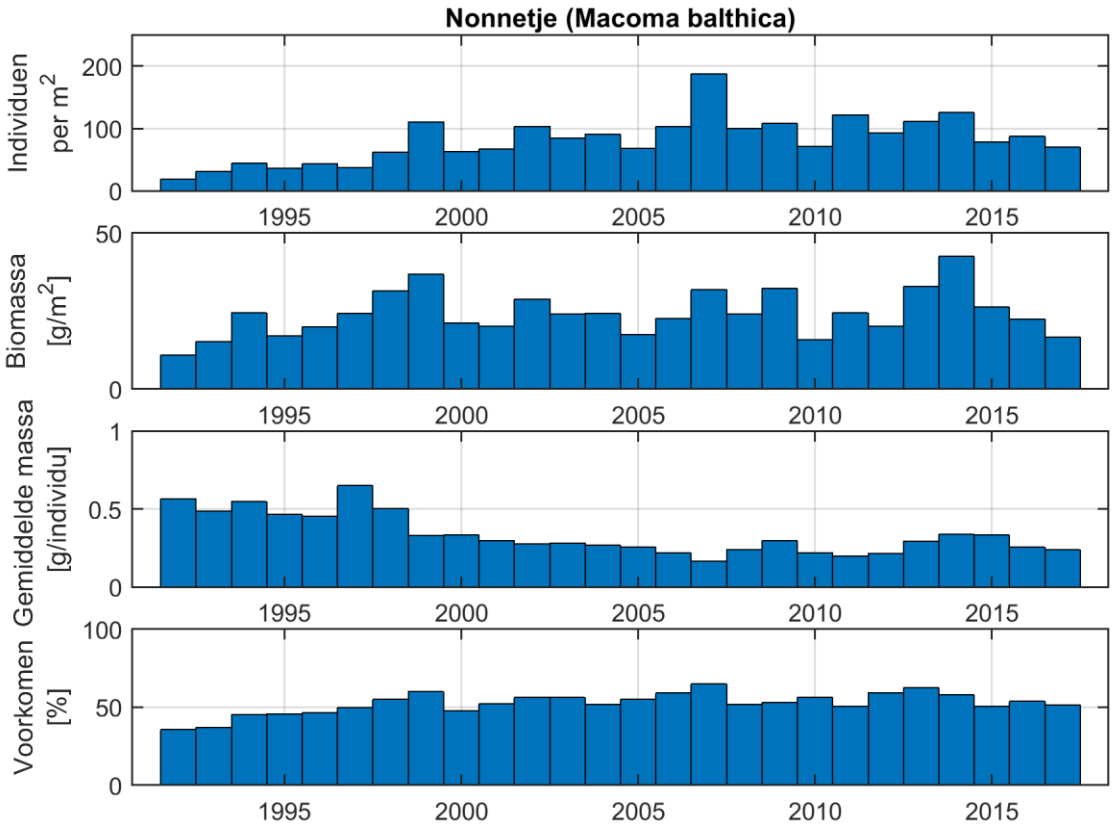
Totale densiteit en biomassa (versgewicht)

Uit Figuur 8-8 blijkt dat de dalende trend in de Westerschelde voor de totale densiteit, biomassa en voorkomen van de kokkel (*Cerastoderma edule*) zich verder zet in 2016 en 2017. De laatste densiteitspiek dateert van 2011. In het algemeen is de gemiddelde massa per individu laag op de jaren met densiteitspieken waarna de massa opnieuw toeneemt. Bij een succesvolle broedval zijn er immers opnieuw veel kleine kokkels aanwezig, gevolgd door jaren met jaren met minder, maar grotere (meerjarige) kokkels.

Voor het nonnetje (*Macoma balthica*) is de densiteit, biomassa en het voorkomen sinds de begin jaren ’90 gestegen, maar blijft sinds 2000 redelijk stabiel. Vanaf 2015 is er echter een afname zichtbaar, voornamelijk voor de biomassa. De gemiddelde massa is afgenomen sinds de eind jaren ’90 (Figuur 8-9).



Figuur 8-8: Temporele evolutie van de totale densiteit, en biomassa, massa per individu en voorkomen van Cerastoderma edule in de gehele Westerschelde tussen 1992 en 2017.

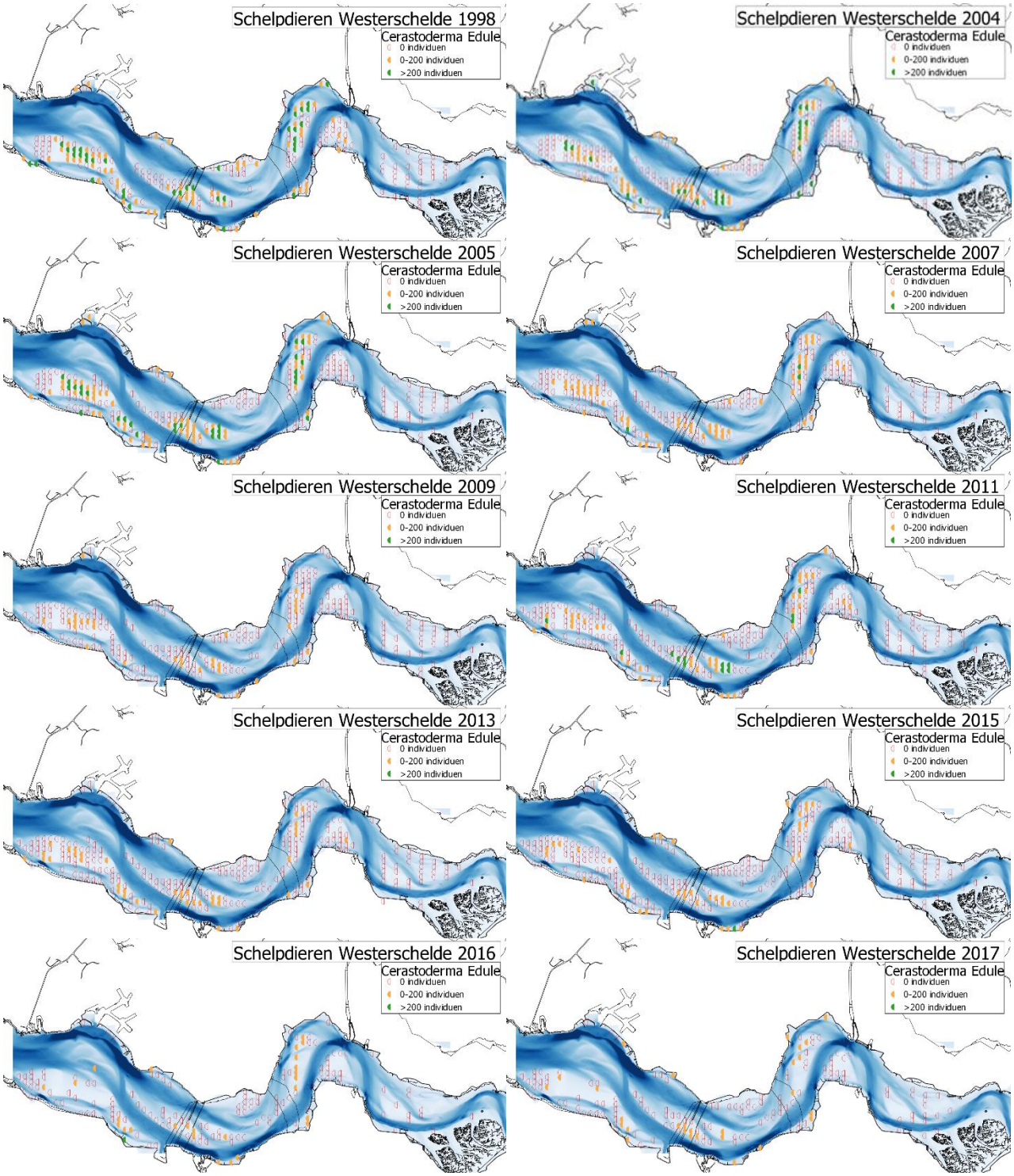


Figuur 8-9: Temporele evolutie van de totale densiteit, en biomassa, massa per individu en voorkomen van Macoma balthica in de gehele Westerschelde tussen 1992 en 2017.

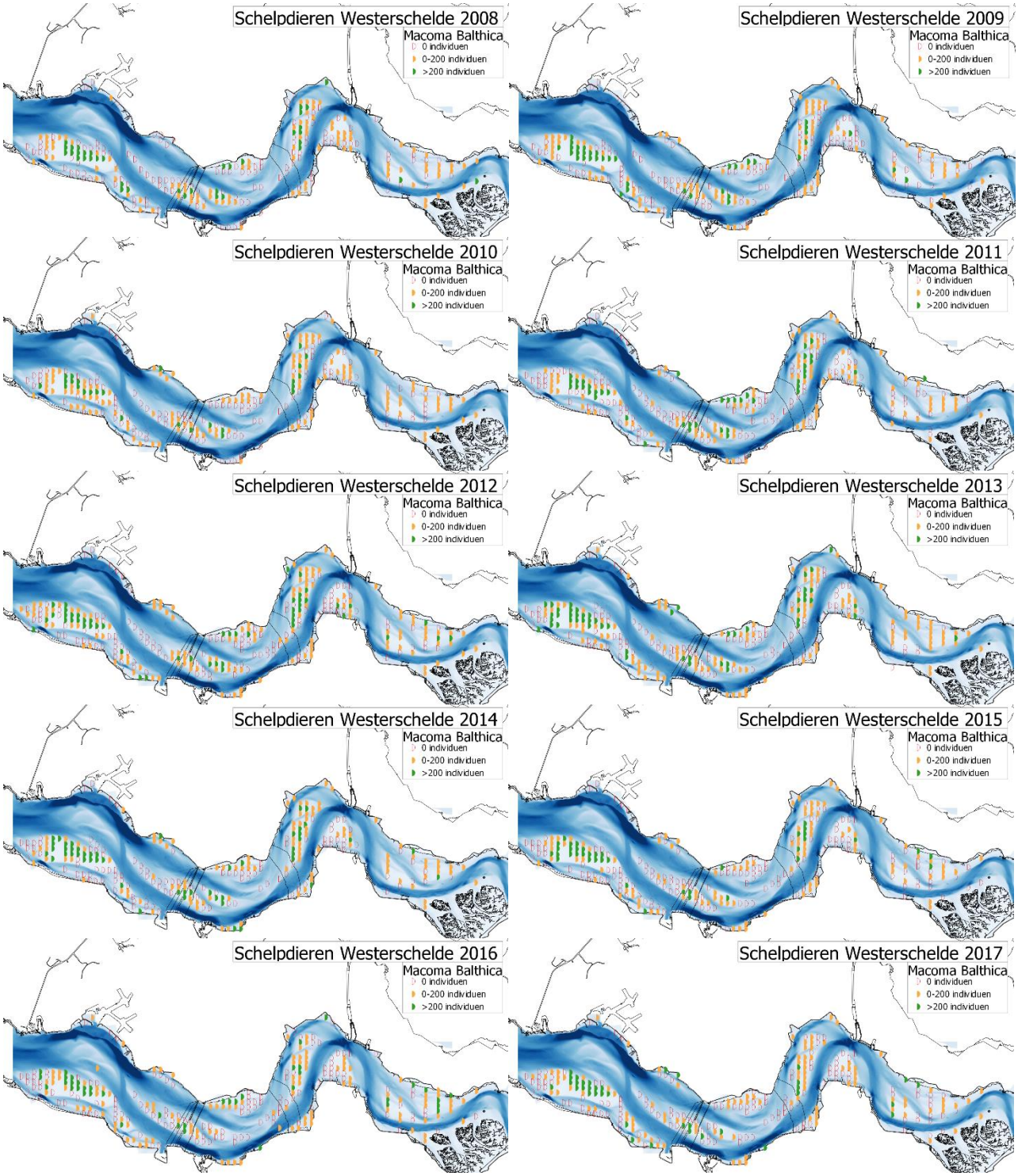
Per plaat(complex)

Uit de ruimtelijke verspreiding van kokkels tussen 1998 en 2017 wordt duidelijk dat kokkels steeds minder voorkomen op Hooge Platen, en dat ook over heel de Westerschelde de aantallen steeds verder afnemen (Figuur 8-10 en Bijlage J). In het oostelijk deel van het estuarium komen ze niet voor, wat te maken heeft met de lagere zoutcondities. Deze trends zijn ook duidelijk zichtbaar in de evolutie per plaatcomplex (Figuur 8-12). Het piekjaar 2011 is op Hooge Platen afwezig, terwijl er op de Middelplaten en de Rug van Baarland nog wel duidelijk een stijging in densiteit en biomassa voorkwam. Bij het berekenen van de gemiddelde densiteit en biomassa is rekening gehouden met nulmetingen.

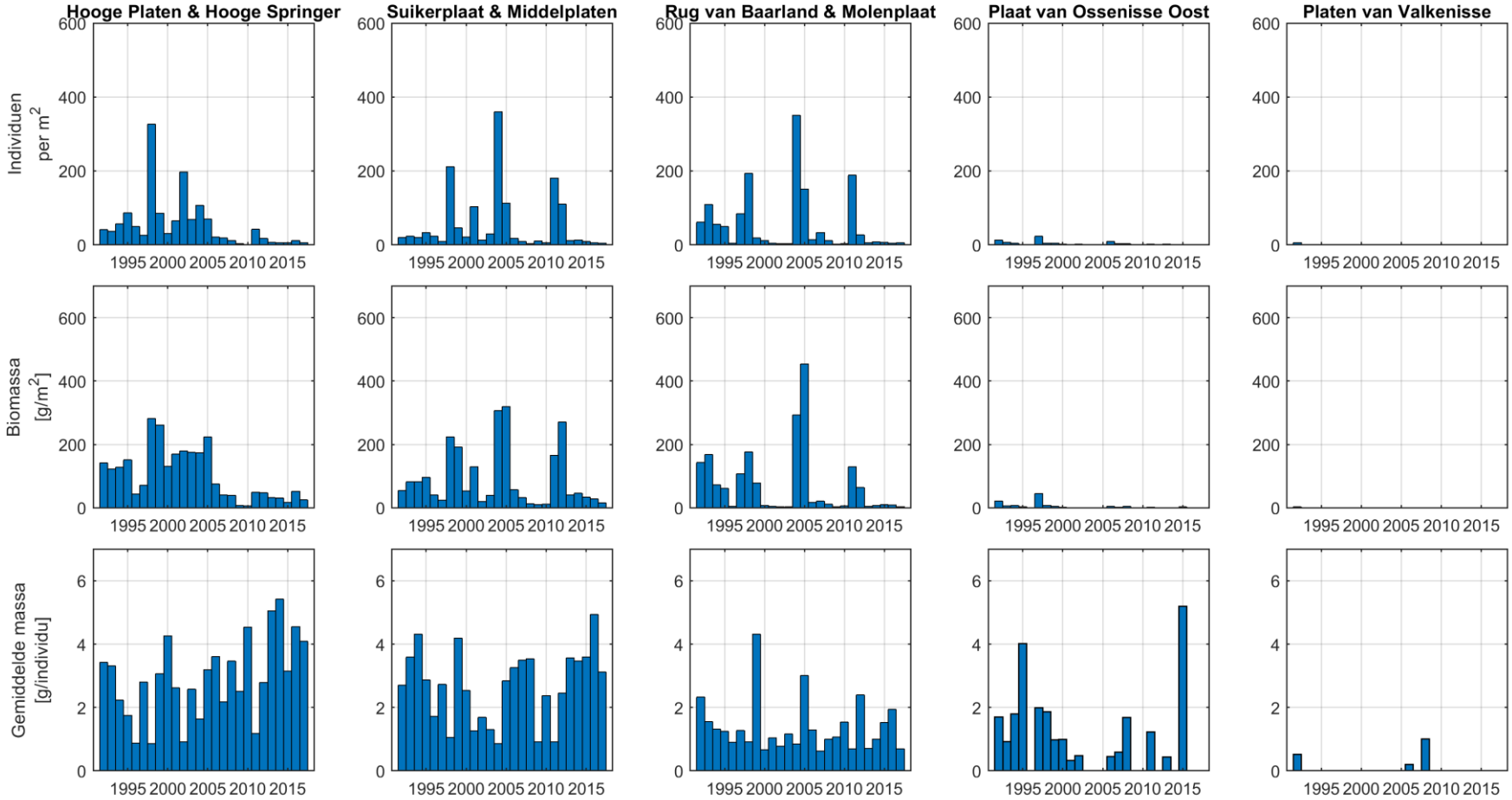
Nonnetjes komen wel voor in het oosten van de Westerschelde maar in beduidend lagere aantallen dan in het westen en midden (Figuur 8-11 en Bijlage J). Voor deze schelpdieren is er de laatste 3-tal jaren een afname zichtbaar in densiteit en biomassa op de meeste plaatcomplexen, terwijl er voordien nog een overwegend positieve trend aanwezig was (Figuur 8-13). Ook de gemiddelde massa per individu neemt voornamelijk af.



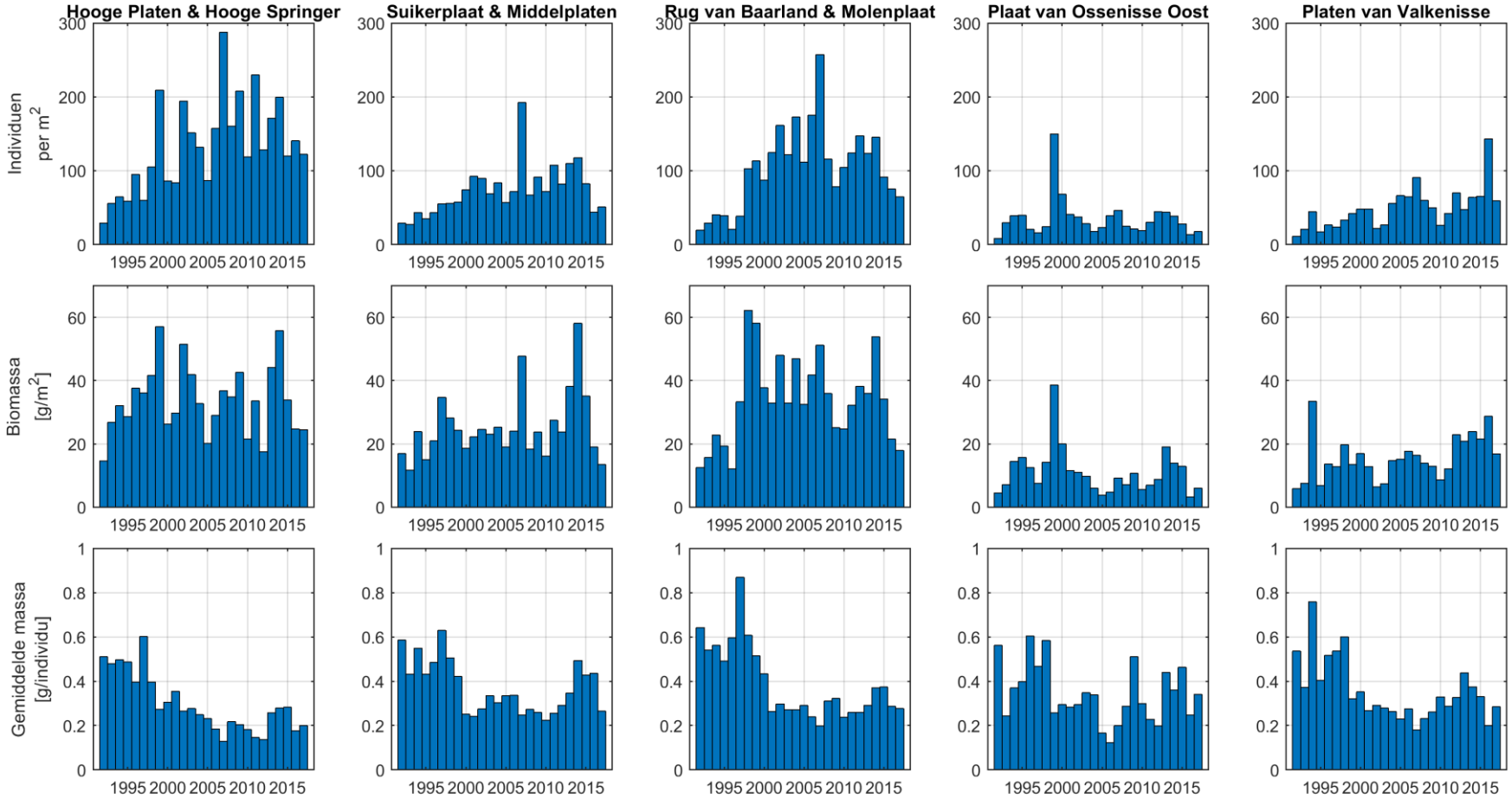
Figuur 8-10: De verspreiding van Cerastoderma edule in de Westerschelde voor een aantal geselecteerde jaren tussen 1998 en 2017. Voor de volledige tijdreeks wordt verwezen naar Bijlage J.



Figuur 8-11: De verspreiding van Macoma balthica in de Westerschelde tussen 2008 en 2017. Voor de volledige tijdsreeks tussen 1992 en 2017 wordt verwezen naar Bijlage J.



Figuur 8-12: Gemiddelde densiteit (boven), biomassa (versgewicht, midden) en massa per individu (onder) kokkels, op basis van WOT Kokkelsurvey, per plaat en jaar.



Figuur 8-13: Gemiddelde densiteit (boven), biomassa (versgewicht, midden) en massa per individu (onder) nonnetjes, op basis van WOT Kokkelsurvey, per plaat en jaar.

Benthosdata (MWTL 1992-2017)

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 8-14 en Figuur 8-15. De data zijn opgenomen met een opdeling in West-Oost-Midden.

De tijdreeksen vertonen geen significante trends. Algemeen genomen wordt een grotere biomassa aangetroffen in het laagdynamisch litoraal, dan in het hoogdynamisch litoraal (Figuur 8-14). Er wordt wel vaker een hogere waarde in biomassa (>100 g/m2) gesampled in het laagdynamisch sublitoraal, dan in de andere beschouwde ecotopen, echter het aantal samples is echter te laag om hieruit conclusies te trekken (zie Figuur 8-4). Dit wordt ook duidelijk in Figuur 8-16 waarbij de minimale en maximale waarden voor de biomassa worden weergegeven, de mediaan en het eerste en derde kwartiel. Grote pieken in het laag- en hoogdynmaisch sublitoraal zijn waarschijnlijk te wijten aan de lokale aanwezigheid van schelpdierbanken.

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 (Figuur 8-15). 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. Mogelijk is er sprake van een toename van de soortenrijkdom in het sublitoraal (hoog- en laagdynamisch) na 2010, in de gehele Westerschelde. Echter, gezien de wijziging in het aantal staalnames rond deze periode, kan dit niet met zekerheid worden vastgesteld (Figuur 8-4).

Exoten

Er werden in de periode 1992-2017 verschillende exoten waargenomen in de Westerschelde: *Alitta virens, Crassostrea gigas, Crepidula fornicata, Ensis directus, Hemigrapsus, Marenzelleria viridis, Melita nitida, Microphthalmus similis, Mya arenaria, Palaemon macrodactylus, Petricolaria pholadiformis, Rhithropanopeus harrissii, Syllidia armata* en *Synidotea laticauda.*

De meeste van deze soorten werden slechts sporadisch waargenomen. Figuur 8-17 geeft de evolutie weer van de belangrijkste soorten, namelijk het muiltje *Crepidula fornicata*, de scheermessen *Ensis sp.*, de strandgaper *Mya arenaria* (sinds de 17^{e} eeuw gevestigd in Noord-Europese wateren) en de Amerikaanse boormossel *Petricolaria pholadiformis*. Hieruit 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 8-4 zichtbaar is, wordt er sinds 2009 meer gefocust op het litoraal, en meer op het oosten van de Westerschelde in plaats van het westen.

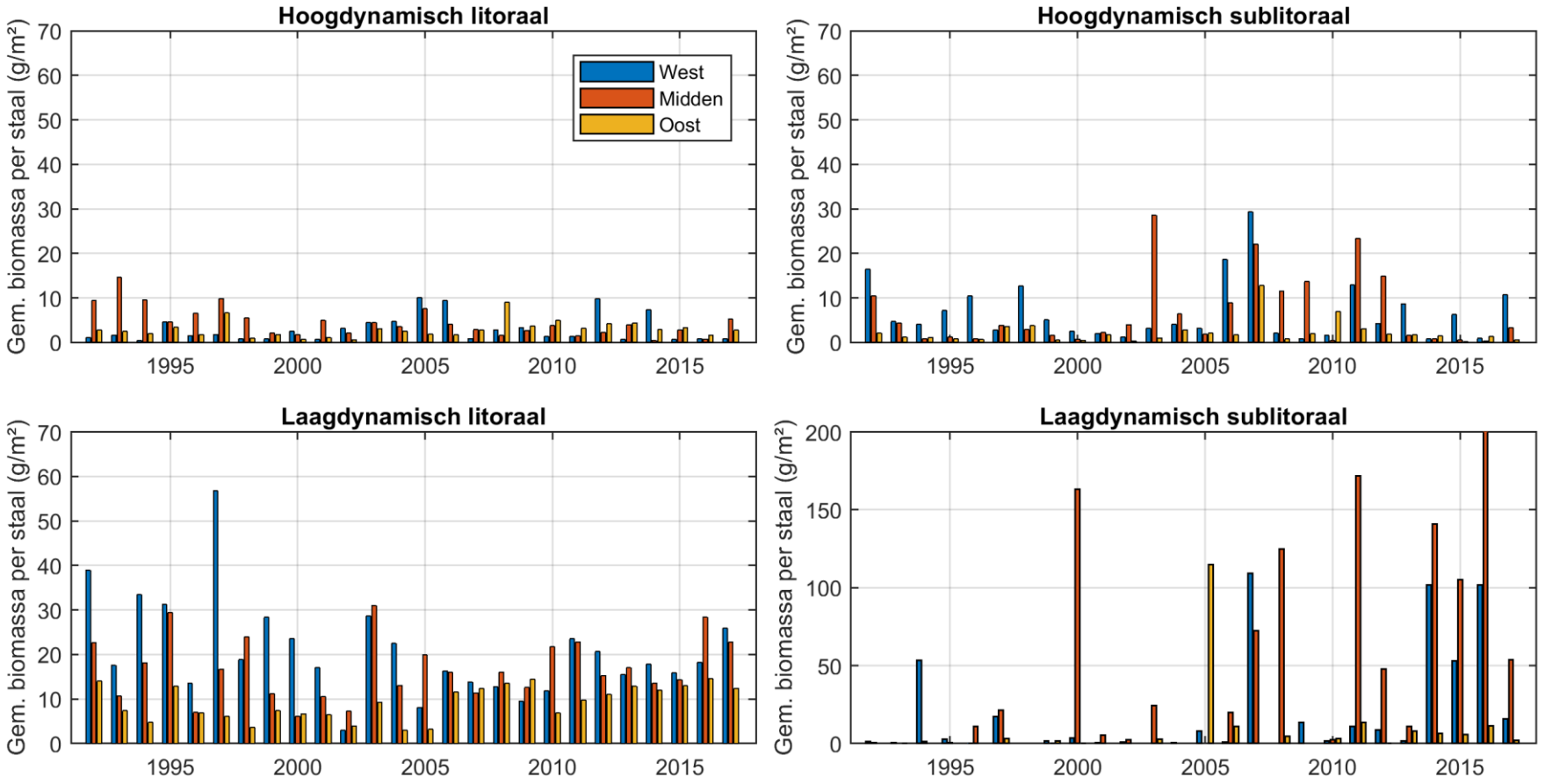
Gemeenschapsanalyse

De Commissie Monitoring Westerschelde beveelt een doorgedreven soortenanalyse / gemeenschapsanalyse van de benthosgegevens aan. Een dergelijke analyse valt buiten het opzet van deze Voortgangsrapportage.

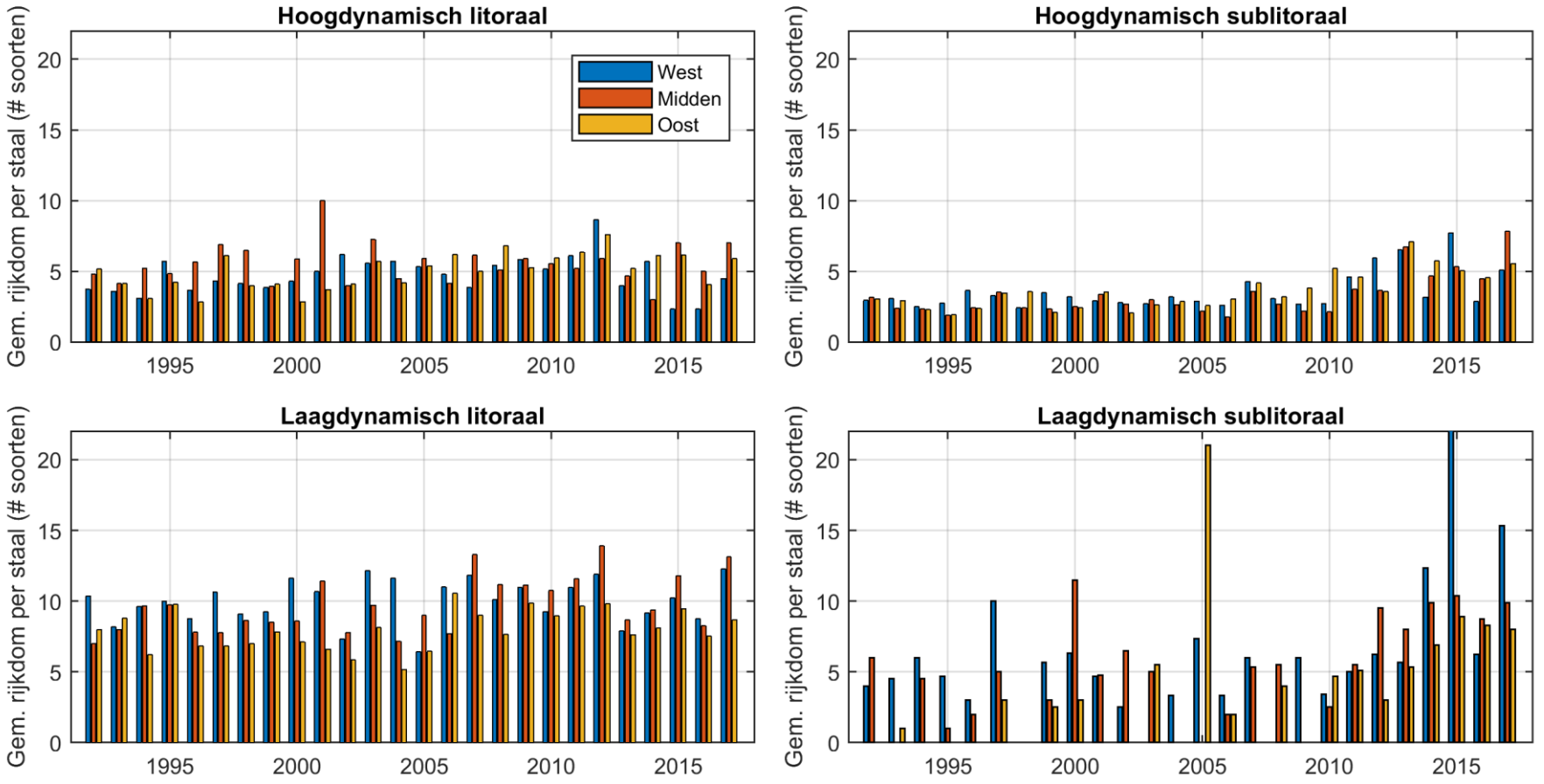
Er wordt verwezen naar de Ecologische Validatie Plaatrandstortingen (Schellekens en Vanagt, 2018a, 2018b), waarin uitgebreider wordt beoordeeld of plaatrandstortingen een ecologische meerwaarde (o.a. verrijking benthos) met zich meebrengen.

Kwalitatieve bodemrijkheid

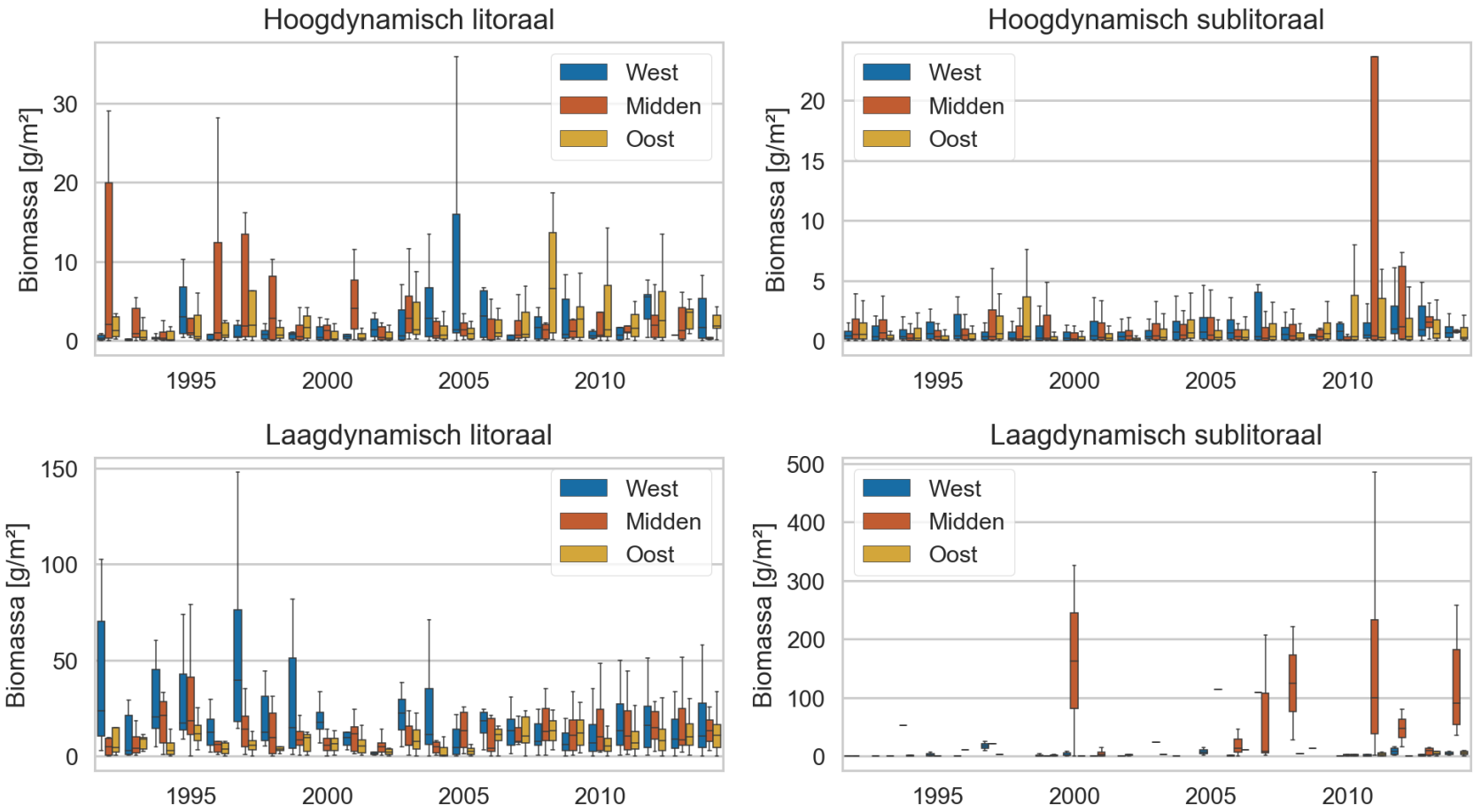
Naast de gegevens uit de kokkelsurvey zijn in Sectie 6.3 kwalitatieve bodemrijkheid schattingen besproken per plaatrand. De evolutie is erg afhankelijk van het meetpunt; zowel toenames als afnames komen voor. De veranderingen hangen in de meeste gevallen samen met veranderingen in de gemeten bodemhoogte en dynamiek in het staalnamepunt. Voor meer detail wordt verwezen naar het desbetreffende hoofdstuk.



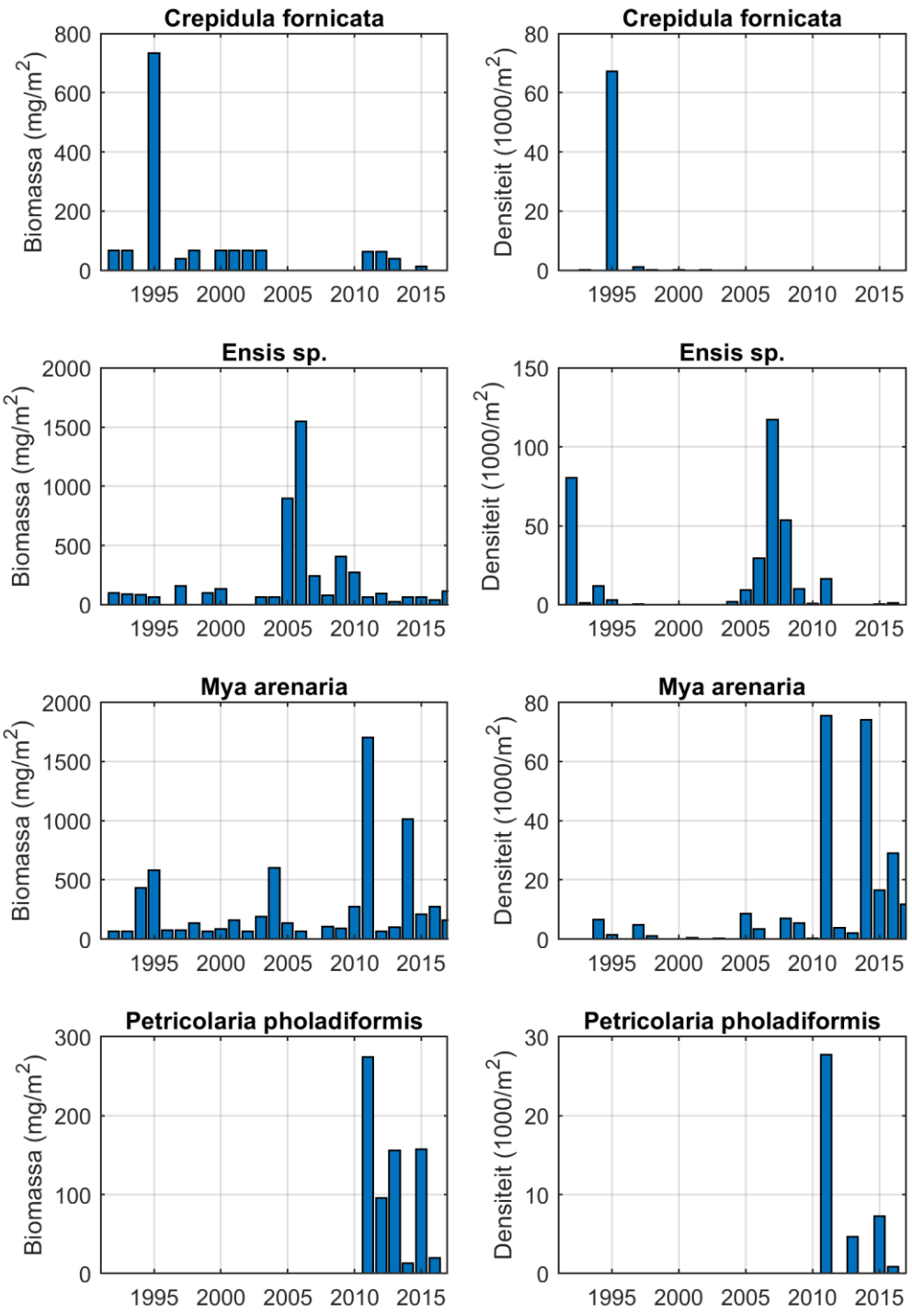
Figuur 8-14: Temporele evolutie per ecotoop van gemiddelde biomassa per deelgebied van de Westerschelde tussen 1992 en 2017. Bemerk de verschillende verticale schaal bij het laagdynamisch sublitoraal.



Figuur 8-15: Temporele evolutie per ecotoop van de gemiddelde soortenrijkdom per staal voor de drie deelgebieden van de Westerschelde tussen 1992 en 2017.



Figuur 8-16: Temporele evolutie per ecotoop van biomassa per deelgebied van de Westerschelde tussen 1992 en 2017 (box plot: de whiskers stellen de laagste en hoogste data voor die binnen 1.5x de interkwartielafstand van de onderste en bovenste kwartiel vallen).



Figuur 8-17: Temporele evolutie van de totale densiteit en biomassa aan exoten in de Westerschelde tussen 1992 en 2017.

8.2 VOGELS

8.2.1 Inleiding

De Westerschelde herbergde rond de eeuwwisseling meer dan 200.000 **watervogels** maar deze aantallen zin drastisch afgenomen tot 92.600 in 2017 (Arts *et al.*, 2018b). 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 Mauritanië 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 3300 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** (Arts *et al.*, 2018b). 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 lange termijn 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 nesten aanwezig zijn, 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, 2007e), blijkt dat er voor drie niet-broedende watervogels kleine niet-significant negatieve effecten verwacht werden op korte tot middellange termijn (2015): de tureluur *Tringa totanus*, zwarte ruiter *Tringa erythropus* en groenpootruiter *Tringa nebularia* (Figuur 8-18). 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 8-18: 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*. 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.

8.2.2 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 8-1: Niet-broedvogels en broedvogels in de Westerschelde waarvoor een instandhoudingsdoelstelling bestaat en die afhankelijk zijn van het gebied (Consortium Arcadis-Technum, 2007e; 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	

8.2.2.1 Niet-broedvogels

De watervogelgegevens omvatten vogeltellingen voor de volledige Westerschelde per maand tussen juli 2009 en juni 2017. 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, 2017, 2018b).

Sinds 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 2016.

8.2.2.2 Broedvogels

De broedvogelgegevens tussen 1979 en 2017 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.

8.2.2.3 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 ruimtelijk gedetailleerder (Tabel 8-2). Het voorkomen van de soort in de tellingen wordt ruimtelijk weergegeven, samen met de ontwikkeling van het totaal aantal broedparen.

8.2.2.4 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 8-2: Telplaatsen broedvogels per deelgebied van de Westerschelde

Telgebied	Telgebied
Baalhoek, Schor Baalhoek-Paal	Kruiningen, Simon Hendrikshoek, zeedijk
Baarlandpolder, Kruispolder, zeedijk	Kruiningen, Veerhaven-Waarde, zeedijk
Baarland, Baarlandpolder, St.Jacobspolderweg	Nieuwdorp, Sloekreek Noord
Baarland, Schor van Baarland	Oudelande, Everingepolder
Baarland, Uienfabriek	Ritthem, Rammekenshoek, natuurbouw
Bath, Bath-Grens	Ritthem, Strand Rammekenshoek

Telgebied	Telgebied
Baalhoek, Schor Baalhoek-Paal	Kruiningen, Simon Hendrikshoek, zeedijk
Bath, voormalig Schor	's-Gravenpolder, Biezelingse Ham binnendijks
Biervliet, Elizabethpolder	's-Gravenpolder, Biezelingse Ham, zeedijk
Borssele, Borsselepolder, Sloebos	's-Gravenpolder, Boonepolder, natuurbouw
Borssele, Kaloot	's-Gravenpolder, Hoedekenskerke-Biez.Ham, zeedijk
Borssele, Kerncentrale-Hoek van Borssele, zeedijk	's-Gravenpolder, Willem-Annapolder, zeedijk
Borssele, Luxemburgweg, noordzijde	Terneuzen, Braakman Noord
Borssele, Quarleshaven	Terneuzen, Braakman Noord, eiland
Borssele, Sloehaven	Terneuzen, Braakmanhaven
Borssele, Staartsche Nol-Coudorpe, zeedijk	Terneuzen, Braakmanpolder, Noord
Borssele, Staartsche Nol-Hoek van Borssele,zeedijk	Terneuzen, Braakmanpolder, Savoyaard
Borssele, Total e.o.	Terneuzen, Braakmanpolder, West
Borssele, van Cittershaven	Terneuzen, centrum
Ellewoutsdijk, Coudorpe, natuurbouw	Terneuzen, DOW Nieuw Neuzenpolder II
Ellewoutsdijk, Inlaag Ellewoutsdijk	Terneuzen, Eendragtpolder, zeedijk
Ellewoutsdijk, Trenteweg, natuurbouw	Terneuzen, haven, schiereiland
Ellewoutsdijk, Zuidgors	Terneuzen, Margarethapolder, natuurbouw
Hansweert, Haven	Terneuzen, sluiscomplex
Hansweert, Kapellebank-Hansweert, zeedijk	Verdronken land van Saeftinge
Hoedekenskerke, Polder Hoedekenskerke, natuurbouw	Vlissingen, Bijleveldhaven
Hoofdplaat, Hoofdplaat-Nummer Een, zeedijk	Vlissingen, havengebied
Hoofdplaat, Hoofdplaatpolder, natuurbouw	Waarde, Schor
Hoofdplaat, Plaskreek	Walsoorden, Perkpolder, natuurbouw
Kloosterzande, Hellegatpolder, zeedijk	Walsoorden, Perkpolder, zeedijk
Kloosterzande, Molenpolder, natuurbouw	Westerschelde, Hooge Platen
Kloosterzande, Molenpolder, zeedijk	

8.2.2.5 Foerageergebied (droogvalduur 30-70%)

Omdat de aantallen vogels (zoals bepaald door vogeltellingen) sterk fluctueren en ook sterk van factoren buiten het estuarium afhankelijk zijn, werd ook een analyse uitgevoerd naar het areaal aan foerageergebied voor steltlopers in de Westerschelde, concreet het laagdynamisch litoraal. Het is immers niet voldoende dat het voedsel voor de steltlopers aanwezig is: de steltlopers moeten het ook kunnen bereiken. Alleen wanneer de platen bijna droogvallen kunnen de steltlopers foerageren. Echter, het droogvallen gedurende een groot deel van het getij levert minder goede leefomstandigheden op voor de bodembewoners van de platen. En kort droogvallen betekent dat vogels die bodemdieren eten minder tijd hebben om hun voedsel te verzamelen. De combinatie van het voedselaanbod (bodemdieren) en de foerageerduur tezamen bepaalt de omstandigheden voor de steltlopers. De optimale droogvalpercentages voor foeragerende steltlopers vallen tussen de 30% en 70% (Alkyon, 2006).

Om waterstanden die corresponderen met een droogvalduur van 30% en 70% te bepalen werden de ruwe waterstandsmetingen in Vlissingen, Terneuzen, Hansweert, Bath en Prosperpolder gebruikt (zie Sectie 5.1.2). Hierop werd per jaar de 30ste en 70ste percentiel van het waterpeil gemeten. De 30- en 70%-peilen werden vervolgens ruimtelijk geïnterpoleerd over het laagdynamisch litoraal van de Westerschelde. Vervolgens werden deze peilen vergeleken met de jaarlijks opgemeten bathymetrieën (zie Bijlage D).

8.2.3 Niet-Broedvogels

Temporele analyse seizoensgemiddelden 1987-2016

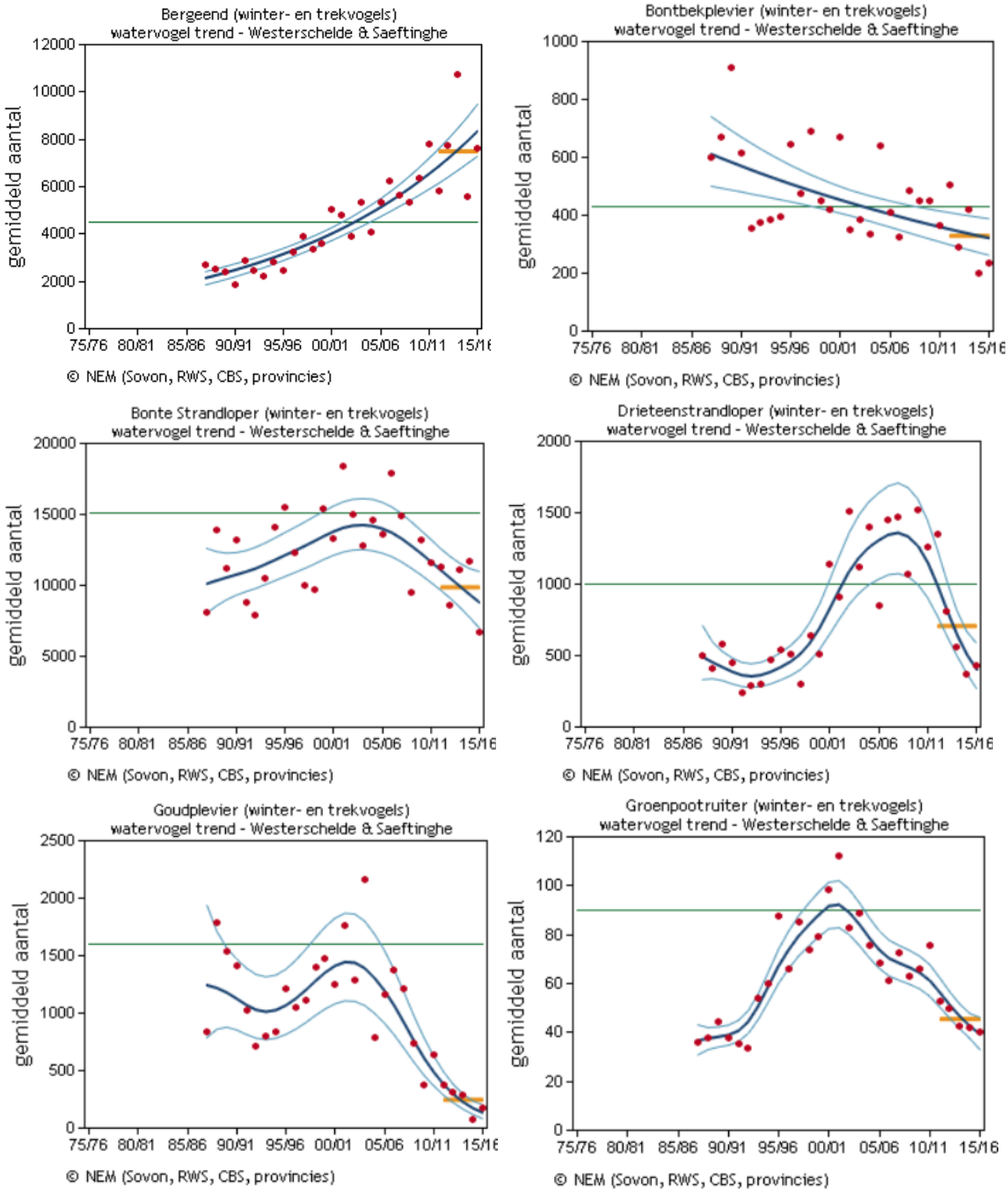
Hieronder worden de resultaten van de vogeltellingen tussen 1987 en 2016 weergegeven (Figuur 8-19 t/m Figuur 8-24). Alle hier getoonde grafieken en gegevens zijn ontleend aan het watervogelmeetnet dat door Sovon Vogelonderzoek Nederland in het kader van het Netwerk Ecologische Monitoring wordt georganiseerd.

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 8-19 tot Figuur 8-21). 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. De drieteenstrandloper, kanoet en kluut kennen echter een afname in populatie sinds 2009-2010.

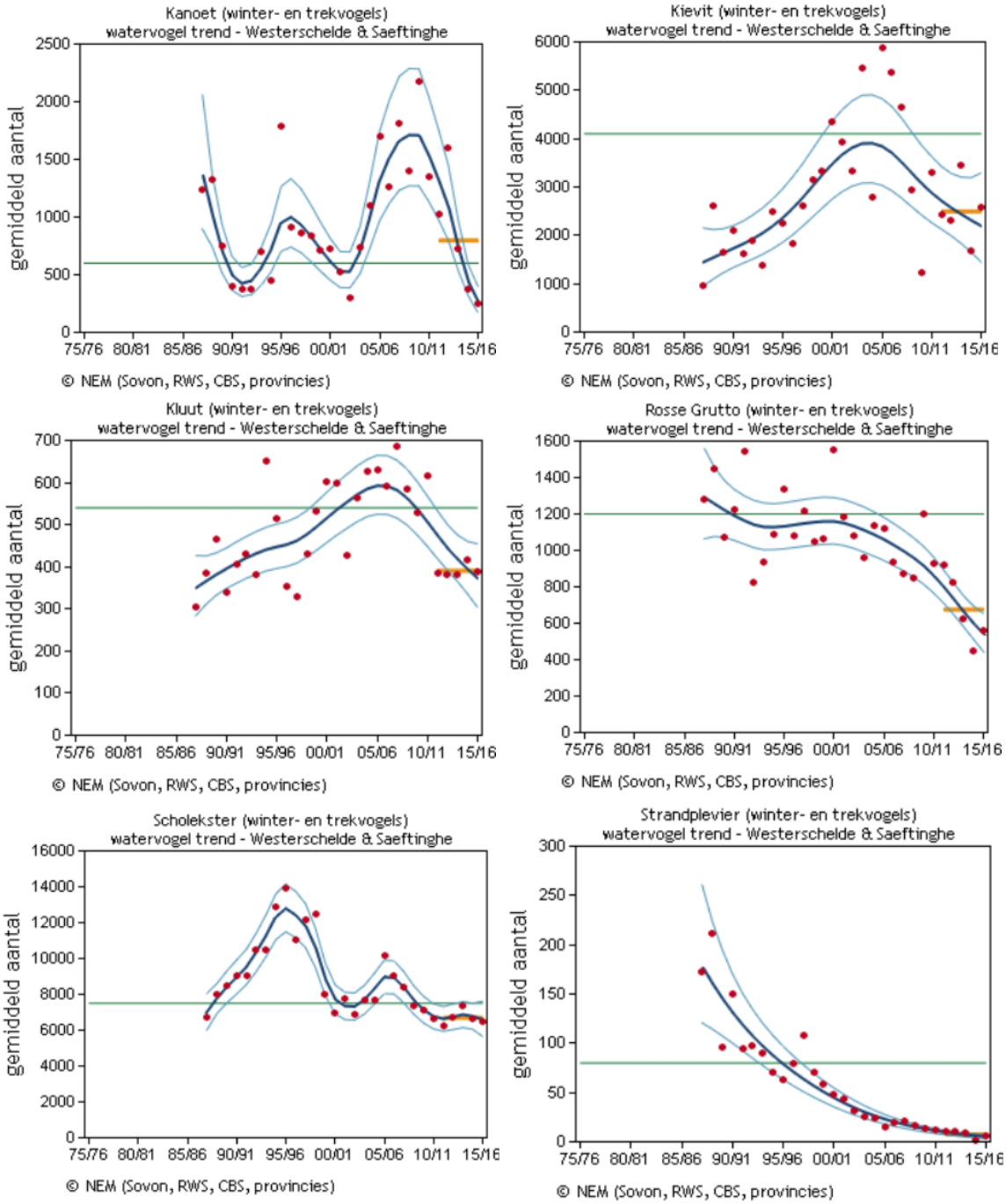
Voor de **herbivore soorten**, waaronder de ganzen en eenden, is in de seizoensgemiddelden een toename zichtbaar voor de krakeend. De pijlstaartaantallen blijven na een afname sinds de eeuwwisseling de laatste 10 jaar min of meer stabiel. Voor de andere herbivore soorten is er echter reeds 15 jaar of 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.

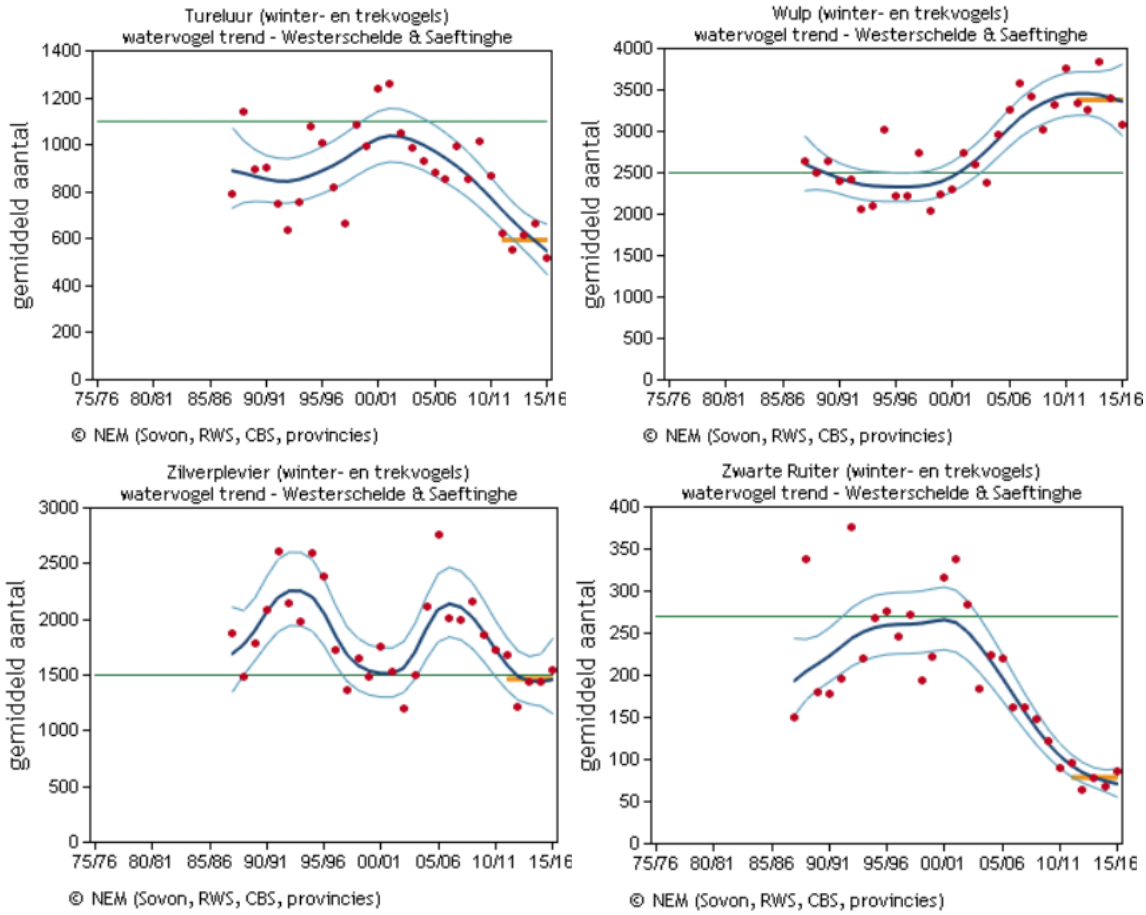
Als besluit wordt gesteld dat voor de belangrijkste groep gerelateerd aan het estuarium (de benthivoren) hoofdzakelijk een negatieve trend wordt vastgesteld in de populatieomvang, maar dat deze voor een belangrijk deel reeds bestond voor de derde verruiming. Omwille van het beperkt aantal datapunten, is een significante statistische uitspraak hieromtrent moelijk te maken. Daarom wordt in de discussie in het syntheserapport ingegaan op enkele invloedsfactoren.



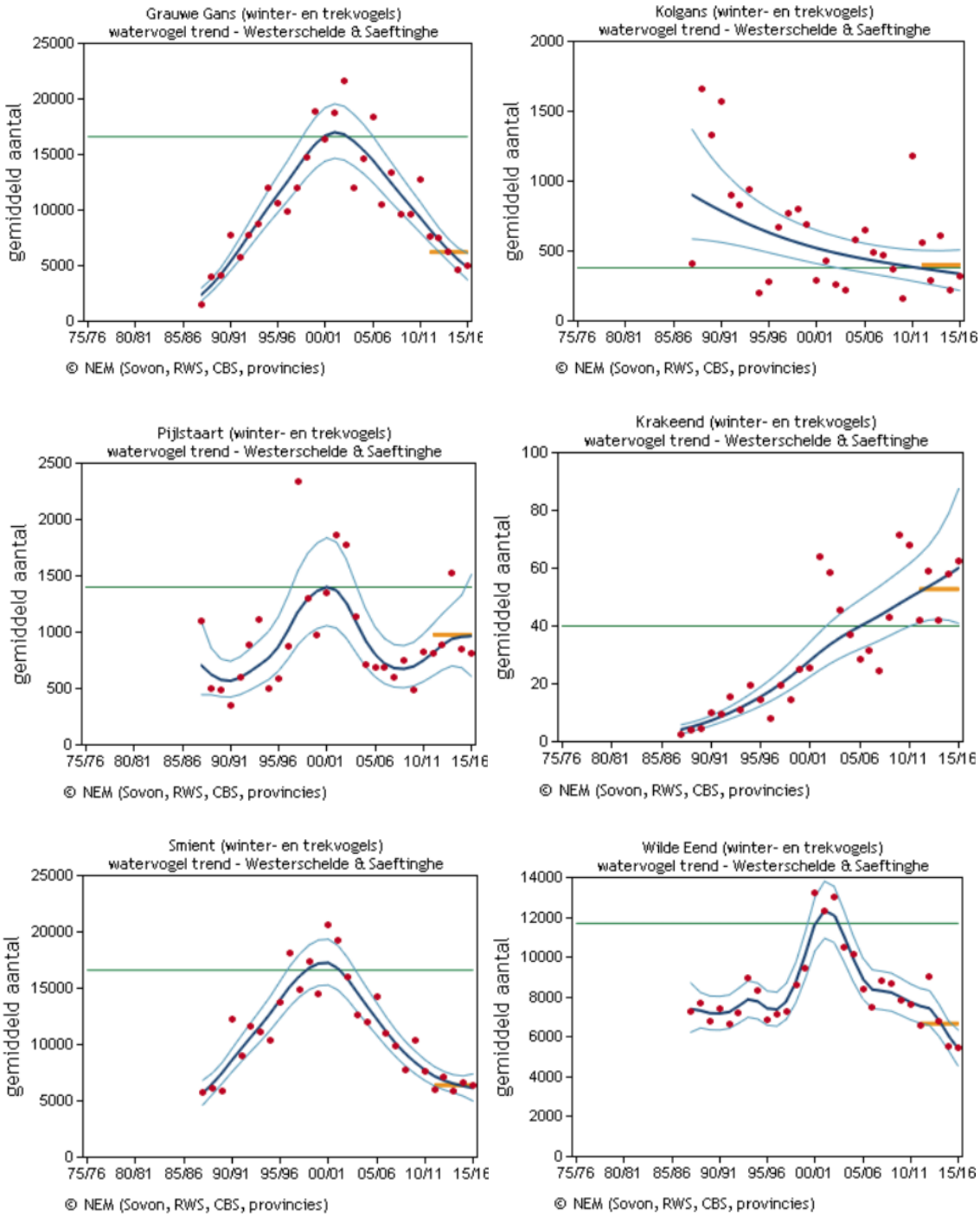
*Figuur 8-19: Evolutie van de seizoensgemiddelde juli t/m juni (rode punten) van de **benthivore vogels** in de Westerschelde. De trendlijn is weergegeven met een donker gekleurde lijn en het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de trendlijn met een lichtgekleurde lijn. In groen wordt de instandshoudingsdoelstelling voor de soort weergegeven. De oranje lijn geeft het gemiddelde over de laatste vijf seizoenen. Bron: Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS)*



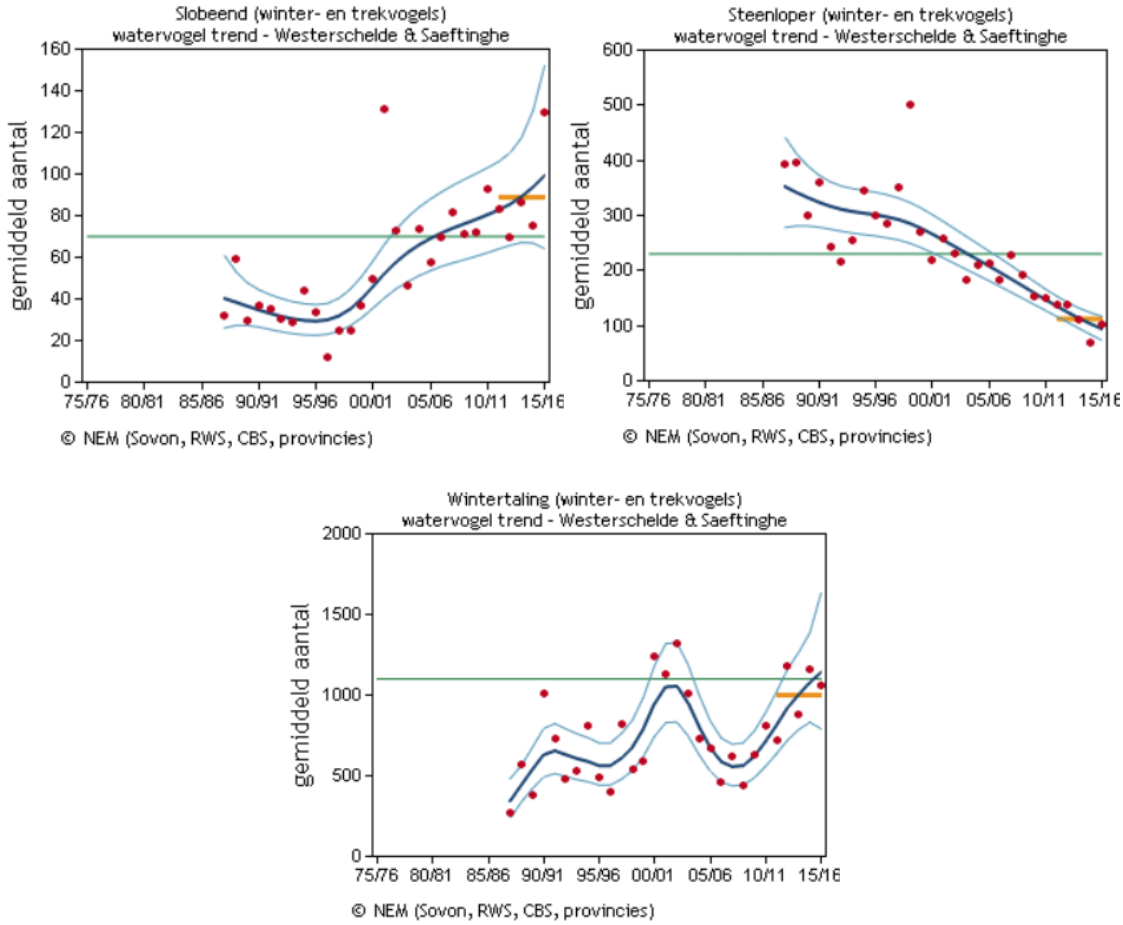
*Figuur 8-20: Evolutie van de seizoensgemiddelde juli t/m juni (rode punten) van de **benthivore vogels** in de Westerschelde. De trendlijn is weergegeven met een donker gekleurde lijn en het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de trendlijn met een lichtgekleurde lijn. In groen wordt de instandshoudingsdoelstelling voor de soort weergegeven. De oranje lijn geeft het gemiddelde over de laatste vijf seizoenen. Bron: Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS)*



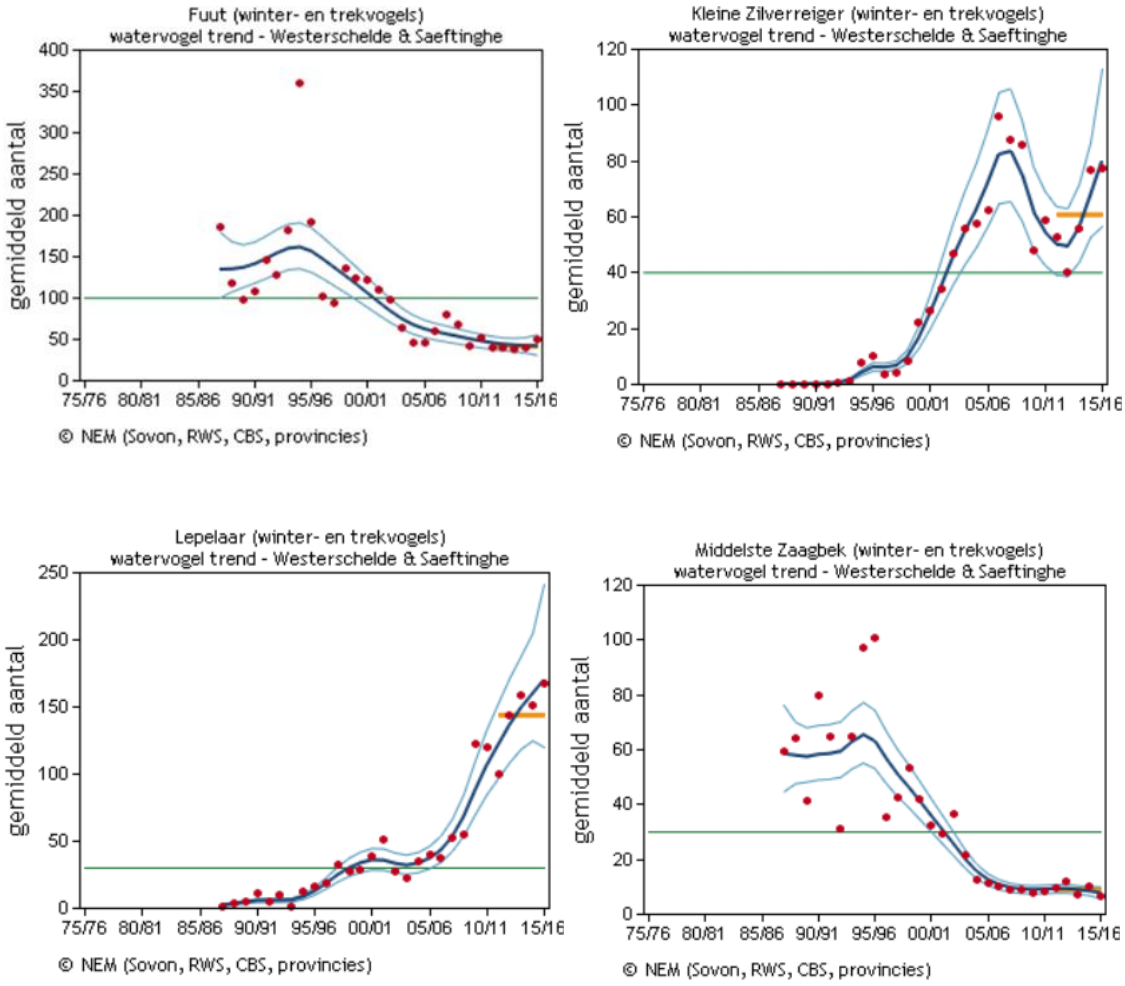
*Figuur 8-21: Evolutie van de seizoensgemiddelde juli t/m juni (rode punten) van de **benthivore vogels** in de Westerschelde. De trendlijn is weergegeven met een donker gekleurde lijn en het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de trendlijn met een lichtgekleurde lijn. In groen wordt de instandshoudingsdoelstelling voor de soort weergegeven. De oranje lijn geeft het gemiddelde over de laatste vijf seizoenen. Bron: Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS)*



*Figuur 8-22: 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. Bron: Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS)*



*Figuur 8-23: 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. Bron: Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS)*



*Figuur 8-24: 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. Bron: Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS)*

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 8-4 is weergegeven of de soorten al dan niet aan de IHD voldoen. Ook in Figuur 8-19 t.e.m. Figuur 8-24 zijn de IHD's aangegeven voor de niet-broedvogels. Tussen 2009 en 2016 voldeden de bergeend, de kleine zilverreiger, de krakeend, de lepelaar, de slobeend en de wulp aan de IHD norm. Sinds 2014 voldoet de kanoet niet meer aan de norm. De andere soorten halen de IHD helemaal niet of slechts sporadisch.

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 8-3. 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, lepelaar en smient. Voor de pijlstaart, scholekster, tafeleend en bonte strandloper daalt de populatieschatting over de periode 1994-2012. In Tabel 8-4 wordt ook de trend in de Ramsar 1%-norm tussen 2006 en 2012 weergegeven. De volgende vogelsoorten voldeden aan de Ramsar norm: bergeend, lepelaar en pijlstaart.

Tabel 8-5 geeft de trends weer in de rest van het Deltagebied en in Nederland gebaseerd op het rapport van van der Winden *et al.* (2017) en voor de Westerschelde gebaseerd op onderzoek van Sovon. Uit deze tabel blijkt dat voor enkele soorten (o.a. bontbekplevier, goudplevier, grauwe gans en kanoet) de aantallen in het Deltagebied en de Westerschelde dalen terwijl er op nationaal niveau net een stijging merkbaar was tijdens de zelfde periode. Voor enkele soorten zijn er ook afnames van aantallen op te merken in de Westerschelde die zich niet voordoen in het Deltagebied (o.a. bonte strandloper, drieteenstrandloper, middelste zaagbek, rosse grutto en zilverplevier).

Tabel 8-3: 1%-normen voor de belangrijkste soorten (van http://wpe.wetlands.org/)

	1994	1997	2002	2006	2012
Bergeend	2500	3000	3000	3000	3000
Bonte strandloper	14000	14000	13300	13300	13300
Drieteenstrandloper	1000	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 8-4: Vergelijking seizoensgemiddeldes (juli jaar 1 – juni jaar 2) van niet-broedvogels in de Westerschelde met Natura 2000 IHD (onder de norm: rood; boven de norm: groen) en 1%-norm van Ramsar (laatste 3 jaar onder de norm: rood; laatste 3 jaar boven de norm: groen).

Soort	Natura 2000 IHD	Seizoensgemiddelde juli-juni versus Natura 2000 IHD							Ramsar 1%-norm (2012)	Trend 1% norm (2006 – 2012)
		'09/'10	'10/'11	'11/'12	'12/'13	'13/'14	'14/'15	'15/'16		
Bergeend	4500	6379	7815	5796	7748	10720	5597	7607	3000	Stabiel
Bontbekplevier	430	448	363	503	290	418	200	235	730	Stabiel
Bonte strandloper	15100	13242	11578	11291	8594	11110	11675	6653	13300	Stabiel
Drieteenstrandloper	1000	1519	1256	1353	812	563	374	434	1200	Stabiel
Fuut	100	42	52	41	39	38	40	50	3500	Afname
Goudplevier	1600	373	638	374	317	283	75	179	7100	Afname
Grauwe gans	16600	9617	12750	7612	7552	6281	4674	5026	6100	Toename
Groenpootruiter	90	66	76	53	50	42	42	40	2300	Stabiel
Kanoet	600	2180	1346	1030	1600	725	375	256	4500	Stabiel
Kievit	4100	1234	3306	2437	2304	3465	1679	2582	72300	Toename
Kleine zilverreiger	40	48	59	53	40	56	77	78	1300	Stabiel
Kluut	540	529	616	386	381	381	415	389	730	Stabiel
Kolgans	380	156	1182	556	291	608	222	325	12000	Toename
Krakeend	40	71	68	42	59	42	58	62	600	Toename
Lepelaar	30	123	120	100	144	158	151	167	110	Toename
Middelste zaagbek	30	8	9	10	12	8	10	6	1700	Stabiel
Pijlstaart	1400	493	821	812	893	1523	848	808	600	Afname
Rosse grutto	1200	1203	925	923	821	624	447	559	1200	Stabiel
Scholekster	7500	7138	6678	6250	6718	7348	6652	6455	8200	Afname
Slobeend	70	72	93	83	70	86	75	130	400	Stabiel
Smient	16600	10330	7627	5952	7114	5888	6681	6355	15000	Toename
Steenloper	230	152	151	139	140	111	69	102	1400	Afname
Strandplevier	80	13	12	10	11	10	1	6	660	Stabiel
Tureluur	1100	1013	866	624	552	619	665	517	2400	Afname
Wilde eend	11700	7854	7613	6550	9039	6798	5526	5435	45000	Toename

Soort	Natura 2000 IHD	Seizoensgemiddelde juli-juni versus Natura 2000 IHD							Ramsar 1%-norm (2012)	Trend 1% norm (2006 – 2012)
Wintertaling	1100	631	811	715	1182	878	1164	1062	5000	Toename
Wulp	2500	3323	3769	3343	3262	3832	3396	3071	8400	Afname
Zilverplevier	1500	1864	1731	1675	1217	1433	1447	1548	2500	Toename
Zwarte ruiter	270	122	90	96	64	78	69	86	850	Afname

Tabel 8-5: Trends in aantalsveranderingen van een aantal pleisterende watervogelsoorten in de Westerschelde (Sovon, RWS, CBS), in het Deltagebied en in Nederland (van der Winden et al.*, 2017)*

Soort	Trend Westerschelde 2005/2006-2016	Trend Deltagebied 1987-2015	Trend Deltagebied 2005-2015	Trend Nederland 2004-2015
Bergeend	Toename	Toename	Stabiel	Toename
Bontbekplevier	Afname	Afname	Afname	Toename
Bonte strandloper	Afname	Stabiel	Stabiel	Stabiel
Drieteenstrandloper	Sterke afname	Toename	Stabiel	Toename
Fuut	Onzeker	Toename	Stabiel	Stabiel
Goudplevier	Sterke afname	Stabiel	Afname	Stabiel
Grauwe gans	Sterke afname	Sterke toename	Afname	Toename
Groenpootruiter	Afname	Stabiel	Sterke afname	Niet gekend
Kanoet	Sterke afname	Stabiel	Sterke afname	Toename
Kievit	Afname	Niet gekend	Niet gekend	Niet gekend
Kleine zilverreiger	Stabiel	Niet gekend	Niet gekend	Niet gekend
Kluut	Afname	Afname	Afname	Afname
Kolgans	Onzeker	Toename	Stabiel	Toename
Krakeend	Onzeker	Sterke toename	Sterke toename	Toename
Lepelaar	Sterke toename	Sterke toename	Toename	Toename
Middelste zaagbek	Afname	Toename	Stabiel	Stabiel
Pijlstaart	Onzeker	Stabiel	Stabiel?	Toename
Rosse grutto	Afname	Stabiel	Stabiel	Stabiel
Scholekster	Afname	Afname	Afname	Afname
Slobeend	Onzeker	Toename	Toename	Niet gekend
Smient	Afname	Stabiel	Afname	Stabiel
Steenloper	Sterke afname	Niet gekend	Niet gekend	Niet gekend
Strandplevier	Sterke afname	Niet gekend	Niet gekend	Niet gekend
Tureluur	Afname	Afname	Afname	Afname
Wilde eend	Afname	Niet gekend	Niet gekend	Niet gekend
Wintertaling	Toename	Niet gekend	Niet gekend	Niet gekend
Wulp	Stabiel	Toename	Toename	Stabiel
Zilverplevier	Afname	Stabiel	Stabiel	Afname
Zwarte ruiter	Sterke afname	Afname	Sterke afname	Afname

8.2.4 Broedvogels

De hiernavolgende figuren (Figuur 8-25 tot en met Figuur 8-27) illustreren de waarnemingen sinds 1979 voor de beschouwde 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 (Arts *et al.*, 2018a). Tabel 8-6 geeft de trends weer voor broedvogels in het hele Deltagebied en op nationaal niveau op basis van het rapport van van der Winden *et al.* (2017).

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 2000 en 2500, waarmee deze kolonie een derde tot de helft van de Deltapopulatie vormt.

De **dwergstern** kent een aantal broedparen dat op lange termijn rond 100 à 150 schommelde. In 2010, 2011 en 2012 lag het aantal beduidend lager (resp. 47, 3 en 48), maar vanaf 2013 hebben de aantallen zich opnieuw hersteld. 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 in de Westerschelde.

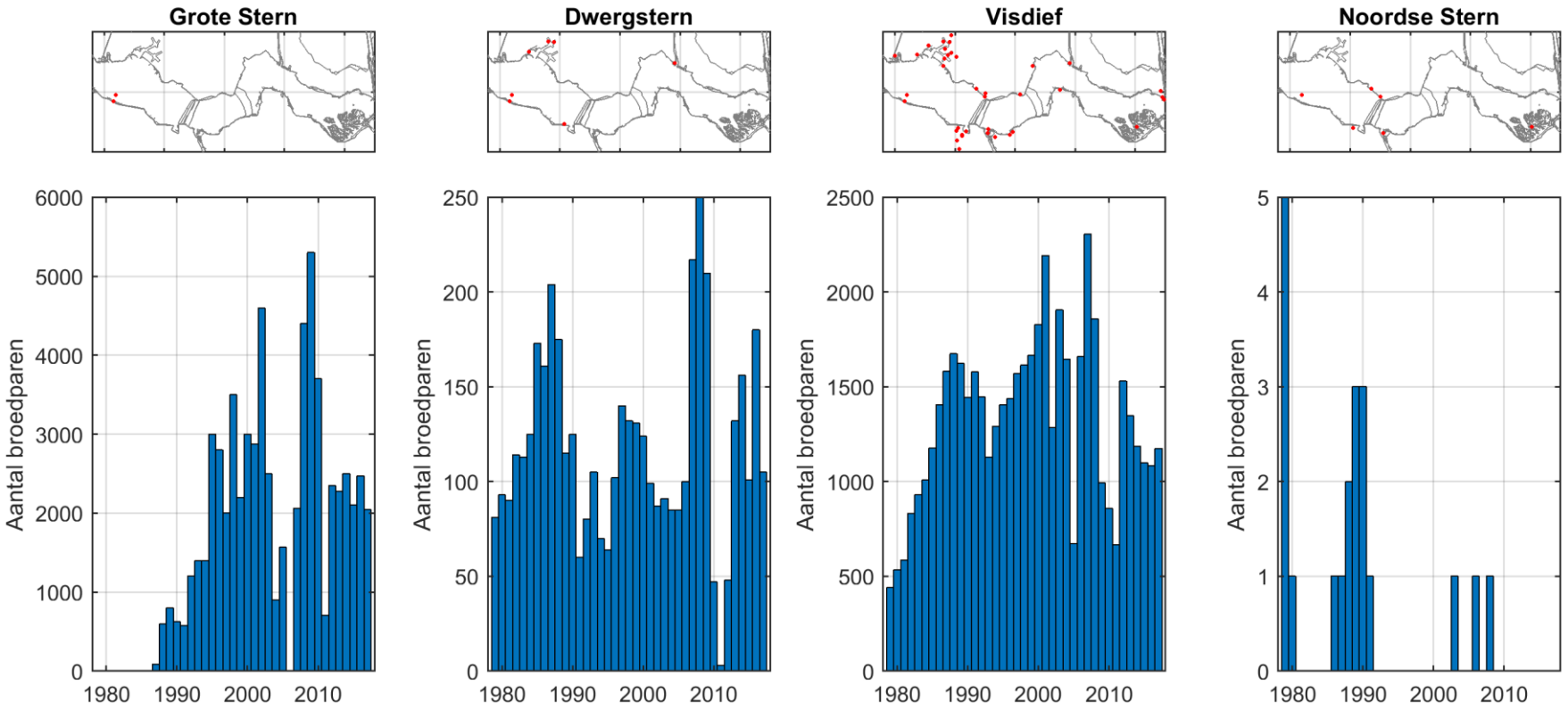
De **visdief** is sinds de jaren ’90 vrij stabiel gebleven, uitgenomen een periode met een terugval naar minder dan 1000 paren tussen 2009 en 2011. De periode 2012-2016 kent wel een dalende trend in de Westerschelde populatie, hoewel de aantallen in 2017 opnieuw licht stegen. De Deltapopulatie is echter stabiel gebleven. Tussen 2014-2016 is de visdief niet meer waargenomen in het Land van Saeftinghe, in 2017 werden er opnieuw 60 paren geteld.

De **Noordse stern** is komt slechts occasioneel voor in de Westerschelde, en wordt niet nader besproken.

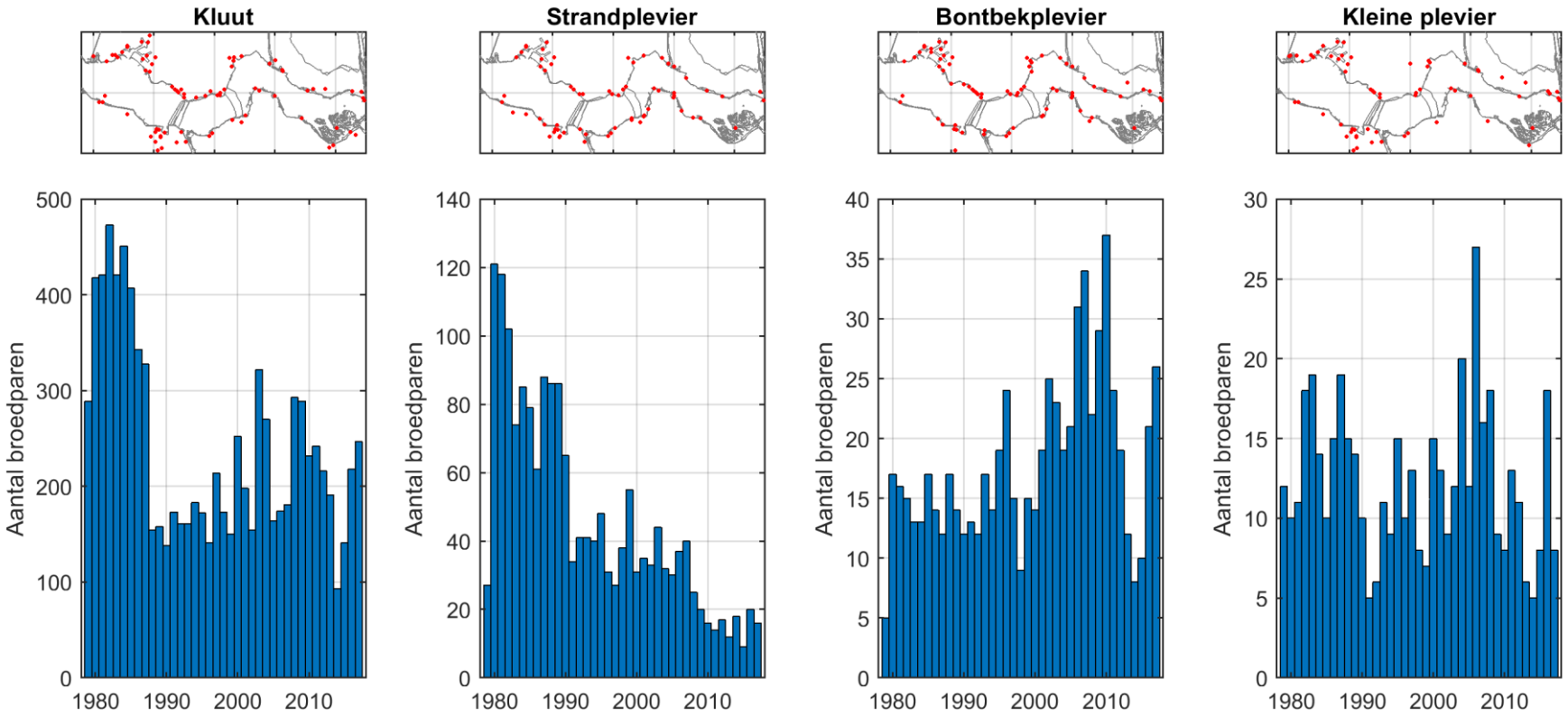
De **kluut** kende in de Westerschelde een sterke terugval in het aantal broedparen eind jaren ’80. De kluut leek de voorbije twee decennia enigszins te herstellen, tot populaties van rond de 300 broedparen in 2003, 2008 en 2009. In 2014 daalde de populatie opnieuw sterk tot minder dan 100 paren, maar steeg vervolgens weer tot 250 paren in 2017. De Deltapopulatie is stabieler gebleven over deze lange periode hoewel er na 2003 een afname zichtbaar is; de Westerscheldepopulatie is slechts een fractie van de gehele populatie (in de orde van 10% in 2017).

De **strandplevier** kent op Deltapopulatieniveau een terugval van ca. 500 broedparen in 1980 tot ca. 130 broedparen in 2017. 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 het aantal kleine plevieren sterk. De bontbekplevier kende na een groei van de populatie tot 2010 een dieptepunt in 2014. In 2016 en 2017 is het aantal broedparen echter opnieuw sterk toegenomen. De totale Deltapopulaties van deze soorten zijn relatief stabiel.



Figuur 8-25: Ontwikkeling van het aantal broedparen van sternen.



Figuur 8-26: Ontwikkeling van het aantal broedparen van steltlopers.

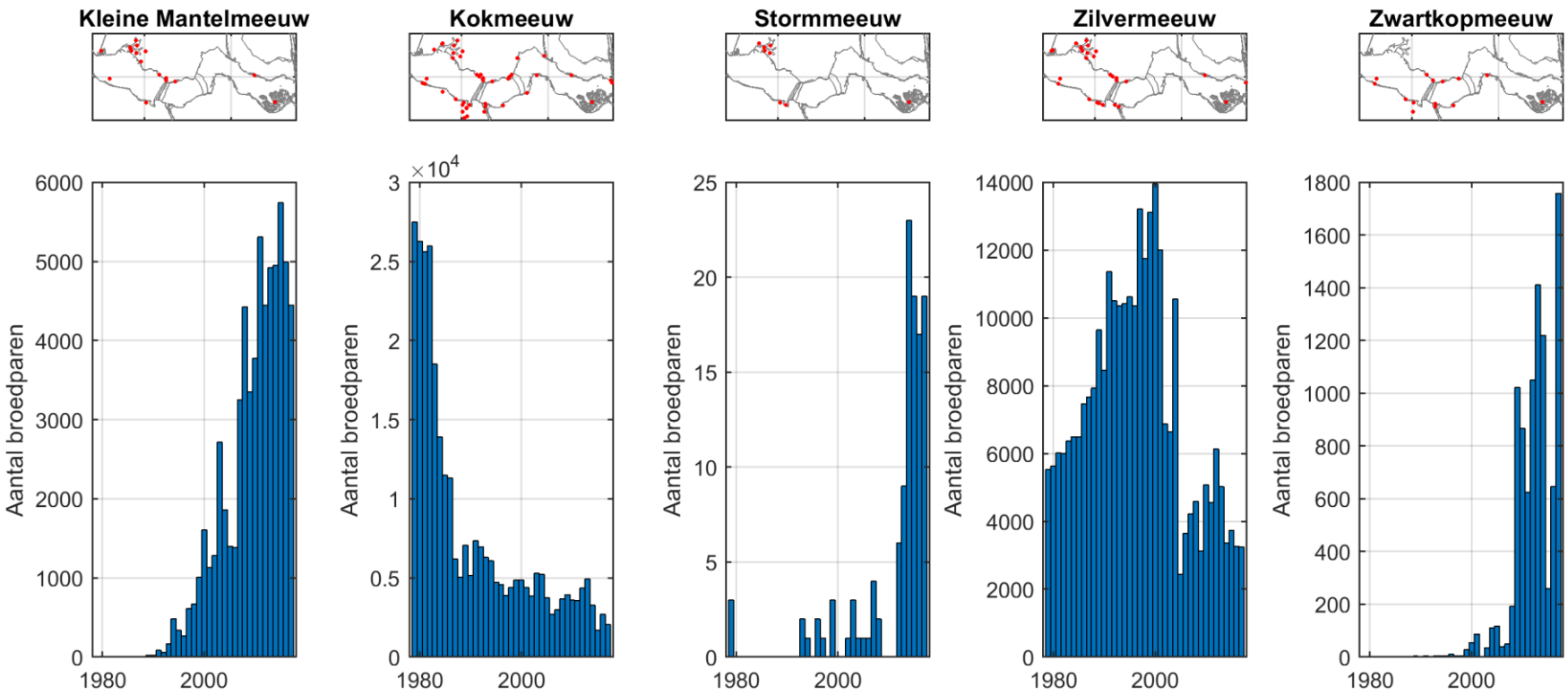
De **kleine mantelmeeuw** broedt in de Westerschelde hoofdzakelijk in het havengebied van Vlissingen. Sinds midden de jaren ’90 is de soort aan een sterke toename bezig, met een record aantal broedparen in 2015 van bijna 6000, waarvan bijna 5000 in het Sloegebied alleen. In 2016 en 2017 namen de aantallen echter opnieuw af tot ca. 4500 paren. Het Sloegebied 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 (43 paren in 2017).

Ook de **zwartkopmeeuw** doet het sinds 2009 goed in de Westerschelde met een aantal broedparen rond 1000, hoewel er zich in 2015 een terugval naar ca. 250 paren voordeed. 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 populatie herstelde zich echter en in 2017 werd een recordaantal van bijna 1800 paren geteld. Ook op niveau van het Deltagebied werd een spectaculaire verdubbeling van het aantal broedparen vastgesteld in 2017.

De **kokmeeuw** maakte een omgekeerde evolutie door midden jaren ’80, met aantallen van meer dan 25.000, tot hooguit ca. 2000 in 2017. Er is nog steeds een licht dalende trend over de laatste drie decennia. De Deltapopulatie vertoont een gelijkaardig verloop.

De **stormmeeuw** kwam in de Westerschelde slechts occasioneel voor tot 2012, maar sindsdien lijkt er een groeiende populatie te ontstaan, hoofdzakelijk 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 rond 1000 paren ligt.

De **zilvermeeuw** kende een piek in de populatie eind jaren ’90 (14.000 paren), en is sindsdien teruggevallen naar 3000 à 4000 paren die relatief stabiel lijkt te zijn.



Figuur 8-27: Ontwikkeling van het aantal broedparen van meeuwensoorten.

Tabel 8-6: Trends in aantalsveranderingen van de broedvogels in het Deltagebied en Nederland (van der Winden et al.*, 2017)*

Soort	Trend Deltagebied Voor 1980	Trend Deltagebied 1980-2015	Trend Deltagebied 2007-2015	Trend Nederland 2005-2015
Bontbekplevier	Sterke afname	Sterke afname	Stabiel	Afname
Dwergstern	Sterke afname	Toename	Sterke toename	Stabiel
Grote Stern	Sterke afname	Sterke toename	Sterke toename	Niet gekend
Kleine mantelmeeuw	Niet gekend	Sterke toename	Stabiel	Stabiel
Kleine plevier	Niet gekend	Sterke toename	Stabiel	Toename
Kluut	Sterke afname	Toename	Sterke afname	Afname
Kokmeeuw	Afname	Sterke afname	Stabiel	Stabiel
Noordse stern	Stabiel	Toename	Toename	Niet gekend
Stormmeeuw	Sterke toename	Toename	Stabiel	Afname
Strandplevier	Sterke afname	Sterke afname	Sterke afname	Niet gekend
Visdief	Sterke afname	Sterke toename	Afname	Afname
Zilvermeeuw	Sterke toename	Sterke toename	Afname	Afname
Zwartkopmeeuw	Niet gekend	Sterke toename	Sterke toename	Toename

Voor een aantal broedvogels bestaat een **instandhoudingsdoelstelling** (IHD) gebaseerd op seizoensgemiddelden (Holzhauer *et al.*, 2011b). De toetsing in dit rapport is gebaseerd op gegevens uit de periode 2012-2017 en omvat zeven soorten kustbroedvogels die ook in de T2009 en T2015 rapportage (T2009 Consortium, 2013; T2015 Consortium, 2018) aan bod komen, namelijk bontbekplevier, dwergstern, grote stern, kluut, strandplevier, visdief, zwartkopmeeuw. Tabel 8-7 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 2012-2017 weer.

Het behalen van het streefdoel voor de Westerschelde verschilt van soort tot soort. Enkel voor de bontbekplevier, dwergstern en zwartkopmeeuw wordt het streefdoel in minstens 5 van de voorbije 6 jaar gehaald. Voor de bontbekplevier is er na een terugval tussen 2013 en 2015 opnieuw een stijging in aantallen, net als bij de kluut. De grote stern, strandplevier en visdief halen in geen enkel jaar binnen de periode 2012-2017 het streefdoel.

Tabel 8-7: Trends in aantallen broedparen in de Westerschelde tussen 2012 en 2017 (inclusief Saeftinghe).Groen: Westerschelde streefdoel gehaald, Rood: Westerschelde streefdoel niet gehaald.

IHD regiodoel			Aantal broedparen					
Soort	*Delta*	*WS*	*2012*	*2013*	*2014*	*2015*	*2016*	*2017*
Bontbekplevier	100	10	19	12	8	10	21	26
Dwergstern	300	100	48	132	156	101	180	105
Grote stern	6200	2800	2350	2277	2500	2100	2472	2045
Kluut	2000	150	216	191	93	141	218	247
Strandplevier	220	40	17	12	18	9	20	16
Visdief	6500	1600	1530	1347	1187	1099	1084	1175
Zwartkopmeeuw	400	4	1051	1411	1220	260	646	1758

8.2.5 Foerageergebied (droogvalduur 30-70%)

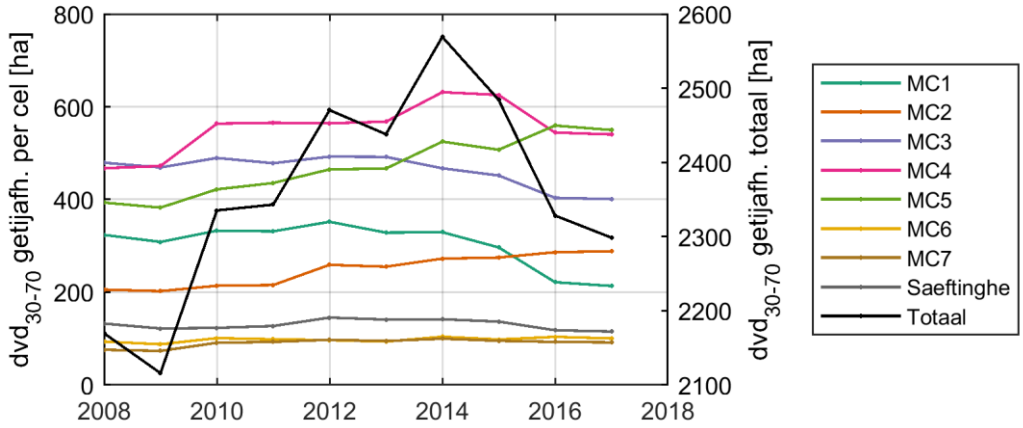
Het foerageergebied voor steltlopers wordt hier gedefinieerd als laagdynamisch litoraal met droogvalduur tussen 30% en 70% (zie ook Secties 6.7.1 en 6.8). Veranderingen in het areaal kunnen ofwel het gevolg zijn van morfologische veranderingen (bv. het steiler worden van de platen, aangroeien van slikken) of door wijzigingen in de waterstanden, bv. de getijslag (waardoor het 30%- en 70%-waterpeil wijzigt). De areaalveranderingen zijn daarom op twee manieren berekend.

De eerste berekeningsmethode, die zowel de morfologie als de veranderingen in waterstanden in rekening neemt, geeft het beste de evolutie van het effectieve foerageergebied voor vogels weer, gezien dit de werkelijke droogvalduur betreft. Voor de totale Westerschelde is er een geleidelijke stijging van het foerageerareaal zichtbaar van 2009-2014, gevolgd door een daling in 2014-2017 (Figuur 8-28). Op niveau van de Macrocellen heeft zich in de periode 2008-2017 een stijging voorgedaan in Macrocel 2 en 5 en een daling in Macrocel 1 en 3. Macrocel 4 kende een stijging tot 2014 gevolgd door een daling.

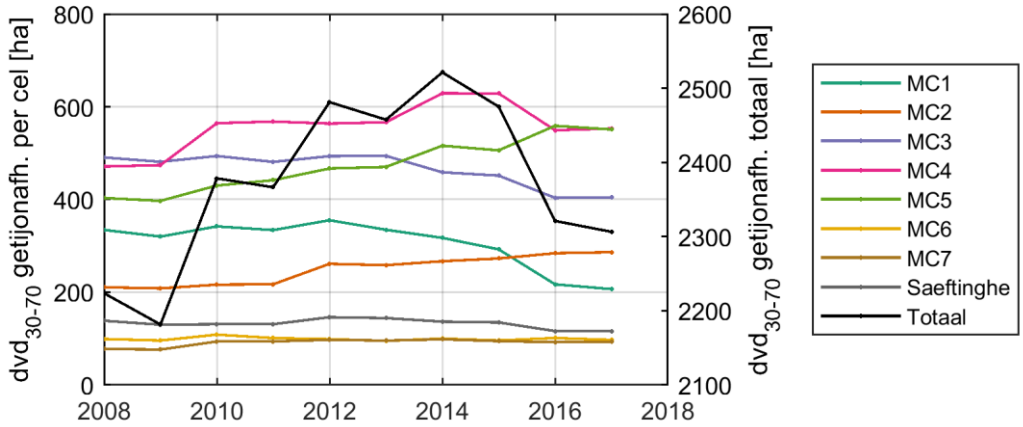
Echter, deze evolutie is het gevolg van twee variabelen (bathymetrie en waterstanden) en de achterliggende oorzaak van de waargenomen variatie in fourageergebied is daarom moeilijk te interpreteren. De getijslag kende in de periode 2008-2017 namelijk ook een stijging en daling als gevolg van de 18.6-jarige cyclus, en is daarom waarschijnlijk één van de verklaringen voor de wijzigingen in het foerageerareaal.

De evolutie op basis van de tweede berekeningsmethode is enkel het gevolg van morfologische veranderingen (Figuur 8-29). De resultaten volgen echter dezelfde, hoewel iets zwakkere, trends als de eerste berekeningsmethode, dus samenlopend met de 18,6 jarige cyclus. Dit is mogelijk te verklaren door het vlakker worden van plaatranden en slikken naarmate de 18,6-jarige cyclus naar een piek gaat.

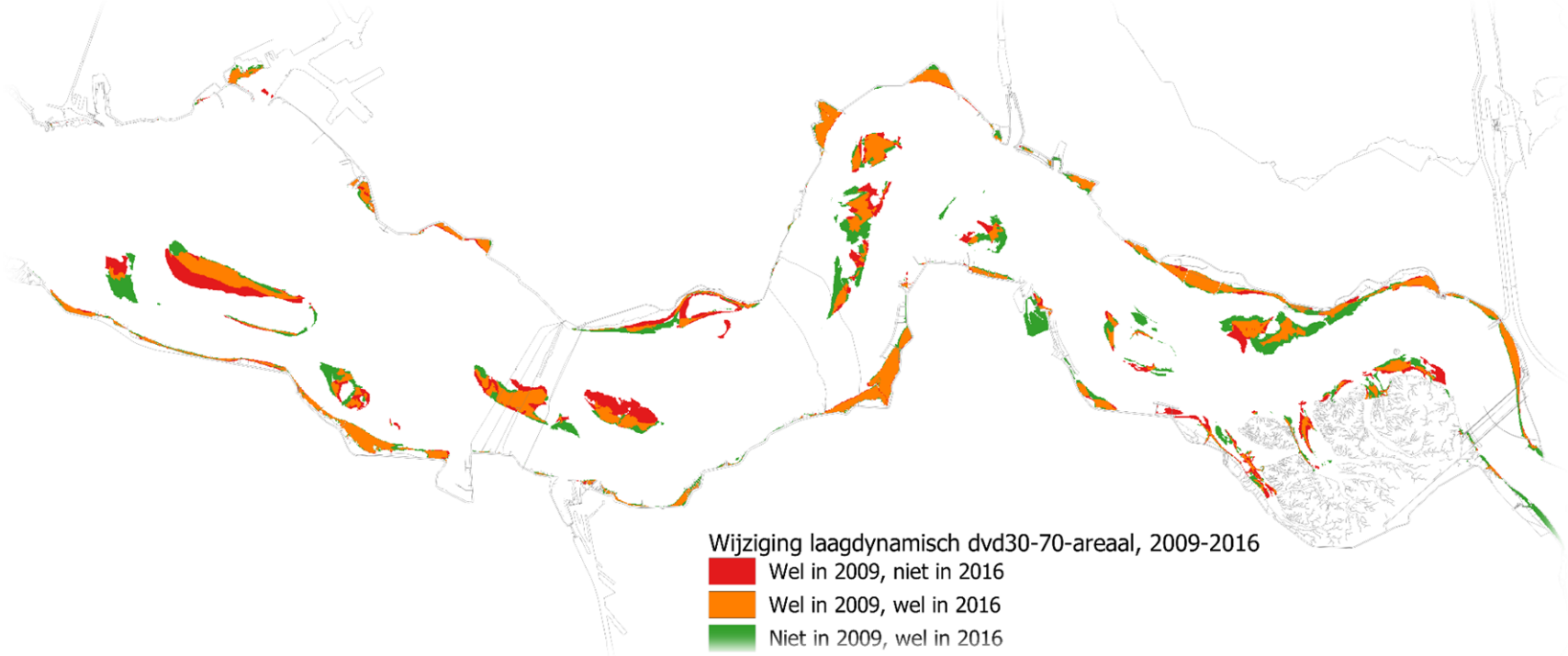
Figuur 8-30 geeft de wijzigingen in het foerageergebied ruimtelijk weer tussen 2009 en 2016. In Macrocel 1 is zichtbaar dat het uitbreiden en verhogen van de Hooge Platen Noord nieuw foerageergebied hebben gecreëerd aan de noordrand van de plaat (groene kleur), maar dat er tegelijk een groot foerageergebied is verdwenen nabij het centrum en zuiden van de plaat (rode kleur); dit ligt nu hoger dan de 70%-droogvalduur. Netto gezien is er het areaal tussen 30 en 70% droogvalduur dus afgenomen. Op Hooge Platen West is het foerageergebied verschoven naar het zuiden en verder uitgebreid. In Macrocel 3 is een afname van het foergeergebied zichtbaar door ophoging ter hoogte van de Middenplaat, terwijl er ter hoogte van Rug van Baarland in Macrocel 4 voornamelijk areaal is toegenomen. Op andere locaties in de Westerschelde hebben de veranderingen zich over kleinere gebieden voorgedaan.



Figuur 8-28: dvd_{30-70}-areaal berekend op basis van veranderende waterstanden, per macrocel.



Figuur 8-29: dvd_{30-70}-areaal berekend op basis van constante waterstanden, per macrocel.



Figuur 8-30: Wijzigingen droogvalduurareaal tussen 2009 en 2016.

8.3 ZEEHONDEN

8.3.1 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 (Arts *et al.*, 2017; CLO, 2018). 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 (Brasseur, 2018).

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 de laatste jaren steeds vaker 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 (aMT, 2010).

Figuur 8-31: Gewone zeehond (links) en grijze zeehond (rechts) (bron: Wikimedia Commons)

In de Passende Beoordeling beschreven in de MER Verruiming Vaargeul (Consortium Arcadis-Technum, 2007e), 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.

In het Deltagebied geldt in T2009 en T2015 voor de gewone zeehond een regionale populatiedoelstelling van 200 exemplaren, en in de Westerschelde en Saeftinghe moet het areaal aan ongestoord gebied toenemen om het geschikter te maken voor de voortplanting.

Het doel van onderhavige analyses is de evolutie nagaan van de zeehonden populatie in de Westerschelde tussen 2009 en 2017.

8.3.2 Data

8.3.2.1 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. Tellingen worden maandelijks uitgevoerd vanuit het vliegtuig.

Er wordt steeds een systematische vlucht tijdens laagwater 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, 2017, 2018b). Deze tellingen zijn volledig, met als uitzondering dat sinds seizoen 2014/2015 in september, oktober en november 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.

8.3.2.2 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 Sectie 8.2.1) valt dus onder het gebied 'Oost'.

Tabel 8-8: Ligplaatsen per macrocel en deelgebied van de Westerschelde (Arts et al., 2018b)

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
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

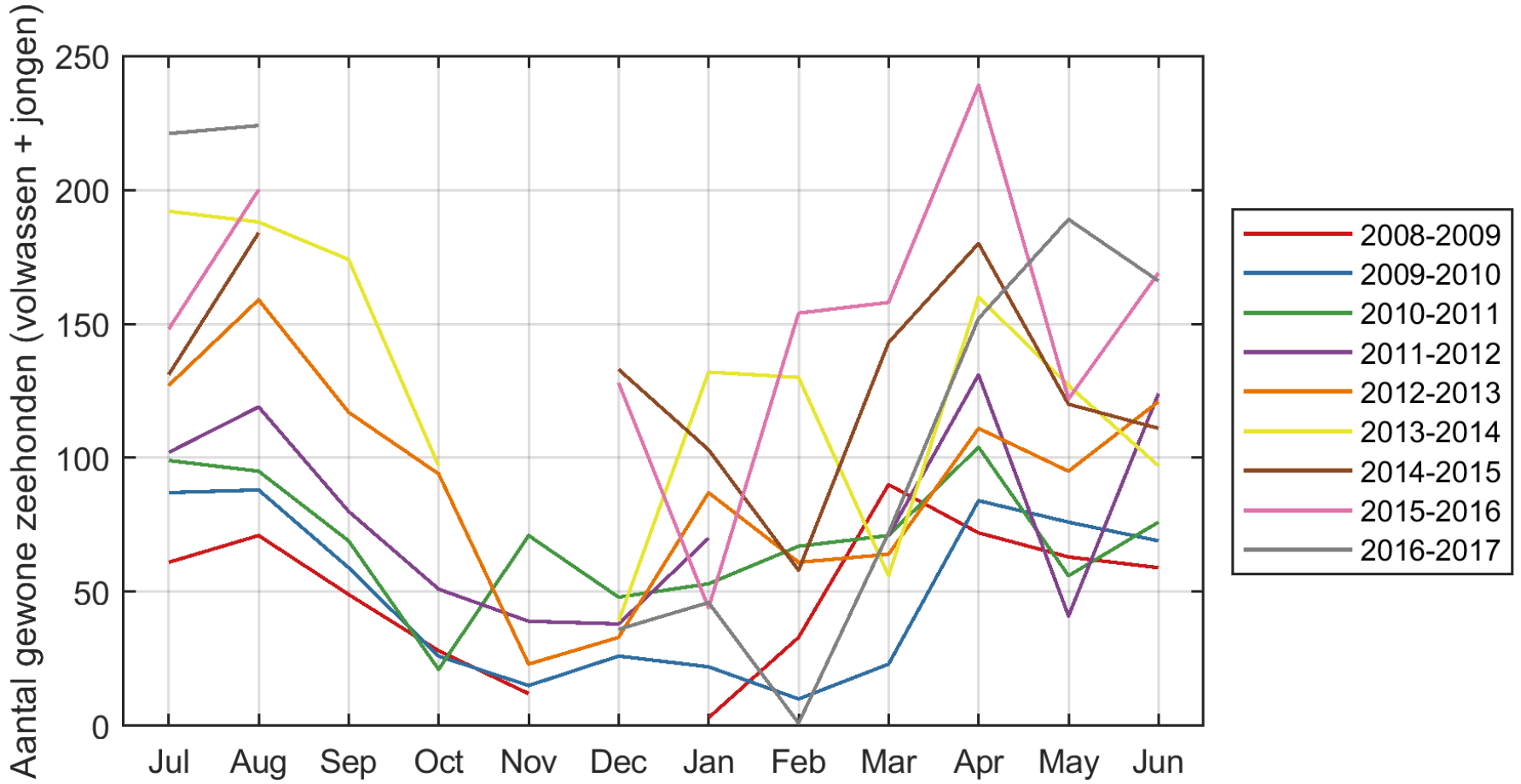
8.3.3 Analyses

Gewone zeehond

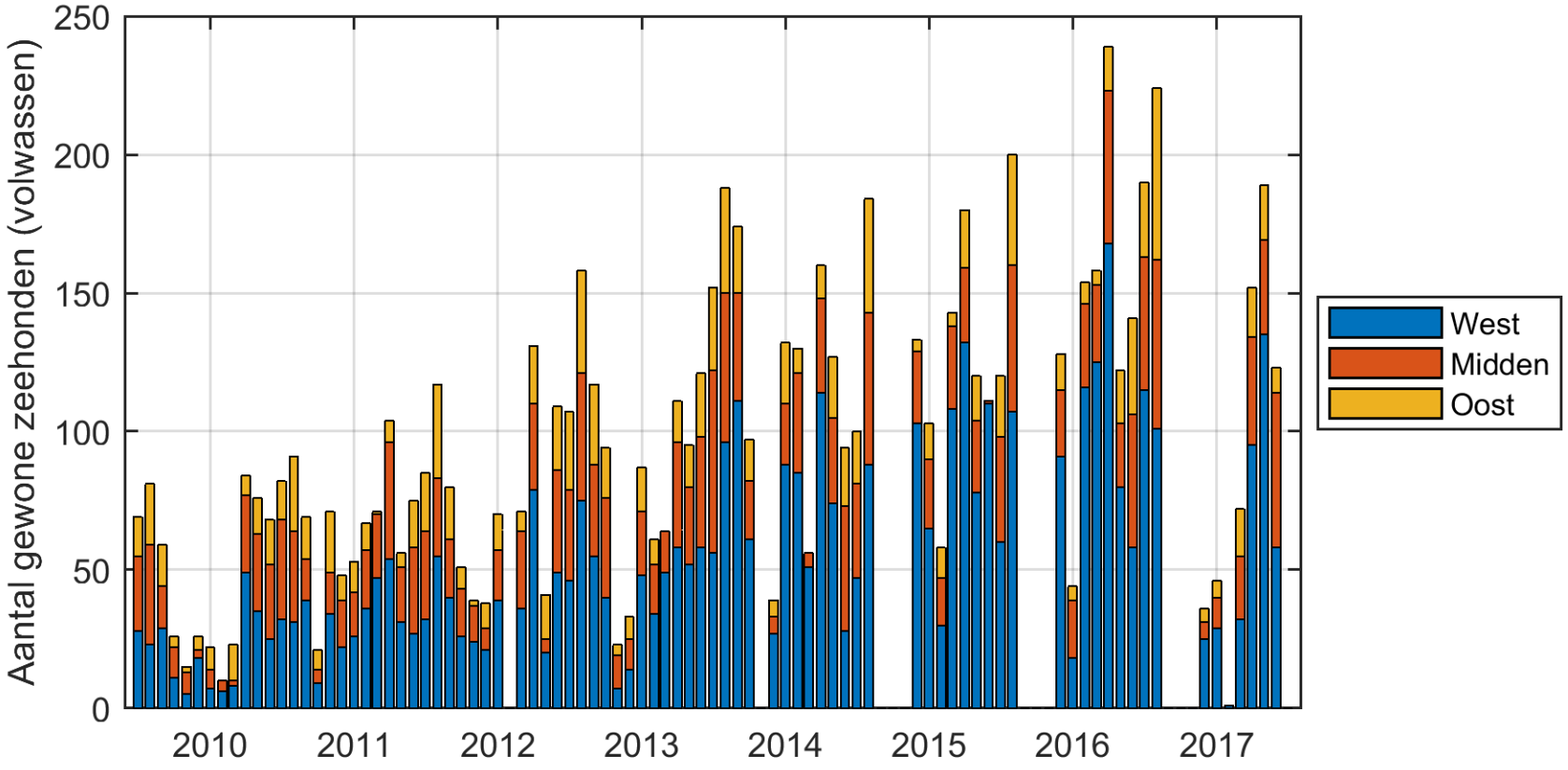
Uit de MWTL gegevens (Tabel 8-9) blijkt dat er een positieve trend bestaat voor de populatie gewone zeehonden in de Westerschelde. De hoogste aantallen gewone zeehonden, inclusief de jongen worden jaarlijks aangetroffen tussen april en augustus (Figuur 8-32). De hogere aantallen volwassen individuen worden voornamelijk geteld in het westelijk deel van de Westerschelde (Figuur 8-33) terwijl de hoogste aantallen jongen voornamelijk worden aangetroffen in het midden en het westen van de Westerschelde. Ook voor het aantal jongen is de trend positief.

Tabel 8-9: Tellingen MWTL van de gewone zeehond, inclusief de jongen ("-": tellingen werden niet uitgevoerd in de Westerschelde).

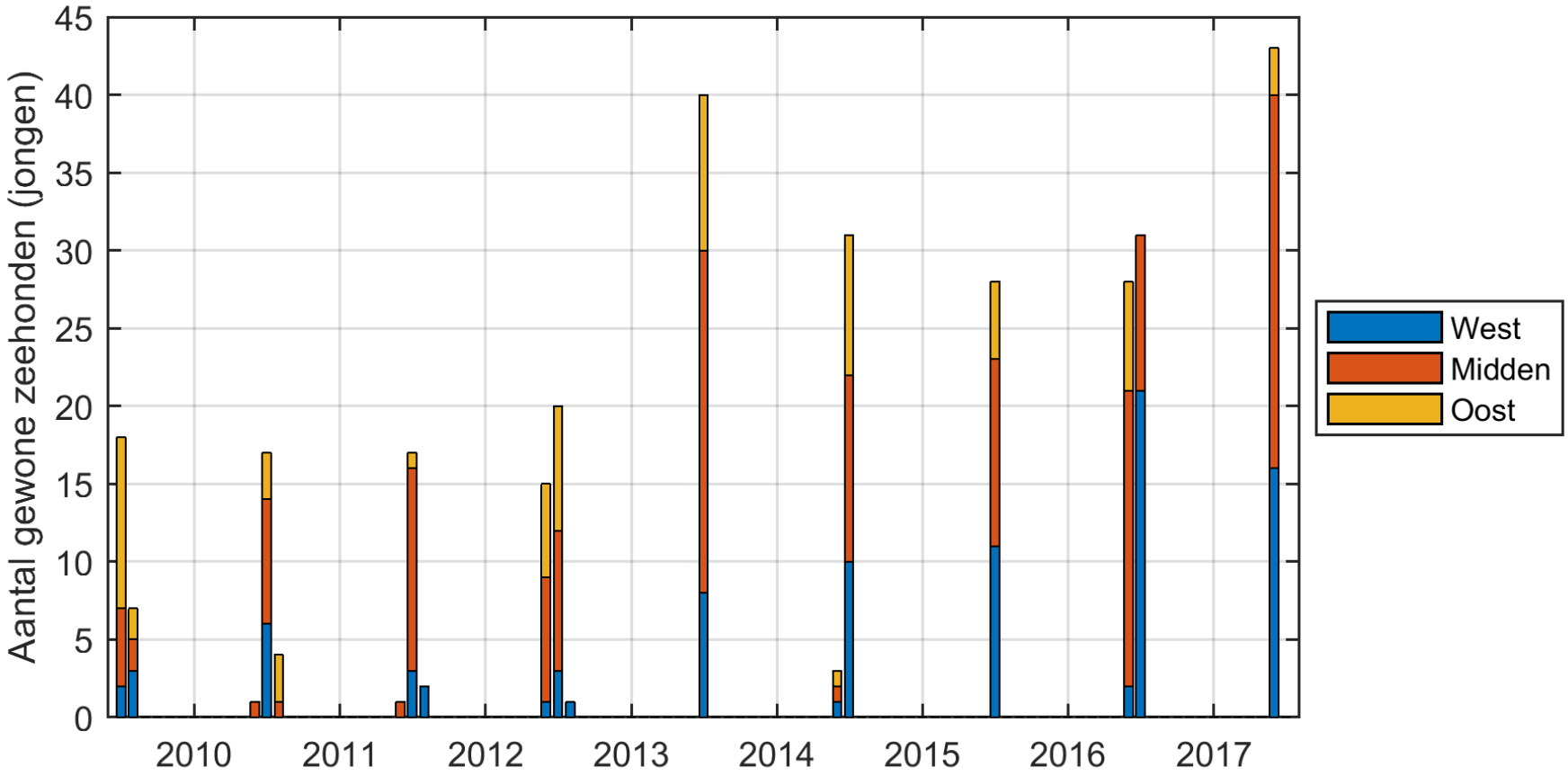
maand	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
jul	19	30	43	45	40	47	50	55	61	87	99	102	127	192	131	148	221
aug	31	33	45	25	49	43	50	70	71	88	95	119	159	188	184	200	224
sep	23	22	26	32	31	39	44	41	49	59	69	80	117	174	-	-	-
okt	14	12	17	6	30	19	13	11	28	26	21	51	94	97	-	-	-
nov	10	13	25	22	12	29	10	32	12	15	71	39	23	-	-	-	-
dec	11	20	1	-	9	18	24	11	-	26	48	38	33	39	133	128	36
jan	14	12	14	15	21	11	9	28	3	22	53	70	87	132	103	44	46
feb	0	7	13	-	-	4	5	-	33	10	67	-	61	130	58	154	1
mrt	25	33	12	1	35	36	31	-	90	23	71	71	64	56	143	158	72
apr	5	33	23	37	42	46	28	63	72	84	104	131	111	160	180	239	152
mei	11	33	36	11	49	40	56	57	63	76	56	41	95	127	120	122	189
jun	17	33	30	26	46	29	53	39	59	69	76	124	121	97	111	169	166
Totaal	**180**	**281**	**285**	**220**	**364**	**361**	**373**	**407**	**541**	**585**	**830**	**866**	**1092**	**1392**	**1163**	**1362**	**1107**



Figuur 8-32: Temporele evolutie van het aantal gewone zeehonden, inclusief de jongen, in de Westerschelde tussen juli 2008 en juli 2017



Figuur 8-33: Spatiotemporele evolutie het aantal volwassen gewone zeehonden in de Westerschelde tussen juli 2009 en juni 2017. De maanden zonder zeehondenaantallen zijn maanden zonder tellingen.

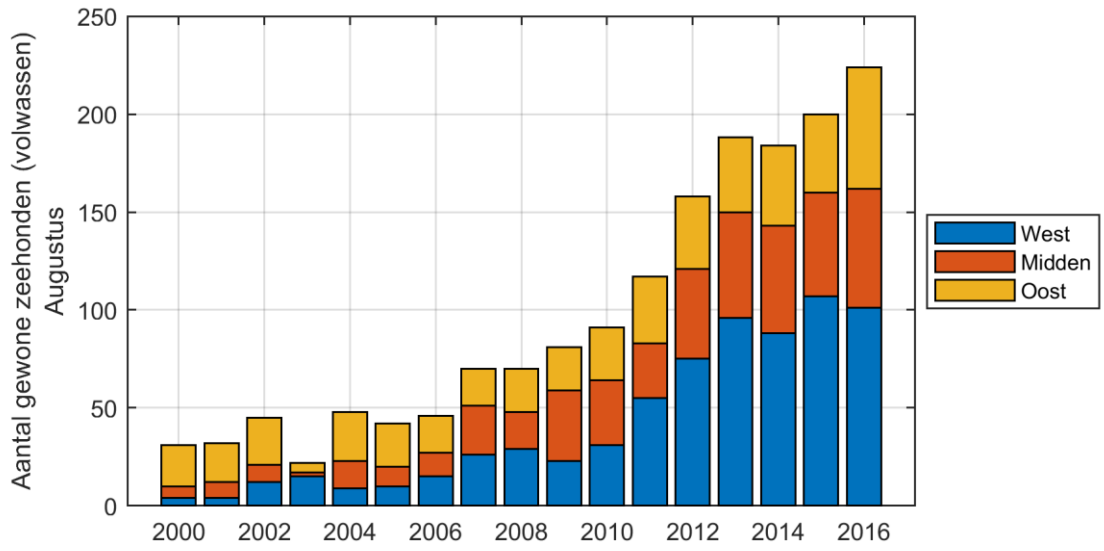


Figuur 8-34: Spatiotemporele evolutie van het aantal jonge gewone zeehonden in de Westerschelde tussen juli 2009 en juni 2017

Een niet-parametrische Seasonal Kendall test geeft aan dat de stijging van het aantal getelde gewone zeehonden tussen 2009 en 2016 significant is ($p<0,05$) en de trendmatige toename in aantal wordt op 13 individuen per jaar geschat.

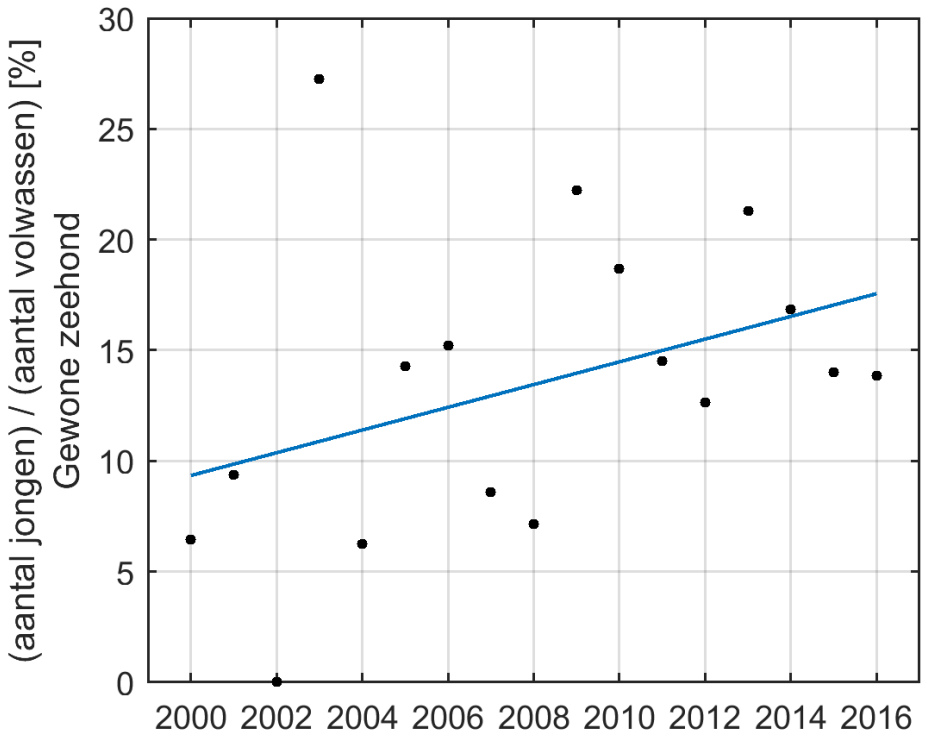
Uit onderzoek is gebleken dat de maand augustus de kleinste variatie in totale aantallen vertoont en bijgevolg het meest geschikt is voor het uitvoeren van een trendanalyse (Holzhauer *et al.*, 2011a).

In Figuur 8-35 worden de augustustellingen van de gewone zeehond weergegeven tussen 2000 en 2016. Hierin is duidelijk een stijging merkbaar in aantallen in de tijd en dan voornamelijk in het midden en westen van de Westerschelde. In 2016 zijn er in het oosten van de Westerschelde ook beduidend meer zeehonden geteld in vergelijking met de vorige jaren.



Figuur 8-35: Spatiotemporele evolutie van het aantal gewone zeehonden in de maand augustus in de Westerschelde tussen 2000 en 2016.

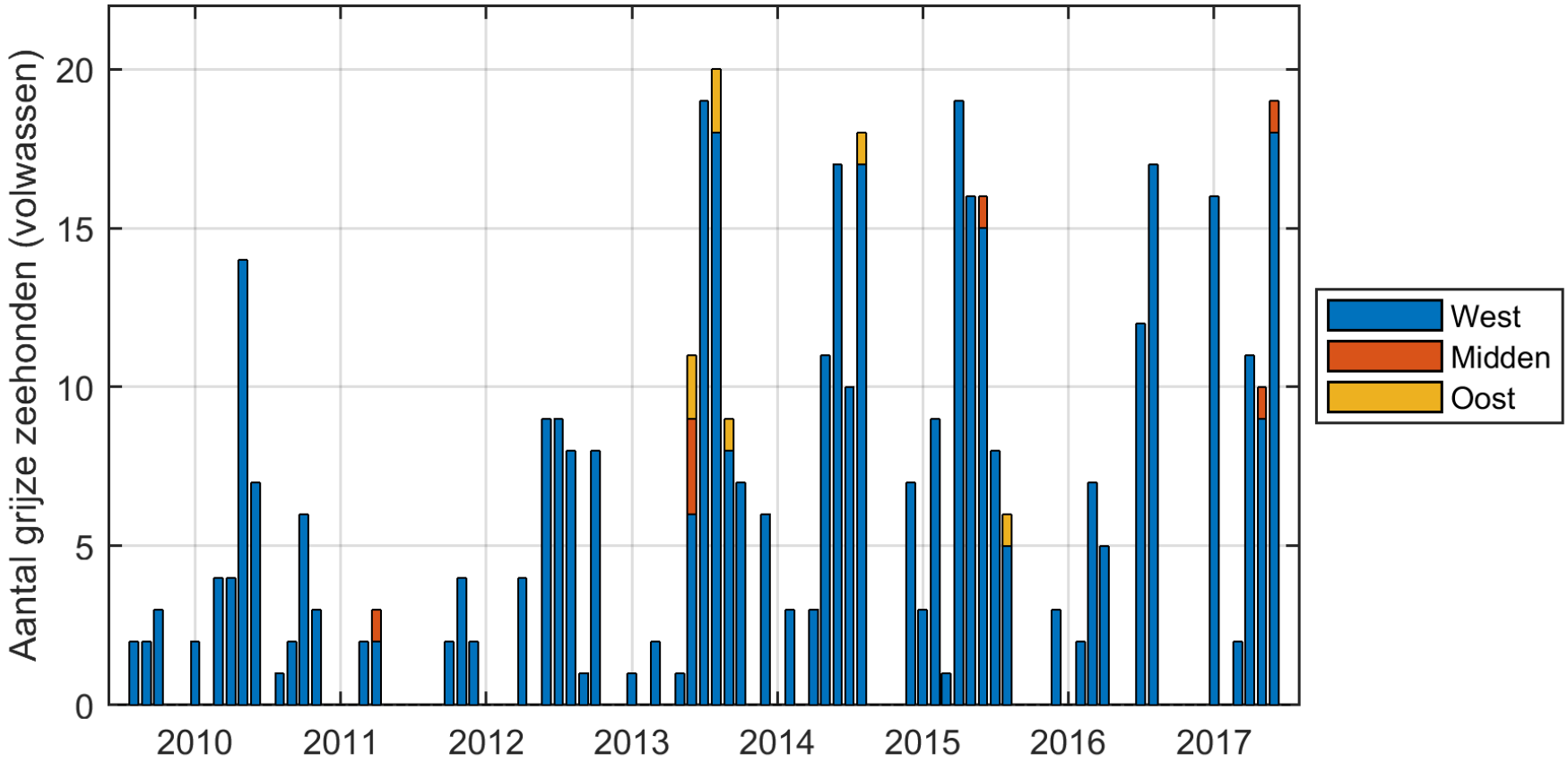
Figuur 8-36 geeft het percentage jongen weer van de populatie gewone zeehonden in de Westerschelde dat jaarlijks in juli werd geteld. Voor het aantal adulten wordt de augustustelling gebruikt. Ook in deze verhouding is een stijging waar te nemen, wat aanduidt dat de populatie steeds stabieler wordt.



Figuur 8-36: Percentage van het aantal jongen (juli telling) in de populatie gewone zeehonden (augustus telling).

Grijze zeehond

Er worden beduidend minder grijze zeehonden (maximum aantal: 20) dan gewone zeehonden (maximum aantal: 239) aangetroffen in de Westerschelde. Uit Figuur 8-37 blijkt dat er sinds de zomermaanden van 2013 meer grijze zeehonden worden gespot, hoewel de aantallen in 2016 wat lager liggen. Ze werden voornamelijk in het westelijk deel van de Westerschelde aangetroffen, en slechts enkele malen ook aangetroffen in het midden en het oosten. Het aantal jonge grijze zeehonden blijft beperkt, er werden slechts 3 pups aangetroffen in de Westerschelde tussen 2009 en 2017, namelijk in 2 in februari 2014 en 1 in januari 2017 in het westelijke deel.



Figuur 8-37: Spatiotemporele evolutie van het aantal volwassen grijze zeehonden in de Westerschelde tussen juli 2009 en juni 2017.

8.4 SAMENVATTING FAUNA

Macrozoöbenthos

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 die zich ook verder zet in 2016 en 2017. Ondanks een toename in laagdynamisch areaal wordt hierin vooralsnog geen ommekeer vastgesteld. Op Hooge Platen neemt het habitat geschikt voor kokkels af waardoor er zelf in jaren met een goede broedval nog nauwelijks waarnemingen gebeuren. 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.

Het nonnetje *Macoma balthica* vertoont een positieve trend tussen de jaren ’90 en 2000 waarna de densiteit redelijk stabiel blijft. Vanaf 2014 is er echter een daling zichtbaar in de biomassa en in mindere mate de densiteit.

Voor een verder doorgedreven analyse van de benthos gegevens, zoals aanbevolen door de CMW, wordt verwezen naar de studie Ecologische Validatie Plaatrandstortingen en het T2015-rapport.

Vogels

Voor de **niet-broedvogels** 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. De bentivoren, een belangrijke groep voor het estuarium, gaan sterk achteruit, met de uitzondering van de bergeend en wulp. Ook wat betreft het halen van de instandhoudingsdoelstellingen (IHD) is er geen verbetering merkbaar: tussen 2009 en 2016 voldeden enkel de bergeend, kleine zilverreiger, krakeend, lepelaar, slobeend en wulp aan de IHD norm. Sinds 2014 voldoet de kanoet niet meer, en de andere soorten halen de IHD’s helemaal niet of slechts sporadisch.

Een recente afname in aantallen na een periode van toename is zichtbaar voor drieteenstrandloper, kanoet, kievit en kluut. Het is echter moeilijk uit te sluiten of deze achteruitgang rechtstreeks verband houdt met de ontwikkelingen ten gevolge van de verruiming. De afname van de populaties van de kluut en kievit zijn immers ook op nationale schaal of in het Deltagebied zichtbaar. De soorten waarvoor in de Passende Beoordeling een achteruitgang werd voorzien (tureluur, zwarte ruiter en groenpootruiter), zijn er effectief (verder) op achteruit gegaan.

De oorzaak van de afname van niet-broedvogels op lange termijn houdt verband met de algehele toestand van het ecosysteem. Factoren die hierbij een rol spelen zijn het versteiling en verhoging van platen, de afname van de droogvalduur en bijgevolg het foergeergebied, afname van de kokkelpopulatie, overbegrazing, de verstoring door recreatie en werkzaamheden langsheen de dijken en het verschorren van platen ten koste van laagdynamisch areaal.

Hoewel er een positieve ontwikkeling bestaat in het ontstaan van nieuw laagdynamisch areaal ten gevolge van de plaatrandstortingen, volgt hier voorlopig nog geen stijging uit naar vogelbezoeken.

Het aantal **broedvogel**paren toont een gemengde evolutie en de aantallen fluctueren sterk. Na een dieptepunt van het aantal broedparen van de kluut en bontbekplevier was er in 2016 en 2017 opnieuw een sterke toename zichtbaar. Ook de aantallen broedparen van de zwartkopmeeuw blijven stijgen, terwijl de visdieven achteruit gingen.

De sternen zijn afhankelijk van nestplaatsen, bij voorkeur op de platen wegens een toegenomen predatiedruk door vossen en verstoring. In de Westerschelde is Hooge Platen een belangrijke broedplaats voor sternen en meeuwen. Deze plaat staat echter sterk onder druk ten gevolge van erosie en overspoeling van het westelijk deel. Voor de plevieren en de kluut spelen nog andere factoren een rol: recreatiedruk, successie van vegetatie langs dijken, … Natuurontwikkelingsgebieden langsheen de Westerschelde spelen een belangrijke rol in het voorzien van geschikte broedplaatsen voor vogels.

De analyse van de **droogvalduur** toont aan dat er netto een afname is opgetreden van het beschikbaar en laagdynamisch foerageergebied voor steltlopers. Dit is voornamelijk zichtbaar in Macrocel 1 en 3. De evolutie het gevolg is van zowel wijzigingen in de bathymetrie en de 18,6-jarige cyclus in de getijslag.

Zeehonden

Er wordt een trendmatige toename geschat van 13 individuen gewone zeehonden per jaar in de Westerschelde. De toename is de laatste jaren echter minder sterk, maar de stijging zet zich nog steeds voort, wat er op wijst dat de draagkracht van het gebied nog niet bereikt is. De draagkracht wordt beïnvloed door de beschikbaarheid van voedsel en ruimte, voornamelijk ligplaatsen op droogvallende zandplaten, verbetering van de waterkwaliteit en voldoende rust. De populatie in de Westerschelde is afhankelijk van de uitwisseling met populaties elders in het Deltagebied, de Waddenzee, Engeland en Frankrijk, hoewel de populatie door het stijgend aandeel aan pups steeds beter in staat is om zichzelf in stand te houden.

Er worden beduidend minder grijze zeehonden dan gewone aangetroffen in de Westerschelde, met slechts drie jongen tussen 2009 en 2017. 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.

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.

Alkyon (2006). Plaatmorfologie Westerschelde. Veranderingen in de plaatmorfologie van de Westerschelde en de gevolgen voor het steltloperhabitat: onderzoeksrapport.

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.

Arcadis (2015a). Verkenningen proefstortzones Westerschelde: eerste inschatting haalbaarheid. Arcadis rapport met kenmerk 077939190:B.

Arcadis (2015b). Passende beoordeling en natuurtoets gebruik proefstortlocaties vaargeulonderhoud Westerschelde. Arcadisrapport met kenmerk 78481713:A.

Arts F.A., Hoekstein M.H.J., Lilipaly S., van Straalen K.D., Sluijter M. & Wolf P.A. (2018a). Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2017. Rijkswaterstaat, Delta Project Management.

Arts F.A., Hoekstein M.H.J., Lilipaly S., van Straalen K.D., Wolf P.A. & Sluijter M. (2018b). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2015/2016. Rijkswaterstaat, Delta Project Management.

Arts F.A., Hoekstein M.H.J., Lilipaly S., van Straalen K.D., Wolf P.A. & Wijnants L. (2017). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2015/2016. Rijkswaterstaat, Delta Project Management.

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.

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. (2018). Stranding and rehabilitation in numbers: population development and stranding data on the Dutch coasts 1990-2016 : analysis of new data from a public database. Wageningen Marine Research.

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.

CLO (2018). Gewone en grijze zeehond in Waddenzee en Deltagebied, 1960 - 2017 | Compendium voor de Leefomgeving.

Consortium Arcadis-Technum (2007a). Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Achtergronddocument Baggeren en storten.

Consortium Arcadis-Technum (2007b). Hoofdrapport Milieueffectenrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Consortium Arcadis-Technum.

Consortium Arcadis-Technum (2007c). Milieueffectenrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Basisrapport Overige Aspecten. Consortium Arcadis – Technum.

Consortium Arcadis-Technum (2007d). Hoofdrapport Milieueffectenrapport Verruiming vaargeul Beneden- Zeeschelde en Westerschelde. Consortium Arcadis-Technum.

Consortium Arcadis-Technum (2007e). Hoofdrapport Passende Beoordeling: verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. 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).

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.

Deltares (2013). Instandhouding vaarpassen Schelde Milieuvergunningen terugstorten baggerspecie LTV – Veiligheid en Toegankelijkheid. Aanvullend onderzoek historische ontwikkeling getij Basisrapport grootschalige ontwikkeling G-8. 1207720-000-ZKS-0005, I/RA/11387/12.300/GVH.

Deltares & IMDC (2018). Baggerdepositie in diepe geulen. Strategie voor het plaatsen van gebaggerd materiaal in de diepere getijdegeulen van de Westerschelde.

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 (2012). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Deelopdracht 7: Analyse van stortingen in de diepe delen van de hoofdgeul. I/RA/11353/11.076/MIM.

IMDC (2013a). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Derde Verruiming Schelde: voortgangsrapport data 2010-2011. I/RA/11353/12.197/DDP.

IMDC (2013b). 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 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 (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 (2015a). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Voortgangsrapport 2012-2013: Syntheserapport. I/RA/11353/14.159/DDP.

IMDC (2015b). 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 (2016). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Multivariate analyse van metingen van sedimentconcentratie in de Zeeschelde. I/RA/11353/15.228/THL.

IMDC (2017a). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Voortgangsrapportage 2014-2015 : Syntheserapport. I/RA/11353/16.117/THL.

IMDC (2017b). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Voortgangsrapportage 2014-2015: Data- en analyserapport. I/RA/11353/16.073/DDP.

IMDC (2017c). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Maandelijkse rapportage augustus - september 2017. I/RA/11498/17.148/JMA/.

IMDC (2017d). Vaarwegbeheer 2016-2021 - Bestelopdracht 1: Flexibel Storten 2017 - Maandrapport plaatrandstortingen april - mei 2017. I/RA/11498/17.086/MGO.

IMDC (2018a). Statusrapport 8 jaar na de aanvang van de plaatrandstortingen. I/RA/11498/18.050/MGO/.

IMDC (2018b). Maandrapport december 17 - januari 18. I/RA/11498/18004/JMA.

IMDC (2018c). Factual datarapport Diepe Delen 2017. I/RA/12161/17.204/GLE/.

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, HWE & ECOBE (2015). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Voortgangsrapportage 2012-2013: Data- en analyserapport. I/RA/11353/14.158/DDP.

IMDC, UA & HWE (2013). Derde Verruiming Schelde: Voortgangsrapport Data 2010-2011. IMDC NV., I/RA/11353/12.197/DDP.

IMDC, UA & HWE (2014). Monitoringprogramma Flexibel Storten: Voortgangsrapportage 2012-2013 : Analyserapport. in opdracht van Afdeling Maritieme Toegang, I/RA/11353/14.158/DDP.

INBO (2018). MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: Toestand Zeeschelde 2017 - 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. (2015). 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. (2017a). Sedimentatie/Erosie metingen Flexibel Storten. Brondata Datarapportage 2017 (.xlsx data). Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening.

Jentink R. (2017b). Opvolging Effecten Flexibel Storten. Halfjaar rapportage Hoogeplaten West, tweede halfjaar 2017. Rapportnummer: 7210A/KR-HPW-2-2017. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening, Inwinning en Gegevensanalyse, Regio Zuid, Middelburg.

Jentink R. (2017c). Opvolging Effecten Flexibel Storten. Halfjaar rapportage Hoogeplaten Noord, tweede halfjaar 2017. Rapportnummer: 7210A/KR-HPN-2-2017. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening, Inwinning en Gegevensanalyse, Regio Zuid, Middelburg.

Jentink R. (2017d). Opvolging Effecten Flexibel Storten. Halfjaar rapportage Plaat van Walsoorden, tweede halfjaar 2017. Rapportnummer: 7210A/KR-PVW-2-2017. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening, Inwinning en Gegevensanalyse, Regio Zuid, Middelburg.

Jentink R. (2017e). Opvolging Effecten Flexibel Storten. Halfjaar rapportage Rug van Baarland, tweede halfjaar 2017. Rapportnummer: 7210A/KR-RVB-2-2017. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening, Inwinning en Gegevensanalyse, Regio Zuid, Middelburg.

Jentink R., de Klerk J. & Schrijver M. (2017). Opvolging effecten Flexibel Storten, datarapportage 2016. 7210A/DR-2017–01.

Jentink R., de Klerk J. & Schrijver M. (2018). Opvolging effecten Flexibel Storten, datarapportage 2017. Rijkswaterstaat, 7210A/DR-2017–01.

KMI (2017). Klimatologisch jaaroverzicht, 2016.

KMI (2018). Klimatologisch jaaroverzicht, 2017.

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 ism VUB, IMDC, UGent, NIOO, Ecolab en VLIZ, ECOBE 016-R191, in opdracht van Vlaamse Overheid, Waterwegen & Zeekanalen – afdeling Zeeschelde.

Maris T. & Meire P. (2017). OMES rapport 2016. Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. UAntwerpen ism VUB, IMDC, UGent, NIOZ, Ecolab en VLIZ, 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 ism VUB, IMDC, UGent, NIOO, Ecolab en VLIZ, 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.

Plancke Y. (2018). Memo: Korrelanalyse en natte densiteit baggerstalen.

Plancke Y., Van de Moortel I., Hertogs R., Vereecken H., Vos G., Verdoodt N., Meire D., Deschamps M. & Mostaert F. (2017). MONEOS - Jaarboek monitoring 2016: Factual data rapportage van monitoring waterbeweging en fysische parameters in de Zeeschelde in 2016. Waterbouwkundig Laboratorium, WL2017R12_070_6.

Projectgroep Flexibel Storten (2016). Toetsing Kwaliteitsparameters 2016.

Rappoldt C. & Ens B.J. (2007). Scholeksters en de verruiming van de Westerschelde: Modelberekeningen voor de periode 1992-2015 aan het effect van de voorgenomen verruiming van de vaargeul op het aantal scholeksters. *SOVON-Onderz.*

Rijkswaterstaat (2006). Ecotopenkaarten Westerschelde. Werkdocument bij de edities 1996, 2001 en 2004. Rijkswaterstaat Zeeland.

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.

Schellekens T. & Vanagt T. (2018a). Ecologische validatie plaatrandstortingen - Synthese rapport. e-Coast, eurofins, Habitat-Advies, Antea Group, VisAdvies.

Schellekens T. & Vanagt T. (2018b). Ecologische validatie plaatrandstortingen - Technisch rapport. e-Coast, eurofins, Habitat-Advies, Antea Group, VisAdvies.

Schrijver M. (2018a). Monitoring meergeulensysteem Westerschelde - Toetsing criteria nevengeulen 2017. Rijkswaterstaat Zeeland, 7210A/MMGW-2018–01.

Schrijver M. (2018b). Toelichting op de resultaten toetsing criterium sedimentatie/erosie plaathoogtes.

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. (2017). Monitoring geulwanden Westerschelde 2016. Locaties Ossenisse, Zuidergat, Baalhoek, Valkenisse, Bath en Saeftinge. Rijkswaterstaat.

Spronk G. & Vereecken H. (2010). Verslag Afstemming monitoring - Saliniteit, Geleidendheid, Chloride. Vlaams Nederlandse Schelde Commissie (VNSC).

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.

T2015 Consortium (2018). T2015-rapportage Schelde-estuarium - Evaluatierapport.

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.

van der Winden J., de Fouw J., Dreef C., van Horssen P.W. & Dirksen S. (2017). Deltagebied: nationaal en internationaal topgebied voor vogels. Status, trends, bedreigingen en toekomst watervogels in het Deltagebied. Sjoerd Dirksen Ecology - Vogelbescherming Nederland, SjDE17-02.

Van Veen J. (1944). Schelderegiem en Schelderegie; Opmerkingen over Scheldepublicaties. Rijkswaterstaat.

Van Veen J. (1950). Eb- en Vloedschaar Systemen in de Nederlandse Getijwateren. *Tijdschr. Van Het K. Ned. Aardrijkskd. Genoot.*, 67, 303–325.

Vandenbruwaene W., Hertoghs R., Michielsen S., Van de Moortel I., Vos G., Plancke Y., Vereecken H., Meire D., Deschamps M. & Mostaert F. (2018). MONEOS - Jaarboek monitoring 2017: Factual data rapportage van monitoring waterbeweging en fysische parameters in de Zeeschelde in 2017. Waterbouwkundig Laboratorium, WL2018R12_070_7.

Vandenbruwaene W., Meire D., Vanlede J., Plancke, Y, Vanlierde E., Verwaest T. & Mostaert F. (2016). Integraal Plan Boven-Zeeschelde: Deelrapport 2 – Getijrapport Boven-Zeeschelde, Rupel en Durme. Versie 6.0. Waterbouwkundig Laboratorium, WL2016R13_131_2.

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.

Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie (2014). Protocol voorwaarden voor flexibel storten - Kwaliteitsparameters.

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 (2005). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2005.

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 (2009). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2009. Vlaamse Milieumaatschappij.

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 (2015). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2015.

VMM (2016). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2016.

VMM (2017a). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Westerschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Westerschelde. Campagne 2017.

VMM (2017b). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2017.

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.

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., 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.