

Opdrachtgever:
Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie

Evaluatierapport

T2015-rapportage Schelde-estuarium



Opdrachtgever:
Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie

Evaluatierapport

T2015-rapportage Schelde-estuarium



Auteurs

HKV:

H.J. Barneveld

R.P. Nicolai

Bureau Waardenburg:

T.J. Boudewijn

J.W. de Jong

K. Didden

R.J.W. van de Haterd

Antea:

I. Van de Moortel

C. Velez

Voorwoord

Vlaanderen en Nederland hebben een evaluatiemethodiek ontwikkeld, om het functioneren van het Schelde-estuarium en de activiteiten die in het estuarium plaatsvinden te beoordelen. De eerste keer dat deze evaluatiemethodiek werd toegepast had als doel om de referentie voor verdere evaluaties vast te leggen. Daarvoor is het jaar 2009 aangehouden en werd die referentie aangeduid als T2009. T2009 beschreef het systeem van het Schelde-estuarium in het jaar 2009 en de trendmatige ontwikkelingen uit het verleden tot 2009.

Voor u ligt de eerste daadwerkelijke evaluatie: T2015. Deze analyseert de ontwikkelingen sinds 2009 en vergelijkt die met de T2009, om de toestand en het functioneren van het Schelde-estuarium in 2015 te beschrijven.

In een aparte samenvatting zijn de conclusies van de T2015-rapportage Schelde-estuarium kort beschreven.

De T2015 is uitgevoerd door de bureaus HKV IJN in water, Antea Group Belgium en Bureau Waardenburg, en werd intensief begeleid door de projectgroep Evaluatie en Rapportage¹ (PG ER). Tevens zijn gedurende de voorbereiding en uitvoering van de evaluatie drie workshops georganiseerd, waarin ook experts van de werkgroep Onderzoek en Monitoring van de Vlaams-Nederlandse Scheldec commissie (VNSC) hun bijdrage hebben geleverd.

We willen de leden van de PG ER en de overige experts hierbij hartelijk danken voor hun bijdrage aan de totstandkoming van de T2015-rapportage. De inhoudelijke discussies met de experts en hun kritische maar opbouwende review van de rapporten waren van groot belang voor deze T2015 evaluatie.

¹ De projectgroep Evaluatie en Rapportage is onderdeel van de permanente Werkgroep Onderzoek & Monitoring van de Vlaamse-Nederlandse Schelde Commissie opgericht ter ondersteuning van beleid en beheer van het Schelde-estuarium (zie ook http://http://scheldemonitor.be/nl/OM_organisatie).

Inhoud

Lijst van tabellen.....	vii
Lijst van figuren.....	xi
1 Inleiding.....	1
1.1 Context.....	1
1.2 Achtergrond.....	2
1.3 Doel.....	3
1.4 Uitgangspunten.....	4
1.5 Leeswijzer.....	4
2 Opzet evaluatie.....	5
2.1 Vertrekpunt: de T2015 analyse.....	5
2.2 Vorm van de T2015 evaluatie.....	5
2.3 Correlatie en causaliteit.....	6
3 Dynamiek waterbeweging.....	7
3.1 Inleiding.....	7
3.2 Toetsparameter Hoogwater.....	8
3.2.1 Rekenparameter jaargemiddeld hoogwater.....	8
3.2.2 Rekenparameter 99 ^e percentiel hoogwater.....	16
3.3 Toetsparameter Golven.....	21
3.3.1 Rekenparameter jaargemiddelde significante golfhoogte.....	21
3.3.2 Rekenparameter jaarlijkse cumulatieve verdeling van de significante golfhoogte.....	22
3.4 Evaluatie.....	23
4 Bevaarbaarheid.....	27
4.1 Inleiding.....	27
4.2 Toetsparameter Beschikbare diepte.....	28
4.2.1 Rekenparameter jaargemiddeld hoogwater.....	29
4.2.2 Rekenparameter jaargemiddeld laagwater.....	29
4.2.3 Rekenparameter onderhoudsbyggervolume.....	34
4.3 Toetsparameter Looptijd getij.....	40
4.3.1 Rekenparameter jaargemiddelde looptijd hoogwater en jaargemiddelde looptijd laagwater.....	40
4.4 Evaluatie.....	41
5 Plaat- en geulsysteem.....	45
5.1 Inleiding.....	45
5.2 Monding.....	45
5.2.1 Definitie.....	45
5.2.2 Weidsheid / openheid.....	46
5.2.3 Overgangsgebied.....	46
5.2.4 Ingrepen in de natuurlijke morfologie.....	46
5.3 Meergeulensysteem.....	48
5.3.1 Definitie.....	48
5.3.2 Meergeulensysteem - Geheel.....	48
5.3.3 Macrocel 1 en mesocel 2.....	49

5.3.4	Macrocel 3	52
5.3.5	Macrocel 4	54
5.3.6	Macrocel 5	55
5.3.7	Macrocel 6	58
5.3.8	Macrocel 7	60
5.4	Ééngeelsysteem	60
5.4.1	Definitie	60
5.4.2	Meanderend karakter	61
5.4.3	Geometrie	61
5.4.4	Ruimte om getijndringing te verwerken	62

6 Waterkwaliteit..... 63

6.1	Inleiding.....	63
6.2	Toetsparameter Nutriënten.....	64
6.2.1	Definitie.....	64
6.2.2	Zuurstoftekort door eutrofiëring.....	65
6.2.3	Verschuiving in algenpopulaties	68
6.2.4	Toxiciteit.....	70
6.2.5	Verklaring Nutriënten	72
6.3	Toetsparameter Zuurstof.....	73
6.3.1	Definitie.....	73
6.3.2	Beoordeling Zuurstof	74
6.3.3	Verklaring Zuurstof	77
6.4	Toetsparameter Algen.....	78
6.4.1	Definitie.....	78
6.4.2	Doorstroming van energie.....	79
6.4.3	Plaagalgen	83
6.5	Toetsparameter Verontreinigende stoffen	85
6.5.1	Definitie.....	85
6.5.2	Waterbodempkwaliteit.....	85
6.5.3	Chemische waterkwaliteit oppervlaktewater	87
6.5.4	Milieuverontreinigende stoffen in biota.....	91
6.6	Verklarende Parameter Zoutgehalte.....	92
6.6.1	Definitie.....	92
6.6.2	Verschuiving.....	92
6.6.3	Verklaring	94
6.7	Verklarende Parameter Slibhuishouding	95
6.7.1	Definitie.....	95
6.7.2	Suspensiegehalte	96
6.7.3	Bodemsamenstelling	98
6.8	Evaluatie.....	98

7 Leefomgeving..... 101

7.1	Inleiding.....	101
7.2	Toetsparameter Oppervlak	103
7.2.1	Rekenparameter Hoogdynamisch versus laagdynamisch sublitoraal (WS).....	104
7.2.2	Rekenparameter Diep en ondiep water (ZS)	107
7.2.3	Rekenparameter Hoogdynamisch litoraal (WS)	108
7.2.4	Rekenparameter Laagdynamisch (laag-, middelhoog- en hooggelegen) litoraal.....	109
7.2.5	Rekenparameter Pioniervegetatie (WS).....	112

7.2.6	Rekenparameter Schorvegetatie	113
7.3	Toetsparameter Kwaliteit	114
7.3.1	Rekenparameter Laagwaterstrook grenzend aan laagdynamisch litoraal	114
7.3.2	Rekenparameter Helling litoraal en gehele profiel	115
7.3.3	Rekenparameter Hoogtegradiënt laagdynamisch gebied	115
7.3.4	Rekenparameter Zonering schorhabitat	116
7.3.5	Rekenparameter Breedte schorhabitat	116
7.3.6	Rekenparameter Oeverbreedte	117
7.4	Toetsparameter Turn-over	118
7.4.1	Rekenparameters Gemiddelde turn-over	118
7.4.2	Rekenparameter Turn-over in de tijd	119
7.5	Evaluatie	124
8	Flora en Fauna	129
8.1	Inleiding	129
8.2	Toetsparameter Vegetatie	131
8.2.1	Algemeen	131
8.2.2	Rekenparameter Intactness Index	132
8.2.3	Rekenparameter Sleutelsoorten: trends in aantallen	133
8.2.4	Rekenparameter Trends in exoten	134
8.3	Toetsparameter Fytoplankton	134
8.3.1	Algemeen	134
8.3.2	Rekenparameter Intactness index	134
8.3.3	Rekenparameter Sleutelsoorten: trends aantallen/biomassa	135
8.3.4	Rekenparameter Trends in exoten	136
8.4	Toetsparameter Zoöplankton	137
8.4.1	Algemeen	137
8.4.2	Rekenparameter Intactness index	137
8.4.3	Rekenparameter Trends in sleutelsoorten	137
8.4.4	Rekenparameter Trends in exoten	138
8.5	Toetsparameter Benthos	139
8.5.1	Algemeen	139
8.5.2	Rekenparameter Intactness-Index	139
8.5.3	Rekenparameter sleutelsoorten	139
8.5.4	Rekenparameter trends in exoten	141
8.6	Toetsparameter Vissen	142
8.6.1	Algemeen	142
8.6.2	Rekenparameter Intactness-Index	142
8.6.3	Rekenparameter sleutelsoorten: trends in aantallen/biomassa	143
8.6.4	Rekenparameter trends in exoten	147
8.7	Toetsparameter Vogels	148
8.7.1	Algemeen	148
8.7.2	Rekenparameter Intactness-Index niet-broedvogels	148
8.7.3	Rekenparameter Sleutelsoorten: trends in aantallen (broed- en niet-broedvogels)	149
8.7.4	Rekenparameter Trends in exoten (niet-broedvogels)	163
8.8	Toetsparameter Zoogdieren	164
8.8.1	Algemeen	164
8.8.2	Rekenparameter Aantal zeehonden	164
8.8.3	Verklarende parameter aantal pups geboren in de Schelde	166

8.9	Evaluatie	166
9	Ecologisch functioneren.....	173
9.1	Inleiding.....	173
9.2	Toetsparameter Macrozoöbenthos	175
9.2.1	Rekenparameter WS verhouding macrobenthische biomassadichtheid- primaire productie	175
9.2.2	Rekenparameter ZS: 30 ton AFDW aan benthos.....	178
9.2.3	Rekenparameter Diversiteit macrozoöbenthos	179
9.2.4	Rekenparameter Filterfunctie van macrozoöbenthos	179
9.3	Toetsparameter Vis & Vogels	181
9.3.1	Rekenparameter biomassa verhouding secundaire/primaire consumenten.....	181
9.4	Evaluatie	186
10	Referenties	189
Bijlage A	Studiegebied en indeling	201
Bijlage B	Menselijke ingrepen.....	209
Bijlage C	Nadere analyse jaargemiddelde hoogwaterstanden	213
Bijlage D	Analyse relatieve getijslag.....	233
Bijlage E	Figuren Bevaarbaarheid.....	251
Bijlage F	Figuren Plaat- en Geulsysteem	261
Bijlage G	Tabellen Waterkwaliteit	277
Bijlage H	Figuren en Tabellen Leefomgeving	281
Bijlage I	Ontwikkeling van macrozoöbenthos	291
Bijlage J	Verkenning stroomsnelheden Westerschelde	293

Lijst van tabellen

Tabel 3-1:	Peilschalencorrectie die WL in 2013 heeft doorgevoerd op de metingen van Vlaamse getijstations sinds 2011. De stations zijn op alfabetische volgorde vermeld. De namen van de belangrijkste stations zijn cursief gedrukt. Een correctie van -1,0 cm betekent dat WL de meetwaarden vanaf 2011 met 1,0 cm heeft verlaagd.	11
Tabel 3-2:	Residuen van de T2009 regressie op hoogwaterstanden te Antwerpen. De tabel geeft het verschil tussen verwachte waarde volgens de T2009 regressie en de uit de data berekende jaargemiddelde hoogwaterstanden voor de periode 2010-2015. Gecorrigeerd T2009 residu: correctie op basis van lineaire relaties tussen residuen hoogwater te Antwerpen en zowel de jaargemiddelde afvoer te Schelle als de jaargemiddelde windopzet te Vlissingen.	12
Tabel 3-3:	Gemiddelde effect van afvoerdebit en rechte windopzet in centimeters op de residuen van het T2009 regressiemodel voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij 4 getijstations in de periode 2010-2015.	12
Tabel 4-1:	Vergelijking waargenomen versus voorspelde baggervolumes [miljoen m ³ in situ volume] i.r.t. de derde verruiming. Bron voorspelling: Arcadis & Technum (2007b); Bron waargenomen/realiteit: Barneveld et al. (2018a).....	35
Tabel 5-1:	Geometrische verandering van de Zeeschelde met de historische (voor 2009) en recente (2009-2015) trend: dalend (↘), stijgend, (↗), neutraal (0) of onbekend (?) met aanduiding van een buigpunt (indien dit recent voorkwam).....	61
Tabel 6-1:	Hoogste waargenomen Phaeocystis concentratie [10 ⁶ cellen per liter] in het zomerhalfjaar. De waarden te Hansweert en te Vlissingen komen vanaf respectievelijk 2013 en 2015 van een nieuw meetstation gelegen nabij het voorgaande.	83
Tabel 6-2:	Evaluatie metalen in de waterbodem die de norm minimaal 1 jaar overschreden in een zone tussen 2010-2015: niet opgemeten (Wit), boven (Rood) en onder de norm (Groen). Kwaliteitsklasse van het jaar met de hoogste waarde inclusief evaluatie: 1 & 2 (Geen & lichte afwijking) = positief, 3 & 4 (Afwijking & sterke afwijking) = negatief.	86
Tabel 6-3:	Evaluatie organische stoffen in de waterbodem die de norm minimaal 1 jaar overschreden in een zone tussen 2010-2015: niet opgemeten (Wit), boven (Rood) en onder de norm (Groen). Kwaliteitsklasse van het jaar met de hoogste waarde inclusief evaluatie: 1 & 2 (Geen & lichte afwijking) = positief, 3 & 4 (Afwijking & sterke afwijking) = negatief.	86
Tabel 6-4:	Evaluatie metalen in het oppervlaktewater die de norm minimaal 1 jaar overschreden in een zone tussen 2010-2015: niet opgemeten (Wit), boven (Rood) en onder de norm (Groen). (i) Kwaliteitsklasse inclusief evaluatie: 1 & 2 (Geen & lichte afwijking) = positief, 3 & 4 (Afwijking & sterke afwijking) = negatief, (ii) de toxische eenheid in het jaar met de hoogste waarde (>1 is boven de norm) en (iii) indicatieve allocatie naar oorsprong (VMM, 2016).	88
Tabel 6-5:	Evaluatie PAK's in het oppervlaktewater die de norm minimaal 1 jaar overschreden in een zone tussen 2010-2015: niet opgemeten (Wit), boven (Rood) en onder de norm (Groen). (i) Kwaliteitsklasse inclusief evaluatie: 1 & 2 (Geen & lichte afwijking) = positief, 3 & 4 (Afwijking & sterke afwijking) = negatief. (ii) de toxische eenheid in het hoogste jaar met de hoogste waarde (>1 is boven de norm).	89
Tabel 6-6:	Evaluatie Pesticiden in het oppervlaktewater die de norm minimaal 1 jaar overschreden in een zone tussen 2010-2015: niet opgemeten (Wit), boven (Rood) en onder de norm (Groen). (i) Kwaliteitsklasse inclusief evaluatie: 1 & 2 (Geen & lichte afwijking) = positief, 3 & 4 (Afwijking & sterke afwijking) = negatief. (ii) De toxische eenheid in het jaar met de hoogste waarde (>1 is boven de norm, oranje: detectielimiet ligt boven de norm).	90
Tabel 6-7:	Evaluatie verontreinigende stoffen in biota die de norm minimaal 1 jaar overschreden tussen 2010-2015: niet opgemeten (Wit), boven (Rood) en onder de norm (Groen). (i)	

	Kwaliteitsklasse inclusief evaluatie: 1 & 2 (Geen & lichte afwijking) = positief, 3 & 4 (Afwijking & sterke afwijking) = negatief. (ii) De toxische eenheid in het jaar met de hoogste waarde.	92
Tabel 7-1:	Overzicht van rekenparameters waarbij afgeweken is van de voorgeschreven evaluatiemethodiek en de consequenties hiervan. De overige rekenparameters zijn wel conform Evaluatie Methodiek (EM) gebruikt.	103
Tabel 7-2:	Gebruik ecotopenkaarten: referentiejaar per deelsysteem.	103
Tabel 7-3:	Vergelijking van de beoordeling van de rekenparameters van communicatie-indicator Leefomgeving in de T2009 en de beoordeling T2015 Analyserapport. Groen = positieve evaluatie, rood = negatief, geel = positief en negatief. WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde.	104
Tabel 7-4:	Voor de Zeeschelde zijn referentiewaarden voor verschillende rekenparameters opgesteld (Maris et al., 2014).	104
Tabel 7-5:	Samenvatting van de veranderingen in oppervlakte hoogdynamisch litoraal en laagdynamisch litoraal (in ha) op basis van de vergelijking van de ecotopenkaarten van 2008 en 2015. De tabel leest van links naar rechts.	109
Tabel 7-6:	Samenvatting van de verschuivingen binnen laagdynamisch litoraal (in ha) op basis van de vergelijking van de ecotopenkaarten van 2008 en 2015. De tabel leest van links naar rechts.	111
Tabel 7-7:	Samenvatting van de verschuivingen binnen laagdynamisch litoraal (in ha) op basis van de vergelijking van de ecotopenkaarten van 2008 en 2015. De tabel leest van links naar rechts.	113
Tabel 7-8:	Ontwikkeling schorren breder dan 75 m.	117
Tabel 7-9:	Overzicht van het totale oppervlak per zone van de Zeeschelde, het oppervlak litoraal, het aandeel van het litoraal en het aandeel litoraal dat in de periode 2010-2013 is omgezet.	119
Tabel 8-1:	Toelichting op het gebruik van de evaluatiemethodiek in de T2009 en T2015 en het voorbehoud op basis van kanttekeningen bij de methodiek ten aanzien van de interpretatie. Hierbij dient opgemerkt te worden dat hier alleen de kanttekeningen zijn weergegeven en niet de rekenparameters die conform EM zijn gebruikt.	131
Tabel 8-2:	Vergelijking van de beoordeling van vegetatie in de T2009 en de beoordeling T2015 Analyserapport. Groen = positieve beoordeling, rood = negatief, geel = positief en negatief. WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde.	131
Tabel 8-3:	Vergelijking van de beoordeling van fytoplankton in de T2009 en de beoordeling T2015 Analyserapport. Groen = positieve beoordeling, rood = negatief, geel = positief en negatief. WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde.	134
Tabel 8-4:	Vergelijking van de beoordeling van zoöplankton in de T2009 en de beoordeling T2015 Analyserapport. Groen = positieve beoordeling, rood = negatief, geel = positief en negatief, wit = neutraal (geen significante trend). WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde.	137
Tabel 8-5:	Vergelijking van de beoordeling van macrozoöbenthos in de T2009 en de beoordeling T2015 Analyserapport. Groen = positieve evaluatie, rood = negatief, geel = positief en negatief. WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde.	139
Tabel 8-6:	Vergelijking van de beoordeling van vissen in de T2009 en de beoordeling T2015 Analyserapport. Groen = positieve evaluatie, rood = negatief, geel = positief en negatief, wit = geen significante trends. WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde.	142
Tabel 8-7:	Vergelijking van de beoordeling van vogels in de T2009 en de beoordeling T2015 Analyserapport. Groen = positieve evaluatie, rood = negatief, geel = positief en negatief. WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde.	148
Tabel 8-8:	Broedvogels met hun instandhoudingsdoel voor de Natura 2000-gebieden Westerschelde+Saeftinghe en Zeeschelde buitendijks.	149
Tabel 8-9:	Ontwikkeling van broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel voor de Westerschelde per periode van zes jaren. Per periode van zes jaren is procentueel	

	aangegeven hoe vaak het criterium per soort gehaald wordt. De blauwborst is niet opgenomen, omdat hiervan inventarisatiegegevens ontbreken. Groen gemarkeerd zijn de perioden waarin door de desbetreffende soort aan de eis wordt voldaan. Voor de bruine kiekendief waren uit 5 jaren gegevens beschikbaar.	150
Tabel 8-10:	Ontwikkeling van kustbroedvogels in de Westerschelde, Oosterschelde, gehele Deltagebied en in Nederland (landelijk).....	152
Tabel 8-11:	Overzicht van de trends van niet-broedvogels in de Westerschelde, de Oosterschelde, Delta, Waddenzee en geheel Nederland.	154
Tabel 8-12:	Aandeel van de verschillende soorten steltlopers in de verschillende zones op basis van de totale aantallen van de verschillende steltlopersoorten in de Westerschelde. ++++ = aandeel >50%, +++ = 26-50%, ++ = 11-25%, + = 1-10%. Met groen zijn de belangrijkste zones per soort aangegeven.	157
Tabel 8-13:	Vergelijking van de beoordeling van zeezoogdieren in de T2009 en de beoordeling T2015 Analyserapport. Groen = positieve evaluatie, rood = negatief, geel = positief en negatief. WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde.	164
Tabel 9-1:	Vergelijking van de beoordeling van het Ecologisch functioneren in de T2009 en de T2015 Analyserapport. Groen = positieve beoordeling, rood = negatief, geel = positief en negatief. WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde.	174
Tabel 9-2:	Overzicht van rekenparameters waarbij afgeweken is van de voorgeschreven evaluatiemethodiek en de consequenties daarvan. De overige rekenparameters zijn wel conform EM gebruikt.....	174
Tabel 9-3:	Oppervlakte van het litoraal in de verschillende zones van de Zeeschelde in 2013.....	178
Tabel 9-4:	Berekende biomassa in ton versgewicht van de verschillende functionele groepen in de Westerschelde. De primaire productie is berekend in g C/m ² /jaar.	181
Tabel 9-5:	Berekende biomassa in ton versgewicht van de verschillende functionele groepen in de Zeeschelde.....	182
Tabel A-1:	Indeling studiegebied. Voor de ligging van de zones en de compartimenten zie Figuur 1-1).....	202
Tabel A-2:	Benaming vloed- en ebgeul per macrocel met aanduiding van de hoofdvaargeul (groen).	202
Tabel B-1:	Specificatie baggerlocaties (zie Bijlage B-3 T2015 Analyserapport).....	210
Tabel B-2:	Toelichting op de Sigma-projecten in de Zeeschelde (zie Figuur B-3).	211
Tabel B-3:	Begrippenlijst Sigmagebieden (zie Figuur B-3).....	212
Tabel C-1:	Peilschalencorrectie die WL in 2013 met terugwerkende kracht heeft doorgevoerd op de metingen van Vlaamse getijstations sinds 2011. De stations zijn op alfabetische volgorde vermeld. Een correctie van -1,0 cm betekent dat WL de meetwaarden vanaf 2011 met 1,0 cm heeft verlaagd.	215
Tabel C-2:	Gemiddelde van de verklarende parameters jaargemiddelde opzet, afvoer te Schelle en afvoer te Melle over verschillende periodes.	216
Tabel C-3:	Correlatiecoëfficiënt voor paren van afvoer/windopzet en residuen hoogwaterstanden. Richtingscoëfficiënt uit lineair verband residu en variabele. * Verklaarde variatie lineair verband is groter dan 50%.	220
Tabel C-4:	Residuen van de T2009 regressie op hoogwaterstanden te Vlissingen met en zonder correctie voor windopzet. Kolom residu T2009: verschil tussen verwachte waarde volgens T2009 regressie en de uit de data berekende jaargemiddelde hoogwaterstanden voor de periode 2010-2015. Kolom Gecorrigeerd residu: correctie op basis van lineaire relatie tussen jaargemiddelde opzet te Vlissingen en residuen hoogwater te Vlissingen.	224
Tabel C-5:	Residuen van de T2009 regressie op hoogwaterstanden te Antwerpen met en zonder correctie. Kolom residu T2009: verschil tussen verwachte waarde volgens T2009 regressie en de uit de data berekende jaargemiddelde hoogwaterstanden voor de periode 2010-2015. Kolom Gecorrigeerd residu: correctie op basis van lineaire relaties	

	tussen residuen hoogwater te Antwerpen en zowel de jaargemiddelde afvoer te Schelle als de jaargemiddelde opzet te Vlissingen.	224
Tabel C-6:	Residuen van de T2009 regressie op hoogwaterstanden te Schelle met en zonder correctie. Kolom residu T2009: verschil tussen verwachte waarde volgens T2009 regressie en de uit de data berekende jaargemiddelde hoogwaterstanden voor de periode 2010-2015. Kolom Gecorrigeerd residu: correctie op basis van lineaire relaties tussen residuen hoogwater te Schelle en zowel de jaargemiddelde afvoer te Schelle als de jaargemiddelde opzet te Vlissingen.	225
Tabel C-7:	Residuen van de T2009 regressie op hoogwaterstanden te Melle met en zonder correctie. Kolom residu T2009: verschil tussen verwachte waarde volgens T2009 regressie en de uit de data berekende jaargemiddelde hoogwaterstanden voor de periode 2010-2015. Kolom Gecorrigeerd residu: correctie op basis van lineaire relatie tussen afvoer te Melle en residuen hoogwater te Melle.	225
Tabel E-1:	Uitleg afkorting baggerlocaties.	251
Tabel E-2:	Uitleg afkorting stortlocaties.	254
Tabel G-1:	Evaluatie Toetsparameter Nutriënten [mg/l]: rekenparameters te evalueren via een grenswaarde.	277
Tabel G-2:	Evaluatie Toetsparameter Nutriënten [mg/l]: rekenparameters te evalueren via trendanalyse.	278
Tabel G-3:	Evaluatie Toetsparameter Nutriënten: Siliciumgehalte. Merk op: de duur van de zuurstofdip is indicatief. De periode kan enkel opgemeten worden tussen 2 metingen. Een periode van 0 weken komt overeen met een zuurstofdip die korter duurt dan de temporele resolutie van de tijdreeks (2 à 4 weken).	278
Tabel G-4:	Evaluatie Toetsparameter Zuurstof [mg/l] – Periodieke meetcampagnes: rekenparameters Absoluut minimum zuurstofgehalte (grens 2,5 mg/l), winterpercentiel (grens 6 mg/l) en zomerpercentiel (grens 5 mg/l). Voor de meeste zones werd het 95%-percentiel aangehouden. Enkel in zones 9 tot en met 14 geldt 90%.	279
Tabel G-5:	Evaluatie Toetsparameter Zuurstof – Continue meetstations: rekenparameters Absoluut minimum zuurstofgehalte (grens 2,5 mg/l), Duur van de zuurstofdip (grens 48 uur), winterpercentiel (grens 6 mg/l) en zomerpercentiel (grens 5 mg/l). Hier wordt het 95%-percentiel aangehouden.	279
Tabel H-1:	Oppervlakte van de verschillende ecotopen in ha op basis van de ecotopenkarteringen in de Westerschelde.	281
Tabel H-2:	Oppervlakte van de verschillende ecotopen in ha op basis van de ecotopenkarteringen in de Zeeschelde. De gekarteerde oppervlakte verschilde in 2001, 2010 en 2013. Voor 2010 zijn twee waarden opgenomen voor 2010 om de vergelijking met 2001 en 2013 mogelijk te maken.	282
Tabel H-3:	Overgang van de verschillende ecotopen in ha op basis van de ecotopenkartering in 1996 en 2001 in de Westerschelde.	285
Tabel H-4:	Overgang van de verschillende ecotopen in ha op basis van de ecotopenkartering in 2001 en 2008 in de Westerschelde.	286
Tabel H-5:	Overgang van de verschillende ecotopen in ha op basis van de ecotopenkartering in 2008 en 2015 in de Westerschelde.	287
Tabel H-6:	Overgang van de verschillende ecotopen in ha op basis van de ecotopenkartering in 2001 en 2010 in de Zeeschelde.	288
Tabel H-7:	Overgang van de verschillende ecotopen in ha op basis van de ecotopenkartering in 2001 en 2010 in de Zeeschelde.	289

Lijst van figuren

Figuur 1-1:	Belang en positie van monitoring en evaluatie.	1
Figuur 1-2:	Schematische weergave van de communicatie-indicatoren (piramides) per hoofdfunctie van de langetermijnvisie. Bron: Figuur 1.1 Evaluatiemethodiek (Maris et al., 2014).	2
Figuur 1-3:	Schematische weergave 'piramide-aanpak'. Bron: Figuur 1.2 van Maris et al. (2014).	3
Figuur 3-1:	Visuele weergave van de communicatie-indicator Dynamiek waterbeweging, met de onderliggende toets-, reken- en verklarende parameters.	7
Figuur 3-2:	Trendmatige stijging van de jaargemiddelde hoogwaters in de belangrijkste meetstations in het Schelde-estuarium. T2015 vs. T2009. N.B. Stations Schelle en Temse zijn ter illustratie toegevoegd aan de stations op de zijrivieren Rupel & Nete resp. Durme. [Figuur identiek aan Figuur 3-12 van het T2015 Analyserapport.]	9
Figuur 3-3:	Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Vlissingen met de trends tot en met 2009 en 2015 voor de periode 1881-2015 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen. Trendbreuk: jaar 1965.	10
Figuur 3-4:	Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Antwerpen met de trends tot en met 2009 en 2015 voor de periode 1901-2015 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen. Trendbreuk: jaar 1974.	10
Figuur 3-5:	Temporele ontwikkeling van de verklarende parameter getijslag voor de stations met de langste meetreeksen.	14
Figuur 3-6:	Ruimtelijke ontwikkeling van de verklarende parameter getijslag voor de stations met de langste meetreeksen.	14
Figuur 3-7:	Relatieve getijslag van de belangrijkste stations ten opzichte van Vlissingen voor de periode 1980-2015. *Vlis 1901-1910: Jaargemiddelde getijslag Vlissingen ten opzichte van het gemiddelde van de getijslag te Vlissingen in de periode 1901-1910.	15
Figuur 3-8:	Resultaten trendanalyse 99 ^e percentiel hoogwaterstanden Vlissingen met de geëxtrapoleerde trend van 2009 tot 2015 voor de periode 1881-2015 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen. Trendbreuk: jaar 1955.	17
Figuur 3-9:	Resultaten trendanalyse 99 ^e percentiel hoogwaterstanden Schelle met de trends t/m 2009 en 2015 voor de periode 1971-2015 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen.	17
Figuur 3-10:	Resultaten trendanalyse 99 ^e percentiel hoogwaterstanden Dendermonde met de trends t/m 2009 en 2015 voor de periode 1971-2015 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen.	18
Figuur 3-11:	Invloed wind op 99 ^e percentiel hoogwaterstanden: rechte opzet vs. hoogwaterstanden. Met de klok mee van linksboven naar linksonder: Jaargemiddelde rechte opzet te Vlissingen, jaarlijks 99 ^e percentiel van de rechte opzet te Vlissingen, scatterplot van de 99 ^e percentiel hoogwaterresiduen te Schelle tegen het 99 ^e percentiel van de rechte opzet te Vlissingen en scatterplot van de 99 ^e percentiel hoogwaterresiduen te Vlissingen tegen het 99 ^e percentiel van de rechte opzet te Vlissingen.	20
Figuur 3-12:	Verloop van het 99 ^e percentiel van de afvoer te Melle.	20
Figuur 3-13:	Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de significante golfhoogte te Hansweert (HAWI) (2010-2015) en de uiterste grenzen.	22
Figuur 3-14:	Evaluatie van de communicatie-indicator Dynamiek waterbeweging: negatief (rood), positief (groen), neutraal (geel) of geen oordeel (geen kleur). De ontwikkeling van de trends ten opzichte van T2009 is ook weergegeven: ontwikkeling in de positieve richting (+), in de negatieve richting (-) of neutraal (o), indien de trend niet significant wijzigt of niet (eenduidig) bepaald kan worden.	24
Figuur 4-1:	Visuele weergave van de communicatie-indicator Bevaarbaarheid, met de onderliggende toets-, reken- en verklarende parameters.	28

Figuur 4-2:	Ontwikkeling trendmatige stijging/daling van de jaargemiddelde laagwaterstanden voor de stations met de langste meetreeksen. N.B. De niet-significante trendwaarden van Bath, Liefkenshoek (alleen T2009), Antwerpen, Schelle, Temse zijn ook in de grafiek opgenomen.	30
Figuur 4-3:	Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Antwerpen voor de periode 1901-2015, extrapolatie van de T2009 trend t/m 2015 inclusief de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen en de realisaties in 2010-2015. Trendbreuk: jaar 1975.	30
Figuur 4-4:	Standaardafwijking residuen van de geschatte regressiemodellen (T2009 en T2015) voor de jaargemiddelde laagwaters in de belangrijkste meetstations in het Schelde-estuarium.	32
Figuur 4-5:	Correlatie tussen afvoeren te Melle en residuen van de regressie op laagwaters te Melle. Bron: T2009 rapport.	33
Figuur 4-6:	Onderhoudsbaggerwerken [m ³ in situ] op de Westerschelde sinds de Tweede Verruiming van de vaargeul met aanduiding van het type werk: onderhoudsbaggerwerk (OBW) of onbekend aangezien dit pas sinds 2006 geregistreerd wordt. Bron: Afdeling Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid.	36
Figuur 4-7:	Onderhoudsbaggerwerk op de Westerschelde [Mm ³ in situ – totaal in 5 jaar] voor de periodes 2005-2009 (BOVEN) en 2011-2015 (ONDER) met aanduiding van de baggervolumes (Paars), stortvolumes (Oranje) en zandwinning (Gele pijl) per macrocel (Rode begrenzing - vlnr. MC1&2, MC3, MC4, MC5 en MC6&7) en de netto sedimentverplaatsing als gevolg van onderhoudsbaggerwerk (Oranje pijl) en het berekende transport in de geulen (Blauwe pijl) tussen de macrocellen. Bron: Afdeling Maritieme Toegang Vlaamse Overheid (baggerwerk), RWS District Zuid (zandwinning) en Sedimentbalans RWS ZD (berekend sedimenttransport).	37
Figuur 4-8:	Onderhoudsbaggerwerken [m ³ in situ] op de Beneden-Zeeschelde sinds de Tweede Verruiming van de vaargeul met aanduiding van het type werk: onderhoudsbaggerwerk (OBW) of onbekend aangezien dit pas sinds 2006 geregistreerd wordt. De baggerwerken in de haven achter de sluisen (Haven Rechter- en Linkeroever) zijn niet meegerekend. Bron: Afdeling Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid.	38
Figuur 4-9:	Havenstortingen op de Westerschelde [m ³ in situ], gealloceerd naargelang baggerlocatie (haven). Bron: Rijkswaterstaat ZD.	39
Figuur 4-10:	Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater vanaf Vlissingen in de periode 1970-2015.	40
Figuur 4-11:	Jaargemiddelde looptijd van het laagwater vanaf Vlissingen in de periode 1970-2015.	41
Figuur 4-12:	Evaluatie van de communicatie-indicator Bevaarbaarheid: negatief (rood), positief (groen), neutraal (geel) of geen oordeel (geen kleur). De ontwikkeling van de trends ten opzichte van T2009 is ook weergegeven: ontwikkeling in de positieve richting (+), in de negatieve richting (-) of neutraal (o), indien de trend niet significant wijzigt of niet (eenduidig) bepaald kan worden.	43
Figuur 5-1:	Recente jaarlijkse baggervolumes [in situ m ³] in de monding, gealloceerd naar baggerlocatie (Bron: Afdeling Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid).	47
Figuur 5-2:	Recente jaarlijkse baggervolumes [in situ m ³] in de monding, gealloceerd naar stortlocatie (Bron: Afdeling Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid).	47
Figuur 5-3:	Wijziging in het watervolume in de geulen (gedefinieerd beneden -5 m+NAP) en het maximale watervolume dat geborgen kan worden in het intergetijdengebied (gedefinieerd tussen -2 m+NAP en +3,5 m+NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.	49
Figuur 5-4:	Wijziging in het wateroppervlak van de geulen (gedefinieerd als wateroppervlak bij -5 m+NAP) en het oppervlak intergetijdengebied (oppervlakte tussen -2 m+NAP en +3,5 m+NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.	49
Figuur 5-5:	Morfologische ontwikkeling MC1 en MC2 met: verandering in bathymetrie tussen 2015-2009 (BOVEN) en verandering in droogvalduur tussen 2015-2008 (ONDER).	51

Figuur 5-6:	Morfologische ontwikkeling MC3 met: verandering in bathymetrie tussen 2015-2009 (BOVEN) en verandering in droogvalduur tussen 2015-2008 (ONDER).....	53
Figuur 5-7:	Morfologische ontwikkeling MC4: verandering in bathymetrie tussen 2015-2009 (LINKS) en verandering in droogvalduur tussen 2015-2008 (RECHTS).....	55
Figuur 5-8:	Morfologische ontwikkeling MC5 met: verandering in bathymetrie tussen 2015-2009 (BOVEN) en verandering in droogvalduur tussen 2015-2008 (ONDER).....	57
Figuur 5-9:	Morfologische ontwikkeling MC6 en MC7 met: verandering in bathymetrie tussen 2015-2009 (BOVEN) en verandering in droogvalduur tussen 2015-2008 (ONDER) en 2015-2011 voor het zuiden van Groot Buitenschoor (nabij de stroomgeleidingsdam) en België.....	59
Figuur 6-1:	Schematische weergave Communicatie-indicatoren waterkwaliteit. (Maris et al., 2014).....	63
Figuur 6-2:	Zuurstofvraag voor nitrificatie doorheen het estuarium.....	65
Figuur 6-3:	Biologische zuurstofvraag doorheen het estuarium.....	66
Figuur 6-4:	Totale vracht aan opgeloste anorganische stikstof doorheen het estuarium.....	67
Figuur 6-5:	Orthofosfaatgehalte doorheen het estuarium.....	68
Figuur 6-6:	Verschilplot minimum siliciumgehalte en duur van de zuurstofdip: de periode 2010-2015 ten opzichte van de periode 2004-2009.....	69
Figuur 6-7:	TDIN flux [kiloton / jaar] voor verschillende locatie.....	70
Figuur 6-8:	Nitrietgehalte doorheen het estuarium.....	71
Figuur 6-9:	Ammoniakgehalte doorheen het estuarium.....	72
Figuur 6-10:	RWZI capaciteit in het Scheldebekken, ingedeeld per Scheldezone. Bij elke Scheldezone staat aangegeven welke (deel)bekkens hierin uitmonden. (Bron: Maris & Meire, 2016).....	72
Figuur 6-12:	Zuurstofgehalte: absoluut zuurstofminimum (BOVEN), winterpercentiel (MIDDEN) en zomerpercentiel (ONDER).....	76
Figuur 6-13:	Verblijftijd in uren voor verschillende zones en in de periode 2009 – 2015.....	78
Figuur 6-14:	P_b (BOVEN) en $P_b:B$ (ONDER) doorheen de tijd.....	81
Figuur 6-15:	Profiel langs de estuariene as van de dieptegemiddelde lichtbeschikbaarheid (Z_e/Z_m) gedurende 2004-2009 (LINKS) en 2010-2015 (RECHTS). De zwarte lijn is de gemiddelde lichlimitatie gedurende de periode, de grijze band geeft het 25% en 75% percentiel.....	82
Figuur 6-16:	Contourplot van de chlorofyl a concentratie in ruimte en tijd. De gearceerde zones duiden op tijdsperioden waarvoor geen data beschikbaar is.....	82
Figuur 6-17:	Temperatuurschommelingen doorheen de tijd voor elk seizoen nabij Antwerpen.....	84
Figuur 6-18:	Druk op waterleven door gewasbescherming. Bron: UGent, LMN, ADSEI, FOD VVVL, VMM, Phytofar (WWW.MILIEURAPPORT.BE).....	90
Figuur 6-20:	Jaargemiddeld chloridegehalte [mg/l]: bovenste sensor van de continue meetposten in de saliniteitszones met een hoger chloridegehalte. Bron: Barneveld et al. (2018a).....	93
Figuur 6-21:	Jaargemiddeld chloridegehalte [mg/l]: scheepsmetingen in de saliniteitszones met een lager chloridegehalte. Bron: Barneveld et al. (2018a).....	94
Figuur 6-22:	Regressieanalyse tussen jaargemiddeld debiet nabij de grens en Schelle en de jaargemiddelde chlorositeit in de Schaar van Ouden Doel en nabij Schelle. Lineaire regressies: Grens ($Chl = -26,394*Q + 7693$; $r^2 = 0,65$), Schelle ($Chl = -5,275*Q + 1129$; $r^2 = 0,47$) met aanduiding van het 95% betrouwbaarheidsinterval.....	95
Figuur 6-23:	Sedimentconcentratie in de waterkolom [mg/l] in het Schelde-estuarium.....	97
Figuur 6-24:	Conceptueel model met de langsverdeling van de sedimentconcentraties in relatie tot de bovenafvoer. (Bron: IMDC & Deltares, 2016).....	97
Figuur 6-25:	Evaluatie Communicatie-indicator Waterkwaliteit T2015: Rood = negatief, groen = positief, geel = neutraal (deels positief, deels negatief), wit = geen significante trend/geen beoordeling. Inclusief de ontwikkeling ten opzichte van de situatie in T2009: ontwikkeling in de positieve richting (+), in de negatieve richting (-) of	

	neutraal (0) indien de ontwikkeling varieert naargelang zone of niet bepaald kan worden.	100
Figuur 7-1:	Weergave communicatie-indicator Leefomgeving met de onderliggende toets-, reken- en verklarende parameters.	101
Figuur 7-2:	Overgang van hoogdynamisch sublitotaal naar laagdynamisch sublitoraal en omgekeerd bij vergelijking van de ecotopenkaarten van 2008 en 2015.	105
Figuur 7-3:	Overgang van hoogdynamisch sublitotaal naar hoogdynamisch litoraal en omgekeerd bij vergelijking van de ecotopenkaarten van 2008 en 2015.	106
Figuur 7-4:	Overgang van hoogdynamisch litoraal naar laagdynamisch litoraal en omgekeerd bij vergelijking van de ecotopenkaarten van 2008 en 2015.	108
Figuur 7-5:	Ontwikkeling van het laagdynamisch litoraal, waarbij onderscheid is gemaakt in de verschillende hoogtezones. De data zijn afkomstig van de ecotopenkartering in 2008 en 2015.	110
Figuur 7-6:	Overzicht van de plaatsen waar pionierschor is overgegaan in schorvegetatie in de periode 2008-2015 in de Westerschelde en omgekeerd. Als basis zijn de ecotopenkaarten van 2008 en 2015 gebruikt.	112
Figuur 7-7:	Belangrijkste veranderingen tussen ecotopen in ha en % per zone van de Westerschelde per periode per zone. De kleur geeft de omvang van de veranderingen in ha. HD = hoogdynamisch, LD = Laagdynamisch. Het bovenste getal in het blok geeft een verschuiving van een linker ecotoop naar een rechter ecotoop aan en het onderste getal de omgekeerde ontwikkeling. Onder het blok is de nettoverandering aangegeven. Ook de verandering van Hoogdynamisch litoraal naar Laagdynamisch middelhoog litoraal is aangegeven.	121
Figuur 7-8:	Belangrijkste veranderingen tussen ecotopen in ha en % per zone van de Beneden Zeeschelde, voor twee perioden. De kleur geeft de omvang van de veranderingen in ha. Een getal boven geeft de verschuiving van een linker ecotoop naar een rechter ecotoop aan en een getal onder de omgekeerde ontwikkeling. Onder het blok is de netto verandering aangegeven.	123
Figuur 7-9:	Belangrijkste veranderingen tussen ecotopen in ha en % van de Rupel en de Durme, voor twee perioden. De kleur geeft de omvang van de veranderingen in ha. Een getal boven geeft een verschuiving van een linker ecotoop naar een rechter ecotoop aan en een getal onder de omgekeerde ontwikkeling. Onder het blok is de nettoverandering aangegeven.	124
Figuur 7-10:	Evaluatie indicator Leefomgeving. Sub = sublitoraal, Lit = litoraal, HD = hoogdynamisch, LD = Laagdynamisch, WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde. Rood = negatief, groen = positief, geel = neutraal (deels positief, deels negatief), wit = geen significante trend/geen beoordeling. Inclusief de ontwikkeling ten opzichte van de situatie in T2009: ontwikkeling in de positieve richting (+), in de negatieve richting (-) of neutraal (0) indien de ontwikkeling varieert naargelang zone of niet bepaald kan worden.	127
Figuur 8-1:	Visuele weergave van de communicatie-indicator Flora & Fauna, met de onderliggende toets-, reken- en verklarende parameters.	129
Figuur 8-2:	Fytoplankton - Sleutelsoorten – Algal Pollution Index. Westerschelde (boven) en Zeeschelde (onder)	136
Figuur 8-3:	Zoöplankton – Sleutelsoorten – E. affinis. Trends in jaarmaxima van biomassa van E. affinis.	138
Figuur 8-4:	Macrozoöbenthos – sleutelsoorten – kokkels. Trend in versgewicht (miljoen kg) kokkels voor de gehele Westerschelde. Het gewenste versgewicht 4 miljoen kg is met een stippellijn aangegeven. Voor de ruimtelijke verspreiding van kokkels zie §8.2.2.	140
Figuur 8-5:	Macrozoöbenthos – exoten – biomassa - Gemiddelde biomassa van exoten (macrozoöbenthos) in de Westerschelde.	141

Figuur 8-6:	Vissen –sleutelsoorten – spiering: Gemiddelde aantal per hectare van sleutelsoorten in alle zones van de Westerschelde en aantallen per fuikdag in de zone Zoet Lang Verblifj.	144
Figuur 8-7:	Vissen –sleutelsoorten - kinderkamersoorten: Gemiddelde aantal per hectare van sleutelsoorten in de zone Sterk polyhalien van de Westerschelde.	144
Figuur 8-8:	Vissen –sleutelsoorten - paling: Gemiddelde aantal per hectare en per fuikdag van sleutelsoorten in de zones Mesohalieren van de Westerschelde en Zoet lange verblijftijd van de Zeeschelde.	146
Figuur 8-9:	Vissen – sleutelsoorten – driedoornige stekelbaars: Gemiddelde aantal per fuikdag van sleutelsoorten in de zones Saliniteitsgradiënt en Oligohalieren van de Zeeschelde.	147
Figuur 8-10:	Relatie tussen de oppervlakte laagdynamisch middenlitoraal per zone (op basis ecocotopenkartering) en het aantal grote steltlopers in de zone in het overeenkomstige seizoen. Alleen de seizoenen met een ecotopenkartering zijn opgenomen.	155
Figuur 8-11:	Relatie tussen de oppervlakte laagdynamisch middenlitoraal per zone (op basis ecocotopenkartering) en het aantal kleine steltlopers in de zone in het overeenkomstige seizoen. Alleen de seizoenen met een ecotopenkartering zijn opgenomen.	155
Figuur 8-12:	Ontwikkeling van de dichtheden van grote steltlopers in de tijd in de verschillende zones van de Westerschelde uitgezet per ha middenlitoraal.	156
Figuur 8-13:	Ontwikkeling van de dichtheden van kleine steltlopers in de tijd in de verschillende zones van de Westerschelde uitgezet per ha middenlitoraal.	156
Figuur 8-14:	Ontwikkeling van de biomassa van het macrozoöbenthos in de zone Sterk polyhalien als gram versgewicht per vierkante meter.	158
Figuur 8-15:	Ontwikkeling van de biomassa van het macrozoöbenthos in de zone Zwak polyhalien als gram versgewicht per vierkante meter.	158
Figuur 8-16:	Ontwikkeling van de biomassa van het macrozoöbenthos in de zone Mesohalieren als gram versgewicht per vierkante meter.	159
Figuur 8-17:	Ontwikkeling van het kokkelbestand (versgewicht gram) in de Westerschelde op basis van de schelpdierbemonsteringen (WOT) in het litoraal door Wageningen Marine Research.	160
Figuur 8-18:	Ontwikkeling van de gemiddelde biomassa van macrozoöbenthos (AFDW/m ²) in het litoraal van de verschillende zones van de Zeeschelde.	163
Figuur 8-19:	Trend in overwinterende aantallen van (1) soorten die voornamelijk ten zuidwesten van Nederland overwinteren, (2) soorten die voornamelijk in Nederland overwinteren, en (3) soorten die voornamelijk ten noordoosten van Nederland overwinteren. Weergegeven zijn de gemiddelde trends voor deze drie groepen, gebaseerd op de periode december-februari. Bron: Hornman et al. (2018).	170
Figuur 8-20:	Evaluatie Communicatie-indicator Flora & fauna. Veg = vegetatie, Fyt = fytoplankton, zoö = zoöplankton, Ben = macrozoöbenthos, Vis = vissen, Vog = vogels, Zoog = zoogdieren. WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde. Rood = negatief, groen = positief, geel = neutraal (deels positief, deels negatief), wit = geen significante trend/geen beoordeling. Inclusief de ontwikkeling ten opzichte van de situatie in T2009: ontwikkeling in de positieve richting (+), in de negatieve richting (-) of neutraal (O) indien de ontwikkeling varieert naargelang zone of niet bepaald kan worden.	171
Figuur 9-1:	Schematische weergave Communicatie-indicator Ecologisch functioneren.	173
Figuur 9-2:	De macrozoöbenthische biomassa – primaire productie verhouding voor de Westerschelde en de bijbehorende beoordelingsklassen. Voor de periode tot en met 2009 zijn de gegevens uit de T2009 gebruikt. Voor een positieve evaluatie dient de verhouding in de beoordelingsklassen hoog/goed te vallen.	175
Figuur 9-3:	Relatie tussen gemiddelde macrozoöbenthosbiomassa en primaire productie in ondiepe goed gemengde estuaria. WS = Westerschelde (bron: Herman et al., 2002).	177

Figuur 9-4:	Macrozoöbenthos – sleutelsoorten – kokkels. Trend in versgewicht (miljoen kg) kokkels voor de gehele Westerschelde. Het gewenste versgewicht 4 miljoen kg is met een stippellijn aangegeven.	180
Figuur 9-5:	Macrozoöbenthos – sleutelsoorten – mosselen. Versgewicht (miljoen kilogram) mosselen voor de gehele Westerschelde. Het gewenste versgewicht 1 miljoen kg is met een stippellijn aangegeven.	180
Figuur 9-6:	De ontwikkeling van de verhouding tussen secundaire en primaire consumenten in de Westerschelde. Met stippellijnen zijn de ondergrens (1%) en de bovengrens (25%) van de bandbreedte, waarbinnen nog sprake is van een positieve evaluatie, aangegeven.	182
Figuur 9-7:	De ontwikkeling van de verhouding tussen secundaire en primaire consumenten in de Zeeschelde. Met stippellijnen zijn de ondergrens (1%) en de bovengrens (25%) van de bandbreedte aangegeven, waarbinnen sprake is van een positieve evaluatie.	184
Figuur 9-8:	Evaluatie van het Ecologisch functioneren op basis van toetsparameters. Rood = negatief, groen = positief, geel = neutraal (deels positief, deels negatief), wit = geen significante trend/geen beoordeling. Inclusief de ontwikkeling ten opzichte van de situatie in T2009: ontwikkeling in de positieve richting (+), in de negatieve richting (-) of neutraal (O) indien de ontwikkeling varieert naargelang zone of niet bepaald kan worden.	188
Figuur A-1:	Studiegebied: indeling in zones (zie Tabel 3-1 voor meer informatie over de zones).....	201
Figuur A-2:	Eb-(grijs) en vloedgeulen (blauw) op de Westerschelde met aanduiding tot welke macrocel deze behoren. Op de achtergrond ook de -5 m+NAP isohypse (bathymetrie 2015).	203
Figuur A-3:	Kaart van de Westerschelde (west).	204
Figuur A-4:	Kaart van de Westerschelde (centraal).	205
Figuur A-5:	Kaart van de Westerschelde (Oost).	206
Figuur A-6:	Kaart van de Beneden-Zeeschelde (bron T2009).....	207
Figuur A-7:	Kaart van de Boven-Zeeschelde (bron: T2009).....	208
Figuur B-1:	Overzicht van de locaties van de ondiepe gedeeltes in de vaargeul Westerschelde (voor de derde verruiming). Bron: Verruiming vaargeul Westerschelde Aanvraag vergunning Ontgrondingenwet (http://www.vnsc.eu/uploads/2011/01/ogwaanvraagverruimingvaargeulwesterschelde.pdf).	209
Figuur B-2:	Overzicht van de baggervolumes als percentage van de totale aanlegbaggerwerken voor het uitdiepen van de vaargeul in de Westerschelde (7,7 Mm ³ in situ) respectievelijk de Zeeschelde (7,4 Mm ³ in situ). Specificatie baggerlocaties in Tabel	210
Figuur B-3:	Sinds 2002 uitgevoerde projecten uit het Sigmapijn. De projecten zijn kort toegelicht in Tabel B-2.	211
Figuur C-1:	Meetstations in de Westerschelde. N.B. Stations buiten het estuarium (Europlatform en Vlakte van de Raan) zijn niet weergegeven.....	214
Figuur C-2:	Getijstations in de Zeeschelde en haar zijrivieren Nete, Rupel en Durme.....	214
Figuur C-3:	Jaargemiddelde rechte opzet te Vlissingen (1971-2015).	216
Figuur C-4:	Jaargemiddelde afvoer te Schelle (1970-2015).	217
Figuur C-5:	Jaargemiddelde afvoer te Melle (1990-2015).....	217
Figuur C-6:	Jaargemiddelde hoogwaterstanden voor de meetpunten Vlissingen, Antwerpen, Melle en Schelle (met de klok mee) inclusief de verwachting uit het T2009 regressiemodel (trend) en de bijbehorende 95%-betrouwbaarheidsintervallen (C.I.) en 95%-predictieintervallen (P.I.). Ter informatie is de door WL doorgevoerde correctie vermeld.....	218
Figuur C-7:	Residuen van de T2009 op de jaargemiddelde hoogwaterstanden voor de meetpunten Vlissingen, Antwerpen-Loodsgebouw, Schelle en Melle (met de klok mee) inclusief de residuen van de predicties uit het T2009 regressiemodel voor de jaren 2010-2015. Ter informatie is de door WL doorgevoerde correctie vermeld.	219

Figuur C-8:	Spreidingsdiagram van de jaargemiddelde rechte opzet te Vlissingen en de residuen van de T2009 regressie op jaarlijks gemiddelde hoogwaterstanden te Vlissingen.	221
Figuur C-9:	Spreidingsdiagram van de jaargemiddelde rechte opzet te Vlissingen en de residuen van de T2009 regressie op jaarlijks gemiddelde hoogwaterstanden te Antwerpen.	221
Figuur C-10:	Spreidingsdiagram van de jaargemiddelde afvoer te Schelle en de residuen van de T2009 regressie op jaarlijks gemiddelde hoogwaterstanden te Antwerpen.	222
Figuur C-11:	Spreidingsdiagram van de jaargemiddelde windopzet te Vlissingen en de residuen van de T2009 regressie op jaarlijks gemiddelde hoogwaterstanden te Schelle.	222
Figuur C-12:	Spreidingsdiagram van de jaargemiddelde afvoer te Schelle en de residuen van de T2009 regressie op jaarlijks gemiddelde hoogwaterstanden te Schelle.	223
Figuur C-13:	Spreidingsdiagram van de jaargemiddelde afvoer te Melle en de residuen van de T2009 regressie op jaarlijks gemiddelde hoogwaterstanden te Melle.	223
Figuur C-14:	Jaargemiddelde hoogwaterstanden voor de meetpunten Liefkenshoek, Kallosluis, Tielrode en Sint-Amands (met de klok mee) inclusief de verwachting uit het T2009 regressiemodel (trend) en de bijbehorende 95%-betrouwbaarheidsintervallen (C.I.) en 95%-predictie-intervallen (P.I.). Ter informatie is de door WL doorgevoerde correctie vermeld.	229
Figuur C-15:	Residuen van de T2009 op de jaargemiddelde hoogwaterstanden voor de meetpunten Liefkenshoek, Kallosluis, Tielrode en Sint-Amands (met de klok mee) inclusief de residuen van de predicties uit het T2009 regressiemodel voor de jaren 2010-2015. Ter informatie is de door WL doorgevoerde correctie vermeld.	230
Figuur C-16:	Spreidingsdiagram van de windopzet te Vlissingen en de jaargemiddelde afvoer te Schelle (1971-2015).	231
Figuur C-17:	Spreidingsdiagram van de windopzet te Vlissingen en de jaargemiddelde afvoer te Melle (1990-2015).	231
Figuur D-1:	Ruimtelijk beeld van de absolute jaargemiddelde getijslag (in cm) voor de belangrijkste stations in het Schelde-estuarium voor drie tijdsperiodes.	234
Figuur D-2:	Absolute jaargemiddelde getijslag (in cm) voor de belangrijkste stations in het Schelde-estuarium voor de periode 1901-2015.	234
Figuur D-3:	Absolute jaargemiddelde getijslag (in cm) te Vlissingen.	235
Figuur D-4:	Relatieve getijslag van de belangrijkste stations ten opzichte van Vlissingen voor de periode 1980-2015. *Vlis 1901-1910: Jaargemiddelde getijslag Vlissingen ten opzichte van het gemiddelde van de getijslag te Vlissingen in de periode 1901-1910.	236
Figuur D-5:	Ruimtelijk beeld van de relatieve getijslag van de belangrijkste stations ten opzichte van Vlissingen voor diverse tijdsperiodes. *VLIS 1901-1910: Jaargemiddelde getijslag Vlissingen ten opzichte van het gemiddelde van de getijslag te Vlissingen in de periode 1901-1910.	237
Figuur D-6:	Relatieve getijslag Melle t.o.v. Schoonaarde (1980-2015).	241
Figuur D-7:	Relatieve getijslag Schoonaarde t.o.v. Dendermonde (1980-2015).	241
Figuur D-8:	Relatieve getijslag Dendermonde t.o.v. Temse (1980-2015).	242
Figuur D-9:	Relatieve getijslag Temse t.o.v. Schelle (1980-2015).	242
Figuur D-10:	Relatieve getijslag Tielrode t.o.v. Temse (1980-2015).	243
Figuur D-11:	Relatieve getijslag Duffel-Sluis t.o.v. Walem (1980-2015).	243
Figuur D-12:	Relatieve getijslag Walem t.o.v. Schelle (1980-2015).	244
Figuur D-13:	Relatieve getijslag Schelle t.o.v. Antwerpen (1980-2015).	244
Figuur D-14:	Relatieve getijslag Antwerpen t.o.v. Liefkenshoek (1980-2015).	245
Figuur D-15:	Relatieve getijslag Liefkenshoek t.o.v. Bath (1980-2015).	245
Figuur D-16:	Relatieve getijslag Liefkenshoek t.o.v. Prosperpolder (1980-2015).	246
Figuur D-17:	Relatieve getijslag Bath t.o.v. Prosperpolder.	246
Figuur D-18:	Relatieve getijslag Bath t.o.v. Hansweert (1980-2015).	247
Figuur D-19:	Relatieve getijslag Hansweert t.o.v. Terneuzen (1980-2015).	247
Figuur D-20:	Relatieve getijslag Terneuzen t.o.v. Vlissingen (1980-2015).	248
Figuur D-21:	Jaargemiddelde afvoer te Schelle (1970-2015).	249

Figuur E-1:	Baggerlocaties op de Westerschelde met aanduiding van de ecotopen (Ecotopenkaart Westerschelde 2015).....	252
Figuur E-2:	Baggerlocaties op de Westerschelde met aanduiding van de ecotopen (Ecotopenkaart Westerschelde 2015).....	252
Figuur E-3:	Baggerlocaties op de Beneden-Zeeschelde met aanduiding van de fysiotopen (Ecotopenkaart Beneden-Zeeschelde 2014).....	253
Figuur E-4:	Stortlocaties in de monding met aanduiding van de – 10 en -20 m+NAP lijn (Bathymetrie 2014).	255
Figuur E-5:	Stortlocaties op de Westerschelde met aanduiding van de ecotopen (Ecotopenkaart Westerschelde 2015).....	255
Figuur E-6:	Stortlocaties op de Westerschelde met aanduiding van de ecotopen (Ecotopenkaart Westerschelde 2015).....	256
Figuur E-7:	Stortlocaties op de Beneden-Zeeschelde met aanduiding van de ecotopen (Ecotopenkaart Beneden-Zeeschelde 2014).....	256
Figuur E-8:	Onderhoudsbaggerwerken [m ³ in situ] op de Westerschelde gealloceerd naar de belangrijke (in volume) baggerlocaties (Bron: Afdeling Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid).	257
Figuur E-9:	Onderhoudsbaggerwerken [m ³ in situ] op de Westerschelde gealloceerd naar de belangrijke (in volume) stortlocaties (Bron: Afdeling Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid).	257
Figuur E-10:	Onderhoudsbaggervolumes slib [m ³ in situ] op de Zeeschelde gealloceerd naar de belangrijke (in volume) baggerlocaties (Bron: Afdeling Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid).	258
Figuur E-11:	Onderhoudsbaggervolumes zand [m ³ in situ] op de Zeeschelde gealloceerd naar de belangrijke (in volume) baggerlocaties (Bron: Afdeling Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid).	258
Figuur E-12:	Onderhoudsbaggervolumes slib [m ³ in situ] op de Zeeschelde gealloceerd naar de belangrijke (in volume) stortlocaties (Bron: Afdeling Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid).	259
Figuur E-13:	Onderhoudsbaggervolumes zand [m ³ in situ] op de Zeeschelde gealloceerd naar de belangrijke (in volume) stortlocaties (Bron: Afdeling Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid).	259
Figuur F-1:	MC1: Wijziging in het watervolume in de geulen (gedefinieerd beneden -5 m NAP) en het maximale watervolume dat geborgen kan worden in het intergetijdengebied (gedefinieerd tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.	261
Figuur F-2:	MC1: Wijziging in het wateroppervlak van de geulen (gedefinieerd als wateroppervlak bij -5 m NAP) en het oppervlak intergetijdengebied (oppervlakte tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.	261
Figuur F-3:	MC2: Wijziging in het watervolume in de geulen (gedefinieerd beneden -5 m NAP) en het maximale watervolume dat geborgen kan worden in het intergetijdengebied (gedefinieerd tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.	262
Figuur F-4:	MC2: Wijziging in het wateroppervlak van de geulen (gedefinieerd als wateroppervlak bij -5 m NAP) en het oppervlak intergetijdengebied (oppervlakte tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.	262
Figuur F-5:	MC3: Wijziging in het watervolume in de geulen (gedefinieerd beneden -5 m NAP) en het maximale watervolume dat geborgen kan worden in het intergetijdengebied (gedefinieerd tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.	263

Figuur F-6:	MC3: Wijziging in het wateroppervlak van de geulen (gedefinieerd als wateroppervlak bij -5 m NAP) en het oppervlak intergetijdengebied (oppervlakte tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.	263
Figuur F-7:	MC4: Wijziging in het watervolume in de geulen (gedefinieerd beneden -5 m NAP) en het maximale watervolume dat geborgen kan worden in het intergetijdengebied (gedefinieerd tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.	264
Figuur F-8:	MC4: Wijziging in het wateroppervlak van de geulen (gedefinieerd als wateroppervlak bij -5 m NAP) en het oppervlak intergetijdengebied (oppervlakte tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.	264
Figuur F-9:	MC5: Wijziging in het watervolume in de geulen (gedefinieerd beneden -5 m NAP) en het maximale watervolume dat geborgen kan worden in het intergetijdengebied (gedefinieerd tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.	265
Figuur F-10:	MC5: Wijziging in het wateroppervlak van de geulen (gedefinieerd als wateroppervlak bij -5 m NAP) en het oppervlak intergetijdengebied (oppervlakte tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.	265
Figuur F-11:	MC6: Wijziging in het watervolume in de geulen (gedefinieerd beneden -5 m NAP) en het maximale watervolume dat geborgen kan worden in het intergetijdengebied (gedefinieerd tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.	266
Figuur F-12:	MC6: Wijziging in het wateroppervlak van de geulen (gedefinieerd als wateroppervlak bij -5 m NAP) en het oppervlak intergetijdengebied (oppervlakte tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.	266
Figuur F-13:	MC7: Wijziging in het watervolume in de geulen (gedefinieerd beneden -5 m NAP) en het maximale watervolume dat geborgen kan worden in het intergetijdengebied (gedefinieerd tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.	267
Figuur F-14:	MC7: Wijziging in het wateroppervlak van de geulen (gedefinieerd als wateroppervlak bij -5 m NAP) en het oppervlak intergetijdengebied (oppervlakte tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.	267
Figuur F-15:	Ontwikkeling in watervolume [m ³] van de geulen (onder NAP -5m) voor de hoofd- (Boven) en nevengeul (Onder) van Macrocel 1. De grafieken presenteren de waargenomen jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) en de netto jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) die verkregen wordt door ΔV_{tot} te verminderen met het netto volume van ingrepen (Bron: RWS ZD).	268
Figuur F-16:	Ontwikkeling in watervolume [m ³] van de geulen (onder NAP -5m) voor de hoofd- (Boven) en nevengeul (Onder) van Macrocel 3. De grafieken presenteren de waargenomen jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) en de netto jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) die verkregen wordt door ΔV_{tot} te verminderen met het netto volume van ingrepen.....	269
Figuur F-17:	Ontwikkeling in watervolume [m ³] van de geulen (onder NAP -5m) voor de hoofd- (Boven) en nevengeul (Onder) van Macrocel 4. De grafieken presenteren de waargenomen jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) en de netto jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) die verkregen wordt door ΔV_{tot} te verminderen met het netto volume van ingrepen.	270
Figuur F-18:	Ontwikkeling in watervolume [m ³] van de geulen (onder NAP -5m) voor de hoofd- (Boven) en nevengeul (Onder) van Macrocel 5. De grafieken presenteren de waargenomen jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) en de netto jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) die verkregen wordt door ΔV_{tot} te verminderen met het netto volume van ingrepen.....	271

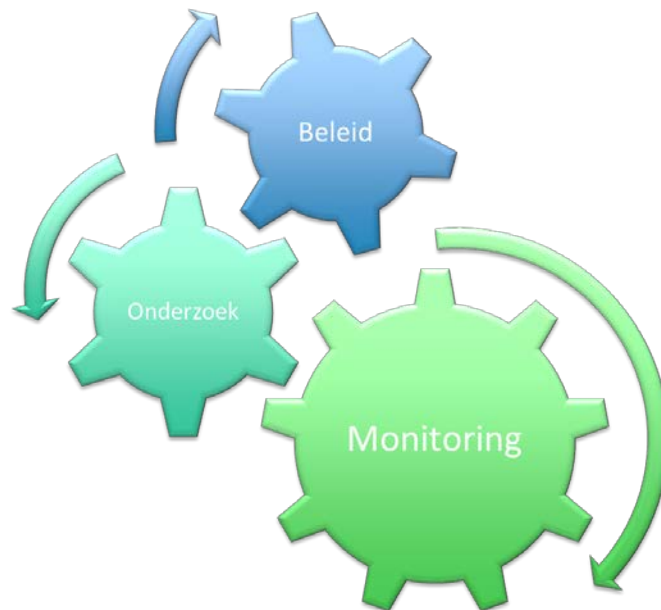
Figuur F-19:	Ontwikkeling in watervolume [m ³] van de geulen (onder NAP -5m) voor de hoofd- (Boven) en nevengeul (Onder) van Macrocel 6. De grafieken presenteren de waargenomen jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) en de netto jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) die verkregen wordt door ΔV_{tot} te verminderen met het netto volume van ingrepen.	272
Figuur F-20:	Ontwikkeling in watervolume [m ³] van de geulen (onder NAP -5m) voor de hoofd- (Boven) en nevengeul (Onder) van Macrocel 7. De grafieken presenteren de waargenomen jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) en de netto jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) die verkregen wordt door ΔV_{tot} te verminderen met het netto volume van ingrepen.	273
Figuur F-21:	Verhouding van watervolumes die doorheen de hoofd- versus nevengeul stroomt tijdens eb: absoluut (BOVEN) versus relatieve verandering (ONDER) sinds 2010. Bron: SCALWEST2000 model Rijkswaterstaat Zee en Delta.	274
Figuur F-22:	Verhouding van watervolumes die doorheen de hoofd- versus nevengeul stroomt tijdens vloed: absoluut (BOVEN) versus relatieve verandering (ONDER) sinds 2010. Bron: SCALWEST2000 model Rijkswaterstaat Zee en Delta.	275
Figuur F-23:	Verhouding van watervolumes die doorheen de hoofd- versus nevengeul stroomt tijdens de volledige getijcyclus: absoluut (BOVEN) versus relatieve verandering (ONDER) sinds 2010. Bron: SCALWEST2000 model Rijkswaterstaat Zee en Delta.	276
Figuur H-1:	Hoogtegradiënt laagdynamisch gebied in het westelijk deel van de Westerschelde voor 2010 (Boven) en 2015 (Onder), met aanduiding van hoog (Rood), middelhoog (Oranje) en Laag laagdynamisch gebied (Geel) en het overige litoraal gebied (Grijs).	283
Figuur H-2:	Hoogtegradiënt laagdynamisch litoraal in het oostelijk deel van de Westerschelde voor 2010 (Boven) en 2015 (Onder), met aanduiding van hoog (Rood), middelhoog (Blauw) en Laag laagdynamisch gebied (Groen) en het overige litoraal gebied (Grijs).	284
Figuur J-1:	Ligging van vier raaien met bijbehorende meetpunten in de Westerschelde op de kaart met de maximale stroomsnelheden in 2015.	293
Figuur J-2:	Ontwikkeling van de stroomsnelheid op de meetpunten van raai 1.	294
Figuur J-3:	Ontwikkeling van de stroomsnelheid op de meetpunten van raai 2.	295
Figuur J-4:	Ontwikkeling van de stroomsnelheid op de meetpunten van raai 3.	295
Figuur J-5:	Ontwikkeling van de stroomsnelheid op de meetpunten van raai 4.	296

1 Inleiding

1.1 Context

Het project “T2015-rapportage Schelde-estuarium” heeft als doel om de toestand en de richting van ontwikkelingen van het Schelde-estuarium te evalueren. Om de ontwikkelingen in het estuarium op de voet te volgen en na te gaan of de gestelde doelen worden bereikt, is een beleidsondersteunende Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium ontwikkeld (Maris et al., 2014). De uitgangspunten van deze evaluatiemethodiek zijn de beleidsdoelstellingen uit de LTV en het goed functioneren van het Schelde ecosysteem. Er wordt dus zeker niet vertrokken vanuit een historisch perspectief of ongerepte referentie.

De evaluatie gebeurt door toepassing van de methodiek op de uitkomsten van een uitgebreid monitoringprogramma. De resultaten van de evaluatie van het Schelde-estuarium zijn van groot belang om het beleid voor het watersysteem bij te kunnen sturen en om onderzoeksvragen te formuleren (zie Figuur 1-1).



Figuur 1-1: Belang en positie van monitoring en evaluatie.

In het project worden verschillende producten ontwikkeld:

- nota ‘Dataverwerking en databehoeftte’;
- Analyserapport;
- Evaluatierapport;
- Samenvatting;
- nota ‘Evaluatie van de Evaluatiemethodiek’.

De nota ‘Dataverwerking en databehoeftte’ (Barneveld et al., 2016) bevat een beschrijving van de beschikbare gegevens en de controle op de bruikbaarheid van de gegevens. Het T2015 Analyserapport (Barneveld et al., 2018a) is een technisch (achtergrond)rapport met de uitkomsten van trendanalyses van alle parameters die relevant zijn voor het functioneren van het systeem. Het voorliggende document is het evaluatierapport dat als doel heeft de toestand van het Schelde-estuarium te evalueren. Op basis van de resultaten van het analyserapport

worden de ontwikkelingen in het Schelde-estuarium tussen 2010 en 2015 geëvalueerd en geduid. Indien mogelijk worden ook verklaringen gezocht voor de gevonden ontwikkelingen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het overzicht van menselijke ingrepen in het studiegebied, beschikbare onderzoeksresultaten en de bij de projectgroepen Evaluatie & Rapportage en Flexibel Storten aanwezige kennis. Tot slot worden de conclusies vergeleken met de conclusies van vergelijkbare, soms parallel uitgevoerde, studies, zoals de Voortgangsrapportage Flexibel Storten (Goossens et al., 2017).

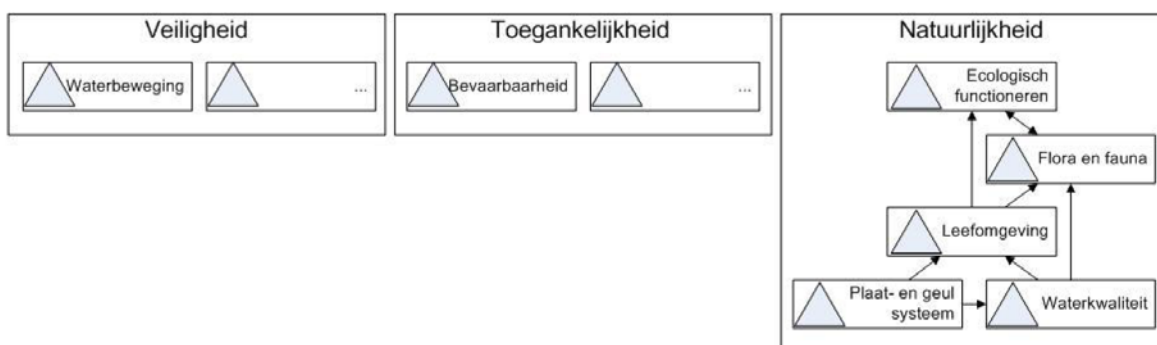
De (management)samenvatting (Barneveld et al., 2018c) bevat de hoofdconclusies van het project. De nota 'Evaluatie van de Evaluatiemethodiek' (Barneveld et al., 2018b) doet aanbevelingen voor verbetering of herziening van de Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium.

Het studiegebied wordt gevormd door de Boven-Zeeschelde, Beneden-Zeeschelde, de Westerschelde en het mondingsgebied van de Schelde. In Bijlage A staat een uitgebreide toelichting op het studiegebied en indelingen hiervan. Bijlage B bevat een overzicht en bespreking van de menselijke ingrepen.

1.2 Achtergrond

Om het functioneren van het Schelde-estuarium en de activiteiten die in het estuarium plaatsvinden te beoordelen, hebben Vlaanderen en Nederland besloten gezamenlijk een evaluatiemethodiek te ontwikkelen. Deze evaluatiemethodiek is opgesteld in opdracht van de werkgroep Onderzoek en Monitoring van de Vlaams-Nederlandse Scheldec commissie (VNSC). Om te kunnen evalueren, moet de uitgangssituatie op een eenduidige en op een voor beide landen acceptabele wijze worden vastgelegd. Daarbij wordt het jaar 2009 aangehouden als referentie (T2009).

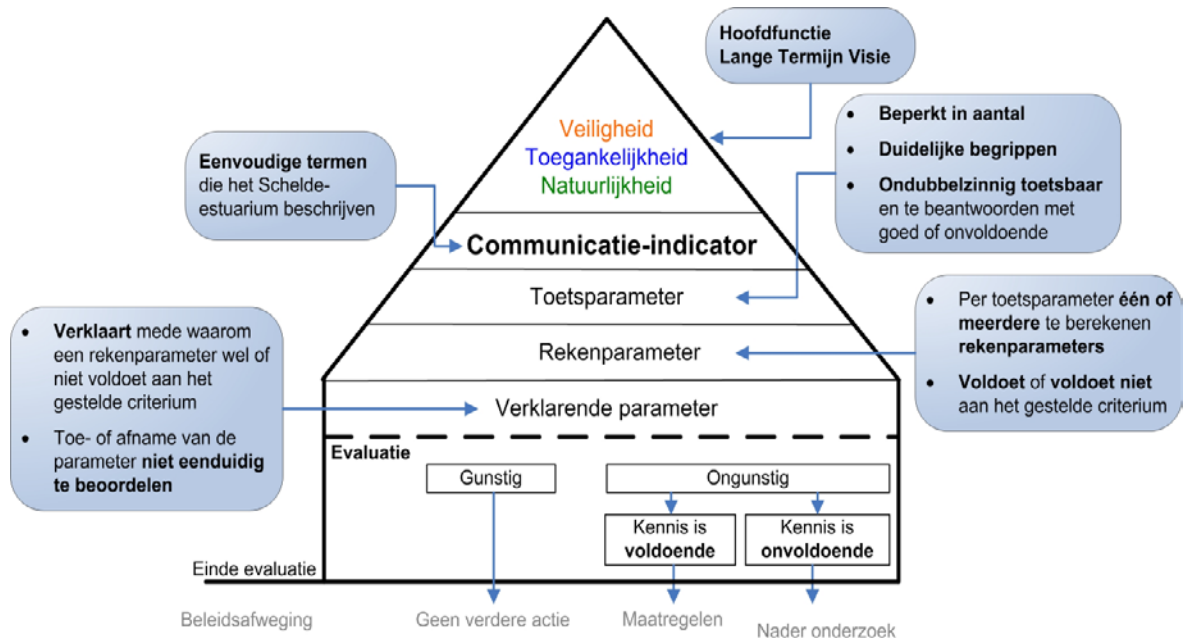
De evaluatie voor het jaar 2015 gebeurt aan de hand van de evaluatiemethodiek Schelde-estuarium (update 2014; Maris et al., 2014) toegepast op gegevens in de periode 2010 tot en met 2015. Deze methodiek is opgebouwd rond de hoofdfuncties Veiligheid, Toegankelijkheid en Natuurlijkheid. Vanuit deze functies is een beperkte set van zeven eenduidige en eenvoudig te interpreteren communicatie-indicatoren ontwikkeld: Dynamiek Waterbeweging, Bevaarbaarheid, Plaat- en geulsysteem, Waterkwaliteit, Leefomgeving, Flora & Fauna en Ecologisch Functioneren (zie Figuur 1-2).



Figuur 1-2: Schematische weergave van de communicatie-indicatoren (piramides) per hoofdfunctie van de langetermijnvisie. Bron: Figuur 1.1 Evaluatiemethodiek (Maris et al., 2014).

Voor iedere communicatie-indicator volgt de beoordeling een getrapte aanpak: de piramide-aanpak (zie Figuur 1-3). Bovenaan de piramide staat de communicatie-indicator. Deze wordt beoordeeld door de onderliggende niveaus te doorlopen. N.B. Voor Plaat- en geulsysteem is er

geen piramide en geen voorgeschreven beoordeling. Er zijn wel visies op het morfologisch-hydrodynamisch systeem, maar deze geven geen basis voor een ondubbelzinnig oordeel. De evaluatie en waardering is namelijk afhankelijk van de functie van waaruit ze bekeken wordt. De toepassing van de evaluatiemethodiek vereist de analyse van een grote verzameling gegevens over diverse variabelen, opgesplitst in toets-, reken-, en verklarende parameters (zie kader). In de nota 'Dataverwerking en databehoeftte' (Barneveld et al., 2016) is een overzicht gegeven van de beschikbare gegevens om de statistische (trend)analyses te kunnen uitvoeren.



Figuur 1-3: Schematische weergave 'piramide-aanpak'. Bron: Figuur 1.2 van Maris et al. (2014).

1.3 Doel

Hoofddoel van de evaluatie is om de toestand en de richting van ontwikkelingen met betrekking tot het functioneren van het Schelde-estuarium in beeld te brengen en bij veranderingen aan te geven waardoor deze worden veroorzaakt. Voor iedere communicatie-indicator worden daartoe de toetsparameters conform de Evaluatiemethodiek geëvalueerd (piramide-aanpak, zie kader). Dit gebeurt aan de hand van de resultaten uit het T2015 Analyserapport (Barneveld et al., 2018a) voor de rekenparameters en verklarende parameters. Vervolgens worden de belangrijkste conclusies in status en ontwikkeling weergegeven, met daarbij mogelijke verklarende oorzaken. Het evaluatierapport staat ten dienste van het beleid en moet toelaten om gepaste maatregelen uit te werken, daar waar nodig.

Evaluatiemethodiek over niveaus in piramide (zie ook Figuur 1-3)

Niveau 1: Rechtstreeks onder de communicatie-indicator staan de toetsparameters: een beperkte maar toch volledige set parameters waarmee ondubbelzinnig de toestand of trend van de communicatie-indicator beoordeeld kan worden.

Niveau 2: Elke toetsparameter is opgebouwd uit één of meerdere rekenparameters. Voor elke rekenparameter is een duidelijk toetsingscriterium opgesteld. Alle rekenparameters samen bepalen of de ontwikkelingen van een toetsparameter gunstig of ongunstig zijn voor het functioneren van het systeem.

Niveau 3: Onderaan de piramide staat een set verklarende parameters. Verklarende parameters dragen vooral bij aan het begrijpen van de waargenomen ontwikkelingen en minder aan het beoordelen van de ontwikkeling. De verklarende parameters zelf zijn immers niet onafhankelijk te beoordelen.

1.4 Uitgangspunten

De analyses in het T2015 Analyserapport (Barneveld et al., 2018a) vormen het vertrekpunt voor de T2015 evaluatie. De resultaten van de T2015 evaluatie worden vergeleken met conclusies uit andere studies voor het Schelde-estuarium, zoals de eerstelijnsrapportages Zeeschelde (MONEOS; Van Ryckegem et al., 2015; 2016), de factual data rapportage Zeeschelde (MONEOS; Vanlierde et al., 2016), de eerstelijnsrapportages Westerschelde (Nederloff, 2015, 2016), OMES-rapporten (o.a. Maris en Meire, 2016) en de voortgangsrapportages in het kader van het Monitoringprogramma Flexibel Storten (Goossens et al., 2016 en Goossens et al., 2017). De conclusies van deze referenties zijn kritisch beschouwd alvorens deze te gebruiken.

Daarnaast is een belangrijk uitgangspunt voor dit rapport, dat de analyses zoveel mogelijk gebaseerd zijn op die in de T2009-rapportage (Depreiter et al., 2014) en in lijn zijn met de evaluatiemethodiek (Maris et al., 2014). Dit om de vergelijkbaarheid met de referentiesituatie T2009 te waarborgen. De conclusies uit de T2009-rapportage worden als correct verondersteld. In de T2015 analyses van de gegevens is alleen afgeweken van de T2009 werkwijze en de evaluatiemethodiek als dit een significant beter resultaat oplevert. Waar in de huidige analyses is afgeweken, is dit expliciet vermeld in dit rapport.

1.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de opzet van de evaluatie in meer detail. Hoofdstuk 3 tot en met hoofdstuk 9 bevat de evaluatie van de toetsparameters voor de 7 communicatie-indicatoren.

2 Opzet evaluatie

2.1 Vertrekpunt: de T2015 analyse

De basis voor dit T2015 evaluatierapport zijn de analyses in het T2015 Analyserapport (Barneveld et al., 2018a). De indeling van het voorliggende evaluatierapport volgt sterk de indeling van het analyserapport, dat op haar beurt de indeling en opzet in het T2009-rapport (Depreiter et al., 2014) volgt. We merken op dat de focus van de T2015-studie vooral ligt op het duiden van de metingen na 2009 en de eventueel geconstateerde trends hierin.

Op hoofdlijnen zijn de volgende stappen gezet om tot het T2015 Analyserapport te komen:

- aanvullen van dataset T2009 met data 2010-2015 (dataset T2015);
- reproductie van de T2009 resultaten met de dataset T2009 inclusief voorspellingen van de parameters voor de periode 2010-2015;
- vergelijking waarnemingen 2010-2015 met voorspellingen uit het T2009-model en evaluatie van de parameters (conform de evaluatiemethodiek);
- analyse op basis van de T2015 dataset ('nieuwe trends').

2.2 Vorm van de T2015 evaluatie

De voorliggende rapportage beschrijft per communicatie-indicator de evaluatie van de toets- en rekenparameters conform de evaluatiemethodiek. De evaluatie gebeurt aan de hand van de analyseresultaten en eventueel aanvullend literatuuronderzoek.

In dit rapport worden de belangrijkste conclusies over de status en ontwikkeling van de parameters gegeven, met daarbij mogelijke verklarende oorzaken. Hiertoe worden parameters ruimtelijk en in samenhang met verklarende parameters geanalyseerd. Indicaties voor trendbreuken worden benoemd en links met andere disciplines worden gelegd.

De beschrijving van de uitgevoerde analyses is voor iedere communicatie-indicator als volgt opgezet:

- Introductie van de communicatie-indicator en toelichting op de T2009-rapportage als vertrekpunt;
- Interpretatie en evaluatie van de resultaten voor de toets- en rekenparameters: ruimtelijke samenhang, toe- of afname trend ten opzichte van de in T2009 vastgestelde trend en duiding van eventuele oorzaken;
- Conclusie over de toestand van het estuarium in termen van de toetsparameters ten opzichte van T2009.

De hoofdstukken kunnen los van elkaar worden gelezen, maar uiteraard worden kruisverbanden gelegd tussen de onderdelen waar dat helpt bij de duiding van een ontwikkeling.

Voor alle hoofdstukken is de informatie over Studiegebied en indeling (Bijlage A) en Menselijke ingrepen (Bijlage B) uiteraard relevant.

2.3 Correlatie en causaliteit

De huidige toestand van het Schelde-estuarium is het resultaat van een combinatie van langetermijntoewijkingen en meer instantane veranderingen. Sommige menselijke ingrepen kunnen als duidelijk startpunt van bepaalde latere ontwikkelingen aangeduid worden, maar meestal ijlen deze ontwikkelingen na, of worden ze verstoord door andere processen. Hierdoor kan het voorkomen dat de waargenomen correlatie tussen parameters pas duidelijk wordt op de lange termijn.

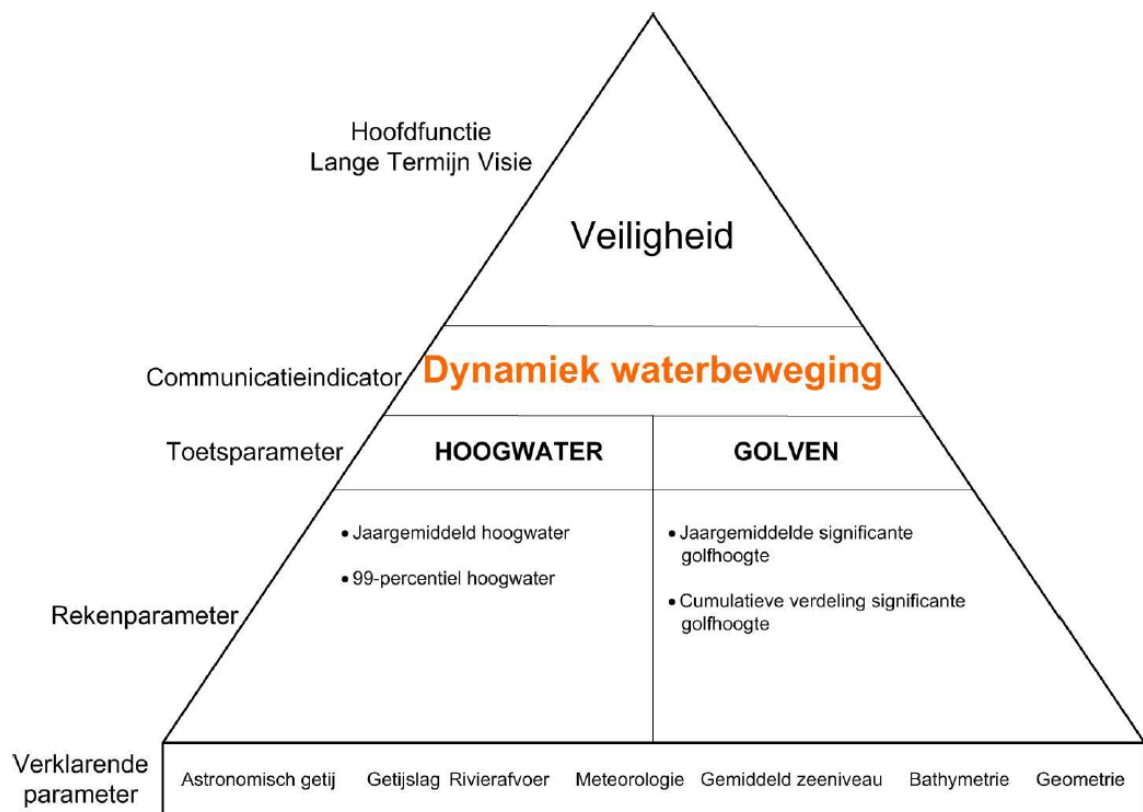
Op basis van verder onderzoek komen dan onderliggende processen aan het licht, en kunnen causale verbanden gelegd worden tussen eerdere ingrepen en waarnemingen. Ondanks de beschikbare systeemkennis is het soms lastig om recente waarnemingen te relateren met een specifieke ingreep, door de eerder genoemde cumulatie van effecten. Maar ook omdat sommige onderliggende processen stochastisch van aard zijn. We zijn dan vooral aangewezen op het vaststellen van correlatieve verbanden en of die verbanden statistisch significant zijn. We leggen daarom in dit rapport op basis van de bekende ontwikkelingen en expert judgment correlatieve verbanden tussen verschillende processen. Waar dat redelijkerwijs kan geven we een aanduiding van causaliteit (oorzaak en gevolg).

3 Dynamiek waterbeweging

3.1 Inleiding

De communicatie-indicator Dynamiek waterbeweging heeft tot doel inzicht te verkrijgen in de verticale beweging van het water in het Schelde-estuarium. De communicatie-indicator is gekoppeld aan de hoofdfunctie 'Veiligheid' uit de Lange Termijn Visie (2001), maar is ook van belang voor de hoofdfuncties 'Toegankelijkheid' in het kader van de communicatie-indicator Bevaarbaarheid (zie Hoofdstuk 4) en 'Natuurlijkheid' in het kader van de communicatie-indicator Leefomgeving (zie Hoofdstuk 7).

De verschillende onderdelen van de communicatie-indicator Dynamiek waterbeweging zijn in Figuur 3-1 geïllustreerd. In dit hoofdstuk zijn de twee toetsparameters uitgewerkt: Hoogwater (§3.2) en Golven (§3.3). Voor beide toetsparameters zijn rekenparameters gedefinieerd waarvoor de trendontwikkeling wordt bepaald via statistische analyses. De evaluatiemethodiek beschrijft of een toe- of afname van een trend vanuit het systeem gezien een positieve of negatieve ontwikkeling is. De referentie voor een toe- of afname van de trend is hierbij de trend zoals bepaald in T2009. In dit hoofdstuk worden de trends daarom vergeleken met de T2009 trends.



Figuur 3-1: Visuele weergave van de communicatie-indicator Dynamiek waterbeweging, met de onderliggende toets-, reken- en verklarende parameters.

Daarnaast bevat de piramide een aantal verklarende parameters. Deze dragen bij tot het begrijpen van de waargenomen ontwikkelingen en geven een onderliggende systeemverklaring. Voor de verklaring van de veranderingen in de waterbeweging in het estuarium is rekening gehouden met de hydraulische randvoorwaarden (gemiddelde zeespiegel, astronomisch getij,

getijslag, wind en afvoer) en morfologische veranderingen in het estuarium (bathymetrie en geometrie), al dan niet als (in)direct gevolg van natuurlijke processen of antropogene ingrepen.

In T2009 is de conclusie, dat de ontwikkeling van de toetsparameter Hoogwater negatief is voorafgaand aan het jaar 2009. Voor de toetsparameter Golven zijn over het algemeen geen significante trends waargenomen. In de evaluatiemethodiek voor T2015 staat duidelijk hoe de evaluatie van de onderliggende rekenparameters dient te gebeuren met de T2009-analyses en de gegevens van 2010-2015. Aan het eind van het hoofdstuk is de communicatie-indicator (Figuur 3-1) aangevuld met een aanduiding van de ontwikkeling ten opzichte van de trends in T2009. Deze aanduiding moet in perspectief worden gezien, want een positieve ontwikkeling ten opzichte van T2009 hoeft niet te betekenen dat de huidige (T2015) trend vanuit het systeem gezien positief is. Daarom is ook altijd een aanduiding van de trend in absolute zin toegevoegd (zoals in de T2009 rapportage).

In dit hoofdstuk staan verklaringen voor de constatering in hoofdstuk 3 van het T2015 Analyserapport. Deze verklaringen zijn tot stand gekomen door de bevindingen in samenhang met de verklarende parameters te beschouwen. Ook is aanvullende literatuur ter vergelijking meebeschoofd. We noemen hier expliciet Vanlierde et al. (2016), Nederloff (2015, 2016) en Goossens et al. (2016, 2017).

3.2 Toetsparameter Hoogwater

De T2009-rapportage beschrijft de trend in de rekenparameters "jaargemiddeld hoogwater" en het "99^e percentiel hoogwater" tot en met het jaar 2009. In beide gevallen is de trend stijgend voor de beschouwde meetstations.

Evaluatiemethodiek

In de evaluatiemethodiek staat dat het jaargemiddelde hoogwater vergeleken dient te worden met de voorspelling op basis van het regressiemodel uit T2009. Door de gemeten jaargemiddelde hoogwaterstanden van de periode vanaf 2010 te vergelijken met de voorspelde trend, wordt getoetst of een trendafwijking is opgetreden:

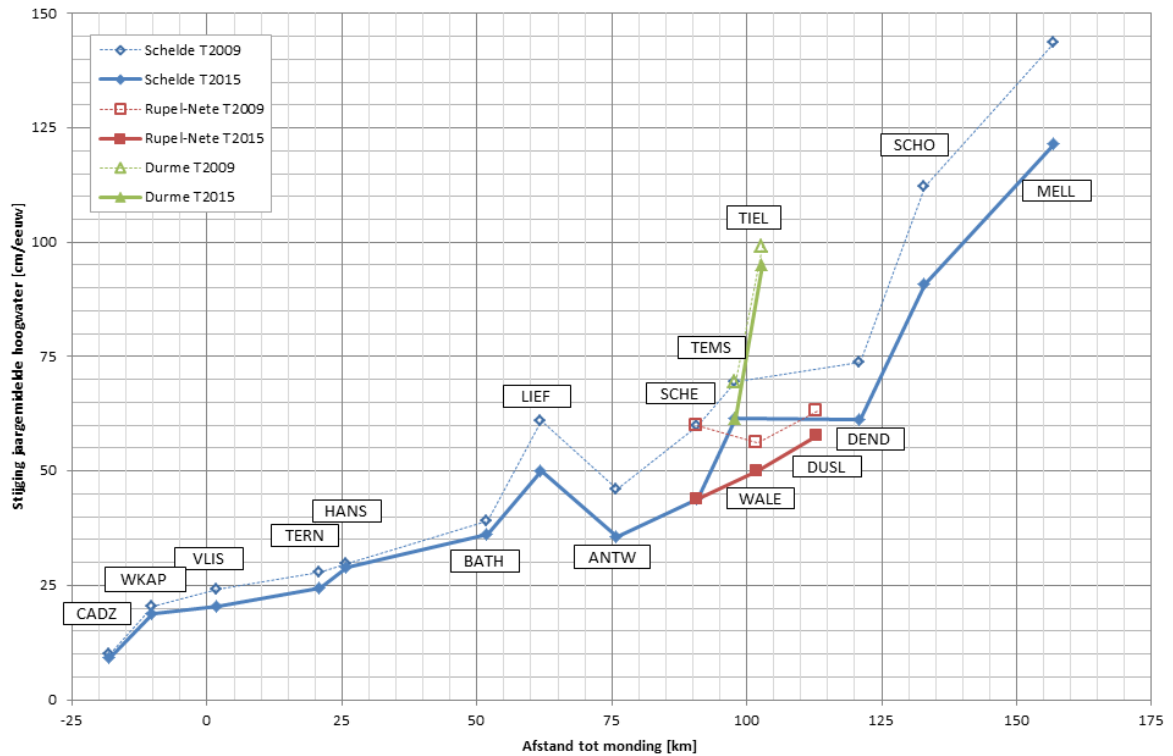
- Negatieve ontwikkeling: meer dan 5% van het aantal punten ligt boven het 95%-predictie-interval rondom de verwachte jaargemiddelde hoogwaterstand.
- Positieve ontwikkeling: meer dan 5% van het aantal punten ligt onder het 95%-predictie-interval rondom de verwachte jaargemiddelde hoogwaterstand.

Het aantal toegevoegde punten sinds 2009 is 6. Dit betekent dat 1 punt boven (onder) het predictie-interval resulteert in de kwalificatie negatieve (positieve) ontwikkeling (ten opzichte van de trend in T2009).

N.B. Deze werkwijze kan toevalstreffers opleveren, zeker gezien het grote aantal meetstations.

3.2.1 Rekenparameter jaargemiddeld hoogwater

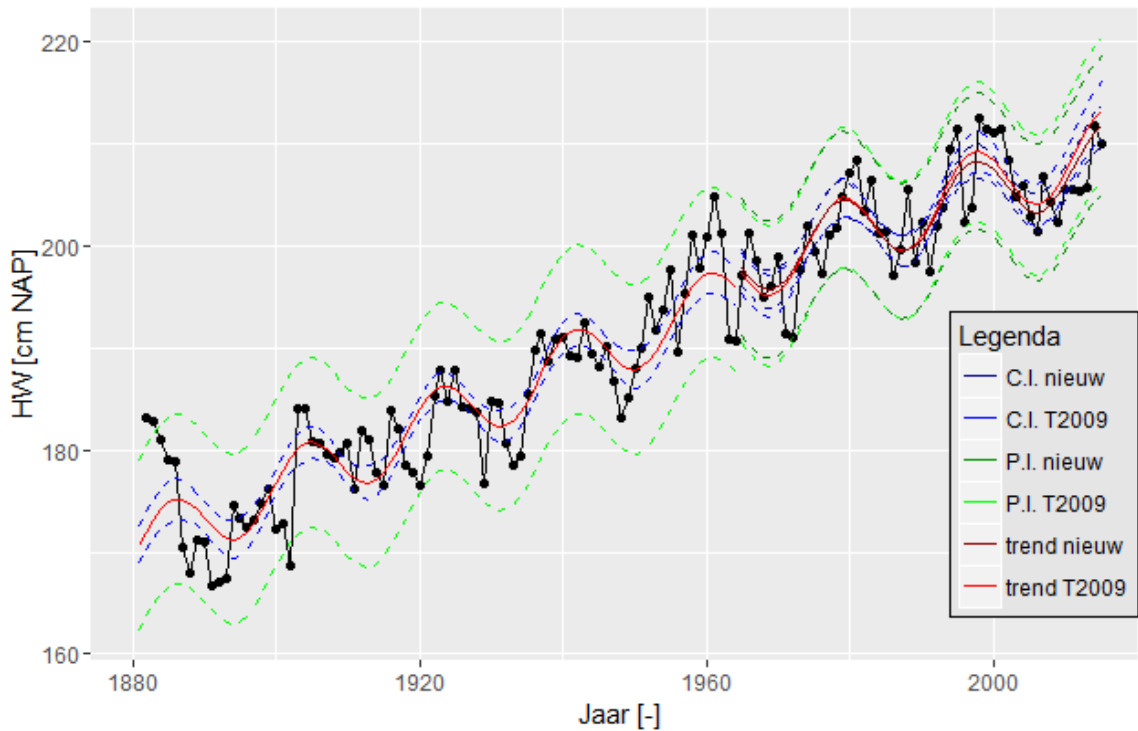
We herhalen eerst de voornaamste resultaten uit het T2015 Analyserapport. Daarna zoeken we verklaringen voor verschillen met de verwachtingen uit T2009 op basis van een lineaire trend en de nodale cyclus. Figuur 3-2 geeft een samenvatting van de lineaire trends in de stijging van hoogwaterstanden (T2009 vs. T2015). De evaluatiemethodiek schrijft het toepassen van het T2009 regressiemodel op de data tot en met 2015 niet voor, maar de bepaling van deze T2015 trends maakt het mogelijk om eventuele systeemeffecten in de data terug te vinden.



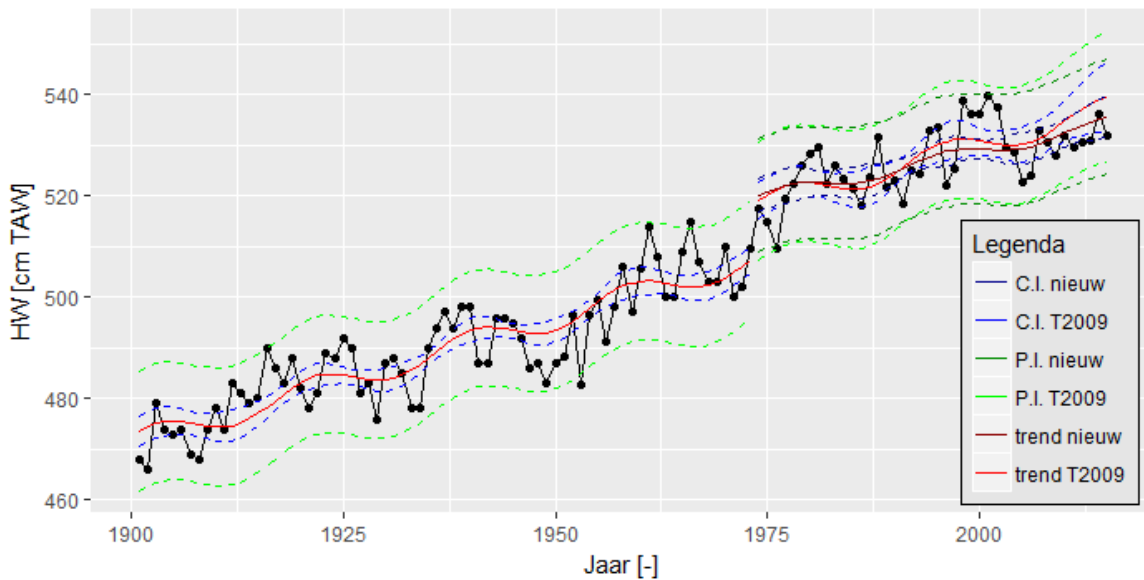
Figuur 3-2: Trendmatige stijging van de jaargemiddelde hoogwaters in de belangrijkste meetstations in het Schelde-estuarium. T2015 vs. T2009. N.B. Stations Schelle en Temse zijn ter illustratie toegevoegd aan de stations op de zijrivieren Rupel & Nete resp. Durme. [Figuur identiek aan Figuur 3-12 van het T2015 Analyserapport.]

De voornaamste resultaten uit het T2015 Analyserapport zijn als volgt.

- Op de Noordzee en in de monding van de Westerschelde wijzigt de lineaire trend in de stijgende van de jaargemiddelde hoogwaterstand nauwelijks. De jaargemiddelde hoogwaterstanden tot en met 2015 liggen net iets onder de T2009 verwachtingswaarden, maar ruim binnen het 95%-predictie-interval.
- De jaargemiddelde hoogwaterstanden liggen voor de stations in de Westerschelde in de periode 2010-2015 onder de T2009 trend, maar binnen de 95%-predictie-intervallen (zie bijvoorbeeld Figuur 3-3 – Vlissingen). De stijgende trends in jaargemiddelde hoogwaterstanden tot en met 2015 zijn enkele centimeters per eeuw kleiner dan de T2009 trends (doorgetrokken vs. gestippelde lijn in Figuur 3-2). De trendmatige stijging in de jaargemiddelde hoogwaterstanden in de Westerschelde vakt dus af in de tijd. De stijging neemt nog steeds toe het estuarium in (tot 35 cm/eeuw te Bath).
- Op de Zeeschelde liggen de jaargemiddelde hoogwaters in de periode 2010-2015 onder de trendmatige verwachting op basis van het T2009 regressiemodel. Op een enkele uitzondering daargelaten, liggen de waarden binnen de 95%-predictie-intervallen (zie bijvoorbeeld Figuur 3-4 voor Antwerpen). De trendmatige stijging in de jaargemiddelde hoogwaterstanden neemt in T2015 vanaf Liefkenshoek opwaarts duidelijk af ten opzichte van de trend in T2009. Het is op basis van de beschikbare gegevens niet mogelijk om definitief een trendbreuk te herkennen in de reeksen. Gegevens in de volgende evaluatie moeten bevestigen of er een trendbreuk is, bijvoorbeeld rond het jaar 2005 of 2010.
- Over het algemeen is de ontwikkeling ten opzichte van T2009 voor de belangrijkste stations in het estuarium (de stations met de langste meetreeksen) neutraal. De trendmatige stijging in hoogwaterstanden is nog steeds negatief voor de veiligheid van het estuarium. Wel neemt de trendmatige stijging iets af ten opzichte van T2009.



Figuur 3-3: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Vlissingen met de trends tot en met 2009 en 2015 voor de periode 1881-2015 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen. Trendbreuk: jaar 1965.



Figuur 3-4: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Antwerpen met de trends tot en met 2009 en 2015 voor de periode 1901-2015 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen. Trendbreuk: jaar 1974.

De oorzaken van de gevonde ontwikkelingen zijn systematisch onderzocht. De resultaten hiervan zijn hieronder beschreven.

Peilschalencorrecties getijstations Zeeschelde

In 2013 heeft het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) aan de hand van telemetrische gegevens geconstateerd, dat de peilschalen van een groot aantal getijstations in de Zeeschelde verticaal zijn verschoven. Het gaat om verschillen tot 7 cm. De verticale positie van de

peilschalen is veranderd tussen de laatste opmeting van de peilschalen (jaren '80 van de vorige eeuw) en 2013. Het is niet met zekerheid te zeggen wanneer (of in welke periode) de verschuivingen precies zijn opgetreden.

Na constatering heeft het WL alle meetgegevens vanaf het jaar 2011 gecorrigeerd. De doorgevoerde datacorrecties voor de stations zijn vermeld in Tabel 3-1. De correctie van -3,0 cm voor Antwerpen betekent dat WL de meetwaarden van dit station vanaf 2011 met 3,0 cm heeft verlaagd. De analyses in het T2015 Analyserapport zijn gebaseerd op de door WL aangeleverde gegevens (inclusief de correctie sinds 2011).

Getijstation	Peilschalencorrectie (in cm)		Getijstation	Peilschalencorrectie (in cm)
<i>Antwerpen-Loodsgebouw</i>	-3,0		<i>Melle</i>	-1,1
Boom	-1,5		Prosperpolder	0,9
Dendermonde	0,8		<i>Schelle</i>	-3,1
Duffel-Sluis	-0,7		Schoonaarde	1,0
Hemiksem	0,1		Sint-Amands	-4,2
Kallosluis	-4,9		<i>Temse</i>	Niet beschikbaar
<i>Liefkenshoek</i>	-3,4		<i>Tielrode</i>	-6,9
Lier-Maasfort	0,7		<i>Walem</i>	-0,6
Lier-Molbrug	1,0		Wetteren	0,2
Mechelen-Benedensluis	2,1			

Tabel 3-1: *Peilschalencorrectie die WL in 2013 heeft doorgevoerd op de metingen van Vlaamse getijstations sinds 2011. De stations zijn op alfabetische volgorde vermeld. De namen van de belangrijkste stations zijn cursief gedrukt. Een correctie van -1,0 cm betekent dat WL de meetwaarden vanaf 2011 met 1,0 cm heeft verlaagd.*

Nodale cyclus

Voor alle meetstations is de 18,6-jarige nodale cyclus duidelijk zichtbaar in de hoogwaterstanden buiten het estuarium en in de Westerschelde. De cyclus is een externe, goed gekende oorzaak voor de variatie in (hoog)waterstanden. De data laten zien dat de cyclus, conform verwachting, rond het jaar 2015 de maximale waarde heeft bereikt (zie bijvoorbeeld Figuur 3-3 en Figuur 3-4).

Externe forcing: zeespiegelstijging en getijslag

De lineair stijgende trends in hoogwaterstanden zijn buiten het estuarium en in de monding van de Westerschelde (tot Hansweert) nagenoeg ongewijzigd ten opzichte van T2009. De zeespiegel buiten het estuarium kent nog steeds dezelfde lineair stijgende trend van ca. 20 cm/eeuw (zie ook Baart et al., 2015). De getijslag buiten het estuarium (dat is, hoogwaterstand minus laagwaterstand) kent onveranderd geen trend. Externe getij- en zeespiegelveranderingen zijn dus niet de verklaring voor de (niet-significante) verschillen in hoogwatertrends. Daarom is naar andere verklaringen voor de iets lagere jaargemiddelde hoogwaterstanden in de periode 2010-2015 (en dus de afvlakkende trendmatige stijging in de jaargemiddelde hoogwaterstand tot en met het jaar 2015) gezocht:

- Rivierafvoer en windopzet (meteorologie);
- Ontwikkeling van het astronomisch hoogwater;
- Ontwikkeling van de getijslag in het estuarium.

Rivierafvoer en rechte opzet (meteorologie)

In aanvulling op de analyses in het T2015 Analyserapport is een analyse naar het effect van de Schelde-afvoer en de rechte windopzet² in de monding van het estuarium op de jaargemiddelde hoogwaterstanden uitgevoerd. Deze aanvullende analyse is beschreven in Bijlage C. Het blijkt dat de afvoeren van de Schelde de variatie in de residuen van het T2009 regressiemodel voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden op de Vlaamse stations zeer goed verklaren. Ook verklaart de jaargemiddelde rechte windopzet te Vlissingen een groot deel van de spreiding in de residuen van de jaargemiddelde hoogwaterstanden te Vlissingen, Antwerpen en Schelle.

Ter illustratie zijn de resultaten van de analyse voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden te Antwerpen hier toegelicht. Eerst zijn lineaire verbanden tussen de windopzet bij Vlissingen & de rivierafvoer te Schelle enerzijds en de residuen van de jaargemiddelde hoogwaterstanden te Antwerpen anderzijds opgesteld. Aan de hand van deze verbanden zijn de residuen van de jaargemiddelde hoogwaterstanden gecorrigeerd. Tabel 3-2 bevat de residuen en de gecorrigeerde residuen van de jaargemiddelde hoogwaterstanden te Antwerpen in de periode 2010-2015. De gecorrigeerde residuen zijn zowel positief als negatief en liggen veel dicht bij 0 cm dan de ongecorrigeerde residuen. Vooral de afvoer te Schelle draagt bij aan de correcties (zie Bijlage C en Tabel 3-3, waarin het gemiddelde effect van afvoer en windopzet op de residuen van de regressie op hoogwaterstanden voor vier stations staat).

Jaar	Residu T2009	Gecorrigeerd T2009 residu
2010	-3,0	0,1
2011	-6,5	-0,6
2012	-6,7	-4,2
2013	-7,2	-3,9
2014	-2,8	-0,9
2015	-7,5	-4,1

Tabel 3-2: Residuen van de T2009 regressie op hoogwaterstanden te Antwerpen. De tabel geeft het verschil tussen verwachte waarde volgens de T2009 regressie en de uit de data berekende jaargemiddelde hoogwaterstanden voor de periode 2010-2015. Gecorrigeerd T2009 residu: correctie op basis van lineaire relaties tussen residuen hoogwater te Antwerpen en zowel de jaargemiddelde afvoer te Schelle als de jaargemiddelde windopzet te Vlissingen.

Station	Afvoer Schelle/Melle (cm)	Opzet Vlissingen (cm)
Vlissingen	n.v.t.	-0,4
Antwerpen	-3,2	-0,2
Schelle	-2,9	0,0
Melle	-7,0 (Melle)	n.v.t.

Tabel 3-3: Gemiddelde effect van afvoerdebiet en rechte windopzet in centimeters op de residuen van het T2009 regressiemodel voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij 4 getijstations in de periode 2010-2015.

De conclusie van de aanvullende analyse is dus, dat de afvoeren en de windopzetten in de jaren 2010-2015 de waargenomen afwijkingen ten opzichte van het T2009 regressiemodel voor een aanzienlijk deel verklaren.

² De rechte opzet is het verschil tussen de astronomische en de gemeten waterhoogte op hetzelfde tijdstip. De scheve opzet is het verschil tussen de gemeten hoogwaterstand en de astronomische hoogwaterstand. Omdat er, vooral tijdens stormvloed, tijdsverschuivingen in hoog- of laagwatertijdstippen optreden, spreekt men dan van scheve opzet. Bij kustlocaties kunnen deze tijdsverschuivingen wel tot meer dan 2 uur oplopen. Vanwege vervroeging (of soms ook vertraging) van het getij is de rechte opzet meestal aanzienlijk groter dan de scheve opzet.

Astronomisch hoogwater

Het astronomisch hoogwater is ontdaan van de invloed van zeespiegelstijging en windopzet. Het bevat net als de getijslag informatie over de amplitude van de getijgolf door het estuarium. Vanaf de monding tot aan Hansweert is de trend in de stijging van de jaargemiddelde hoogwaterstanden nagenoeg gelijk aan de trend in de zeespiegelstijging. Ofwel, de zeespiegelstijging werkt 1-op-1 door in de hoogwaterstanden. Voor station Bath geldt dat de trend in de stijging van het astronomisch hoogwater een even belangrijke verklaring is voor de trend in de stijging van het hoogwater als de trend in de zeespiegelstijging. Dit betekent dat ook de (veranderende) vorm van het estuarium invloed uitoefent op de hoogwaterstanden. De analyse naar de astronomische hoogwaterstanden levert geen andere inzichten op dan die in T2009.

Voor de stations opwaarts van Bath, op de Zeeschelde, zijn geen harmonische gegevens beschikbaar om een vergelijkbare analyse op astronomische hoogwaters uit te voeren. Uit T2009 is bekend dat de hoogwaterstanden en de getijslag op de Zeeschelde een trendmatige stijging in de tijd vertonen en dat de getijslag tot op een bepaald punt in stroomopwaartse richting toeneemt. Dit heeft te maken met de trechtersvorm van het estuarium en morfologische ontwikkelingen over de tijd. Veranderingen in de getijslag kunnen daarom wijzen op een morfologische ontwikkeling. We beschouwen daarom nu de temporele en ruimtelijke ontwikkeling van de getijslag, in het bijzonder die voor de stations opwaarts vanaf Bath.

Absolute getijslag

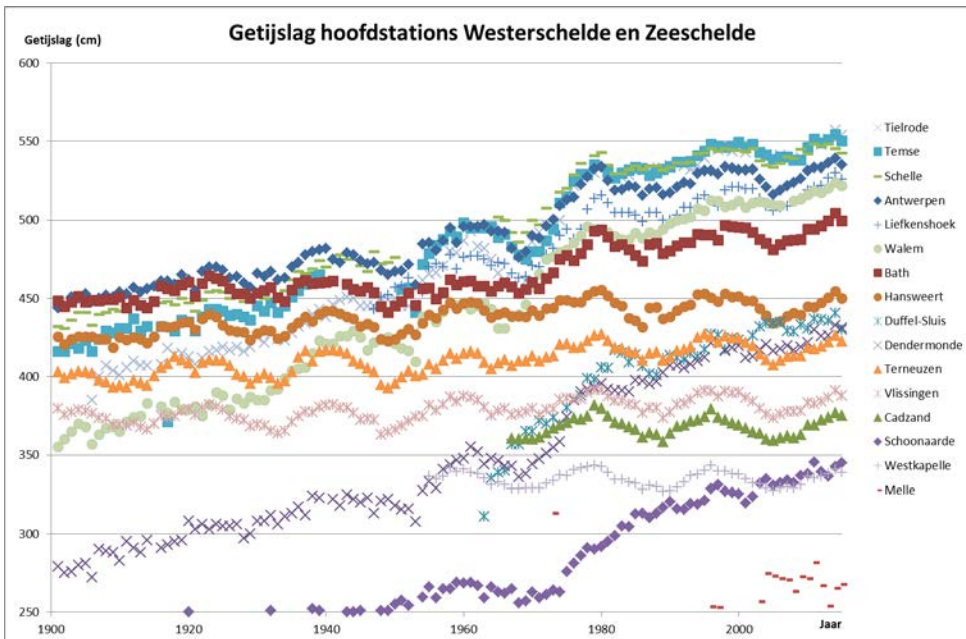
De jaargemiddelde (absolute) getijslag is het verschil in cm tussen de jaargemiddelde hoogwaterstand en de jaargemiddelde laagwaterstand. De getijslag is een maat voor de amplitude van de getijgolf en heeft invloed op onder andere stroomsnelheden en sedimenttransport.

Uit de grafieken in Figuur 3-5 en Figuur 3-6, en de statistische trendanalyses in het T2015 Analyserapport blijkt, dat de getijslag buiten het estuarium en in de monding van de Westerschelde geen trend kent. Opwaarts vanaf Bath is de trend in de getijslag in de periode 1980-2015 stijgend. Ten opzichte van T2009 is de trend in de getijslag over het algemeen ongewijzigd. Dieper in het estuarium, waar de getijslag ook beïnvloed wordt door de afvoer van de Schelde, is de getijslag in de periode 2010-2015 iets lager dan de verwachtingen op basis van het T2009 regressiemodel. De waarden liggen binnen de 95%-predictie-intervallen. De stijgende trend zwakt iets af.

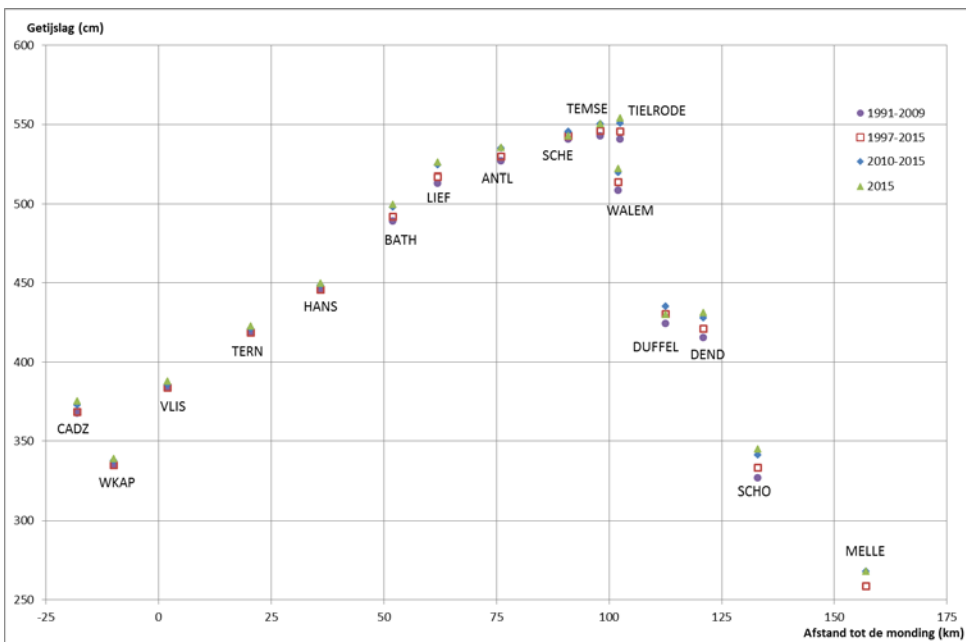
Net als in T2009 is de conclusie dat de getijslag zowel ruimtelijk als temporeel toeneemt:

- De getijslag neemt stroomopwaarts vanaf Vlissingen toe tot aan Tielrode. Deze ruimtelijke toename is een gevolg van de convergentie (de trechtersvorm) van het estuarium, waardoor amplificatie optreedt. Bovenstrooms Tielrode neemt de getijslag af;
- De trendmatige stijging van de getijslag in de tijd opwaarts vanaf Bath wordt veroorzaakt door veranderingen in de bodemligging binnen het estuarium.

Op basis van de analyses van de absolute getijslag zijn geen conclusies te trekken over verschillen in de getijslag van station tot station, die mogelijk aan morfologische veranderingen in het systeem zijn toe te schrijven. Een analyse van de relatieve getijslag van station tot station geeft meer inzicht in (effecten van) lokale en globale morfologische veranderingen in het estuarium. Een dergelijke analyse is beschreven in Bijlage D. Hier vatten we de resultaten samen.



Figuur 3-5: Temporele ontwikkeling van de verklarende parameter getijslag voor de stations met de langste meetreeksen.



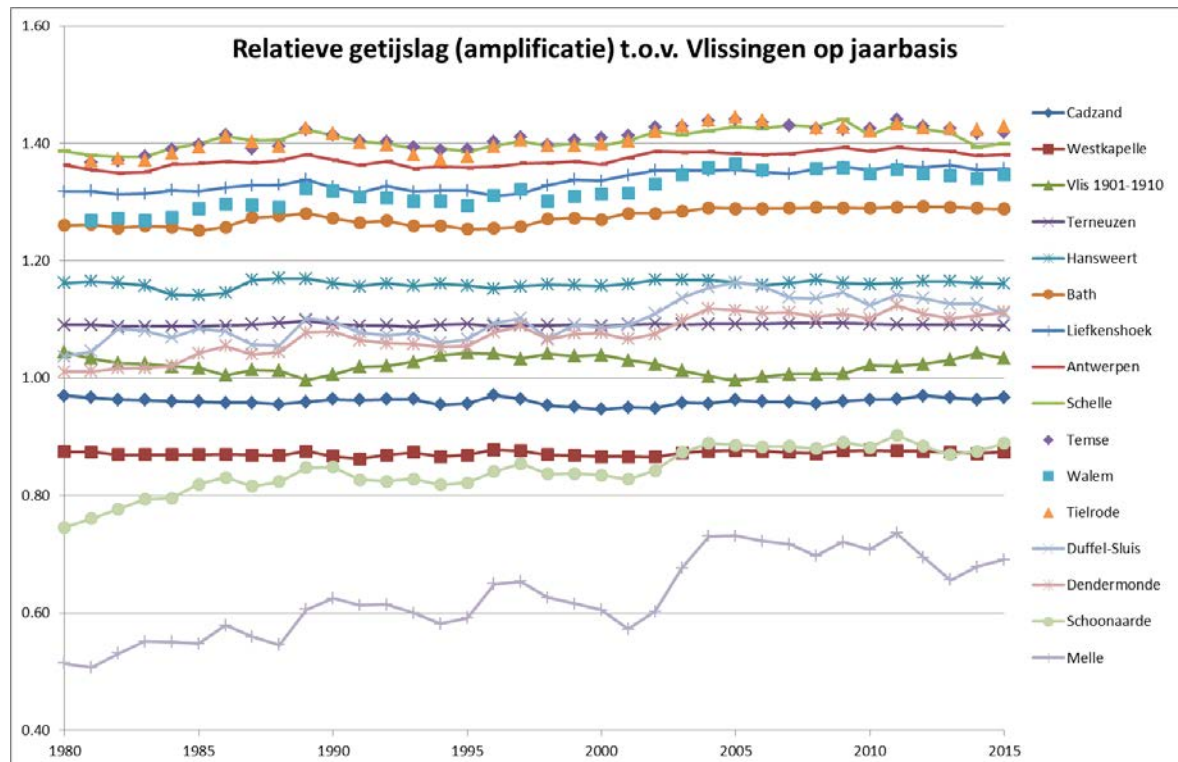
Figuur 3-6: Ruimtelijke ontwikkeling van de verklarende parameter getijslag voor de stations met de langste meetreeksen.

Relatieve getijslag

De relatieve getijslag op een locatie ten opzichte van een andere locatie is de verhouding tussen de (absolute) getijslag op de twee locaties. De relatieve getijslag van Bath ten opzichte van Vlissingen is dus de absolute getijslag in Bath gedeeld door de absolute getijslag in Vlissingen. We spreken ook wel van amplificatie (of demping), omdat de relatieve getijslag aangeeft hoe sterk de getijgolf geamplificeerd (of gedempt) wordt in het estuarium. De relatieve getijslag wordt niet beïnvloed door de trend in de zeespiegelstijging en de 18,613-jarige nodale cyclus. Het is daarom een goede indicator voor morfologische veranderingen in het systeem. De rivierafvoer beïnvloedt de relatieve getijslag wel en zorgt voor enige ruis op het signaal.

Op de Westerschelde tot aan Bath is op geen enkel traject een significante toename van de relatieve getijslag zichtbaar. Hierbij merken we op dat de amplificatie van Hansweert naar Bath tussen 1995 en 2010 met 2 procentpunt (van 1,09 naar 1,11) is gestegen. Tussen 2010 en 2015 is de amplificatie nagenoeg constant.

De invloed van de aanlegbaggerwerken in het kader van de derde verruiming (in 2010) en de in werking treding van het Deurganckdok (in 2005) zijn niet terug te zien in de relatieve getijslag op de trajecten tussen Bath en Liefkenshoek. Kanttekening hierbij is dat de ingrepen niet separaat kunnen worden beoordeeld, omdat de gegevens van het tussenliggend station Prosperpolder niet compleet zijn in de periode 2002-2007.



Figuur 3-7: Relatieve getijslag van de belangrijkste stations ten opzichte van Vlissingen voor de periode 1980-2015. *Vlis 1901-1910: Jaargemiddelde getijslag Vlissingen ten opzichte van het gemiddelde van de getijslag te Vlissingen in de periode 1901-1910.

Op de gehele Zeeschelde is de variatie in de amplificatie groter dan op de Westerschelde. De afvoer van de Schelde is van invloed op de hoog- en laagwaterstanden bovenstrooms vanaf Antwerpen. De invloed op laag- en hoogwaterstanden zal niet helemaal gelijk zijn, wat de variatie in de relatieve getijslag kan verklaren. Voor de overige trajecten op de Zeeschelde zijn de volgende bevindingen gedaan:

- Traject Liefkenshoek – Antwerpen. In de periode 2013-2015 zijn de waarden voor de relatieve getijslag lager dan ooit gemeten. De rivierafvoer biedt geen verklaring. Een andere verklaring is op basis van de gegevens niet gevonden. Dit vereist nader onderzoek.
- Op de trajecten Schelle – Temse, Temse – Dendermonde, Temse – Tielrode en Schelle – Walem blijft de amplificatie toenemen.

Op de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde is de stijging van de getijamplificatie tot stilstand gekomen. Op enkele trajecten op de Zeeschelde stijgt de amplificatie op dezelfde voet door.

Samenvattend

Op de Zeeschelde blijkt dat de lagere jaargemiddelde hoogwaterstanden in het estuarium in de periode 2010-2015 voor een deel te verklaren zijn door de afvoer op de Schelde en/of de windopzet te Vlissingen in dezelfde periode. Dit resultaat is in lijn met Goossens et al. (2016, 2017), waarin de laag- en hoogwaterstanden in de periode 2010-2015 eveneens verklaard worden door de windopzet en de afvoeren op de Schelde. De verschillen op de Zeeschelde worden nog niet volledig verklaard. Nader onderzoek wordt aanbevolen, waarbij ook de peilschalencorrecties moeten worden beschouwd.

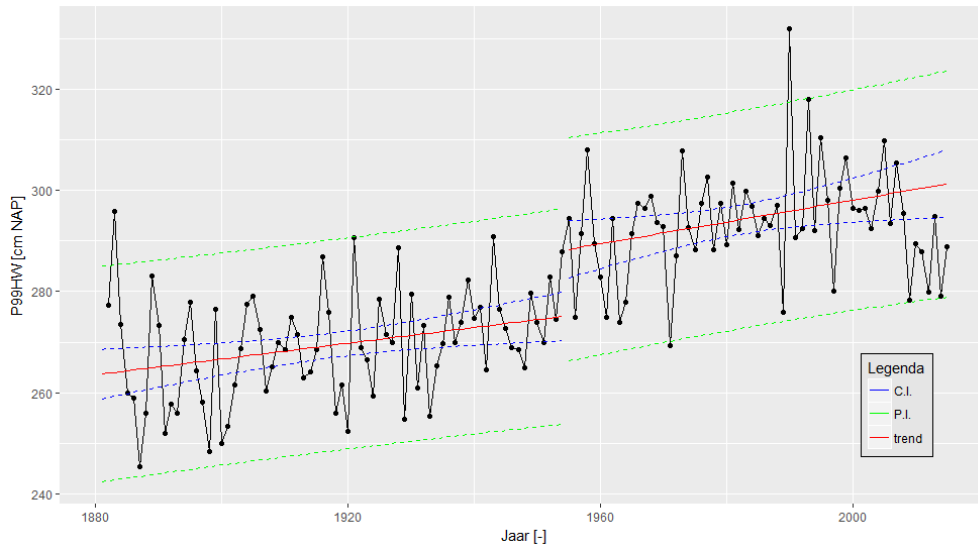
De analyse van de relatieve getijslag geeft geen reden om aan te nemen dat in de periode 2010-2015 significante morfologische veranderingen (in geometrie en bathymetrie) zijn opgetreden op systeemniveau. Morfologische veranderingen in de periode 2010-2015 zijn niet de oorzaak voor de lagere waarden van de jaargemiddelde hoogwaterstanden in die periode.

Tot slot zijn in de data geen aanwijzingen gevonden dat de in gebruik name van het Deurganckdok en aanlegbaggerwerkzaamheden in het kader van de derde verruiming van de vaargeul effect hebben op de hoogwaterstanden. Aanbevolen wordt om de invloed van deze ingrepen en de peilschalencorrecties op waterstanden en de trends hierin nader te onderzoeken.

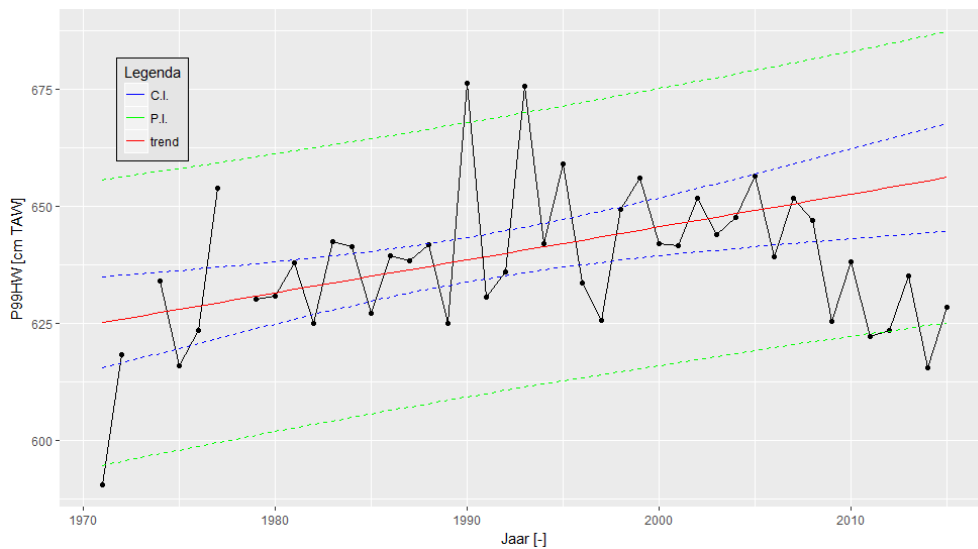
3.2.2 Rekenparameter 99^e percentiel hoogwater

Het 99^e percentiel hoogwater gedurende het kalenderjaar is de waarde die jaarlijks door 1% van de hoogwaters wordt overschreden. Het is benedenstrooms vooral het gevolg van de windopzet in combinatie met springtij. Bovenstrooms wordt de parameter door hoge afvoeren beïnvloed. In T2009 is voor de meeste stations een lineair stijgende trend gevonden in deze parameter.

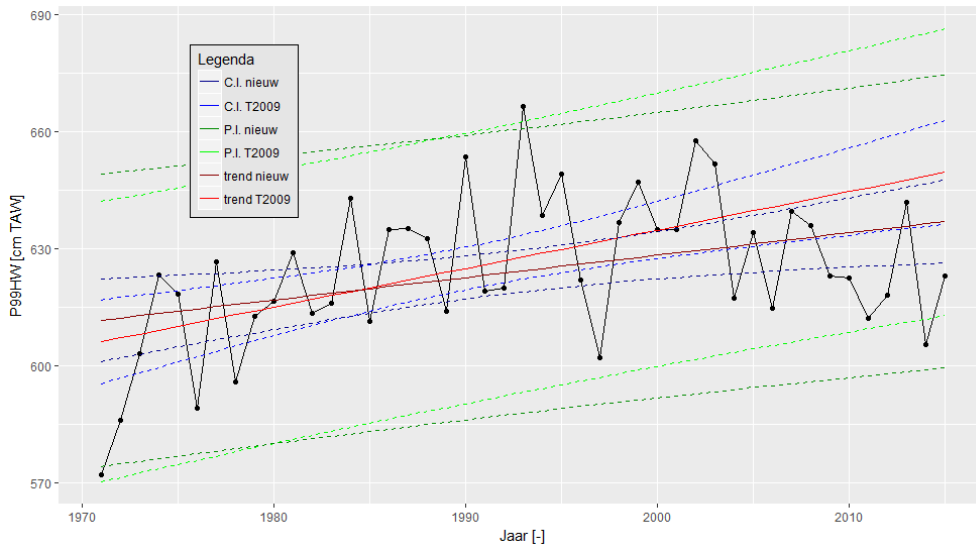
Het 99^e percentiel hoogwater kent geen statistisch significante trend voor de stations buiten het estuarium en in de monding. Vanaf het jaar 2009 zijn de waarden voor deze stations 5 tot 10 cm lager dan het lopend gemiddelde. Bij Vlissingen zijn de verschillen met de verwachtingswaarden uit het T2009 regressiemodel 15 tot 25 cm (lager), maar de waarden vallen nog net binnen het 95%-predictie-interval (zie Figuur 3-8). Bij de stations Bath, Antwerpen, Schelle, Melle en Dendermonde lopen de verschillen met de T2009 verwachtingswaarden op tot 40 cm. Diverse waarden vallen onder de 95%-predictie-intervallen van de T2009 regressiemodellen (zie Figuur 3-9 en Figuur 3-10). Volgens de evaluatiemethodiek is dit een positieve ontwikkeling ten opzichte van de trend die in T2009 is gevonden. Bovendien is voor de meeste stations de trend na toevoeging van de waarden in de periode 2010-2015 niet meer significant. Dit kan wijzen op een trendbreuk in de datareeks, maar ook op het ontbreken van enige trend in de data. Het is op basis van de beschikbare gegevens niet mogelijk om definitief een trendbreuk te herkennen in de reeksen. Gegevens in de volgende evaluatie moeten bevestigen of er een trendbreuk is, bijvoorbeeld rond het jaar 2005 of 2010.



Figuur 3-8: Resultaten trendanalyse 99^e percentiel hoogwaterstanden Vlissingen met de geëxtrapoleerde trend van 2009 tot 2015 voor de periode 1881-2015 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen. Trendbreuk: jaar 1955.



Figuur 3-9: Resultaten trendanalyse 99^e percentiel hoogwaterstanden Schelle met de trends t/m 2009 en 2015 voor de periode 1971-2015 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen.



Figuur 3-10: Resultaten trendanalyse 99^e percentiel hoogwaterstanden Dendermonde met de trends t/m 2009 en 2015 voor de periode 1971-2015 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen.

De vraag is wat de verklaring is voor de relatief lage 99^e percentiel hoogwaterstanden vanaf het jaar 2009. De jaarlijkse variatie in het signaal is 10 tot 15 cm per jaar. Wind en afvoer kunnen een deel van deze variatie verklaren, maar ook menselijke ingrepen of morfologische wijzigingen kunnen hieraan bijdragen. Het feit dat de lage waarden bij de verschillende stations aan de monding en in de Westerschelde in hetzelfde jaar voorkomen (2009, 2012 en 2014) duidt op een oorzaak van buiten het estuarium (wind). Voor de stations op de Zeeschelde zijn de waarden juist relatief laag in de jaren 2011 en 2014. Onderzocht is of dit te maken heeft met de (99^e percentielen van de) Schelde-afvoer. Hieronder volgt het resultaat van een systematische verkenning naar verschillende verklaringen voor de gevonden ontwikkelingen.

Peilschalencorrectie getijstations Zeeschelde

Het Waterbouwkundig Laboratorium heeft vanaf 2011 de peilschalen van diverse getijstations in de Zeeschelde gecorrigeerd (zie § 3.2.1).

Nodale cyclus

Conform T2009 is de nodale cyclus niet verwerkt in het regressiemodel. De cyclus bereikte rond het jaar 2015 de maximale waarde. De jaargemiddelde hoogwaters te Vlissingen zijn ongeveer 5 cm hoger als de nodale cyclus een piek bereikt. Het effect van de nodale cyclus valt echter in het niet bij de jaarlijkse variatie in het 99^e percentiel hoogwater als gevolg van variatie in de windopzet op zee (Westerschelde) en variatie in de afvoeren.

Zeespiegel en getijslag

De getijslag en de trendmatige stijging in de zeespiegelstijging buiten het estuarium zijn niet gewijzigd ten opzichte van T2009.

Meteorologie – windopzet

Uit het paneel rechtsboven in Figuur 3-11 blijkt dat het 99^e percentiel van de rechte windopzet³ te Vlissingen positief gecorreleerd is met de residuen van het 99^e percentiel hoogwater te

³ De rechte opzet is het verschil tussen de astronomische en de gemeten waterhoogte op hetzelfde tijdstip.

Vlissingen (correlatiecoëfficiënt 0,73). De positieve correlatie zet zich door tot aan Schelle⁴ (onderste twee panelen in Figuur 3-11). Een lagere windopzet gaat gepaard met een navenant lagere waarde van het (residu van het) 99^e percentiel hoogwater.

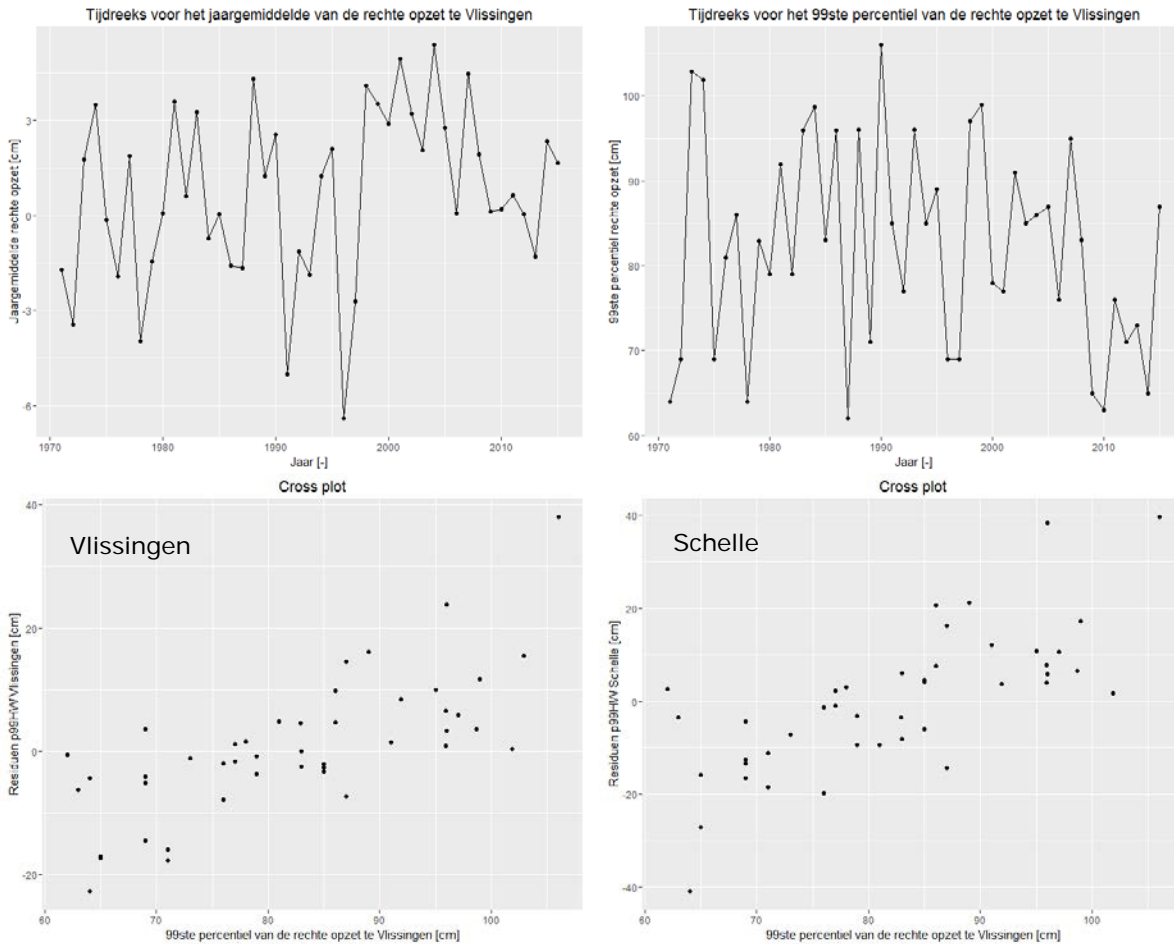
De 99^e percentielen van de windopzetten zijn in de jaren 2009, 2010 en 2014 relatief zeer laag (ca. 65 cm), in de jaren 2011, 2012 en 2013 laag (70-75 cm) en in 2015 relatief gemiddeld (ca. 85 cm). Uitgaande van een lineair verband tussen windopzet en residuen (onderste twee panelen in Figuur 3-11) gaan windopzetten kleiner of gelijk aan 70 cm bij Vlissingen gepaard met residuen van het 99^e percentiel hoogwater te Vlissingen van -10 cm of minder. Voor getijstation Schelle zijn de residuen bij genoemde opzetten -15 cm tot -20 cm (volgens het lineaire verband). Dit verklaart voor een groot deel de lagere waarden van de 99^e percentiel hoogwaterstanden te Vlissingen en Schelle in de periode 2010-2015.

Het aandeel van het 99^e percentiel van de rechte opzet op de afvlakking van de 99^e percentiel hoogwaterstanden is niet hard gekwantificeerd voor ieder getijstation. We concluderen op basis van bovenstaande dat meer dan de helft van de variatie in de residuen van de 99^e percentiel hoogwaterstanden van Vlissingen tot aan Schelle wordt verklaard door de windopzetten te Vlissingen.

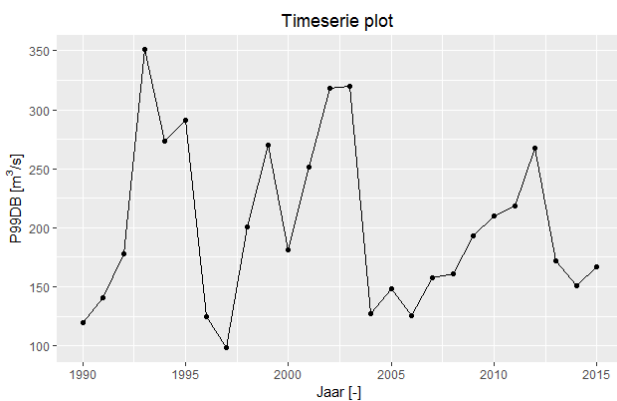
Meteorologie – afvoer

Dieper in het estuarium is de correlatie tussen 99^e percentiel windopzet en 99^e percentiel hoogwater minder sterk. Op die locaties is de 99^e percentielwaarde van de afvoer te Melle de belangrijkste verklaring voor de spreiding op de residuen (positieve correlatie, correlatiecoëfficiënt 0,90), net zoals voor de jaargemiddelde hoogwaters werd gevonden. Uit Figuur 3-12 blijkt, dat de 99^e percentielen van de afvoeren te Melle in 2013, 2014 en 2015 relatief laag, in 2010 en 2011 relatief gemiddeld en in 2012 relatief hoog zijn (zie T2015 Analyserapport). Dit is gedeeltelijk terug te zien in de 99^e percentiel hoogwaterstanden te Melle en ook Dendermonde (zie Figuur 3-10), die vooral in 2011 en 2014 relatief ver onder de trendmatige verwachting uit T2009 liggen.

⁴ De positieve correlatie is ook nog aanwezig bij getijstation Melle, waar de afvoer de belangrijkste verklarende parameter is. De afvoer en windopzet vertonen zelf ook een lichte positieve correlatie.



Figuur 3-11: Invloed wind op 99^e percentiel hoogwaterstanden: rechte opzet vs. hoogwaterstanden. Met de klok mee van linksboven naar linksonder: Jaargemiddelde rechte opzet te Vlissingen, jaarlijks 99^e percentiel van de rechte opzet te Vlissingen, scatterplot van de 99^e percentiel hoogwaterresiduen te Schelle tegen het 99^e percentiel van de rechte opzet te Vlissingen en scatterplot van de 99^e percentiel hoogwaterresiduen te Vlissingen tegen het 99^e percentiel van de rechte opzet te Vlissingen.



Figuur 3-12: Verloop van het 99^e percentiel van de afvoer te Melle.

Ingrepen, morfologie en getijslag

Morfologische wijzigingen, in het bijzonder in de geometrie en bathymetrie, eventueel als (indirect) gevolg van menselijk handelen, kunnen een verklaring bieden voor wijzigingen in de 99^e percentielen van de hoogwaterstanden. In het bijzonder kunnen ontpolderingen en de in

werking treding van gecontroleerde overstromingsgebieden (GOG's, zie ook § 5.4.4) invloed hebben op deze parameter.

Het bergend volume van de Sigmagebieden is nauwelijks toegenomen na 2009 (zie Bijlage A). In 2010-2015 hebben zich 7 hoogwaters voorgedaan waarbij Sigmagebieden in werking zijn getreden: 4 bij hoge afvoeren, 3 bij stormvloed. Ten opzichte van het verleden is dit aantal relatief laag (zie Coen et al., 2017).

In § 3.2.2 is aangetoond dat de relatieve getijslag in het estuarium niet significant is veranderd in de periode 2010-2015. Er is dus geen indicatie dat morfologische wijzigingen op systeemniveau effect hebben gehad op de getijslag.

Samenvattend

De lage waarden van de rekenparameter 99^e percentiel hoogwater worden, net als bij het jaargemiddeld hoogwater, in grote mate verklaard door de relatief lage windopzetten en Schelde-afvoeren in de jaren 2010-2015. De verschillen op de Zeeschelde worden nog niet volledig verklaard. Nader onderzoek wordt aanbevolen, waarbij ook de peilschalencorrecties moeten worden beschouwd.

Mogelijk kan de in werking treding van GOG's en ontpolderingen (zie ook § 5.4.4) aanvullend een verklaring zijn voor de relatief lage 99^e percentiel hoogwaterstanden.

3.3 Toetsparameter Golven

De toetsparameter Golven heeft als doel te laten zien hoe veranderingen in het systeem, vooral die in de bathymetrie, van invloed zijn op de golfwerking. De evaluatiemethodiek schrijft voor dat de toetsparameter Golven wordt bepaald door de rekenparameters jaargemiddelde significante golfhoogte en jaarlijkse cumulatieve verdeling van de significante golfhoogte. De algemene conclusie in T2009 is, dat *geen* significante trend in de golfhoogte bestaat.

Bij de analyse is geen onderscheid gemaakt tussen wind- en scheepsgolven. Dit is gezien de aard van de beschikbare golfmeetinstrumenten moeilijk. Op dit moment biedt de evaluatiemethodiek en de monitoring nog geen manier om hier goed mee om te gaan.

3.3.1 Rekenparameter jaargemiddelde significante golfhoogte

Buiten het estuarium en in de monding liggen de jaargemiddelde significante golfhoogtes in de periode 2010-2015 in hetzelfde bereik als de waarden in de jaren voor 2010. De spreiding in de waarden is iets kleiner ten opzichte van de jaren voor 2010. In 2011 en 2015 zijn de golfhoogtes iets hoger dan in de andere jaren. De verklaring is hoogstwaarschijnlijk meteorologisch van aard. De jaargemiddelde windopzet te Vlissingen is in 2011 en 2015 hoger dan in de andere jaren (zie paneel linksboven in Figuur 3-11).

De evaluatie van de jaargemiddelde significante golfhoogte vindt plaats op basis van de vergelijking van de waarden met 95%-predictie-intervallen van het T2009 regressiemodel. In T2009 is alleen het regressiemodel voor Bath significant. De waarden in de jaren 2011 tot en met 2015 liggen boven de bovengrens van de predictie-intervallen. Deze 'verhoging' voor station Bath impliceert volgens de evaluatiemethodiek een negatieve ontwikkeling ten opzichte van T2009. Uit navraag bij het Landelijke Meetnet Water (schrift. comm. Marco Schrijver), blijkt echter dat de golfmeetboei BAT2 in juni 2011 is vervangen en dat nog wordt uitgezocht hoe dit

is gedaan en gecontroleerd. De vervanging, die ook is gerapporteerd in Nederhoff (2015, 2016), veroorzaakt zeer vermoedelijk de trendbreuk in de golfmeetgegevens te BAT2, waardoor de analyses voor deze boei niet betrouwbaar zijn, en de evaluatie niet uitvoerbaar.

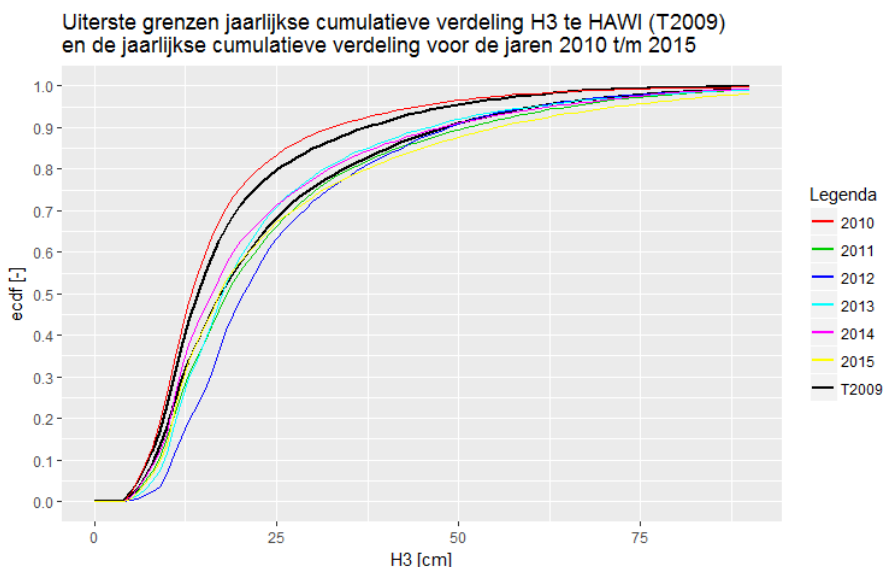
Ook voor de andere stations is de evaluatie niet uitvoerbaar. De trends uit de T2009 regressie-modellen zijn niet significant (bovendien vermeldt de rapportage de schattingsresultaten en 95%-predictie-intervallen niet.). Na toevoeging van de gegevens in de periode 2010-2015 wordt overigens voor geen enkel station meer een significant regressiemodel gevonden.

We merken tot slot nog op dat voor de golfmeetboei Hansweert de jaargemiddelde significante golfhoogtes in 2011-2015 beduidend hoger zijn dan in 2010. Volgens Goossens et al. (2016, 2017) is de vermoedelijke oorzaak de stijging van het bodempeil met ca. 0,5 m ter hoogte van de golfmeetboei tussen 2010 en 2015. Wij sluiten ook niet uit dat het meetinstrument is vervangen (zie Nederhoff, 2015, 2016). In ieder geval is de stijging een plaatselijk effect ter hoogte van de meetlocatie waaruit weinig conclusies kunnen worden getrokken met betrekking tot het golfklimaat in het ruimere gebied.

3.3.2 Rekenparameter jaarlijkse cumulatieve verdeling van de significante golfhoogte

De jaarlijkse cumulatieve verdeling van de significante golfhoogte geeft informatie over de spreiding van de waarden binnen een jaar. De evaluatie van deze rekenparameter gebeurt op basis van de uiterste grenzen uit de T2009 analyse.

Voor de stations buiten het estuarium en in de monding liggen de verdelingen binnen de uiterste grenzen uit de T2009 analyse. Voor bepaalde jaren tussen 2010 en 2015 komen de cumulatieve verdelingen van Bath en Hansweert (zie Figuur 3-13) buiten de uiterste grenzen. De oorzaken hiervoor zijn vermoedelijk dat het station BAT2 is vervangen in 2011 of 2012 en dat het bodempeil ter hoogte van de golfmeetboei Hansweert tussen 2010 en 2015 is gestegen.



Figuur 3-13: Jaarlijkse cumulatieve verdelingen van de significante golfhoogte te Hansweert (HAWI) (2010-2015) en de uiterste grenzen.

Voor golfmeetboei Pas van Terneuzen wordt de bovengrens een keer overschreden en voor Hoofdplaat de ondergrens. De evaluatiemethodiek leidt voor verschillende stations tot

verschillende oordelen. Een eenduidig oordeel is niet mogelijk. Een verklaring voor deze bevindingen is, dat de meetreeksen van de golven vrij kort zijn (13 jaar) en dat daardoor de uiterste grenzen niet erg robuust zijn.

3.4 Evaluatie

Hoogwater

In T2009 werden stijgende trends in de rekenparameters "jaargemiddeld hoogwater" en "99^e percentiel hoogwater" gevonden. Uit de analyse van de meetreeksen aangevuld met gegevens tussen 2010 en 2015 volgt dat de rekenparameter "jaargemiddeld hoogwater" nog steeds een stijgend trend kent. De waarden in de periode 2010-2015 zijn iets lager dan verwacht en de trends vlakken iets af voor de stations met de langste meetreeksen.

Op de Westerschelde worden de relatief lage jaargemiddelde hoogwaterstanden voornamelijk toegeschreven aan de relatief lage windopzet buiten het estuarium. Voor de Zeeschelde geldt dat de jaargemiddelde hoogwaterstanden vooral relatief laag uitvallen vanwege lage afvoeren op de Schelde (en haar zijrivieren). Op het benedenstroomse deel van de Zeeschelde hebben de relatief lage windopzetten buiten het estuarium hier ook nog een aandeel in. De verschillen op de Zeeschelde worden nog niet volledig verklaard. Nader onderzoek wordt aanbevolen, waarbij ook de peilschalencorrecties moeten worden beschouwd.

De relatieve getijslag als indicator voor morfologische wijzigingen verandert in de periode 2010-2015 niet of nauwelijks ten opzichte van de periode voor 2010. Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat menselijke ingrepen in de periode 2010-2015 effect hebben op de trendmatige stijging in jaargemiddelde hoogwaterstanden.

Voor het 99^e percentiel hoogwater wordt met de extra meetwaarden uit 2010-2015 voor bijna geen enkel station een significante trend gevonden. De data tussen 2010 en 2015 liggen onder de T2009 verwachting. Bovendien liggen de data voor de meeste stations stroomopwaarts vanaf Bath buiten de 95%-predictie-intervallen van de T2009 regressiemodellen. Dit betekent dat de ontwikkeling ten opzichte van T2009 voor die stations positief is.

Deze ontwikkelingen worden voor de Westerschelde en een deel van de Zeeschelde hoofdzakelijk toegeschreven aan de relatief lage windopzet buiten het estuarium. Op de Zeeschelde is dit effect tot bij Schelle merkbaar. Meer stroomopwaarts vormen ook de lagere rivierafvoeren (99^e percentiel) een gedeeltelijke verklaring hiervoor. Nader onderzoek naar een mogelijke trendbreuk in de parameter 99^e percentiel hoogwater wordt aanbevolen, waarbij ook de peilschalencorrecties worden beschouwd.

De toetsparameter Hoogwater wordt ten opzichte van T2009 als neutraal beoordeeld. In absolute zin is de beoordeling negatief, omdat de trend in jaargemiddelde hoogwaterstanden stijgend is. Aangezien de gevonden afvlakking van de trends voornamelijk verklaard wordt door de afvoer en windopzet, is er geen sprake van een structurele verbetering van het systeemfunctioneren voor deze toetsparameter.

Golven

Voor de toetsparameter Golven werd in T2009, afgezien van station Bath, geen significante trend in de golfhoogte gevonden. Voor Bath liggen de waarden in de jaren 2011 tot en met 2015 boven de bovengrens van de predictie-intervallen, ofwel formeel een negatieve

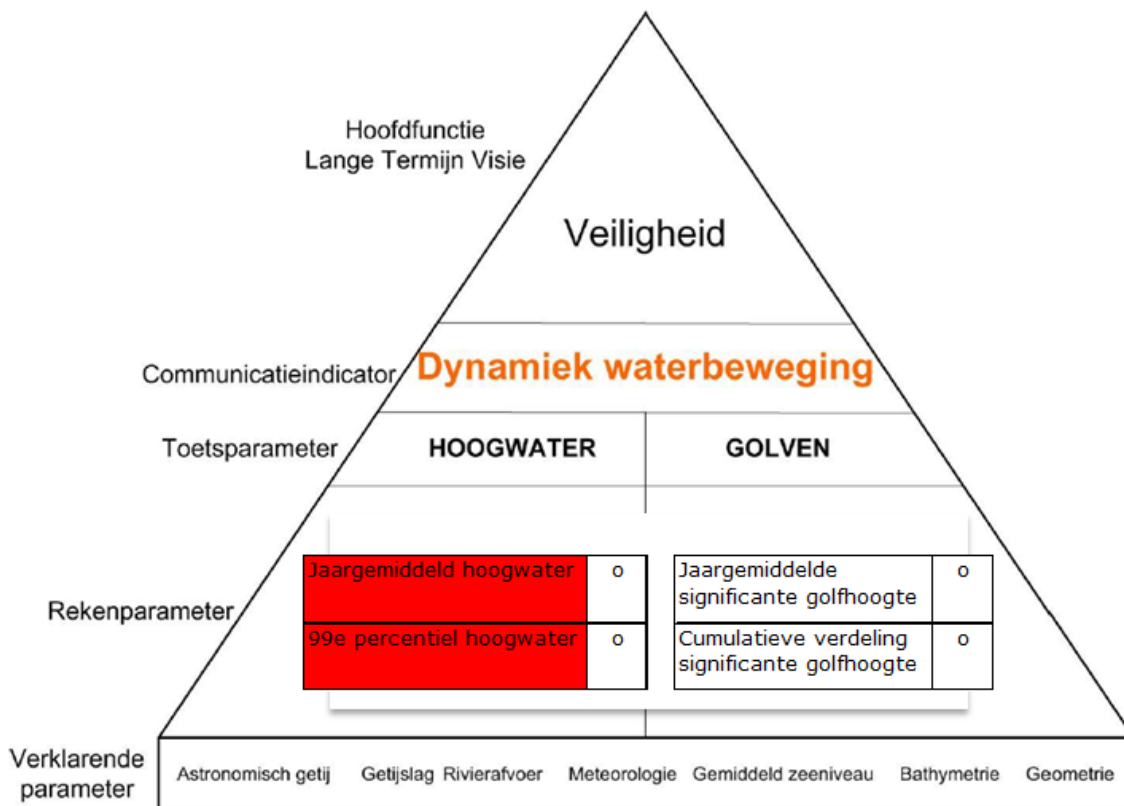
ontwikkeling ten opzichte van T2009. De oorzaak voor de verhoging is vrijwel zeker de vervanging ofwel de vernieuwing van het meetinstrument op station BAT2 in 2011 of 2012, zodat geen eenduidige conclusie is te trekken. Voor de overige stations zijn op basis van de korte meetreeksen geen conclusies te trekken.

In de evaluatiemethodiek is de rekenparameter “jaarlijks cumulatieve verdeling” expliciet toegevoegd aan de piramide. De referentie voor de vergelijking zijn de uiterste grenzen van deze verdelingen tot en met het jaar 2009. Uit de analyse volgt dat de cumulatieve verdelingen voor de jaren 2010-2015 voor enkele golfmeetboeien buiten (onder of boven) de uiterste grenzen vallen. Dit leidt voor verschillende stations tot verschillende oordelen: negatief en positief ten opzichte van T2009.

Over het algemeen is er geen aanleiding om te veronderstellen dat het golfklimaat sterk is veranderd tussen 2010 en 2015. Bij volgende evaluaties zullen langere en consistentere meetreeksen de evaluatie betrouwbaarder maken.

Dynamiek Waterbeweging

Al met al leidt de negatieve beoordeling van de Toetsparameter Hoogwater (in absolute zin, op langere termijn) tot een negatief oordeel voor de communicatie-indicator Dynamiek Waterbeweging. Hierbij is de nuancering dat de trendmatige stijging in de jaargemiddelde hoogwaterstanden en 99^e percentiel hoogwaterstanden afvlakt. De wijziging in deze trends is niet significant (geen trendbreuk) en is voor een aanzienlijk deel het gevolg van meteorologische invloeden (relatief lage windopzetten en Schelde-afvoeren in de periode 2010-2015).



Figuur 3-14: Evaluatie van de communicatie-indicator Dynamiek waterbeweging: negatief (rood), positief (groen), neutraal (geel) of geen oordeel (geen kleur). De ontwikkeling van de trends ten opzichte van T2009 is ook weergegeven: ontwikkeling in de positieve richting (+), in de

negatieve richting (-) of neutraal (o), indien de trend niet significant wijzigt of niet (eenduidig) bepaald kan worden.

4 Bevaarbaarheid

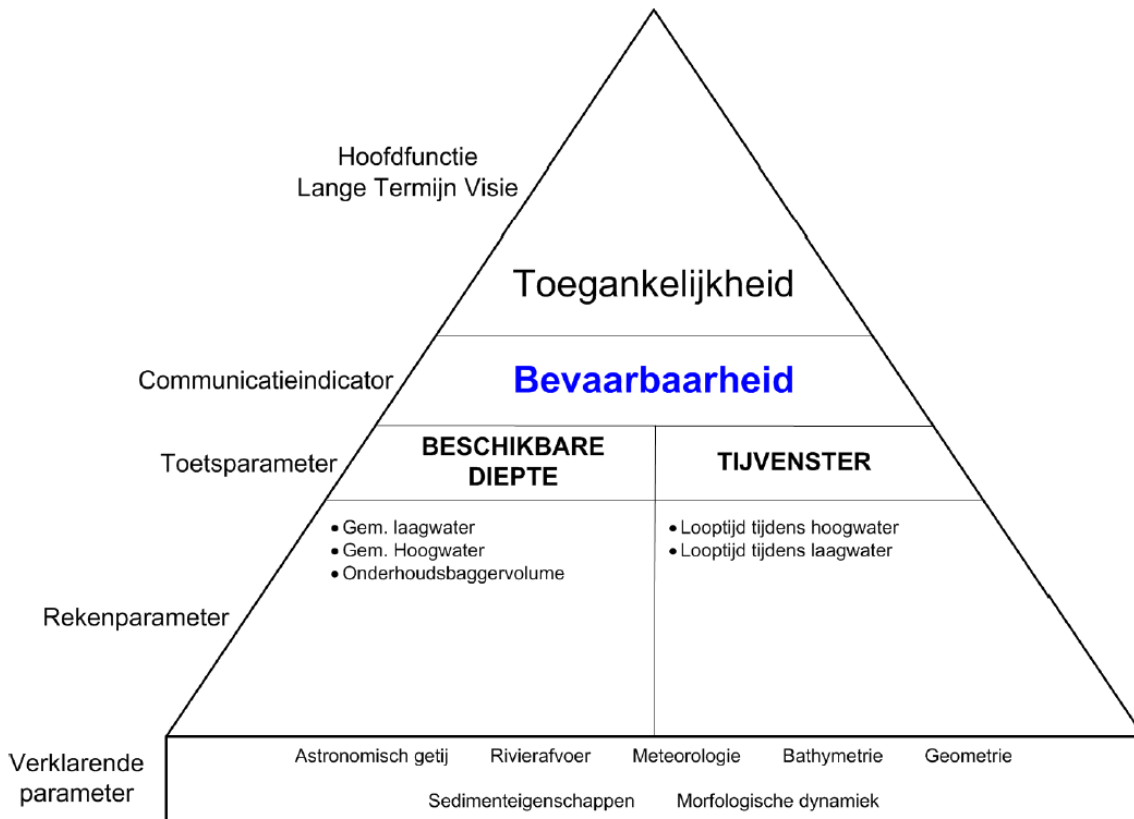
4.1 Inleiding

De communicatie-indicator Bevaarbaarheid heeft als doel de waterbeweging in relatie tot de hoofdfunctie 'Toegankelijkheid' in beeld te brengen. De systeemp parameters die de bevaarbaarheid mogelijk kunnen beïnvloeden zijn de beschikbare diepte en de looptijd van het getij⁵; dit zijn dan ook de twee toetsparameters binnen deze communicatie-indicator.

- De toetsparameter Beschikbare diepte is gedefinieerd als de minimale waterdiepte in de vaargeul. Veranderingen in waterdiepte worden veroorzaakt door veranderingen in hoog- en laagwaterstanden, door morfologische veranderingen en door baggeractiviteiten.
- De toetsparameter Looptijd getij beschrijft de tijd die de getijgolf nodig heeft om het estuarium in te dringen en houdt dus verband met de snelheid van de getijgolf in het estuarium. Een afname van de looptijd van het hoog- en laagwater ten opzichte van de historische trend wordt als een ongunstige ontwikkeling gezien.

De verschillende onderdelen van de communicatie-indicator Bevaarbaarheid zijn in Figuur 4-1 geïllustreerd. In dit hoofdstuk zijn de twee toetsparameters uitgewerkt: Beschikbare diepte (§4.2) en Looptijd getij (§4.3). Voor beide toetsparameters zijn rekenparameters gedefinieerd waarvoor de trendontwikkeling wordt bepaald via statistische analyses. In de evaluatiemethodiek staat of een toe- of afname van een trend vanuit het systeem gezien een positieve of negatieve ontwikkeling is. De referentie voor een toe- of afname van de trend is de trend bepaald in T2009. In dit hoofdstuk worden de trends daarom vergeleken met de T2009 trends.

⁵ In de Evaluatiemethodiek worden Looptijd getij en Tijenster door elkaar gebruikt. Hier is gekozen voor Looptijd getij.



Figuur 4-1: Visuele weergave van de communicatie-indicator Bevaarbaarheid, met de onderliggende toets-, reken- en verklarende parameters.

In T2009 zijn de toetsparameters Beschikbare diepte en Looptijd getij negatief beoordeeld. Dit leidt tot een negatief oordeel voor de communicatie-indicator Bevaarbaarheid. In de evaluatiemethodiek T2015 staat duidelijk hoe de evaluatie van de onderliggende rekenparameters dient te gebeuren met de T2009-analyses en de gegevens van 2010-2015. Aan het eind van het hoofdstuk is de communicatie-indicator (Figuur 4-1) aangevuld met een aanduiding van de ontwikkeling ten opzichte van de trends in T2009. Deze aanduiding moet in perspectief worden gezien, want een positieve ontwikkeling ten opzichte van T2009 hoeft niet te betekenen dat de huidige (T2015) trend vanuit het systeem gezien positief is. Daarom is ook altijd een aanduiding van de trend in absolute zin toegevoegd (zoals in de T2009-rapportage).

In dit hoofdstuk staan verklaringen voor de constatering in hoofdstuk 4 van het T2015 Analyserapport. Deze verklaringen zijn tot stand gekomen door de bevindingen in samenhang met de verklarende parameters te beschouwen. Het betreft de hydraulische randvoorwaarden, bathymetrie, geometrie, sedimenteigenschappen en morfodynamiek. Ook is ter vergelijking aanvullende literatuur betrokken. We noemen hier expliciet de factual data rapportage Zeeschelde (Vanlierde et al., 2016), de eerstelijnsrapportages Westerschelde (Nederloff, 2015, 2016) en de voortgangsrapportage in het kader van het Monitoringprogramma Flexibel Storten (Goossens et al., 2016 en Goossens et al., 2017).

4.2 Toetsparameter Beschikbare diepte

De evaluatiemethodiek richt zich op (trend)wijzigingen in de rekenparameters jaargemiddeld hoogwater, jaargemiddeld laagwater en onderhoudsbyggervolume.

4.2.1 Rekenparameter jaargemiddeld hoogwater

Deze rekenparameter is in §3.2.1 behandeld. We vermelden hier de belangrijkste conclusies in de context van de Toetsparameter Beschikbare diepte.

Over het algemeen liggen de jaargemiddelde hoogwaterstanden in de periode 2010-2015 iets onder de verwachtingswaarden van het T2009 regressiemodel. De hoogwaterstanden liggen wel voor ieder station binnen de 95%-predictie-intervallen, maar de waarnemingen in de periode 2010-2015 leiden wel tot een lichte afvlakking van de lineaire stijgende trend in hoogwaterstanden.

Meteorologische invloeden (windopzet en rivierafvoer) zijn voor een aanzienlijk deel verantwoordelijk voor de gevonden afvlakking. De windopzet buiten het estuarium is in enkele jaren relatief laag (in het bijzonder in 2013), waardoor de hoogwaters van buiten het estuarium tot op de Beneden-Zeeschelde wat lager uitvallen. Dieper in het estuarium is de rivierafvoer van grote invloed op de hoogwaterstanden. In 2011, 2014 en 2015 zijn de afvoeren relatief laag, waardoor de hoogwaterstanden onder de verwachtingswaarden uit het T2009 regressiemodel liggen.

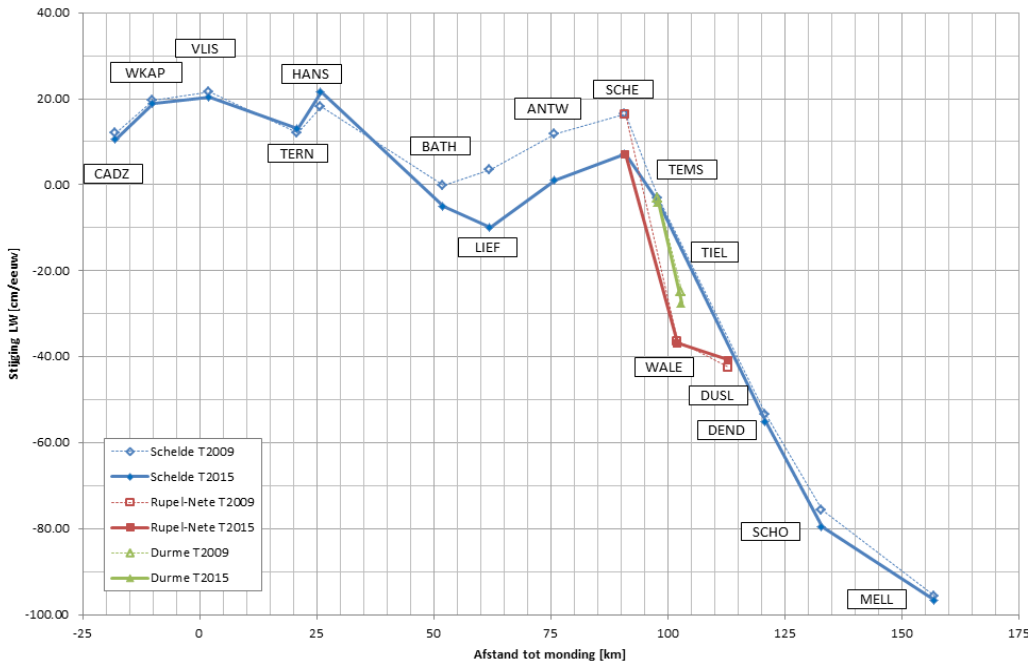
De trendmatige stijging in jaargemiddelde hoogwaterstand zet zich al met al door en dit is een positieve ontwikkeling in het perspectief van de bevaarbaarheid (diepgang getijgebonden vaart). De doorvaarthoogte onder bruggen op de Boven-Zeeschelde neemt af bij toenemende hoogwaterstanden. Dat is ongunstig voor de bevaarbaarheid. Daarnaast zet de trendmatige stijging van de absolute getijslag opwaarts vanaf Bath zich door. Dit heeft mogelijk een negatieve invloed op de bevaarbaarheid. Doorvaarthoogte onder bruggen en getijslag zijn echter geen onderdeel van de evaluatiemethodiek. De conclusie is dat de ontwikkeling ten opzichte van T2009 neutraal is (geen trendbreuk) en in absolute zin positief.

4.2.2 Rekenparameter jaargemiddeld laagwater

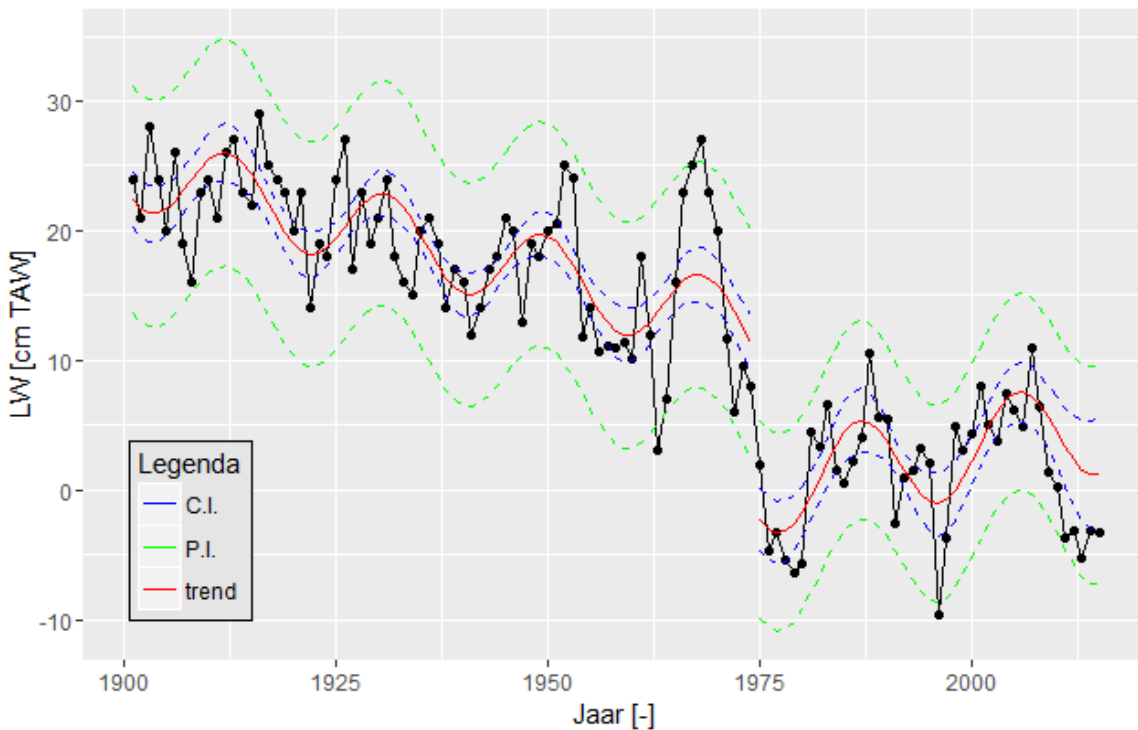
We herhalen eerst de voornaamste resultaten uit het T2015 Analyserapport. Vervolgens zoeken we naar verklaringen voor verschillen met de verwachtingen uit T2009. In Figuur 4-2 zijn de lineaire trends in de langjarige ontwikkeling van laagwaterstanden samengevat (T2009 vs. T2015). Het regressiemodel bevat naast een lineaire trend ook de 18,6 jarige nodale cyclus.

- Buiten het estuarium en in de monding van de Westerschelde liggen de jaargemiddelde laagwaterstanden in de periode 2010-2015 dicht bij de T2009 verwachtingswaarden. In 2010 en 2013 zijn de waarden iets lager dan verwacht en in 2015 juist hoger dan verwacht. Alle waarden liggen ruim binnen de 95%-predictie-intervallen. De stijgende lineaire trend in de jaargemiddelde laagwaterstanden wijzigt nauwelijks na toevoeging van de jaargemiddelde laagwaterstanden in de periode 2010-2015.
- De jaargemiddelde laagwaterstanden in de Westerschelde liggen ook binnen de 95%-predictie-intervallen. In Vlissingen en Bath (geen significante trend) zijn de meeste waarden lager dan verwacht volgens T2009. In Terneuzen en Hansweert zijn de waarden juist iets hoger dan de T2009 verwachtingswaarden. De trendmatige stijging in de jaargemiddelde laagwaterstanden verandert nauwelijks na toevoeging van de waarden in de periode 2010-2015.
- Voor de stations met de langste meetreeksen in de Zeeschelde liggen de jaargemiddelde laagwaterstanden binnen de 95%-predictie-intervallen. Over het algemeen zijn de laagwaterstanden lager dan verwacht (zie bijvoorbeeld Figuur 4-3 voor Antwerpen). De jaargemiddelde laagwaterstanden kennen voor Antwerpen, Liefkenshoek, Schelle en Temse

geen significante trend. De significante trendmatige daling in de jaargemiddelde laagwaterstanden op de Boven-Zeeschelde veranderen nauwelijks na toevoeging van de data in de periode 2010-2015.



Figuur 4-2: Ontwikkeling trendmatige stijging/daling van de jaargemiddelde laagwaterstanden voor de stations met de langste meetreeksen. N.B. De niet-significante trendwaarden van Bath, Liefkenshoek (alleen T2009), Antwerpen, Schelle, Temse zijn ook in de grafiek opgenomen.



Figuur 4-3: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde laagwaterstanden Antwerpen voor de periode 1901-2015, extrapolatie van de T2009 trend t/m 2015 inclusief de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen en de realisaties in 2010-2015. Trendbreuk: jaar 1975.

Hieronder zijn de mogelijke verklaringen voor de gevonden ontwikkelingen op systematische wijze verkend.

Peilschalencorrecties getijstations Zeeschelde

WL heeft de meetgegevens van de getijstations in de Zeeschelde vanaf 2011 gecorrigeerd in verband met de verschuiving van de peilschalen (zie § 3.2.1 – Rekenparameter jaargemiddeld hoogwater).

Nodale cyclus

Voor de meeste stations buiten het estuarium en in de Westerschelde is de invloed van de nodale cyclus op de jaargemiddelde laagwaterstanden duidelijk zichtbaar. De cyclus is een externe, goed gekende oorzaak voor de variatie in (laag)waterstanden langs de kust.

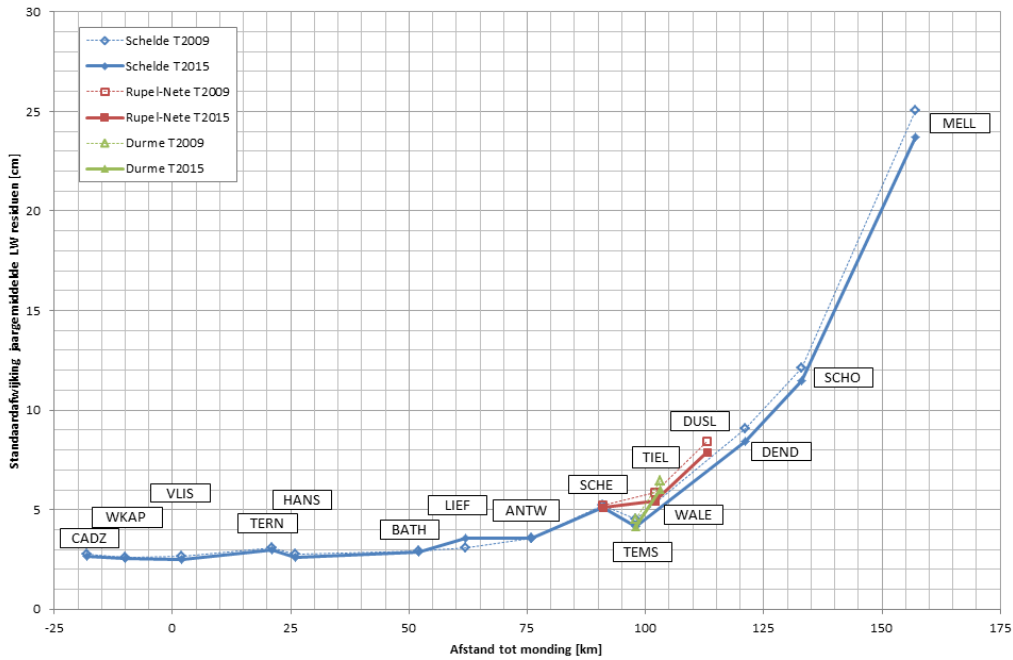
Externe forcing: zeespiegelstijging en getijslag

De lineair stijgende trends in laagwaterstanden zijn, na toevoeging van de data in de periode 2010-2015, buiten het estuarium en in de monding van de Westerschelde tot Hansweert nagenoeg ongewijzigd ten opzichte van T2009. De zeespiegel buiten het estuarium kent nog steeds dezelfde lineair stijgende trend van ca. 20 cm/eeuw (zie ook Baart et al., 2015). De getijslag buiten het estuarium kent onveranderd geen trend. Externe getij- en zeespiegelveranderingen zijn dus niet een aanvullende verklaring voor de iets lagere laagwaterstanden op de Zeeschelde in de periode 2010-2015. Daarom is naar andere verklaringen gezocht:

- Rivierafvoer en windopzet (meteorologie);
- Ontwikkeling van het astronomisch hoogwater;
- Ontwikkeling van de getijslag in het estuarium.

Meteorologie – afvoer

Op de Boven-Zeeschelde, stroomopwaarts vanaf Dendermonde, neemt de spreiding in de residuen van de jaargemiddelde laagwaterstanden fors toe (zie Figuur 4-4). Deze spreiding is voornamelijk te verklaren door de afvoer, die geen onderdeel is van het regressiemodel. Dit blijkt uit de positieve correlatie van meer dan 90% die is gevonden tussen de jaargemiddelde laagwaterstanden stroomopwaarts vanaf Dendermonde en de jaargemiddelde afvoeren te Melle. Een hogere jaargemiddelde afvoer correspondeert met een hogere jaargemiddelde laagwaterstand (zie Figuur 4-5).

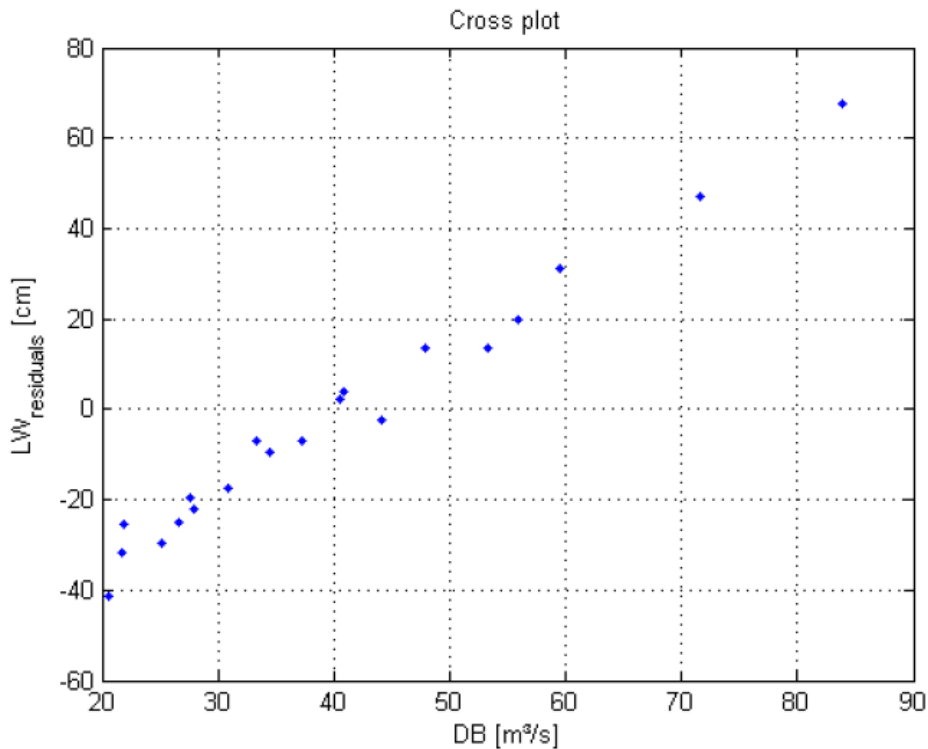


Figuur 4-4: Standaardafwijking residuen van de geschatte regressiemodellen (T2009 en T2015) voor de jaargemiddelde laagwaters in de belangrijkste meetstations in het Schelde-estuarium.

De jaargemiddelde afvoeren te Melle zijn in de periode 2010-2015 ten opzichte van de periode voor 2010 relatief gemiddeld tot relatief laag. De afvoeren zijn in het bijzonder relatief laag in de jaren 2011 en 2015.

De jaargemiddelde afvoer te Melle ligt niet hoger dan 40 m³/s en is in de jaren 2011 en 2015 kleiner of gelijk aan 30 m³/s. Uit de in T2009 opgestelde correlatiediagrammen (zie Figuur 4-5) volgt dat het regressiemodel de laagwaterstanden te Melle bij een jaargemiddelde afvoer van 30 m³/s met ca. 0,2 m kan onderschatten ten opzichte van de verwachtingswaarde bij 40 m³/s. De residuen van de laagwaters te Melle liggen in de jaren 2011 en 2015 tussen -0,05 m en -0.25 m.

Hoewel de afvoeren dus een belangrijke oorzaak zijn voor de gevonden verlagingen van de laagwaterstanden op de Boven-Zeeschelde, hebben we hier ook nog andere invloeden beschouwd, die aan de verlaging kunnen hebben bijgedragen, met name op de Westerschelde.



Figuur 4-5: Correlatie tussen afvoeren te Melle en residuen van de regressie op laagwaters te Melle.
Bron: T2009 rapport.

Meteorologie – windopzet

Buiten het estuarium is de wind de meteorologische verklarende parameter. De windopzet te Vlissingen is gecorreleerd met de (laag)waterstanden in de Westerschelde. Uit het T2015 Analyserapport volgt dat de windopzet vooral in 2013 relatief laag was. Buiten het estuarium en in de monding zijn de jaargemiddelde laagwaterstanden in 2010 en 2013 ca. 3 tot 5 cm lager dan de T2009 verwachtingswaarden. Er is geen verdere analyse naar de precieze getalsmatige invloed van de windopzet op de jaargemiddelde laagwaterstanden uitgevoerd. De verwachte invloed is relatief klein, maar wel significant. Dit wordt bevestigd door de resultaten van Goossens et al. (2016). De resultaten uit dat rapport komen overeen met onze resultaten voor jaargemiddelde hoogwaterstanden.

Astronomisch laagwater

De lineaire trend in de stijging van de jaargemiddelde laagwaterstanden is bij Cadzand, Westkapelle en Vlissingen nagenoeg gelijk aan de trend in de zeespiegelstijging. Bij Terneuzen, Hansweert en Bath is de trend in de stijging kleiner. Dit wordt verklaard door een trendmatige daling in de astronomische laagwaterstanden. Het astronomisch laagwater is ontdaan van de invloed van zeespiegelstijging en nodale cycli. Het bevat net als de getijslag informatie over de amplitude van de getijgolf door het estuarium. Veranderingen in het astronomisch getij (hoog- en laagwater) en de getijslag wijzen op morfologische ontwikkelingen. Dit betekent dat bij de stations Terneuzen, Hansweert en Bath ook de (veranderende) vorm van het estuarium invloed uitoefent op de laagwaterstanden. Deze invloed verschilt niet significant van de gevonden invloed in T2009.

Voor de stations opwaarts van Bath, op de Zeeschelde, zijn geen harmonische gegevens beschikbaar om een vergelijkbare analyse op astronomische laagwaters uit te voeren. De invloed van de veranderende vorm van het estuarium op de laagwaterstanden op de Zeeschelde is onderzocht via een analyse naar de (relatieve) getijslag, zowel in ruimte als in tijd.

Absolute en relatieve getijslag in het estuarium

Op basis van de analyse in Bijlage D is geconcludeerd (zie § 3.2.1) dat er geen reden is om aan te nemen dat in de periode 2010-2015 significante morfologische veranderingen (in geometrie en bathymetrie) zijn opgetreden op systeemniveau. Ofwel, veranderingen in morfologische ontwikkelingen in de periode 2010-2015 dragen niet of nauwelijks bij aan lagere jaargemiddelde laagwaterstanden in die periode.

Samenvattend

De trendmatige stijging in de laagwaterstanden op de Westerschelde is niet veranderd in de periode 2010-2015. Indien meteorologische invloeden in ogenschouw worden genomen, blijkt dat:

- de jaargemiddelde laagwaterstanden op de Beneden-Zeeschelde onveranderd geen trend kennen;
- de trendmatige daling in de jaargemiddelde laagwaterstanden op de Boven-Zeeschelde niet zijn gewijzigd in de periode 2010-2015.

Deze conclusies komen overeen met de bevinding in Goossens et al. (2016, 2017). Let op: daarin zijn de peilschalencorrecties ongedaan gemaakt en wordt geconcludeerd dat de relatief lage afvoeren aan de opwaartse zijde van het estuarium de oorzaak zijn van de lagere laagwaterstanden op de Zeeschelde in de periode 2010-2015.

Dit leidt voor de rekenparameter jaargemiddeld laagwater tot een neutrale evaluatie ten opzichte van T2009. In absolute zin is de beoordeling van de rekenparameter in de context van de toetsparameter bevaarbare diepte op de Westerschelde positief en op de Boven-Zeeschelde negatief (net als in T2009).

4.2.3 Rekenparameter onderhoudsbaggervolume

Methode

De evaluatiemethodiek stelt dat deze rekenparameter geëvalueerd wordt op de lineaire trend sinds 2011. Deze periode is zo gekozen om de ontwikkeling na de derde verruiming van de vaargeul in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde te analyseren. Deze verlaging van de bodemligging werd grotendeels uitgevoerd vóór 2011. Als de trend een stijging laat zien die groter is dan wat verwacht mag worden op basis van meeton nauwkeurigheden en jaar-op-jaar variatie, wordt deze rekenparameter als negatief beoordeeld. Een analyse op de periode 2011-2015 levert maar 5 meetpunten op, wat het moeilijk maakt om een objectieve trendanalyse uit te voeren. Daarom wordt er ook gekeken naar wat er oorspronkelijk verwacht werd in het milieueffectenrapport (MER - Arcadis & Technum, 2007b). De vergelijking is terug te vinden in Tabel 4-1. Merk op dat men in het MER een inschatting deed op basis van de toen beschikbare informatie. Deze berekeningen zijn complex en altijd omgeven door onzekerheden. Daarom is het zinniger om trends te vergelijken in plaats van absolute waarden. In het MER werden de verwachte onderhoudsbaggervolumes op de Westerschelde berekend aan de hand van een morfologisch model. Voor de Beneden-Zeeschelde werd er toen van uitgegaan dat de onderhoudsbaggerwerken niet significant zouden wijzigen door de derde verruiming.

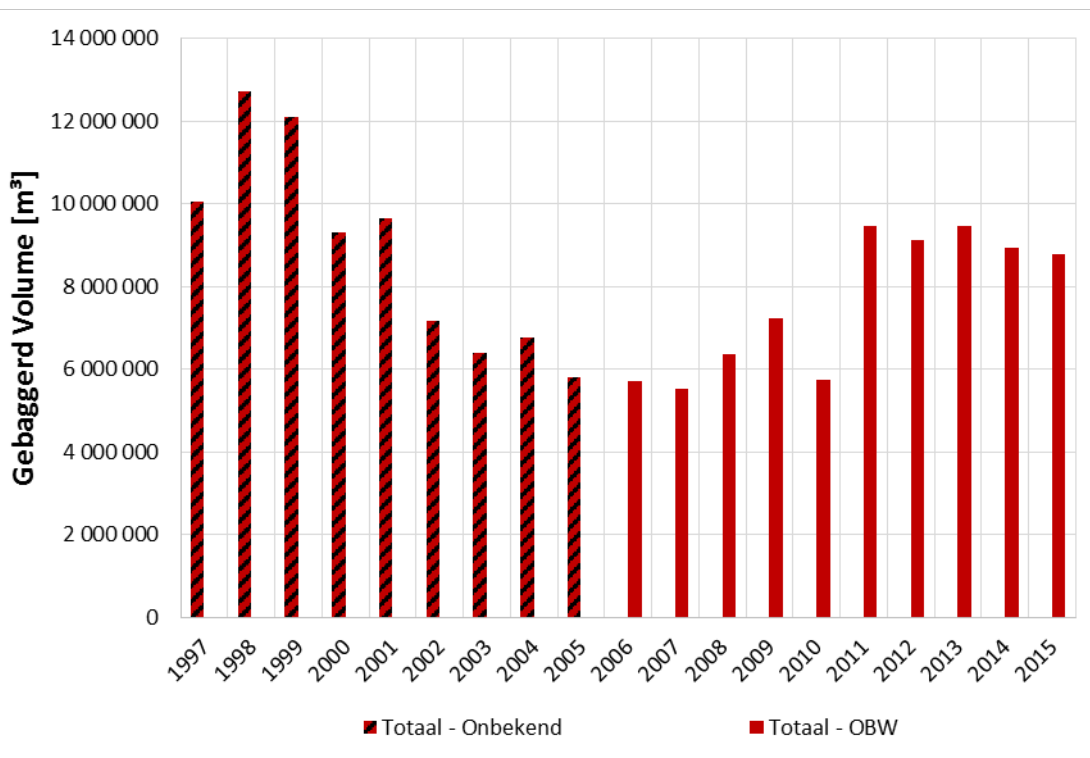
Een overzicht van alle bagger- en stortlocaties in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde is terug te vinden in respectievelijk Bijlage E.1 en Bijlage E.2.

Westerschelde	Voorspeld in het MER	Realiteit
Aanleg	Eénmalig 7,7 Mm ³ . De aanlegspecie wordt per direct gebaggerd en niet gespreid over de aanlegfase van 2 jaar.	7,7 Mm ³ . Aanlegfase van 2 jaar: 2010: 7,4 Mm ³ 2011: 0,3 Mm ³
Onderhoudsbaggerwerken: Gemiddelde 2011-2015	11,7 Mm ³ . Gedurende 5 jaar nemen de baggerhoeveelheden af, maar deze afname wordt steeds geringer. Door de aanlegfase niet te spreiden over 2 jaar betekent dit een overschatting van de omvang van het onderhoud in de eerste twee jaar.	9,1 Mm ³ . Een daling is niet éénduidig vast te stellen. 0,3 Mm ³ in 2011. Er zat een overschatting in de prognose.
Onderhoudsbaggerwerken: 2015	10% lager dan het gemiddelde. = 10,5 Mm ³ . Voor de jaren erna (tot 2030) zal dit niveau aangehouden worden.	4% lager dan het gemiddelde. = 8,8 Mm ³ . = 7% lager dan in 2011
Beneden-Zeeschelde	Voorspeld in het MER	Realiteit
Aanleg	6,4 Mm ³ voor de zone: Tot 500m stroomopwaarts van Deurganckdok Exclusief Deurganckdok. Eénmalig.	7,0 Mm ³ voor dezelfde zone. 7,5 Mm ³ indien inclusief verdieping Deurganckdok. Tussen 2008 – 2010.
Onderhoudsbaggerwerken: Gemiddelde 2011-2015	3,8 Mm ³ per jaar voor de zone: Tot 500m stroomopwaarts van Deurganckdok Exclusief Deurganckdok en toegangseucl sluisen.	4,3 Mm ³ per jaar voor dezelfde zone. 8,9 Mm ³ per jaar voor de volledige Beneden-Zeeschelde excl. de haven achter de sluisen.
Onderhoudsbaggerwerken: 2015	Geen daling	32% lager dan het gemiddelde, 57% lager dan in 2011

Tabel 4-1: Vergelijking waargenomen versus voorspelde bagger volumes [miljoen m³ in situ volume] i.r.t. de derde verruiming. Bron voorspelling: Arcadis & Technum (2007b); Bron waargenomen/realiteit: Barneveld et al. (2018a).

Westerschelde

Op de Westerschelde liggen de onderhoudsbaggervolumes gedurende de periode 2011-2015 duidelijk hoger dan er voor (Figuur 4-6), maar deze stijging is minder sterk dan initieel geschat in het MER. De waargenomen trend verschilt van zowel de prognose in het MER als van de voorgaande verruiming: de onderhoudsbaggervolumes pieken in 2011 niet zo hard als geschat (Tabel 4-1) en nadien is er geen duidelijke dalende trend. Wanneer men de baggerlocaties afzonderlijk bekijkt (Bijlage E.3), valt het op dat de status quo in onderhoudsbaggervolumes volledig toe te wijden is aan de Drempel van Hansweert. Op de overige baggerlocaties dalen of fluctueren de onderhoudsbaggervolumes. Merk op dat men pas sinds 2006 onderscheid maakt tussen aanleg- en onderhoudsbaggerwerk. De aanlegbaggervolumes vóór 2006, zoals die in het kader van de Tweede Verruiming in 1997-1998, zijn dus ook opgenomen in Figuur 4-6.

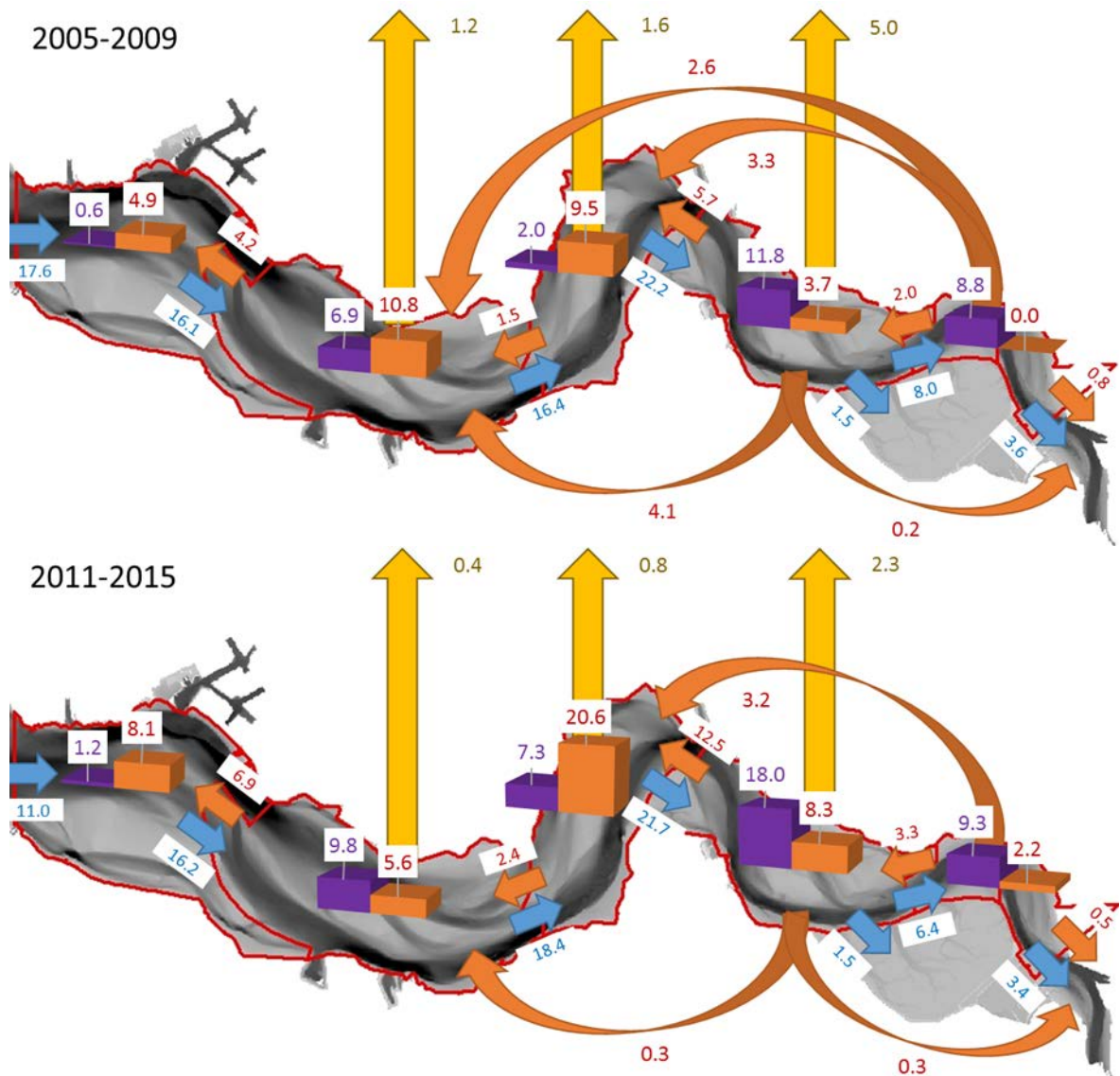


Figuur 4-6: Onderhoudsbaggerwerken [m³ in situ] op de Westerschelde sinds de Tweede Verruiming van de vaargeul met aanduiding van het type werk: onderhoudsbaggerwerk (OBW) of onbekend aangezien dit pas sinds 2006 geregistreerd wordt. Bron: Afdeling Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid.

Het antropogeen transport blijft ook na de derde verruiming van het oosten naar het westen georiënteerd, waarbij er in hoofdzaak gestort wordt binnen dezelfde of in een meer westelijk gelegen cel (Figuur 4-7). Het transport in de geulen werd berekend onder -5 m+NAP. Fluxen van en naar de platen zitten hier niet vervat. De situatie gedurende 2011-2015 verschilt van de voorgaande (2005-2009) op volgende punten (Figuur 4-7, Bijlage E.3):

1. Het zwaartepunt van het storten is nu verlegd van MC4 (-5,2 Mm³ in situ) naar de hoofdgeul van MC5 (+11,1 Mm³). Ook in MC1 werd er nu meer gestort.
2. In MC3 werd er nu netto gebaggerd i.p.v. gestort.
3. Er wordt aanzienlijk meer sediment verroerd in MC5 (+6,2 Mm³ baggeren en +4,5 Mm³ storten).

Er zijn te weinig datapunten om objectief te bepalen of de jaarlijkse onderhoudsbaggervolumes daadwerkelijk dalen of constant blijven na 2011. Er kan wel gesteld worden dat er na de derde verruiming meer sediment verroerd wordt door onderhoudsbagger- en stortwerken dan voorheen. Merk wel op dat de zandwinning gestaag werd afgebouwd sinds midden jaren 2000 (Barneveld et al., 2018a). Vanaf 2015 wordt er enkel nog een pilot uitgevoerd nabij de Plaat van Walsoorden waarbij men jaarlijks maximaal 750.000 m³ zand mag winnen, mits er eenzelfde hoeveelheid zand uit de Noordzee wordt overgebracht en teruggestort nabij de Suikerplaat. Zo wordt er netto geen sediment meer uit het systeem onttrokken. De gewijzigde zandwinning kan een impact hebben op de onderhoudsbaggervolumes doordat er minder zand wordt onttrokken aan het systeem, maar de wijziging is te klein om de veranderingen in het onderhoudsbaggerwerk volledig te kunnen verklaren. De veranderingen in baggervolumes en transport zijn – grotendeels – toe te schrijven aan de grotere interventiediepte ten gevolge van de derde verruiming en de situering van de nieuwe stortlocaties.



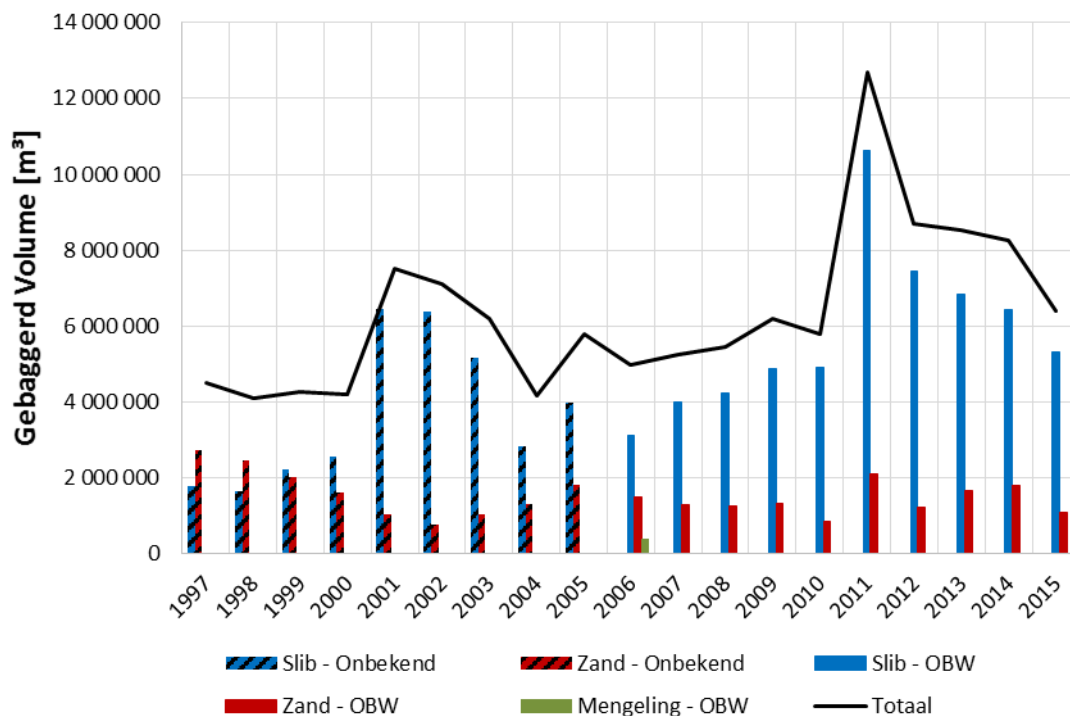
Figuur 4-7: Onderhoudsbaggerwerk op de Westerschelde [Mm^3 in situ – totaal in 5 jaar] voor de periodes 2005-2009 (BOVEN) en 2011-2015 (ONDER) met aanduiding van de baggervolumes (Paars), stortvolumes (Oranje) en zandwinning (Gele pijl) per macrocel (Rode begrenzing - vlnr. MC1&2, MC3, MC4, MC5 en MC6&7) en de netto sedimentverplaatsing als gevolg van onderhoudsbaggerwerk (Oranje pijl) en het berekende transport in de geulen (Blauwe pijl) tussen de macrocellen. Bron: Afdeling Maritieme Toegang Vlaamse Overheid (baggerwerk), RWS District Zuid (zandwinning) en Sedimentbalans RWS ZD (berekend sedimenttransport).

Zeeschelde

De onderhoudsbaggervolumes op de Beneden-Zeeschelde vertonen een sterke stijging in 2011, opgevolgd door een duidelijk dalende trend (Figuur 4-8). In 2015 liggen de onderhoudsbaggervolumes tegen het niveau van voor de derde verruiming. Deze trend is integraal toe te wijden aan de slibfractie ($\varnothing < 63 \mu m$). De dalende trend sinds 2011 leidt tot een positieve evaluatie van de onderhoudsbaggervolumes op de Beneden-Zeeschelde. In het MER werd er nochtans van uitgegaan dat de onderhoudsbaggervolumes gelijk zouden blijven (Tabel 4-1). De waargenomen trend is het duidelijkst op de Drempel van Frederik en in Deurganckdok (Bijlage E.4). Ook de Drempel van Lillo vertoont een gelijkaardige trend maar hier zijn de onderhoudsbaggervolumes relatief lager. Het gebaggerde slib werd teruggestort in de Schelde op stortplaatsen Punt van Melsele en Oosterweel. De oorzaak van de stijging in gebaggerd slib is al uitvoerig onderzocht binnen het monitoringsprogramma Flexibel Storten

(IMDC, 2016) en het onderzoeksprogramma "Evaluation of the external effects on the siltation in Deurganckdok" (e.g. IMDC & Deltares, 2016). Deze studies concluderen dat er vanaf 2011 meer (re)circulatie is van slib naar de onderhoudsbaggerlocaties:

1. Sinds 2011 wordt Deurganckdok onderhouden tot op de volledige ontwerpdiepte waardoor het onderhoudsbaggervolume – voornamelijk de slibfractie – aanzienlijk steeg. Een deel van de stijging in 2011 kan dus verklaard worden door het achterstallige onderhoudsbaggerwerk.
2. De derde verruiming en het onderhouden van Deurganckdok op grotere interventiediepte veroorzaakte een verhoogde stortactiviteit op de stroomopwaarts gelegen stortplaatsen Oosterweel en Punt van Melsele.
3. Deze verhoogde stortactiviteit veroorzaakte een stijging van het sedimentgehalte in de waterkolom (SSC) nabij de stortplaatsen in de Beneden-Zeeschelde.
4. De baggerlocaties, de zogenaamde drempels, zijn zones waar er preferentiële sedimentatie optreedt ten gevolge van de lokale wisselwerking tussen geomorfologie en hydrodynamiek. Een hoger sedimentgehalte in de waterkolom nabij deze baggerlocaties veroorzaakte meer sedimentatie van slib.
5. Het uitdiepen van de Drempel van Frederik en Deurganckdok (inclusief het wegbaggeren van de drempel aan de toegang tot het dok in 2011) verhoogden daarbij nog eens de vangefficiëntie van beide baggerlocaties.
6. Het reducerende effect van de Current Deflecting Wall woog niet op tegen voorgaande effecten.



Figuur 4-8: Onderhoudsbaggerwerken [m³ in situ] op de Beneden-Zeeschelde sinds de Tweede Verruiming van de vaargeul met aanduiding van het type werk: onderhoudsbaggerwerk (OBW) of onbekend aangezien dit pas sinds 2006 geregistreerd wordt. De baggerwerken in de haven achter de sluizen (Haven Rechter- en Linkeroever) zijn niet meegerekend. Bron: Afdeling Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid.

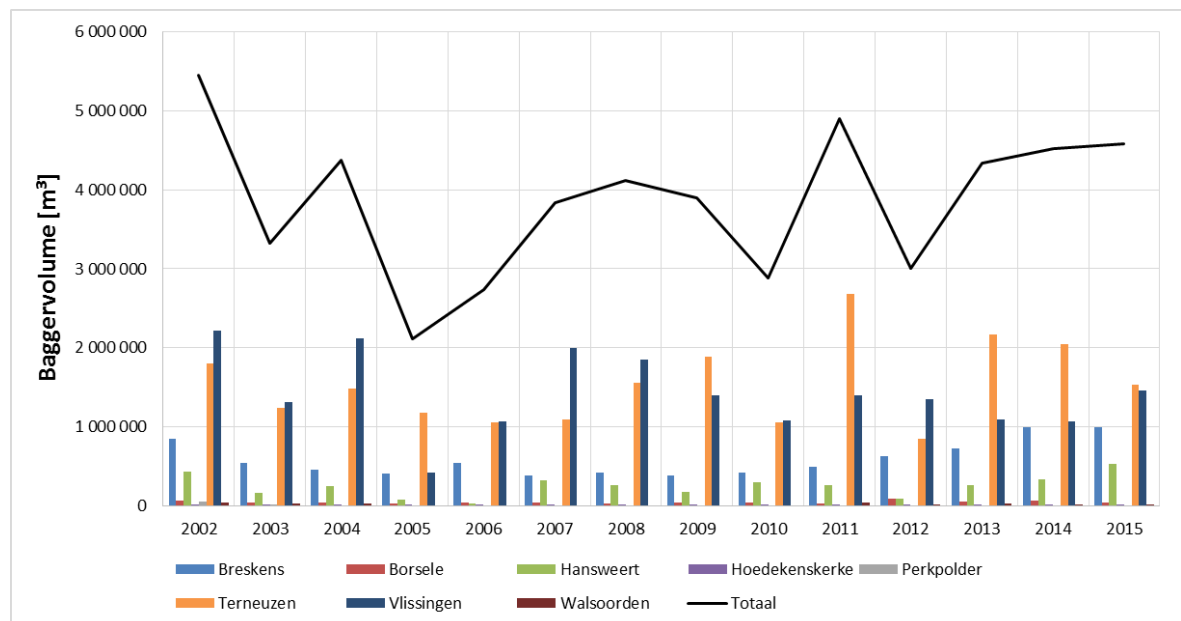
Merk nogmaals op dat men pas sinds 2006 onderscheid maakt tussen aanleg- en onderhoudsbaggerwerk. De aanlegbaggervolumes vóór 2006, zoals die in het kader van de Tweede Verruiming in 1997-1998, zijn dus ook opgenomen in Figuur 4-8.

Op de Boven-Zeeschelde wordt de geul niet continu over zijn gehele lengte onderhouden. Zo wordt er sinds 2010 een baggerachterstand weggewerkt op de Durme – rivierherstelplan van de Beneden-Durme – en de tijarm Gentbrugge-Melle. Het zwaartepunt van de baggerwerken bevond zich in 2013-2014. Het jaarlijkse volume fluctueert dus sterk en is zodanig (relatief) hoog dat er geen significante trend kan worden waargenomen. De Boven-Zeeschelde kan daarom niet beoordeeld worden. Daarnaast wordt er ook zand gewonnen in de Boven-Zeeschelde. Het gewonnen volume kent een opmars sinds een minimum in 2010, maar de volumes blijven vrij beperkt. In 2015 oversteeg het volume de 100.000 m³.

Havenstortingen

Ook de havens in de Westerschelde worden gebaggerd. Het volume dat wordt teruggestort in de geulen van de Westerschelde, wordt bijgehouden onder de term 'Havenstortingen'. Er is geen evaluatie verbonden aan deze havenstortingen. Volgende waarnemingen zijn vermeldingswaardig: enerzijds de stijgende baggervolumes in de havens van Breskens en Hansweert, anderzijds een daling in Terneuzen sinds het maximum in 2011 (Figuur 4-9). Deze trends kunnen niet éénduidig gelinkt worden aan de verklarende parameters uit deze studie. De start van de stijging komt niet overeen met de derde verruiming. De oorzaak moet dus ergens anders gezocht worden. Het piekvolume in Terneuzen volgt wel op de Derde Verruiming van de vaargeul, maar in het voorgaande en hieropvolgende jaar werd er gevoelig minder gestort dan gewoonlijk. De piek lijkt dus – deels – het gevolg van een inttermiterend baggerbeleid.

Het is interessant om bovenstaande veranderingen te onderzoeken in een bijkomend onderzoek in de toekomst. Ook de effecten van deze havenstortingen op o.a. de lokale sedimentsamenstelling dienen verder onderzocht te worden (zie ook Barneveld et al, 2018).



Figuur 4-9: Havenstortingen op de Westerschelde [m³ in situ], gealloceerd naargelang baggerlocatie (haven). Bron: Rijkswaterstaat ZD.

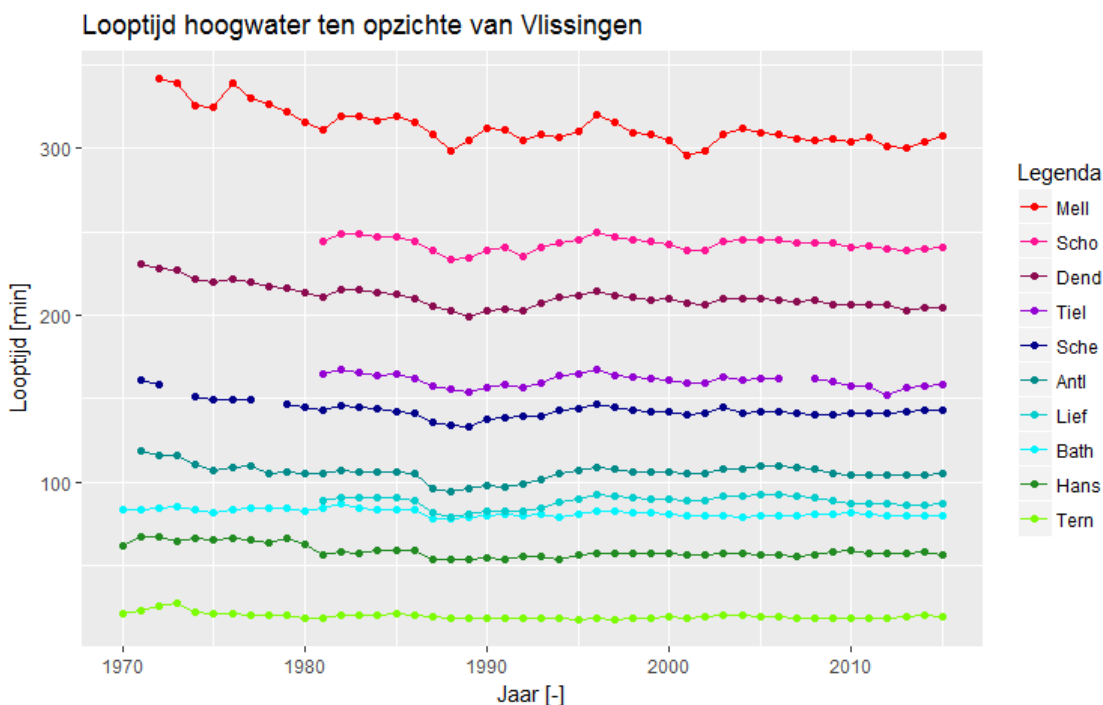
4.3 Toetsparameter Looptijd getij

In T2009 wordt een sterke daling van de jaargemiddelde looptijd van het hoogwater en het laagwater gevonden in de Westerschelde in de 20^e eeuw. De laatste twee resp. drie decennia zijn de dalende trends in de looptijden iets afgevlakt in de Westerschelde resp. de Zeeschelde.

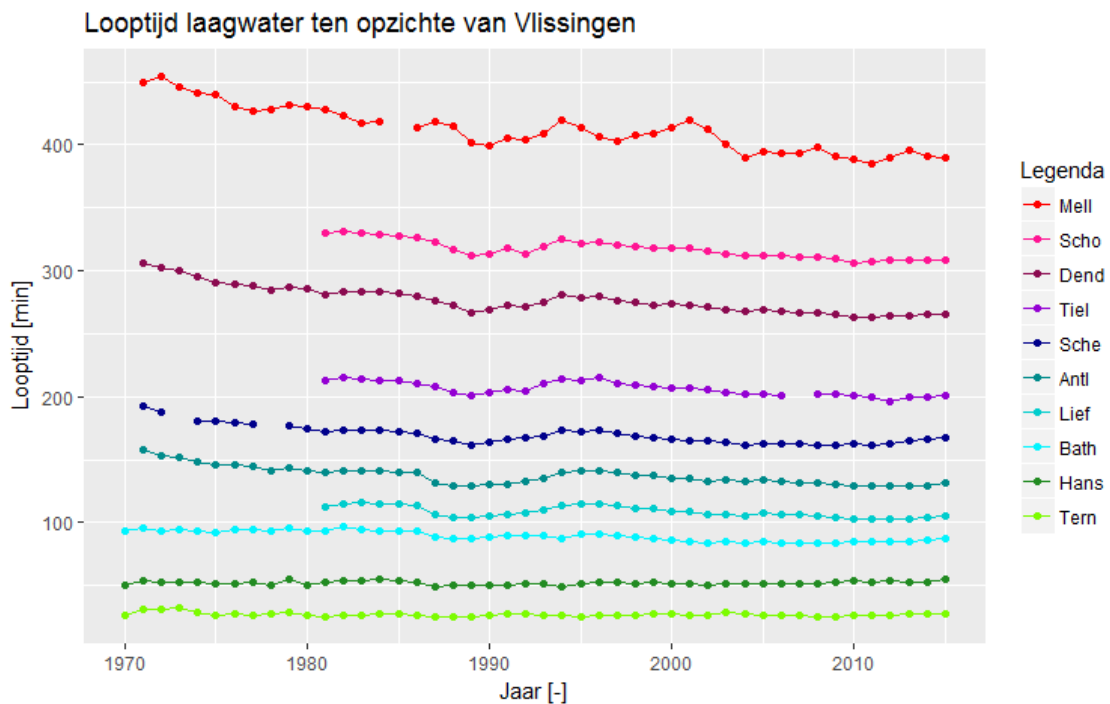
4.3.1 Rekenparameter jaargemiddelde looptijd hoogwater en jaargemiddelde looptijd laagwater

De jaargemiddelde looptijden van het hoog- en laagwater ten opzichte van Vlissingen zijn relatief stabiel sinds 1990 (zie Figuur 4-10 en Figuur 4-11). De statistische analyse levert toch een wisselend beeld op:

- De jaargemiddelde looptijden van het hoogwater op de stations in de Westerschelde liggen boven de T2009 verwachtingswaarden.
- In de Zeeschelde liggen de jaargemiddelde looptijden van het hoogwater voor de stations Liefkenshoek tot Duffel-Sluis enkele minuten onder de T2009 verwachtingswaarden. Voor de stations Dendermonde, Schoonaarde, Melle en Schelle tot Vlissingen liggen de waarden juist iets boven de T2009 verwachtingswaarden.
- De jaargemiddelde looptijden van het laagwater in de Westerschelde liggen boven de T2009 verwachtingswaarden en stijgen licht ten opzichte van het niveau rond het jaar 2000. De dalende trend zet zich niet voort.
- In de Zeeschelde liggen de jaargemiddelde looptijden van het laagwater voor bijna alle stations rond de T2009 verwachtingswaarden. De dalende trend in jaargemiddelde looptijden van het laagwater op de Zeeschelde zet zich over het algemeen door. Alleen voor station Schelle liggen de looptijden vanaf Vlissingen in de jaren 2013-2015 circa 5 minuten boven de trend (binnen de controlegrenzen). Voor het eerstvolgende station bovenstrooms (Tielrode) liggen de looptijden weer in lijn met T2009. Hier lijkt dus iets met de metingen bij of bepaling van de looptijd voor station Schelle aan de hand.



Figuur 4-10: Jaargemiddelde looptijd van het hoogwater vanaf Vlissingen in de periode 1970-2015.



Figuur 4-11: Jaargemiddelde looptijd van het laagwater vanaf Vlissingen in de periode 1970-2015.

Over het algemeen zijn de ontwikkelingen neutraal ten opzichte van T2009. Voor enkele stations vallen de jaargemiddelde looptijden hoogwater of laagwater in een bepaald jaar buiten de grenzen van de 95%-predictie-intervallen (zowel lager als hoger) van het regressiemodel. Een eenduidige oorzaak hiervoor in de ontwikkelingen in het estuarium is niet gevonden. De matige weergave van de ontwikkelingen van de laatste 15-20 jaar door de trendlijnen van T2009 lijkt eerder de verklaring.

De looptijden tussen de stations vertonen relatief gezien meer variatie dan de looptijden van stations ten opzichte van Vlissingen. In de periode 2010-2015 kunnen de looptijden van het hoog- en laagwater tussen tweetallen stations op de Zeeschelde van jaar tot jaar tot 5 minuten verschillen. Deze variatie is het gevolg van de frequentie waarmee hoog- en laagwaterstanden worden gemeten. Sinds 1987 is de meetfrequentie 1 x per 10 minuten. De vaststelling van hoog- en laagwaterstanden gebeurt dus met een nauwkeurigheid van ongeveer 5 minuten. Het effect van deze meetonnauwkeurigheid op de totale looptijden op stations op de Zeeschelde ten opzichte van Vlissingen is door de grotere looptijd klein.

Aan de ene kant is er een eerste indicatie dat de looptijden hoog- en laagwater op de Westerschelde toenemen. Aan de andere kant nemen de looptijden hoog- en laagwater op de Zeeschelde nog steeds af. Er is in het algemeen nog geen aanleiding om te veronderstellen dat de looptijden structureel zijn veranderd of dat de trends veranderen. De conclusie is dus dat de toetsparameter Looptijd getij nauwelijks is gewijzigd ten opzichte van T2009.

4.4 Evaluatie

Beschikbare diepte

In T2009 is een regressiemodel opgesteld voor de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden. Het model bevat een lineaire trend en de 18,6-jarige nodale getijcyclus. Voor de rekenparameter jaargemiddeld hoogwater werd in T2009 een stijgende trend gevonden. Voor

het jaargemiddeld laagwater is het beeld wisselend. In de Westerschelde is de T2009 trend stijgend. Op de Boven-Zeeschelde is de T2009 trend dalend. De stijgende trend in hoogwaterstanden werd als positief beoordeeld voor de beschikbare diepte, maar deze toetsparameter werd in zijn geheel wel als negatief beoordeeld in T2009.

Uit de huidige T2015 analyse volgt dat de ontwikkeling van de trends ten opzichte van T2009 *neutraal* is. De jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden zijn in de periode 2010-2015 iets lager dan de T2009 verwachtingswaarden, maar een trendbreuk kan niet worden aangetoond. De lagere waarden zijn voor een aanzienlijk deel het gevolg van meteorologische invloeden (relatief lage windopzeten en Schelde-afvoeren in de periode 2010-2015).

Om de geulen op diepte te houden wordt er jaarlijks een aanzienlijke hoeveelheid sediment gebaggerd. Op de Westerschelde lagen de onderhoudsbaggervolumes na de derde verruiming duidelijk hoger dan er voor, maar er zijn nog te weinig datapunten om objectief te kunnen bepalen of ze hierna dalen of constant blijven. De Westerschelde kan dus (nog) niet geëvalueerd worden. Het is wel duidelijk dat de waargenomen trend verschilt van zowel de prognose in het MER als van de voorgaande verruiming. De onderhoudsbaggervolumes pieken in 2011 namelijk niet zo hard als geschat en nadien is er geen duidelijke dalende trend. Op de Beneden-Zeeschelde stegen de jaarlijkse onderhoudsbaggervolumes sterk na de derde verruiming. Daarna daalde het jaarlijkse volume tot het in 2015 opnieuw tot tegen het niveau van vóór de derde verruiming lag. De ontwikkeling op Beneden-Zeeschelde wordt daarom positief beoordeeld. Dit is verschillend van de prognose in het MER omdat daarin de processen nabij Deurganckdok werden beschouwd. Op de Boven-Zeeschelde kan er geen trend waargenomen worden in het onderhoudsbaggervolume. Dit deelsysteem kan daarom niet beoordeeld worden. Aangezien de Beneden-Zeeschelde positief beoordeeld wordt maar de overige zones niet geëvalueerd kunnen worden, krijgt de rekenparameter onderhoudsbaggervolume een neutrale beoordeling.

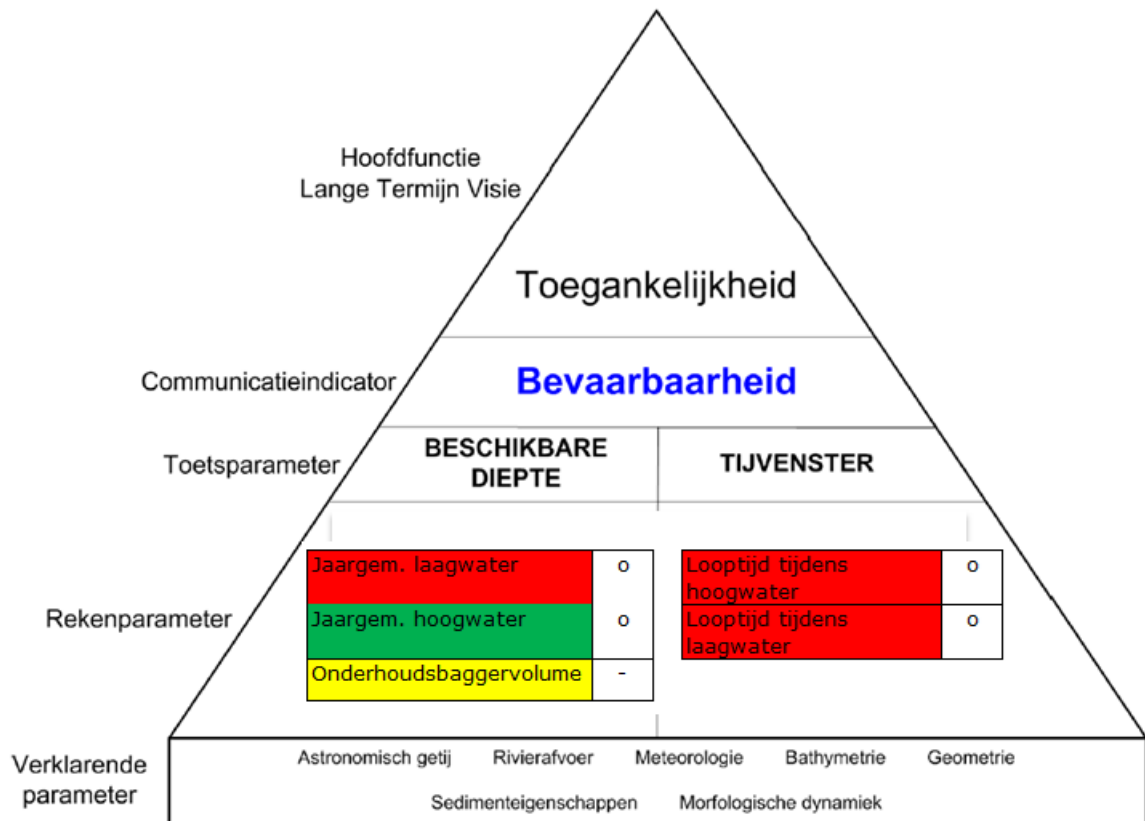
De toetsparameter beschikbare diepte wordt ten opzichte van T2009 als neutraal beoordeeld. De ontwikkelingen met betrekking tot de bevaarbaarheid zijn net als in T2009 negatief.

Looptijd getij

De ontwikkeling in de trends in jaargemiddelde looptijd van het hoog- en laagwater is voor de meeste stations in de Westerschelde en de Zeeschelde *neutraal* ten opzichte van de trends in T2009. Dit is in lijn met de conclusie in T2009 dat in de laatste 20 resp. 30 jaar de looptijden relatief stabiel / constant zijn gebleven in de Westerschelde resp. Zeeschelde. Op basis van de ontwikkeling op lange termijn (daling) was de evaluatie van de toetsparameter Looptijd getij in T2009 negatief. Nu, in T2015, is de evaluatie (op lange termijn) daarom ook negatief. Voor de Zeeschelde stroomopwaarts van Schelle is dat zeker terecht, omdat de dalende trends zich doorzetten. Voor de andere stations kan er ontegenzeggelijk worden geconcludeerd dat de looptijden de afgelopen twee decennia stabiel zijn, zodat het oordeel neutraal beter van toepassing is.

Bevaarbaarheid

Al met al leidt de negatieve beoordeling van de twee toetsparameters (in absolute zin) tot een negatief oordeel voor de communicatie-indicator Bevaarbaarheid. Hierbij is de nuancering dat de looptijden voor hoogwater en laagwater op de Schelde, stroomafwaarts van Schelle, de laatste twee decennia stabiel blijven.



Figuur 4-12: Evaluatie van de communicatie-indicator Bevaarbaarheid: negatief (rood), positief (groen), neutraal (geel) of geen oordeel (geen kleur). De ontwikkeling van de trends ten opzichte van T2009 is ook weergegeven: ontwikkeling in de positieve richting (+), in de negatieve richting (-) of neutraal (o), indien de trend niet significant wijzigt of niet (eenduidig) bepaald kan worden.

5 Plaat- en geulsysteem

5.1 Inleiding

Anders dan bij de overige communicatie-indicatoren, wordt de communicatie-indicator Plaat- en geulsysteem niet geëvalueerd met behulp van een rekenpiramide, noch rekenparameters. Dit was oorspronkelijk wel het geval bij het opstellen van de referentie in T2009 (Depreiter et al., 2014). In deze studie is de herziening van de evaluatiemethodiek (Maris et al., 2014) gevolgd. De analyse van de communicatie-indicator wordt ruimtelijk ingedeeld in 3 deelsystemen: (1) de monding zeewaarts van de lijn Vlissingen-Breskens, (2) het meergeulensysteem van de Westerschelde en (3) het ééngesysteem van de Zeeschelde. Ieder deelsysteem wordt beschreven aan de hand van een aantal vragen die beantwoord worden met behulp van een set verklarende parameters.

De analyse van de communicatie-indicator Plaat-en geulsysteem draait rond de fysieke systeemkenmerken van het Schelde-estuarium. Hierbij wordt de realiteit getoetst aan het streefbeeld, opgesteld in de Lange termijnvisie 2030 (LTV 2030):

“De instandhouding van de fysieke systeemkenmerken van het estuarium is het uitgangspunt van beheer en beleid”.

Of meer in detail:

“[...] een open en natuurlijk mondingsgebied, een systeem van hoofd- en nevengeulen met tussenliggende platen en ondiepwatergebieden in de Westerschelde en een riviersysteem met meanderend karakter in de Zeeschelde. Daarnaast treft men een grote diversiteit aan van schorren, slikken en platen in zout, brak en zoet gebied, gecombineerd met natuurvriendelijke oevers. “

5.2 Monding

5.2.1 Definitie

Het deelsysteem monding strekt zich westwaarts uit vanaf de lijn Vlissingen-Breskens. Voor de westelijke begrenzing wordt er soms gebruik gemaakt van de -20 m dieptecontour, maar binnen de voorliggende studie wordt deze als onnatuurlijk beschouwd. In deze studie werd de westelijke begrenzing alleen vastgelegd op basis van de databeschikbaarheid, met andere woorden de aangeleverde vaklodingskaarten. Concreet betekent dit dat zowel de Haven van Zeebrugge, als baggerstortplaatsen B&W S1, B&W S2 en B&W ZBO (Bijlage E.2) onderdeel van het deelsysteem zijn.

Het streefdoel van de LTV 2030 is *een open en natuurlijk mondingsgebied*. Dit deelsysteem wordt daarom behandeld aan de hand van volgende vragen:

- Zijn er veranderingen in de morfologische weidsheid of openheid van het gebied?
- Veranderde de rol als morfologisch overgangsgebied?
- Zijn er ingrepen geweest in de natuurlijke morfologie van het mondingsgebied?

5.2.2 Weidsheid / openheid

Ten opzichte van de basissituatie – gerapporteerd in T2009 (Depreiter et al., 2014) – is er in de weidsheid/openheid van de monding niets significant gewijzigd. Zo zijn er geen nieuwe projecten uitgevoerd die de hydrodynamische en morfologische werking van het systeem inperken; denk hierbij aan een waterkering.

Net als vóór 2010 wordt de weidsheid lateraal ingeperkt door de aanwezige kustbescherming. Verschillende harde verdedigingswerken beschermen zowel de noordzijde – Walcheren, Westkapelle en Vlissingen – als de zuidzijde – Breskens, Cadzand-Bad en Knokke. Hierdoor kunnen de morfologische elementen niet vrij migreren. Deze interactie voorkomt een noordwaartse migratie van het Oostgat en de Sardijngeul. Zonder verdedigingswerken zou het mondingsgebied zich uitstrekken over een grotere oppervlakte.

5.2.3 Overgangsgebied

Er zijn onvoldoende gegevens beschikbaar om aan te duiden dat de rol van de monding als morfologisch overgangsgebied aanzienlijk gewijzigd is ten opzichte van de basissituatie gerapporteerd in T2009. Zo wordt de sedimentuitwisseling tussen het mondingsgebied en de Westerschelde niet geregistreerd met terreinmetingen.

5.2.4 Ingrepen in de natuurlijke morfologie

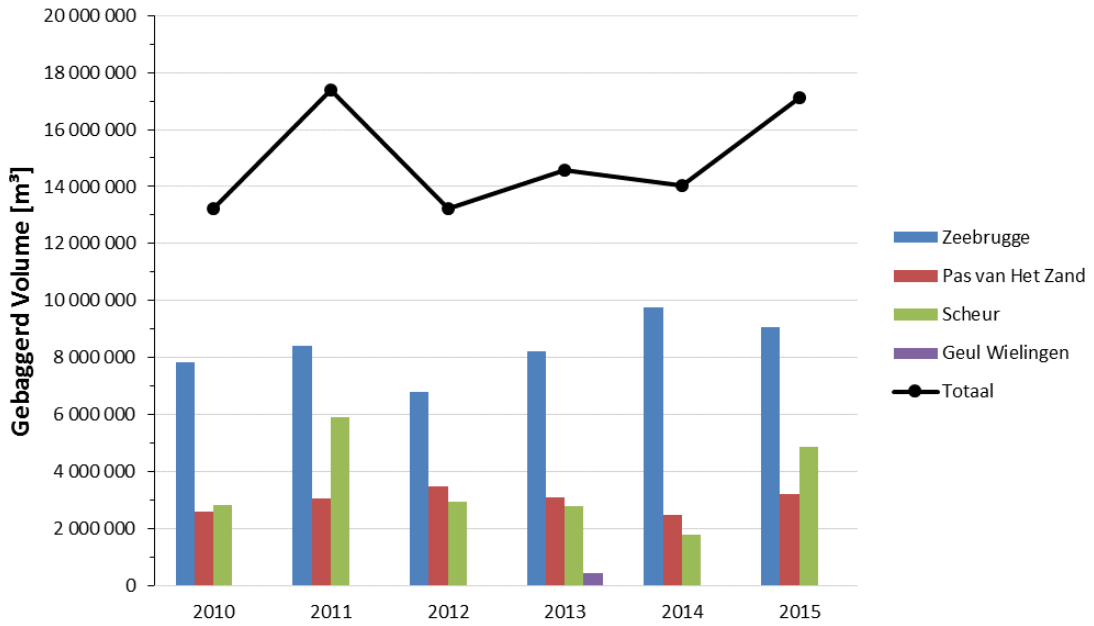
In de voorbije decennia zijn er verschillende antropogene ingrepen uitgevoerd in de monding Cleveringa (2008) toonde aan dat deze ingrepen de morfologie ingrijpend hebben veranderd:

- Aan de noordzijde is vooral de interactie tussen de kustverdediging en het Oostgat en de Sardijngeul van belang. Deze harde constructies vormen 'ophangpunten' waaromheen de geulen lokaal zeer diep zijn uitgeschuurd door contractie van de stroming.
- Aan de zuidzijde wordt de migratie ingeperkt door enerzijds de kustbescherming en anderzijds de onderhoudsbaggerwerken in het Scheur en de Wielingen die de vaargeul vastankeren.

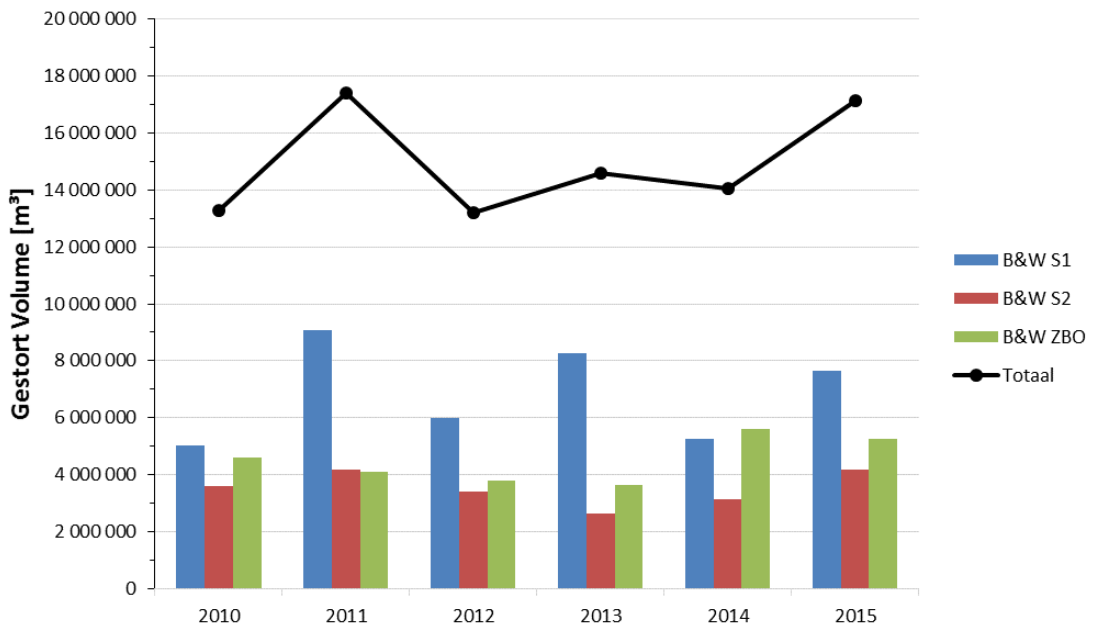
Lauwaert et al. (2016) toonde aan dat de lokale sedimentsamenstelling nabij stortplaats B&W S1 (genaamd Sierra Ventana) beïnvloed werd door de stortactiviteiten. Zo vond men meer slib tussen de zandige sedimenten.

In de periode 2010-2015 zijn dezelfde antropogene ingrepen uitgevoerd als voorheen. Er is geen aanwijzing dat deze plots minder impact hebben op de natuurlijke morfologie. Volgende antropogene ingrepen werden uitgevoerd in de periode 2010-2015:

- De vaargeulen Wielingen, Scheur en Pas van 't Zand zijn uitgebaggerd om de toegang tot de haven van Zeebrugge, North Sea Port en Antwerpen te waarborgen (Figuur 5-1). Het gebaggerde volume werd afgevoerd naar verschillende stortplaatsen in de monding (Figuur 5-2). Aan stortlocatie B&W S1 is een deel van het gestorte sediment weer verwijderd door zandwinning.
- Ook in het Oostgat – de noordelijke vaargeul – is er gebaggerd. Deze sedimenten zijn gestort nabij Westkapelle. Voor deze ingrepen werd er geen data verkregen.
- Langsheen de kust staan nog steeds dezelfde harde kustverdedigingswerken als voorheen. Ook zachte kustverdedigingswerken – zoals zandsuppletie – zijn uitgevoerd.



Figuur 5-1: Recente jaarlijkse baggervolumes [in situ m³] in de monding, gealloceerd naar baggerlocatie (Bron: Afdeling Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid).



Figuur 5-2: Recente jaarlijkse baggervolumes [in situ m³] in de monding, gealloceerd naar stortlocatie (Bron: Afdeling Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid).

5.3 Meergeulensysteem

5.3.1 Definitie

Het meergeulensysteem bevindt zich tussen de monding en het ééngelensysteem. Het strekt zich uit van de lijn Vlissingen-Breskens tot de Belgisch-Nederlandse grens.

Het meergeulensysteem wordt gekenmerkt door een stelsel van diepere geulen omgeven door intergetijdengebieden. Het meergeulensysteem is opgedeeld in 6 macrocellen (MC) en één mesocel (MC2). De macrocellen zijn elk opgebouwd uit een gekromde eb- en een rechte vloedgeul met hieromheen en hiertussen de intergetijdengebieden (Bijlage A).

Het streefdoel van de LTV 2030 is *een systeem van hoofd- en nevengeulen met tussenliggende platen en ondiepwatergebieden in de Westerschelde*. In het evaluatierapport wordt het deelsysteem behandeld aan de hand van een set vragen per tijd- en ruimteschaal:

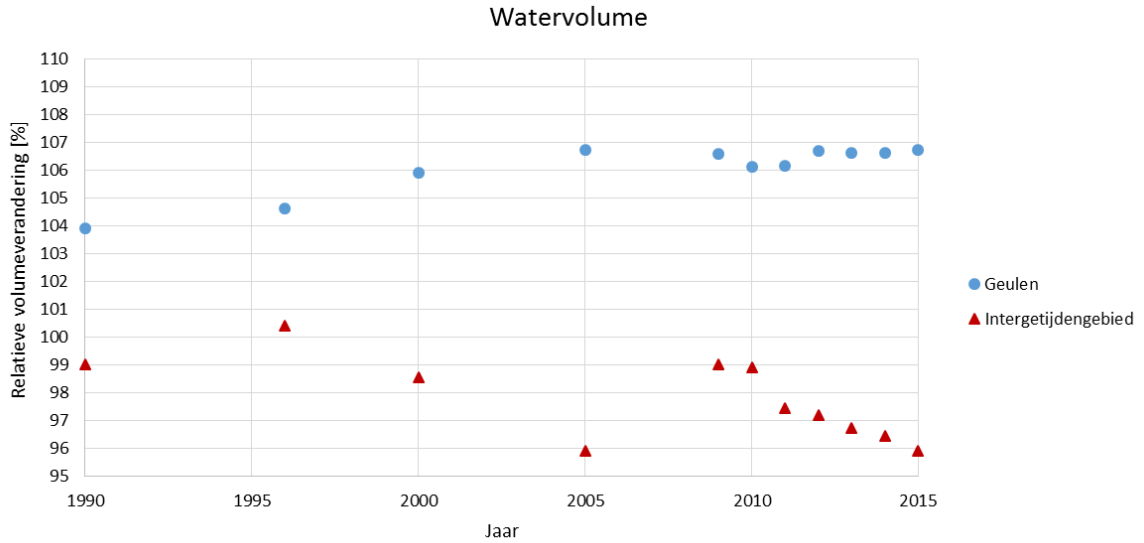
- Hoe veranderden de globale dimensies van de bochtengroep?
- Trad er erosie op of was er sprake van sedimentatie? Wat was de rol van ingrepen hierin?
- Veranderde het dynamisch evenwicht van de geulen onder invloed van baggeren en/of storten?
- Wat zijn de opmerkelijkste veranderingen op mesoschaal niveau?

5.3.2 Meergeulensysteem - Geheel

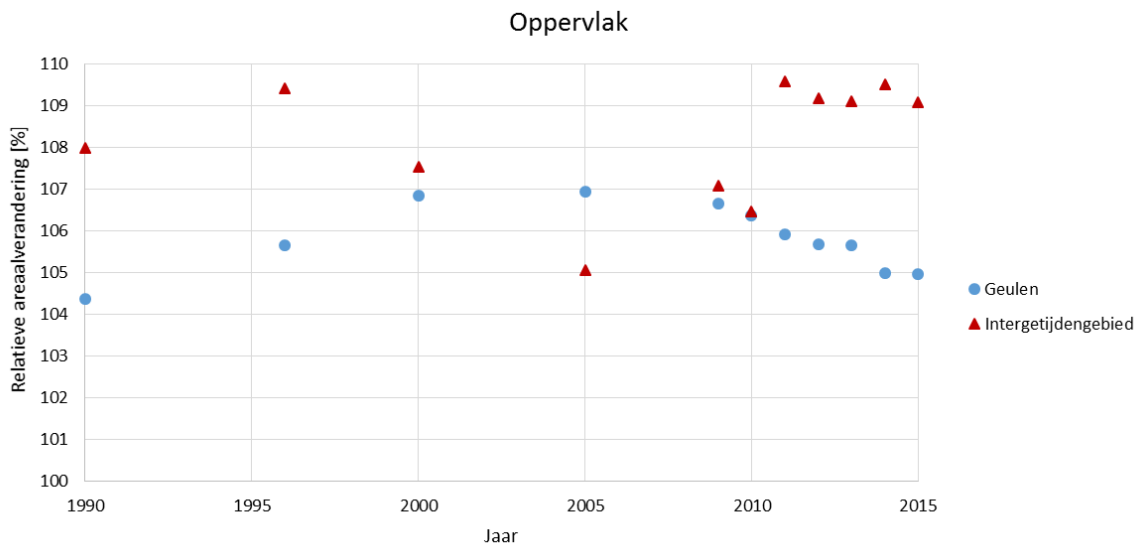
Globaal gezien is het watervolume in de geulen van de Westerschelde gestegen met 0,57% gedurende de periode 2010-2015 (Figuur 5-3). Het wateroppervlak bij -5 m+NAP is gedaald met 1,32% (Figuur 5-4) wat betekent dat de geulen smaller, maar dieper geworden zijn. Tot 2011 – de eerste peiling na de derde verruiming) – daalden het watervolume nog, maar hierna ruimden de geulen opnieuw uit. De interactie tussen de natuurlijke processen en de antropogene verdieping van de vaargeul leidde dus niet tot uitruiming van het watervolume beneden -5 m+NAP. Het zijn de hierop volgende processen en ingrepen die een uitruiming veroorzaakten.

Het intergetijdengebied neemt een grotere oppervlakte in dan voor 2009 (Figuur 5-4). In 2010 breidde het areaal zich het sterkst uit (met 2,93%). Tijdens de derde verruiming werd een groot deel van het gebaggerde sediment op de plaatranden gestort met als doel het laagdynamisch intergetijdengebied te vergroten. Na 2011 hielden de natuurlijke processen en de antropogene ingrepen elkaar in evenwicht: het intergetijdengebied behield dezelfde oppervlakte. Afgezien van de uitbreiding, hoogde het intergetijdengebied ook op. Er was dus duidelijk een toename van het sedimentvolume op het intergetijdengebied. Hierdoor kan er minder watervolume geborgen worden tussen het gemiddeld laagwater- en hoogwaterpeil (Figuur 5-3).

In de volgende hoofdstukken wordt er dieper ingegaan op de processen die zich afspelen binnen iedere macrocel.



Figuur 5-3: *Wijziging in het watervolume in de geulen (gedefinieerd beneden -5 m+NAP) en het maximale watervolume dat geborgen kan worden in het intergetijdengebied (gedefinieerd tussen -2 m+NAP en +3,5 m+NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.*



Figuur 5-4: *Wijziging in het wateroppervlak van de geulen (gedefinieerd als wateroppervlak bij -5 m+NAP) en het oppervlak intergetijdengebied (oppervlakte tussen -2 m+NAP en +3,5 m+NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.*

5.3.3 Macrocel 1 en mesocel 2

De morfologische ontwikkeling van macrocel 1 (MC1) en mesocel 2 (MC2) is weergegeven in Figuur 5-5. De dimensies van de geulen en het intergetijdengebied zijn gepresenteerd in Bijlage F.1. De ontwikkeling van het watervolume in de geulen versus de ingrepen is terug te vinden in Bijlage F.2. De gemodelleerde getijvolumes staan in Bijlage F.3.

In zowel MC1 als MC2 nam het areaal intergetijdengebied toe. De grootste uitbreiding van het intergetijdengebied deed zich voor tussen 2010 en 2011 dankzij de plaatrandstortingen nabij Hooge Platen uitgevoerd tijdens de derde verruiming. Ook al steeg de oppervlakte in MC1, door ophoging kan er nu (in 2015) minder water geborgen worden boven het intergetijdengebied dan

voorheen. In MC2 ging de uitbreiding gepaard met een toename van het watervolume boven het intergetijdengebied dankzij de omvorming van ondiep sublitoraal in laaggelegen litoraal.

Gedurende 2009-2015 ruimden zowel de Honte – hoofdgeul – als de Schaar van de Spijkerplaat – nevengeul – uit; net als voorheen. In de Honte werd er gebaggerd, maar de baggervolumes waren kleiner dan de waargenomen volumeverandering. Hier speelden dus nog andere processen een rol. In het westelijk deel van de Schaar van de Spijkerplaat en tegen Hooge Platen werd er intensief gestort wat plaatselijk verontdieping veroorzaakte (Figuur 5-5: 1A). Toch woog dit niet op tegen de erosie aan de oostelijke – eb – zijde (1B). De sterk verhoogde stortactiviteit tijdens de derde verruiming veroorzaakte wel een terugval qua watervolume gedurende 1 jaar. Het systeem had dus de neiging tot uitruiming van de geulen. De tendens in de Honte werd hierbij geholpen door antropogene ingrepen, terwijl deze in de Schaar van de Spijkerplaat werd tegengewerkt.

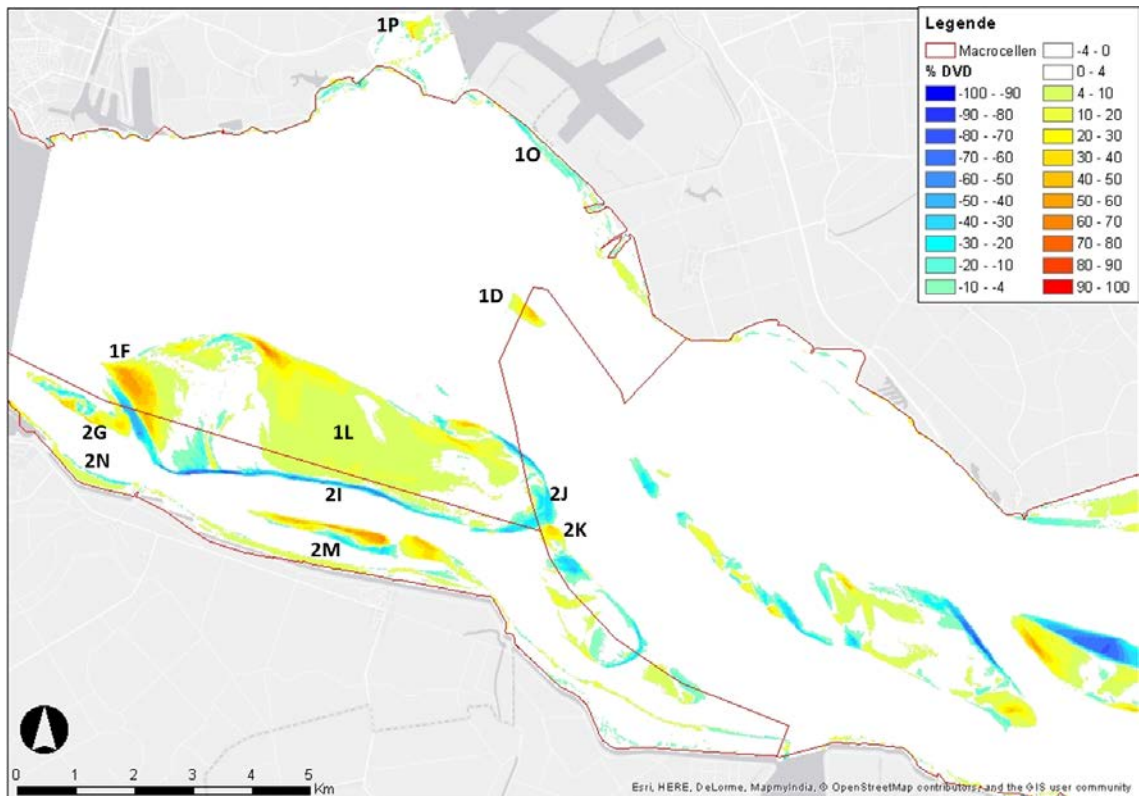
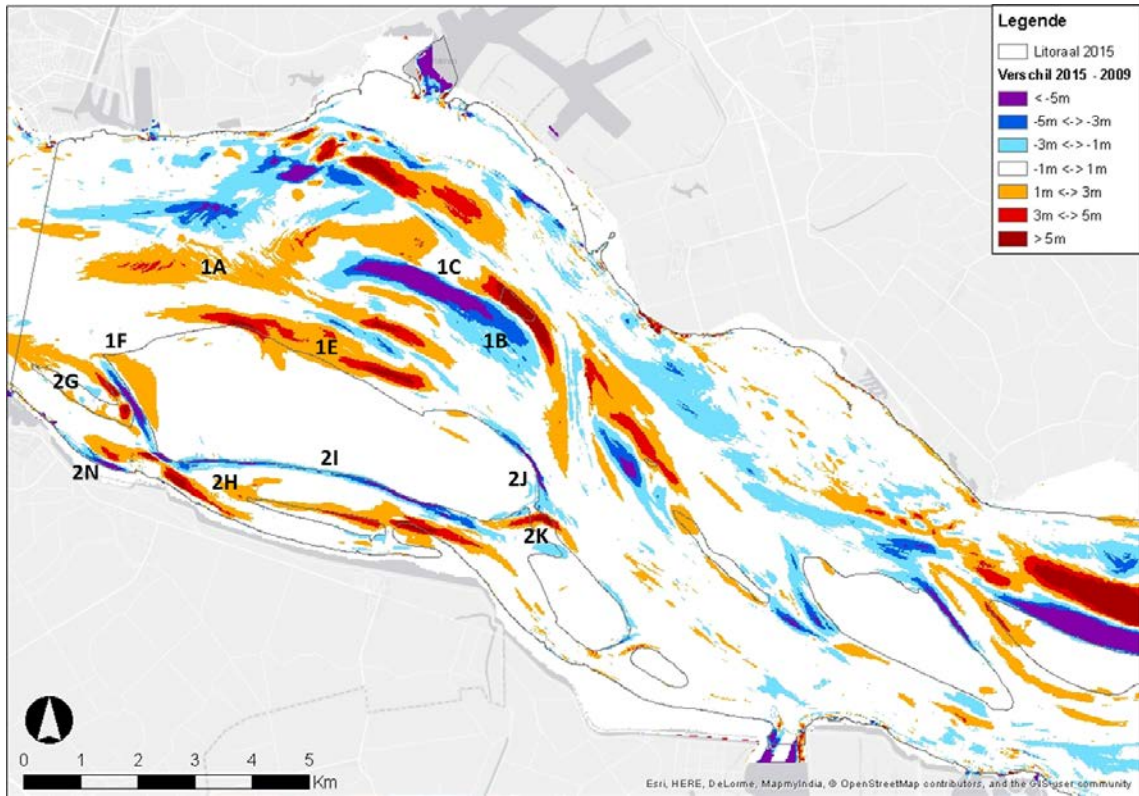
De uitruiming van de Honte was relatief groter dan deze in de Schaar van de Spijkerplaat. Aangezien er gebaggerd werd in de hoofdgeul en gestort in de nevengeul, is deze trend geholpen door antropogene ingrepen. De gemodelleerde verhouding in getijvolumes⁶ wijzen uit dat er tijdens zowel eb als vloed een grotere watermassa doorheen de Honte vloeit. Maar de Schaar van de Spijkerplaat won aan belang. De grootste verandering was zichtbaar in de ebfase, wat gelinkt is aan de uitruiming in het oosten van de Schaar van de Spijkerplaat. Het systeem evolueert dus naar een situatie waarbij er – tijdens zowel eb als vloed – meer water doorheen de Schaar van de Spijkerplaat en minder doorheen de Honte stroomt en dit ondanks dat de antropogene ingrepen de tegengestelde richting uitwerken.

De Spijkerplaat vertoonde een verlies aan areaal en kreeg een meer langgerekte vorm (1C). De plaat hoogde op waardoor het intergetijdengebied aan de oostzijde uitbreidde (1D). De plaatrandstortingen sinds 2010 aan de noordelijke en westelijke zijde van Hooge Platen, genereerde een verontdieping van het sublitoraal. Zo was er sterke sedimentatie tussen de noordzijde van Hooge Platen en de oostelijke arm (1E). Aan de westkant hoogden zowel het sublitoraal als het intergetijdengebied op (1F). Ook bij de Plaat van Breskens trad er sedimentatie op (2G) terwijl het tussenliggende geultje naar het westen migreerde.

Het Vaarwater langs Hoofdplaat bleef verder sedimenteren (2H) wat resulteerde in een afname van het getijvolume. De noordwaartse migratie van het Vaarwater langs Hoofdplaat veroorzaakte afkalving aan de zuidkant van Hooge Platen (2I). Ook de westzijde van Hooge Springer vertoonde erosie aan de waterkant (2J). De Springergeul werd ondieper (2K). Hierdoor verminderde het doorstroomoppervlak, wat een beperkende factor is voor de wateruitwisseling tussen MC2 en MC3. De waargenomen veranderingen in mesocel 2 traden al op van voor 2009 en wel een aan min-of-meer gelijke tred. Er is dus geen duidelijke impact van de derde verruiming zichtbaar, noch van de hierop volgende stortwerken.

Net als voor 2009, hoogde een groot deel van het litoraal op Hooge Platen op (1L). Het Slik bij Hoofdplaat (2M) sedimenteerde, terwijl de Slikken bij Breskens terugschreden maar ophoogden (2N). Ook aan Kaloot (1O) erodeerden de slikken verder. In de Sloehaven werd een deel van het slik artificieel opgehoogd om de industriezone uit te breiden (1P).

⁶ Watervolume dat door de hoofd- versus nevengeul stroomt gedurende één getijcyclus afkomstig uit het Scalwest model. Data verkregen van RWS Z&D.



Figuur 5-5: Morfologische ontwikkeling MC1 en MC2 met: verandering in bathymetrie tussen 2015-2009 (BOVEN) en verandering in droogvalduur tussen 2015-2008 (ONDER).

5.3.4 Macrocel 3

De morfologische ontwikkeling van macrocel 3 is weergegeven in Figuur 5-6. De dimensies van de geulen en het intergetijdengebied is gepresenteerd in Bijlage F.1. De ontwikkeling van het watervolume in de geulen versus de ingrepen is terug te vinden in Bijlage F.2. De gemodelleerde getijvolumes staan in Bijlage F.3.

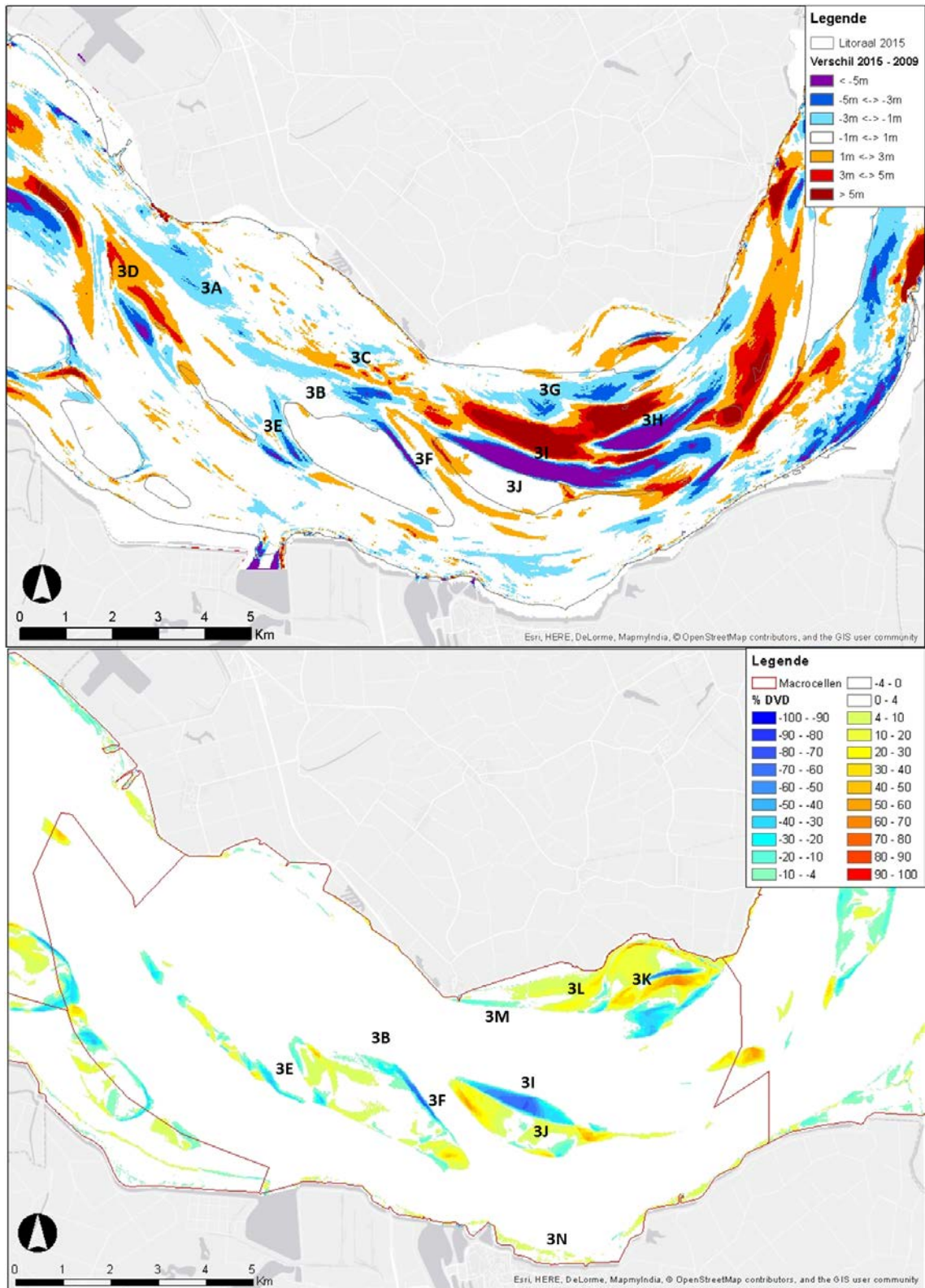
Het areaal intergetijdengebied nam af. Tussen 2010 en 2011 breidde het intergetijdengebied nog uit, maar hierna kromp het areaal tot onder het niveau van 2009. Het watervolume boven het intergetijdengebied is sterk gedaald door enerzijds inkrimping van het areaal en anderzijds ophoging van de overige zones. Deze trend was al gestart voor 2009.

Het watervolume in de Pas van Terneuzen daalde tot 2011; ook al werd er gebaggerd om de sedimentatie tegen te gaan (Bijlage F.2). Vanaf de derde verruiming in 2010 werd er gevoelig meer gebaggerd (Figuur 4-7 & Bijlage E.3) wat resulteerde in een uitruiming van deze hoofdgeul. De waargenomen volumeverandering was kleiner dan de gebaggerde volumes. Dit betekent dat de Pas van Terneuzen de neiging heeft om te sedimenteren, maar door toedoen van de baggerwerken toch uitruimde. De nevengeul – Everingen – ruimde al uit sinds 2002. Vanaf 2013 stabiliseerde het watervolume in de geul door het storten van baggermateriaal. De uitruiming manifesteerde zich als verdieping in het westelijke deel (3A) en uitbreiding naar het zuiden toe (3B). In het centrale deel werd er gestort waardoor er hier lokaal sedimentatie op trad (3C).

Sinds 2013 verdiepte de Pas van Terneuzen tegenover Everingen doordat men stortte in Everingen en baggerde in de Pas van Terneuzen. Voorheen werd Everingen relatief dieper tegenover de Pas van Terneuzen. De gemodelleerde getijvolumes vertonen – al zeker van in 2010 – een trend waarbij er zowel tijdens eb als vloed meer water doorheen de Pas van Terneuzen – de ebgeul – stroomde en minder door Everingen – de vloedgeul. Over de volledige getijcyclus stroomt de grootste watermassa nog steeds door Everingen, maar sinds 2015 is de Pas van Terneuzen de belangrijkste geul in de ebfase. Het dynamisch evenwicht van de geulen evolueerde dus in het voordeel van de Pas van Terneuzen. De bagger- en stortactiviteiten werken deze tendens in de hand maar aangezien de trend zich al vóór de belangrijkste ingrepen manifesteerde, liggen andere processen aan de basis.

Het Middelpaatcomplex werd smaller doordat Everingen naar het zuiden toe uitbreidde (3B), terwijl de ligging van de ebgeul vast lag. In het westen trad er sedimentatie op nabij de Pas van Borsele (3D). Het centrale deel – Suikerplaat en Middelpaat West – kromp. Naast afkalving aan de noordzijde, erodeerde ook de westkant doordat de Geul van de Suikerplaat zich verder ontwikkelde (3E). De oostkant erodeerde door westwaartse migratie van Zuid-Everingen (3F). De configuratie in het oostelijk deel van de cel werd bepaald door de drempeldynamiek: de Uitloper van Everingen ontwikkelde zich verder (3G), terwijl de migratie van het vloedschild de Schaar van Baarland oostwaarts (3H) en het Straatje van Willem zuidwaarts (3I) duwde. Hierdoor bochtte op zijn beurt ook de Middelpaat Oost verder uit. Deze plaat werd langer en smaller, maar hoogde op (3J).

Het noordelijke intergetijdengebied vertoonde grotendeels sedimentatie. De Plaat van Baarland werd kleiner in oppervlakte door een afscheurend vloedschild, maar hoogde wel op (3K). Ook op de Zuidgors en het oostelijk deel van de Slikken van Everingen (3L) trad er sterke sedimentatie op. Het westelijk deel van de Slikken van Everingen kalfde af (3M). De zuidelijk gelegen Slikken van Terneuzen vertoonden ophoging (3N).



Figuur 5-6: Morfologische ontwikkeling MC3 met: verandering in bathymetrie tussen 2015-2009 (BOVEN) en verandering in droogvalduur tussen 2015-2008 (ONDER).

5.3.5 Macrocel 4

De morfologische ontwikkeling van macrocel 4 is weergegeven in Figuur 5-7. De dimensies van de geulen en het intergetijdengebied is gepresenteerd in Bijlage F.1. De ontwikkeling van het watervolume in de geulen versus de ingrepen is terug te vinden in Bijlage F.2. De gemodelleerde getijvolumes staan in Bijlage F.3.

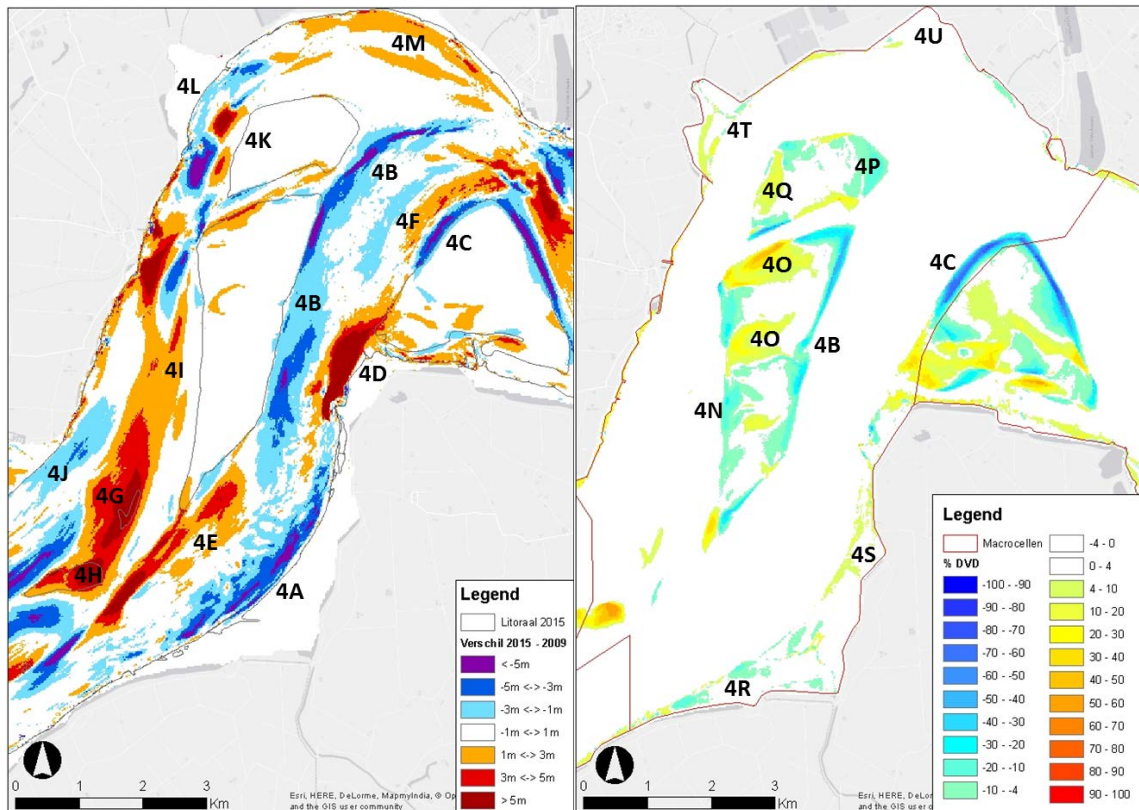
2010 was een kantelmoment: het intergetijdengebied groeide voor het eerst sinds lang terug aan. De sterkste stijging deed zich voor tussen 2010 en 2011, wat deels toe te schrijven is aan de plaatrandstortingen aan de zuidkant van de Rug van Baarland. Het watervolume boven het intergetijdengebied is gedaald doordat deze ophoogden.

Tot 2013 steeg het watervolume van de hoofdgeul, die is opgebouwd uit het Gat van Ossensisse en de Overloop van Hansweert. Sinds de derde verruiming in 2010 werd er aanzienlijk meer gestort om de erosie tegen te gaan (Figuur 4-7 & Bijlage E.3). Dit resulteerde in het stabiliseren van het geulvolume vanaf 2013. Merk op dat bepaalde zones nog steeds erodeerden, maar dat het volumetoename vanaf dan in evenwicht was met de stortvolumes. De uitruiming manifesteerde zich voornamelijk als verdieping nabij de Platen van Hulst (4A), erosie aan de oostflank van de Rug van Baarland en de Molenplaat (4B) en afkalving van het litoraal aan de noordoostzijde van de Plaat van Ossensisse (4C). Sedimentatie trad op in de stortzone nabij de Nol van Ossensisse (4D), aan de stortzone "Rug van Baarland" (4E) en in het ondiep sublitoraal nabij de westflank van de Plaat van Ossensisse (4F).

Het watervolume in het Middelgat – de nevengeul – bleef verder dalen. Toch, door te stoppen met storten in de nevengeul (Biezelingsche Ham tot in 2010) en aan de zuidzijde van de Rug van Baarland (Rug van Baarland – tot in 2012), sedimenteerde de geul trager dan voorheen. De sterkste aanzanding trad op in het zuiden van de geul nabij het stortvak Rug van Baarland (4G). Merk op dat de stortactiviteit enkel een versterkend effect had. De waargenomen volumeverandering was namelijk groter dan het stortvolume en bovendien was het proces al gaande vóór de start van de stortactiviteit. Ook de drempeldynamiek veroorzaakte een toename van het sedimentvolume doordat een vloedschild zich bij de Rug van Baarland voegde (4H). Dit past binnen de lange termijn ontwikkeling waarbij het drempelgebied tussen MC3 en MC4 zich oostwaarts verplaatst (IMDC et al., 2013). Tot slot lijkt er een luwte te ontstaan aan de zuidwestflank van de Rug van Baarland door migratie van het vloedschild en uitbreiding van een arm (4I). In een dergelijke luwte kan sediment makkelijker ophopen. De verbinding met de Uitloper van Everingen werd dieper wat er op wijst dat het getij zich inderdaad een andere weg baant (4J). Dit is onderdeel van de normale drempeldynamiek. Het centrale deel van de geul werd gekenmerkt door westwaartse migratie van de Molenplaat (4K) waardoor het getij door een smallere strook gestuwd wordt, wat op zijn beurt erosie veroorzaakte nabij de Biezelingsche Ham (4L). Het noordelijke deel van het Middelgat - nabij Kapellebank – vertoonde algemene verondieping (4M) waardoor het doorstroomoppervlak voor de ebstroom vernauwde.

Gedurende de periode 2009-2015 werd de nevengeul relatief ondieper tegenover de hoofdgeul. Dit wordt weerspiegeld in de gemodelleerde getijvolumes waarbij er meer en meer watermassa door de hoofdgeul vloeit. Tijdens zowel vloed als eb nam de hoofdgeul dubbel zoveel watervolume voor zijn rekening als de nevengeul. Merk op dat de trend afvlakte sinds 2011. Deze afvlakking deed zich voornamelijk voor tijdens de vloedfase, wat opmerkelijk is aangezien het Middelgat voorheen een ebgeul was. Bij de huidige configuratie van het drempelgebied is er dus een betere connectie tussen Everingen en het Middelgat, wat strookt met de verdieping nabij – en in – de Uitloper van Everingen.

Het intergetijdengebied van de Rug van Baarland vertoonde voornamelijk erosie aan de oostflank (4B). In het westen was er wel sedimentatie op het subtidaal, maar het litoraal erodeerde (4N). In het centrale deel was er enkel ophoging door verzanding van de (oude) kortsluitgeulen zoals de Geul van de Molenplaat (4O). Het intergetijdengebied van de Molenplaat schuift op naar het westen toe met erosie aan de oostflank (4P) en sedimentatie aan de westkant tot gevolg (4Q). De Platen van Hulst vertoonden erosie in het zuiden (4R), maar aangroei in het noorden (4S). Ook al sedimenteerde het sublitoraal nabij de Nol van Ossensisse, het litoraal aan de westflank kalfde verder af (4C). Aan de Biezelingse Ham trad er hoofdzakelijk sedimentatie op (4T). De slikken van de Kappelenbank bleven stabiel (4U).



Figuur 5-7: Morfologische ontwikkeling MC4: verandering in bathymetrie tussen 2015-2009 (LINKS) en verandering in droogvalduur tussen 2015-2008 (RECHTS).

5.3.6 Macrocel 5

De morfologische ontwikkeling van macrocel 5 is weergegeven in Figuur 5-8. De dimensies van de geulen en het intergetijdengebied is gepresenteerd in Bijlage F.1. De ontwikkeling van het watervolume in de geulen versus de ingrepen is terug te vinden in Bijlage F.2. De gemodelleerde getijvolumes staan in Bijlage F.3. Het intergetijdengebied in MC5 is gegroeid. Ook het bovenliggende watervolume nam toe. Beide trends manifesteerden zich al van vóór 2009.

Het watervolume van de hoofdgeul steeg al sinds 1995 onder invloed van intensieve baggerwerken. De waargenomen volumeverandering is kleiner dan de baggervolumes wat betekent dat de geul de neiging had om te sedimenteren, maar uitruimde door de netto sedimentextractie. Sinds 2013 zijn de baggervolumes en de sedimentatie in evenwicht waardoor het watervolume stabiel blijft. De baggerwerken focussen zich op de vaargeul, waar dan ook de meeste erosie zichtbaar is (5A). Daarnaast is er ook uitruiming door erosie van de oostelijke plaatpunt van Walsoorden (5B) en aan de noordzijde van Saeftinghe (5C). Sedimentatie kwam

voor aan de oostzijde van de Plaat van Ossenis (5D), aan Perkpolder (5E) en nabij de plaatrandstortzone "Plaat van Walsoorden" (5F).

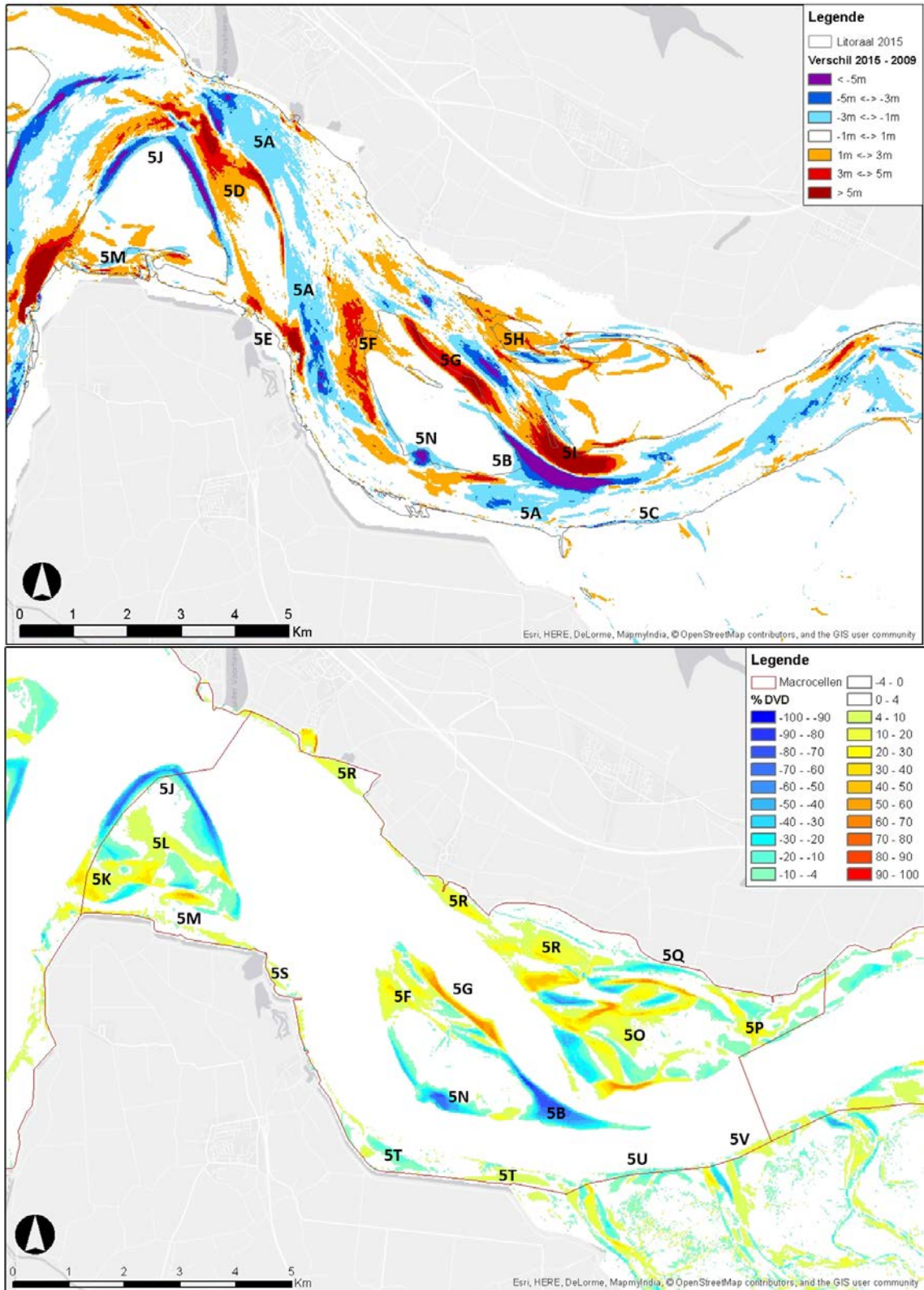
Het watervolume van de nevengeul – opgebouwd uit de Schaar van Waarde en de Schaar van Valkenisse – vertoonde een sterke terugval sinds 2010. Dit werd veroorzaakt door de stortactiviteit in de Schaar van Waarde en op de plaatrandstortzone "Plaat van Walsoorden", die zich deels in de nevengeul bevindt. In 2012 is er beslist om te stoppen met storten in de Schaar van Waarde en ook nabij de Plaat van Walsoorden werd er minder gestort. Dit wierp zijn vruchten af want vanaf 2015 steeg het watervolume in de nevengeul opnieuw. De sedimentatie manifesteerde zich door noordoostwaartse uitbreiding van de Plaat van Walsoorden (5G), sedimentatie voor het Slik van Waarde (5H) en zuidwestwaartse uitbreiding van de Plaat van Valkenisse (5I). Hierdoor werd de nevengeul nauwer en roteerde de Schaar van Valkenisse wijzerzin. Deze rotatie was gerelateerd aan de afkalving van de oostelijke plaatpunt van de Plaat van Walsoorden.

Al sinds 2001 werd de hoofdgeul (ebgeul) relatief dieper ten opzichte van de nevengeul (vloedgeul), maar in 2010 versnelde dit aanzienlijk onder invloed van de antropogene ingrepen. Vanaf 2013 herstelde het evenwicht zich opnieuw en werd de nevengeul opnieuw dieper tegenover de hoofdgeul. De gemodelleerde getijvolumes tonen pas een omslag in 2014. Voorheen stroomde er, zowel tijdens eb als vloed, meer en meer water door de ebgeul tegenover de vloedgeul. Sinds 2014 evolueerde de relatieve verhouding van de getijvolumes in het voordeel van de nevengeul. Merk op dat de grootste watermassa nog steeds doorheen de ebgeul vloeit.

Het sublitoraal rondom de Plaat van Ossenis sedimenteerde, maar het intergetijdengebied schreed verder terug (5J). Alleen in het zuidwesten – in de luwte achter de Nol van Ossenis – breidde de plaat zich verder uit (5K). Het centrale deel hoogde op (5L). Ook de Schaar van Ossenis en het nabijgelegen slik vertoonde sedimentatie (5M). Het intergetijdengebied van de Plaat van Walsoorden onderging erosie aan de westflank. Daarnaast was er sterke erosie van de oostelijke plaatpunt door rotatie van de Schaar van Valkenisse (zie eerder – 5B). Tot slot deed er zich een plaatval voor in het zuidwesten (5N – Goossens et al., 2017). Door te storten op de noordelijke plaatrand werd er hier een uitbreiding en ophoging van het intergetijdengebied gerealiseerd (5F). Het centrale deel bleef stabiel qua droogvalduur.

De Plaat van Valkenisse hoogde op, hoewel het patroon wat gemaskeerd wordt door de migrerende geultjes (5O). De Zimmermangeul verzandde nabij zowel de connectie met de Schaar van Waarde als met de Drempel van Valkenisse (5P). Door uitbreiding van de Plaat van Valkenisse werd het centrale deel van de Zimmermangeul naar de dijk toe geduwd. Hierdoor trad er erosie van het noordelijk gelegen slik op (5Q). Overige slikken aan de noordostrand van MC5 vertonen algemene ophoging en/of uitbreiding (5R). Het Slik van Waarde hoogt al enige tijd op dankzij de aanleg van de strekdammen.

Aan de zuidflank van MC5 was er: sedimentatie op de slikken nabij Perkpolder en Walsoorden (5S), erosie van het laaggelegen maar ophoging van het hooggelegen litoraal nabij Baalhoek (5T), afkalving van de Konijnenschor en voorliggend slik (5U) en tot slot ophoging van de meest zuidoostelijke slikken van MC5 (5V).



Figuur 5-8: Morfologische ontwikkeling MC5 met: verandering in bathymetrie tussen 2015-2009 (BOVEN) en verandering in droogvalduur tussen 2015-2008 (ONDER).

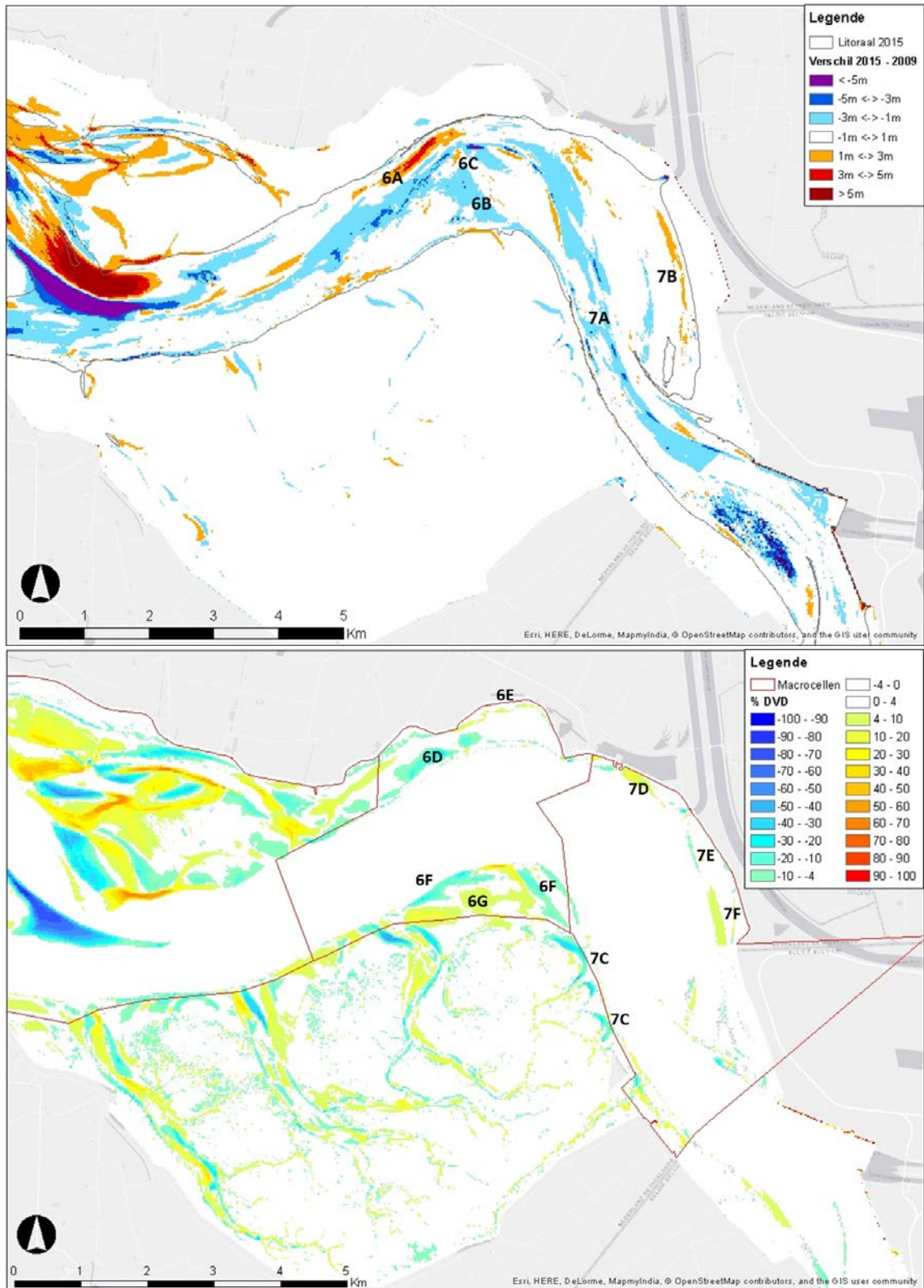
5.3.7 Macrocel 6

De morfologische ontwikkeling van macrocel 6 is weergegeven in Figuur 5-9. De dimensies van de geulen en het intergetijdengebied is gepresenteerd in Bijlage F.1. De ontwikkeling van het watervolume in de geulen versus de ingrepen is terug te vinden in Bijlage F.2. De gemodelleerde getijvolumes staan in Bijlage F.3.

In macrocel 6 trad er een grootschalig verlies aan sediment op. Het areaal intergetijdengebied nam af, waardoor op zijn beurt ook het bovenliggende watervolume daalde. In het Nauw van Bath – de hoofdgeul – is de waargenomen volumeverandering kleiner dan de baggerhoeveelheid. Dit betekent dat deze geul de neiging heeft om te sedimenteren, maar uitruimde onder invloed van netto sedimentextractie. Sinds 2011 werd er gestort in het diepe deel van de hoofdgeul wat lokaal wat sedimentatie veroorzaakte (6A). In de Schaar van Noord werd er niet gebaggerd en werd de uitruiming (6B) dus veroorzaakt door andere processen. Er is geen sprake meer van een tussenliggende plaat, maar ook de lokale zandbank erodeerde (6C). Merk op dat bovenstaande ontwikkelingen niet nieuw zijn: de hoofdgeul ruimt al sinds het begin van de peilingen (1955) uit onder invloed van baggerwerken, terwijl de nevengeul uitbreidt sinds 1979.

De gemodelleerde getijvolumes wijzen uit dat er gedurende de volledige getijcyclus meer water door het Nauw van Bath – ebgeul – vloeide. Gedurende vloed stroomde de grootste watermassa echter doorheen de Schaar van Noord – de vloedgeul. Bovendien heeft het systeem sinds 2011 de neiging om meer water doorheen de Schaar van Noord te stuwen. Dit strookt met de uitruiming van de Schaar van Noord en sedimentatie in het Nauw van Bath.

De Slikken van Bath vertoonden hoofdzakelijk erosie (6D). Enkel het hooggelegen litoraal ten noordoosten van de strekdam hoogde op (6E). In het zuiden van MC6 trad er voornamelijk erosie op van het laaggelegen litoraal (6F). Het middelhoog litoraal hoogde op (6G).



Figuur 5-9: Morfologische ontwikkeling MC6 en MC7 met: verandering in bathymetrie tussen 2015-2009 (BOVEN) en verandering in droogvalduur tussen 2015-2008 (ONDER) en 2015-2011 voor het zuiden van Groot Buitenschoor (nabij de stroomgeleidingsdam) en België.

5.3.8 Macrocel 7

De morfologische ontwikkeling van macrocel 7 is weergegeven in Figuur 5-9. De dimensies van de geulen en het intergetijdengebied is gepresenteerd in Bijlage F.1. De ontwikkeling van het watervolume in de geulen versus de ingrepen is terug te vinden in Bijlage F.2. De gemodelleerde getijvolumes staan in Bijlage F.3.

Het intergetijdengebied van MC7 bevindt zich gedeeltelijk achter een stroomgeleidingsdam. Het oppervlak intergetijdengebied nam toe. Deze ontwikkeling startte al voor 2009. Het watervolume dat geborgen kan worden boven het intergetijdengebied nam verder af door ophoging.

De Pas van Rilland – de hoofdgeul – in macrocel 7 ruimt al uit sinds het begin van de peilingen (1955). De waargenomen uitruiming (7A) is kleiner dan het gebaggerde volume. Dit betekent dus dat de geul de neiging heeft om te sedimenteren, maar uitruimde door aanhoudende baggerwerken. Appelzak – de nevengeul – werd afgesloten aan de ebzijde door de aanleg van een stroomgeleidingsdam in de jaren '60 om de zijdelingse stroming – die hinderlijk is voor de scheepvaart – te reduceren. Hierdoor verloor de nevengeul zijn functie. Het getijvolume doorheen de Pas van Rilland is dan ook 20 maal groter dan doorheen Appelzak. Net als voorheen daalde het watervolume van de Appelzak ook al werd er niet gestort in deze geul. De sedimentatie situeerde zich voornamelijk op het ondiepere sublitoraal aan de randen van de geul (7B).

De slikken aan de oostkant van Saeftinghe erodeerde verder (7C). Het slik ten noorden van de uitlaat van het Bathse Spuikanaal sedimenteerde (7D), terwijl het slik ten zuiden er van erodeerde (7E). Het slik nabij Groot Buitenschor vertoonde dan weer sedimentatie (7F).

5.4 Ééngesysteem

5.4.1 Definitie

Het ééngesysteem van het Schelde-estuarium strekt zich uit over de Zeeschelde – van de Belgisch-Nederlandse grens tot aan de getijdensluis te Merelbeke en de stuw en sluis te Gentbrugge – en over de zijrivieren waarop er nog getijwerking is. Op basis van de beschikbare data wordt er binnen deze studie gekeken naar de Zeeschelde tot aan de Ringvaart rond Gent te Melle, de Durme en de Rupel.

De Lange Termijn Visie (LTV 2030) stelt als streefdoel dat de Zeeschelde een van nature meanderende rivier is, met natuurvriendelijke oevers. Daarnaast moet de rivier over voldoende ruimte beschikken om moeiteloos de toekomstige getij-indringing te kunnen verwerken. Dit deelsysteem wordt daarom behandeld aan de hand van volgende vragen:

- Veranderde het meanderend karakter? Als de kronkeligheid van de rivier toeneemt, ondervindt de getijgolf namelijk meer weerstand en dringt het getij minder ver landinwaarts.
- Veranderde de geometrie zodat de rivier meer of minder ruimte kan innemen bij een hoogwaterstand?

Men heeft ook belangstelling in een mogelijke regimeshift naar een hypertroebel systeem. Dit wordt besproken bij de waterkwaliteit (§6.7).

5.4.2 Meanderend karakter

Het meanderend karakter werd geanalyseerd door de verhouding te berekenen tussen de lengte van de rivier-as versus de lengte van de vallei-as. Rivieren met een kronkelfactor groter dan 1,5 worden geklasseerd als meanderend. Een waarde tussen 1,5 en 1,1 betekent een kronkelende rivier. Terwijl een waarde lager dan 1,1 kenmerkend zijn voor een rechte rivier.

Uit de analyse bleek dat het meanderende karakter stabiel bleef (Barneveld et al., 2018a). Dit hoeft niet te verbazen aangezien de Zeeschelde vastgepind wordt door zijn laterale bedijking. In OMES 15 en 16 meandert de Zeeschelde, terwijl ze in OMES 11 en 12 als kronkelend beschouwd wordt. In overige segmenten is de Schelde een rechte rivier.

5.4.3 Geometrie

Tabel 5-1 geeft een overzicht van de geometrische verandering in de Zeeschelde. In bijna de gehele Zeeschelde ruimde de geul uit. De sterkste stijging was zichtbaar in het meest afwaartse deel (OMES 9 en 10) en tussen Rupelmonde en de Durmemonding (OMES 14). Beide zijn antropogeen van aard. In het afwaartse deel werd de vaargeul verdiept tot voorbij Deurganckdok. Nabij de Schaar van Ouden Doel (OMES 10) ruimde de geul ook na de verruiming nog uit door aanhoudende onderhoudsbaggerwerken en zandwinning. Nabij Deurganckdok (OMES 11) trad er opnieuw sedimentatie op na de verdieping. Ook tussen de mondingen van de Rupel en de Durme werden er gebaggerd en zand gewonnen.

Gedurende 2009-2015 werd de baggerachterstand op de Durme en de getij-arm Gentbrugge-Melle weggewerkt. Hierdoor werd de sedimentatie een halt toegeroepen. Er waren hier geen recente peilingen voor beschikbaar, maar men mag aannemen dat de rivier hier uitruimde. Dit wordt gestaafd door de ecotopenkaarten (zie het verlies aan oever in §5.4.4).

OMES	Oppervlakte bij 0 m TAW			Watervolume onder 0 m+NAP		
	Historisch	Buigpunt	Recent	Historisch	Buigpunt	Recent
9	↗			↗		
10	↗	2010	↘	↗	2011	↘
11	↗	2012	↘	↗	2010	0
12	0	2010	↗	0	2012	↘
13	↗	2011	↘	↗	2012	↘
14	↗	2012	↘	↗	2012	0
15	↗	2010	0	↗	2010	0
16	↗	2010	0	↗		
17	↗	2010	0	↗		
18	0	2010	↗	0	2010	↗
19	↗			↗		
19 trGM	?			?		
Rupel	↗			↗		
Durme	↘	?		↘	?	

Tabel 5-1: Geometrische verandering van de Zeeschelde met de historische (voor 2009) en recente (2009-2015) trend: dalend (↘), stijgend, (↗), neutraal (0) of onbekend (?) met aanduiding van een buigpunt (indien dit recent voorkwam).

5.4.4 Ruimte om getijndringing te verwerken

Het areaal oever wordt hierbij gehaald om een beeld te krijgen als maat voor de ruimte om de getij-indringing weg te werken. Merk op dat er zo geen rekening gehouden wordt met een ophoging of verlaging van de oever. Er wordt aangeraden om in de volgende evaluatiemethodiek een nieuwe verklarende factor te introduceren die rekening houdt met het watervolume boven een goed gekozen niveau, droogvalduur of ecotoop. Voor de huidige analyse werd gebruik gemaakt van de bestaande ecotopenkaarten: 2010 (referentie) versus 2013 en 2014 (recente situatie) voor respectievelijk de Boven- en Beneden-Zeeschelde. De gecontroleerde gereduceerde getijdengebieden (GGG) die al in werking traden zijn hierbij mee opgenomen.

Als men de Zeeschelde in zijn geheel bekijkt, is het areaal oever aangegroeid met 63 ha (Barneveld et al., 2018a). Dit komt overeen met een groei van of 4,6% ten opzichte van de situatie in 2010. De groei manifesteerde zich in de zone met sterke saliniteitsgradiënt (+30 ha in 2010-2014), de oligohaliene zone (+23 ha in 2010-2013), en de zoete zone met korte verblijftijd (+21 ha in 2010-2013). Dit is voornamelijk het gevolg van de werken gerelateerd aan het geactualiseerde sigmaplan.

In zowel de Durme als in de tijarm Gentbrugge-Melle slonk de oppervlakte van de oever door baggerwerken gerelateerd aan de rivierherstelplannen⁷. Deze werken hebben als doel om deze zones veiliger en natuurlijker te maken o.a. door het inperken van de langdurige verzanding. Een verlies aan oever duidt hier dus niet op een verhoogde gevoeligheid voor overstroming. Dit benadrukt dat deze proxy een vereenvoudiging is van de werkelijkheid en men in de toekomst best een bijkomende parameter voorziet.

De gecontroleerde overstromingsgebieden (GOG) zijn hierboven achterwege gelaten. Bij extreem hoge waterpeilen zullen deze weliswaar in werking treden en zo ook bijdragen tot een verminderde wateroverlast. Een overzicht van alle GOG's is terug te vinden in Bijlage B.

Men kan dus besluiten dat de Zeeschelde meer ruimte heeft om getijndringing te verwerken dan voorheen, voornamelijk dankzij werken gerelateerd aan het geactualiseerde sigmaplan.

⁷ 'Rivierherstelplan Beneden-Durme' en het project 'Scheldemeander Gent-Wetteren'.

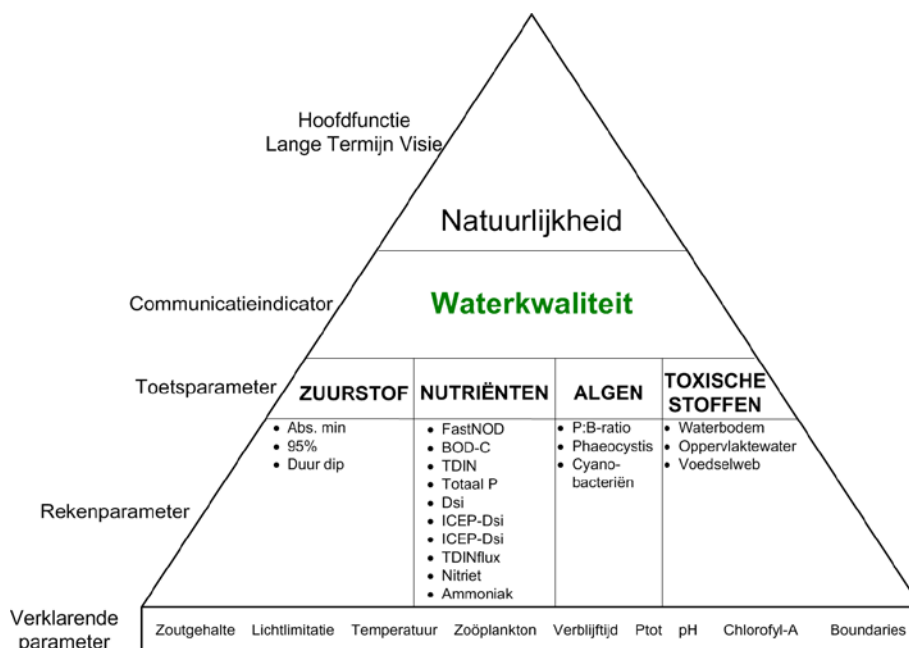
6 Waterkwaliteit

6.1 Inleiding

De waterkwaliteit wordt geëvalueerd op basis van de fysische, chemische en biologische componenten in het waterlichaam. De waterkwaliteit wordt voornamelijk beïnvloed door klimatologische, hydrodynamische en geomorfologische condities; alsook door menselijke tussenkomst en biologische interacties. De evaluatie van het functioneren van het Schelde estuarium, is gebaseerd op de Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium (Maris et al., 2014). De communicatie-indicator waterkwaliteit speelt een belangrijke rol als verklarende factor voor de overige indicatoren en relateert aan de hoofdfunctie 'Natuurlijkheid'. Het uitgangspunt van deze evaluatiemethodiek is de beleidsdoelstelling van de Lange Termijn Visie. Het verschilt hiermee van overige analyses die het waterlichaam beoordelen op basis van een historische 'ongerepte' referentie (zoals bijvoorbeeld Kaderrichtlijn Water).

De beoordeling van de communicatie-indicator volgt de structuur voorgesteld in Figuur 6-1. De hoofdfunctie van de Lange Termijn Visie (Natuurlijkheid) staat aan de top van de piramide. Hieronder valt de communicatie-indicator Waterkwaliteit. Waterkwaliteit wordt dan op zijn beurt geëvalueerd door vier toetsparameters: zuurstof, nutriënten, algen en verontreinigende stoffen. Tot slot is elk van deze toetsparameters opgebouwd uit één of meerdere rekenparameters, die geëvalueerd worden op basis van hun toetscriteria. Merk op dat alle Scheldezones (Bijlage A) apart getoetst worden. Indien één zone een negatieve evaluatie krijgt wordt dit integraal overgedragen naar de rekenparameter. Onderaan de driehoek staat een set verklarende parameters. Deze dragen bij aan het begrijpen van de waargenomen ontwikkelingen in de rekenparameters.

De uitgevoerde analyse is terug te vinden in Barneveld et al. (2018a). In het voorliggend rapport worden de waargenomen veranderingen geëvalueerd en – indien mogelijk – conceptueel verklaard.



Figuur 6-1: Schematische weergave Communicatie-indicatoren waterkwaliteit. (Maris et al., 2014).

6.2 Toetsparameter Nutriënten

6.2.1 Definitie

De aanvoer van nutriënten is noodzakelijk voor de ontwikkeling van het aquatisch milieu. De belangrijkste nutriënten voor de ontwikkeling van organismen zijn:

- Stikstof (N) is een essentiële component voor levende organismen in aquatische ecosystemen. Anorganische stikstof komt voor in breed scala aan oxidatievormen: als nitraat (NO_3^-) en nitriet (NO_2^-), ammonium (NH_4^+) en moleculair stikstof (N_2).
- Daarnaast is ook fosfaat (PO_4^{3-}) noodzakelijk voor de groei van primaire producenten. Bij een tekort is dit dé limiterende factor voor aangroei aan biomassa.
- Tot slot is silicaat (SiO_4^{4-}) noodzakelijk voor diatomeeën.

Een overmaat aan nutriënten – eutrofiëring – is een complex probleem dat zich onder andere uit in zuurstofgebrek, veranderingen in de algenpopulaties en het vrijkomen van toxische stoffen. De toetsparameter Nutriënten wordt dan ook beoordeeld aan de hand van 10 rekenparameters die een indicatie zijn voor één van onderstaande gevolgen:

Gevaar voor zuurstoftekort ten gevolge van eutrofiëring: Deze rekenparameter komen tot uiting in de toetsparameter zuurstof. De respiratie van zuurstof treedt hoofdzakelijk op als bacteriële respiratie. Deze vindt zijn oorsprong in enerzijds de afbraak van organische belasting en anderzijds zuurstofvraag voor nitrificatie – NOD – (Maris et al., 2014). Deze worden respectievelijk beoordeeld aan de hand van de rekenparameters Biochemical Oxygen Demand - carbon (BOD-C) en de Nitrogen Oxygen Demand (NOD). Daarnaast wordt ook de totale vracht aan opgelost, anorganische stikstof (TDIN) en fosfaat geëvalueerd. Een minimale concentratie van deze elementen is weliswaar noodzakelijk om de voedselketen te onderhouden. Een te hoge concentratie verhoogt de kans op overmatige algenbloei met het ontstaan van een grote autochtone zuurstofvraag en gevaar voor zuurstoftekort als gevolg.

Verschuivingen in de algenpopulaties: Silicium speelt een sleutelrol bij verschuivingen binnen de fytoplanktonassemblage. De relatieve beschikbaarheid van Si ten opzichte van N en P bepaalt grotendeels in welke mate de fytoplanktonpopulatie opgebouwd is uit een diatomeeëngemeenschap. Een toenemend belang van niet-diatomeespeciës is één van de meest gekende negatieve effecten van eutrofiëring (Maris et al., 2014). Sommige niet-diatomeesoorten worden namelijk minder goed begraaasd waardoor de doorstroming van energie niet meer verzekerd is. Een concentratie minder dan 0,01 mM aan opgelost silicium (DSi) is immers limiterend voor de groei van diatomeeën (Maris et al., 2014). Deze grenswaarde wordt daarom als beoordelingscriterium gehanteerd voor waarborging tegen een shift van diatomee- naar niet-diatomee-algen. Als indicatie voor het risico op ongewenste verschuivingen in de algengemeenschap in de afwaartse gebieden ontwikkelden Billen & Garnier (2007) de Indicator of Coastal Eutrofication Potential (ICEP). Deze wordt geëvalueerd aan de hand van zowel het opgeloste silicium (ICEP-DSi) als de totale siliciumflux (ICEP-TSi). Tot slot wordt ook de totale vracht aan nutriënten die de Noordzee bereikt, geëvalueerd. Een te grote toevoer aan nutriënten kan hier namelijk een overmatige bloei van *Phaeocystis* veroorzaken (zie ook §6.4.3).

Toxiciteit: zowel nitriet als ammoniak kunnen bij een te hoge concentratie een schadelijke invloed hebben op diverse organismen in het ecosysteem. Voornamelijk vissen zijn hier gevoelig voor.

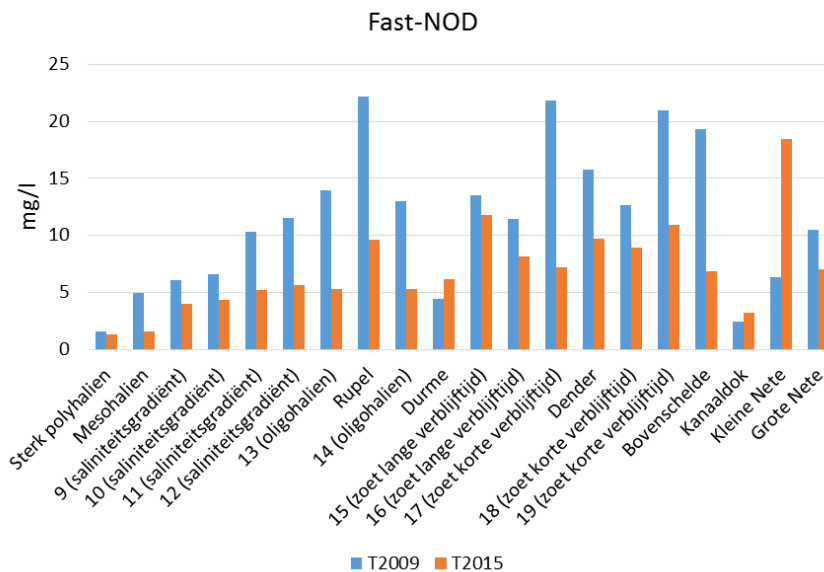
6.2.2 Zuurstoftekort door eutrofiëring

NOD

NOD (Nitrogen Oxygen Demand) is een indicator voor de zuurstofvraag voor nitrificatie. Deze werd bepaald op basis van de concentraties aan NH_4^+ en NO_2^- ($\text{NOD} = 4,33 [\text{NH}_4^+ - \text{N}] + 16/14 [\text{NO}_2^- - \text{N}]$). De bovengrens voor een positieve evaluatie van deze parameter bedraagt 2 mg/l.

NOD vertoonde een dalend trend sinds de jaren 90. Toch, in de periode 2004-2009 bleef de zuurstofvraag alleen in de meest afwaartse, sterk polyhaliene zone onder de kritische waarde. De dalende trend zette zich ook voort in de periode tussen 2010 en 2015 (Figuur 6-2 en Tabel G-1). Zo bleef de zuurstofvraag gedurende die periode ook al in de mesohaliene zone onder de grenswaarde van 2 mg/l. De Westerschelde wordt dus positief beoordeeld. In de Zeeschelde werd de norm nergens gehaald. Dit deelsysteem wordt negatief beoordeeld.

De ruimtelijke spreiding van NOD vertoont een stijgende trend van stroomafwaarts naar stroomopwaarts. De hoogste waarden werden geregistreerd in de Boven-Zeeschelde en op de Rupel. De sterke vooruitgang (daling) op de Bovenschelde, Dender en de Rupel vertaalt zich door naar de stroomafwaarts gelegen segmenten van de Zeeschelde (Figuur 6-2). Op de Kleine Nete is er een sterke achteruitgang, maar deze woog zo te zien niet op tegen de verbetering op de overige bovenstromen van de Rupel. Ook op de Durme en in de dokken steeg NOD licht.



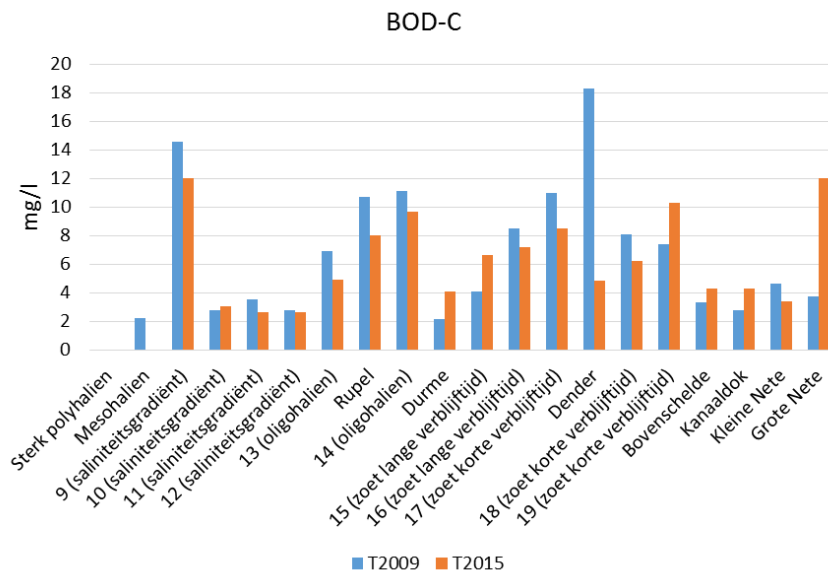
Figuur 6-2: Zuurstofvraag voor nitrificatie doorheen het estuarium.

BOD-C

De BOD-C (Biochemical Oxygen Demand for carbon) is een indicator voor de zuurstofvraag voor koolstofmineralisatie. Deze BOD houdt geen rekening meer met de zuurstofvraag voor nitrificatie (NOD) en wordt bepaald door het toedienen van een nitrificatieremmer aan het BOD experiment. Er zijn maar weinig locaties waar BOD-C wordt gemonitord. De meerderheid van de stations meet BOD5, dat is de zuurstofvraag in 5 dagen van zowel koolstof houdende als stikstofcomponenten. Om de indicator te verkrijgen was het nodig om de theoretische BOD-C te berekenen met de volgende formule: $\text{BOD-C} = \text{BOD5} - \text{NOD}$. Voor een positieve evaluatie mag deze parameter de grens van 6 mg/l niet overschrijden.

De dalende trend in BOD-C werd doorgezet na 2009 (Figuur 6-3 en Tabel G-1). Toch wordt deze parameter nog steeds negatief beoordeeld. BOD-C overschreed namelijk nog steeds de norm in grote delen van de Zeeschelde. Er zijn onvoldoende meetpunten op de Westerschelde om deze parameter te beoordelen.

Op de Beneden-Zeeschelde ligt BOD-C onder de norm van Liefkenshoek tot en met Steendorp. Enkel nabij de grens ligt BOD-C erboven. De verbetering op de Dender en de Rupel vertaalt zich door naar de stroomafwaarts gelegen zones van de Zeeschelde. De achteruitgang op de Durme lijkt gerelateerd met deze nabij Lippenbroek (OMES 15). De stijging op de Bovenschelde vertaalt zich door naar het meest stroomopwaarts gelegen segment van de Boven-Zeeschelde: OMES 19. De sterke achteruitgang op de Grote Nete is opmerkelijk, maar onvoldoende om de vooruitgang op de overige bovenstromen van de Rupel teniet te doen.



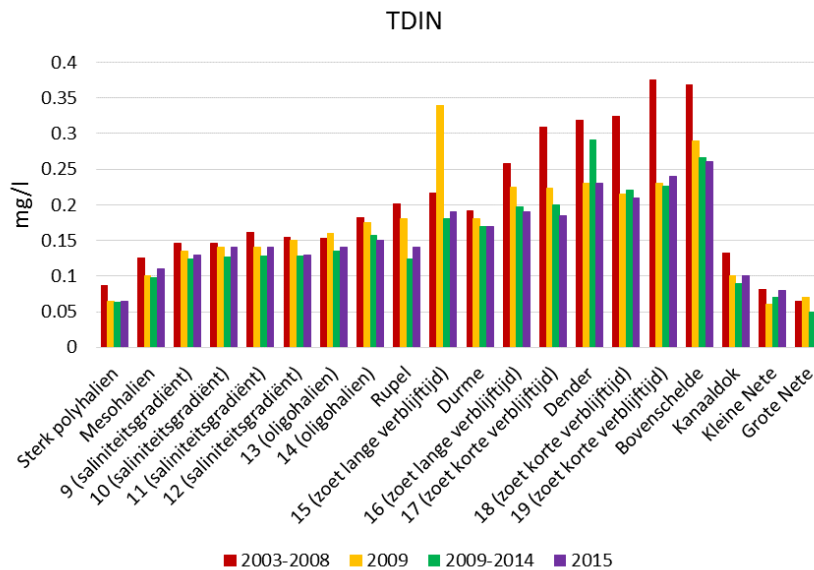
Figuur 6-3: Biologische zuurstofvraag doorheen het estuarium.

TDIN

De totale vracht aan opgeloste anorganische stikstof (TDIN) en fosfaat is een goede indicator voor het risico op overmatige algenbloei en het ontstaan van een grote autochtone zuurstofvraag. De jaargemiddelde TDIN concentratie ($TDIN = NH_4^+ - N + NO_2^- - N + NO_3^- - N$) wordt bepaald in elke Scheldezone. De evaluatie is positief indien het jaargemiddelde daalt of gelijk blijft ten opzichte van het gemiddelde van de voorbije 6 jaar (i.e. gemiddelde van de periode 2009-2014 ten opzichte van de gemiddelde concentratie van 2015).

TDIN daalt sinds de jaren '90. De Zeeschelde kende toen een sterkere daling dan de Westerschelde. Het kwam oorspronkelijk dan ook van een ongunstigere situatie. Deze dalende trend zet zich door in de periode 2009-2015, waardoor alle zones in de Zeeschelde een positieve evaluatie krijgen (Figuur 6-4 en Tabel G-2). Op de Westerschelde steeg TDIN in 2015 ten opzichte van het gemiddelde van de voorbije 6 jaar, waardoor deze zones negatief geëvalueerd worden. Doordat één van de segmenten een stijging vertoont, krijgt deze rekenparameter een negatieve evaluatie. Merk op dat TDIN wel gedaald is ten opzichte van vóór 2010. De negatieve evaluatie is dus alleen het gevolg van de vooropgestelde evaluatiemethodiek. Deze houdt geen rekening met de jaar-op-jaar variatie. Een vergelijking

van een éénjarig gemiddelde met een zesjarig gemiddelde is namelijk niet statistisch onderbouwd. Een herziening van deze rekenparameter lijkt hier aan de orde.



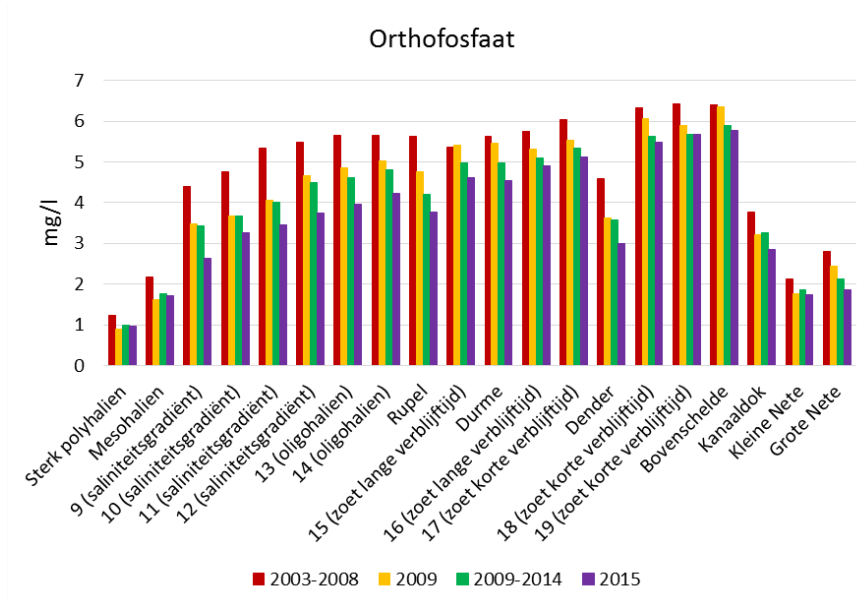
Figuur 6-4: Totale vracht aan opgeloste anorganische stikstof doorheen het estuarium.

Fosfaat

Fosfaat is één van de noodzakelijke nutriënten voor de groei van primaire producenten. Bij een tekort is dit de limiterende factor voor de groei van biomassa. Anderzijds kan het bij een overschot de drijvende kracht zijn voor eutrofiëring. De primaire producenten nemen fosfaat op uit de opgeloste vorm⁸ waarbij de orthofosfaat de belangrijkste component is. Daarom wordt orthofosfaat geëvalueerd in iedere Scheldezone. Voor een positieve evaluatie moet er een daling zijn ten opzichte van de voorbije 6 jaar.

De grootste daling deed zich voor in de jaren '90 en begin jaren '2000. Maar deze daling stagneerde. Tussen 2009 en 2015 vertoonden de meeste zones nog steeds een daling in orthofosfaat gehalte (zie Figuur 6-5 en Bijlage G.1: Tabellen Nutriënten). In overige zones bleef de concentratie constant. De rekenparameter wordt daarom positief beoordeeld. Ook aan de randen van het estuarium verbeterde het orthofosfaatgehalte.

⁸ Fosfaat komt zowel opgelost (anorganisch als orthofosfaat en organisch als vb. humuszuren) als particulaair gebonden voor in het oppervlaktewater (anorganisch gebonden aan slib en organisch door vb algengroei).



Figuur 6-5: Orthofosfaatgehalte doorheen het estuarium.

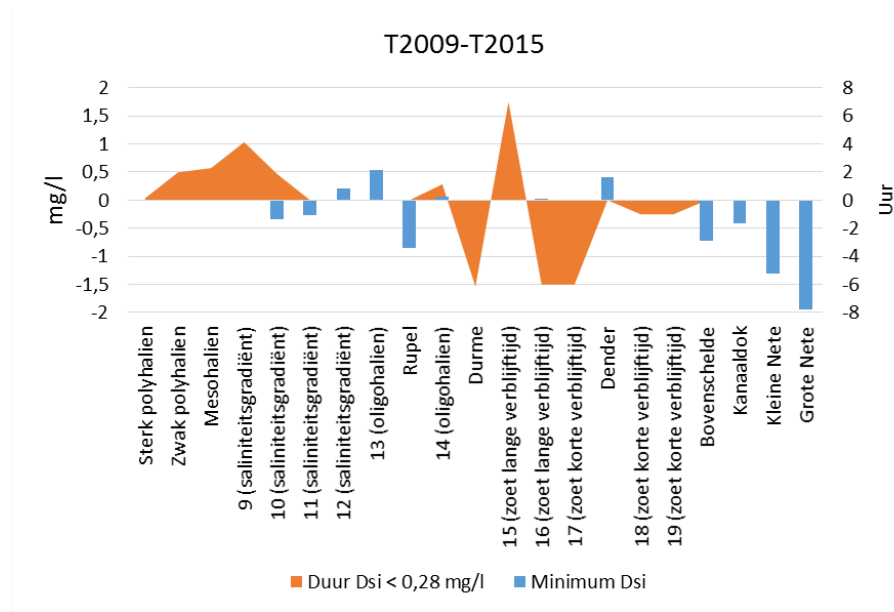
6.2.3 Verschuiving in algenpopulaties

DSi

Een grenswaarde van 0,01 mM aan opgelost silicium (DSi) is limiterend voor de groei van diatomeeën. Daarom wordt deze parameter pas positief beoordeeld indien de DSi waarde niet langer onder 0,01 mM of 0,28 mg/l blijft in 2 opeenvolgende meetcampagnes (uitgaande van 2 meetcampagnes per maand in het zomerhalfjaar).

Op zowel de Westerschelde als de Zeeschelde werden er te lange periodes met siliciumdepletie opgemeten (zie Bijlage G.1). Beide deelsystemen worden dus negatief beoordeeld.

De siliciumdepleties op de Westerschelde duurden langer dan vóór 2010. In de Boven-Zeeschelde traden in de periode 2010-2015 nog steeds te lange perioden met siliciumtekort op volgens de evaluatiemethodiek (langer dan vier weken). De perioden met tekorten duurden hier minder lang dan vóór 2010, maar er zijn toch aanwijzingen dat de algensamenstelling in de Boven-Zeeschelde nog steeds ongunstig was voor de begrazing (§6.4.2). Nieuw is dat er nu ook nabij de grens (OMES 9) te langdurige siliciumtekorten optraden. Uit analyses bleek weliswaar dat er hier nog steeds voldoende begrazing van algen was (§6.4.2), wat erop wijst dat er geen ongunstige verschuivingen in de algensamenstelling waren. In het centrale deel van de Zeeschelde, van Kruibeke (OMES 13) tot en met Liefkenshoek (OMES 10), was silicium geen beperkende factor, net als in de periode 2004-2009. Nabij Liefkenshoek en de Punt van Melsele (OMES 11) traden wel lagere minima op dan voorheen, terwijl de minima stegen in de zone net stroomafwaarts de monding van de Rupel: nabij Antwerpen (OMES 12) en Kruibeke (OMES 13). Op de Rupel, Bovenschelde en beide Netes werden er lagere minima waargenomen, maar er deed zich hier nog steeds geen periode met siliciumdepletie voor.



Figuur 6-6: Verschilplot minimum siliciumgehalte en duur van de zuurstofdip: de periode 2010-2015 ten opzichte van de periode 2004-2009.

ICEP-DSi en ICEP-TSi

De Coastal Eutrofication Potential indicator (ICEP) bepaalt de potentiële koolstofbiomassa die zich kan ontwikkelen in afwaartse gebieden ten gevolge van ongewenste algenbloei. Hiervoor wordt de resterende hoeveelheid stikstof of fosfaat berekend, nadat al het silicium werd geconsumeerd. Deze indicator toont het potentieel voor productie van niet-silicieuze algen ten gevolge van nutriëntenaanvoer. De indicator werd oorspronkelijk berekend met het gehalte aan opgelost silicium. Echter, hierdoor wordt een onderschatting gemaakt van de totale siliciumflux naar – en dus een overschatting van de eutrofiëringsproblematiek in – de kustzone (Billen & Garnier, 2007). Daarom wordt de indicator berekend met zowel het gehalte aan opgeloste silicium (DSi), als totale siliciumgehalte (TSi = biogeen + opgelost).

Voor een positieve evaluatie dient de ICEP, berekend met de totale siliciumflux (ICEP-TSi), een negatieve waarde te hebben. Indien zowel ICEP-DSi als ICEP-TSi een negatieve waarde hebben, wordt de rekenparameter positief geëvalueerd. Als de waarde van ICEP-TSi boven nul ligt, wordt deze negatief beoordeeld. Als ICEP-TSi onder nul ligt en ICEP-DSi boven nul, wordt deze rekenparameter alleen positief beoordeeld als er siliciumdepletie (negatieve DSi) optreedt in de meest afwaartse zone van de Schelde (Sterk polyhalie zone). Deze rekenparameter wordt jaarlijks beoordeeld aan de monding.

ICEP-TSi ligt bij alle opgemeten zones boven 0 (Barneveld, 2017). Dit betekent dat de C, N, P, Si ratio's die de primaire productie in de kustzone beïnvloeden, niet in evenwicht zijn. Hierdoor verhoogt het risico op ontwikkeling van ongewenste niet-kiezelhoudende algen. Om deze reden wordt deze rekenparameter negatief geëvalueerd. Ook in T2009 werd ICEP-TSi negatief geëvalueerd.

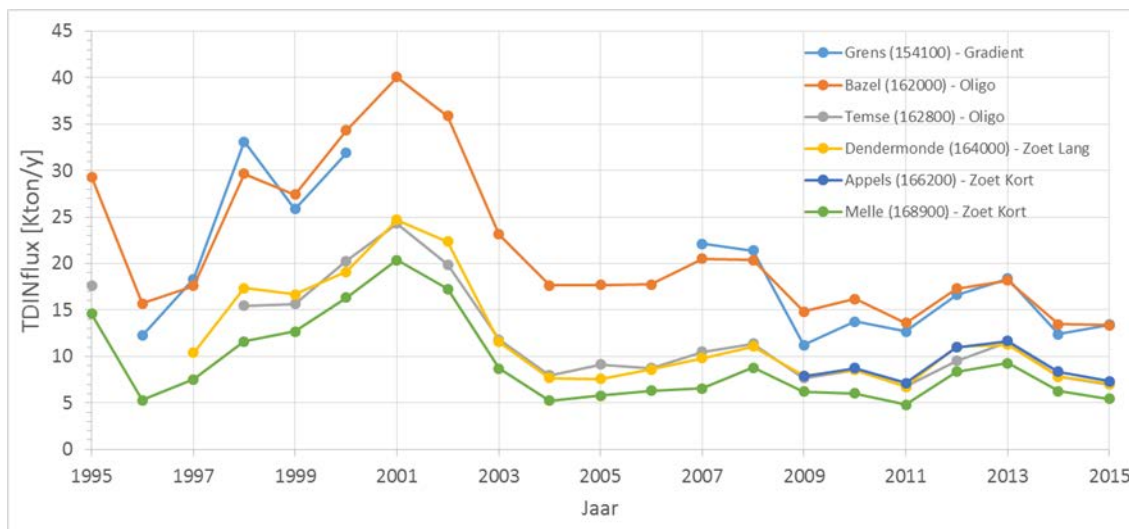
TDINflux

Niet enkel de verhouding van de nutriënten, ook hun absolute concentraties kunnen een rol spelen in de verstoring van de fytoplanktonpopulatie. Volgens de schattingen van Lancelot et al (2009) mag de totale vracht aan opgeloste anorganische stikstof (TDINflux) die de regionale kustzone (Noordzee en het Kanaal) bereikt niet meer dan 60 kiloton/jaar bedragen als men de bloei van ongewenste *Phaeocystis* wil vermijden. De limiet van de Schelde is bepaald in

overeenstemming met de bijdrage van de overige grote rivieren (Seine en Somme) die uitmonden in de regionale kustzone. Voor een positieve evaluatie mag de TDINflux van de Schelde naar de Noordzee niet meer dan 15 kiloton / jaar bedragen. Deze rekenparameter werd jaarlijks beoordeeld op niveau 1 (volledige Schelde-estuarium).

De jaarlijkse TDINflux voor de laatste 20 jaar wordt weergegeven in Figuur 6-7. Daarop is duidelijk een dalende trend te zien sinds 2001. Tussen 2011 en 2013 was er wel een stijging waar te nemen. De grootteorde van de geraamde fluxen komt overeen met de gegevens in andere literatuur (Billen, 2005; Lancelot et al., 2009; Hofman et al., 2008). TDINflux voor Melle, Appels, Dendermonde en Temse zijn de afgelopen 12 jaar onder de 15 kiloton / jaar gebleven. Te Bazel en nabij de Belgisch-Nederlandse grens stijgt de waarde in 2012 en 2013 weliswaar tot boven de kritische waarde. In 2014 en 2015 ligt de waarde opnieuw onder de 15 kiloton / jaar. De grootste stijging in aanvoer van nutriënten gebeurt nog steeds in de Oligohaliene zone, ten gevolge van de aanvoer vanuit de Rupel.

De jaarlijkse totale vracht aan opgeloste anorganische stikstof bedroeg in 2015 13,4 kiloton / jaar nabij de Belgisch-Nederlandse grens – de laatste meetpost. Dit jaar wordt dus positief geëvalueerd; analoog aan het jaar 2009 waarvoor de geschatte flux 11,3 kiloton per jaar was. Echter gedurende de periode 2010-2015 werd de drempelwaarde overschreden, wat resulteerde in een bloei van *Phaeocystis* (zie §6.4.3). De rekenparameter TDINflux wordt daarom negatief beoordeeld.



Figuur 6-7: TDIN flux [kiloton / jaar] voor verschillende locatie.

6.2.4 Toxiciteit

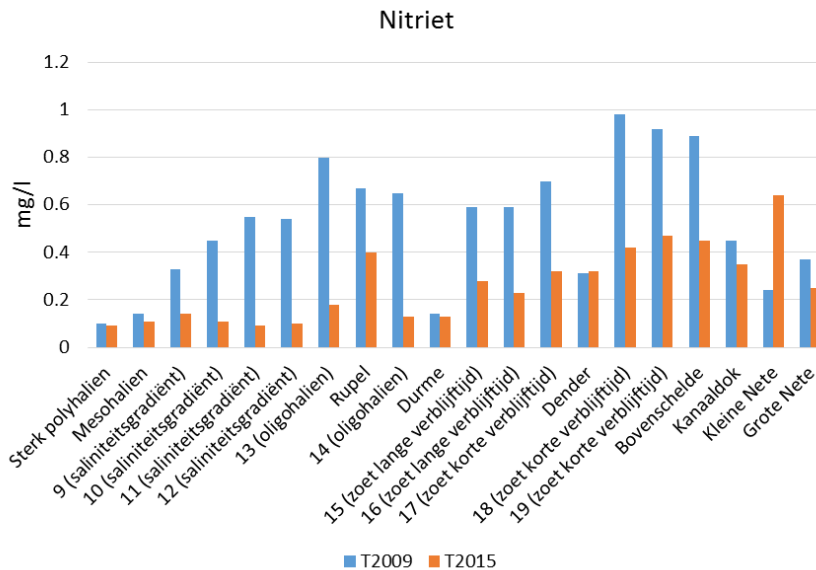
Nitriet

Nitriet heeft een schadelijke impact vanaf 0,1 mg/l nitrietstikstof (NO_2^- -N). Deze rekenparameter wordt maandelijks beoordeeld in de Zeeschelde tot op niveau 4 en in de Westerschelde tot op niveau 3.

De nitriet concentratie daalt al sinds de jaren '90. Deze trend zette zich voort in 2010-2015 (Figuur 6-8 en Tabel G-1). Gedurende 2004-2009 bleef het nitrietgehalte enkel in de sterk polyhaliene zone onder de grenswaarde van 0,1 mg/l. In de periode 2010-2015 werd dit criterium ook op de Punt van Melsele en nabij Antwerpen (OMES 11 en OMES 12) gehaald.

Toch, aangezien er nog steeds meetwaarden van boven de 0,1 mg/l werden geregistreerd, wordt deze rekenparameter negatief beoordeeld voor zowel de Westerschelde als Zeeschelde.

De ruimtelijke spreiding van het nitrietgehalte vertoont *grosso modo* een stijgende trend van stroomafwaarts naar stroomopwaarts. Stroomafwaarts van de monding van de Rupel en nabij de grens ligt de concentratie iets hoger dan de nabijgelegen zones. De vooruitgang op de bovenstromen vertaalde zich door naar de stroomafwaarts gelegen zones. Op de Kleine Nete was er een sterke achteruitgang. Deze stijging woog niet op ten opzichte van de vooruitgang op de overige bovenstromen van de Rupel, waardoor er op de Rupel nog steeds een verbetering zichtbaar was.



Figuur 6-8: Nitrietgehalte doorheen het estuarium.

Ammoniak

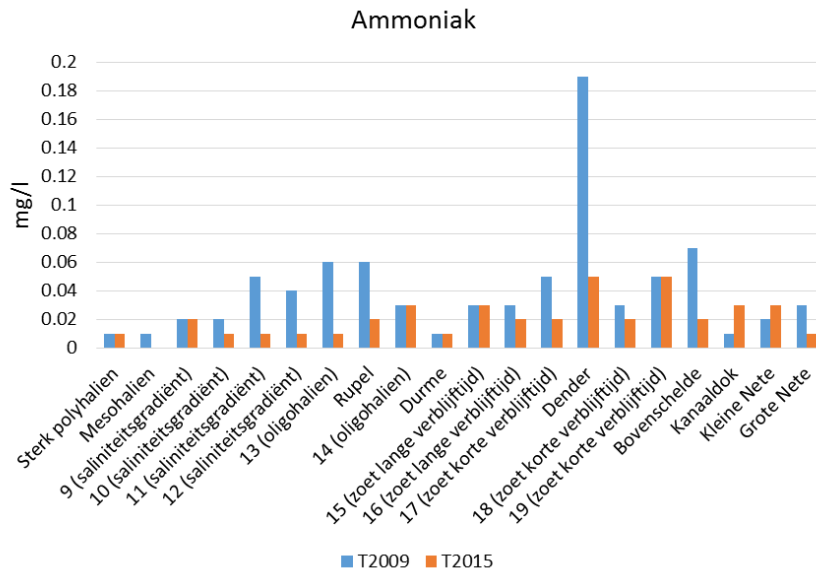
Ammoniak kan rechtstreeks gemeten worden, maar dit gebeurt niet standaard binnen het MONEOS monitoringsprogramma. Daarom werd NH_3 berekend via het chemische evenwicht met ammonium (meer info in Barneveld et al., 2018a):



Ammoniak heeft een schadelijke invloed vanaf 0,025 mg/l ammoniakstikstof ($\text{NH}_3\text{-N}$). Bij registratie van een hogere meting wordt deze parameter negatief beoordeeld.

In alle zones daalde het ammoniakgehalte ten opzichte van de situatie in 2004-2009 (Figuur 6-9 en Tabel G-1). De Westerschelde wordt positief beoordeeld, net als vóór 2010. Op de Zeeschelde worden er nog te hoge concentraties opgemeten waardoor dit deelsysteem negatief beoordeeld wordt.

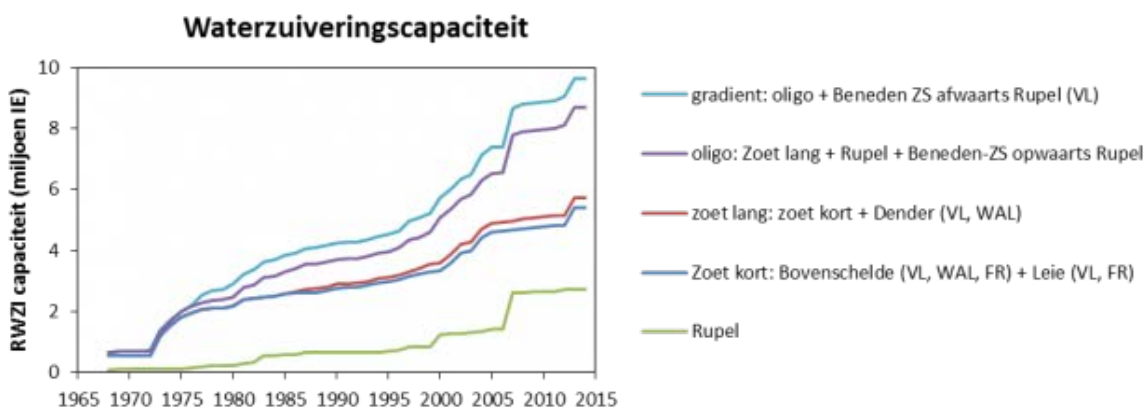
De vooruitgang op de Bovenschelde, Dender en Rupel vertaalde zich door naar de stroomafwaarts gelegen zones van de Zeeschelde. Op de Kleine Nete was er een achteruitgang in het ammoniak-gehalte. Deze stijging woog niet op ten opzichte van de vooruitgang op de overige bovenstromen van de Rupel, waardoor er op de Rupel nog steeds een verbetering zichtbaar was.



Figuur 6-9: Ammoniakgehalte doorheen het estuarium.

6.2.5 Verklaring Nutriënten

Over het algemeen is de situatie in het Schelde-estuarium verbeterd ten opzichte van de voorgaande periode 2004-2009. De belangrijkste oorzaak hiervan is de sterke vooruitgang in relatie tot waterzuivering (Figuur 6-10) en de strengere normen voor industrie, landbouw en huishoudens. Hierdoor daalde de vuilvracht aanzienlijk, wat resulteerde in een verminderde aanvoer van organisch koolstof (BOD-C), NH_4^+ (NOD), orthofosfaat, nitriet en ammoniak. Zeker op de bovenstromen werd er een sterke verbetering waargenomen. Een voorbeeld hiervan is de sterke terugdringing van de input uit de Zenne dankzij de waterzuivering – sinds 2007 – van het afvalwater afkomstig uit het Brussels Gewest. Op zijn beurt leverde dit een verbetering op in de stroomafwaarts gelegen zones van de Zeeschedde. Daarnaast zal de verhoogde biomassa algen en primaire productie in de Boven-Zeeschedde (Figuur 6-16) ervoor zorgen dat een groter deel van de nutriënten verwerkt wordt in de zoetere zones.



Figuur 6-10: RWZI capaciteit in het Scheldebekken, ingedeeld per Scheldezone. Bij elke Scheldezone staat aangegeven welke (deel)bekkens hierin uitmonden. (Bron: Maris & Meire, 2016)

Dankzij de bovengenoemde verbetering daalde de totale jaarlijkse lozing in de Noordzee aan opgeloste anorganische stikstof tot onder de kritische grens waarbij er een schadelijke algenbloei optreedt voor de kustzone. De vracht ligt weliswaar nog steeds te hoog, waardoor de kritische grens nog steeds af en toe overschreden wordt.

De veranderingen in siliciumdepletie vertonen een minder coherent beeld. De achterliggende oorzaken zijn nog onduidelijk. Dit vraagt nader onderzoek, bijvoorbeeld met behulp van een meervoudige regressieanalyse of een scenario-analyse met een ecosysteemmodel.

Op de Grote Nete werd er een opmerkelijk sterke toename in BOD-C waargenomen. Sinds 2013 groeien er geen macrofyten meer in de Grote Nete stroomafwaarts Geel. De exacte oorzaak hiervan is nog onduidelijk (meer info in VMM, 2017). De afbraak van alle waterplanten kan op zijn minst een deel van de toename in BOD-C verklaren. Op de Kleine Nete steeg de input van ammoniak, nitriet en NOD. Beide bovenstaande veranderingen zijn ongewenst, maar ze waren onvoldoende hoog om de vooruitgang op de overige bovenstromen van de Rupel teniet te doen.

Ook op de Bovenschelde werd er een hogere BOD-C opgemeten. Dit kan deels de verhoging in de meest stroomopwaarts gelegen zone (OMES 19) verklaren. Daarnaast groeide de biomassa algen in de Boven-Zeeschelde (Figuur 6-16), terwijl de begrazing hier ondermaats is (§6.4.2). Bij bezinking zal dit ook een verhoging van het BOD-C veroorzaken.

6.3 Toetsparameter Zuurstof

6.3.1 Definitie

Zuurstof is een essentieel bestanddeel voor alle vormen van aquatisch leven, inclusief de organismen die verantwoordelijk zijn voor de zelfreinigende processen in natuurlijke waterlichamen. Het zuurstofgehalte in natuurlijke waterlichamen varieert onder invloed van temperatuur, zoutgehalte, turbiditeit, fotosyntheseactiviteit van algen of planten en atmosferische druk. Zo daalt de oplosbaarheid van zuurstof als de temperatuur en/of het zoutgehalte toenemen. Zuurstof wordt geproduceerd bij fotosynthese. Terwijl bij respiratie of degradatie van organisch materiaal zuurstof dan weer wordt opgenomen.

In het zomerhalfjaar (mei tot oktober) moet een minimumwaarde van 5 mg/l het overleven van alle doelsoorten mogelijk maken. Voor de winter is een minimum van 6 mg/l essentieel voor het migreren, paaien en opgroeien van bepaalde organismen. Echter kortstondige afwijkingen – de zogenaamde zuurstofdip – kunnen optreden zonder grote gevolgen. Vele organismen kunnen een korte periode van hypoxie overleven door hun metabolisme te veranderen en/of te migreren naar locaties met betere zuurstofwaarden. Tenminste, als de zuurstofdip beperkt is in zowel amplitude als duur. Als absolute minimumnorm geldt 2,5 mg/l, waarbij mortaliteit optreedt bij organismen die niet of moeilijk kunnen migreren – lees benthische gemeenschappen. De duur van de zuurstofdip dient beperkt te blijven tot 48 uur. De parameter zuurstof wordt daarom beoordeeld op:

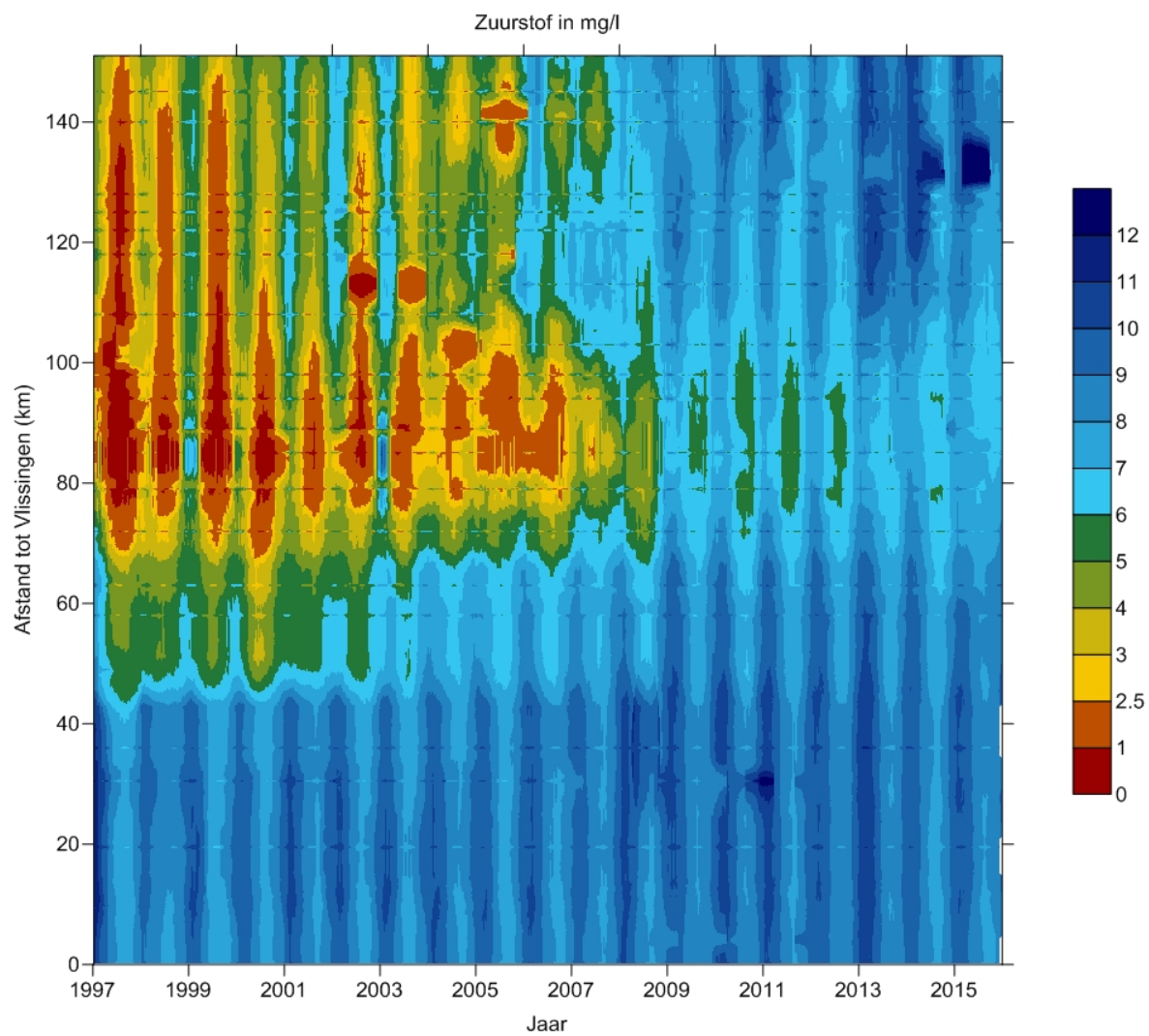
1. Absoluut zuurstofminimum: Een daling van het zuurstofgehalte onder het zuurstofminimum van 2,5 mg/l kan ernstige gevolgen hebben voor het ecosysteem.
2. Duur van de zuurstofdip: Men spreekt al van een zuurstofdip indien de zuurstofwaarden zakken onder 5 mg/l of 6 mg/l. Indien de zuurstofdip langer is dan 48 uur in één bepaalde zone, volgt een negatieve evaluatie. Deze parameter kan alleen met behulp van continue meetstations geëvalueerd worden.
3. 95 of 90 percentiel zuurstof: als meer dan 5% van de gemeten waarden onder de 5 mg/l liggen – of 6 mg/l in de winter – wijst dit op een acuut probleem in het systeem. Een uitzondering hierop is de zone met een sterke saliniteitsgradiënt, die van nature al veel respiratie kent en de kans dus van nature al hoger ligt om lagere zuurstofconcentraties waar te nemen. In deze saliniteitszone dient 10% van de gemeten waarden boven de kritische grens te liggen.

De toetsparameter Zuurstof wordt beoordeeld op niveau 4 – OMES-segmenten – in de Zeeschelde, terwijl het niveau 3 – saliniteitszones – volstaat voor de Westerschelde aangezien het zuurstofprobleem hier minder aan de orde is.

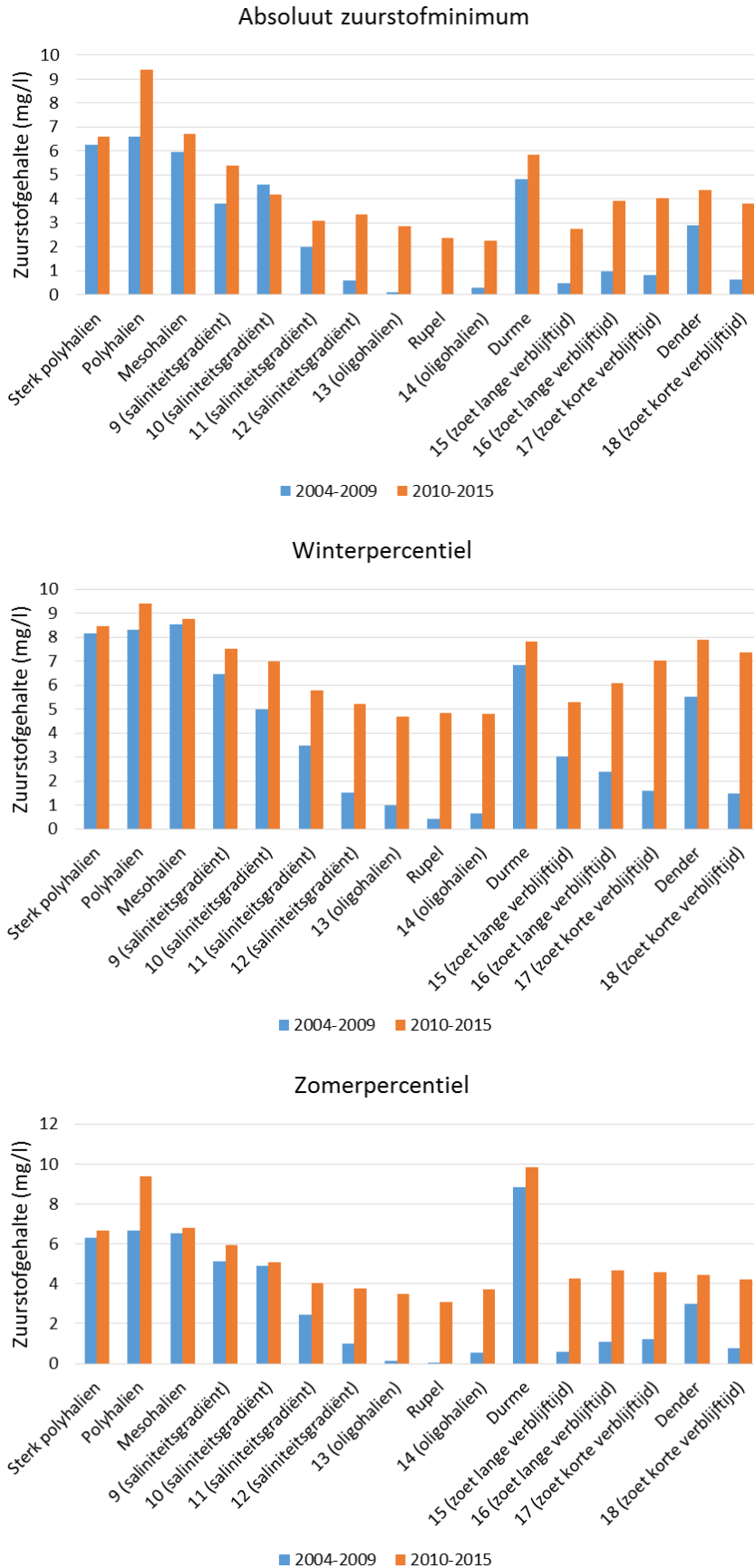
6.3.2 Beoordeling Zuurstof

Net als in T2009 worden alle drie de rekenparameters negatief beoordeeld doordat er nog steeds één of meerdere zones van de Zeeschelde de minimale criteria niet halen. Toch is er een duidelijke verbetering op te merken ten opzichte van de situatie gedurende 2004-2009 (zie Figuur 6-11, Figuur 6-12 en Bijlage G.2: Tabellen Zuurstof). In de Westerschelde liggen de zuurstofconcentraties gevoelig hoger dan in de Zeeschelde waardoor dit deelsysteem een positieve evaluatie krijgt.

De ruimtelijke spreiding vertoont een afname van de stroomafwaarts gelegen zones tot een minimum in de oligohaliene zone (en op de Rupel); Stroomopwaarts stijgt het zuurstofgehalte opnieuw. Het grootste knelpunt bevond zich dus nog steeds nabij de oligohaliene zone. Nabij Temse (OMES 14) en op de Rupel zakte het zuurstof tot net onder het minimumgehalte van 2,5 mg/l, terwijl het in Kruikeke (OMES 13) en Lippenbroek (OMES 15) er maar nipt boven blijft. Daarnaast vertoont de wintergehalte een acuut probleem van nabij de punt van Melsele tot aan Lippenbroek (OMES 11 tot OMES 15) inclusief de Rupel, met een zwaartepunt in de oligohaliene zone. Het percentiel ligt hier wel al dicht bij de noodzakelijke 6 mg/l. De zomer daarentegen – gekarakteriseerd door lagere zuurstofgehaltenes – blijft een probleem voor praktisch de volledige Zeeschelde: Punt van Melsele tot en met Wetteren (OMES 11 tot 19) inclusief de Rupel en de Dender. Het zuurstofgehalte zakt hier dan vaak onder de noodzakelijke 5 mg/l. Toch liggen alle waargenomen percentielen dicht tegen het minimumgehalte.



Figuur 6-11: Zuurstof (mg/l) in ruimte en tijd. Waarden onder 2,5 mg/l zijn in rood weergegeven.



Figuur 6-12: Zuurstofgehalte: absoluut zuurstofminimum (BOVEN), winterpercentiel (MIDDEN) en zomerpercentiel (ONDER).

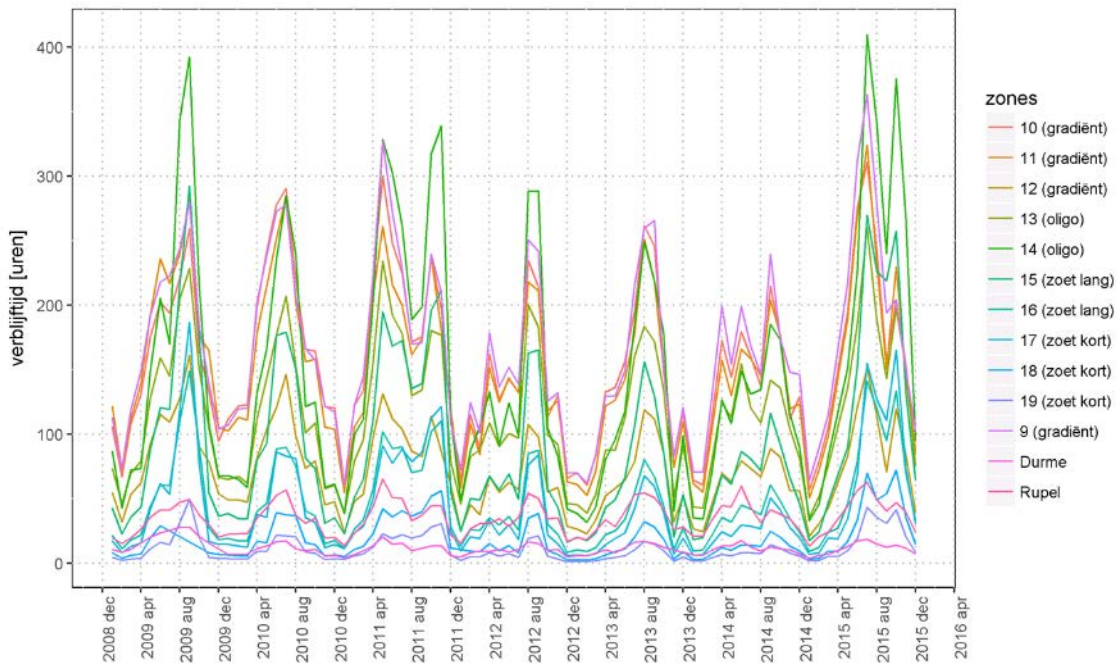
Bovenstaande analyse spitte zich toe op de periodieke bemonsteringscampagne. Aan de randen van het estuarium staan er een aantal multiparametertoestellen die het zuurstofgehalte met een hoge temporele resolutie (5 à 10 minuten) registreren. Deze continue meetposten vertonen een slechter beeld van het verloop van het zuurstofgehalte in het Schelde-estuarium. Zo zakt het zuurstofgehalte sporadisch terug tot tegen de detectielimiet nabij Melle (OMES 19) en Eppegem (Zenne), terwijl ook in Dendermonde (Dender) en Duffel (Beneden-Nete) te lage waarden geregistreerd werden. Alleen op de Zenne is er in de winter een acuut problemen, terwijl het zuurstofgehalte in de zomer op zowel de Zenne als de Dender te laag is. Aan alle randen werd een te lange – meer dan 2 dagen – zuurstofdip geregistreerd. Te Melle en Duffel overschreed deze het criterium met minder dan een halve dag. Maar in Dendermonde werd een zuurstofdip van 7,5 dagen geregistreerd. In de continue meetpost te Eppegem werden er nog regelmatig langdurige periodes met een verlaagd zuurstofgehalte opgemeten. Zo mat men in de zomer van 2015 nog een zuurstofdip van 108(!) dagen.

6.3.3 Verklaring Zuurstof

Ook al wordt het zuurstofgehalte nog steeds negatief beoordeeld, er werd een sterke vooruitgang waargenomen ten opzichte van de periode 2004-2009. De verbetering is voornamelijk te danken aan de sterke investeringen in de zuiveringsinstallaties (Figuur 6-10). Hierdoor daalde zowel de zuurstofvraag voor nitrificatie als voor koolstofmineralisatie (zie §6.2).

De zomergehaltes vormen nog steeds een knelpunt. Dit wordt veroorzaakt door een combinatie van oorzaken:

- De temperaturen liggen vanzelfsprekend hoger in de zomer. Aangezien de oplosbaarheid van zuurstof daalt bij een hogere temperatuur, induceert dit vanzelfsprekend een daling van het zuurstofgehalte.
- Tijdens de zomer is er over het algemeen minder neerslag wat resulteert in een verminderde aanvoer van zoet water vanuit de bovenstromen. Dit heeft verschillende sterke gevolgen voor het zuurstofgehalte:
 1. Bij een lager debiet wordt het water in de Zeeschelde minder 'ververst', waardoor de verblijftijd langer wordt. Dit komt duidelijk naar voren in Figuur 6-13. Hierdoor blijft het organisch materiaal en de verschillende vormen van stikstof langer in éénzelfde zone waardoor deze meer zuurstof opneemt voor respectievelijk degradatie en nitrificatie.
 2. Bij een lager debiet zal het turbiditeitsmaximum meer stroomopwaarts in de oligohaliene zone komen te liggen, waar de grootste zuurstofproblemen worden opgemerkt. Hierdoor is er meer lichtlimitatie – of anders gezegd verkleint de eufotische diepte. In het Schelde-estuarium wordt de algenbloei verondersteld gelimiteerd te zijn door de beschikbaarheid van fotonen. Als er minder licht doordringt in de waterkolom veroorzaakt dit een verminderde fotosynthese, waardoor er weer minder zuurstofproductie is.
 3. Anderzijds zal de verblijftijd van de algen in een bepaalde zone langer zijn bij een verminderd debiet. Bij afsterven van deze algen zal er meer afbraakmateriaal bezinken en zal de zuurstofvraag voor de afbraak stijgen (zie ook punt 1). De verhoogde productie zal bovendien zelf ook versterkend zijn voor hogere turbiditeit (zie punt 2).
 4. Ook het zoutgehalte stijgt bij een verminderde aanvoer. Een hoger zoutgehalte reduceert ook de oplosbaarheid van zuurstof in water.



Figuur 6-13: Verbleeftijd in uren voor verschillende zones en in de periode 2009 – 2015.

Het grootste knelpunt bevond zich nog steeds in de oligohaliene zone en op de Rupel. Dit is niet toevallig de zone waar de vuilvracht vanuit Rupel (en dus de Zenne en de Beneden-Nete) in terecht komt. Ook al is er sterke vooruitgang geboekt – wat zichtbaar is als stijging van het zuurstofgehalte – toch blijft de aanvoer van organisch materiaal en stikstof te hoog (§6.2.2). Hierdoor is er nog steeds een grote zuurstofvraag voor nitrificatie en oxidatie van organisch materiaal. Bovendien is dit ook de zone waar er zich in de zomer een turbiditeitsmaximum bevindt (zie Figuur 6-23). Door de verhoogde sedimentconcentraties in de waterkolom daalt de lichtindringing. Hierdoor is er een verminderde fotosynthese en een lager zuurstofgehalte.

De derde verruiming en het verdiepen van het onderhoudsbaggerpeil in het Deurganckdok hebben een stijging van sedimentconcentratie in de waterkolom veroorzaakt (zie §6.7.2). Deze antropogene ingrepen zorgden dus voor een verminderde lichtindringing. Zo kende praktisch de volledige Zeeschelde een terugval van eufotische zone gedurende 2010 en 2011. Dit reduceerde de fotosynthese en op zijn beurt ook het zuurstofgehalte. Het negatieve signaal werd echter overschreven door de significante vooruitgang op het vlak van waterzuivering en normen voor industrie, landbouw en huishoudens.

6.4 Toetsparameter Algen

6.4.1 Definitie

Primaire productie vormt de basis van een gezond voedselweb. Het zorgt namelijk voor een input van organisch materiaal via fotosynthese en opname van nutriënten. In het Schelde-estuarium vormen algen dé belangrijkste – aquatische – primaire producenten. Door begrazing en predatie wordt de energie doorheen het voedselweb getransporteerd naar de hogere trofische niveaus. Een betere doorstroming van de energie is positief voor de hogere trofische niveaus en veroorzaakt een groeiende biomassa aan schelpdieren en vissen.

Bepaalde zogenaamde plaagalgen kunnen negatieve gevolgen hebben voor het ecologisch functioneren van het systeem door het uitscheiden van toxines (cyanobacteriën) of het vormen van dichte algenmatten die niet begraasd kunnen worden (*Phaeocystis*).

6.4.2 Doorstroming van energie

Definitie

Merk op dat de hoeveelheid primaire productie per eenheid biomassa aan plankton sterk kan verschillen. Dit is namelijk afhankelijk van zowel top-down (begrazing, infecties) als bottom-up factoren (nutriënt- en lichtlimitatie, watertemperatuur). De biomassa aan plankton is dus geen goede maat voor hoeveel energie potentieel kan doorstromen. De bruto primaire productie per eenheid biomassa (P_B) geeft een betere indicatie voor hoeveel energie er beschikbaar is voor doorstroming naar de hogere trofische niveaus.

Om daadwerkelijk de energiedoorstroming naar de hogere trofische niveaus te analyseren werd de ratio bruto primaire productie per eenheid biomassa over de biomassa ($P_B:B$) gehanteerd, waarbij biomassa wordt geschat door het chlorofyl-A gehalte (Chla). Er wordt gestreefd naar een hoge ratio wat betekent dat de algen zeer productief zijn, maar toch beperkt zijn in biomassa. Dit duidt er op dat de algen vlot opgegeten worden en er dus een goede doorstroming is van massa/energie in de voedselketen. Met andere woorden:

$$P_B:B = \frac{P_B}{\text{Chla}}$$

Met:

- $P_B:B$: Bruto primaire productie per eenheid biomassa over de biomassa [$\text{mgC} (\text{mg chla})^{-1} \text{d}^{-1} (\text{mg chla m}^{-3})$]
- P_B : Bruto primaire productie per eenheid biomassa [$\text{mgC} (\text{mg chla})^{-1} \text{d}^{-1}$]
- Chla: Chlorofyl-A gehalte.

Door de overvloed aan nutriënten is de primaire productie licht gelimiteerd in het volledige estuarium. Zowel P_B als $P_B:B$ zijn dan ook sterk afhankelijk van de lichtbeschikbaarheid. De lichtlimitatie werd geschat door de eufotische diepte⁹ te delen door de mengdiepte¹⁰. Dit is op zijn beurt afhankelijk van enerzijds de troebelheid van water (beperkt de lichtinval) en anderzijds de morfologie (een ondiepe watermassa verspreid over een groot oppervlak is gunstiger). Doordat de morfologie verschilt doorheen het estuarium, werden er verschillende criteria opgesteld naargelang Scheldezone. Merk op dat dit relatief nieuwe parameters zijn waardoor deze grenzen nog kunnen aangepast worden in een volgende evaluatiemethodiek. Volgende minima dienen gehaald te worden:

- P_B van 10 en een $P_B:B$ van 1,5 in de zones sterk polyhalien, zwak polyhalien, mesohalien en de zoete zone met korte verblijftijd.
- P_B van 5 en een $P_B:B$ van 0,75 in de zones met sterke saliniteitsgradiënt, de oligohaliene zone en de zoete zone met lange verblijftijd.

Daarnaast kan deze rekenparameter ook positief geëvalueerd worden indien het zesjarig gemiddelde toeneemt ten opzichte van voorgaande evaluatieperiode. Een objectieve trendbepaling werd echter belemmerd door het beperkt aantal metingen.

⁹ Diepte met 1% lichtdoordringing

¹⁰ Benaderd door de gemiddelde diepte van een segment. De Schelde is namelijk een goed gemengd systeem.

Beoordeling

Zowel de Westerschelde als de Zeeschelde worden negatief beoordeeld. Zo is er geen duidelijk dalende trend in het zesjarig gemiddelde en werd er in iedere zone gedurende minimum 1 jaar een te lage ratio opgemeten (Figuur 6-14). Ook voor de periode 2004-2009 zijn beide deelsystemen negatief beoordeeld. De evaluatie dient echter voorzichtig behandeld te worden aangezien er niet veel data beschikbaar zijn.

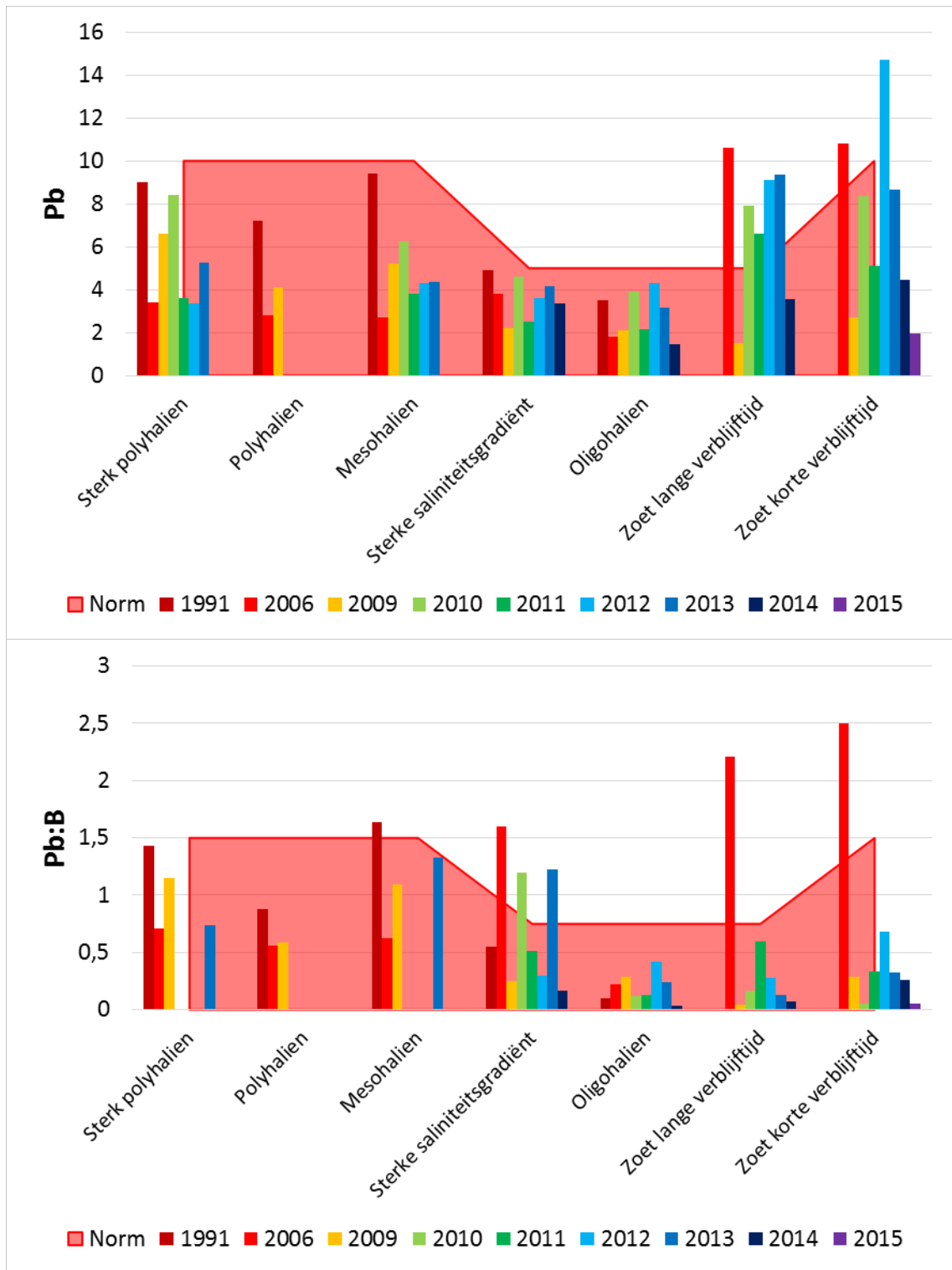
De P_B ratio volgt de te verwachten trend met hogere waarden in de Westerschelde, de laagste in de Beneden-Zeeschelde en de hoogste in de Boven-Zeeschelde. Enkel de zoete zones vertoonden sporadisch een voldoende hoge primaire productie per eenheid biomassa P_B . Deze ruimtelijke spreiding kan gerelateerd worden aan de lichtbeschikbaarheid. In de zoete zones ligt deze relatief hoger dan in de overige Scheldezones (Figuur 6-15) en wel dankzij de relatief lagere turbiditeit (Figuur 6-23). De jaren met een hogere P_B in de Boven-Zeeschelde zijn niet toevallig 2012 en 2013, toen het systeem gekenmerkt werd door een lagere turbiditeit (Figuur 6-23).

De $P_B:B$ ratio vertoont een andere ruimtelijke spreiding dan P_B . De waarden nabij de grens (OMES 9) en Antwerpen (OMES 12) liggen hier hoger dan meer stroomopwaarts op de Zeeschelde. Op de Westerschelde ligt de meetfrequentie lager, maar de beschikbare meetgegevens laten uitschijnen dat hier een gelijkaardige $P_B:B$ heerst als nabij de grens. $P_B:B$ komt enkel in de zone met sterke saliniteitsgradiënt sporadisch boven de kritische waarde van 0,75 uit (Figuur 6-14). Met andere woorden: hier ligt de doorstroming van energie sporadisch boven het vooropgestelde criterium.

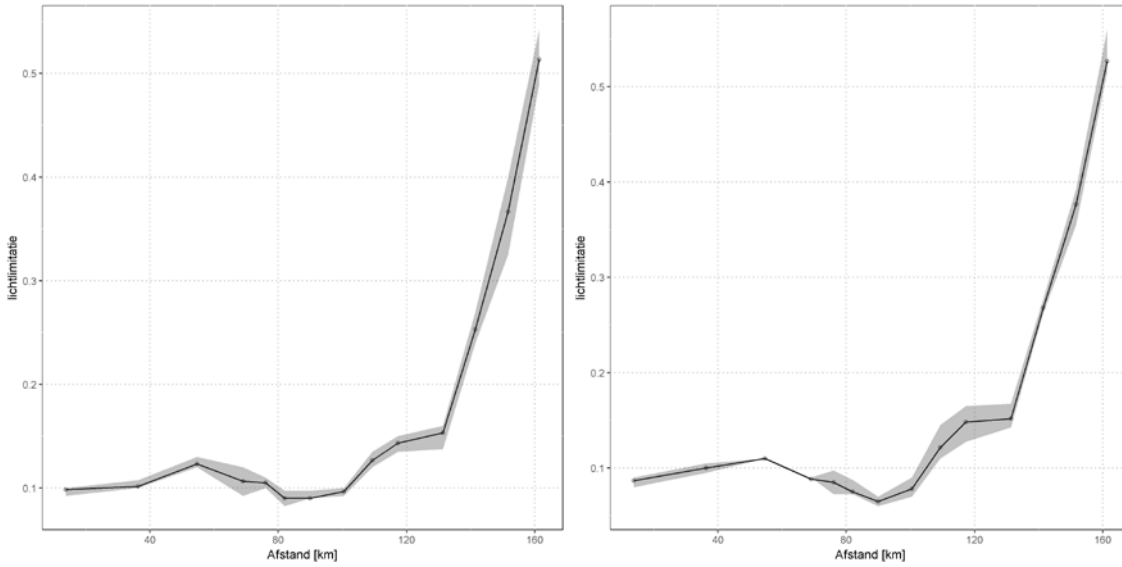
Impact op het ecosysteem

Bovenstaande waarnemingen wijzen er op dat de algen productief zijn nabij de Belgisch-Nederlandse grens maar dat er hier geen grote biomassa wordt opgebouwd, wellicht doordat de algen snel begraasd worden. analyse van het opgelost siliciumgehalte (§6.2.3) laat nochtans uitschijnen dat er vanaf 2010-2015 te langdurige periodes met siliciumdepletie optraden. Zo te zien is de algensamenstelling (nog) niet verschoven naar species die minder goed begraasd worden.

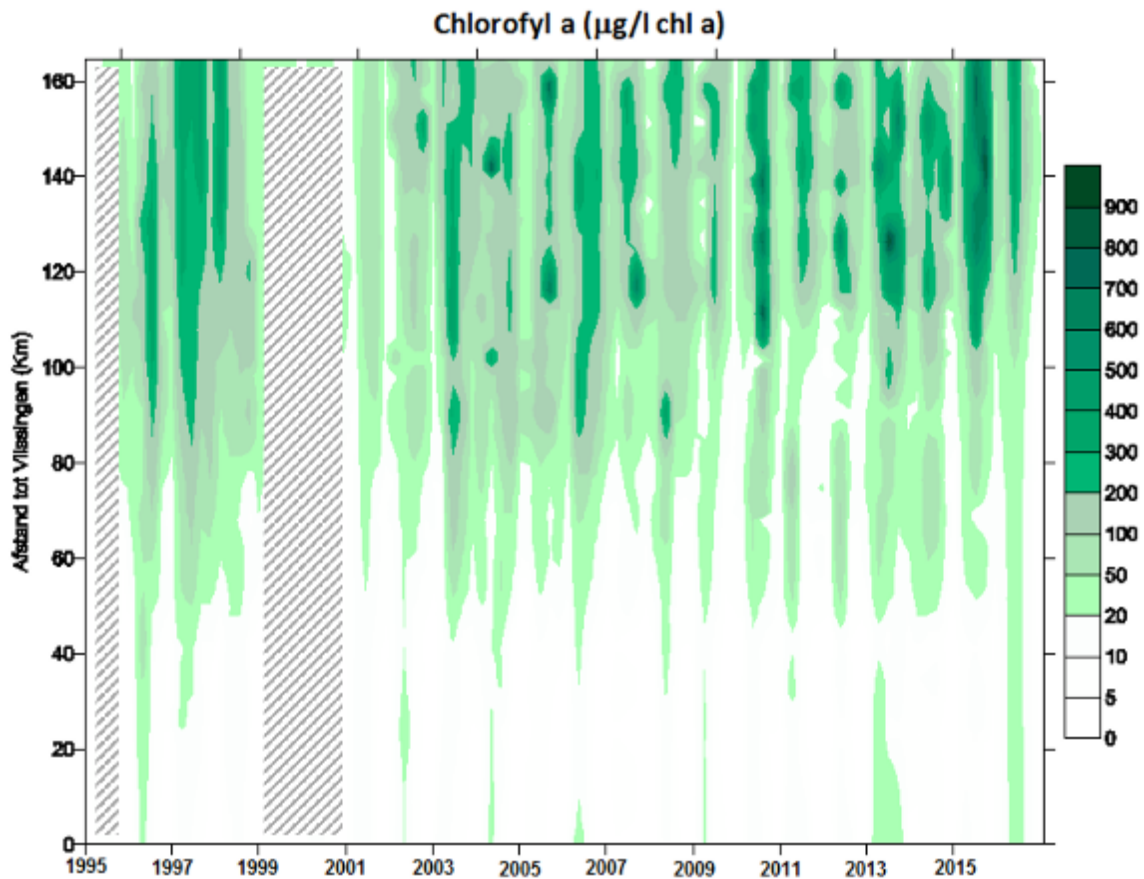
In het zoete deel van het estuarium ligt de productie hoger, maar worden er grotere biomassa's opgebouwd (Figuur 6-16). Dit is een indicatie dat de begrazing hier ondermaats is. Vermoedelijk werd dit deels veroorzaakt door een verschuiving in de algensamenstelling naar species die minder goed begraasd worden. De te lange periodes met siliciumdepletie (§6.2.3) beperken namelijk de groei van diatomeeën.



Figuur 6-14: P_b (BOVEN) en $P_b:B$ (ONDER) doorheen de tijd.



Figuur 6-15: Profiel langs de estuariene as van de dieptegemiddelde lichtbeschikbaarheid (Z_e/Z_m) gedurende 2004-2009 (LINKS) en 2010-2015 (RECHTS). De zwarte lijn is de gemiddelde lichtlimitatie gedurende de periode, de grijze band geeft het 25% en 75% percentiel.



Figuur 6-16: Contourplot van de chlorofyl a concentratie in ruimte en tijd. De gearceerde zones duiden op tijdsperiodes waarvoor geen data beschikbaar is.

6.4.3 Plaagalgen

Phaeocystis

Een bloei van *Phaeocystis* wordt door de Kaderrichtlijn water naar voor geschoven als een belangrijke indicator voor eutrofiëring in de kustzone. Bij eutrofe condities kan de mariene haptofyt *Phaeocystis* het zoute deel van de Westerschelde en de kustzone volledig domineren aan het einde van het voorjaar. Door overmatige bloei zal deze grote kolonies vormen die ongeschikt zijn voor begrazing door de meeste zoöplanktonsoorten. Hierdoor is er geen doorstroming van energie meer, noch controle op de algenbloei. Dit heeft een negatieve invloed op de rekenparameter 'Doorstroming van energie' (§6.4.2). Bovendien zakt er na de bloeipiek een grote hoeveelheid organisch materiaal naar de bodem. De aerobe afbraak van dit organisch materiaal zorgt voor een zuurstofflux van de waterkolom naar het sediment, wat op zijn beurt kan leiden tot hypoxie in de diepste waterlagen. Dit heeft een negatieve invloed op de toetsparameter 'Zuurstof' (§6.3).

Vanaf een cellendichtheid van meer dan 4×10^6 cellen per liter is er sprake van een ongewenste *Phaeocystis* bloei in de kustwateren. Deze rekenparameter wordt per zoute Scheldezone, maandelijks geëvalueerd in de lente en zomer. Door de beperkte databeschikbaarheid, was er geen beoordeling mogelijk voor de polyhaliene zone.

In 2007 werd er nog een te hoge concentratie opgemeten in Hansweert. De evaluatie voor de voorgaande periode 2004-2009 was dus negatief (Tabel 6-1). Merk op dat dit verschillend is van wat er gerapporteerd staat in T2009 doordat er nu meer gegevens voorhanden waren. Tussen 2012 en 2015 waren er voor meer locaties metingen beschikbaar. In de periode 2010 – 2015 was er sprake van een overschrijding gedurende 2 maanden in 2013 en 2014: in 2013 werd er in beide meetstations waarvoor er data beschikbaar was – Hansweert en Vlissingen – een te hoge concentratie waargenomen, terwijl er in 2014 alleen nog in Vlissingen een overmatige bloei werd vastgesteld. In 2015 lag de opgemeten cellendichtheid overal onder het criterium. Er was in geen enkel jaar sprake van een overschrijding van de norm voor de Zeeschelde, hetgeen niet verwonderlijk is voor een mariene algensoort. Aangezien er gedurende 2010-2015 een overmatige algenbloei werd waargenomen, wordt deze rekenparameter negatief beoordeeld.

Station	1995	1996	1997	1998	2001	2002	2003	2004
Vlissingen								
Hansweert	0.73	0.80		0.10	0.34	1.01	0.30	0.37
Schaar van Ouden Doel			0.31				0.19	0.06
Station	2005	2006	2007	2008	2012	2013	2014	2015
Vlissingen						53.56	10.00	1.48
Hansweert	0.19	0.14	7.93	0.18	0.15	9.23	2.51	0.73
Schaar van Ouden Doel	0.73				0.73			0.73

Tabel 6-1: Hoogste waargenomen *Phaeocystis* concentratie [10^6 cellen per liter] in het zomerhalfjaar. De waarden te Hansweert en te Vlissingen komen vanaf respectievelijk 2013 en 2015 van een nieuw meetstation gelegen nabij het voorgaande.

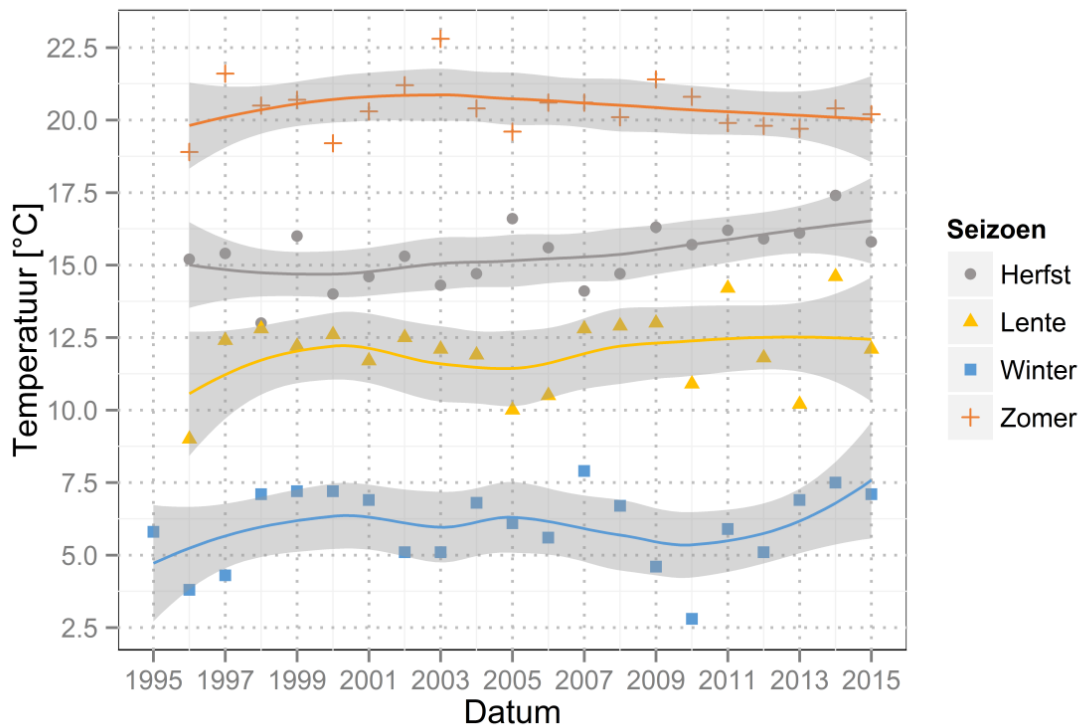
De indicatoren voor het risico op ongewenste verschuivingen in de algengemeenschap in kustzone staan gepresenteerd in §6.2.3. Merk op dat men er in de huidige evaluatiemethodiek van uitgaat dat ICEP en TDIN de belangrijkste factoren zijn die een *Phaeocystis*-bloei veroorzaken. In de voorliggende studie wordt ook de link met de watertemperatuur bekeken.

De ICEP-TSi is groter dan nul, wat inhoudt dat er nog voldoende nutriënten (fosfaat en/of stikstof) overblijven voor de productie van niet-silicieuze algen. Daarnaast ligt ook de totale

vracht aan opgeloste anorganische stikstof (TDINflux) hoger dan de gewenste bovengrens. Lancelot et al. (2009) schatte namelijk dat TDINflux naar de kustzone niet meer dan 60 kiloton/jaar mag bedragen als men de bloei van ongewenste *Phaeocystis* wil vermijden. De totale vracht aan de Belgisch-Nederlandse grens overschreed deze grens in 2012 en 2013. De sterke algenbloei in 2013 is dus vermoedelijk het gevolg hiervan.

Ook in 2014 werd er een bloei aan *Phaeocystis* opgemerkt, maar toen lag de TDINflux al onder de kritische grens. Deze grens is echter een inschatting waar mogelijk enige bandbreedte op zit afhankelijk van andere factoren. Bovendien is de berekeningswijze ook niet vrij van ruis en werd de TDINflux maar berekend tot aan de Belgisch-Nederlandse grens. Ook in de Westerschelde komen er nog nutriënten bij die de TDINflux – die al dicht bij de grens ligt – kunnen verhogen tot boven de drempelwaarde.

Tot slot hebben de hogere watertemperaturen in de winter van 2013 en 2014 (Barneveld, 2017 en Figuur 6-17) bijgedragen aan het ontstaan van de bloei in het vroege voorjaar.



Figuur 6-17: Temperatuurschommelingen doorheen de tijd voor elk seizoen nabij Antwerpen.

Cyanobacteriën

De cyanobacteriën die leven in het zoete tot brakke deel van het estuarium, kunnen toxines uitscheiden die schadelijk zijn voor het ecosysteem en de gezondheid van de mens. In de evaluatiemethodiek wordt er niet geëvalueerd op toxines, maar wordt er gekeken naar het aantal cellen per liter dat mag maximaal voorkomen om problemen voor zowel mens als vee te vermijden. Een cellendichtheid van meer dan 2×10^7 cellen per liter wordt aanzien als een problematische cyanobacteriebloei. De evaluatie geschiedt maandelijks in de lente en zomer, per Scheldezone.

De Westerschelde wordt negatief beoordeeld doordat het criterium overschreden werd in de mesohaliene zone in 2013. De Zeeschelde wordt positief beoordeeld aangezien de norm recent

niet meer overschreden werd. Doordat er een overschrijding is in de Westerschelde, wordt ook de rekenparameter negatief beoordeeld.

Het risico op overmatige bloei van cyanobacteriën stijgt wanneer er nog voldoende fosfaat aanwezig is na depletie van de stikstofpool. In de huidige evaluatiemethodiek wordt hier niet op ingegaan omdat stikstof momenteel nog steeds het meest abundante nutriënt is in de Schelde.

6.5 Toetsparameter Verontreinigende stoffen

6.5.1 Definitie

De aanwezigheid van verontreinigende stoffen kunnen het ecosysteem grondig verstoren. In beperkte concentratie kunnen ze de groei of voortplanting van organismen inperken. Bij een te hoge concentratie leiden ze tot mortaliteit. De lijst aan verontreinigende stoffen is lang en verandert continu. Daarnaast wordt de concentratie aan verontreinigende stoffen enkel bepaald door externe factoren, in tegenstelling tot de toetsparameters zuurstof, nutriënten en algen. Monitoring, evaluatie en het verklaren van trends in verontreinigende stoffen is bijgevolg complex. De toetsparameter 'Verontreinigende stoffen' omvat de rekenparameters voor oppervlaktewaterkwaliteit, bodemkwaliteit en polluenten in biota.

6.5.2 Waterbodemkwaliteit

Deze rekenparameter maakt voor zowel de Westerschelde als de Zeeschelde gebruik van de Vlaamse Triade methodologie, mits enkele modificaties. De gemeten concentraties werden eerst omgerekend naar standaardcondities – voor wat betreft organische stof en kleigehalte – van waterbodems. Daarna werden de concentraties getoetst aan de norm uit de VLAREM wetgeving (Vlaamse Regering, 2012). Tot slot wordt de verhouding onderverdeeld naar een kwaliteitsklasse per chemische parameter. Voor de globale klasse van het staal wordt de hoogste kwaliteitsklasse van alle polluenten genomen. Een waterbodem – en bijgevolg de rekenparameter – wordt negatief geëvalueerd indien de waargenomen concentratie afwijkend tot zeer afwijkend – klasse 3 of 4 – is van de norm.

Uit de analyse bleek dat de concentratie aan polluenten in de waterbodem in veel zones een (sterke) afwijking vertonen van de norm (Tabel 6-2). Net als voor 2010 worden zowel de Westerschelde als de Zeeschelde negatief beoordeeld. De vaststelling op de Zeeschelde wordt bevestigd door de jaarrapporten van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM, 2015a):

Wat betreft verontreinigingsparameters door PCB's, zware metalen, organische parameters en extraheerbare halogeenvormingen, worden in de Beneden-Zeeschelde tijdens de rapportageperiode 2010-2015 ongeveer evenveel normoverschrijdingen genoteerd als in de jaren daarvoor.

De metalen worden zowel op de Westerschelde als de Zeeschelde negatief beoordeeld. Ze scoren voornamelijk slecht in de Rupel en de Beneden-Zeeschelde¹¹. Meer stroomop- en -afwaarts daalt de concentratie in de waterbodem. In de zoete zone met lange verblijftijd en op de Durme werd er respectievelijk geen tot een lichte afwijking van de norm geregistreerd. De meeste metalen vertoonden een dalende trend in de waterbodems van zowel de Westerschelde, als Zeeschelde.

¹¹ Merk op dat de Oligohaliene zone niet bemonsterd werd.

Zone	Klasse	Arsen	Cadmium	Chroom	Koper	Kwik	Lood	Nikkel	Zink
Sterk Polyhalien	3	1	1	3	1	1	2	2	1
Polyhalien	3	3	1	3	1	1	2	2	2
Mesohalien	3	3	3	3	3	1	3	2	3
Sterke saliniteitsgradiënt	4	4	3	2	3	3	3	3	3
Oligohalien									
Zoet lange Verblijftijd	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoet korte Verblijftijd	3	2	2	1	2	1	2	2	3
Rupel	4	2	4	1	4	1	4	1	4
Durme	2	2	1	1	2	1	1	1	2

Tabel 6-2: Evaluatie metalen in de waterbodembodem die de norm minimaal 1 jaar overschreden in een zone tussen 2010-2015: niet opgemeten (Wit), boven (Rood) en onder de norm (Groen). Kwaliteitsklasse van het jaar met de hoogste waarde inclusief evaluatie: 1 & 2 (Geen & lichte afwijking) = positief, 3 & 4 (Afwijking & sterke afwijking) = negatief.

De organische stoffen vertonen overal – waar ze opgemeten werden – een sterke afwijking van de norm. Zowel de Westerschelde als de Zeeschelde wordt dus negatief beoordeeld. Dit was ook al het geval voor 2010. Merk op dat de evaluatie voornamelijk bepaald wordt door een aantal PCB's en DDT's die de norm sterk overschrijden.

Zone	Klasse	Chryseen	Diieldrin	DDT	Fenantreen	Fluorantheen	Fluoreen	Naftaleen	PCB	Pyreen
Sterk Polyhalien	4							4		
Polyhalien	4							4		
Mesohalien	4	1	1	3	1	1	1	4	1	
Sterke saliniteitsgradiënt	4	1	1	3	4	1	2	2	1	1
Oligohalien										
Zoet lange verblijftijd	4	1	1	3	1	1	1	4	1	
Zoet korte verblijftijd	4	2	4	4	1	2	1	4	2	
Rupel	4	3	1	4	1	4	1	4	3	
Durme	4	1	1	4	1	1	1	4	1	

Tabel 6-3: Evaluatie organische stoffen in de waterbodembodem die de norm minimaal 1 jaar overschreden in een zone tussen 2010-2015: niet opgemeten (Wit), boven (Rood) en onder de norm (Groen). Kwaliteitsklasse van het jaar met de hoogste waarde inclusief evaluatie: 1 & 2 (Geen & lichte afwijking) = positief, 3 & 4 (Afwijking & sterke afwijking) = negatief.

Het is moeilijk om een rechtstreekse oorzaak voor de aanwezigheid van een bepaalde pollutant aan te duiden. In tegenstelling tot de oppervlaktewateren is de waterbodembodemkwaliteit vaak het gevolg van jarenlange – historische – afzetting. De waterbodembodem heeft namelijk meer tijd nodig om te herstellen dan het oppervlaktewater. Het monitoringsprogramma Flexibel Storten tracht de gevolgen van de baggerwerken in te schatten. Hierbij werd vastgesteld dat:

- Het flexibel storten niet gezorgd heeft voor een normoverschrijding op de Beneden-Zeeschelde. Het terugstorten van baggerspecie blijft dus gerechtvaardigd (IMDC et al., 2015). Dit geldt ook op de Westerschelde, waar sinds 2007 geen enkele overschrijding van de normen volgens de Zoute Baggertoets is voorgekomen (VMM, 2015b).
- Nabij de zeesluis te Wintam de norm voor de PAK's zowel in 2013, 2014 en 2015 werd overschreden. De hoogste overschrijding werd gemeten in 2013 (overschrijding van

515 %); in 2014 (171 %) en 2015 (80 %) werden telkens lagere concentraties gemeten. De overschrijdingen zijn mogelijk te wijten aan historisch vervuild slib dat werd omgewoeld bij baggerwerken in de zone rond Rupelmonde-Wintam in ca. 2013-2014 (Goossens et al., 2017).

6.5.3 Chemische waterkwaliteit oppervlaktewater

De chemische waterkwaliteit van het oppervlaktewater wordt beoordeeld aan de hand van het Toxic Unit Concept (TU) waarbij de concentratie gedeeld wordt door de milieukwaliteitsnorm¹². Het aantal gemeten stoffen, de temporele en spatiale resolutie verschilt namelijk sterk doorheen tijd en ruimte. Daarom worden de afzonderlijke TU's omgevormd naar één globale waarde per zone. Dit vergemakkelijkt de vergelijking tussen verschillende jaren en/of zones. Daarentegen worden éénmalige piekconcentraties uitgemiddeld. Uiteindelijk werden de globale TU's opnieuw omgevormd naar een kwaliteitsklasse. Een kwaliteitsklasse van 3 of 4 (afwijking tot sterke afwijking) resulteert in een negatieve evaluatie. Merk op dat deze methode verschilt van de waterbodempkwaliteit waar de kwaliteitsklasse bepaald wordt door de pollutant met de slechtste waarde. De evaluatie werd uitgevoerd voor 3 aparte groepen – metalen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) en pesticiden – om meer inzicht te krijgen in de ontwikkeling van deze stoffen. Als één van deze groepen negatief scoort, is de globale evaluatie van deze rekenparameter negatief.

Merk op dat de voorgeschreven kwaliteitsnorm soms – (afhankelijk van omgevingsfactoren en meetmethode – lager ligt dan de detectielimiet. In de voorliggende studie werd dan het veiligheidsprincipe gehanteerd: de concentratie van de pollutant wordt gelijk gesteld aan de detectielimiet. De aanwezigheid van deze pollutanten kan namelijk niet uitgesloten worden. Hierdoor zal de concentratie iets hoger geschat worden en zal de evaluatie negatiever uitvallen. Als dit voorkomt, wordt het uitgelegd in de begeleidende tekst.

De metaal-groep wordt positief geëvalueerd voor zowel de Westerschelde als de Zeeschelde (Tabel 6-4) – analoog aan 2004-2009. Toch overschreden arseen, cadmium en zink minimaal 1 keer de norm gedurende 2010-2015 (Tabel 6-4). De VMM berekent jaarlijks de oorsprong van de vracht in Vlaanderen (VMM, 2016a). Merk op dat het onderzoeksgebied niet volledig overlapt met de voorliggende studie. De bron kan echter niet achterhaald worden op basis van de aangeleverde meetgegevens. Daarom worden de resultaten van het jaar 2015¹³ als indicatie gepresenteerd in Tabel 6-4. Het valt op dat de diffuse bronnen een groot aandeel hebben in de emissie van metalen:

- Arseen en cadmium komen voornamelijk in de waterloop terecht door afspoeling via bodemerrosie en depositie uit de atmosfeer. Merk op dat ook de concentratie in de atmosfeer door de mens beïnvloedt wordt (VMM, 2016b). In 2014 was er één incidentele lozing van cadmium door een bedrijf op de Beneden-Zeeschelde, maar ook in overige jaren werd de norm overschreden. De overschrijding is dus niet alleen daaraan toe te wijzen.
- Zink is voor een groot deel afkomstig van het gebruik in gebouwen en atmosferische depositie. Het gebruik in de transportsector¹⁴ en lozing door bedrijven hebben een kleiner aandeel.

¹² Kaderrichtlijn Water.

¹³ Ook het aandeel van deze bronnen dat via het effluent van de rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) in de waterloop terecht komt, werd meegenomen.

¹⁴ Beroepsvaart, railverkeer en wegverkeer.

Zone	Klasse	Arseen	Cadmium	Zink
Sterk polyhalien	1		0,7	
Polyhalien	1			
Mesohalien	1		0,9	
Sterke saliniteitsgradiënt	1	1,2	1,5	0,7
Oligohalien	1	1,0	0,9	0,8
Zoet lange verblijftijd	1	1,1	0,6	0,7
Zoet korte verblijftijd	1	0,9	0,6	1,2
Rupel	1	0,8	0,6	1,1
Durme	1	1,0	0,6	0,7
Indicatie oorsprong				
Atmosferische depositie		10%	51%	25%
Bedrijven		7%	9%	7%
Bodemerosie		78%	37%	13%
Huishoudens		5%	1%	1%
Infrastructuur		0%	0%	43%
Transport		0%	1%	10%

Tabel 6-4: Evaluatie metalen in het oppervlaktewater die de norm minimaal 1 jaar overschreden in een zone tussen 2010-2015: niet opgemeten (Wit), boven (Rood) en onder de norm (Groen).
 (i) Kwaliteitsklasse inclusief evaluatie: 1 & 2 (Geen & lichte afwijking) = positief, 3 & 4 (Afwijking & sterke afwijking) = negatief, (ii) de toxische eenheid in het jaar met de hoogste waarde (> 1 is boven de norm) en (iii) indicatieve allocatie naar oorsprong (VMM, 2016).

De groep van 14 PAK's wordt positief geëvalueerd voor zowel de Westerschelde als Zeeschelde (Tabel 6-5). Op de Westerschelde werd er geen afwijking van de norm vastgesteld. Op de Zeeschelde was er een lichte afwijking van de norm. Dit is een verbetering ten opzichte van de periode 2004-2009 toen de PAK's op de Boven-Zeeschelde nog een afwijking van de norm en dus een negatieve evaluatie vertoonden. Toch overschreden een aantal PAK's minimaal 1 keer de norm gedurende 2010-2015 (Tabel 6-5). De oorsprong van PAK's ligt bij onvolledige verbranding of verkoling van koolstof bevattende materialen. Ze komen in de waterketen terecht door afspoeling via bodemerosie¹⁵ of atmosferische depositie. De belangrijkste bronnen zijn verwarming van gebouwen (met het grootste aandeel van houtverbranding), het verkeer maar ook enkele zeer specifieke bronnen (cokes- en aluminiumproductie, bitumen en asfalt voor wegenbouw). Voor meer informatie m.b.t. emissie van PAK's naar de atmosfeer wordt verwezen naar VMM (2015c) en VMM (2016b).

¹⁵ Onrechtstreeks ook afkomstig uit de atmosfeer.

Zone	Klasse	Benzo(a)pyreen	Fenanthreen	Fluorantheen	Benzo(b)fluoranteen + benzo(k)fluoranteen + Benzo(g,h,i)peryleen + indeno (1,2,3-cd)pyreen	
Sterk Polyhalien	1	0,2	0,3	0,1	0,7	
Polyhalien						
Mesohalien	1	0,2	10,6	0,1	0,3	
Sterke saliniteitsgradiënt	2	0,6	0,3	0,4	1,7	40,0
Oligohalien	2	1,0	0,4	0,8	3,0	40,0
Zoet lange verblijftijd	2	1,2	1,0	1,1	4,3	49,5
Zoet korte verblijftijd	2	1,0	0,9	1,1	3,3	37,5
Rupel						
Durme						

Tabel 6-5: Evaluatie PAK's in het oppervlaktewater die de norm minimaal 1 jaar overschreden in een zone tussen 2010-2015: niet opgemeten (Wit), boven (Rood) en onder de norm (Groen).
(i) Kwaliteitsklasse inclusief evaluatie: 1 & 2 (Geen & lichte afwijking) = positief, 3 & 4 (Afwijking & sterke afwijking) = negatief. (ii) de toxische eenheid in het hoogste jaar met de hoogste waarde (>1 is boven de norm).

Voor een aantal pesticiden ligt de toegelaten norm lager dan de detectielimiet. Het gebruik van een aantal stoffen is namelijk verboden of sterk ingeperkt door de regelgeving. Doordat het veiligheidsprincipe werd gehanteerd, resulteert dit in een negatieve evaluatie voor zowel de Westerschelde als de Zeeschelde (Tabel 6-6). Zonder bovenstaande stoffen zou men een positieve evaluatie bekomen. De lijst met pollutanten die in een te hoge concentratie aanwezig waren, is opgebouwd uit insecticiden en de herbicide alachloor. Een groot deel van deze stoffen wordt pas sinds 2010 (opnieuw) opgemeten. Hierdoor kan de evaluatie van de periode 2010-2015 niet rechtstreeks vergeleken worden met de voorgaande periode. Ook voor de stoffen uit Tabel 6-6 is een objectieve trendanalyse niet mogelijk.

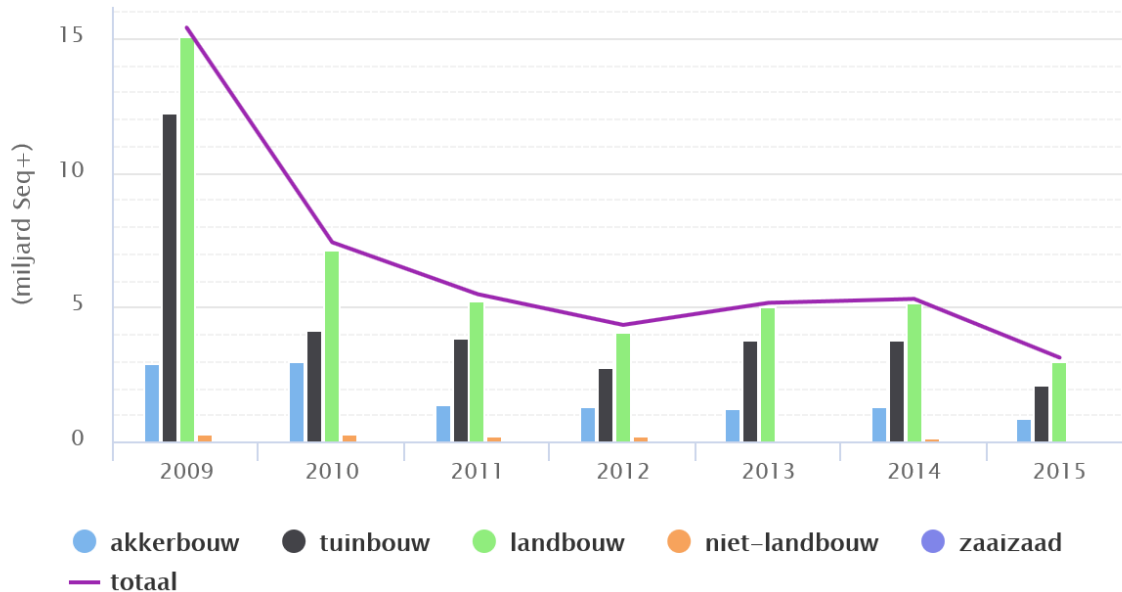
De insecticiden worden hoofdzakelijk gebruikt in land- en tuinbouw. De VMM berekent jaarlijks een indicator voor de druk op het waterleven door gewasbescherming¹⁶ en alloceert deze naar bron. Merk op dat zowel het onderzoeksgebied als de pesticiden gebruikt voor de berekening van deze indicator niet volledig overlappen met deze in het voorliggend rapport. Omdat de bron niet achterhaald kan worden op basis van de aangeleverde dataset, wordt de indicator als proxy gepresenteerd in Figuur 6-18. Deze indicator laat uitschijnen dat de druk door gewasbestrijding gedaald is dankzij een verminderd gebruik in voornamelijk land-, tuin- en akkerbouw.

¹⁶ Weging van de jaarlijks verkochte hoeveelheid werkzame stof per gewasbeschermingsmiddel naar toxiciteit voor waterorganismen en verblijftijd in het milieu. Dit wordt uitgedrukt als de som van de verspreidingsequivalenten.

Zone	Klasse	Alachloor	Azinfos-methyl	Cumafos	Dichloorvos	Dimethoat	Fenitrothion	Fenthion	Malathion	Mevinfos	Parathion-ethyl	Som Drins	Som endosulfans	Hexachloorcyclohexaan
Sterk Polyhalien	3			166,7							0,2	4,0		
Polyhalien														
Mesohalien	3			166,7							0,2	4,0	0,5	
Sterke saliniteitsgradiënt	2	5,5	10,0	10,0	42,9	1,0	11,1	50,0	12,5	5,0	100,0	1,6	22,0	2,0
Oligohalien	3	0,0	10,0	10,0	14,3	1,0	11,1	50,0	12,5	5,0	100,0	3,2	20,0	4,5
Zoet lange verblijftijd	3	0,0	10,0	10,0	14,3	1,5	11,1	50,0	12,5	5,0	100,0	1,7	2,2	0,6
Zoet korte verblijftijd	3	0,0	10,0	10,0	14,3	2,5	11,1	50,0	25,0	5,0	100,0	1,5	2,0	0,5
Rupel														
Durme														

Tabel 6-6: Evaluatie Pesticiden in het oppervlaktewater die de norm minimaal 1 jaar overschreden in een zone tussen 2010-2015: niet opgemeten (Wit), boven (Rood) en onder de norm (Groen). (i) Kwaliteitsklasse inclusief evaluatie: 1 & 2 (Geen & lichte afwijking) = positief, 3 & 4 (Afwijking & sterke afwijking) = negatief. (ii) De toxische eenheid in het jaar met de hoogste waarde (>1 is boven de norm, oranje: detectielimiet ligt boven de norm).

Druk op het waterleven door gewasbescherming (Vlaanderen, 2009-2015)



Figuur 6-18: Druk op waterleven door gewasbescherming. Bron: UGent, LMN, ADSEI, FOD VVVL, VMM, Phytofar (WWW.MILIEURAPPORT.BE).

Aangezien de pesticiden een negatieve evaluatie vertonen wordt ook de rekenparameter verontreinigende stoffen in het oppervlaktewater negatief beoordeeld. Indien men de stoffen weglaat waarvan de detectielimiet onder de kwaliteitsnorm ligt, zou deze rekenparameter positief beoordeeld worden.

6.5.4 Milieuverontreinigende stoffen in biota

De beoordeling voor milieuverontreinigende stoffen in biota baseert zich op analyse van een set aan verontreinigende stoffen die al-dan-niet aanwezig zijn in het lichaam van organismen. Voor iedere pollutant wordt de afwijking ten opzichte van de biota-norm¹⁷ berekend door de concentratie te delen door de norm. Het aantal opgemeten verontreinigende stoffen verschilt echter zowel ruimtelijk als doorheen de tijd. Daarom wordt er per meetlocatie een globale (= gemiddelde) afwijking berekend (zie Barneveld et al., 2018a). Ook verschilt de gehanteerde meetmethode tussen België en Nederland, wat een vergelijking moeilijk maakt:

1. Op de Westerschelde worden de verontreinigende stoffen in biota geanalyseerd met behulp van Bot (*Platichthys flesus* - roofvis) en mosselen (*Mytilus edulis* - filterfeeder). Bot wordt één keer per jaar gevangen nabij het Middeldgat, de Brouwersplaat en de Molenplaat. Mosselen worden op meerdere locaties geanalyseerd: Hoedekenskerke, Hooge Platen en sinds 2011 ook Knuitershoeck. Een meer gedetailleerde uitleg is terug te vinden in Nederhoff (2016).
2. In België wordt de concentratie aan verontreinigende stoffen in biota vanaf 2015 opgemeten. De Zeeschelde werd bemonsterd nabij Antwerpen. De meeste verontreinigende stoffen werden hier geanalyseerd in paling (*Anguilla anguilla* - roofvis). Het bepalen van PAK's werd echter uitgevoerd in schaal- of weekdieren omdat deze minder snel PAK's kunnen metaboliseren dan vissen. Door het hoge zoutgehalte op de Zeeschelde gebruikte men hier een meer resistente soort: de Aziatische korfmossel (*Corbicula fluminea* - filteraar). In het voorliggend rapport zijn de belangrijkste resultaten uit Teunen et al. (2017) samengevat.

Een overzicht van de evaluatie en de stoffen die gedurende 2010-2015 de norm minimaal 1 jaar overschreden, is gepresenteerd in Tabel 6-7. Zowel de Westerschelde als de Zeeschelde worden negatief geëvalueerd. Op de Westerschelde werd er een sterke afwijking van de norm vastgesteld in Bot. In de mosselen werd er maar een lichte afwijking opgemeten. Merk op dat ook in mosselen verschillende stoffen de norm overschrijden, maar dat de overschrijding minder hoog is dan in Bot. Op de Zeeschelde werd er een sterke afwijking opgemeten in de paling.

Een trendanalyse van de verschillende stoffen wordt bemoeilijkt doordat verschillende stoffen maar pas recent worden opgemeten. Toch lijkt het kwikgehalte een stijgende trend te vertonen. De gesommeerde concentratie van PBB153 & PBDE154 vertoont dan weer een dalende trend. Daarnaast valt het op dat er een hogere concentratie opgemeten wordt in het weefsel van de vissen (Bot en paling) ten opzichte van de mosselen. Dit lijkt de bevindingen van Teunen et al. (2017) te bevestigen. Deze vonden een sterke indicatie dat huidige Europese biota-MKN voor Hg en PBDE onhaalbaar zijn voor paling en andere vissoorten uit Vlaamse en Europese waterlopen.

¹⁷ Biota-MKN opgesteld door de Europese Commissie voor de bescherming van toppredatoren tegen secundaire vergiftiging: EU richtlijn 2008/105/EU en 2013/39/EU.

Zone	Meetlocatie	Klasse	Heptachloor	Heptachloorepoxide	Kwik	PFOs	PBB 153 & PBDE154
Sterk Polyhalien	Hooge Platen	1			2		
Polyhalien	Hoedekenskerke boei 4	1			2		
	Knuitershoek	2	9	33	2	0	12
	Middelgat, Molenplaat	4	197		9	21	81
Sterke saliniteitsgradiënt	Antwerpen	4			8	5	1902

Tabel 6-7: Evaluatie verontreinigende stoffen in biota die de norm minimaal 1 jaar overschreden tussen 2010-2015: niet opgemeten (Wit), boven (Rood) en onder de norm (Groen).
 (i) Kwaliteitsklasse inclusief evaluatie: 1 & 2 (Geen & lichte afwijking) = positief, 3 & 4 (Afwijking & sterke afwijking) = negatief. (ii) De toxische eenheid in het jaar met de hoogste waarde.

6.6 Verklarende Parameter Zoutgehalte

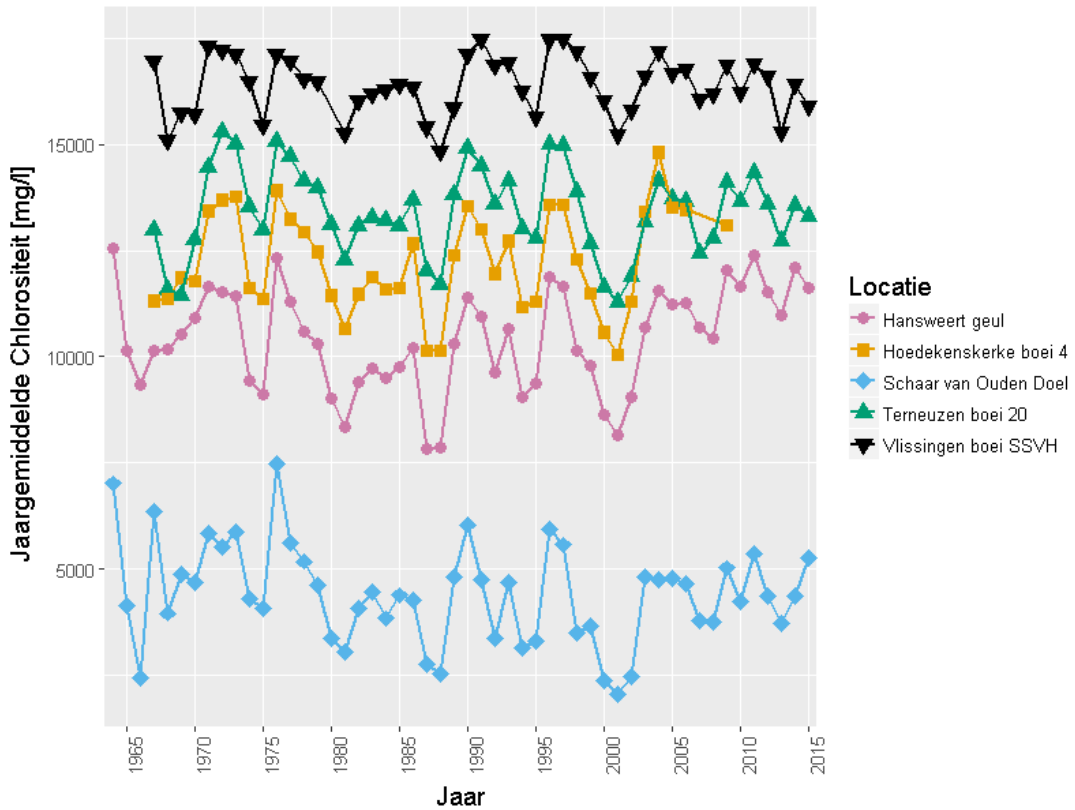
6.6.1 Definitie

Het zoutgehalte werd in de evaluatiemethodiek (Maris et al., 2014) opgenomen als verklarende factor. Aangezien het zoutgehalte een belangrijke parameter is voor het systeem, wordt de langjarige trend mee opgenomen in het evaluatierapport. Het chloridegehalte werd gehanteerd als maat voor zoutgehalte. Voor de Zeeschelde bestaan er voldoende scheepsmetingen – waarop het chloridegehalte rechtstreeks bepaald werd in een laboratorium – om een inzicht te krijgen in de verschuivingen op schaal van de saliniteitszones. De scheepsmetingen werden hier uitgemiddeld per saliniteitszone. Op de Westerschelde zijn er in recente jaren onvoldoende scheepsmetingen van het chloridegehalte. Deze werden aangevuld via omrekening uit geleidbaarheid en temperatuur (zie Barneveld et al., 2018a). Merk op dat zo de onzekerheid op de tijdsreeks vergroot. Omdat de ruimtelijke spreiding van de scheepsmetingen op de Westerschelde verschilt doorheen de tijd, werd er geopteerd om hier per saliniteitszone één reeks te berekenen voor de meetlocatie met de langste meetreeks. Voor de Westerschelde worden ook de continue meetposten gepresenteerd. Voor meer informatie met betrekking tot meetmethodes en verwerking wordt verwezen naar het T2015 Analyserapport (Barneveld et al., 2018a).

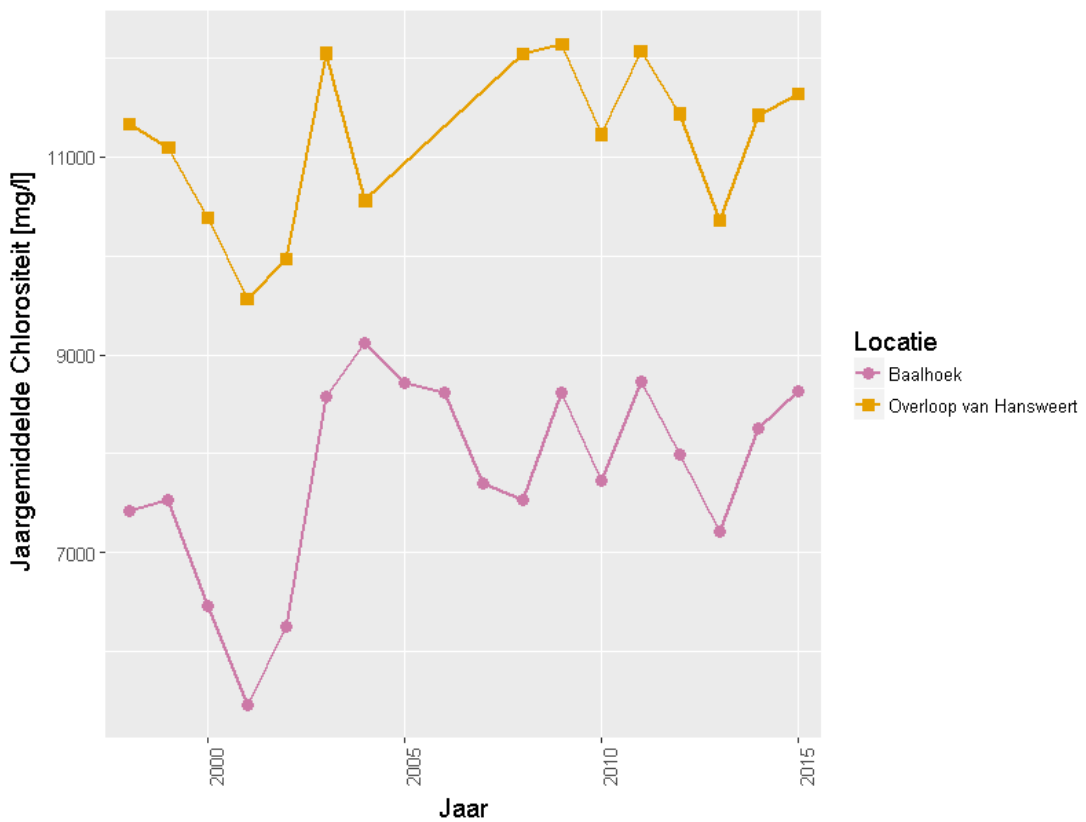
6.6.2 Verschuiving

Voornamelijk de mesohaliene zone en de zone met sterke saliniteitsgradiënt vertonen een langjarige verschuiving in het chloridegehalte (Figuur 6-19). Sinds het minimum in 2001 – dat in het volledige estuarium werd opgemeten (Figuur 6-21) – steeg het chloridegehalte opnieuw. Sinds 2009 stabiliseerde het chloridegehalte. Deze recente trend is ook zichtbaar in de continue meetposten¹⁸ (Figuur 6-20).

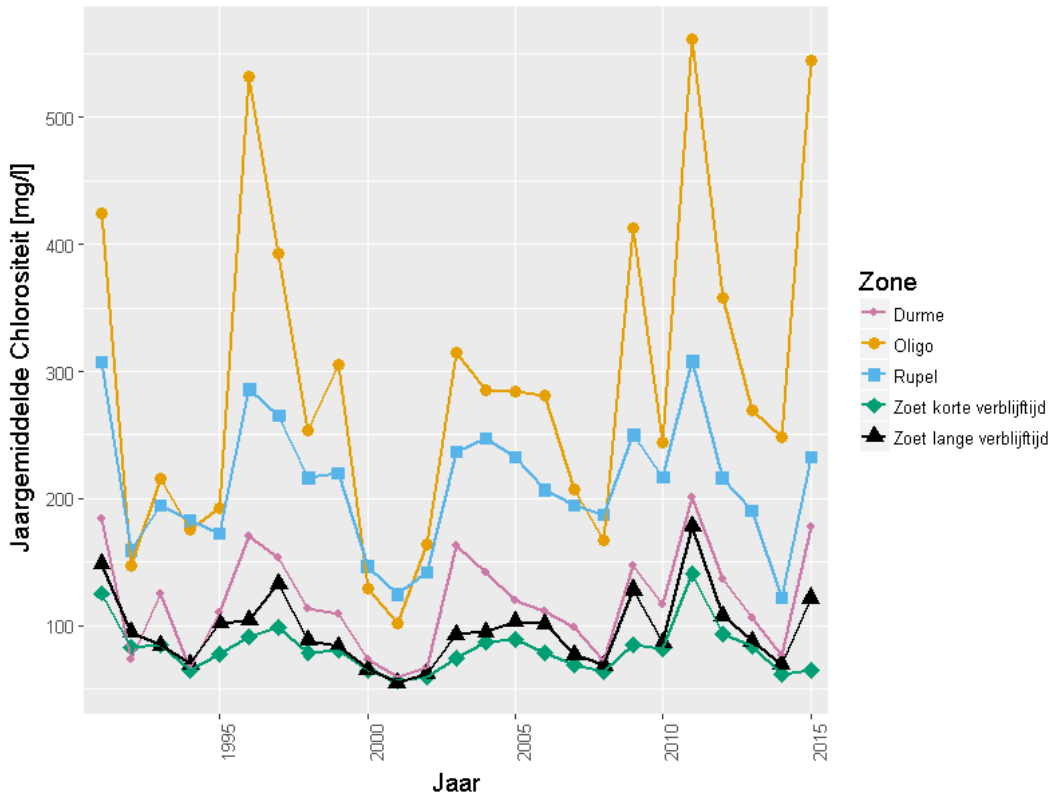
¹⁸ Bovenste meetsensor.



Figuur 6-19: Jaargemiddeld chloridegehalte [mg/l]: scheepsmetingen in de saliniteitszones met een hoger chloridegehalte. Bron: Barneveld et al. (2018a).



Figuur 6-20: Jaargemiddeld chloridegehalte [mg/l]: bovenste sensor van de continue meetposten in de saliniteitszones met een hoger chloridegehalte. Bron: Barneveld et al. (2018a).

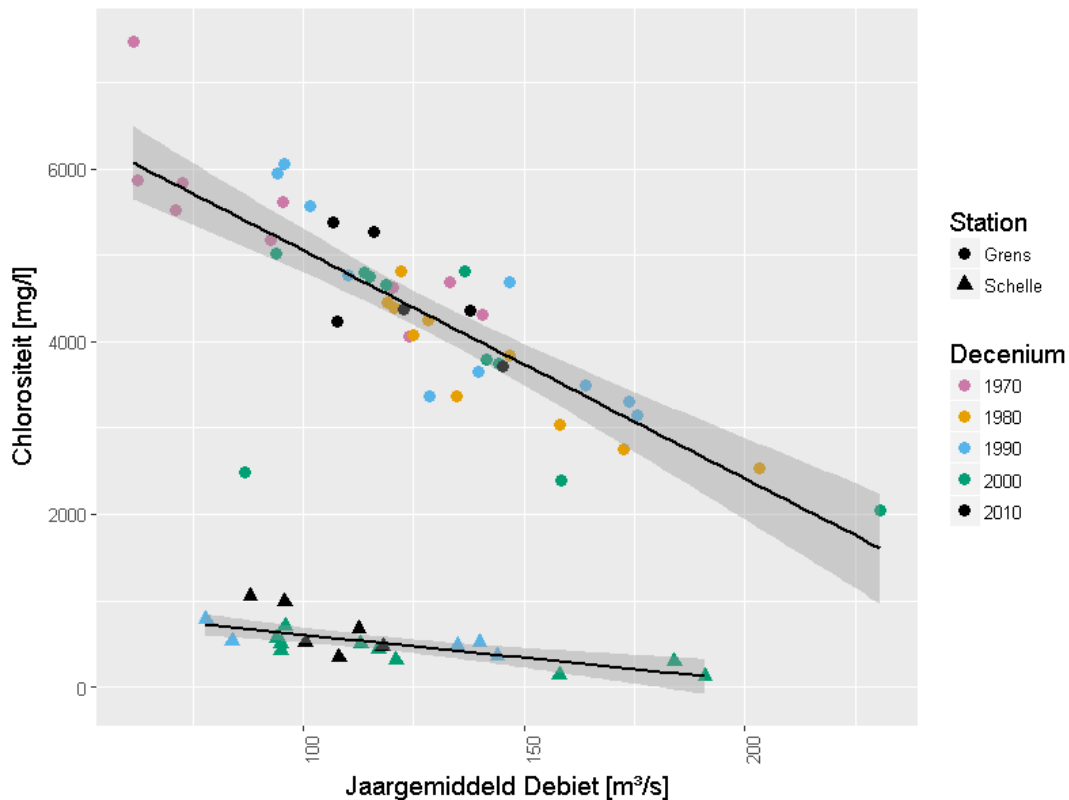


Figuur 6-21: Jaargemiddeld chloridegehalte [mg/l]: scheepsmetingen in de saliniteitszones met een lager chloridegehalte. Bron: Barneveld et al. (2018a).

6.6.3 Verklaring

De belangrijkste oorzaak van deze variaties in jaargemiddeld zoutgehalte is de bovenstroomse aanvoer van zoetwater. Figuur 6-22 toont een lineaire relatie tussen de berekende bovenafvoer te Schelle en nabij de grens (Bron: Waterbouwkundig laboratorium) en het chloridegehalte op de Schaar van Ouden Doel (Bron: MWTL RWS) en nabij Schelle (OMES). Merk op dat een relatief groot aandeel van de langjarige trend kan verklaard worden door de bovenstroomse afvoer, zeker gezien de onzekerheden in beide trends door:

1. Meetmethode chloridegehalte scheepsmetingen;
2. Berekeningswijze bovenstroomse afvoer (Bron: Waterbouwkundig laboratorium);
3. Uitmiddeling naar jaargemiddelde afvoer en debiet.



Figuur 6-22: Regressieanalyse tussen jaargemiddeld debiet nabij de grens en Schelle en de jaargemiddelde chlorositeit in de Schaar van Ouden Doel en nabij Schelle. Lineaire regressies: Grens ($Chl = -26,394 \cdot Q + 7693$; $r^2 = 0,65$), Schelle ($Chl = -5,275 \cdot Q + 1129$; $r^2 = 0,47$) met aanduiding van het 95% betrouwbaarheidsinterval.

6.7 Verklarende Parameter Slibhuishouding

6.7.1 Definitie

In de huidige evaluatiemethodiek worden turbiditeit, suspensiegehalte en bodemsamenstelling alleen behandeld als verklarende parameter. Op vraag van de projectgroep O&M wordt er meer belang gehecht aan de slibhuishouding en zitten deze parameters vervat in het evaluatierapport.

Recent wordt er veel onderzoek uitgevoerd naar een mogelijke regimeshift met fundamenteel andere slibhuishouding. Uit waarnemingen in andere estuaria (e.g. de Loire en de Eems) is namelijk gebleken dat veranderingen in waterbeweging – deels ten gevolge van antropogene ingrepen – een positieve feedbackloop kunnen veroorzaken: een toename in getijslag leidt tot een toename in sedimentconcentraties in de waterkolom. Dit leidt op zijn beurt tot een afname van de hydraulische weerstand door wrijving met de bodem, waardoor de getijslag opnieuw toeneemt (Winterwerp, 2013). Deze estuaria ondergingen een regimeshift naar een hypertroebelsysteem. Bovengenoemde ontwikkeling is niet alleen negatief voor de veiligheid, maar ook voor het ecologisch functioneren van het systeem.

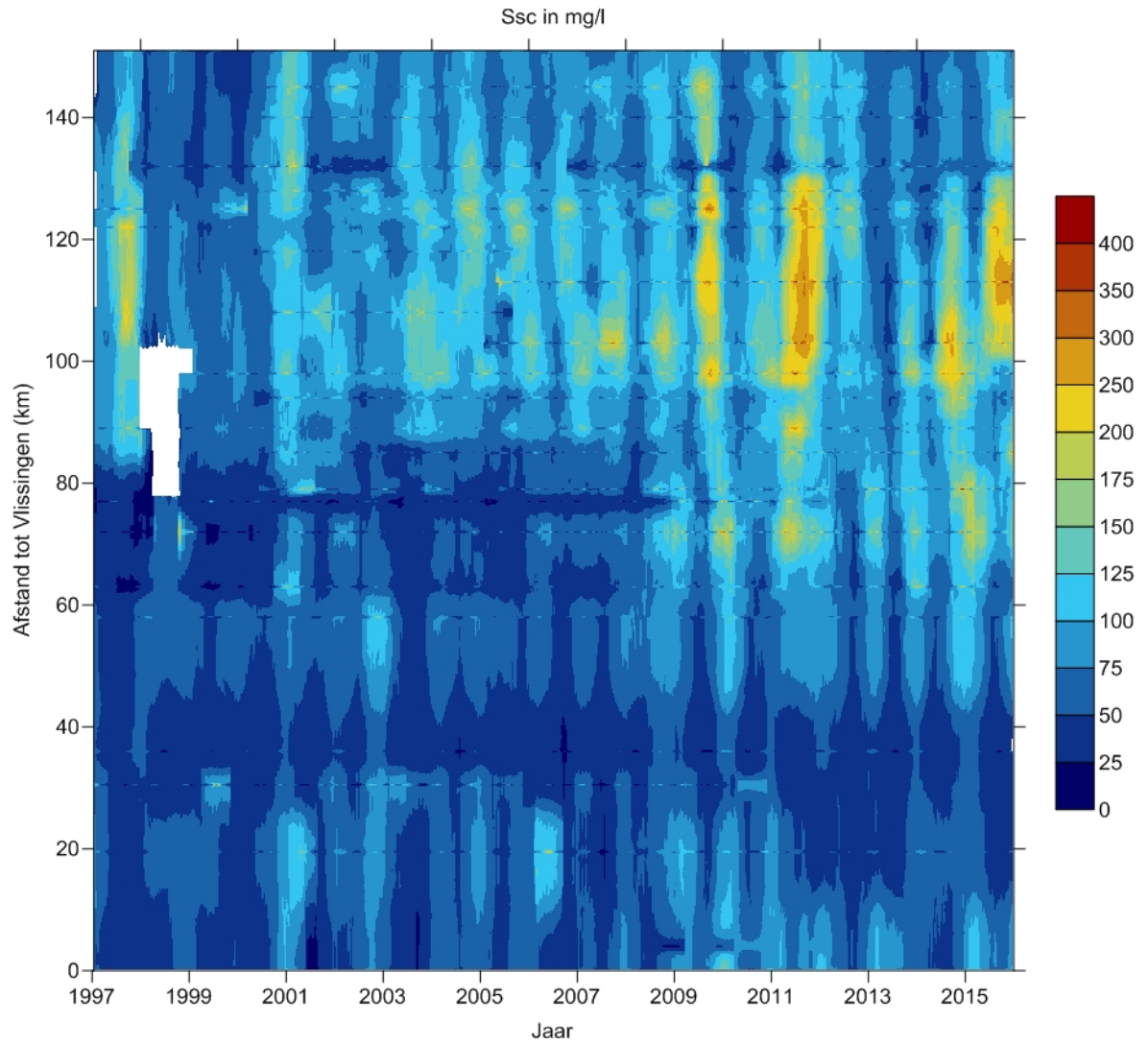
Bovengenoemde ontwikkeling is voornamelijk van toepassing op de Zeeschelde. De bodem van de Westerschelde bestaat nog steeds hoofdzakelijk uit zand. Bovendien is de stijging in suspensiegehalte hier minder éénduidig (Barneveld et al., 2018a). In dit het volgende hoofdstuk wordt er daarom enkel ingegaan op veranderingen in de Zeeschelde.

6.7.2 Suspensiegehalte

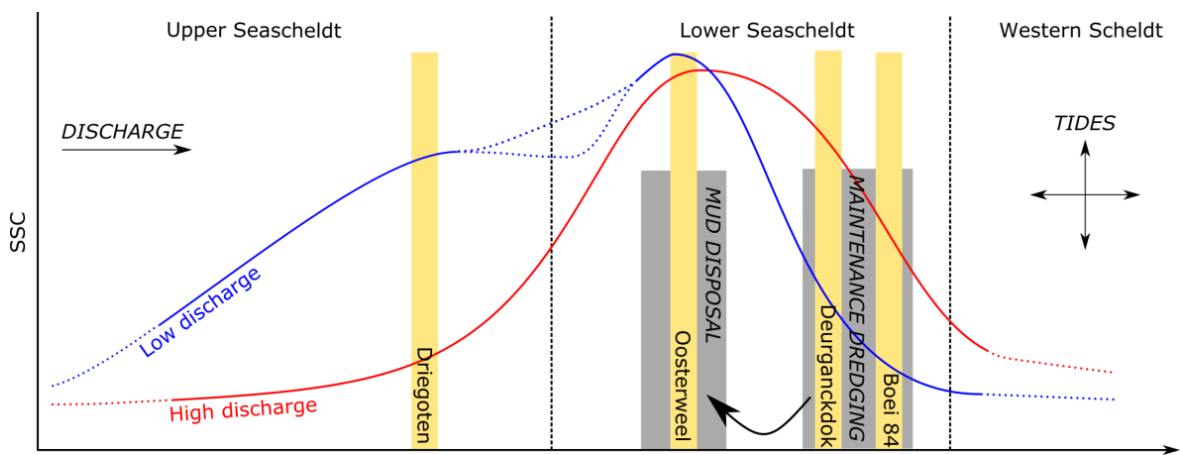
Uit de waarnemingen blijkt dat het suspensiegehalte hoger ligt in de Zeeschelde dan in de Westerschelde. Sinds 2010 worden er beduidend hogere sedimentgehalten opgemeten in het oppervlaktewater van de Zeeschelde (Figuur 6-23). De hoogste metingen komen voor tussen de 100 en 130km vanaf de monding, maar ook tussen 60 en 80 km van de monding (Beneden-Zeeschelde) werd er een aanzienlijke stijging waargenomen.

De oorzaak van de fluctuaties in sedimentconcentratie is al uitvoerig onderzocht (IMDC 2016, IMDC & Deltares 2016, Depreiter et al., 2015, Vandenbruwaene, 2016). De bevindingen staan hieronder samengevat:

1. Een groot deel van de variatie in sedimentconcentratie op de Beneden-Zeeschelde is toe te wijden aan het storten van baggerslib op stortplaatsen Oosterweel en Punt van Melsele (Bijlage E.2).
2. Bovengenoemde stortplaatsen liggen stroomopwaarts van de baggerlocaties. Hierdoor migreert een groot deel van het gestorte sediment terug naar de baggerlocaties waarna deze opnieuw opgebaggerd en gestort worden. Er is dus als het ware een patroon van recirculatie.
3. Naast het stortvolume is ook de doortij-springtij cyclus een belangrijke factor in de Beneden-Zeeschelde.
4. In de Boven-Zeeschelde is de bovenafvoer een belangrijke factor. De bovenafvoer beïnvloedt de locatie van het turbiditeitsmaximum. Bij een aanhoudende lage bovenafvoer, zal het turbiditeitsmaximum meer stroomopwaarts komen te liggen en vice versa (Figuur 6-24). De hoge sedimentconcentraties in 2011 kunnen dus gerelateerd worden aan de verhoogde stortintensiteit en aanhoudende lage bovenafvoer.
5. De impact van de huidige stortstrategie lijkt (nog) niet onomkeerbaar. Een daling in stortintensiteit – vb. in 2012 en 2013 – bleek vrij snel gevolgd door een daling in sedimentconcentratie in de waterkolom.



Figuur 6-23: Sedimentconcentratie in de waterkolom [mg/l] in het Schelde-estuarium.



Figuur 6-24: Conceptueel model met de langsverdeling van de sedimentconcentraties in relatie tot de bovenafvoer. (Bron: IMDC & Deltares, 2016).

6.7.3 Bodemsamenstelling

Het slibgehalte steeg niet enkel in de waterkolom. De waarnemingen laten uitschijnen dat ook de waterbodem in de schelde meer slib bevat. In de Beneden-Zeeschelde wordt er in de bodemstalen nabij verschillende drempels en stortlocaties meer slib waargenomen dan voorheen (Barneveld et al., 2018a). Bovendien steeg het jaarlijks opgebaggerde volume slib aanzienlijk (Bijlage E.4). De vraag blijft hoe representatief deze waarnemingen zijn voor de bodemsamenstelling van de volledige Zeeschelde. Toch stroken bovenstaande vaststellingen met de voortgangsrapportage van het INBO (Van Ryckegem et al., 2017). Hierbij wordt de bodemsamenstelling jaarlijks onderzocht door middel van een *random stratified* staalname per fysiotoop. De data-analyse van het INBO liet uitschijnen dat:

1. In de Beneden-Zeeschelde het slibgehalte lijkt toe te nemen in het diep subtidaal, maar ook hier is de variatie tussen de stalen groot.
2. Bovendien lijkt het sediment in het intertidaal iets fijner geworden sinds 2011. Dit is duidelijker in de meer stroomopwaarts gelegen delen.

6.8 Evaluatie

Zuurstof

Net als in T2009 worden alle drie de rekenparameters negatief beoordeeld doordat er nog steeds één of meerdere zones van de Zeeschelde de minimale criteria niet halen. De toetsparameter zuurstof wordt dus ook negatief geëvalueerd. Toch is er een duidelijke verbetering op te merken ten opzichte van de situatie gedurende 2004-2009. De verbetering is voornamelijk te danken aan de grote investeringen in de zuiveringsinstallaties. Hierdoor daalde zowel de zuurstofvraag voor nitrificatie als voor koolstofmineralisatie. Het gehalte in de zomer vormt nog steeds een knelpunt, zeker in de oligohaliene zone.

Nutriënten

Alle rekenparameters behalve fosfaat worden negatief geëvalueerd. De toetsparameter Nutriënten krijgt daarom een negatieve beoordeling.

De indicatoren voor zuurstoftekort door eutrofiëring (de rekenparameters NOD, BOD-C, TDIN en orthofosfaat) vertonen een verbetering ten opzichte van de periode 2004-2009. Dit resulteerde in een verbetering van de toetsparameter zuurstof (zie hierboven). Merk op dat de negatieve evaluatie van TDIN alleen het gevolg is van de vooropgestelde evaluatiemethodiek. Deze houdt namelijk geen rekening met de jaar-op-jaar variatie. Een vergelijking van een éénjarig gemiddelde met een zesjarig gemiddelde is namelijk niet statistisch onderbouwd. Een herziening van deze rekenparameter lijkt hier aan de orde.

De indicatoren voor verschuiving in de algenpopulaties zijn negatief geëvalueerd voor zowel de Westerschelde als de Zeeschelde. In de Westerschelde en nabij de grens worden er langere periodes met siliciumdepletie waargenomen. Dit is hinderlijk voor de groei van diatomeeën waardoor er mogelijk een verschuiving naar groenalgen kon optreden. Dat is ongunstig voor het voedselweb, omdat groenalgen minder geschikt zijn als voedsel voor andere soorten. Ook de indicatoren voor een verschuiving in de kustzones vertonen een verbetering ten opzichte van de situatie in 2004-2009.

Gedurende 2010-2015 steeg het nitriet- en ammoniakgehalte sporadisch boven de kritische grens waarboven ze een schadelijke impact hebben op de ecologie. De gehalten zijn weliswaar gedaald ten opzicht van de periode 2004-2009.

Algen

Geen enkele rekenparameter voldoet aan de vooropgestelde norm. De toetsparameter Algen krijgt dan ook een negatieve beoordeling.

Net als gedurende 2004-2009 wordt de doorstroming van energie (rekenparameters P_b en $P_b:B$) zowel op de Westerschelde als de Zeeschelde negatief beoordeeld. Zo is er geen duidelijk dalende trend in het zesjarig gemiddelde en werd er in iedere zone gedurende minimaal 1 jaar een te lage ratio opgemeten.

In 2013 en 2014 werd er een ongewenste bloei van de mariene haptofyt *Phaeocystis* waargenomen. De rekenparameter wordt daarom negatief beoordeeld. In 2007 was er ook een bloei waardoor ook de periode 2004-2009 een negatieve evaluatie krijgt. Merk op dat dit verschillend is van wat er gerapporteerd staat in T2009 doordat er nu meer gegevens voorhanden waren. Bovendien is er pas vanaf 2013 data beschikbaar voor Vlissingen. Dit is de meest mariene meetpost. Mogelijk deden er zich hier voorheen ook al ongewenste bloeiperiodes voor.

Ook de cyanobacteriën worden negatief beoordeeld. Deze evaluatie dient enigszins genuanceerd te worden aangezien de norm alleen in de mesohaliene zone en maar in 1 jaar overschreden werd. In de Zeeschelde werd de norm niet overschreden.

Verontreinigende stoffen

Zowel in de waterbodem, het oppervlaktewater als in biota overschrijden de verontreinigende stoffen de norm. De toetsparameter Verontreinigende stoffen wordt dus negatief geëvalueerd.

De rekenparameter waterbodem wordt negatief beoordeeld omdat zowel de metalen als de organische stoffen in een te hoge concentratie aanwezig zijn. De meeste metalen vertonen weliswaar een dalende trend.

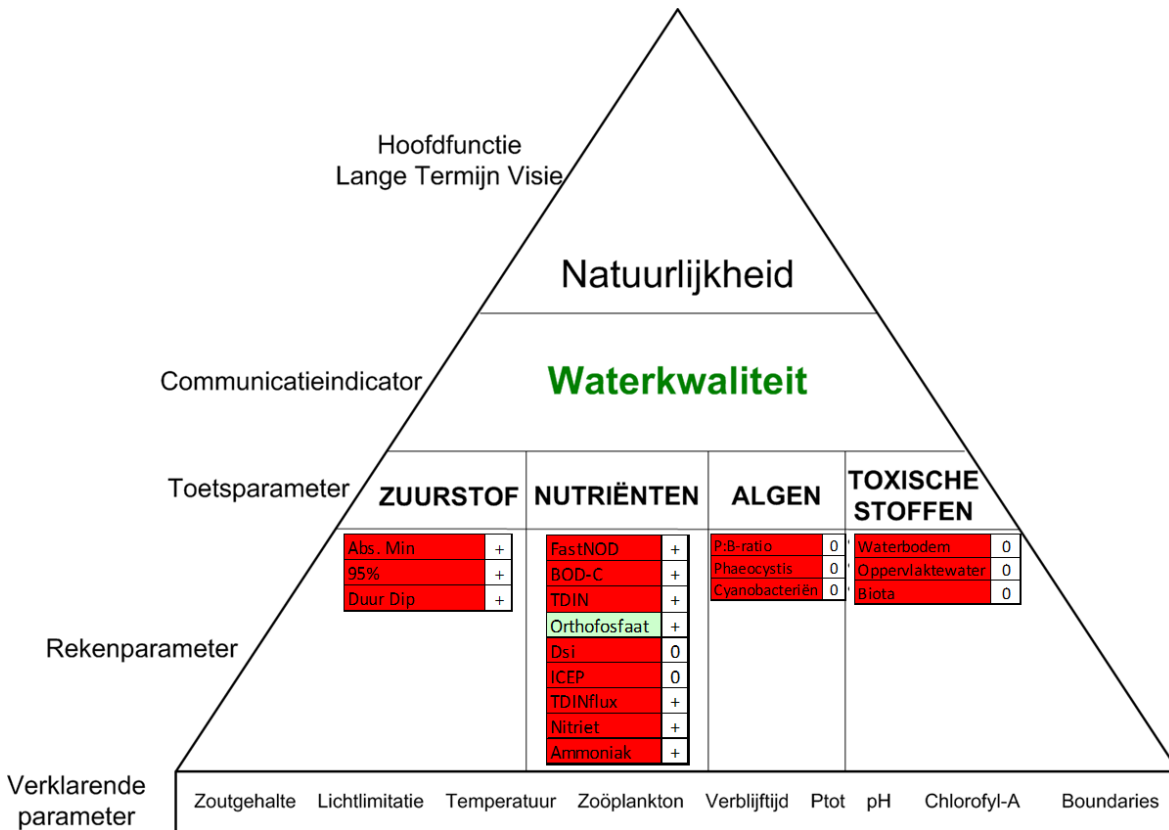
De rekenparameter verontreinigende stoffen in het oppervlaktewater wordt negatief beoordeeld, doordat de pesticiden in een te hoge concentratie aanwezig zijn. Deze evaluatie dient enigszins genuanceerd te worden. Indien men namelijk de stoffen weglaat waarvan de detectielimiet onder de kwaliteitsnorm ligt, zou deze rekenparameter positief beoordeeld worden.

In zowel de Westerschelde, als de Zeeschelde overschrijden de verontreinigende stoffen in biota de norm. Deze rekenparameter wordt negatief beoordeeld. Een trendanalyse van de verschillende stoffen wordt belemmerd doordat verschillende stoffen pas recent worden opgemeten. Toch lijkt het kwikgehalte een stijgende trend te vertonen. De gesommeerde concentratie van de PCB's vertoont dan weer een dalende trend. Daarnaast valt het op dat er een hogere concentratie opgemeten wordt in het weefsel van de vissen (Bot en paling) ten opzichte van de mosselen.

Samenvattend

Een overzicht van de evaluatie van de toetsparameters en rekenparameters is te zien in Figuur 6-25. Alle rekenparameters behalve het orthofosfaatgehalte worden negatief beoordeeld. Hierdoor worden ook alle toetsparameters en bijgevolg de Communicatie-indicator Waterkwaliteit negatief beoordeeld voor de periode 2010-2015. Deze evaluatie dient weliswaar enigszins genuanceerd te worden. De evaluatiemethodiek stelt namelijk dat indien één Scheldezone negatief beoordeeld wordt, de volledige rekenparameter een negatieve evaluatie krijgt. Bovendien maakte de waterkwaliteit grote sprongen voorwaarts ten opzichte van de

periode 2004-2009. Er worden nu veel meer zones positief beoordeeld, terwijl de meetwaarden in de negatief beoordeelde zones dichterbij de drempelwaarden liggen. De aanzienlijke vooruitgang op het vlak van waterzuivering en de strengere normen voor de industrie, landbouw en huishoudens werpen dus duidelijk hun vruchten af.



Figuur 6-25: Evaluatie Communicatie-indicator Waterkwaliteit T2015: Rood = negatief, groen = positief, geel = neutraal (deels positief, deels negatief), wit = geen significante trend/geen beoordeling. Inclusief de ontwikkeling ten opzichte van de situatie in T2009: ontwikkeling in de positieve richting (+), in de negatieve richting (-) of neutraal (0) indien de ontwikkeling varieert naargelang zone of niet bepaald kan worden.

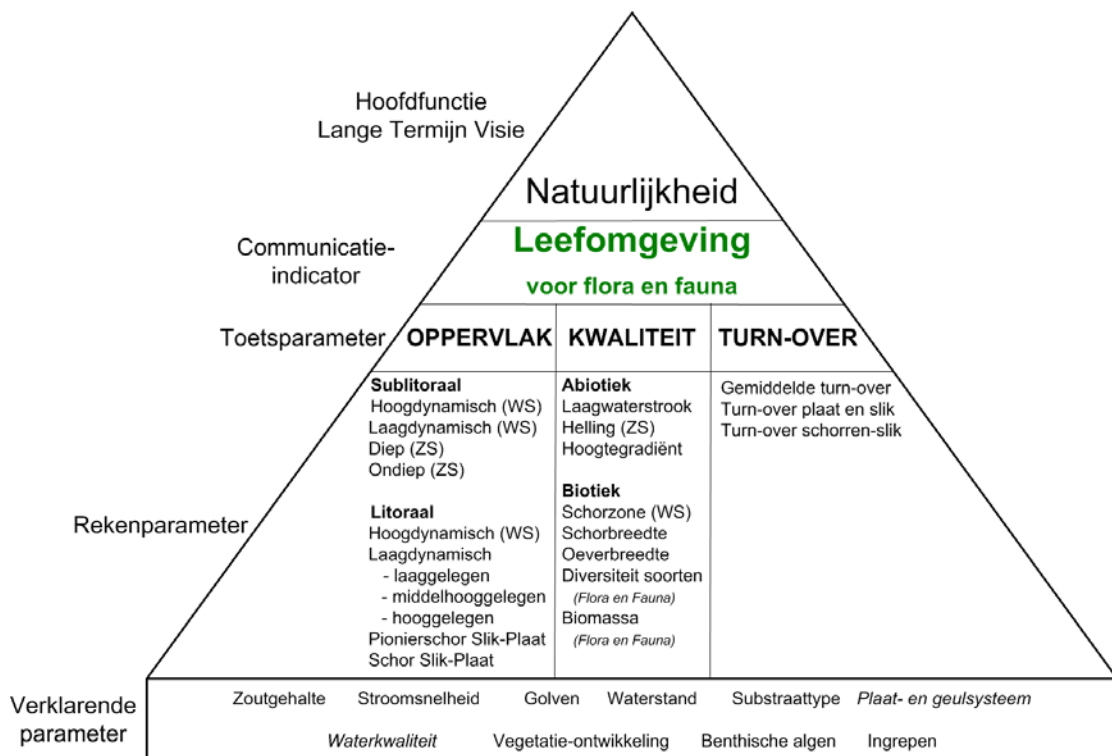
7 Leefomgeving

7.1 Inleiding

De leefomgeving voor flora en fauna in het Schelde-estuarium bestaat uit een groot aantal habitats. Deze habitats worden bepaald door de ter plaatse aanwezige condities en de in het gebied aanwezige gradiënten bepalen de variatie in habitats. Een belangrijke gradiënt is de gradiënt van volledig zoet in de rivierarmen naar brak in het oosten en dan naar volledig zout in het westen. Daarnaast zijn er verticale gradiënten van de diepste punten van de geul tot de hoogste delen van de schorren. De habitats en hun kenmerken zijn de resultante van morfo- en hydrodynamiek en de aanwezigheid van flora en fauna. Zo speelt de schorvegetatie een rol bij het invangen van sediment en het afremmen van de erosie.

In Figuur 7-1 is de communicatie-indicator leefomgeving weergegeven. Voor de evaluatie van Leefomgeving is het uitgangspunt dat een natuurlijk functionerend Schelde-estuarium aanwezig is, indien het oppervlak aan verschillende habitats evenwichtig verdeeld is, het aanwezige laagdynamische habitat van voldoende kwaliteit is en er sprake is van stabiliteit van habitats. Een hoge mate van habitat turn-over over een korte tijdsperiode is nadelig voor de vestiging en ontwikkeling van bodemdiergemeenschappen en voor vegetatieontwikkeling (Maris et al., 2014).

De indicator Leefomgeving bestaat uit drie toetsparameters: oppervlak, kwaliteit en turn-over.



Figuur 7-1: Weergave communicatie-indicator Leefomgeving met de onderliggende toets-, reken- en verklarende parameters.

De T2009 vat de ontwikkelingen in de ecotopen van de Westerschelde als volgt samen: In de Westerschelde is in het sublitoraal het laagdynamisch areaal toegenomen en dit is een gewenste ontwikkeling. In het litoraal hebben grote schommelingen plaatsgevonden in de arealen hoog- en laagdynamisch. De overall toename van het laagdynamisch areaal en de

afname van het hoogdynamisch areaal is een gewenste ontwikkeling. De toename van het areaal schor en pionierschor op de platen is een ongewenste ontwikkeling. De waargenomen veranderingen in de arealen van de Westerschelde worden overwegend positief beoordeeld.

Voor de Zeeschelde geldt het volgende beeld:

In de Beneden Zeeschelde is het diep sublitoraal toegenomen ten koste van het ondiep sublitoraal en het litoraal. Dit zijn ongewenste ontwikkelingen. Het schor is overwegend toegenomen. Dit is gewenst, hoewel de afname van het litoraal daarbij ongewenst is. De toename van het totale areaal van de Beneden Zeeschelde heeft betrekking op de ingebruikneming van dokken en haveningangen. De waargenomen arealen in de Zeeschelde zijn kleiner dan de referentiearealen.

De kwaliteitsparameters laagwaterlijn en hoogtegradiënt vertonen grote variaties, zodat het niet mogelijk is om trends in de ontwikkelingen vast te stellen. Een beoordeling kan dan ook niet plaatsvinden. Voorzien wordt dat dit bij toekomstige evaluaties lastig blijft.

Voor de turn-over is een kwantitatieve vergelijking niet mogelijk, omdat de periode tussen de opnames in de vorm van ecotopenkaarten steeds verschilt. Daarom kan nooit worden uitgesloten dat vastgestelde veranderingen in de turn-over het gevolg zijn van verschillen in waarneming. Dit zal een lastig punt blijven zolang de periode tussen de ecotopenkaarten varieert.

Toepassing evaluatiemethodiek

In de voorgaande morfologische hoofdstukken worden de termen macrocel, mesocel en OMES-segment gehanteerd. Omdat dit hoofdstuk dichter aanleunt bij de ecologie wordt hier de opdeling naar saliniteitszones en compartimenten gehanteerd. Tabel A-1 in Bijlage A geeft een overzicht van de corresponderende termen.

De evaluatiemethodiek van de toetsparameter Oppervlak is vergelijkbaar met de methode toegepast bij de T2009. Dit geldt ook voor de toetsparameter Kwaliteit. Voor de toetsparameter Turn-over geeft de Evaluatiemethodiek aan (Maris et al., 2014) dat gekeken moet worden naar de trendontwikkeling van de turn-over binnen een compartiment en naar de trendontwikkeling binnen een plaat of binnen slikgebieden. In overleg met de deskundigen van de projectgroep is een aangepaste evaluatiemethodiek gebruikt. De veranderingen ten opzichte van de voorgeschreven evaluatiemethodiek staan weergegeven in Tabel 7-1. Tevens is hierbij aangegeven welke consequenties dit heeft voor de interpretatie.

Rekenparameter conform EM	Probleem met gegevens	Aangepaste Evaluatiemethodiek	Vorbehoud interpretatie
Turn-over binnen compartiment	Geen ecotopenkaarten met vaste tussenpoos beschikbaar. Compartiment is te beperkt gebied	Selectie van ecotopenkaarten gemaakt, waardoor vaste tijdsperiode (WS) mogelijk wordt. De turn-over is opgeschaald naar zones	Alleen turn-over langere tijdsperiode kan vergeleken worden. Kort durende veranderingen vallen weg.
Turn-over binnen plaat- of slikgebieden	Geen ecotopenkaarten met vaste tussenpoos beschikbaar. De schaal is een te beperkt gebied	Gekeken naar veranderingen per zone (zie boven)	Onderdeel is niet uitgevoerd

Tabel 7-1: *Overzicht van rekenparameters waarbij afgeweken is van de voorgeschreven evaluatiemethodiek en de consequenties hiervan. De overige rekenparameters zijn wel conform Evaluatie Methodiek (EM) gebruikt.*

In de voorgeschreven evaluatiemethodiek wordt er vaak met trends gewerkt. Er werd echter niet jaarlijks een ecotopenkaart opgesteld. Bovendien verschilt de beschikbaarheid naargelang deelsysteem. Tabel 7-2 geeft aan welke jaren als referentie gebruikt zijn voor elk deelsysteem.

Deelsysteem	Einde periode T2009	Einde periode T2015
Westerschelde	2008	2015
Beneden-Zeeschelde	2010	2014
Boven-Zeeschelde	2010	2013
Durme & Rupel	2010	2013

Tabel 7-2: *Gebruik ecotopenkaarten: referentiejaar per deelsysteem.*

7.2 Toetsparameter Oppervlak

Bij de toetsparameter Oppervlak wordt op basis van de ecotopenkaarten de waargenomen ontwikkeling van de verschillende onderscheiden ecotopen vergeleken met de gewenste ontwikkeling. De gewenste ontwikkeling kan uitgedrukt worden als een gewenste trend, maar ook kan een criterium negatief worden geformuleerd als een ongewenste trend. Voor een aantal ecotopen van de Zeeschelde worden als criterium oppervlakte eisen gebruikt. Wordt niet aan een criterium voldaan dan is sprake van een negatieve evaluatie. Wordt er wel aan een criterium voldaan dan is sprake van een positieve evaluatie.

Tabel 7-3 vat de resultaten van het analyserapport van de T2015 samen. Ter vergelijking zijn ook de resultaten van de T2009 opgenomen. Voor details wordt verwezen naar het analyserapport T2015. Voor de Zeeschelde worden in de EM referentie-oppervlakten genoemd. Voor de duidelijkheid zijn deze oppervlakten in Tabel 7-4 opgenomen.

De basisgegevens van de ecotopenkaarten staan in Bijlage H.1: Tabel H-1 en Tabel H-2.

Rekenparameter	deelecotoop	T2009	T2015
Oppervlak			
sublitoraal (WS)	hoogdynamisch		
	laagdynamisch		
Sublitoraal (ZS)	diep		
	ondiep		
Litoraal (WS)	hoogdynamisch		
	laagdynamisch		
Litoraal (ZS)			
Pionierschor	plaat (WS)		
Schor	slik (WS)		
	plaat (WS)		
	slik (WS)		
	ZS		
Kwaliteit			
Abiotiek	laagwaterstrook		
	helling (ZS)		
	hoogtegradiënt		
Biotiek	schorzone (WS)		
	schorbreedte		
	oeverbreedte		
	Turn-over		
Turn-over	Westerschelde		
	Zeeschelde		

Tabel 7-3: Vergelijking van de beoordeling van de rekenparameters van communicatie-indicator Leefomgeving in de T2009 en de beoordeling T2015 Analyserapport. Groen = positieve evaluatie, rood = negatief, geel = positief en negatief. WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde.

Zone	Compartiment	Rekenparameters (oppervlakte in ha)		
		Ondiep sublitoraal	Slik	Schor
Saliniteitsgradiënt	9-12	540	457	920
Oligohalien	13-14	150	269	280
Zoet verblijftijd lang	15-16	120	161	210
Zoet verblijftijd kort	17-19	60	82	110

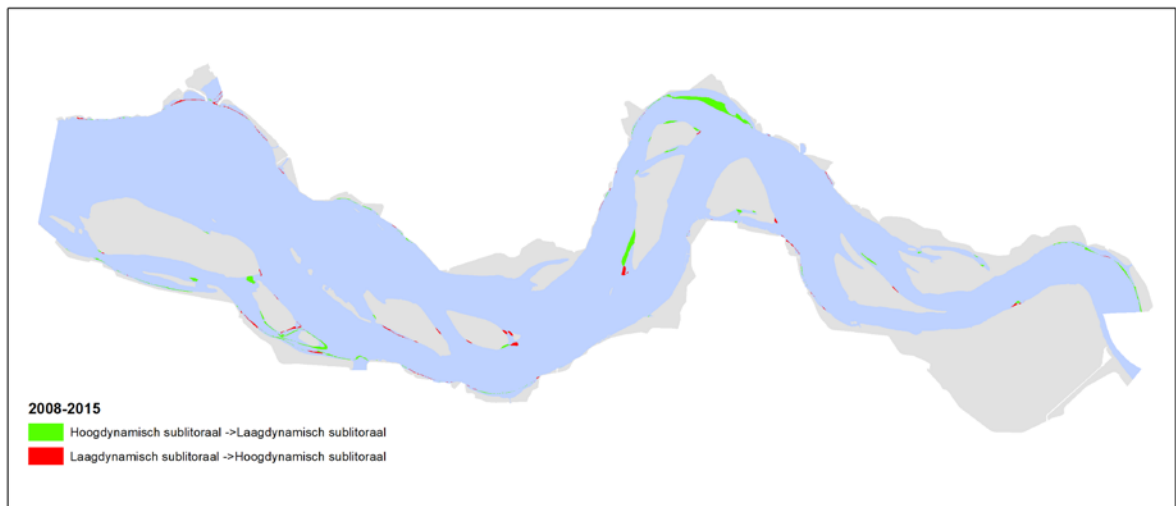
Tabel 7-4: Voor de Zeeschelde zijn referentiewaarden voor verschillende rekenparameters opgesteld (Maris et al., 2014).

7.2.1 Rekenparameter Hoogdynamisch versus laagdynamisch sublitoraal (WS)

Voor de Westerschelde is het totaalbeeld dat ten opzichte van de T2009 de oppervlakte hoogdynamisch sublitoraal is afgenomen en de oppervlakte laagdynamisch sublitoraal is toegenomen. In de zone Sterk polyhalien is de oppervlakte hoogdynamisch litoraal van 2004 tot en met 2011 afgenomen en daarna weer toegenomen, waarbij de situatie in 2015 vergelijkbaar is met de situatie in 2010. In de twee overige zones heeft een continue afname van het areaal hoogdynamisch sublitoraal plaatsgevonden.

Bij het laagdynamisch sublitoraal heeft in alle zones weliswaar een toename ten opzichte van de T2009 plaatsgevonden, maar zowel in de zone Sterk polyhalien als in de zone Mesohalien lijkt het areaal de laatste jaren weer af te nemen en in de zone Zwak polyhalien te stabiliseren.

Figuur 7-2 geeft een overzicht van de overgang in de Westerschelde van hoogdynamisch sublitoraal naar laagdynamisch sublitoraal en omgekeerd, waarbij de ecotopenkaart van 2008 vergeleken is met die van 2015. In het Sterk polyhalien is ten zuidwesten van de Hooge Platen hoogdynamisch sublitoraal overgegaan in laagdynamisch sublitoraal, evenals bij de platen van de Lage Springer en aan de oostzijde van Middelplaat-oost. Ongunstige ontwikkelingen (omzetting van laagdynamisch in hoogdynamisch) hebben plaatsgevonden bij de Sloehaven en de Kaloot, in de omgeving van de Lage Springer en bij de Middelplaten. Netto is er 21 ha hoogdynamisch sublitoraal omgezet in laagdynamisch sublitoraal.

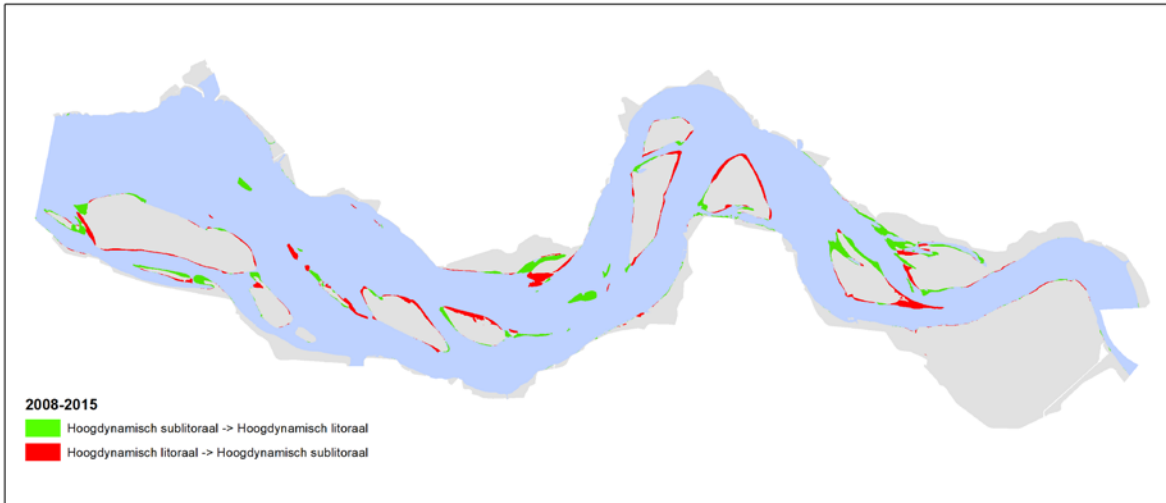


Figuur 7-2: Overgang van hoogdynamisch sublitoraal naar laagdynamisch sublitoraal en omgekeerd bij vergelijking van de ecotopenkaarten van 2008 en 2015.

In het Zwak polyhalien is netto ruim 80 ha hoogdynamisch sublitoraal omgezet in laagdynamisch sublitoraal. Dit trad vooral op bij de Rug van Baarland en in het Middelgat voor de Kapellebank. In het Mesohalieu was er netto een overgang van 16 ha van hoogdynamisch naar laagdynamisch sublitoraal. Dit vond vooral plaats bij de oostpunt van de Plaat van Ossensisse en bij het Zuidergat.

De ontwikkelingen kunnen vergeleken worden met de beschrijving van de grootschalige dynamiek, zoals die beschreven wordt in de paragrafen 5.3.3 tot en met 5.3.8. Hieruit komt een verdieping bij Vlissingen en de Kaloot naar voren en sedimentatie aan de landzijde van Macrocel 1 (Hoofdplaat). De ontwikkelingen bij de Lage Springer worden niet weerspiegeld in veranderde erosie- en sedimentatiepatronen. In het Zwak polyhalien vindt veel sedimentatie plaats bij de Rug van Baarland en in een groot deel van het Middelgat: dit wordt weerspiegeld in de omzetting van hoogdynamisch in laagdynamisch sublitoraal. In het Mesohalieu treedt bij de zuidoostpunt van de Plaat van Ossensisse erosie op. In de Zimmermangeul blijft de sedimentatie doorgaan, maar dit uit zich slechts in een beperkte overgang van hoogdynamisch sublitoraal naar laagdynamisch sublitoraal.

De grootste veranderingen in het sublitoraal vinden plaats in de vorm van de overgang van hoogdynamisch sublitoraal naar hoogdynamisch litoraal en omgekeerd. In Figuur 7-3 wordt dit weergegeven.



Figuur 7-3: Overgang van hoogdynamisch sublitoraal naar hoogdynamisch litoraal en omgekeerd bij vergelijking van de ecotopenkaarten van 2008 en 2015.

In het Sterk polyhalien gaat 257 ha over van hoogdynamisch sublitoraal naar hoogdynamisch litoraal en tegelijk maakt 251 ha een omgekeerde ontwikkeling door. Dit laatste vindt met name plaats aan de zuid- en zuidwestkant van de Hooge Platen, de noordkant van de Middelpaten en de zuidkant van de Plaat van Baarland. In het Zwak polyhalien gaat litoraal over in sublitoraal aan de oostkant van de Rug van Baarland en aan de noordkant van de Plaat van Ossensisse, terwijl in het verlengde van de Rug van Baarland sublitoraal overgaat in litoraal. Het gaat om resp. 88 en 109 ha. In het Mesohalien is er een sterke afname van het litoraal aan de oostkant van de Plaat van Walsoorden en de westkant van de Plaat van Valkenisse, terwijl op korte afstand, westkant Plaat van Walsoorden en westkant Zimmermangeul, ook het omgekeerde proces heeft plaatsgevonden. Dit betreft resp. 193 en 115 ha. Over het algemeen vindt omzetting van hoogdynamisch sublitoraal plaats in hoogdynamisch litoraal op locaties met sedimentatie en de omgekeerde omzetting op plaatsen met erosie (zie Figuur 5-5 in het T2015 Analyserapport).

Zowel hoogdynamisch sublitoraal als hoogdynamisch litoraal zijn relatief arm aan bodemfauna, zodat deze habitats ecologisch gezien weinig waarde hebben.

Discussie

Bij de Hooge Platen hebben in de periode 2010-2015 plaatrandstortingen plaatsgevonden. Goossens et al. (2017) geven aan dat aan de westkant van de Hooge Platen ongeveer een derde van het gestorte materiaal blijft liggen en dit heeft de vorming van een zandrug tot gevolg gehad die zich richting De Bol beweegt. Hier is nog steeds sprake van een hoogdynamische, zandige omgeving. De hier aanwezige megaribbels geven aan dat er veel zandtransport plaatsvindt

De doelstelling van de plaatrandstortingen is het realiseren van laagdynamisch ecologisch waardevol gebied. Aan de noordkant van de Hooge Platen wilde men met de plaatrandstortingen een laagdynamisch gebied realiseren, waarbinnen sedimentatie optreedt. De oppervlakte laagdynamisch substraat in het ondiepe sublitoraal is hier echter nauwelijks toegenomen. Wel heeft hier een toename van het laagdynamisch litoraal plaatsgevonden (zie §7.2.3).

Bij de Rug van Baarland heeft men tot 2012 plaatrandstortingen uitgevoerd, maar aangezien het watervolume in de nevengeul Middelpat bleef dalen zijn de stortactiviteiten hier gestopt. De

stortactiviteiten versterkten alleen het natuurlijke sedimentatieproces in deze nevengeul (zie §5.3.5).

In het Mesohalien is het areaal hoogdynamisch sublitoraal sinds 2008 met bijna 90 ha afgenomen, terwijl de oppervlakte laagdynamisch sublitoraal slechts met 10 ha is toegenomen. Belangrijker is de overgang van hoogdynamisch sublitoraal in hoogdynamisch litoraal (westkant Plaat van Walsoorden en Zimmermangeul) en de omgekeerde ontwikkeling aan de oostkant van de Plaat van Walsoorden. De toename van hoogdynamisch litoraal zal veroorzaakt zijn door de plaatrandstoringen bij de Plaat van Walsoorden, waardoor het plaatpuntgebied hoger is komen te liggen. Bij de Plaat van Walsoorden heeft afkalving van de oostelijke plaatpunt plaatsgevonden. Hier is hoogdynamisch litoraal overgegaan in hoogdynamisch sublitoraal (zie Figuur 7-3).

Voor de Rekenparameter Hoogdynamisch versus laagdynamisch sublitoraal op de Westerschelde is de evaluatie volgens de methodiek overwegend positief, omdat in de zones Zwak polyhalien en Mesohalien de oppervlakte hoogdynamisch sublitoraal afneemt ten gunste van het laagdynamisch sublitoraal. In de zone Sterk polyhalien is de evaluatie neutraal, omdat de oppervlakte hoogdynamisch sublitoraal stabiel is.

7.2.2 Rekenparameter Diep en ondiep water (ZS)

In de Zeeschelde wordt een toename van het areaal diep water ten koste van ondiep water als ongewenst beschouwd. In de T2009 werd in alle compartimenten een ongewenste ontwikkeling waargenomen.

In de zone Saliniteitsgradiënt overheerst een beeld van verdieping en erosie, die met name in het meest stroomafwaartse deel plaatsvinden. Hier is ook het Deurganckdok gelegen, één van de belangrijkste onderhoudszones van de Zeeschelde. Over het algemeen treedt in de zone Saliniteitsgradiënt slechts op enkele plaatsen sedimentatie op, zoals ter hoogte van Antwerpen Burcht bij de Palingplaat in de binnenbocht, terwijl er in de buitenbocht erosie plaatsvindt. In de gehele zone lijkt de oppervlakte diep water te stabiliseren, met zelfs een kleine afname in de laatste jaren. Het ondiep water lijkt aanvankelijk iets toe te nemen, maar in 2014 is de oppervlakte kleiner dan in 2010.

In de overige zones van de Zeeschelde neemt de oppervlakte diep water over het algemeen toe ten koste van de oppervlakte ondiep water. Een uitzondering hierop is de zone Zoet korte verblijftijd waar de oppervlakte diep water afneemt. Hier neemt de oppervlakte ondiep water iets toe.

Met uitzondering van de zone Zoet korte verblijftijd lijkt de ongunstige ontwikkeling van de overgang van ondiep water naar diep water zich voort te zetten. Toch wordt in verschillende zones een toename van de oppervlakte ondiep water gezien. Dit wordt veroorzaakt door verdieping van het litoraal. In de Durme worden sinds 2011 baggerwerken uitgevoerd, waardoor versteiling van het slik en eroderen van schoroevers plaatsvindt (Van Ryckegem et al., 2015). Hierdoor neemt zowel de oppervlakte diep water als ondiep water toe. Dit gaat ten koste van de oppervlakte litoraal.

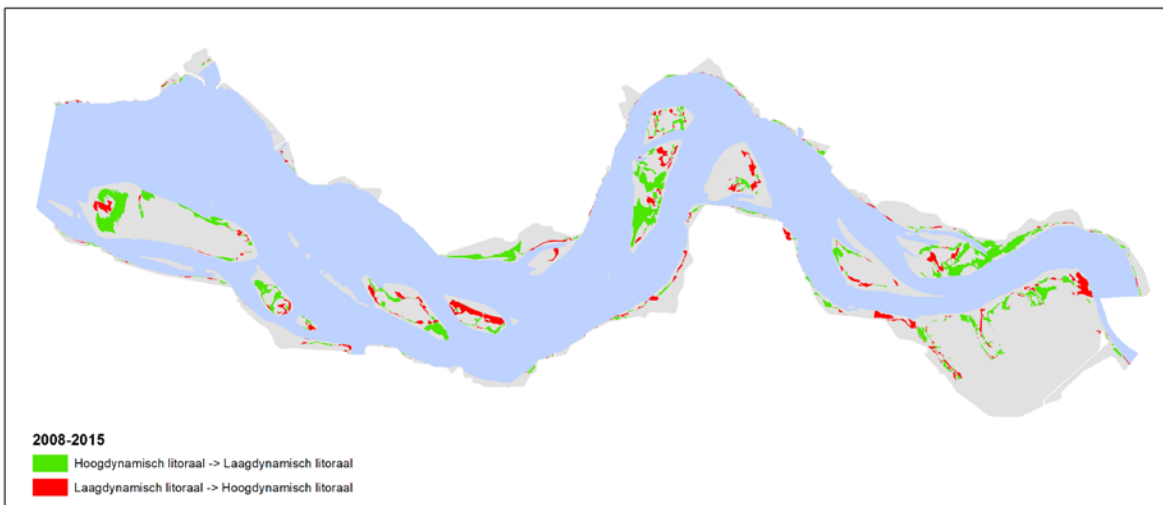
In de Evaluatiemethodiek wordt ook de gewenste oppervlakte ondiep water in de verschillende zones aangegeven. In geen enkele zone wordt aan de gewenste oppervlakte voldaan. Voor de

Rupel en de Durme bestaan geen oppervlakte-eisen. De situatie in de Rupel is stabiel, terwijl in de Durme de oppervlakte toeneemt.

Voor de Rekenparameter diep water versus ondiep water voor de Zeeschelde is de evaluatie volgens de methodiek overwegend negatief, omdat, met uitzondering van de zone Zoet korte verblijftijd, het diep water toeneemt ten koste van het ondiep water.

7.2.3 Rekenparameter Hoogdynamisch litoraal (WS)

In de T2009 werd een kleine afname van het hoogdynamisch litoraal in de Westerschelde vastgesteld. Dit werd beschouwd als een positieve ontwikkeling. Deze ontwikkeling heeft zich voortgezet in alle drie de zones van de Westerschelde.



Figuur 7-4: Overgang van hoogdynamisch litoraal naar laagdynamisch litoraal en omgekeerd bij vergelijking van de ecotopenkaarten van 2008 en 2015.

In de zones Zwak polyhalien en Mesohalien gaat dit samen met een toename van het laagdynamisch litoraal, maar in de zone Sterk polyhalien zijn er weliswaar sterke schommelingen in het areaal laagdynamisch litoraal, maar het totaalpatroon laat toch een lichte afname zien. Dit betekent dat het totale areaal litoraal in de zone Sterk polyhalien afneemt. In Figuur 7-4 wordt de overgang van hoogdynamisch litoraal naar laagdynamisch litoraal weergegeven en de tegengestelde overgang. In het Sterk polyhalien is bij de Hooge Platen aan de westkant en noordkant hoogdynamisch litoraal omgezet in laagdynamisch litoraal. Dit geldt ook voor de westpunt van de Lage Springer, de zuidoostpunt van Middelpaats west en het gebied voor het Zuidgors. Op de westkant van de Hooge Platen treedt echter ook overgang van laagdynamisch litoraal naar hoogdynamisch litoraal op. Op de Middelpaats oost en de Plaat van Baarland overheerst ook deze omzetting.

In het Zwak polyhalien domineert de omzetting van hoogdynamisch litoraal naar laagdynamisch litoraal. Dit vindt vooral op de Rug van Baarland plaats. In het Mesohalien overheerst eveneens de omzetting van hoogdynamisch litoraal naar laagdynamisch litoraal. Dit vindt vooral plaats op de Plaat van Valkenisse en de Slikken van Bath. Aan de zuidkant van de Plaat van Walsoorden en aan de west- en de oostkant van Saefthinghe vindt echter het omgekeerde proces plaats.

Ecotopenkaart 2008	Ecotopenkaart 2015		overig	totaal
	hoogdynamisch litoraal	laagdynamisch litoraal		
hoogdynamisch litoraal	719	390	295	1.404
laagdynamisch litoraal	179	1.258	210	1.647
overig	293	83	12.266	12.642
totaal	1.191	1.731	12.771	15.693

Ecotopenkaart 2008	Ecotopenkaart 2015		overig	totaal
	hoogdynamisch litoraal	laagdynamisch litoraal		
hoogdynamisch litoraal	552	253	129	934
laagdynamisch litoraal	115	637	26	777
overig	117	40	4.843	5.000
totaal	784	929	4.998	6.711

Ecotopenkaart 2008	Ecotopenkaart 2015		overig	totaal
	hoogdynamisch litoraal	laagdynamisch litoraal		
hoogdynamisch litoraal	778	392	147	1.317
laagdynamisch litoraal	163	794	60	1.017
overig	227	71	5.702	6.000
totaal	1.168	1.257	5.910	8.335

Tabel 7-5: *Samenvatting van de veranderingen in oppervlakte hoogdynamisch litoraal en laagdynamisch litoraal (in ha) op basis van de vergelijking van de ecotopenkaarten van 2008 en 2015. De tabel leest van links naar rechts.*

Tabel 7-5 laat zien dat de overgang van hoogdynamisch litoraal naar laagdynamisch litoraal in de periode 2008-2015 groter is dan de omgekeerde overgang, zodat er geen sprake is van een toename van hoogdynamisch litoraal ten koste van het laagdynamisch litoraal.

Door Goossens et al. (2017) is gekeken naar de ontwikkelingen bij de Hooge Platen door de plaatrandstoringen. Zij constateren met name een toename van het laagdynamisch litoraal aan de noordzijde van de Hooge Platen. Dit zou ten koste van de hoogdynamische delen gaan. Figuur 7-4 laat zien dat aan de noordzijde van de Hooge Platen weliswaar hoogdynamisch gebied overgaat in laagdynamisch gebied, maar de grootste veranderingen vinden plaats aan de westkant van de Hooge Platen.

De afname van de oppervlakte hoogdynamisch litoraal in de zone Zwak polyhalien ten gunste van laagdynamisch litoraal vindt vooral plaats op de Rug van Baarland. Goossens et al. (2017) wijten dit ook aan de autonome ontwikkeling waarbij het Middellgat verondiept en hier ook de dynamiek afneemt.

De plaatrandstoringen zijn verantwoordelijk voor de omzetting van hoogdynamisch litoraal in laagdynamisch litoraal bij de Plaat van Walsoorden (zie § 5.3.6). Voordat de plaatrandstoringen hier plaatsvonden was hier juist een tegengesteld patroon zichtbaar

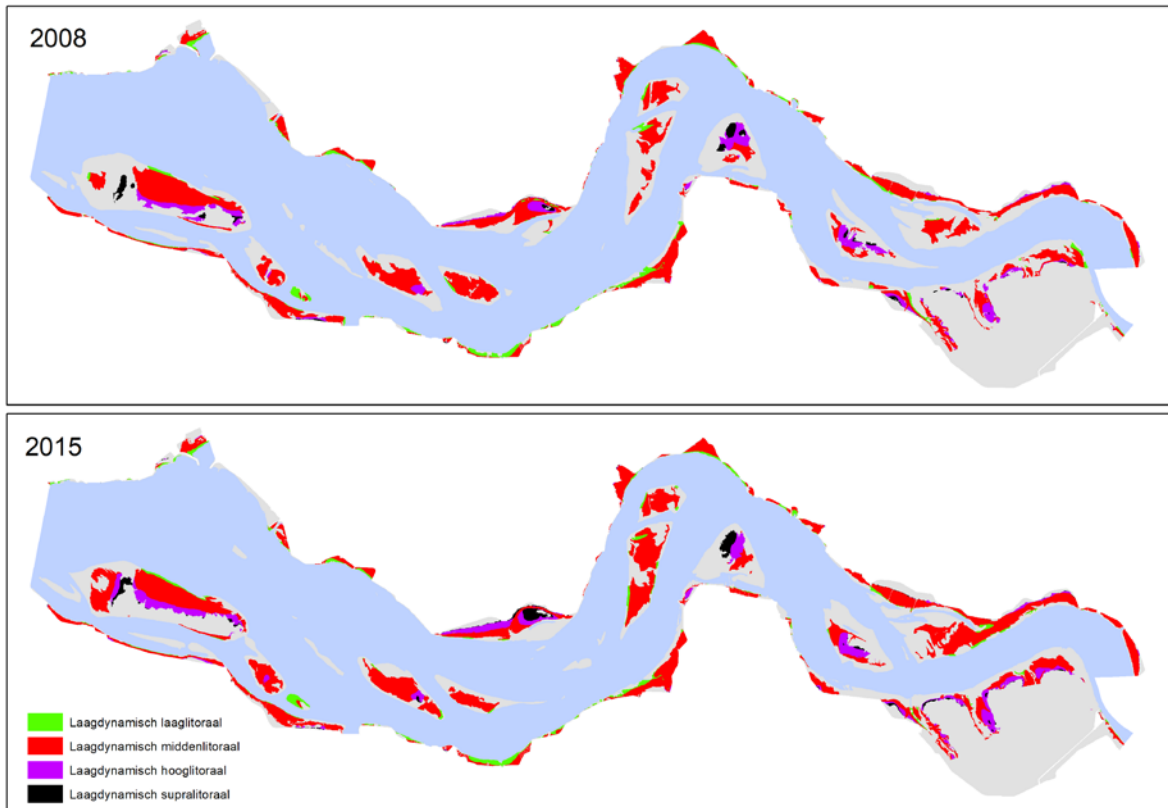
Voor de Rekenparameter hoogdynamisch litoraal is de evaluatie volgens de methodiek positief, omdat in alle zones het areaal hoogdynamisch litoraal afneemt.

7.2.4 Rekenparameter Laagdynamisch (laag-, middelhoog- en hooggelegen) litoraal

Figuur 7-5 geeft een overzicht van de verschillende hoogtezones in het laagdynamisch litoraal in 2008 en 2015 en Tabel 7-6 vat de ontwikkelingen samen. In de zone Sterk polyhalien is weliswaar sprake van een afname van het litoraal, maar per platensysteem zijn de ontwikkelingen verschillend. Op de Hooge Platen is aan de westkant het litoraal toegenomen, maar in het centrale deel is het areaal litoraal afgenomen door de ontwikkeling van

schorvegetatie. Op de Lage Springer is het areaal laagdynamisch middenlitoraal toegenomen en op de Middelpaten afgenomen.

In het Zwak polyhalien is op de Rug van Baarland de oppervlakte laagdynamisch middenlitoraal toegenomen. In het Mesohalien is de ontwikkeling weer plaatafhankelijk. Op de Plaat van Ossensisse is het areaal laagdynamisch litoraal afgenomen. Op de Plaat van Walsoorden is een deel van het litoraal overgegaan in schorvegetatie. Vooral op de Plaat van Valkenisse is er een aanzienlijke uitbreiding van het areaal laagdynamisch middenlitoraal.



Figuur 7-5: Ontwikkeling van het laagdynamisch litoraal, waarbij onderscheid is gemaakt in de verschillende hoogtezones. De data zijn afkomstig van de ecotopenkartering in 2008 en 2015.

In de Zeeschelde is overwegend sprake van een afname van het litoraal door overgang naar ondiep water, maar ook gaat een deel van het litoraal over in schorvegetatie. In de T2015 is de laatste jaren sprake van een toename van de oppervlakte litoraal in de zones Saliniteitsgradiënt en Oligohalien, terwijl er in de overige zones sprake is van een afname na 2010.

In de zone Sterk polyhalien hebben zowel aan de westkant als aan de noordkant van de Hooge Platen plaatrandbestortingen plaatsgevonden. Dit wordt weerspiegeld in een toename van de droogvalduur op deze plaatsen, die in de periode 2012-2015 met name in het centrale deel van de Hooge Platen tot uiting komt (zie Figuur 5-5). Goossens et al. (2017) geven aan dat dit aan de westkant heeft geleid tot aanvankelijk een toename van het laaglitoraal en het middenlitoraal, maar in 2015 was het laaglitoraal verdwenen en de oppervlakte middenlitoraal ook weer sterk afgenomen door de dynamiek ter plaatse.

Vooral aan de noordzijde van de Hooge Platen is de oppervlakte laagdynamisch litoraal toegenomen, dat vooral uit fijnzandig materiaal bestaat. Er heeft ook een verschuiving van het

laagdynamisch hooglitoraal in noordelijke richting plaatsgevonden, waarbij de vroegere locatie is bezet door schorvegetatie.

In de zone Zwak polyhalien heeft de oppervlakte laagdynamisch litoraal zich in de periode 2010-2015 positief ontwikkeld. Zoals al eerder aangegeven is hier vooral sprake van een autonome ontwikkeling. Het gebied bestaat vooral uit middelhoog, fijnzandig litoraal. Goossens et al. (2017) geven aan dat het hier vroeger aanwezige slibrijk middelhoog litoraal sinds 1996 vrijwel verdwenen is.

Sterk polyhalien	Ecotopenkaart 2015					totaal
	laag-litoraal	midden-litoraal	hoog-litoraal	supra-litoraal	overig	
Ecotopenkaart 2008						
laaglitoraal	85	48	0	0	27	160
middenlitoraal	3	872	174	18	213	1280
hooglitoraal	0	8	67	30	102	207
supralitoraal	0	0	4	16	36	56
overig	74	357	38	22	13.499	13.990
totaal	162	1.285	283	86	13.877	15.693

Zwak polyhalien	Ecotopenkaart 2015					totaal
	laag-litoraal	midden-litoraal	hoog-litoraal	supra-litoraal	overig	
Ecotopenkaart 2008						
laaglitoraal	44	21	0	0	24	89
middenlitoraal	6	517	9	0	82	614
hooglitoraal	0	4	35	16	20	75
supralitoraal	0	0	6	22	8	36
overig	42	239	7	6	5.603	5.897
totaal	92	781	57	44	5.737	6.711

Mesohalieu	Ecotopenkaart 2015					totaal
	laag-litoraal	midden-litoraal	hoog-litoraal	supra-litoraal	overig	
Ecotopenkaart 2008						
laaglitoraal	10	12	0	0	35	57
middenlitoraal	1	596	27	0	150	774
hooglitoraal	0	15	132	7	32	186
supralitoraal	0	1	8	7	9	25
overig	39	360	57	14	6.823	7.293
totaal	50	984	224	28	7.049	8.335

Tabel 7-6: Samenvatting van de verschuivingen binnen laagdynamisch litoraal (in ha) op basis van de vergelijking van de ecotopenkaarten van 2008 en 2015. De tabel leest van links naar rechts.

In de zone Mesohalieu is bij de Plaat van Walsoorden sprake van een toename van het middenlitoraal en in mindere mate van het hooglitoraal. Het laaglitoraal ontbreekt hier vrijwel. Op de Plaat van Valkenisse heeft het laagdynamisch middenlitoraal zich sterk uitgebreid. In de meer oostelijke delen is er geen ontwikkeling van het areaal laagdynamisch litoraal.

Voor de gehele Westerschelde geldt dat de oppervlakte laagdynamisch hooglitoraal toegenomen is van 468 ha naar 564 ha en de oppervlakte laagdynamisch supralitoraal van 116 ha naar 159 ha.

In de Zeeschelde is het areaal litoraal in de periode 2010-2013 met 2,6 ha afgenomen. De lichte toename van litoraal in de Saliniteitsgradiënt en Zoet korte verblijftijd, wordt vrijwel teniet gedaan door de afname in de zones Oligohalieu en Zoet lange verblijftijd. In de Rupel en de Durme is de afname van het litoraal zelfs 24,1 ha.

Voor de Rekenparameter Laagdynamisch litoraal is de evaluatie voor de Westerschelde volgens de methodiek overwegend positief, omdat in de zones Zwak polyhalien en Mesohalien de oppervlaktes van de verschillende hoogtezones stabiel of toenemend zijn. In de zone Sterk polyhalien neemt de oppervlakte laagdynamisch litoraal echter iets af en dit wordt veroorzaakt door een afname van het oppervlakte middenlitoraal.

Voor de Zeeschelde is de evaluatie volgens de methodiek negatief, omdat met uitzondering van de zone Saliniteitsgradiënt, de streefwaarden voor de oppervlakte litoraal in de verschillende zones in de Zeeschelde niet behaald worden. In de Rupel en de Durme is ook sprake van een afname van de oppervlakte litoraal, zodat hier de evaluatie ook negatief uitpakt.

7.2.5 Rekenparameter Pioniervegetatie (WS)

In de T2009 werd de ontwikkeling van pioniervegetatie in de Westerschelde negatief beoordeeld, omdat deze ontwikkeling voor een belangrijk deel op de platen plaatsvond, waar deze ontwikkeling ongewenst is.

In de T2015 dient het aandeel van de pioniervegetatie in de Westerschelde tussen 5-40% van de begroeide buitendijkse terreinen te bedragen. Daarnaast dient het aandeel op de platen niet toe te nemen.

Voor de gehele Westerschelde lag het aandeel pioniervegetatie beneden de 5%. Dit werd met name veroorzaakt door de situatie in de zone Mesohalien. In de twee andere zones werd wel aan de eis voldaan. Ten aanzien van de tweede eis werd in 2008 een piek bereikt door de oppervlakte pioniervegetatie op de platen in de zones Sterk polyhalien en het Mesohalien (in de zone Zwak polyhalien ontbreekt pioniervegetatie op de platen). Hierna is in beide gebieden de oppervlakte pioniervegetatie op de platen minimaal gehalveerd. Deze ontwikkeling wordt als gunstig beoordeeld.



Figuur 7-6: Overzicht van de plaatsen waar pionierschor is overgegaan in schorvegetatie in de periode 2008-2015 in de Westerschelde en omgekeerd. Als basis zijn de ecotopenkaarten van 2008 en 2015 gebruikt.

Sterk polyhalien		Ecotopenkaart 2015			
Ecotopenkaart 2008	pioniervegetatie	schorvegetatie	overig		totaal
pioniervegetatie	34	173	30		237
schorvegetatie	4	139	15		158
overig	86	60	15.153		15.299
totaal	124	372	15.198		15.694

Zwak polyhalien		Ecotopenkaart 2015			
Ecotopenkaart 2008	pioniervegetatie	schorvegetatie	overig		totaal
pioniervegetatie	2	6	8		16
schorvegetatie	1	20	0		21
overig	0	0	6.674		6.674
totaal	3	26	6.682		6.711

Mesohalieu		Ecotopenkaart 2015			
Ecotopenkaart 2008	pioniervegetatie	schorvegetatie	overig		totaal
pioniervegetatie	13	76	66		155
schorvegetatie	17	2.525	27		2.569
overig	21	30	5.560		5.611
totaal	51	2.631	5.653		8.335

Tabel 7-7: *Samenvatting van de verschuivingen binnen laagdynamisch litoraal (in ha) op basis van de vergelijking van de ecotopenkaarten van 2008 en 2015. De tabel leest van links naar rechts.*

Figuur 7-6 laat duidelijk zijn dat er vooral pioniervegetatie omgezet is in schorvegetatie. Alleen in Saefthinghe heeft lokaal het omgekeerde proces plaatsgevonden. De bijbehorende oppervlakten staan weergegeven in Tabel 7-7.

In de zone Sterk polyhalien wordt de afname van de oppervlakte pioniervegetatie veroorzaakt door natuurlijke processen als het invangen van zand in de zich ontwikkelende vegetatie op de platen, waardoor pioniervegetatie overgaat in schorvegetatie op de Hooge Platen. Daarnaast gaat laagdynamisch hooglitoraal over in pioniervegetatie. In de zone Sterk polyhalien gaat 173 ha pioniervegetatie over in schorvegetatie en 56 ha laagdynamisch hooglitoraal gaat over naar pioniervegetatie. Dit weerspiegelt de afname van de pioniervegetatie met bijna 120 ha.

In het Zwak polyhalien gaat de pioniervegetatie ook achteruit in de periode 2008-2015: ongeveer 6 ha wordt omgezet in schor en ook 6 ha in laagdynamisch litoraal. In het Mesohalieu is een vergelijkbare ontwikkeling zichtbaar. Hier gaat 76 ha pioniervegetatie over in schorvegetatie en 35 ha pioniervegetatie wordt laagdynamisch litoraal. Omgekeerd wordt 38 ha nieuwe pioniervegetatie gevormd. Dit resulteert in een netto verlies van 100 ha in de periode 2008-2015.

Voor de Rekenparameter Pioniervegetatie voor de Westerschelde is de evaluatie volgens de methodiek weliswaar overwegend positief, omdat 1) het aandeel pionierschor in twee van de drie zones binnen de grenswaarden ligt en 2) in alle zones het areaal pionierschor op de platen achteruit gaat of ontbreekt. Echter, in de evaluatie wordt dit als zowel positief als negatief weergegeven, omdat in het Mesohalieu het areaal pioniervegetatie lager dan de minimaal gewenste 5% is.

7.2.6 Rekenparameter Schorvegetatie

In de T2009 werd de ontwikkeling van de oppervlakte schorvegetatie in de Westerschelde als negatief beoordeeld, omdat de toename met name op de platen plaatsvond, waar deze ontwikkeling ongewenst is. In de T2015 was de beoordeling van schorvegetatie op de slikken positief, omdat de oppervlakte hiervan toenam, terwijl in de zones Sterk polyhalien en Mesohalieu de beoordeling van de ontwikkeling op de platen negatief was. In de zone Zwak polyhalien groeide geen schor op de platen. De beoordeling van de kwaliteit vindt plaats in de paragrafen 7.3.4 en 7.3.5.

In de zone Sterk polyhalien vond de toename van de schorvegetatie met name plaats op de Hooge Platen in de compartimenten 1 en 2 resp. de noord- en de zuidzijde van de Hooge Platen. Deze ontwikkeling vanuit pioniervegetatie heeft vanaf 2009 plaatsgevonden en zal ongetwijfeld samenhangen met het invangen van materiaal door de vegetatie.

Ook bij de Plaat van Walsoorden heeft een sterke schorontwikkeling vanuit pioniervegetatie plaatsgevonden.

In de T2009 krijgt de Zeeschelde een negatieve evaluatie voor de rekenparameter schorvegetatie, omdat de arealen kleiner zijn dan de referentiearealen. In de T2015 krijgt de zone Zoet korte verblijftijd een positieve evaluatie, omdat voldaan wordt aan de oppervlakte-eis van het referentieareaal. Voor de Rupel en de Durme is geen referentieareaal beschikbaar, maar omdat de oppervlakte schor toeneemt, worden deze gebieden positief geëvalueerd. De overige gebieden voldoen bij lange niet aan de referentiearealen.

De toename van schor komt vooral tot stand door de omzetting van de potentiële pionierzone en van hoog slik in schor. Dit wordt ook weerspiegeld in een toename van het aandeel schor dat een breedte heeft van meer dan 75 m. In de zones Oligohalien en de Zoet lange verblijftijd is er een uitbreiding van met name de smalle schorzones. In deze zones vindt sedimentatie plaats op de gestorte breuksteenzones, waarna de schorvegetatie zich hier op uitbreidt (INBO: Moneos-rapport in prep.).

De voornaamste trends in Zoet korte verblijftijd weerspiegelen de veranderingen op het traject Gentbrugge – Melle: het verondiepen van het traject met laterale uitbreiding van schorvegetatie en in recente periode 2010-2013 het uitbaggeren van de zone tussen ringvaart en Heusden en het verder lateraal uitgroeien van schor tussen Heusden en Gentbrugge (schrift. med. INBO).

Voor de Rekenparameter schorvegetatie is de evaluatie voor de Westerschelde volgens de methodiek deels positief en deels negatief en voor de Zeeschelde geldt hetzelfde. Op de Westerschelde neemt weliswaar de oppervlakte schorvegetatie toe, maar in twee zones ook op de platen (ongewenst). In de Zeeschelde voldoet alleen de zone Zoet korte verblijftijd aan de referentiewaarde. Voor de Rupel en Durme zijn geen referentieaarden, maar is wel de oppervlakte schorvegetatie licht toegenomen.

7.3 Toetsparameter Kwaliteit

De kwaliteit van de habitat kan opgesplitst worden in enerzijds de abiotische kwaliteit (structuur), die voornamelijk afhankelijk is van de fysische processen en anderzijds de biologische kwaliteit (aanwezigheid van organismen), bepaald door de beschikbaarheid aan voedsel. De kwaliteit wordt dus gestuurd door de hydrodynamiek, morfologische processen, aanwezigheid van hoogtegradiënten, ruimte voor zonerings in de habitats, de biologische diversiteit en biomassa. In dit hoofdstuk wordt de abiotische kwaliteit besproken. De biologische component is terug te vinden bij §8.2 van Flora en Fauna.

7.3.1 Rekenparameter Laagwaterstrook grenzend aan laagdynamisch litoraal

De lengte van de laagwaterlijn grenzend aan laagdynamisch gebied (LW-LD) is een belangrijke maat met betrekking tot mogelijkheden voor steltlopers om voldoende lang te kunnen foerageren. Dit geldt zeker in de winter, wanneer de steltlopers meer voedsel nodig hebben en dus veel foerageeruren moeten maken. Bij de Zeeschelde wordt er momenteel nog geen

onderscheid gemaakt tussen hoog- en laagdynamisch. Daarom wordt voor de Zeeschelde de lengte van de laagwaterlijn, grenzend aan het zacht substraat als rekenparameter meegenomen. Deze rekenparameter wordt positief geëvalueerd indien de meest recente waarde hoger ligt dan in T2009 (zie Tabel 7-2 voor de referentie jaren).

De LW-LD is in alle saliniteitszones van de Westerschelde gestegen ten opzichte van T2009. De Westerschelde wordt dus positief beoordeeld. Op de Zeeschelde in zijn geheel kromp de laagwaterstrook grenzend aan het zacht substraat waardoor dit deelsysteem een negatieve evaluatie krijgt. De LW-LD nam af in de oligohaliene zone, de zoete zone met lange verblijftijd en op de zijrivieren (Durme en Rupel). In de zone met sterke saliniteitsgradiënt en de zoete zone met korte verblijftijd steeg de LW-LD.

Deze rekenparameter kan niet éénduidig geëvalueerd worden doordat beide deelsystemen in een verschillende richting veranderen. Daarom wordt er een neutrale beoordeling toegekend aan de rekenparameter LW-LD.

7.3.2 Rekenparameter Helling litoraal en gehele profiel

De helling van het litorale gebied geeft een indicatie of het gebied voldoende tijd biedt aan vogels om te foerageren, of deze geschikt is voor schorontwikkeling en of het als schuilplaats kan dienen voor juveniele vissen. Bij de analyse wordt enerzijds gekeken naar de helling van het litoraal en anderzijds naar de helling van het gehele profiel vanaf het hoogste punt tot in de geul. Het litoraal omvat zowel de platen als de slikken. De schorren, het supralitoraal, de pionierzones en een verzamelgroep 'overig' werden niet mee opgenomen in deze berekening.

Het criterium voor de gemiddelde helling van het volledige profiel op de Westerschelde werd in geen enkele zone overschreden. Conform de evaluatiemethodiek wordt dit deelsysteem dus positief geëvalueerd. Het lijkt er echter op dat de helling van het gehele profiel geen bruikbare parameter is voor de Westerschelde. Mogelijk ligt deze grens te hoog. Dit geldt zeker voor de Westerschelde, waar vrijwel de gehele breedte ingenomen wordt door slik. Veranderingen in deze parameter zullen voornamelijk veroorzaakt worden door het teruglopen van de geulwand, die op veel plaatsen vast ligt.

In de Zeeschelde wordt de waarde van de helling van het litoraal enkel positief geëvalueerd in OMES 10 en op de tijarm Gentbrugge-Melle. Alle overige zones vertoonden een negatieve verandering ten opzichte van T2009. De helling van het volledige profiel wordt in alle zones van de Zeeschelde negatief geëvalueerd. Dit duidt er op dat het gebied onder een aanzienlijke erosie druk staat. Dit werd deels beïnvloed door antropogene ingrepen. Zo werd de vaargeul in de Beneden-Zeeschelde verdiept tijdens de derde verruiming, terwijl er bij het onderhoudsbaggerwerk in de Boven-Zeeschelde continu sediment uit het systeem wordt gehaald (§4.2.3). Merk op dat deze baggerlocaties relatief beperkt zijn in oppervlakte tegenover de volledige Zeeschelde.

Deze parameter lijkt enkel toepasbaar voor de Zeeschelde, waar ze een negatieve verandering kent. De rekenparameter wordt dus negatief beoordeeld.

7.3.3 Rekenparameter Hoogtegradiënt laagdynamisch gebied

De aanwezigheid van de volledige hoogtegradiënt (hoog, midden en laag) in het laagdynamisch litoraal is van belang voor het goed functioneren van de fauna op de platen en slikken. Dit

omdat verscheidene soorten gedurende de verschillende stadia in hun levenscyclus de voorkeur geven aan andere hoogtezones. Wanneer er sprake is van een volledig aaneengesloten hoogtegradiënt binnen een laagdynamisch gebied, kunnen de verschillende soorten optimaal migreren. In de Zeeschelde wordt er voorlopig nog geen onderscheid gemaakt naar dynamiek en wordt deze parameter niet berekend.

Deze rekenparameter wordt geëvalueerd op basis van het wel of niet aanwezig zijn van een volledig aaneengesloten gradiënt. Een toename van het aantal platen en slikken met een aaneengesloten gradiënt is gunstig (zie Tabel 7-2 voor de referentie jaren). De volgende veranderingen deden zich voor ten opzichte van de situatie in T2009 (zie Bijlage H.2):

Locaties waar de hoogtegradiënt verdween:

- Rug van Baarland: Door erosie veranderde het hooggelegen laagdynamisch litoraal in middelhoog gelegen laagdynamisch litoraal.

Locaties waar de volledige hoogtegradiënt ontsloten werd:

- Slikken van Everingen: ontstaan van laaggelegen laagdynamisch litoraal door sedimentatie van het sublitoraal.
- Plaat van Walsoorden: ontstaan van laaggelegen laagdynamisch litoraal door sedimentatie van het sublitoraal dankzij de plaatrandstortingen.

Aangezien er zich zowel positieve als negatieve ontwikkelingen voordeden, wordt deze rekenparameter neutraal geëvalueerd. De volledige hoogtegradiënt werd wel op meer locaties ontsloten dan voorheen in T2009. De vraag blijft echter hoe groot iedere hoogtezone moet zijn om een aanzienlijke impact te hebben op het ecosysteem.

7.3.4 Rekenparameter Zonering schorhabitat

Een schor is opgebouwd uit vier opeenvolgende schorzones. Gaande van laag naar hoog zijn dit: de pionierszone, laag, middelhoog en hoog schor. Binnen ieder compartiment dient elke schorzone voldoende vertegenwoordigd te zijn. Er is sprake van een evenwichtige situatie indien iedere zone (pionierschor, laag, middelhoog en hoog schor) minimaal 5% en maximaal 40% van het totale schoroppervlak bedraagt. De referentiewaarde is echter alleen gevalideerd voor de poly- en mesohaliene zones. Deze rekenparameter dient daarom niet berekend te worden voor de Zeeschelde. Verder is gebleken dat deze hoogte-indeling niet goed werkt voor de mesohaliene zone.

De zonering van laag, middelhoog en hoog schor wordt normaal beschreven in de vegetatiekaart. Aangezien er nog geen vegetatiekaart werd uitgebracht na 2010, kon deze rekenparameter niet geëvalueerd worden. Een nieuwe vegetatiekaart zal pas beschikbaar zijn na oplevering van dit rapport. Er wordt voorgesteld om in de toekomst het opstellen van de vegetatiekaart te synchroniseren met de evaluatie van het Schelde-estuarium.

7.3.5 Rekenparameter Breedte schorhabitat

Een schorhabitat kan pas goed functioneren als deze voldoende breed is zodanig dat alle onderdelen van de habitat naast elkaar kunnen aanwezig zijn. Voor het volledige Schelde-estuarium wordt een minimale breedte van 75-100 m aangenomen. Deze waarde is ontleend aan analyse op de Zeeschelde en toegepast op de Westerschelde (Maris et al., 2014). Binnen deze studie wordt, analoog aan T2009, een grens van 75 m gebruikt. Deze parameter wordt

positief geëvalueerd indien het areaal breed schor – gedefinieerd als areaal schor dat zich op meer dan 75 m van de landwaartse schorrand bevindt – in 2015 hoger ligt dan in T2009.

Op de Westerschelde steeg het areaal breed schor met 17 ha tussen 2008 en 2015, wat neer komt op een beperkte groei van 1%. Op de Zeeschelde groeide het areaal breed schor met 33ha tussen 2010 en 2013 of 33% ten opzichte van 2010. Aangezien het areaal breed schor uitbreidde in beide deelsystemen, wordt deze rekenparameter positief beoordeeld.

De ontwikkeling van de schorren die breder zijn dan 75 m, staat samengevat in Tabel 7-8. Hieruit blijkt dat de positieve ontwikkeling op de Zeeschelde is voornamelijk te danken aan de natuurontwikkelingsprojecten horende bij het Sigmaplan (Tabel 7-8 en Bijlage B). Merk op dat de ontpoldering in Heusden al dateert van in 2003, maar tussen 2010 en 2013 groeide het schor hier verder aan. De ontwikkelingen op de Westerschelde zijn daarentegen – met de beschikbare dataset – meestal niet rechtstreeks aan antropogene ingrepen te linken. Enkel de afname in de Sloehaven kan rechtstreeks gelinkt worden aan het opspuiten en omvorming van schor naar industriezone. De overige ontwikkelingen zijn dus het gevolg van autonome processen van het systeem, die zich voordeden binnen de door de mens opgelegde randvoorwaarden (§5.3).

Deelsysteem	Inkrimping	Uitbreiding
Westerschelde	Schor in Sloehaven	Schor nabij de Paulinapolder
	Westkant Zuidgors	Oostkant Zuidgors
	Schor van Waarde	Platen van Hulst
	Noord- en ooststrand van Saefthinghe	Plaat van Baarland Slikken van Bath
Zeeschelde		Potpolder Lillo
		Burchtse Weel
		Bergenmeersen
		Ontpolderde zone nabij Heusden

Tabel 7-8: Ontwikkeling schorren breder dan 75 m.

7.3.6 Rekenparameter Oeverbreedte

Voor een gezonde schordynamiek, is een voldoende brede oever tot aan de laagwaterlijn noodzakelijk. Deze schordynamiek bestaat uit de vestiging van de pioniervegetatie op het hooggelegen slik, ontwikkeling tot schor en uiteindelijk de geleidelijke afkalving van het schor door kliferosie. Bij deze rekenparameter omvat de term oever zowel de slikken als de schorren. Gecontroleerde OverstromingsGebieden (GOG) werden niet mee in rekening gebracht aangezien deze meestal niet mee zijn opgenomen in de ecotopenkaart. De gecontroleerde gereduceerde getijdengebieden (GGG) die al in werking traden zijn wel mee opgenomen. Voor de Westerschelde wordt een ondergrens van 1000 m gehanteerd. Op de Beneden-Zeeschelde is een oever van 300m noodzakelijk en voor de Boven-Zeeschelde en zijrivieren is een oever van 230m vereist.

In de Westerschelde wordt er enkel op Saefthinghe een voldoende brede oever teruggevonden. Merk wel op dat de gevraagde ondergrens vele malen groter is dan deze op de Zeeschelde. Mogelijk dient deze ondergrens herzien te worden. In de Zeeschelde is de brede oever hoofdzakelijk beperkt tot één saliniteitszone: de zone met sterke saliniteitsgradiënt. Hier is de oever breed genoeg nabij Buitenschoor en de Schaar van Ouden Doel. In de overige

saliniteitszones is het areaal brede oever beperkt tot onbestaande. In beide deelsystemen is het areaal vrij stabiel doorheen de tijd.

Aangezien het areaal oever in de meeste saliniteitszones onvoldoende breed is, wordt deze rekenparameter negatief beoordeeld.

7.4 Toetsparameter Turn-over

De turn-over is de maat van de omzetting van het ene ecotoop naar het andere ecotoop conform de ecotopenkaart op een specifieke locatie. De verhoging van de gemiddelde turn-over is ongewenst, omdat een hoge mate van turn-over in een korte tijdsperiode nadelig is voor vestiging en ontwikkeling van bodemdiergemeenschappen en voor de ontwikkeling van schorvegetaties (Maris et al., 2014). Een zekere mate van turn-over is echter gewenst om ook soorten van dynamische milieus vestigingsmogelijkheden te bieden. Daarnaast heeft een overgang van hoogdynamisch litoraal naar laagdynamisch litoraal een ander effect op de bodemfauna dan van laagdynamisch laaglitoraal naar laagdynamisch middenlitoraal. In het eerste geval veranderen met name de vestigingsmogelijkheden van macrozoöbenthos, terwijl in het tweede geval de predatie van macrozoöbenthos door vissen afneemt en de predatie door vogels toeneemt.

Belangrijk bij de berekening van de turn-over is dat de tijdsperiode die vergeleken wordt min of meer constant is. Met een toenemende tijdsperiode neemt de kans op turn-over toe, maar daarnaast kan een ecotoop na aanvankelijk over te zijn gegaan naar een ander ecotoop, ook weer terug veranderen. Dit maakt het vergelijken van de ontwikkelingen in de Zeeschelde niet goed mogelijk, omdat hiervoor slechts een beperkt aantal volledige ecotopenkaarten beschikbaar is: van 2001, 2010 en 2013.

7.4.1 Rekenparameters Gemiddelde turn-over

In de T2009 werd aangegeven dat een goede kwantitatieve vergelijking niet mogelijk is, omdat de periode tussen de ecotopenkaarten steeds verschilt. Hierdoor kon een beoordeling niet plaatsvinden, omdat de vastgestelde veranderingen in turn-over het gevolg lijken te zijn van verschillen in waarnemingsperiode.

In de T2015 was het voor de Westerschelde mogelijk om drie bijna vergelijkbare perioden te selecteren van resp. 5, 7 en 7 jaar. Hieruit kwam naar voren dat met name in de zone Sterk polyhalien de turn-over is toegenomen en dan vooral in de compartimenten 1 en 2. In compartiment 3 was de turn-over gelijk gebleven. Ook in compartiment 5 van het Mesohalien nam in de laatste periode van 7 jaar de turn-over toe.

Indien naar de droogvalduurkaarten wordt gekeken (zie Figuur 5-5), blijkt in compartiment 1 met name de droogvalduur (sedimentatie) te zijn toegenomen, terwijl in compartiment 2 langs de zuidrand van de Hooge Platen een afname van de droogvalduur (erosie) heeft plaatsgevonden en aan de zuidkant van het vaarwater langs Hoofdplaat juist een toename (sedimentatie).

In het Zwak polyhalien vertoonde de Rug van Baarland voornamelijk erosie en dan vooral aan de oostkant. In het midden was ophoging door verzanding van oude kortsluitgeulen. Bij de Molenplaat treedt erosie op aan de oostkant en sedimentatie aan de westkant. De Platen van Hulst vertonen aan de zuidkant erosie en aan de noordkant sedimentatie (Figuur 5-7). In het

Mesohalien laat de Plaat van Ossenissee vooral erosie van het litoraal aan de westkant zien, terwijl het centrale deel ophooft (Figuur 5-8). Het intergetijdengebied van de Plaat van Walsoorden onderging zowel aan de oost- als de westkant erosie en in het zuidwesten plaatval door afkalving. Door stortingen op de noordelijke plaatrand breidde het intergetijdengebied hier uit. Het centrale deel bleef stabiel qua droogvalduur. De Plaat van Valkenisse hoogde op en duwde de Zimmermangeul, die deels verzandde, in noordelijke richting, waar erosie van het slik plaatsvond. Bij Bath nam het areaal intergetijdengebied af: de hoge en middelhoge delen hoogden op en de lagen delen erodeerden (Figuur 5-9). Het algemene patroon is dat de hoogte van de platen toeneemt, met hieraan gekoppeld de overgang van sublitoraal naar litoraal en vervolgens naar pioniervegetatie en schorvegetatie.

Voor de volledige Zeeschelde was het alleen mogelijk 2001 met 2010 te vergelijken en 2010 met 2013. In de eerste periode is de turn-over met uitzondering van compartiment 17 in de zone Zoet korte verblijftijd altijd groter dan de turn-over in de tweede periode. De turn-over is in de zone Zoet korte verblijftijd zowel in de eerste als in de tweede periode aanzienlijk hoger dan in de andere zones. Uit de vergelijking van de ecotopen van 2010 met die van 2013 blijkt dat de hoge turn-over in Zoet korte verblijftijd met name wordt veroorzaakt door de overgang van litoraal in ondiep water en de overgang van litoraal naar schor. Het oppervlak litoraal neemt in deze periode af met 25%, terwijl dit in de overige gebieden van de Beneden-Zeeschelde maximaal 15% is (Tabel 7-9). In de Rupel loopt dit ook op tot 25% en in de Durme zelfs tot 40%.

In de Zeeschelde neemt in stroomopwaartse richting zowel het aandeel litoraal in de zones toe als het aandeel litoraal, dat in de periode 2010-2013 overgaat in een ander ecotoop. Van Ryckegem et al. (2017) geven aan dat er in de periode 2010-2014 sprake is van een doorgaande vermindering in oppervlak van het ondiep water en laag litoraal en een toename van het areaal hoog litoraal. Dit zorgt voor een opbolling van het litoraal. Voor de Durme geven zij aan dat de afname van het litoraal voor de helft wordt veroorzaakt door de zandwinning/uitruiming. De andere helft van het verlies is te wijten aan de laterale toename van schor langs de gehele Durme, maar vooral in de meest stroomopwaartse delen.

Zone	Totale oppervlakte (ha)	Oppervlakte litoraal (ha)	Aandeel litoraal	Omzetting van aandeel litoraal (%)
Saliniteitsgradiënt	2.788	434,5	15,6	14,6
Oligohalien	866	133,6	15,4	9,4
Zoet lange verblijftijd	517	70,3	13,6	11,0
Zoet korte verblijftijd	300	61,6	20,6	24,0
Rupel	232	54,1	23,3	24,6
Durme	124	54,7	43,9	40,0

Tabel 7-9: Overzicht van het totale oppervlak per zone van de Zeeschelde, het oppervlak litoraal, het aandeel van het litoraal en het aandeel litoraal dat in de periode 2010-2013 is omgezet.

Voor de Rekenparameter Turn-over is de evaluatie volgens de methodiek overwegend positief voor de Westerschelde en positief voor de Zeeschelde. Alleen in de zone Sterk polyhalien van de Westerschelde neemt de turn-over toe.

7.4.2 Rekenparameter Turn-over in de tijd

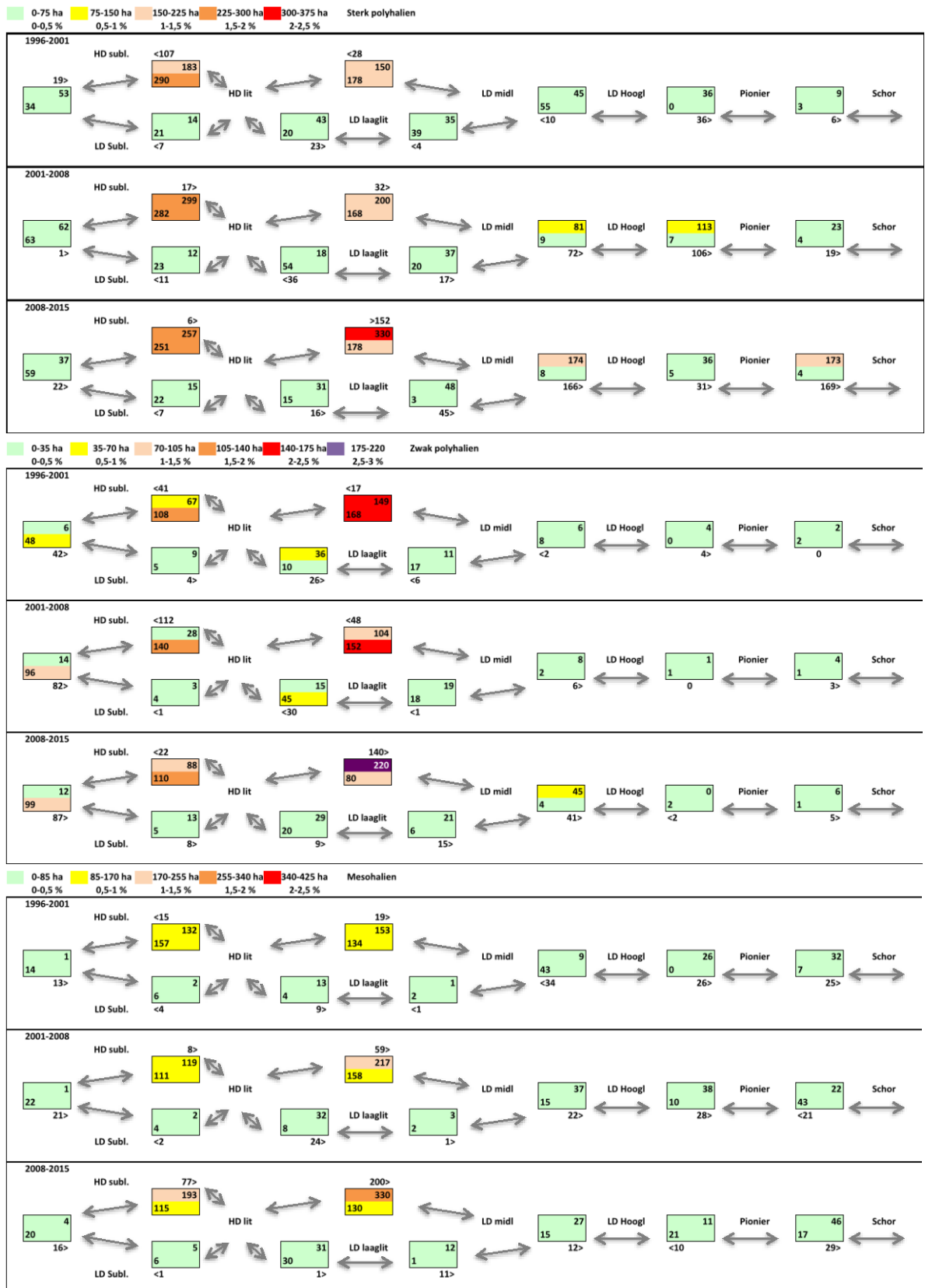
In de voorgaande paragraaf is ingegaan op de ontwikkeling van de gemiddelde turn-over per zone. Dit geeft echter weinig inzicht in de veranderingen die daadwerkelijk hebben

plaatsgevonden. Om hier meer inzicht in te krijgen zijn draaitabellen gemaakt, waarin per zone staat aangegeven of een ecotoop voor een deel al dan niet in een andere ecotoop is overgegaan. Hierbij is dezelfde indeling aangehouden als in de vorige paragraaf. In Bijlage H.3 staan de draaitabellen. Figuur 7-7 vat de belangrijkste ontwikkelingen in de drie zones van de Westerschelde samen.

In de Westerschelde in de zone Sterk polyhalien vinden in de periode 1996-2001 de grootste omzettingen plaats in arealen tussen hoogdynamisch litoraal en hoogdynamisch sublitoraal, en tussen hoogdynamisch litoraal en laagdynamisch middenlitoraal. Daarnaast is er verschuiving van het areaal van middenlitoraal naar hooglitoraal en van pioniervegetatie naar schorvegetatie. In vergelijking met eerdere perioden domineert nu de overgang naar hoger gelegen zones. Op de platen is sprake van een proces dat omgekeerd is aan de zandhonger in de Oosterschelde. Op de slikken lukt dit vaak niet, omdat daar het geulwater vaak uit de geul wordt geslingerd, waardoor er vaal erosie is tot de veenlaag of tot er te veel schelpen aan de oppervlakte komen (schrift. med. D. de Jong).

In het Zwak polyhalien domineren ook de omzettingen van hoogdynamisch sublitoraal naar hoogdynamisch litoraal en vervolgens naar laagdynamisch middenlitoraal. Omzettingen van deze laatste zone naar hogere zones ontbreken vrijwel, omdat de platen niet breed genoeg zijn voor deze ontwikkeling. In de eerdere perioden overheersten de omzettingen van hoger gelegen zones naar lager gelegen zones, maar in de periode 2008-2015 overheerst de ontwikkeling van hoogdynamisch litoraal naar laagdynamisch middenlitoraal (Figuur 7-7).

In het Mesohalien vinden eveneens de belangrijkste omzettingen plaats in de zones hoogdynamisch sublitoraal, hoogdynamisch litoraal en laagdynamisch middenlitoraal. Aanvankelijk is de netto-omzet gering maar geleidelijk gaat de omzetting van hoogdynamisch litoraal naar laagdynamisch middenlitoraal domineren. Omzettingen naar hoger gelegen zones vinden nauwelijks plaats.



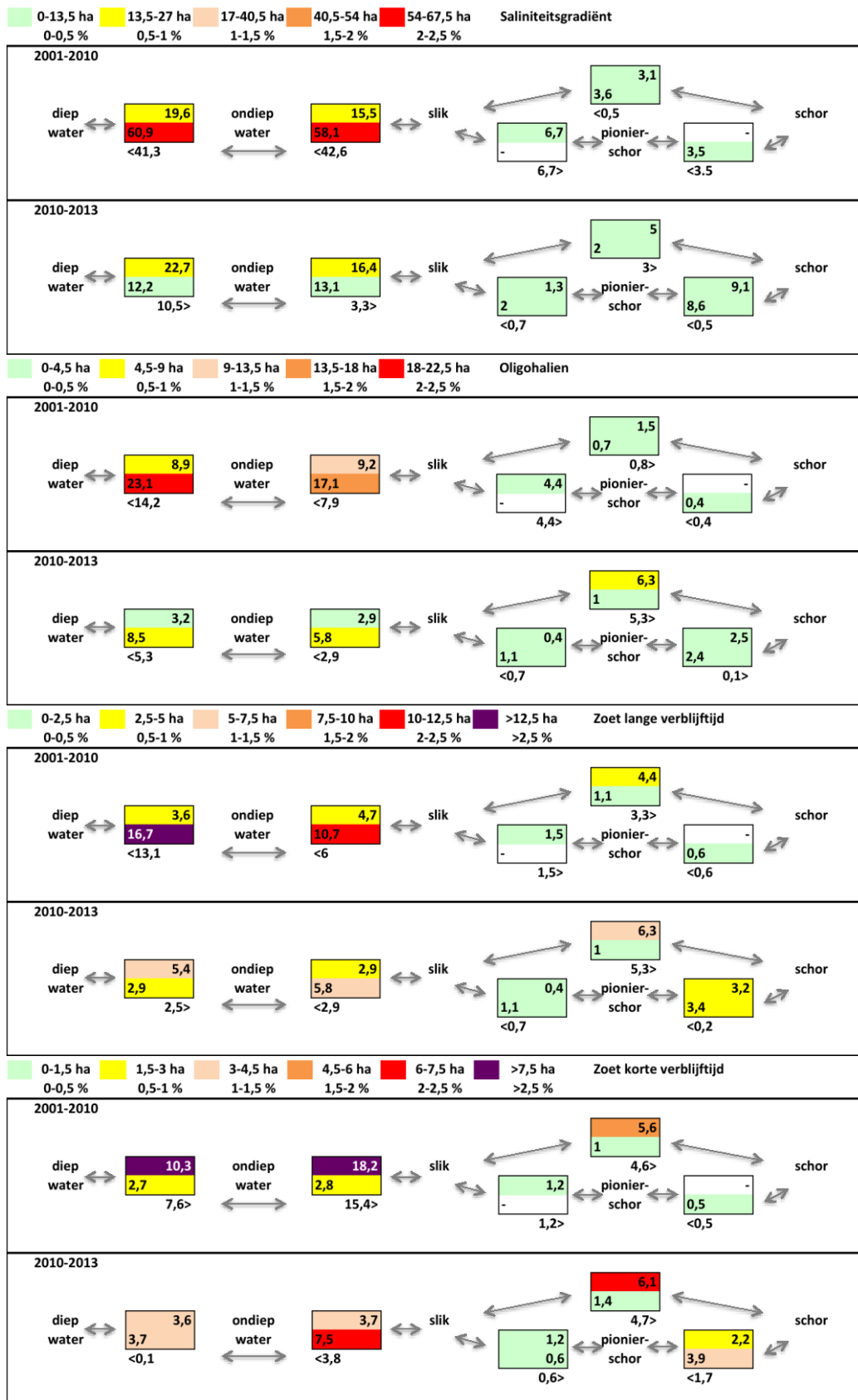
Figuur 7-7: Belangrijkste veranderingen tussen ecotopen in ha en % per zone van de Westerschelde per periode per zone. De kleur geeft de omvang van de veranderingen in ha. HD = hoog-dynamisch, LD = Laagdynamisch. Het bovenste getal in het blok geeft een verschuiving van een linker ecotoop naar een rechter ecotoop aan en het onderste getal de omgekeerde ontwikkeling. Onder het blok is de nettoverandering aangegeven. Ook de verandering van Hoogdynamisch litoraal naar Laagdynamisch middelhoog litoraal is aangegeven.

Figuur 7-8 geeft een overzicht van de overgangen in de Zeeschelde. In de periode 2001-2010 zijn er in de Saliniteitsgradiënt vooral overgangen van slik naar ondiep water en van ondiep water naar diep water, waarbij de verdieping overheerst. Verschuivingen in de hoger gelegen arealen treden weinig op. In de periode 2010-2013 is de verdieping van de lager gelegen delen afgenomen is er zelfs een netto omzetting van diep water naar ondiep water.

In de zone Oligohalien vindt er in de periode 2001-2010 een duidelijke verdieping plaats, waarbij slik overgaat in ondiep water en ondiep water in diep water. Op de hogere delen zijn de veranderingen beperkt: er gaat wat slik over in pioniervegetatie. In de periode 2010-2013 vindt netto nog steeds een verdieping plaats, maar deze is afgenomen. Een deel van het litoraal heeft zich ontwikkeld tot schorvegetatie.

In de zone Zoet lange verblijftijd domineert ook de verdieping van de lager gelegen zones in de periode 2001-2010. In de periode 2010-2013 wordt nog slik omgezet in ondiep water, maar tevens gaat diep water over in ondiep water. Ook hier gaat in de laatste periode een deel van het litoraal over in schorvegetatie.

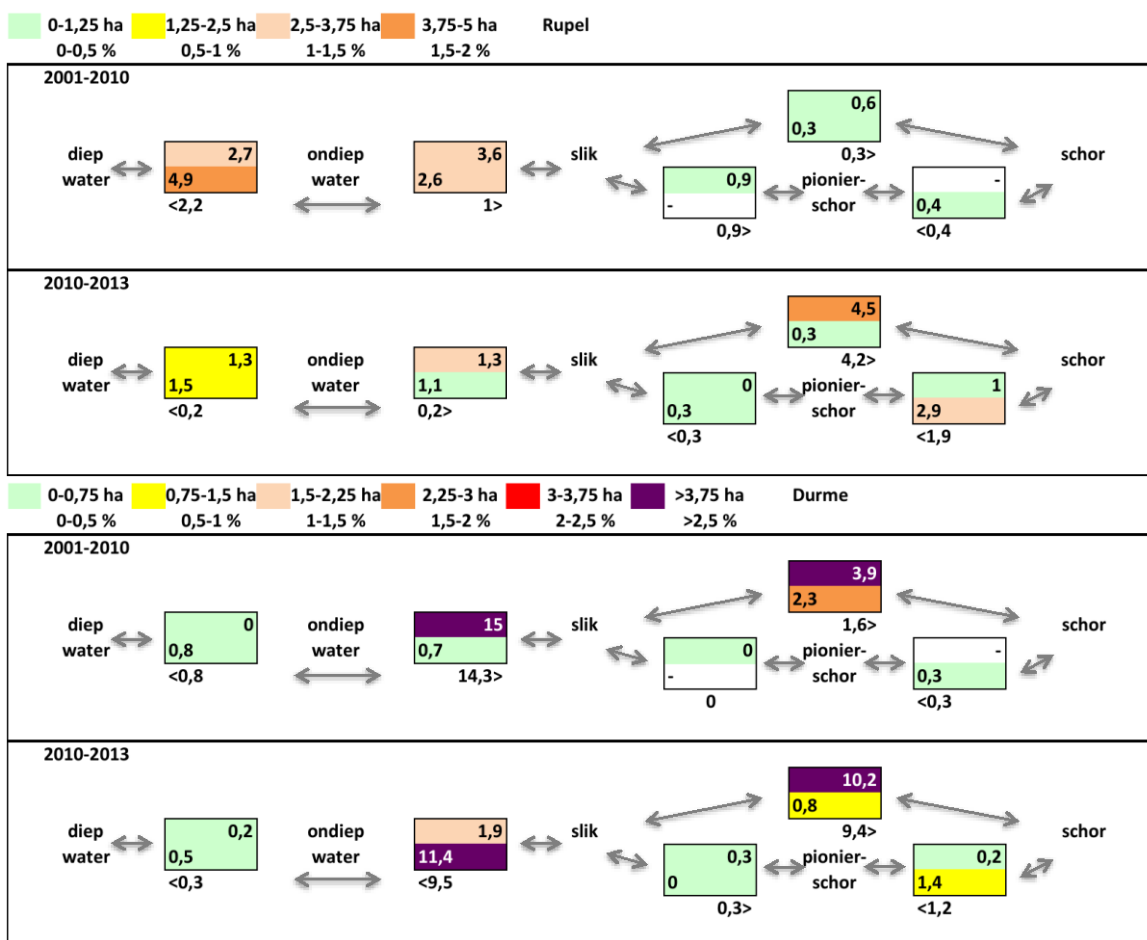
In de zone Zoet korte verblijftijd is de ontwikkeling tegengesteld aan die in de andere zones. Er vindt in de periode 2001-2010 juist een verondieping plaats van het diep en ondiep water en een deel van het litoraal gaat over in schorvegetatie. Deze laatste ontwikkeling zet zich voort in de periode 2010-2013, maar er is netto een lichte verdieping van het litoraal en het ondiep water.



Figuur 7-8: Belangrijkste veranderingen tussen ecotopen in ha en % per zone van de Beneden Zeeschelde, voor twee perioden. De kleur geeft de omvang van de veranderingen in ha. Een getal boven geeft de verschuiving van een linker ecotoop naar een rechter ecotoop aan en een getal onder de omgekeerde ontwikkeling. Onder het blok is de netto verandering aangegeven.

In de Rupel vinden in de periode 2001-2010 de grootste veranderingen plaats tussen diep en ondiep water en tussen ondiep water en litoraal, maar de netto veranderingen blijven beperkt (Figuur 7-9). De veranderingen van litoraal naar hoger gelegen zones zijn minimaal. In de periode 2010-2013 nemen de veranderingen in de lage delen af, maar gaat een deel van het litoraal over in schorvegetatie en een deel van de schorvegetatie gaat over in pioniervegetatie.

In de Durme neemt in de periode 2001-2010 de oppervlakte ondiep water af door de overgang naar litoraal (Figuur 7-9). Daarnaast zijn er overgangen tussen litoraal en schor en omgekeerd. Er is een netto-toename van de schorvegetatie ten koste van het litoraal. In de periode 2010-2013 gaat er veel litoraal over in ondiep water, terwijl ook veel litoraal hier begroeid raakt. Dit verklaart de sterke afname van het litoraal in deze laatste periode. De overgang van litoraal naar ondiep water in de laatste periode zal vooral door de baggeractiviteiten in de Durme veroorzaakt worden.



Figuur 7-9: Belangrijkste veranderingen tussen ecotopen in ha en % van de Rupel en de Durme, voor twee perioden. De kleur geeft de omvang van de veranderingen in ha. Een getal boven geeft een verschuiving van een linker ecotoop naar een rechter ecotoop aan en een getal onder de omgekeerde ontwikkeling. Onder het blok is de nettoverandering aangegeven.

7.5 Evaluatie

Oppervlak

Westerschelde

De ontwikkelingen in de Westerschelde ten aanzien van de toetsparameter Oppervlak zijn overwegend positief en sluiten aan bij de gesignaleerde ontwikkelingen in de T2009. Ten

opzichte van de T2009 is het areaal hoogdynamisch sublitoraal in de zones Zwak polyhalien en Mesohalien afgenomen en in het Sterk polyhalien licht afgenomen. Het laagdynamisch sublitoraal is in het Sterk polyhalien licht toegenomen en in de twee andere duidelijk toegenomen. Deze ontwikkelingen worden positief geëvalueerd.

Ook in het litoraal zijn de ontwikkelingen gunstig (positieve evaluatie): het hoogdynamisch litoraal neemt in oppervlak af en het areaal laagdynamisch litoraal neemt toe, behalve in het Sterk polyhalien. Hier neemt het laagdynamisch areaal echter minder snel af dan het hoogdynamisch litoraal. In de zones Zwak polyhalien en Mesohalien neemt vooral de oppervlakte middenlitoraal, het belangrijkste foerageergebied voor slikgebonden watervogels, toe. In de zone Sterk polyhalien gaat de oppervlakte hiervan na een aanvankelijke toename licht achteruit. Een deel van het middenlitoraal is hier begroeid geraakt door pioniervegetatie dat zich nu ontwikkelt richting schorvegetatie. Hierdoor neemt het areaal pioniervegetatie op zijn beurt af door de overgang naar schor.

Ook in de zones Zwak polyhalien en Mesohalien neemt het areaal pioniervegetatie af, terwijl het areaal schor toeneemt. Deze ontwikkeling, die veroorzaakt wordt door de invang van sediment door de vegetatie, is niet gunstig. Dit impliceert een verstelling van de gradiënt van litoraal naar schor. Er is onvoldoende overgang van midden- en hooglitoraal naar pioniervegetatie.

In de Westerschelde neemt de oppervlakte pionierschor op de platen weliswaar af, hetgeen als een gunstige ontwikkeling wordt beschouwd (positieve evaluatie), maar dit komt vooral door de omzetting naar schorvegetatie. Deze ontwikkeling wordt in de Evaluatiemethodiek als ongunstig bestempeld (negatieve evaluatie), omdat hierdoor foerageergebied voor steltlopers verloren gaat.

In de slikgebieden is het areaal schorvegetatie stabiel (Mesohalien) of gaat vooruit. Deze ontwikkelingen worden als gunstig beoordeeld.

Zeeschelde

De ontwikkeling van diep water ten koste van ondiep water (<2 m waterdiepte) is ongewenst. In de zones Saliniteitsgradiënt en Oligohalien gaat in de periode 2010-2013 de ontwikkeling van diep water ten koste van ondiep water (negatieve evaluatie), maar in de overige zones is de situatie stabiel of het areaal diep water loopt terug ten gunste van ondiep water (positieve evaluatie). Opmerkelijk genoeg neemt in de twee eerstgenoemde zones het areaal litoraal juist toe (positieve evaluatie), terwijl dit in de overige zones niet het geval is (negatieve evaluatie). In de gehele Zeeschelde is de ontwikkeling dat het areaal schorvegetatie toeneemt (positieve evaluatie). Dit komt deels door de omzetting van litoraal in schorvegetatie.

Kwaliteit

De Laagwaterstrook grenzend aan het laagdynamisch litoraal kan niet éénduidig geëvalueerd worden doordat beide deelsystemen in een verschillende richting veranderen: groei op de Westerschelde, afname op de Zeeschelde. Daarom wordt er hier een neutrale beoordeling toegekend aan de rekenparameter LW-LD.

De rekenparameter Helling lijkt enkel toepasbaar voor de Zeeschelde waar ze een negatieve verandering kent. De rekenparameter wordt dus negatief beoordeeld. De grenswaarden voor de Westerschelde en/of rekenparameter in zijn geheel vragen een herziening.

De rekenparameter Hoogtegradiënt laagdynamisch gebied wordt neutraal beoordeeld aangezien er zich zowel positieve als negatieve ontwikkelingen voordeden. De volledige hoogtegradiënt werd wel op meer locaties ontsloten dan voorheen in T2009. De vraag blijft echter hoe groot iedere hoogtezona moet zijn om een aanzienlijke impact te hebben op het ecosysteem.

De rekenparameter Hoogtegradiënt laagdynamisch gebied kon niet geëvalueerd worden omdat er nog geen vegetatiekaart werd uitgebracht na 2010. Er wordt voorgesteld om in de toekomst de opmaak van de vegetatiekaart te synchroniseren met de evaluatie van het Schelde-estuarium.

De rekenparameter Breedte schorhabitat wordt positief beoordeeld aangezien het areaal breed schor op zowel de Westerschelde als de Zeeschelde aangroeide. De positieve ontwikkeling op de Zeeschelde is voornamelijk te danken aan de natuurontwikkelingsprojecten horende bij het Sigmaplan.

Enkel op Saefthinghe (Westerschelde) en nabij Buitenschoor en de Schaar van Ouden Doel (Beneden-Zeeschelde) is de oever voldoende breed voor een natuurlijke schorcyclus. Aangezien in de meeste zones de oever onvoldoende breed is, wordt de rekenparameter Oeverbreedte negatief beoordeeld. Hierbij dient de nuance gelegd te worden dat de gevraagde ondergrens van de Westerschelde (1000m) vele malen groter is dan op de Beneden- en Boven-Zeeschelde (respectievelijk 300 en 230m). Mogelijk dient deze ondergrens herzien te worden.

Turn-over

In de Westerschelde vindt de turn-over met name plaats in de compartimenten waar sterke veranderingen in de droogvalduur optreden, waarbij hoogdynamisch sublitoraal en litoraal worden omgezet in laagdynamisch litoraal. Dit is gunstig voor op slik foeragerende steltlopers, maar de zich doorzettende toename van de droogvalduur begunstigt op termijn ook de ontwikkeling van schorvegetaties op de platen, waardoor foerageergebied voor vogels op termijn weer af kan nemen. Met name op de Hooge Platen en de Plaat van Walsoorden wordt litoraal omgezet in schorvegetaties.

De waargenomen grote veranderingen zullen deels veroorzaakt worden door de nog steeds toenemende getijslag in de Westerschelde, waardoor de oppervlakte intergetijdengebied toeneemt. De grotere getijslag gaat echter ook samen met een groter getijvolume dat per getijslag verplaatst gaat worden, waardoor in de sublitorale delen de stroomsnelheden toe zullen nemen. Dit geldt met name voor de diepere delen en niet zozeer voor de ondiepe zones. De plaatrandstortingen bij de Hooge Platen en aan de westkant van de Plaat van Walsoorden doen ter plaatse ook de dynamiek afnemen. Hierdoor is het mogelijk dat ondanks een toename van de stroomsnelheid in de geulen er toch in deze ondiepe zones een afname is van de dynamiek in de hoge delen van het sublitoraal. Bij hogere stroomsnelheden neemt ook de transportcapaciteit van het water voor zand en slib toe en kan het materiaal ook hoger op de slikken worden afgezet. Dit verklaart deels de toename van de hogere delen van de platen en de omvorming hiervan naar schorvegetaties.

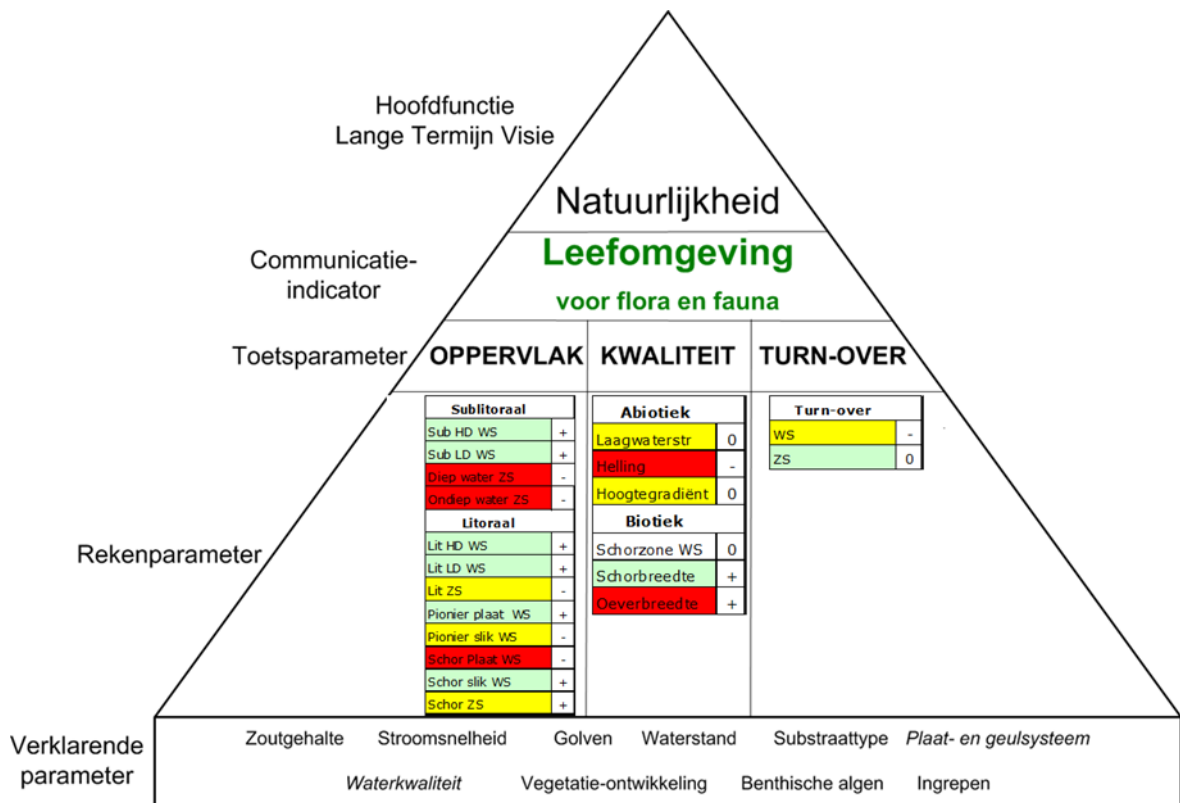
In de volledige Zeeschelde konden alleen de perioden 2001-2010 en 2010-2013 met elkaar vergeleken worden. Hierdoor is een goede vergelijking tussen beide perioden niet goed mogelijk. In de zones Saliniteitsgradiënt, Oligohalien en Zoet lange verblijftijd is de verdieping van litoraal naar ondiep water en van ondiep water naar diep water tot stilstand gekomen en vindt er zelfs verondieping plaats sinds 2010. In de zone Zoet korte verblijftijd vond van 2001 - 2010 een verondieping plaats, maar deze ontwikkeling heeft de laatste jaren plaatsgemaakt

voor een verdieping: dit is minstens deels door de baggerwerken die er zijn geweest tussen de ringvaart en de brug van Heusden (traject Melle-Gentbrugge). In de vier genoemde zones is ook litoraal begroeid geraakt door schorvegetatie.

In de Rupel is de turn-over in de diepere delen afgenomen, maar wordt litoraal omgezet in schorvegetatie. In de Durme vond aanvankelijk een verondieping plaats in de periode 2001-2010, maar door de baggerwerkzaamheden wordt in de periode 2010-2012 juist litoraal omgezet in ondiep water. Daarnaast is hier verlies van litoraal door de omzetting naar schorvegetatie.

Samenvattend

Een overzicht van de evaluatie van de toets- en rekenparameters is te zien in Figuur 7-10. De rekenparameters zijn groen gekeurd wanneer de evaluatie positief is en rood wanneer de evaluatie negatief is. Indien een rekenparameter zowel positief als negatief is beoordeeld wordt een gele kleur gebruikt. Indien een rekenparameter geen trend had is voor de evaluatie geen kleur gebruikt. Voor de positieve evaluatie van een toetsparameter is het vereist dat alle rekenparameters een positieve evaluatie hebben. Dit is voor geen enkele toetsparameter het geval, zodat de communicatie-indicator voor de periode 2010-2015 een negatieve eindevaluatie krijgt.



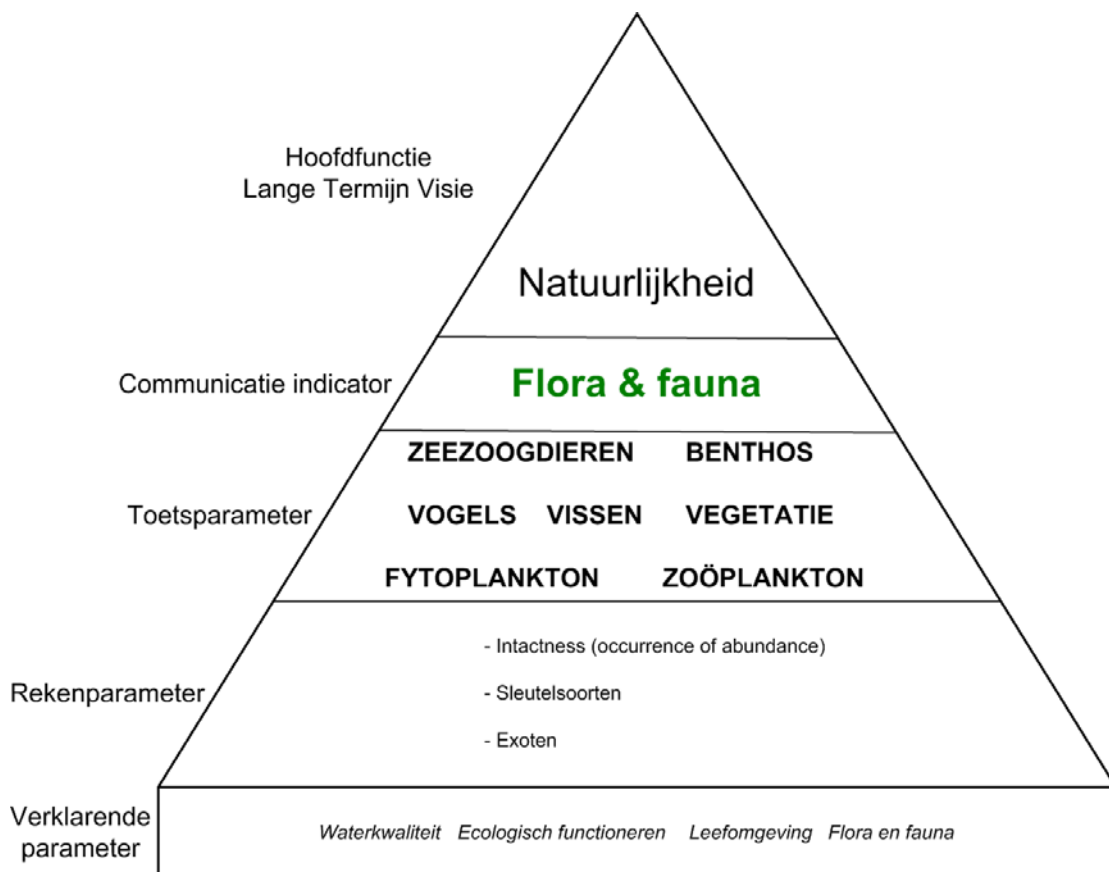
Figuur 7-10: Evaluatie indicator Leefomgeving. Sub = sublitoraal, Lit = litoraal, HD = hoogdynamisch, LD = Laagdynamisch, WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde. Rood = negatief, groen = positief, geel = neutraal (deels positief, deels negatief), wit = geen significante trend/geen beoordeling. Inclusief de ontwikkeling ten opzichte van de situatie in T2009: ontwikkeling in de positieve richting (+), in de negatieve richting (-) of neutraal (0) indien de ontwikkeling varieert naargelang zone of niet bepaald kan worden.

8 Flora en Fauna

8.1 Inleiding

De verschillende onderdelen van de communicatie-indicator Flora en Fauna zijn in Figuur 8-1 weergegeven. In dit hoofdstuk zijn de volgende zeven toetsparameters uitgewerkt: Vegetatie (§8.2), Fytoplankton (§8.3), Zoöplankton (§8.4), Benthos (§8.5), Vissen (§8.6), Vogels (§8.7) en Zeezoogdieren (§8.8). Voor alle toetsparameters zijn rekenparameters gedefinieerd, waaraan criteria zijn gekoppeld. In de evaluatiemethodiek staat aangegeven of een toe- of afname van een trend vanuit het systeem gezien, een positieve of negatieve ontwikkeling is. Een ander criterium is dat een rekenparameter in vijf van de zes jaren een bepaalde waarde moet halen om als positief te worden beoordeeld. In de andere gevallen wordt de rekenparameter als negatief beoordeeld.

Tevens is er een aantal verklarende parameters. Deze dragen bij aan het begrijpen van de waargenomen ontwikkelingen en geven een onderliggende systeemverklaring. Voor Flora en fauna betreft dit waterkwaliteit, ecologisch functioneren en leefomgeving.



Figuur 8-1: Visuele weergave van de communicatie-indicator Flora & Fauna, met de onderliggende toets-, reken- en verklarende parameters.

Conclusies T2009

In de T2009 zien we ten aanzien van de vegetatie in de Westerschelde dat de schorren ophogen, waardoor vegetatiesuccessie plaatsvindt, dat de oppervlakte schor toeneemt op de

platen en dat heenvegetaties in de brakke zone afnemen door overbegrazing door grauwe ganzen. Al deze punten werden negatief geëvalueerd.

Ten aanzien van macrozoöbenthos doen zich lokaal problemen voor. Er vindt een toename van exoten in de zone Polyhalien plaats qua biomassa. In de zone Polyhalien en Zoet korte verblijftijd neemt tevens het aantal soorten exoten toe.

De diversiteit van vissen in het Schelde-estuarium neemt toe. Dit is het meest uitgesproken in de Zeeschelde, als gevolg van de verbeterde waterkwaliteit. De verbetering van de waterkwaliteit is onvoldoende voor uitbreiding van jonge zoetwatervis naar de Boven-Zeeschelde.

In T2009 wordt de situatie voor de kustbroedvogels in de Westerschelde gunstig genoemd met uitzondering van de strandplevier. In de Zeeschelde blijven op basis van een gefragmenteerde en beperkte dataset, het aantal broedparen van de meeste sleutelsoorten achter ten opzichte van de instandhoudingsdoelstellingen.

Bij de niet-broedvogels treden sterke verschillen op. In de Westerschelde gaan de herbivore soorten sterk achteruit. Bij de benthivoren bestaat een gemengd beeld, waarbij sommige soorten toenemen en andere soorten afnemen. De scholekster heeft een cyclisch beeld en de strandplevier neemt af. Piscivore soorten nemen deels toe.

In de Zeeschelde is tot in de periode 1998-2003 een sterke toename van de niet-broedvogels, gevolgd door een sterke afname. In de zijrivieren Rupel, Dijle en Zenne vindt de toename iets later plaats en recent treedt hier ook een afname op. Vermoedelijk heeft de verbeterde waterkwaliteit aanvankelijk geleid tot een groter voedselaanbod, maar vervolgens trad een sterke afname van het voedselaanbod op (afname biomassa oligochaeten).

De status van de gewone zeehond verbetert in de Westerschelde, maar de populatie is nog steeds afhankelijk van immigratie.

De indicator flora en fauna laat een gemengd beeld zien. Geen enkele parameter, op de gewone zeehond na, laat een positief beeld zien. Er moeten de komende jaren goede referentielijsten worden gemaakt om een volledige toepassing van de evaluatiemethodiek mogelijk te maken. Er moet gestreefd worden naar gebruik van *abundance* intactness index (*abundance* index) in plaats van *occurrence* intactness index (*occurrence* index) bij de indexberekeningen, omdat dit een beter beeld geeft van de trends in de ontwikkelingen van soortgroepen.

Toepassing evaluatiemethodiek

Trends zijn bepaald op basis van beschikbare datasets van de Zeeschelde en Westerschelde. De monitoringsmethodiek, frequentie of seizoenen zijn niet altijd geschikt om harde uitspraken te doen. Daarnaast is bij verschillende soortgroepen in overleg met deskundigen van de PG ER de evaluatietechniek aangepast, waardoor de evaluatie in de T2009 lang niet altijd vergeleken kan worden met de resultaten van de evaluatie van de gegevens tot en met T2015. Voor een deel is dit opgelost door ook de oudere gegevens met de nieuwe beoordelingstechniek te evalueren. Tabel 8-1 geeft een overzicht van verschillen van de evaluatiemethodiek in de T2009 en de T2015 en de gevolgen voor interpretatie. Daarnaast worden andere kanttekeningen kort aangegeven.

Toetsparameter	Gegevens	Evaluatiemethodiek	Voorbehoud bij interpretatie
Vogels	Telmethodiek gewijzigd	Occurrence Index (OI): T2009 alleen aan- en afwezigheid, T2015 Abundance Index	T2009 en T2015 zijn niet goed vergelijkbaar door gewijzigde methodiek
Vissen	Zeeschelde: geen uniforme eenheid; alleen fuikdata gebruikt voor trends; Westerschelde ankerkuil niet bruikbaar, alleen boomkor data gebruikt. technieken niet geschikt om populatieomvang van pelagische vissen kwantitatief te evalueren.	OI: op basis van data abundance niet mogelijk	per zone-per jaar evaluatie omvat geen mogelijkheden voor ruimtelijke en seizoenseffecten T2009 en T2015 niet vergelijkbaar door methodiek
Benthos		OI: Referentielijst bevat een lange lijst zeldzame soorten, uitkomst sterk bepaald door trefkans Sleutelsoorten veel spreiding	OI en sleutelsoorten: interpretatie niet mogelijk door methodiek
Fytoplankton		OI: Referentielijst bevat een lange lijst zeldzame soorten, uitkomst sterk bepaald door trefkans	OI en sleutelsoorten: interpretatie niet mogelijk door methodiek
Zoöplankton	Westerschelde: alleen data uit 2011-2013	OI determinatieniveau wisselt en ongeschikt voor evaluatie Sleutelsoorten index	OI en sleutelsoorten interpretatie niet mogelijk
Vegetatie		In 2009 Occurrence Index en 2015 Abundance Index	Vergelijking niet mogelijk
Vegetatie		Sleutelsoorten	Geen criteria beschikbaar

Tabel 8-1: Toelichting op het gebruik van de evaluatiemethodiek in de T2009 en T2015 en het voorbehoud op basis van kanttekeningen bij de methodiek ten aanzien van de interpretatie. Hierbij dient opgemerkt te worden dat hier alleen de kanttekeningen zijn weergegeven en niet de rekenparameters die conform EM zijn gebruikt.

8.2 Toetsparameter Vegetatie

8.2.1 Algemeen

Tabel 8-2 geeft een vergelijking van de beoordeling in de T2009 en de T2015. Ten opzichte van 2009 zijn er in 2015 meer rekenparameters gebruikt.

toetsparameter	rekenparameter	2009	2009	2015	2015
vegetatie		WS	ZS	WS	ZS
Oc. Index/Ab. Index					
sleutelsoorten					
exoten	aantal soorten				
	bedekking				

Tabel 8-2: Vergelijking van de beoordeling van vegetatie in de T2009 en de beoordeling T2015 Analyserapport. Groen = positieve beoordeling, rood = negatief, geel = positief en negatief. WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde.

8.2.2 Rekenparameter Intactness Index

Conform de update van de Evaluatiemethodiek Fase 2 (Maris et al., 2014) is niet meer gewerkt met de methode van de T2009 (Occurrence Index op basis van soortenlijsten), maar is gebruikt gemaakt van de Abundance Index op basis van oppervlakte van vegetatietypen. Hierdoor is de T2015 niet meer vergelijkbaar met de T2009.

De T2015 kent zowel voor de Westerschelde als voor de Zeeschelde een negatieve evaluatie.

In de Zeeschelde is de evaluatie van de Abundance Index negatief omdat de brandnetel-/balsemienruigte toeneemt. Dit wordt uitsluitend veroorzaakt door de balsemienruigte, aangezien de brandnetelruigte stabiel is. Theoretisch zou de toename van balsemienruigte een artefact van de methode kunnen zijn; er is namelijk (i) in totaal meer areaal gekarteerd en (ii) bij de vertaling van de typen zijn voor de oude karteringen meer typen als overig geclassificeerd. Dit blijkt echter niet het geval. Uit een heranalyse van het areaal dat in alle jaren gekarteerd is, blijkt ook dat balsemienruigte toeneemt. Met betrekking tot de vertaling is het onwaarschijnlijk dat een goed herkenbaar vegetatietype als balsemienruigte niet kan worden vertaald en daarnaast zien we ook een toename van reuzenbalsemien in de pq's. De toename van balsemienruigte lijkt dan ook reëel. De toename van deze exoot past in een landelijke trend (zie ook §8.2.4).

In de Westerschelde is de evaluatie negatief vanwege (1) de toename van pionierschor, (2) de afname van heenvegetaties, (3) de toename van hoog schor en (4) de toename van zeekweek.

Ad (1). De oppervlakte pionierschor is op basis van de vergelijking van de vegetatiekaart uit 2004 met die van 2010 toegenomen, met name in de zone Sterk polyhalien. Hier heeft de in de T2009 ingezette verhoging van de Hooge Platen zich voortgezet, waardoor sublitoraal habitat is overgegaan in litoraal. Van het litoraal is een deel begroeid geraakt (Figuur 5-5). Deze toename is echter gebaseerd op de laatste vegetatiemeting in 2010. Sinds 2009 is het areaal pionierschor echter weer afgenomen, doordat een deel hiervan door successie (mogelijk als gevolg van verdere ophoging) is overgegaan in laag schor (Figuur 7-6).

Ad (2). De brakke biezten (heen) nemen af in de Westerschelde en ook in de zone Oligohalien van de Zeeschelde, maar daar is dat geen beoordelingscriterium. Een vaak aangehaalde verklaring voor de afname is de begrazing van heenvegetaties (of eigenlijk van de ondergrondse knollen) door de toegenomen aantallen overwinterende grauwe ganzen (Castelijns & Jacobusse 2010). De aantallen overwinterende grauwe ganzen zijn echter sinds 2005 al weer gedaald tot het niveau van 1990 (T2015 Analyserapport p. 738). Op basis van de laatste vegetatiekartering in de Westerschelde (2010) is echter nog geen herstel van de heenvegetaties te zien en ook niet in de recentere kartering van de Zeeschelde (2013); in beide gevallen vertonen de heenvegetaties een afname.

Recent onderzoek (Elschot et al., 2017) laat zien dat ganzen op lokale schaal en korte tijdsschaal (5-10 jaar) inderdaad voor een afname van heen zorgen, waarna ze (door voedselgebrek gedwongen) weer vertrekken. Op lange termijn (decennia) is echter van groter belang dat de opslibbing van het schor harder gaat dan de zeespiegelstijging, waardoor de lage delen waarin heenvegetaties staan opslibben en successie optreedt (Elschot et al., 2017). Deze verklaring komt beter overeen met de vegetatie-ontwikkeling in de zone Mesohalien (Figuur F-19 in het T2015 Analyserapport, p.785). Als ganzenbegrazing de verklaring zou zijn, dan zou de afname van heenvegetaties van honderden hectares) gepaard moeten gaan met

eenzelfde toename van pionierschor (zout/brak), laag schor (brak/zout) of eventueel middelhoog schor. Alleen pionierschor en brak pionierschor nemen toe, maar met onvoldoende hectares om de afname van heenvegetaties te kunnen verklaren. Een aanzienlijk deel van de heenvegetaties moet dus zijn veranderd in zeekweek- en rietvegetaties, want dat zijn de enige significant toenemende vegetaties in de zone Mesohalien. Dit komt ook overeen met de veldindruk dat veel biezenvegetaties langzamerhand overgaan in rietvegetaties en zeekweekvegetaties, zowel op Saeftinghe als op het Sieperdaschor (mond. med. J. Reitsma). Zeekweek- en rietvegetaties zijn beide oudere successiestadia, die bevorderd worden door opslibbing en verzoeting.

Overigens is het opmerkelijk dat de afname van heenvegetaties in de evaluatie als negatief wordt beoordeeld, terwijl de beheerder de omvorming van 'eentonige zeebiesvelden' naar korte grazige vegetaties als positief beoordeelt (De Maat et al., 2015).

Ad (3) & (4). De laatste reden voor de negatieve evaluatie is de toename van het areaal hoog schor en zeekweek. Dit is het gevolg van veroudering van de schorren en de bovengenoemde opslibbing die harder gaat dan de zeespiegelrijzing (Elschot et al., 2017). Het beeld wordt waarschijnlijk versterkt door de waterstanden; de eerste vegetatiemeting (1998) viel in een hoogwaterperiode van de 18,6 jaar durende cyclus, de laatste juist aan het einde van een laagwaterperiode (zie T2015 Analyserapport §3.2). Bovendien viel de eerste meting kort na drie jaren met extreem hoge hoogwaters (1990, 1993 en 1995), terwijl in de periode 1998-2010 dergelijke hoogwaters slechts één keer voorkwamen (in 2005; T2015 Analyserapport §3.2.2). Daardoor kan het zijn dat de langjarige successie juist in deze laatste periode wat sneller verloopt.

8.2.3 Rekenparameter Sleutelsoorten: trends in aantallen

Voor de sleutelsoorten zijn geen criteria gesteld en dus kunnen de trends niet positief of negatief geëvalueerd worden. Hieronder worden de trends besproken:

De toename van langjarige zeekraal, engels slijkgras en schorrenkruid hangt samen met de toename van pionierschor (zie §8.2.2) en de toename van zeekweek hangt samen met de opslibbing/veroudering (zie §8.2.2). De afname van de overige soorten (gewoon kweldergras, kortarige zeekraal, gewone zoutmelde, lamsoor en zilte en gerande schijnspurrie) past ook in het beeld van successie. De toename van zulte, zeeweegbree en melkkruid staat daar echter haaks op. Zulte en zeeweegbree worden door Castelijns & Jacobusse (2010) genoemd als soorten die profiteren van de ganzenbegrazing op heen, waardoor de successie wordt teruggezet. Soorten als zeekraal en zilte en gerande schijnspurrie kunnen hier ook lokaal van profiteren.

In de Zeeschelde (zone Saliniteitsgradiënt) nemen zoute en brakke soorten af (inclusief zeekweek) en wilde selderij, riet en goudknopje nemen toe. Het lijkt erop dat riet toeneemt en de andere soorten verdringt (successie). Hier was tot 2001 sprake van een afnemende trend in het chloridegehalte, daarna weer van een licht stijgende trend. Dit lijkt geen logische verklaring. Een mogelijke verklaring is dat hier opslibbing plaatsvindt. Ook de veranderingen in het beheer kunnen hier van invloed zijn geweest. De schorren van de Zeeschelde worden minder en minder begraasd. Dit is nadelig voor zilte grazige vegetaties en gunstig voor riet (mededeling G. Van Ryckegem).

In de zoete zones van de Zeeschelde is met name de afname van bittere veldkers en spindotterbloem een zorgwekkende ontwikkeling. Deze afname lijkt te passen in een breder beeld, waarin veel soorten van vrij open natte ruigte, struwelen en bossen achteruit gaan. Het areaal ruigte, struweel en bos neemt echter eerder toe dan af (overigens met uitzondering van de overige ruigten). Mogelijk is sprake van een afname van de geschiktheid van het habitat, bijvoorbeeld door het dichtgroeien van het habitat met wilgen, brandnetel en/of reuzenbalsemien.

Kanttekening is dat de afname van riet in de permanente quadraten (pq's) in tegenspraak lijkt met de toename van het areaal rietland (T2015 Analyserapport §8.8.1). Mogelijk komt dit doordat bestaande rietlanden, waarin de pq's liggen, verouderen (en in ruigte of struweel overgaan) en er in nieuw ontstane rietlanden geen of minder pq's zijn uitgezet.

Voor de Rekenparameter Sleutelsoorten vegetatie is de evaluatie voor zowel de Westerschelde als de Zeeschelde neutraal, omdat er geen eenduidige patronen waarneembaar zijn.

8.2.4 Rekenparameter Trends in exoten

De evaluatie is negatief voor de bedekking van exoten in de Zeeschelde, als gevolg van de toename van reuzenbalsemien en goudknopje. Voor beide soorten geldt dat de uitbreiding past in de trend in beide landen (voor Nederland zichtbaar op verspreidingsatlas.nl), waarin deze soorten steeds meer geschikte habitats koloniseren en zich uitbreiden op de locaties waar ze zich eerder gevestigd hebben. Voor de Westerschelde is de evaluatie positief, omdat er volgens de huidige floristische indeling geen sprake is van exoten.

8.3 Toetsparameter Fytoplankton

8.3.1 Algemeen

Tabel 8-3 geeft een vergelijking van de beoordeling van het fytoplankton in de T2009 en T2015. Voor de Zeeschelde was het niet mogelijk om sleutelsoorten en exoten te evalueren, omdat de soorten niet tot op genus zijn gedetermineerd.

toetsparameter	rekenparameter	2009	2009	2015	2015
fytoplankton		WS	ZS	WS	ZS
Occurrence Index		geel	groen	rood	rood
sleutelsoorten				geel	groen
exoten	aantal soorten	groen			
	dichtheden	groen		geel	

Tabel 8-3: Vergelijking van de beoordeling van fytoplankton in de T2009 en de beoordeling T2015 Analyserapport. Groen = positieve beoordeling, rood = negatief, geel = positief en negatief. WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde.

8.3.2 Rekenparameter Intactness index

Voor de Rekenparameter Occurrence Index Fytoplankton is de evaluatie volgens de evaluatiemethodiek voor zowel de Westerschelde als de Zeeschelde negatief. Er is in minimaal één zone in de Westerschelde (zone Zwak polyhalien) sprake van een significante afname. Daarnaast is er in 4 zones in de Zeeschelde (Saliniteitsgradiënt, Oligohalien, Zoet korte verblijftijd en Rupel) sprake van een afname in de laatste twee meetjaren. Omdat er veel zeldzame soorten (met een

lage trefkans) in de referentielijst zijn opgenomen, is het percentage van soorten van de referentielijst, dat is aangetroffen, zeer variabel en slechts 10-30% in de Westerschelde, en 10-35% in de Zeeschelde. Voor deze soortgroep / rekenparameter dient een optimalisatie plaats te vinden van de evaluatiemethode.

8.3.3 Rekenparameter Sleutelsoorten: trends aantallen/biomassa

Pheaocystis

Voor *Pheaocystis* geldt dat de grenswaarde in de Westerschelde (4×10^6 cellen per liter) regelmatig wordt overschreden. In de periode 2010–2015 was er sprake van een overschrijding gedurende 2 maanden in 2013 en 2014 in de zone Sterk polyhalien en in 2013 gedurende 2 maanden in de zone Zwak polyhalien. Afhankelijk van de aanwezige concentraties van de nutriënten, de zeewatertemperatuur en de hoeveelheid lichtinval kan de concentratie cellen van *Phaeocystis* toenemen tot een algenbloei in het vroege voorjaar. De hoge watertemperaturen in de winter van 2013 en 2014 (Figuur 6-59 in het T2015 Analyserapport) hebben bijgedragen aan het ontstaan van de bloei in het vroege voorjaar. Er is in geen enkel jaar sprake van een overschrijding van de norm voor de Zeeschelde, hetgeen voor een mariene algensoort ook niet te verwachten is.

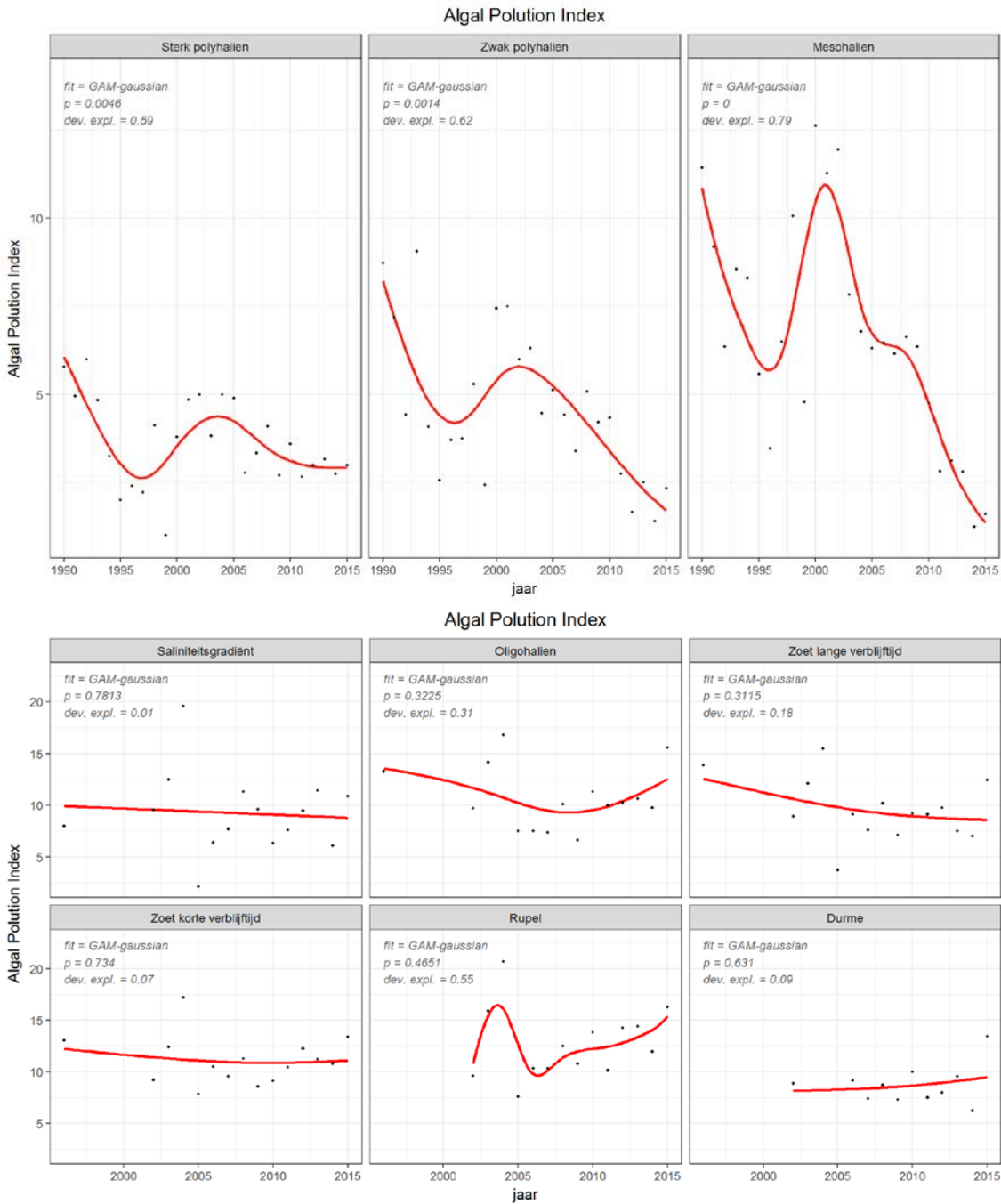
Cyanobacteriën

Voor Cyanobacteriën geldt dat de grenswaarde in de Westerschelde (2×10^7 cellen per liter) is overschreden in de zone Mesohalien in 2013 (zie §6.4.3). In de Zeeschelde is recent geen sprake meer van overschrijdingen van de norm. Nutriëntenreductie draagt bij aan een verminderd voorkomen van schadelijke bloeien van cyanobacteriën (Paerl & Huisman 2009). De afname van nutriënten (§6.2), draagt zodoende bij aan het ontbreken van normoverschrijdingen in de Zeeschelde.

Algal genus pollution index

De index schommelt in de Westerschelde in de periode 2010 – 2015 tussen de 1 en 7 (zie Figuur 8-2) en neemt significant af voor de zones Zwak polyhalien en Mesohalien. In de zone Sterk polyhalien is sprake van een significante afname die de laatste meetjaren stabiliseert. Voor de Zeeschelde varieert de index van 6 tot 16. Er is nergens sprake van een significante trend. De hoogste waarden zijn voor de Zeeschelde gemeten in het jaar 2015; in de zone Oligohalien en in de Rupel werd in dat jaar de waarde 16 gehaald. Dit geeft aan dat ook hier in recente jaren nog sprake is van een organische verrijking of nalevering.

Voor de Rekenparameter Sleutelsoorten Fytoplankton is de evaluatie volgens de evaluatiemethodiek voor de Westerschelde neutraal en voor de Zeeschelde overwegend positief. In de Westerschelde worden grenswaarden van *Phaeocystis* en bacteriën overschreden, maar neemt de Algal Pollution Index af. In de Zeeschelde worden geen grenswaarden overschreden, maar is de trend in de Algal Pollution Index niet significant.



Figuur 8-2: Fytoplankton - Sleutelsoorten – Algal Pollution Index. Westerschelde (boven) en Zeeschelde (onder)

8.3.4 Rekenparameter Trends in exoten

Westerschelde

Het gemiddelde aantal soorten exoten per monster in de Westerschelde varieert van 0 tot 2,5 en de concentratie van exoten van 0 tot 100.000 cellen per liter, waarbij in het merendeel van de jaren concentraties beneden de 25.000 cellen per liter zijn waargenomen.

Aantal soorten exoten

Voor alle drie de zones in de Westerschelde ontbreekt een significante trend voor het aantal soorten. De concentratie exoten (gemiddeld aantal cellen per liter oppervlaktewater) stijgt

significant in de zones Sterk polyhalien en Zwak polyhalien, terwijl deze stabiliseert rondom nul voor de zone Mesohalien in de periode 2010-2015.

Voor de Rekenparameter Exoten Fytoplankton is de evaluatie volgens de methodiek voor de Westerschelde neutraal, omdat er geen significante trend in het aantal soorten is en het aantal individuen deels toe en deels af neemt. Voor de Zeeschelde is geen trend berekend.

8.4 Toetsparameter Zoöplankton

8.4.1 Algemeen

Tabel 8-4 geeft een samenvatting van de beoordeling van de Toetsparameter Zoöplankton in de T2009 en T2015. De rekenparameters zijn niet voor de Westerschelde beoordeeld, omdat hiervoor maar uit drie jaren (2011-2013) gegevens beschikbaar waren. Hierdoor is het niet mogelijk om betrouwbare trends te berekenen.

rekenparameters		2009	2009	2015	2015
zoöplankton		WS	ZS	WS	ZS
Occurrence Index					
sleutelsoorten	jaarmaximum				
	biomassa E. affinis				
	Cladocera/Calanoida				
	Cyclopida/Calanoida				
exoten	aantal soorten				
	dichtheden				

Tabel 8-4: Vergelijking van de beoordeling van zoöplankton in de T2009 en de beoordeling T2015 Analyserapport. Groen = positieve beoordeling, rood = negatief, geel = positief en negatief, wit = neutraal (geen significante trend). WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde.

8.4.2 Rekenparameter Intactness index

Voor de Zeeschelde is de evaluatie voor de Occurrence Index neutraal. De enige significante trend voor de zone Oligohalien is stabiel. Omdat er veel zeldzame soorten (met een lage trefkans) in de referentielijst zijn opgenomen, is het percentage van soorten dat is aangetroffen zeer variabel en bedraagt slechts 1-35% in de Zeeschelde. Ook voor deze soortgroep / rekenparameter dient een optimalisatie plaats te vinden van de evaluatiemethode.

Voor de Rekenparameter Occurrence Index Zoöplankton is de evaluatie volgens de evaluatiemethodiek voor de Zeeschelde neutraal, omdat met uitzondering van de zone oligohalien, de Index in alle zones niet (significant) afneemt.

8.4.3 Rekenparameter Trends in sleutelsoorten

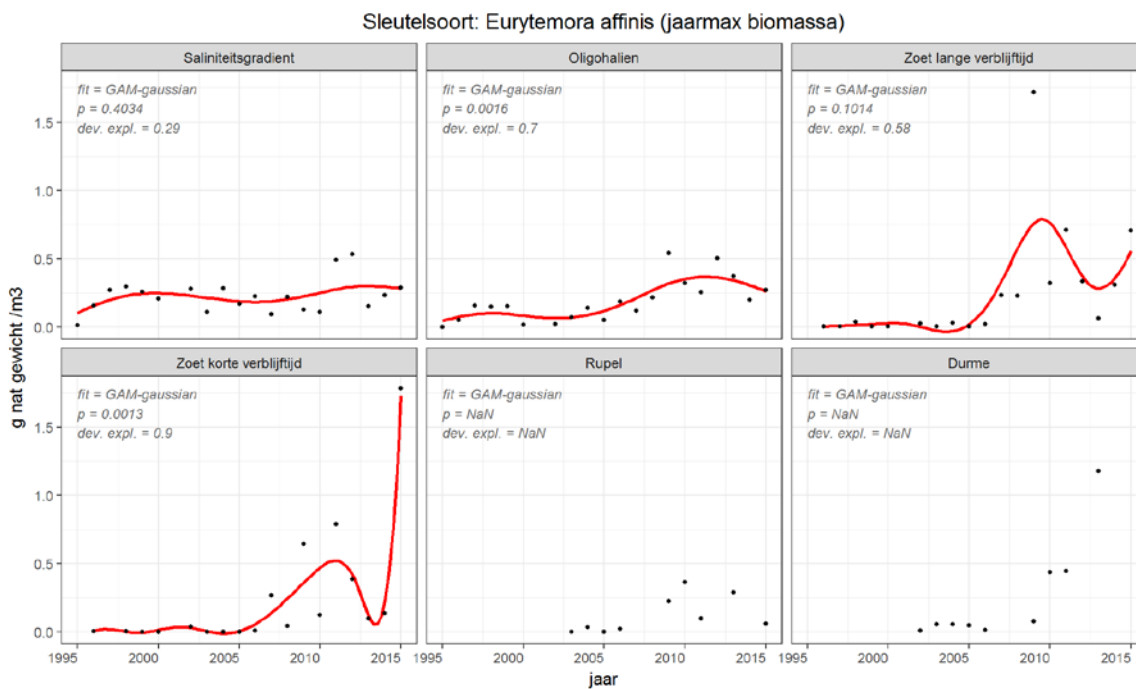
Jaarmaximum biomassa zoöplankton

Het jaarmaximum zoöplankton is in de Zeeschelde gedaald ten opzichte van 2009. Voor de zones Saliniteitsgradiënt en Oligohalien is de trend stabiel vrijwel nul, met andere woorden, een verdere daling is hier niet mogelijk. Voor de zone Zoet korte verblijftijd daalt het jaarmaximum significant. Van 55 gram natgewicht/m³ in 2010, is het jaarmaximum in recente jaren gedaald tot < 5 g/ m³. In de Zeeschelde is de laatste jaren de biomassa van zoöplanktivore vis sterk

toegenomen. De graas door vissen kan van grote invloed zijn op de biomassa van het zoöplankton.

Jaarmaximum biomassa *Eurytemora affinis*

Het jaarmaximum van de biomassa van *E. affinis* vertoont in de periode 2010-2015 sterk wisselende patronen, met een bijbehorende slechte fit en een onduidelijke trend (Figuur 8-3). Alleen voor de zones Zoet lange verblijftijd en Zoet korte verblijftijd is na een initiële daling in 2010-2012 een toename zichtbaar in de meest recente jaren. Eerdere studies in de Zeeschelde wijzen erop dat de populatie van *E. affinis* actief reageert op de verandering in zuurstofconcentratie (Appeltans et al., 2003). Daarnaast worden diverse voedselweb effecten beschreven die van invloed kunnen zijn op de biomassa op het moment van bemonstering: de soort kent een seizoensverloop, een interactie met *Acartia* (Soetaert & van Rijswijk 1993) en is bovendien prooi van estuariene vissoorten zoals haring. De sterke wisselende patronen in de afgelopen 5 jaar, zonder trend, bemoeilijken de interpretatie.



Figuur 8-3: Zoöplankton – Sleutelsoorten – *E. affinis*. Trends in jaarmaxima van biomassa van *E. affinis*.

Voor de Rekenparameter Sleutelsoorten Zoöplankton is de evaluatie volgens de evaluatiemethodiek licht positief voor de Zeeschelde, omdat er slechts in één zone de biomassa van het zoöplankton afneemt, er een licht herstel is in twee zones van de biomassa *Eurythemora affinis* door de verbeterde waterkwaliteit en omdat de verhouding van de verschillende zoöplanktongroepen stabiel is of zich in gunstige zin wijzigt.

8.4.4 Rekenparameter Trends in exoten

Er zijn twee soorten exoten bekend, namelijk *Pseudodiaptomus marinus* (Westerschelde) en *Acartia tonsa* (Zeeschelde). Aangezien de soorten in de periode 2010-2105 niet zijn aangetroffen is de evaluatie positief.

Voor de Rekenparameter Exoten Zoöplankton is de evaluatie volgens de evaluatiemethodiek voor de Zeeschelde positief, omdat zowel het aantal soorten als het aantal individuen daalt of gelijk aan nul is.

8.5 Toetsparameter Benthos

8.5.1 Algemeen

Tabel 8-5 geeft een samenvatting van de beoordeling van de Toetsparameter Benthos in de T2009 en de T2015. Onder benthos verstaan we het macrozoöbenthos.

rekenparameters		2009	2009	2015	2015
benthos		WS	ZS	WS	ZS
Occurrence Index					
sleutelsoorten	mossel				
	kokkel				
	Annelida/mosselen				
exoten	aantal soorten				
	biomassa				

Tabel 8-5: Vergelijking van de beoordeling van macrozoöbenthos in de T2009 en de beoordeling T2015 Analyserapport. Groen = positieve evaluatie, rood = negatief, geel = positief en negatief. WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde.

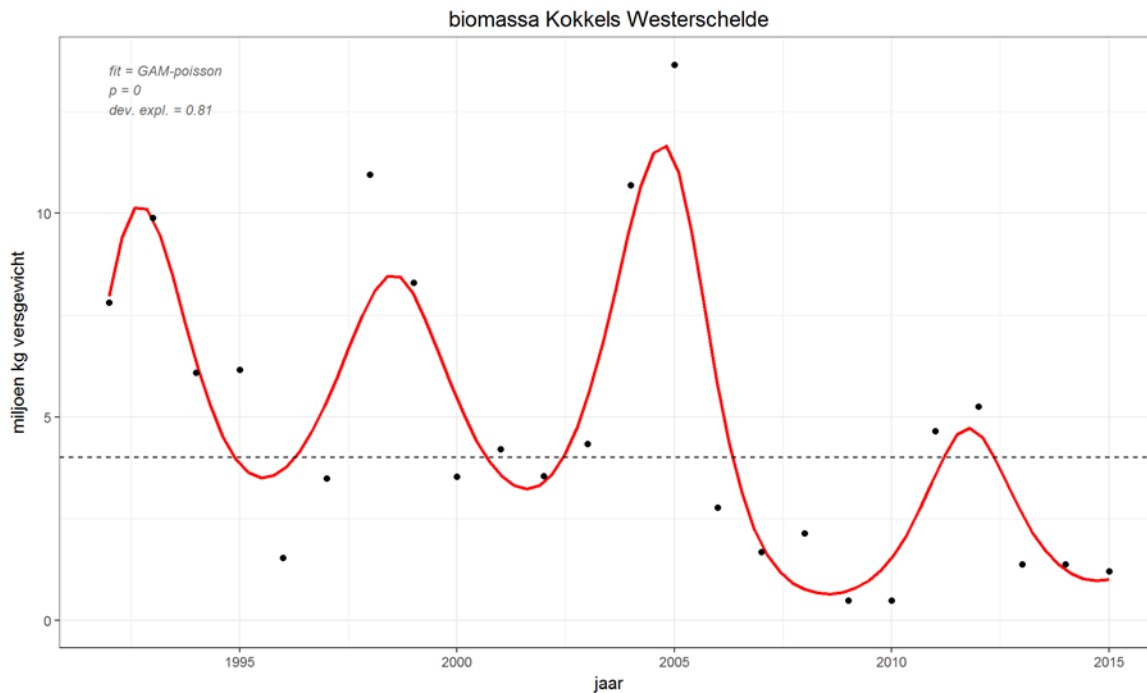
8.5.2 Rekenparameter Intactness-Index

Voor de Occurrence Index voor macrozoöbenthos zijn de enige significante trends voor de periode 2010-2015 respectievelijk stabiel en positief voor twee (Mesohalien en Oligohalien) van de 9 zones. Omdat er veel zeldzame soorten (met een lage trefkans) in de referentielijst zijn opgenomen, is het percentage van soorten dat is aangetroffen zeer variabel en bedraagt 16-36% in de Westerschelde, en 2-38% in de Zeeschelde. Er dient een optimalisatie plaats te vinden van de methode, waarbij de referentielijst wordt ingekort op basis van de bijdrage aan het ecosysteem en trefkans (zie o.a. Christianen et al., 2017 voor een rangordemethode voor macrozoöbenthossoorten toegepast in de Waddenzee).

Voor de Rekenparameter Occurrence Index macrozoöbenthos is de evaluatie volgens de evaluatiemethodiek voor zowel de Westerschelde als de Zeeschelde licht positief, omdat in de meeste zones de trend niet significant is. In de zone Mesohalien is de trend stabiel en in Oligohalien positief.

8.5.3 Rekenparameter sleutelsoorten

De kokkelbiomassa in de Westerschelde vertoont sterke fluctuaties. Met uitzondering van de jaren 2011 en 2012, wordt de minimale jaarlijkse streefnorm van 4 miljoen kg (versgewicht) kokkels voor de Westerschelde niet gehaald (Figuur 8-4). Het verloop van de kokkelbiomassa over de tijd in de Westerschelde laat zien dat het kokkelbestand in recente jaren verder is afgenomen en daarmee van zeer bescheiden omvang is. De hoge aantallen in 2011 en 2012 zijn gekoppeld aan de goede broedval in het jaar 2010, waardoor het bestand in 2011 vooral uit 1-jarige kokkels bestond en in 2012 uit 2-jarige kokkels (Troost et al., 2017).



Figuur 8-4: Macrozoöbenthos – sleutelsoorten – kokkels. Trend in versgewicht (miljoen kg) kokkels voor de gehele Westerschelde. Het gewenste versgewicht 4 miljoen kg is met een stippellijn aangegeven. Voor de ruimtelijke verspreiding van kokkels zie §8.2.2.

Predatie in het larvale stadium is een van de factoren die in sterke mate het voortplantingssucces van kokkels bepaalt (Van der Heide et al., 2014) en daarmee ook de populatieomvang. Ook een grote mate van bioturbatie en sedimentdestabilisatie is mogelijk schadelijk voor de overleving van kokkelbroed (Whitton et al., 2016; Van der Heide et al., 2014). Recent onderzoek in de Waddenzee koppelt via variatie in biomassa van predatoren - garnalen (*Crangon crangon*) en juveniele strandkrabben (*Carcina maenas*)- lage wintertemperaturen aan een hoger voortplantingssucces van de kokkel. Lage dichtheden van de predatoren in het voorjaar en een hoog voortplantingssucces van de kokkel waren in een langjarige meetreeks sterk gekoppeld aan strenge winters (Beukema & Dekker 2014).

Hetzelfde patroon, lage wintertemperatuur leidt tot hoog voortplantingssucces van kokkel, is zichtbaar voor de Westerschelde: na een koude winter in 2010 (zie Figuur 6-17: gemiddelde watertemperatuur bij Antwerpen in de winter) is in het opvolgende voorjaar de broedval van de kokkel goed. De overige jaren in de periode 2010-2015 worden gekenmerkt door slechte broedval voor de kokkel en hoge gemiddelde wintertemperaturen. Er zijn geen goede monitoringsgegevens van krabben en garnalen beschikbaar voor evaluatie in de Westerschelde.

De patronen van de sleutelsoort mosselen laten een grillig patroon zien variërend van nauwelijks mosselen naar 1,3 miljoen kg per jaar (versgewicht), met goede bestanden in de jaren 2010 en 2015. In de overige jaren ligt de biomassa ver beneden de gewenste minimale 1 miljoen kg versgewicht. Er is geen sprake van de aanwezigheid van duurzame mosselbanken, die meerdere jaren aanwezig. Het voorkomen van mosselbanken is gebaseerd op de schelpdiersurveys van Wageningen Marine Research. De geconstateerde goede bestanden in 2010 en 2015 komen echter niet terug in de resultaten van de reguliere macrozoöbenthos-surveys in de Westerschelde in het kader van de MWTL, omdat in dit kader een te gering aantal punten wordt bemonsterd.

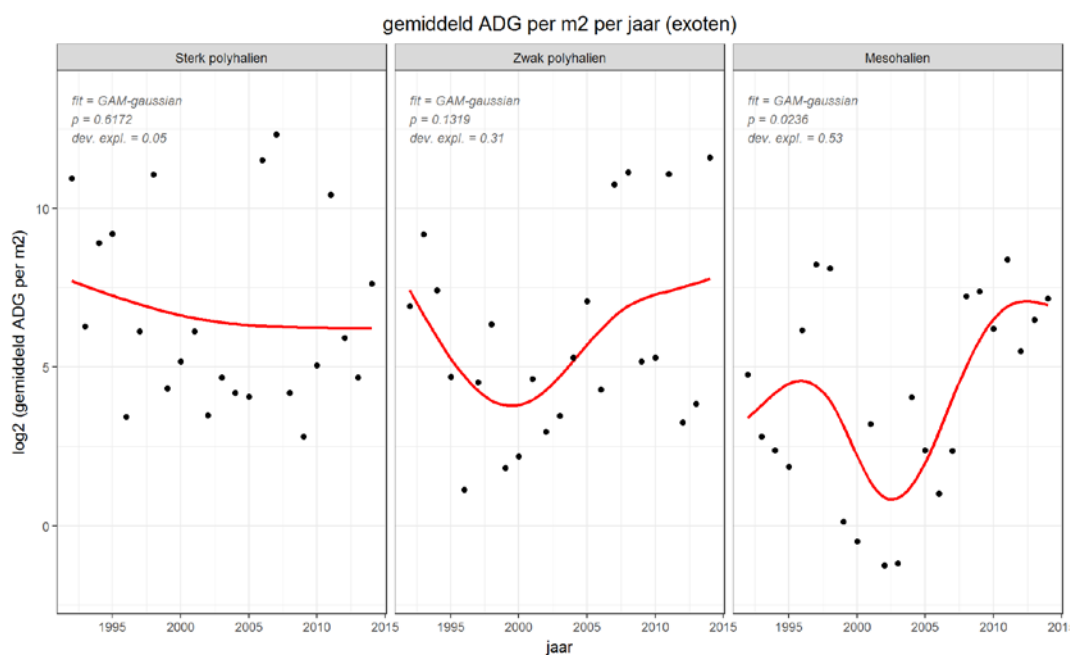
Voor de Westerschelde geldt dat de verhouding Annelida / Mollusca op basis van biomassa in alle drie de zones afneemt. De verhouding Annelida / Mollusca kent een patroon met veel jaar tot jaar variatie, waardoor de trends niet significant zijn of de mate van variatie verklaard door de trend gering is. De afname van kokkel en mossel wordt gecompenseerd door een toename van vooral het nonnetje in zowel het litoraal als het sublitoraal van de gehele Westerschelde. Daarnaast nemen strandgaper (sublitoraal Zwak polyhalien) en platte slijkgaper (litoraal Mesohalieu en Sterk Polyhalieu) toe. Tijdens de evaluatie van de methodiek is het interessant te evalueren of deze variatie verklaard wordt door de biomassa van 1 of enkele soorten, waardoor een methodische aanpassing (o.a. transformatie van de gegevens) mogelijk leidt tot minder spreiding van de index.

Voor de Rekenparameter Sleutelsoorten macrozoöbenthos, alleen uitgewerkt voor de Westerschelde, is de evaluatie volgens de evaluatiemethodiek overwegend negatief. Zowel kokkel als mossel bereiken niet jaarlijks de gewenste biomassa. De verhouding Annelida/Mollusca neemt echter af en dit wordt positief geëvalueerd.

8.5.4 Rekenparameter trends in exoten

In totaal zijn 17 soorten exoten aangetroffen: *Alitta virens*, *Boccardiella ligérica*, *Corbicula fluminea*, *Crassostrea gigas*, *Crepidula fornicata*, *Dreissena polymorpha*, *Ensis directus*, *Hemigrapsus*, *Marenzelleria viridis*, *Melita nitida*, *Microphthalmus similis*, *Mya arenaria*, *Palaemon macrodactylus*, *Petricolaria pholadiformis*, *Rhithropanopeus harrisi*, *Syllidia armata* en *Synidotea laticauda*.

Alleen voor de zone Mesohalieu geldt dat er in de periode 2010-2015 een significante toename is van het aantal soorten exoten en de biomassa (drooggewicht) van exoten (Figuur 8-5; Figuur 8-19 van het T2015 Analyserapport). Voor de overige zones geldt dat er geen significante trends zijn.



Figuur 8-5: Macrozoöbenthos – exoten – biomassa - Gemiddelde biomassa van exoten (macrozoöbenthos) in de Westerschelde.

De biomassatoename in de zone Mesohalien wordt veroorzaakt door diverse soorten die in grote mate bijdragen aan de biomassa. In 2010 dragen de rugstreepgarnaal *Palaemon macrodactylus* en het zuiderzeekrabbetje *Rhithropanopeus harrisii* het sterkst bij aan de biomassa, in 2011-2014 is dit de strandgaper *Mya arenaria*. Daarnaast dragen in 2011 de Amerikaanse boormossel *Petricolaria pholadiformis* en in 2014 de Japanse oester *Crassostrea gigas* sterk bij aan de biomassa van exoten in deze zone.

Voor de Rekenparameter Exoten macrozoöbenthos is de evaluatie volgens de evaluatiemethodiek voor de Westerschelde en Zeeschelde negatief voor zowel het aantal soorten exoten als de biomassa / dichtheid.

8.6 Toetsparameter Vissen

8.6.1 Algemeen

Tabel 8-6 geeft een samenvatting van de beoordeling van de Toetsparameter Vissen in de T2009 en T2015.

rekenparameters		2009	2009	2015	2015
Vissen		WS	ZS	WS	ZS
occurrence Index					
sleutel					
exoten	soorten				
	aantallen				

Tabel 8-6: *Vergelijking van de beoordeling van vissen in de T2009 en de beoordeling T2015 Analyserapport. Groen = positieve evaluatie, rood = negatief, geel = positief en negatief, wit = geen significante trends. WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde.*

8.6.2 Rekenparameter Intactness-Index

In de periode 2010-2015 zijn in de Westerschelde per zone 20 tot 32 soorten en in de Zeeschelde 10-30 soorten uit de referentiematrix aangetroffen, waarbij de trend stabiel en toenemend is. Het Schelde estuarium kent van oudsher een grote diversiteit aan vissoorten, gekoppeld aan overvloed aan voedsel, grote uitwisselingsmogelijkheden, beschutting en een grote diversiteit aan leefgebieden binnen het estuarium. Watervervuiling, overbevissing en slechte bereikbaarheid van paaiplaatsen hebben het aantal soorten in de vorige eeuw sterk doen afnemen (Meire et al., 1995, Waardenburg et al., 1984). Hoewel de waterkwaliteit van de Westerschelde en Zeeschelde (zie §6.8) nog steeds aanleiding geeft tot negatieve evaluaties, is deze voor sommige aspecten verbeterd.

De aanwezigheid van minder zuurstofbindende stoffen heeft geleid tot een verbetering van de zuurstofcondities. Hierdoor zijn de optrekmogelijkheden voor trekvisserij verbeterd. De omstandigheden voor vissen zijn dan ook ten opzichte van het dieptepunt in de jaren negentig verbeterd. De toename van het aantal soorten is hier mogelijk aan gekoppeld. Een ander aspect dat mogelijk ten grondslag ligt aan het patroon is dat het totaal aantal vissoorten onveranderd blijft, maar toeneemt per locatie, zoals recent is aangetoond voor de Zeeschelde (Van Ryckegem et al., 2017). Soorten breiden dus hun verspreidingsgebied binnen het estuarium uit, waardoor de trefkans groter wordt. Dit kan hebben geleid tot een positieve trend in recente jaren.

Voor de Rekenparameter Occurrence Index Vissen is de evaluatie volgens de evaluatiemethodiek voor de Westerschelde positief, omdat het aantal soorten toeneemt. Voor de Zeeschelde is de evaluatie neutraal, omdat weliswaar de aantallen in de meeste zones toenemen, maar dit is niet-significant, met uitzondering van de zone Oligohalinen.

8.6.3 Rekenparameter sleutelsoorten: trends in aantallen/biomassa

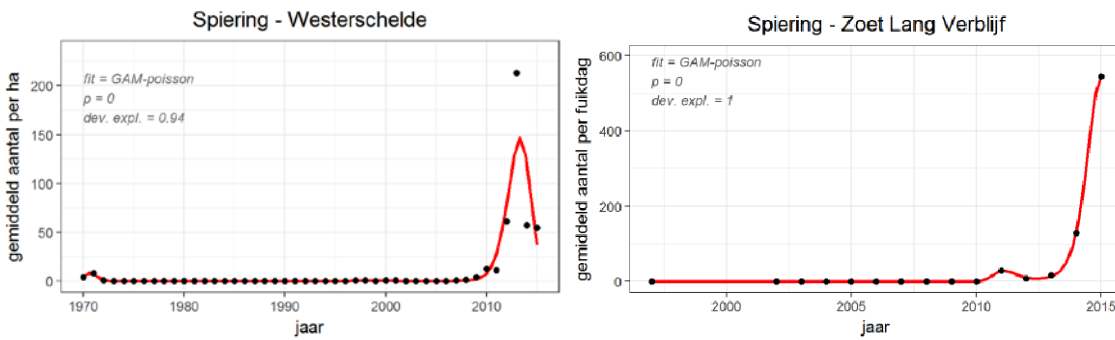
Het estuarium van de Westerschelde kent een grote diversiteit aan habitats. Vissoorten gebruiken, afhankelijk van hun levensstadium, verschillende delen van het estuarium. De Westerschelde heeft een belangrijke kinderkamerfunctie, zoals in het verleden is aangetoond voor schar, tong en schol, waarbij de jonge vislarven met de getijdebewegingen binnenkomen en opgroeien in de ondiepe, voedselrijke delen.

Tong gebruikt, afhankelijk van zijn levensstadium, verschillende delen van het estuarium: in het voorjaar trekt de jonge tong de Westerschelde op tot ver naar het oosten. In het najaar verlaat de tong de zeearm om het volgend voorjaar weer terug te keren. De volwassen tong gebruikt het mondingsgebied van de Westerschelde als paaigebied (Ravensberge & Scheele 1990). Een evaluatie per zone voor een aantal jaren samen biedt niet de mogelijkheid om deze temporele en ruimtelijke nuances mee te nemen in de evaluatie. Aan de andere kant zijn verschuivingen van soorten, zowel ruimtelijk als temporeel, mogelijk de verklaring van de waargenomen trends. Een paar voorbeelden om dit te illustreren zijn opgenomen en voor de hand liggende verklaringen zijn gegeven. Het is echter niet mogelijk om met de huidige dataset en evaluatiemethodiek kwantitatieve uitspraken te doen over oorzaken van waargenomen trends.

Spiering neemt toe

Spiering neemt significant toe in alle zones van de Westerschelde en in 5 van de 6 zones van de Zeeschelde (Figuur 8-6). De soort heeft met name een vlucht genomen in de diverse zones vanaf 2010 en is sindsdien een algemene soort. In de voorjaar- en zomervangsten met de ankerkuil in de Zeeschelde is het de meest gevangen soort, die tevens sterk de biomassa- en aantalsfluctuaties van de totaalvangsten bepaalt (Breine et al., 2017). Gemiddeld was het relatieve percentage spieringen gevangen in de periode 2009-2016 in schietfuisen 20% (Van Ryckegem et al., 2017).

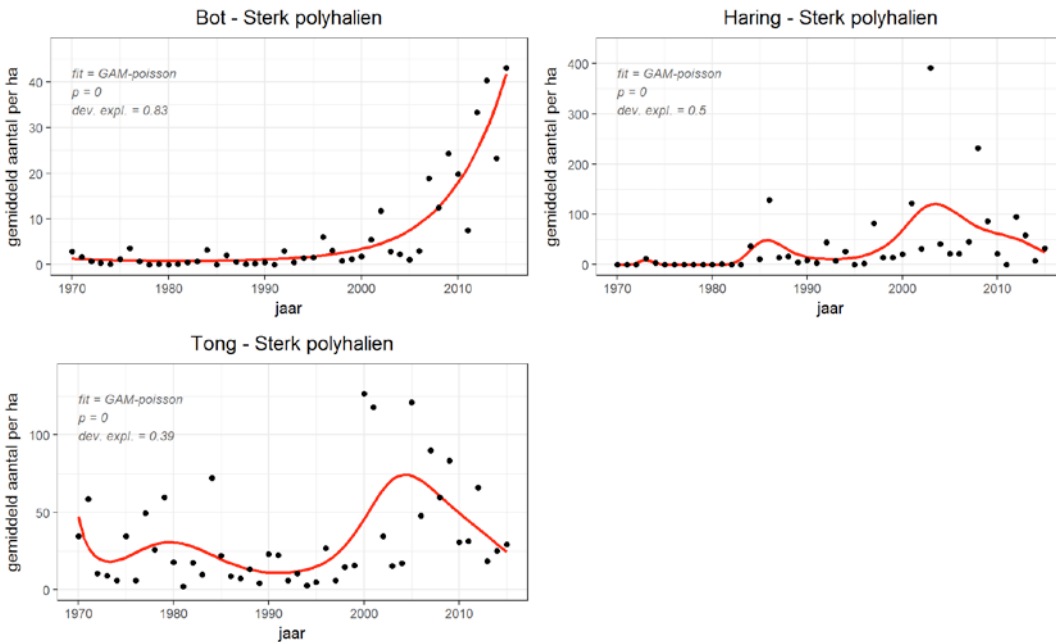
Spiering is een anadrome zalmachtige, die oorspronkelijk zelfs bevestigd werd in de Westerschelde en die als algemeen kon worden beschouwd. Anadrome spiering leeft en voedt zich in de zee en trekt de rivieren op om te paaien in het voorjaar. De volwassen dieren migreren na het paaien terug naar de zee, terwijl de juvenielen in zoet- of brakwater verblijven om op te groeien (Freyhof 2013). De lengteverdeling van spiering laat zien dat het merendeel (96% van de vangsten) uit juveniele exemplaren bestaat en dat het zoete gedeelte van de Zeeschelde wordt gebruikt om te paaien (Breine et al., 2017). Voor de Westerschelde is in het verleden de (bijna) afwezigheid van de spiering gemeld en gekoppeld aan het feit dat de soort zeer gevoelig is voor zuurstofdepletie en gebieden met lage zuurstofconcentraties mijdt (Meire et al., 1995, Maes et al., 2007). Verbeterde zuurstofcondities (§6.3), met daardoor verbeterde migratiemogelijkheden naar paaigebieden, verklaren zodoende de toename van de soort in het gehele bekken.



Figuur 8-6: Vissen –sleutelsoorten – spiering: Gemiddelde aantal per hectare van sleutelsoorten in alle zones van de Westerschelde en aantallen per fuikdag in de zone Zoet Lang Verblijf.

Veranderingen kinderkamerfunctie, ook op Noordzee-schaal

Er zijn diverse significante trends zichtbaar in aantallen van soorten die de Westerschelde als kinderkamer gebruiken: haring, tong, bot, schol. Zo neemt haring significant af in de zone Sterk polyhalien (Figuur 8-7) en juist toe in de zone Mesohalien. Tong neemt significant af in de zones Sterk polyhalien (Figuur 8-7) en Mesohalien en juist toe in de zone Saliniteitsgradiënt. Bot neemt daarentegen juist significant toe in de zones Sterk polyhalien (Figuur 8-7) en Mesohalien, net als in de Durme en neemt af in de zone Zwak polyhalien. Schol neemt significant toe in de zones Sterk en Zwak polyhalien en af in de zone Mesohalien.



Figuur 8-7: Vissen –sleutelsoorten - kinderkamersoorten: Gemiddelde aantal per hectare van sleutelsoorten in de zone Sterk polyhalien van de Westerschelde.

De Westerschelde heeft als onderdeel van de kustzone van de Noordzee, het Waddengebied en het Deltagebied, van oudsher een belangrijke functie als opgroeigebied voor een aantal soorten zeevissen. Jonge vissen vinden in deze gebieden relatief warm water met veel voedsel en er zijn hier minder grote roofvissen dan in de Noordzee. Trends in de indicator “kinderkamersoorten” (indicator bestaande uit griet, haring, kabeljauw, rode poon, schar, schol, steenbolk, tong en wijting) laten zien dat deze groep sinds 1990 afneemt in de kustzone (waaronder Westerschelde), terwijl dezelfde groep soorten toeneemt in de Noordzee. Klimaatverandering verklaart dit patroon mogelijk. Met een toenemende stofwisseling in warm (ondiep) water is er

meer voedsel nodig. Bij gebrek aan voedsel migreren de vissen eerder naar dieper, kouder water. Van tong in de Waddenzee is bovendien bekend dat 1-jarige tong niet meer terugkeert naar de kinderkamer, maar dat de soort in de Noordzee blijft.

Andere mogelijke verklaringen die worden gegeven in diverse studies naar verschuivingen van kraamkamersoorten zijn voedselaanbod, veranderingen in habitat door visserij of suppletiewerkzaamheden en aanwezigheid van predatoren (o.a. aalscholvers en zeehonden).

Niet alle kinderkamersoorten volgen hetzelfde patroon en zijn voor dezelfde factoren even gevoelig. Tong heeft een zuidelijker verspreidingsgebied en doet het in warmer water goed. Ook is niet in elk gebied de afname even sterk. In de Westerschelde nemen meer soorten af dan toe, maar is de afname van de groep als geheel niet significant (CBS, PBL, WUR, 2017 en Tulp et al., 2017).

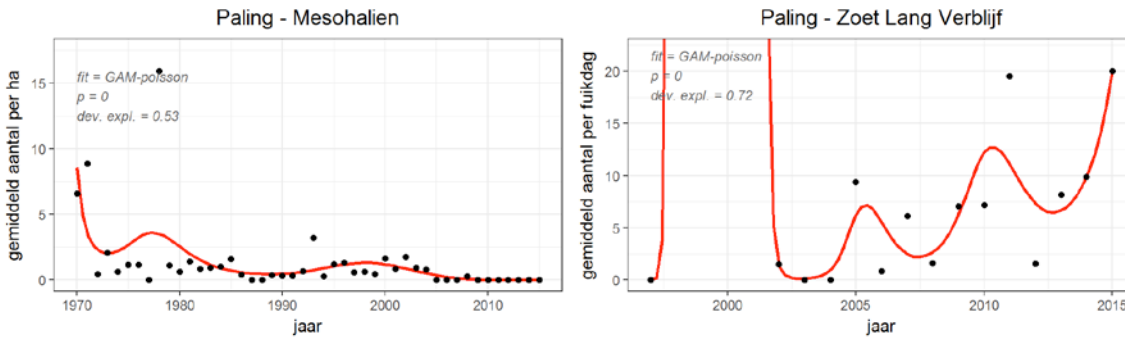
De voedselbeschikbaarheid in ondiep water is voor de kraamkamerfunctie van de Westerschelde een erg belangrijke component. Hier is weinig over bekend, maar er zijn aanwijzingen dat de belangrijke habitats voor jonge vissen in kwaliteit afnemen, onder andere door toename van de hydrodynamica. Een toename van de hydrodynamica hoeft niet direct te zorgen voor een verandering van ecotopen, maar ook de omstandigheden binnen een ecotoop kunnen veranderen. De gemiddelde stroomsnelheid per ecotoop kan bijvoorbeeld toenemen. Een studie van Cozzoli et al. (2017) laat het belang van niet te hoge stroomsnelheden in het sublitoraal van de Westerschelde zien. De afgelopen 50 jaar zijn hier de stroomsnelheden toegenomen en dat gaat samen met een lagere biomassa en diversiteit van de bodemfauna in het sublitoraal. Deze zone is van belang als opgroeigebied voor jonge vis. Een studie van Ysebaert et al. (2009) toonde aan dat het grootste deel van het ondiep sublitoraal in de oostelijke Westerschelde biologisch zeer arm is. Alleen daar waar de stroomsnelheden voldoende laag zijn, komt een rijke gemeenschap voor, en dit is beperkt tot enkele randjes langs de platen. Een belangrijk habitat voor (juvenile) vissen is zodoende zo goed als verdwenen.

Er heeft een korte verkenning plaatsgevonden of met behulp van de ecotopenkaarten, waarvan de maximale stroomsnelheidskaarten een onderdeel vormen, ook aannemelijk gemaakt kon worden dat de stroomsnelheden inderdaad zijn toegenomen. In Bijlage J is dit uitgewerkt. Uit deze verkenning komt naar voren dat lokaal, in enkele geulen de stroomsnelheden zijn toegenomen, maar op basis van deze zeer eenvoudige analyse komt hier geen duidelijk patroon uit naar voren.

Paling neemt af, maar ook toe

Paling, ook aal genoemd, nam in de zones Zwak polyhalien en Mesohalien (Figuur 8-8) significant af naar nul. In de zone Zoet lange verblijftijd (Figuur 8-8), Zoet korte verblijftijd en in de Rupel nam de soort juist significant toe.

De vangsten *binnen* de Zeeschelde kennen eenzelfde patroon, met grotere vangsten stroomopwaarts en nauwelijks of geen vangsten stroomafwaarts. In de zijrivieren van de Zeeschelde is de paling een belangrijke component van de visbiomassa (tot 60 kg/fuikdag in de Zenne) (Van Ryckegem et al., 2017).

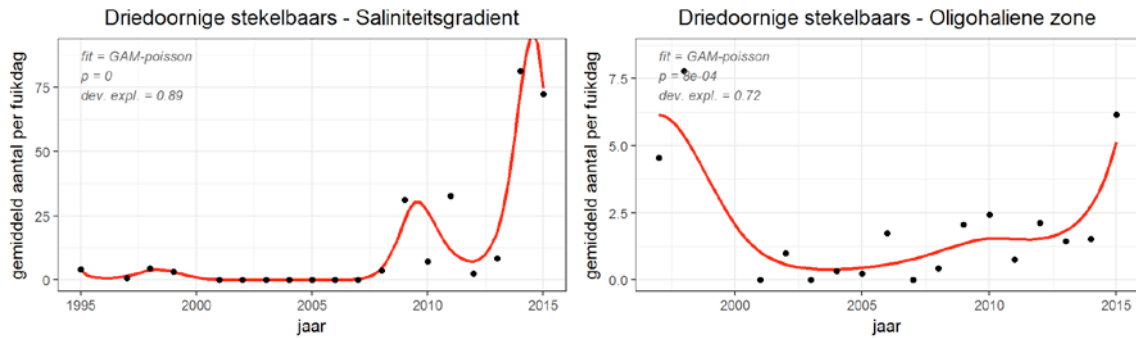


Figuur 8-8: Vissen –sleutelsoorten - paling: Gemiddelde aantal per hectare en per fuikdag van sleutelsoorten in de zones Mesohalies van de Westerschelde en Zoet lange verblijftijd van de Zeeschelde.

Het is duidelijk dat paling in de Westerschelde en Zeeschelde in diverse zones aanwezig is, de soort het estuarium als opgroeigebied gebruikt, en in enkele zoete zones gekenmerkt wordt door een positieve trend (aantallen) en een aanzienlijke biomassa (kg per fuikdag). Echter de negatieve trends stroomafwaarts in de Westerschelde, met afname naar nul, zijn zorgwekkend. Deze trends komen zowel uit de (najaars) boomkor- als fuikdata naar voren (Analyserapport en Van Ryckegem et al. 2017). Volwassen paling trekt in het najaar weg naar zee en de soort is voor zijn voortplanting volledig afhankelijk van volwassen exemplaren die na wegtrek de voortplantingsgebieden in de Sargassozee weten te bereiken. De afgelopen decennia zijn de bestanden van intrekende glasaal gedaald naar extreem lage omvang (De Graaf & Deerenberg 2015). Paling heeft de status sterk bedreigd (Jacoby & Gollock 2014) en er wordt getracht de soort te beschermen via extra maatregelen, zoals het verbod op visserij in het najaar. In de Bathse Spuisluis wordt het intrekend glasaalbestand sinds 1992 gemonitord. Hoewel de aantallen glasaal van jaar tot jaar sterk fluctueren werd tijdens de opname in 2014 een hoger aantal gevangen dan in de jaren daarvoor.

Driedoornige stekelbaars neemt toe in Zeeschelde

De driedoornige stekelbaars is algemeen in de Zeeschelde en er is in de periode 2010-2015 voor zowel de zone Saliniteitsgradiënt, zone Oligohalies en de Rupel een significant positieve trend waarneembaar voor de soort (Figuur 8-9). De driedoornige stekelbaars kent zowel varianten als zoet- en zoutwatervis en als anadrome trekvis. De anadrome variant heeft een hogere biomassa per vis en verplaatst zich door selectief getijdentransport. De zones met een laag zuurstofgehalte vormden in het verleden voor de driedoornige stekelbaars en andere soorten een migratiebarrière. De verbeterde waterkwaliteit en de daarmee gepaard gaande toename van het zuurstofgehalte is een voor de hand liggende verklaring voor de toename van de driedoornige stekelbaars. De soort vormt op zijn beurt een prooi voor onder andere visetende vogels.



Figuur 8-9: Vissen – sleutelsoorten – driedoornige stekelbaars: Gemiddelde aantal per fuikdag van sleutelsoorten in de zones Saliniteitsgradiënt en Oligohalien van de Zeeschelde.

Toename hard substraat soorten

Er is een significante toename van de puitaal in alle drie de zones van de Westerschelde. Slakdolf en zeedonderpad nemen significant toe in de zone Sterk polyhalien. Mogelijke verklaringen voor dit patroon zijn de toename van hardsubstraat in het westelijke deel van de Westerschelde, omdat het soorten betreft die vaak in de buurt van stenen of natuurlijk hard substraat zoals schelpenbanken worden aangetroffen. Puitaal kent bovendien een verticale migratie: de soort trekt in het najaar naar dieper water in de Noordzee (Jol et al., 2001). Veranderingen in de timing van deze migratie, bijvoorbeeld door klimaatverandering, kunnen een veranderde trefkans tot gevolg hebben, waardoor de vangsten toenemen.

Afname limnofiele soorten Durme

Bittervoorn en tiendoorn nemen significant af in de Durme. In het kader van rivierherstel Durme worden baggerwerken uitgevoerd. De baggerwerken in de Durme resulteren in een steiler slik en het eroderen van de schoroevers (Van Ryckegem et al., 2017). Niet uit te sluiten is dat de bittervoorn in zijn voortplantingsmogelijkheden wordt beperkt, doordat met de baggerwerkzaamheden de grotere zoetwatermosselen, die de bittervoorn voor zijn voortplanting nodig heeft, worden verwijderd. De tiendoorn gebruikt waterplanten voor zijn voortplanting. Door de baggerwerkzaamheden en de versteiling van de oevers zijn de voortplantingsmogelijkheden waarschijnlijk ook ongunstiger voor deze soort geworden. Door het ontbreken van monitoringsgegevens na 2012, betreft dit slechts een trend voor een deel van de evaluatieperiode.

Voor de Rekenparameter Sleutelsoorten Vissen is de evaluatie volgens de evaluatiemethodiek voor de Westerschelde negatief, omdat in iedere zone soorten afnemen. Voor de Zeeschelde is de evaluatie overwegend positief met uitzondering van de Durme waar de ontwikkeling negatief is.

8.6.4 Rekenparameter trends in exoten

In de Zeeschelde en Westerschelde zijn in 2010-2015 de volgende exoten aangetroffen: blauwband, bruine dwergmeerval, giebel, karper, kleine koornaarvis, snoekbaars, zonnebaars, zwartbekgrondel en *Rutilus aula*. Omdat een deel van de soorten grotendeels beperkt is tot zoetwater – met een tolerantie voor een beperkte mate van zout- en een ander deel grotendeels tot zoutwater – met een tolerantie voor zoet, zijn de aantallen en aantallen soorten het hoogst in de overgangszones Mesohalien, Saliniteitsgradiënt en Oligohalien. Een nieuwe exoot in de afgelopen periode is de zwartbekgrondel. Deze soort werd voor het eerst gerapporteerd in de Zeeschelde nabij de Liefkenshoektunnel op 8 april 2010 (Verreycken et al., 2011). Deze soort is afkomstig uit Ponto-Kaspische stroomgebieden en wordt verspreid met ballastwater (Spikmans et al., 2010).

Voor de Rekenparameter Exoten Vissen is de evaluatie volgens de evaluatiemethodiek voor de Westerschelde en Zeeschelde negatief voor het aantal soorten exoten. Voor de biomassa exoten is in de Westerschelde alleen de zone Mesohalieren significant positief en zijn de andere zones niet significant. Voor de Zeeschelde is de trend in de zones Saliniteitsgradiënt en Oligohalieren significant negatief en in de overige zones niet significant.

8.7 Toetsparameter Vogels

8.7.1 Algemeen

Tabel 8-7 geeft de beoordeling in de T2009 en in de T2015. Hieruit komt naar voren dat er voor alle rekenparameters veranderingen zijn opgetreden in een deel van de beoordelingen. In de volgende paragrafen zal hier nader op in worden gegaan.

toetsparameter	rekenparameter	2009	2009	2015	2015
vogels		WS	ZS	WS	ZS
broedvogels	sleutelsoorten	geel	rood	rood	
niet-broedvogels	abundance Index	groen	groen	rood	rood
	sleutelsoorten	geel	rood	rood	rood
	exoten			rood	geel
	soorten aantallen				geel

Tabel 8-7: Vergelijking van de beoordeling van vogels in de T2009 en de beoordeling T2015 Analyserapport. Groen = positieve evaluatie, rood = negatief, geel = positief en negatief. WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde.

Bij de toetsparameters wordt onderscheid gemaakt tussen broedvogels en niet-broedvogels. In de T2009-rapportage wordt de trend in de rekenparameters Intactness Index op basis van *occurrence* (wel of niet voorkomen) voor niet-broedvogels beschreven en in de T2015 wordt de Abundance Index gebruikt conform de Evaluatiemethodiek (Maris et al., 2014). De rekenparameter sleutelsoorten wordt gebruikt voor zowel broed- als niet-broedvogels en de rekenparameter exoten voor alleen niet-broedvogels.

8.7.2 Rekenparameter Intactness-Index niet-broedvogels

In de T2009 werd de intactness-index voor zowel Westerschelde als Zeeschelde positief beoordeeld, terwijl er in de T2015 sprake is van een negatieve beoordeling. Een belangrijke oorzaak hiervan is dat in de T2009 gebruik gemaakt werd van de *Occurrence*-Index en in de T2015 van de *Abundance*-Index. Bij de *Occurrence*-Index is de soort wel of niet aanwezig en bij de *Abundance*-Index wordt ook rekening gehouden met hoe talrijk de soort is ten opzichte van de referentiewaarde. Dit verklaart het verschil in beoordeling in de T2009 en T2015.

In het analyserapport T2015 is voor de gehele periode 1987-2015 gerekend met de *Abundance*-Index. Voor de zones in de Westerschelde komt uit de indexberekeningen naar voren dat in de zone Sterk polyhalien vanaf seizoen 2008/09 de index afneemt, in de zone Zwak polyhalien na het seizoen 2011/12 en in de zone Mesohalieren na het seizoen 2004/05. Bij de indexberekeningen is gebruik gemaakt van werkelijk getelde aantallen en deze liggen vanaf het seizoen 2012/13 lager dan de seizoenen daarvoor, omdat niet alle telvakken vanaf genoemd seizoen volledig geteld zijn. Dit verklaart echter niet de al eerder geconstateerde afname in de zones Sterk polyhalien en Mesohalieren, zodat hier sprake is van een werkelijke afname.

In de Zeeschelde laat de *Abundance* Intactness-index in alle zones een vergelijkbaar patroon zien: aanvankelijk een stijging van de index om tussen 2000-2005 een piek te bereiken gevolgd door een geleidelijke afname. In de zone Zoet korte verblijftijd valt de piek iets later, maar verder is het patroon vergelijkbaar.

Het gebruik van de *Abundance*-Index in plaats van de *Occurrence*-Index brengt veel duidelijker de veranderingen in de abundantie van vogels in beeld. In de T2009 werd voor de meeste zones van Westerschelde en Zeeschelde een stabiele situatie gevonden, terwijl bij de herberekening op basis van *Abundance* er duidelijke veranderingen optreden. In de Zeeschelde kan een deel van de aanvankelijke toename verklaard worden door veranderingen in de telmethodiek. Bij de start van de tellingen in 1992 werd er alleen in de wintermaanden geteld, maar vanaf 1993 werd ook in de zomermaanden geteld. De meeuwen worden sinds oktober 1999 geteld (Van Ryckegem et al., 2015). Dit verklaart deels de toename van de aantallen aan het eind van de vorige eeuw, maar niet de afname in aantallen sinds 2005.

Voor de Rekenparameter Intactness-index niet-broedvogels is de evaluatie volgens de evaluatiemethodiek negatief, omdat per zone de maximum aantallen van de geselecteerde soorten niet voldoen aan de referentiewaarden voor de desbetreffende zone.

8.7.3 Rekenparameter Sleutelsoorten: trends in aantallen (broed- en niet-broedvogels)

Broedvogels

De te evalueren rekenparameter voor de indicator broedvogels is het voorkomen van sleutelsoorten in de Westerschelde en de Zeeschelde. De sleutelsoorten zijn gedefinieerd vanuit de Natura 2000 instandhoudingsdoelen die gelden voor de Westerschelde en Zeeschelde. Tabel 8-8 geeft hiervan een overzicht.

Westerschelde		Zeeschelde			
soort	aantal	soort	aantal	soort	aantal
Blauwborst	450	Baardmannetje	14	Porseleinhoen	2
Bontbekplevier	10	Blauwborst	140	Purperreiger	11
Bruine kiekendief	20	Bruine kiekendief	11	Rietzanger	106
Dwergstern	100	Dodaars	26	Roerdomp	5
Grote stern	2.800	Grote karekiet	27	Scholekster	92
Kluut	150	Kluut	139	Slobeend	15
Strandplevier	40	Kwak	9	Snor	22
Visdief	1600	Kwartelkoning	2	Tureluur	26
Zwartkopmeeuw	4	Lepelaar	14	Woudaap	9
		Paapje	3	Zomertaling	5

Tabel 8-8: Broedvogels met hun instandhoudingsdoel voor de Natura 2000-gebieden Westerschelde+Saefinghe en Zeeschelde buitendijks.

In de T2009 werd voor de Westerschelde de situatie voor de meeste kustbroedvogels gunstig genoemd, aangezien er bij de meeste soorten sprake was van een positieve trend. Alleen voor de strandplevier werd de doelstelling niet gehaald. Bruine kiekendief en blauwborst werden niet in deze evaluatie meegenomen. Voor de Zeeschelde gold een negatieve evaluatie, omdat op

basis van de gefragmenteerde en beperkte dataset (veel gebieden niet geïnventariseerd), het aantal broedparen van de meeste soorten ver beneden het instandhoudingsdoel blijft.

In de T2015 is als criterium opgenomen dat een soort in vijf van de zes jaren aan zijn instandhoudingsdoel (streefdoel) moet voldoen en dat wanneer in twee of meer jaren voor één of meer soorten de streefdoelen niet worden gehaald, er een negatieve evaluatie volgt. In de T2009 werd voor de Westerschelde gekeken of er in de periode 1979 – 2008 sprake was van een positieve trend en voor de Zeeschelde werd de periode 1995-2009 bekeken. Met de wijziging van het criterium wijzigt ook de beoordeling. Tabel 8-9 geeft de beoordeling per periode van zes jaren voor de Westerschelde met het T2015-criterium.

Soort	periode						
	1974-79	1980-85	1986-91	1992-97	1998-03	2004-09	2010-15
bontbekplevier	0	100	100	100	83	100	83
bruine kiekendief	0	0	0	0	100	100	80
dwergstern	0	67	83	50	50	67	50
grote stern	0	0	0	33	67	33	17
kluut	100	100	83	83	100	100	67
strandplevier	0	100	83	67	33	17	0
visdief	0	0	33	0	83	67	0
zwartkopmeeuw	0	0	33	83	83	100	100
gemiddeld	13	46	52	52	75	73	50

Tabel 8-9: *Ontwikkeling van broedvogelsoorten met een instandhoudingsdoel voor de Westerschelde per periode van zes jaren. Per periode van zes jaren is procentueel aangegeven hoe vaak het criterium per soort gehaald wordt. De blauwborst is niet opgenomen, omdat hiervan inventarisatiegegevens ontbreken. Groen gemarkeerd zijn de perioden waarin door de desbetreffende soort aan de eis wordt voldaan. Voor de bruine kiekendief waren uit 5 jaren gegevens beschikbaar.*

Uit Tabel 8-9 komt naar voren dat in geen enkele periode aan het evaluerend criterium wordt voldaan. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de blauwborst buiten beschouwing is gelaten, omdat hiervan geen gedetailleerde gegevens beschikbaar zijn. Uit de tabel kan tevens afgeleid worden dat in de periode 1998-03 en 2004-2009 er sprake was van een piek in de gemiddelde beoordeling, maar dat in de periode 2010-15 deze duidelijk lager ligt.

Voor de grote stern, die op de Hooge Platen broedt, kan dit in ieder geval deels worden toegeschreven aan enerzijds afname van broedhabitat door duin- en stranderosie op de Hooge Platen en anderzijds door de vegetatiesuccessie hier (Strucker et al., 2015). Daarnaast geldt voor deze soort dat er sprake was van een Deltabrede populatie, waarbij veel uitwisseling tussen kolonies plaatsvindt (Zeebrugge wordt bij de Deltabrede populatie gerekend). Daarnaast vindt er ook uitwisseling met de Waddenzee, Engeland en mogelijk Frankrijk plaats (Schekkerman et al., 2017). Aandachtspunt is dat de reproductie in het Deltagebied van de grote stern aan het teruglopen is en mogelijk net voldoende is voor een stabiele populatie (Schekkerman et al., 2017).

De veranderingen op de Hooge Platen hebben ook een negatieve invloed op de broedgelegenheid voor de dwergstern. Daarnaast wordt soort mogelijk ook negatief beïnvloed door het verdwijnen van ondieptes en luwe zones met relatief geringe stroomsnelheden zoals Van der Winden et al. (2017) aangeven. Deze ondieptes fungeren als kraamkamer voor vis. Cozzoli et al. (2017) hebben in een recente studie laten zien dat de afgelopen 50 jaar de stroomsnelheden in de Westerschelde in het sublitoraal zijn toegenomen, waardoor de biomassa van het macrozoöbenthos is afgenomen. Figuur 7-4 laat echter zien dat bij de Hooge Platen in de periode 2008-2015 er meer hoogdynamisch sublitoraal is omgezet in laagdynamisch sublitoraal

dan omgekeerd. Dit zou inhouden dat de foerageeromstandigheden voor de dwergstern niet verslechterd zijn. Wel is eerder aangegeven dat voor een aantal vissoorten de kinderkamerfunctie van de Westerschelde achteruit is gegaan. Dit geldt onder andere ook voor de haring die in het Sterk polyhalien achteruit is gegaan. De afname van deze vissoort kan ongunstig uitpakken voor visetende broedvogels, die in de directe omgeving van de Hooge Platen foerageren.

Voor bontbekplevier, kluut, strandplevier en visdief geldt dat deze soorten broeden in gebieden met pioniervegetaties en erg gevoelig zijn voor verstoring. Zowel de rust als behoud van geschikte broedgebieden zijn in de Westerschelde niet gegarandeerd (Ministerie van I&M | Rijkswaterstaat 2016). Voor de bontbekplevier is het openstellen van de onderhoudswegen voor recreatie een belangrijke verstoringsoorzaak (Arts et al., 2016).

Op de Hooge Platen in de zone Sterk polyhalien, het belangrijkste broedgebied voor kustbroedvogels in de Westerschelde, heeft van 1996 tot 2009 een duidelijke toename van de oppervlakte pionierschor plaatsgevonden. Hierna heeft de ontwikkeling zich voortgezet richting schorvegetatie. Voor vogelsoorten die in pionierschorvegetaties broeden als bontbekplevier, strandplevier, dwergstern en kluut moet de afname van pionierschorvegetatie als ongunstig worden beschouwd.

In de zone Mesohalieu heeft een vergelijkbare ontwikkeling plaatsgevonden met aanvankelijk een toename van pionierschor tot 2009, gevolgd door een afname. Tegelijkertijd is de oppervlakte schor hier toegenomen. Deze voor kustbroedvogels ongunstige ontwikkelingen worden weerspiegeld in afnemende aantallen kustbroedvogels (Ministerie van I&M | Rijkswaterstaat 2016) in het oostelijke deel van Westerschelde. Er zijn enkele ontwikkelingen die gunstig zijn voor kustbroedvogels, zoals de inrichting van het gebied bij Perkpolder en van Waterdunen, waar al verschillende soorten kustbroedvogels tot broeden kwamen. In Perkpolder broedden in 2015 24 paar kluten en in Waterdunen 18 paar Kluten en 6 paar strandplevieren (Strucker et al., 2016).

Bruine kiekendief en blauwborst broeden met name op de hogere delen van de schorren. Van de blauwborst zijn geen gedetailleerde gegevens beschikbaar. Voor de bruine kiekendief geldt dat het belangrijkste broedgebied wordt gevormd door Saefthinghe. Hoewel volledige aantallen voor de Westerschelde ontbreken lijken de aantallen in 2014 en 2015 beneden het instandhoudingsdoel te liggen. Mogelijk speelt de vos hier deels een rol bij (Van Kerkhoven 2015).

Tabel 8-10 geeft een overzicht van de ontwikkeling van kustbroedvogels in de Westerschelde in vergelijking met de ontwikkelingen in de Oosterschelde, het gehele deltagebied en in Nederland. In de Westerschelde doen de kustbroedvogels het net als in de Oosterschelde niet goed: de trend is onzeker of negatief. Voor het Deltagebied als geheel is de situatie positiever: dwergstern, grote stern en zwartkopmeeuw hebben dan een positieve trend. De trend in de Westerschelde is voor bontbekplevier, strandplevier en kluut vergelijkbaar met de situatie in geheel Nederland. Visdief en bruine kiekendief doen het slechter in geheel Nederland dan in de Westerschelde.

Recent is door Schekkerman et al. (2017) gekeken naar de reproductie van de verschillende soorten kustbroedvogels. Deze is vermoedelijk of zeker onvoldoende bij kluut, strandplevier, dwergstern en visdief om de populatie te doen groeien of in stand te houden. Bovendien vertoont het broedsucces van kluut en dwergstern een afnemende trend. Dit maakt de toekomst van deze populaties onzeker.

Soort	Westerschelde 1)		Oosterschelde 1)		Delta 2)		Landelijk 3)	
	1991-2016	2007-2016	1990-2016	2007-2016	1980-heden	2007-2016	1990-2016	2007-2016
blauwborst	~	~					+	+
bontbekplevier	+	-	+	~	--	0	0	-
bruine kiekendief	~	~	~	~	+	-	-	-
dwergstern	0	~	~	~	+	++	+	0
grote stern	+	~	~	~	++	++	+	~
kluut	+	-	+	-	+	--	-	-
strandplevier	-	-	+	~	--	--	-	-
visdief	0	~	+	~	++	-	-	-
zwartkopmeeuw	+	~			++	++	++	+

++	significante sterke toename van >5% per jaar
+	significante matige toename van <5% per jaar
0	stabiel, geen significante trend
-	matige significante afname van <5% per jaar
--	sterke significante afname van >5% per jaar
~	onzeker, geen trend aantoonbaar
	geen trend beschikbaar

¹⁾ Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS)

²⁾ Van der Winden et al. (2017)

³⁾ www.Sovon.nl

Tabel 8-10: Ontwikkeling van kustbroedvogels in de Westerschelde, Oosterschelde, gehele Deltagebied en in Nederland (landelijk).

Voor de Zeeschelde heeft in de T2009 geen evaluatie plaatsgevonden, omdat enerzijds de beschikbare gegevens zeer gefragmenteerd waren en anderzijds omdat het belangrijkste gebied, het IHD-gebied, een veel ruimer gebied omvat dan alleen de estuariene delen. Grote delen van de omliggende valleien en wetlands worden hierbij ook meegenomen. Een deel van de soorten, waaronder dodaars, grutto, kwartelkoning, paapje, porseleinhoen, roerdomp, slobbeend, woudaap en zomertaling, maakt geen gebruik van het buitendijkse deel van het estuarium, terwijl een ander deel deels in de estuariene gebieden broedt (blauwborst, bruine kiekendief, grote karekiet, rietzanger, snor en scholekster). Alleen kluut, tureluur en lepelaar zijn voor een belangrijk deel aan de estuariene delen gebonden (T2009). Deze soorten worden dan ook door Mertens (2013) indicatorsoorten voor de estuariene delen van de Zeeschelde genoemd. Kluut en tureluur bereiken de laatste jaren als broedvogel hun instandhoudingsdoel. Lepelaar komt echter (nog) niet tot broeden in de estuariene delen.

Niet-broedvogels

Bij de niet-broedvogels zijn voor de Westerschelde als sleutelsoort de soorten genomen die een instandhoudingsdoel (IHD) voor het Natura 2000-gebied Westerschelde+Saeftinghe hebben. Voor de Zeeschelde zijn als sleutelsoorten de soorten genomen, waarvan nu of in het verleden 1% van de populatie in de Zeeschelde verbleef.

In de Evaluatiemethodiek wordt aangegeven dat sleutelsoorten voor een positieve evaluatie in 5 van de 6 beschouwde jaren moeten voldoen aan de IHD. Indien in 2 of meer jaren één of meerdere soorten niet voldoen aan de IHD, volgt een negatieve evaluatie.

In de T2009 is de conclusie dat de sleutelsoorten van de Westerschelde een wisselend beeld geven: sommige soorten nemen af, met name een aantal eendachtigen, andere soorten nemen toe zoals de bergeend, wulp en drieteenstrandloper. De evaluatie is dan ook zowel positief als negatief. In de Zeeschelde nemen de meeste sleutelsoorten af. Dit leidt tot een negatieve evaluatie.

In Tabel 8-11 wordt de ontwikkeling van de watervogels geschetst in de Westerschelde, Oosterschelde, Delta en landelijk in Nederland op basis van de watervogeltellingen in het kader van de MWTL. In de Westerschelde is, wanneer de periode 2006-2015 vergeleken wordt met 1987-2015, het aantal negatieve trends van soorten gestegen van 12 naar 19 en het aantal positieve trends afgenomen van 8 naar 3. Ook voor de Oosterschelde is een overwegend

negatieve trend zichtbaar, maar voor de Waddenzee en geheel Nederland is het aantal soorten met een negatieve trend in de overeenkomstige periode (2005-2015) aanzienlijk lager. Dit geeft aan dat de vogelaantallen zich in de Westerschelde minder gunstig hebben ontwikkeld dan in de rest van Nederland.

In de Westerschelde worden 7 van de 31 soorten positief geëvalueerd en de overige soorten worden negatief geëvalueerd. Dit leidt vervolgens tot een negatieve evaluatie voor de sleutelsoorten niet-broedvogels. Soorten met een positieve evaluatie zijn bergeend, kleine zilverreiger, krakeend, lepelaar, slechtvalk, slobbeend en wulp.

De aantallen watervogels in de Westerschelde zijn sinds de seizoenen 2000/01-2002/03 meer dan gehalveerd, waarbij de grootste afname plaatsvond bij de herbivore watervogels (met name grauwe gans) en bij de benthivoren. Bij de herbivoren is de afname van de grauwe gans opmerkelijk, omdat de aantallen in Nederland toenamen en de laatste jaren stabiliseren (Hornman et al., 2016). Ook de aantallen van de wilde eend nemen af. De grauwe ganzen foerageerden vooral op de knollen van de heen in Saeftinghe (Castelijns & Jacobusse 2010). De afname van de grauwe gans gaat samen met een afname van de oppervlakte heen in Saeftinghe (Elschot et al., 2017), maar de afname van heen wordt niet alleen veroorzaakt door begrazing maar ook door sedimentatie waardoor de heen door de successie achteruitgaat.

Bij de benthivoren moet onderscheid gemaakt worden tussen bergeend en steltlopers. De meeste steltlopers hadden een aantalspiek in de seizoenen 2006 – 2008, terwijl bij de tureluur de afname al eerder begon. Een uitzondering is de wulp, die een toename vertoont. De wulp heeft in grote delen van Europa een afnemende trend. De toename in Nederland en langs de Westerschelde is vooral het gevolg van een herverdeling van pleisteraars (Hornman et al., 2016). De bergeend neemt zowel in de Westerschelde als de Waddenzee toe.

Soort	Westerschelde ¹⁾		Oosterschelde ¹⁾		Delta ²⁾		Waddenzee ¹⁾		Nederland ³⁾	
	1987-2015	2006-2015	1987-2015	2006-2015	1980-2015	2007-2015	1987-2015	2006-2015	1990-2016	2005-2016
Bergeend	+	+	+	0	+	0	+	+	+	+
Bontbekplevier	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
Bonte strandloper	0	-	0	0	0	0	+	0	+	0
Drieteenstrandloper	0	--	+	~	+	0	+	+	+	+
Fuut	-	~	+	-	+	0	+	~	+	+
Goudplevier	--	--	+	~	0	-	+	~	+	0
Grauwe gans	+	--	++	0	++	-	++	+	++	+
Groenpootruiter	0	-	-	--	0	--	0	0	0	~
Kanoet	-	--	0	--	0	--	+	+	+	+
Kievit	0	-	++	~			+	~	0	0
Kleine zilverreiger	++	0	++	~					++	~
Kluut	0	-	+	-	-	-	0	0	0	-
Koligans	-	~	++	~	+	0	++	+	+	+
Krakeend	++	0	++	~	++	++	++	+	++	+
Lepelaar	++	++	++	++	++	+	++	+	++	+
Middelste zaagbek	--	-	+	0	+	0	0	0	+	0
Pijlstaart	0	~	0	~	0	0?	+	+	+	+
Rosse grutto	-	-	0	0	0	0	+	0	+	0
Scholekster	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Slechtvalk	+	0	+	-			+	+	+	+
Slobeend	=	~	+	~	+	+	+	++	+	~
Smient	0	-	+	-			0	0	+	0
Steenloper	-	--	-	-			-	~	-	-
Strandplevier	--	--	-	-					--	--
Tureluur	-	-	0	-	-	-	0	0	-	-
Wilde eend	-	-	0	0			0	-	-	-
Wintertaling	+	+	++	~			0	~	0	+
Wulp	+	0	+	+	+	+	+	0	++	0
Zeearend	0	0			++	++			++	++
Zilverplevier	0	-	0	0	0	0	+	0	+	0
Zwarte ruiter	-	--	-	-	-	--	0	~	-	-

¹⁾ Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS), ²⁾ Van der Winden et al. (2017), ³⁾ www.sovon.nl

++	significante sterke toename van >5% per jaar
+	significante matige toename van <5% per jaar
0	stabiel, geen significante trend
-	matige significante afname van <5% per jaar
--	sterke significante afname van >5% per jaar
~	onzeker, geen trend aantoonbaar
	geen trend beschikbaar

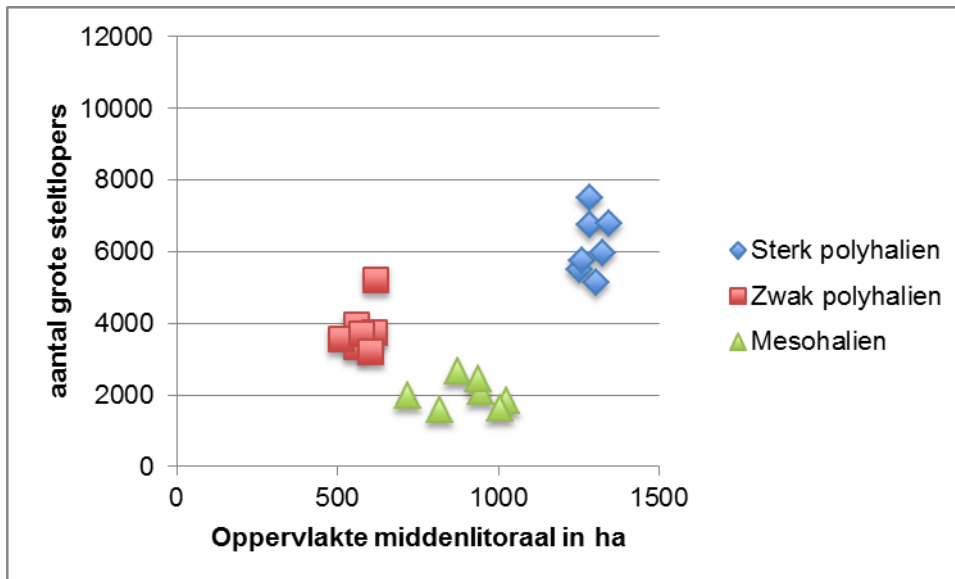
Tabel 8-11: Overzicht van de trends van niet-broedvogels in de Westerschelde, de Oosterschelde, Delta, Waddenzee en geheel Nederland.

Piscivore watervogels als futen en middelste zaagbekken zijn schaars in de Westerschelde, maar soorten als lepelaar en kleine zilverreiger daarentegen nemen toe. Van deze laatste soorten neemt de broedpopulatie in Nederland toe en dat wordt weerspiegeld in een aantalstoename in de Westerschelde. Andere soorten met een toenemende (winter)populatie in Nederland zijn krakeend, slechtvalk en slobeend (Hornman et al., 2016). Dit komt terug in de stijgende aantallen in de Westerschelde.

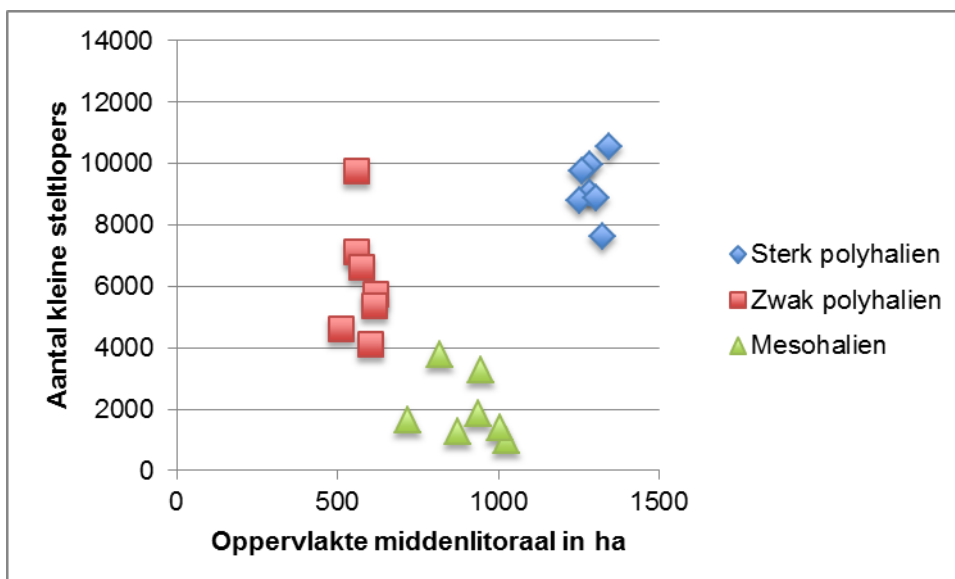
Het laagdynamisch litoraal vormt voor de slikgebonden eenden en steltlopers het belangrijkste foerageergebied. Dit is rijk aan bodemfauna. In de Westerschelde neemt in alle zones de oppervlakte hoogdynamisch slik af. In de zone Sterk polyhalien is de oppervlakte laagdynamisch slik in de periode 1996-2015 met 100 ha afgenomen, in de zone Zwak polyhalien met ongeveer 100 ha toegenomen en in de zone Mesohalien bedraagt de toename 300 ha. Binnen het litoraal is met name het middenlitoraal, dat een droogvalduur heeft van 25-75%, belangrijk als foerageergebied (Blomert 2002, Zwarts et al., 2011). In de Westerschelde als geheel is het areaal hiervan toegenomen van 2.630 ha in 1996 naar 3.006 ha in 2015.

Indien naar de dichtheid van de steltlopers in de Westerschelde wordt gekeken dan zijn er per zone duidelijke verschillen. In Figuur 8-10 staan de aantallen grote steltlopers (scholekster, kluut, rosse grutto en wulp) uitgezet tegen de oppervlakte laagdynamisch middenlitoraal en in Figuur 8-11 de aantallen kleine steltlopers (overige soorten steltlopers met een

instandhoudingsdoel, exclusief Kievit en goudplevier). Hieruit komt naar voren dat zowel de dichtheid aan grote steltlopers als van kleine steltlopers in de Polyhalie zones beduidend hoger is dan in de zone Mesohalien. De biomassa van de bodemfauna is ook duidelijk hoger in de mariene delen van de Westerschelde (Ysebaert et al., 1998)

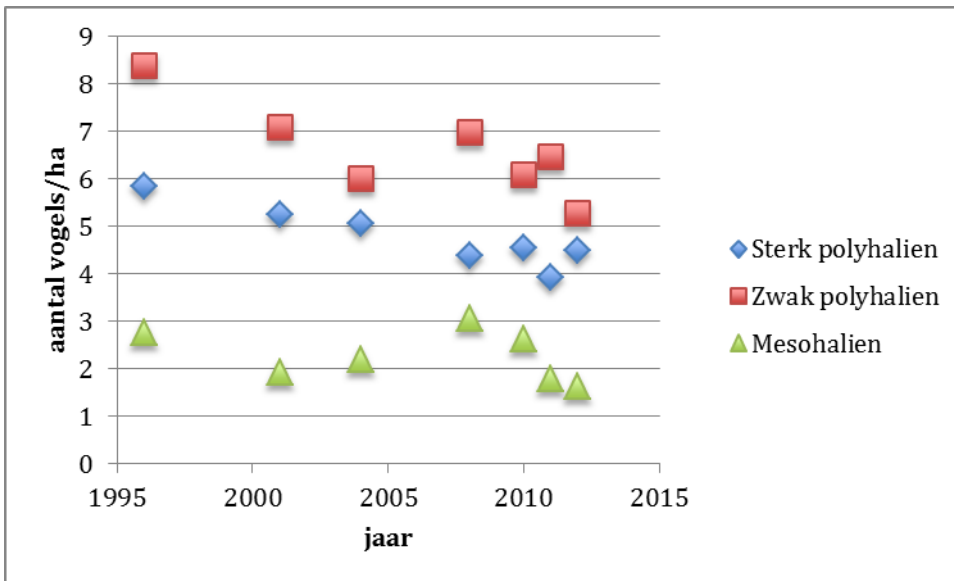


Figuur 8-10: Relatie tussen de oppervlakte laagdynamisch middenlitoraal per zone (op basis ecotopenkartering) en het aantal grote steltlopers in de zone in het overeenkomstige seizoen. Alleen de seizoenen met een ecotopenkartering zijn opgenomen.

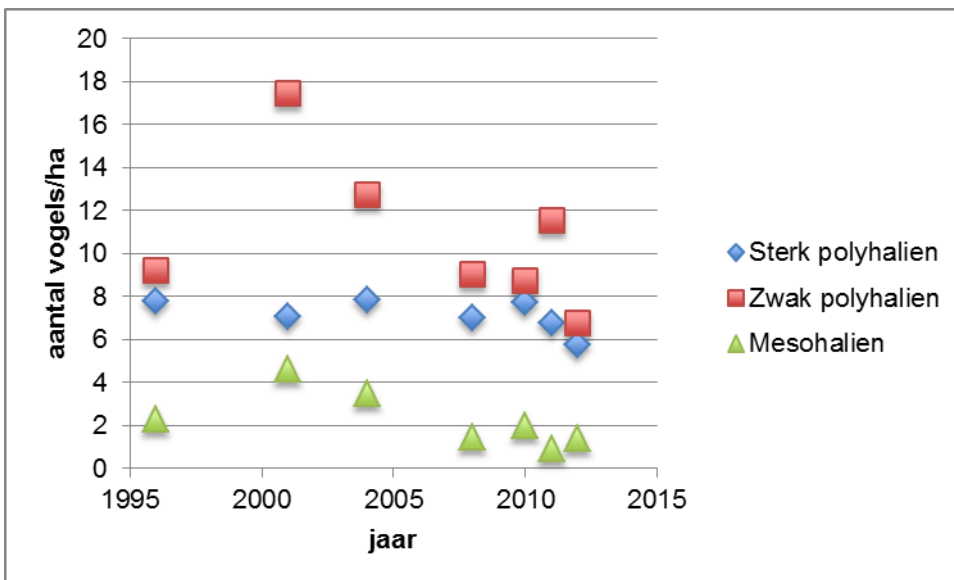


Figuur 8-11: Relatie tussen de oppervlakte laagdynamisch middenlitoraal per zone (op basis ecotopenkartering) en het aantal kleine steltlopers in de zone in het overeenkomstige seizoen. Alleen de seizoenen met een ecotopenkartering zijn opgenomen.

De gemiddelde dichtheid aan grote steltlopers bedraagt in de zone Sterk polyhalien, Zwak polyhalien en Mesohalien resp. 4,8 vogels/ha, 6,6 vogels/ha en 2,3 vogels/ha. Voor de kleine steltlopers is dit 7,3 vogels/ha, 10,8 vogels/ha en 2,3 vogels/ha. Met name het middenlitoraal van het Zwak polyhalien wordt gebruikt door hoge dichtheden steltlopers. Figuur 8-12 en Figuur 8-13 geven de ontwikkeling van de dichtheid van de grote en kleine steltlopers per zone in de tijd.



Figuur 8-12: Ontwikkeling van de dichtheden van grote steltlopers in de tijd in de verschillende zones van de Westerschelde uitgezet per ha middenlitoraal.



Figuur 8-13: Ontwikkeling van de dichtheden van kleine steltlopers in de tijd in de verschillende zones van de Westerschelde uitgezet per ha middenlitoraal.

Zowel in de zone Sterk als Zwak polyhalien neemt de dichtheid van grote steltlopers in de tijd af, terwijl de dichtheid in het Mesohalien stabiel is. Bij de kleine steltlopers neemt de dichtheid af in de zones Zwak polyhalien en Mesohalien, maar in de zone Sterk Polyhalien lijkt dit pas de laatste jaren het geval lijkt te zijn.

Door Troost & Ysebaert (2011) is de gemiddelde dichtheid van alle steltlopers berekend voor de periode 2006-2008 voor het gehele litoraal van de Oosterschelde en zij komen dan op jaarbasis tot een gemiddelde dichtheid van 8-12 vogels/ha. Indien dezelfde rekenslag voor de Westerschelde wordt gemaakt voor 2008, wordt een dichtheid van 3,6 steltlopers/ha litoraal berekend. Dit geeft aan dat de dichtheid in de Westerschelde relatief laag is. Dit komt voor een belangrijk deel door het feit dat het areaal hoogdynamisch litoraal in de Westerschelde, dat een lagere bodemfaunabiomassa heeft dan het laagdynamisch litoraal, groot is, waardoor de uiteindelijke dichtheid aan watervogels in de Westerschelde aanzienlijk lager uitkomt dan in de

Oosterschelde. Ook wanneer hiermee rekening wordt gehouden blijft de dichtheid van watervogels in de laagdynamische delen van de Westerschelde lager dan in de laagdynamische delen van de Oosterschelde.

Het gebruik door de verschillende steltlopersoorten van de zones binnen de Westerschelde verschilt sterk. Tabel 8-12 vat deze verdeling samen. Het zwaartepunt van de meeste soorten ligt in de zone Sterk polyhalien, gevolgd door de zone Zwak polyhalien. Groenpootruiter, kluut en tureluur hebben geen duidelijke voorkeur en de zwarte ruiter is grotendeels beperkt tot de zone Mesohalien. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de totaalaantallen in de zone Sterk polyhalien het hoogst zijn, maar dat de zone Zwak polyhalien de hoogste dichtheden heeft (zie Figuur 8-12 en Figuur 8-13).

Soort	Sterk polyhalien	Zwak polyhalien	Mesohalien
Bontbekplevier	++++	++	++
Bonte strandloper	++++	+++	+
Drieteenstrandloper	+++	+++	+
Groenpootruiter	+++	+++	+++
Kanoet	++++	+	+
Kluut	+++	+++	+++
Rosse grutto	+++	+++	++
Scholekster	++++	+++	+
Steenloper	++++	+++	+
Strandplevier	++++	+	+
Tureluur	+++	+++	+++
Wulp	+++	+++	++
Zilverplevier	++++	+++	+
Zwarte ruiter	++	+	++++

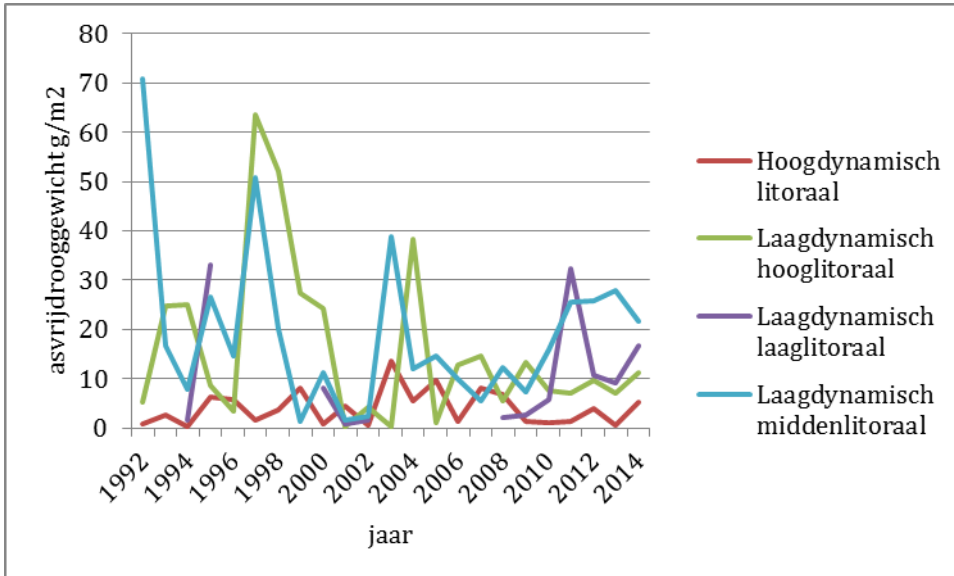
Tabel 8-12: Aandeel van de verschillende soorten steltlopers in de verschillende zones op basis van de totale aantallen van de verschillende steltlopersoorten in de Westerschelde. ++++ = aandeel >50%, +++ = 26-50%, ++ = 11-25%, + = 1-10%. Met groen zijn de belangrijkste zones per soort aangegeven.

Een belangrijke factor voor het gebruik van de slikken en platen is het aanbod aan macrozoöbenthos. Figuren 8-14 tot en met 8-16 vatten de ontwikkeling van de bodemfauna in het litoraal van de verschillende zones samen. In de zone Sterk polyhalien treden sterke schommelingen op in de biomassa per vierkante meter. De laatste jaren lijken de schommelingen af te nemen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat er sinds 2009 een verandering in methode van bemonstering heeft plaatsgevonden. Aanvankelijk werd er random in 4 hoogtezones bemonsterd en later random in ecotopen, waarbij in de tweede methode de eerste jaren sterk voorrang is gegeven aan de laagdynamische ecotopen en later het aantal punten naar rato van de verwachte biomassa is verdeeld. De verandering in methode verklaart waarschijnlijk voor een deel de eerst grotere en later kleinere schommelingen in de biomassa (schrift. med. D. De Jong).

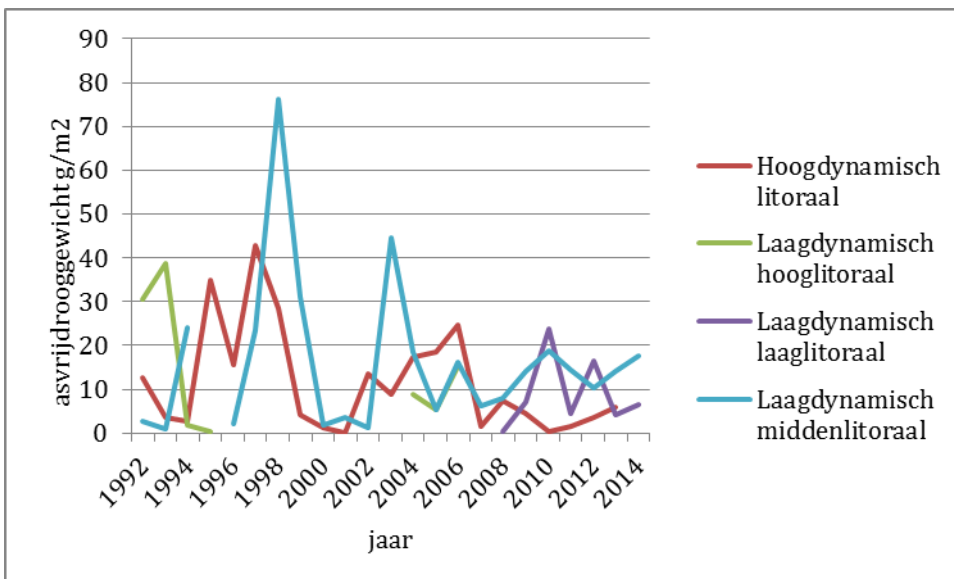
De biomassa in het laagdynamisch middenlitoraal lijkt de laatste jaren toe te nemen tot boven de 20 g versgewicht per vierkante meter. In de zone Zwak polyhalien verdwijnen ook de schommelingen in de biomassa, De laatste jaren ligt de biomassa van het laagdynamisch middenlitoraal tussen de 10-20 g versgewicht/m². In het Mesohalien treedt in het

laagdynamisch litoraal een toename in biomassa op. In het Middenlitoraal stijgt dit tot 10-15 g versgewicht/m².

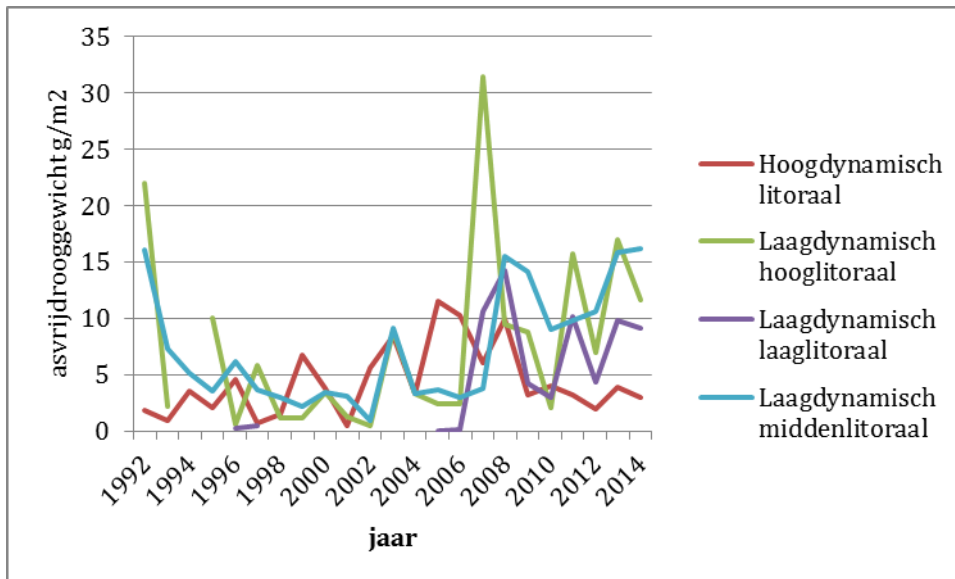
De schommelingen in biomassa laten zien dat de beschikbare hoeveelheid voedsel tussen jaren sterk kan wisselen. Door broedval of uitgroei van broedval kan de biomassa van schelpdieren tussen jaren sterk verschillen.



Figuur 8-14: Ontwikkeling van de biomassa van het macrozoöbenthos in de zone Sterk polyhalien als gram versgewicht per vierkante meter.



Figuur 8-15: Ontwikkeling van de biomassa van het macrozoöbenthos in de zone Zwak polyhalien als gram versgewicht per vierkante meter.

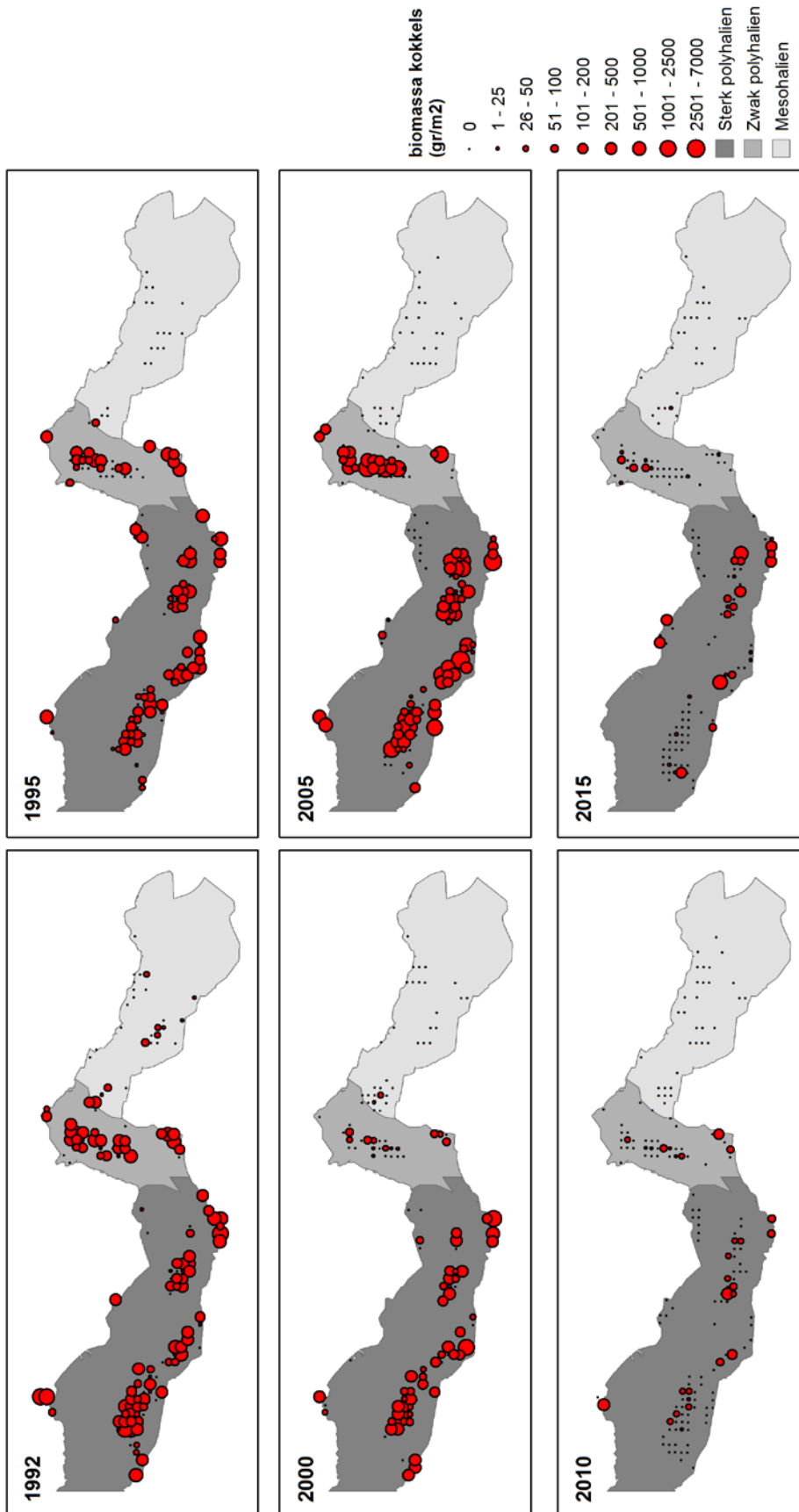


Figuur 8-16: Ontwikkeling van de biomassa van het macrozoöbenthos in de zone Mesohalies als gram versgewicht per vierkante meter.

Binnen het macrozoöbenthos hebben ook verschuivingen plaatsgevonden. Het aanbod van kokkels en mossels is sterk afgenomen. Figuur 8-17 geeft een beeld van het voorkomen van kokkels op basis van data uit de schelpdiersurvey Wettelijke Taken (WOT) van Wageningen Marine Research. De kokkel komt voor tot Hansweert. Daarna wordt het milieu te brak. Goed zichtbaar is dat de beschikbare biomassa aan kokkels in het litoraal de laatste jaren sterk is afgenomen. Dit vindt niet alleen plaats in het Zwak polyhalien maar ook in het Sterk polyhalien. De kokkel is een belangrijkste voedselbron voor de scholekster. Deze vogelsoort gaat na het bereiken van een seizoensgemiddeld maximum rond 1995 sindsdien geleidelijk achteruit. Dit gaat echter samen met de landelijke achteruitgang van de soort in Nederland, zodat de achteruitgang van scholekster in de Westerschelde niet direct gelinkt kan worden aan de afname van de kokkel in de Westerschelde.

De meeste steltlopers, met uitzondering van de wulp, zijn de laatste jaren in aantal in de Westerschelde achteruitgegaan. Vooral de zone Sterk polyhalien is belangrijk voor de meeste soorten steltlopers. Hier is de oppervlakte laagdynamisch middenlitoraal achteruit gegaan. Opvallend genoeg is in de verschillende zones de dichtheid van zowel grote als kleine steltlopers in de onderzoeksperiode achteruit gegaan, terwijl de biomassa van macrozoöbenthos in het middenlitoraal lijkt toe te nemen. De totale voedselbeschikbaarheid lijkt niet afgenomen te zijn. Kokkels en mossels zijn voor een belangrijk deel verdwenen als voedselbron. Verschuivingen in de macrozoöbenthossamenstelling kunnen ook de aantallen vogels beïnvloeden. Zo vermelden Troost & Ysebaert (2011) voor de Oosterschelde dat met name kokkels in de hoogtezone met een droogvalduur van 60% of meer van groot belang zijn voor de scholekster. In gebieden met een kortere droogvalduur hebben de vogels onvoldoende tijd om het benodigde voedsel te bemachtigen. In het verleden had de kokkelvisserij grote invloed op de draagkracht van de Westerschelde voor de scholekster. Voor de periode 1992-2003 schatten Rappoldt & Ens (2006) in dat de kokkelvisserij de draagkracht van de Westerschelde met 5.000 dieren verminderde.

In de paragrafen 5.3.3–5.3.8 is aangegeven dat lagere delen van veel slikken eroderen. Dit heeft als gevolg dat lokaal veenlagen komen bloot te liggen, zoals bij Bath, en ook kunnen in erosiegebieden schelpenvloeren ontstaan waar weinig bodemfauna zit. Deze laaggelegen zones hebben een beperkt belang als foerageergebied.



Figuur 8-17: Ontwikkeling van het kokkelbestand (versgewicht gram) in de Westerschelde op basis van de schelpdierbemonsteringen (WOT) in het litoraal door Wageningen Marine Research.

Niet alleen in de Westerschelde maar ook op de schaal van Nederland gaan veel steltlopers de laatste jaren in aantallen achteruit. Zo geven Hornman et al. (2016) aan dat goudplevier, kluut, scholekster, steenloper, strandplevier, zilverplevier en zwarte ruiter op Nederlandse schaal achteruit gaan. Opmerkelijk is dat bontbekplevier, drieteenstrandloper, kanoetstrandloper en rosse grutto op landelijke schaal gelijk blijven of vooruit gaan, terwijl in de Westerschelde juist een aantalsafname wordt waargenomen. Soorten als zilverplevier, drieteenstrandloper en bonte strandloper zijn in het Deltagebied stabiel gebleven (Van der Winden et al., 2017), maar gaan in de Westerschelde achteruit. Er is dus sprake van een gedeeltelijke herverdeling van de vogels over het Deltagebied en Nederland.

Kanoetstrandloper en scholekster zijn schelpdiereters, terwijl bonte strandloper en rosse grutto juist wormeneters zijn. De verhouding Annelida/Mollusca is afgenomen. Dit wordt niet veroorzaakt door een toename van mossel en kokkel maar vooral door vestiging van nonnetjes, platte slijkgapers en strandgapers. De toename van het nonnetje wordt echter niet weerspiegeld in een toename van het aantal kanoeten. Er heeft juist de laatste jaren een afname van het aantal kanoeten in de Westerschelde plaatsgevonden en een toename in de Waddenzee. De Waddenzee was een belangrijk gebied voor de kanoet tijdens de trek, maar door de afname van het nonnetje eind vorige eeuw, liepen de aantallen van de kanoet sterk terug. Met het herstel van het nonnetje zijn ook de aantallen van de kanoet in de Waddenzee weer gestegen (Bijnsdorp 2017). De kanoet benut in de Westerschelde met name het Sterk polyhalien (zie Tabel 8-12). De afname van de oppervlakte laagdynamisch middenlitoraal in deze zone is mogelijk dan ook ongunstig voor de kanoet in de Westerschelde geweest, ondanks de toename van het nonnetje.

De belangrijkste prooi soort in de Westerschelde voor de scholekster is de kokkel (Ens et al., 2005). Met de afname van de kokkel zijn ook de aantallen scholeksters in de Westerschelde afgenomen. Dit gaat echter samen met een algehele afname van de scholekster in Nederland sinds 1985, die enerzijds veroorzaakt wordt door een slecht broedsucces door veranderingen in het landbouwkundig gebruik van de broedgebieden in Nederland (Kamplicher et al., 2013) en anderzijds door het verdwijnen van de mosselbanken in de intergetijdengebieden in de Waddenzee (Ens et al., 2011).

Bij de aantalsontwikkelingen van steltlopers kunnen meer factoren een rol spelen, zoals het verschuiven van doortrek- en overwinteringsgebieden (Hornman et al., 2016). Zo zijn kanoet, drieteen en bontbekplevier in de Westerschelde afgenomen en toegenomen in de Waddenzee. In sommige gevallen kan het verschuiven van overwinteringsgebieden ook een toename van een vogelsoort in de Westerschelde opleveren, zoals voor de wulp, die zijn overwinteringsgebieden verschuift van Midden-Europa naar West-Europa (Hornman et al., 2016).

De strengheid van de winter is van invloed op het overwinteren van vogels in Nederland. Zo zijn zwemeenden als smient, slobbeend, pijlstaart en wintertaling en steltlopers, met name Kievit en goudplevier maar ook zilverplevier, rosse grutto en wulp, in gewone winters veel talrijker in Nederland dan in koudere winters (Hornman et al., 2012). Ook binnen Nederland kunnen deze zogenoemde vorstvluchten plaatsvinden. Zo verlaten o.a. kleine zwanen, kolganzen, brandganzen, bergeenden, scholeksters, kanoeten en tureluurs de Waddenzee of andere Noord-Nederlandse gebieden en worden verhoogde aantallen van deze soorten in de Delta terug gevonden (Meininger et al., 1994).

Op basis van het Hellmanngetal waarmee de strengheid van de winter in de periode 1 november-31 maart kan worden aangegeven, waren de winters 2010-2013 normaal (Hellmanngetal resp. 94,7, 80,6, 88,4 en 73,2) en de winters 2014 en 2015 buitengewoon zacht

(Hellmanngetal 0 en 7.8). Dit laatste kan mogelijk ook deels verklaren waarom de aantallen vogels in de laatste twee telseizoenen lager waren dan normaal, omdat de vogels mogelijk noordelijker zijn blijven overwinteren.

Als mogelijke oorzaak voor de lagere aantallen slikgebonden steltlopers wordt ook wel het openstellen van de buitendijkse onderhoudswegen voor recreatie genoemd. Indien er een smalle strook droogvallend slik voor de dijk ligt kan door het recreatieve gebruik van de dijk de foerageerfunctie van deze slikstrook voor steltlopers en andere slikgebonden soorten ter plaatse verloren gaan. Ook de functie van hoogwatervluchtplaats kan verstoord worden. Boudewijn & Van Horsen (2010) hebben laten zien dat het seizoensgemiddelde van 14 soorten steltlopers met een instandhoudingsdoel voor de Westerschelde beneden het instandhoudingsdoel kan komen te liggen, indien de onderhoudswegen voor recreatie worden opengesteld. Recent heeft een verkennende studie plaatsgevonden waarin is onderzocht of op dijktrajecten waarvan het vermoeden bestaat dat de recreatieve druk hier hoog is, de hier overtuigende vogelaantallen achteruit zijn gegaan (Arts et al., 2018). Op trajecten, die door vogeltellers en andere experts zij aangewezen als knelpunten, worden inderdaad significante afnames gemeten voor één of meerdere Natura 2000-soorten. Dit geldt voor de volgende dijktrajecten: Zuidgors/Baarland, Biezelingse Ham, Kop van Ossensisse, Hellegatschor, Othene, Braakmanhaven, Paulinaschor en Voorland Nummer Een.

Zeeschelde

In de Zeeschelde werd gedurende een aantal jaren door vijf vogelsoorten de 1%-norm overschreden. De 1%-norm wordt gebruikt om belangrijke wetlands aan te duiden, waar regelmatig 1% van de wereldpopulatie van een bepaalde vogelsoort verblijft. In de periode van de T2015 overschrijdt alleen de kraakeend in alle jaren nog de norm, maar dit lijkt vooral veroorzaakt te worden doordat de 1%-norm voor deze soort ondanks de populatiegroei niet is bijgesteld. De afgelopen zes seizoenen is het aantal kraakeenden in de Zeeschelde teruggelopen van ruim 3.000 naar net 1.000 vogels. Dit geeft aan dat ook voor deze soort de ontwikkelingen ongunstig zijn.

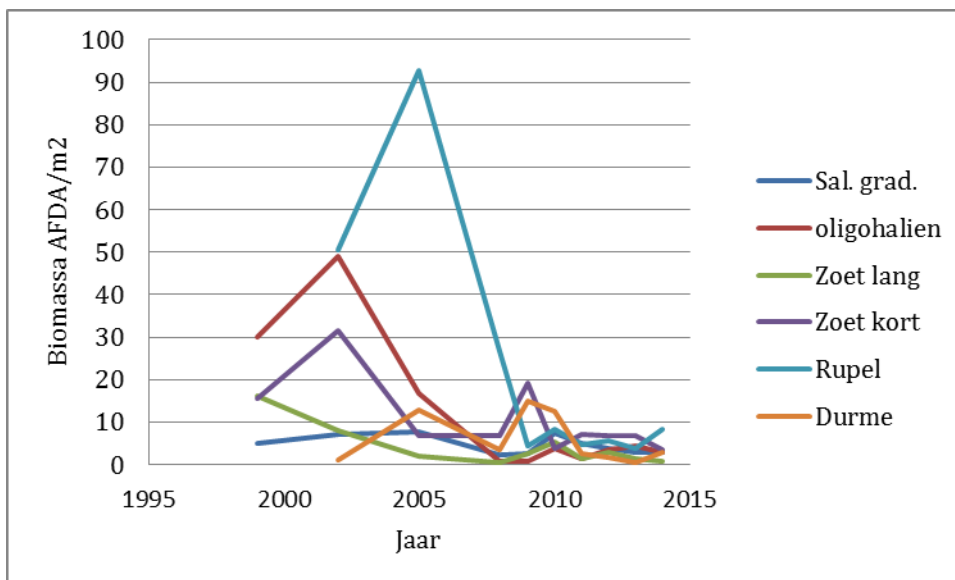
De tafeleend heeft vermoedelijk net als de wintertaling met name geprofiteerd van de hoge dichtheid aan Oligochaeten in de Zeeschelde (Van Ryckegem et al., 2016). Beide soorten bleken in de Zeeschelde vooral te foerageren in delen, waar hoge dichtheden aan Oligochaeten aanwezig waren. In de Nieuwe Merwede in Nederland werden in 1973 ruim 44.000 tafeleenden in januari geteld. Dit bleek ook samen te gaan met een hoog aanbod van Oligochaeten (Saeijs & Baptist, 1977).

Wintertaling en pijlstaart foerageren voor een belangrijk deel op het litoraal van de Zeeschelde. Twee ontwikkelingen hebben deze soorten ongunstig beïnvloed. Dit zijn de afname van de bodemfaunabiomassa in het litoraal (Figuur 9-5 in het T2015 Analyserapport) en de afname van de oppervlakte litoraal in de Zeeschelde door o.a. baggerwerkzaamheden, zoals in de Durme goed waarneembaar is.

In de verschillende delen van de Zeeschelde hebben de aantalsontwikkelingen van de vogels niet gelijktijdig plaatsgevonden. In de zone Saliniteitsgradiënt werd in 1999 een piek in vogelaantallen bereikt, waarna de aantallen geleidelijk zijn terug gelopen. In de zone Oligohalien namen de aantallen watervogels toe vanaf 1998 om na 2006 sterk te dalen. In de zone Zoet lange verblijftijd was er al vanaf 1993 een aantalstoename om in 2002 een piek te bereiken. Hierna namen de aantallen snel af, waarna ze zich vanaf 2008 stabiliseerden. In de zone Zoet korte verblijftijd was er tot 2004/2005 een geleidelijke aantalstoename, met korte

pieken rond 1995 en 1996. De laatste jaren liggen de aantallen weer iets lager. In de Rupel is een sterke toename van de vogelaantallen vanaf 1991 tot 2005-2006, waarna de aantallen weer snel daalden. In de Durme was er vanaf 1992 een zeer geleidelijke afname in de vogelaantallen met rond 2007 en 2008 opvallend lage aantallen, waarna de aantallen weer geleidelijk toenamen (Van Ryckegem et al., 2017).

In Figuur 8-18 wordt de ontwikkeling van de gemiddelde biomassa van het macrozoöbenthos in het litoraal per zone van de Zeeschelde weergegeven. De macrozoöbenthosbiomassa in de verschillende zones laat een patroon zien dat overeenkomt met de aantallen vogels. Zo is in het litoraal de macrozoöbenthosbiomassa wat hoger in de zone Saliniteitsgradiënt in 1999-2002, terwijl de macrozoöbenthospiek in de zone Oligohalien overeenkomt met de piek in vogelaantallen in de periode 1998-2006. De vogelaantallen in de zone Zoet lange verblijftijd lopen al na 2002 terug, terwijl ook de macrozoöbenthosbiomassa in deze zone vroeg begint te dalen. Het meest opvallendst is de macrozoöbenthospiek in de Rupel van 2001 tot en met 2008, die ook duidelijk wordt weerspiegeld in de vogelaantallen. De dip in vogelaantallen in de Durme gaat samen met een lage macrozoöbenthosbiomassa in deze riviertak.



Figuur 8-18: Ontwikkeling van de gemiddelde biomassa van macrozoöbenthos (AFDW/m²) in het litoraal van de verschillende zones van de Zeeschelde.

Voor de Rekenparameter Sleutelsoorten is de evaluatie volgens de evaluatiemethodiek negatief, omdat voor de Westerschelde zowel de broedvogelsoorten als de niet-broedvogelsoorten in de meeste jaren niet aan het criterium voldoen. Dit geldt ook voor de niet-broedvogels in de Zeeschelde. De broedvogels van de Zeeschelde zijn niet in de evaluatie meegenomen.

8.7.4 Rekenparameter Trends in exoten (niet-broedvogels)

Langs de Westerschelde neemt het aantal soorten exoten toe, terwijl het totaal aantal individuen de laatste paar jaren lijkt af te nemen. De belangrijkste soorten voor wat betreft aantallen zijn de grote Canadese gans en de Nijlgans, die beide een positieve trend hebben. Voor de grote Canadese gans geldt dat de Nederlandse populatie nog steeds toeneemt, terwijl de nijlgans stabiliseert (Hornman et al., 2016). In de trendgrafieken van beide soorten komen de laatste paar jaren lagere aantallen voor, maar dit wordt vermoedelijk veroorzaakt door een andere telmethodiek, waarbij mogelijk in de niet getelde gebieden relatief veel Canadese ganzen en nijlganzen voorkomen. Andere soorten met een positieve trend zijn Indische gans,

kleine Canadese gans en Manengans. Voor de eerste soort geldt dat in Nederland de populatie terugloopt en dat voor de kleine Canadese gans het aantalsverloop onduidelijk is (Hornman et al., 2016).

Op Saeftinghe bevindt zich een broedpopulatie van de grote Canadese gans. Onderzoek in 2014 liet echter zien dat de huidige jongenproductie hier onvoldoende is om de populatie in stand te houden. Dit zou vooral door predatie door de vos veroorzaakt worden (De Maat 2014). Dit betekent dat de groei van de niet-broedvogels vooral door vogels van elders veroorzaakt wordt.

Voor de Zeeschelde geldt dat het aantal soorten lijkt te stabiliseren en dat het aantal individuen zelfs iets terugloopt. De talrijkste soorten zijn de Canadese gans, boerengans, nijlgans en soepeend. Hiervan heeft alleen de boerengans geen positieve trend. Ook op de zijrivieren zijn dit de talrijkste soorten, alleen heeft de Canadese gans hier een negatieve trend.

Voor de Rekenparameter Trends in exoten (niet-broedvogels) is de evaluatie volgens de evaluatiemethodiek voor de Westerschelde negatief, omdat zowel het aantal soorten als het aantal individuen toeneemt. Voor de Zeeschelde is de evaluatie negatief, omdat in de meeste zones zowel het aantal soorten als individuen toenemen. Uitzonderingen hierop zijn de Rupel en de Durme.

8.8 Toetsparameter Zoogdieren

8.8.1 Algemeen

Hoewel circa 21 zeezoogdiersoorten sporadisch in de Westerschelde worden waargenomen zijn slechts 3 soorten permanent aanwezig: gewone zeehond, grijze zeehond en bruinvis. Alleen voor de gewone zeehond geldt in het Deltagebied een regionaal populatiedoel van 200 exemplaren. Voor de Westerschelde & Saeftinghe moet het areaal aan ongestoord gebied toenemen, zodat het geschikter wordt voor de voortplanting van de gewone zeehond.

Weliswaar worden er regelmatig zeezoogdieren in de Zeeschelde gezien, maar aangezien het hier vooral om dwaalgasten gaat volgens de EM, worden de waarnemingen in de Zeeschelde niet betrokken bij de evaluatie. Alleen de gewone zeehond is geselecteerd voor de evaluatie van de Westerschelde.

Tabel 8-13 vat de beoordeling van de Toetsparameter Zoogdieren in de T2009 en T2015 samen.

toetsparameter	rekenparameter	2009	2009	2015	2015
zeezoogdieren		WS	ZS	WS	ZS
	aantal zeehonden				
	aantal pups				

Tabel 8-13: Vergelijking van de beoordeling van zeezoogdieren in de T2009 en de beoordeling T2015 Analyserapport. Groen = positieve evaluatie, rood = negatief, geel = positief en negatief. WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde.

8.8.2 Rekenparameter Aantal zeehonden

Zowel in de T2009 als in de T2015 voldoet de gewone zeehond aan het criterium dat de populatie in de Westerschelde minstens 1% van de Waddenzeepopulatie moet zijn. Gewone zeehonden zijn bij laagwater in de Westerschelde vooral te vinden op droogvallende zandplaten

met een steile rand langs diep water zoals de Hooge Platen, de Molenplaat en de Platen van Valkenisse.

De gewone zeehonden in de Westerschelde zijn onderdeel van de populatie in het Deltagebied. De Voordelta is hiervan het belangrijkste gebied. Hiermee wisselen de dieren van de Westerschelde uit. Daarnaast is er ook uitwisseling van gewone zeehonden tussen het Deltagebied en de Waddenzee (Ministerie van I&M | Rijkswaterstaat 2016).

De gewone zeehond werd tot begin jaren zestig (1961 in de Delta, 1962 in de Waddenzee) bejaagd. Begin 20^e eeuw werd de populatie geschat op 11.500 dieren in het Deltagebied, waarbij de aantallen in de Oosterschelde en de Grevelingen beduidend hoger waren dan in de Westerschelde (Geelhoed & van Polanen Petel 2011). In 1959 was het aantal teruggelopen tot 350. De soort werd in de jaren zeventig als bijna verdwenen beschouwd en in de jaren tachtig zelfs als uitgestorven (Meininger et al., 2003). De uitvoering van de Deltawerken heeft ook een negatief effect op de gewone zeehond gehad, maar door de afsluiting van de zeearmen ontstonden nieuwe ligplaatsen in de Voordelta. Sinds eind jaren negentig is een voorzichtig herstel waarneembaar, dat vooral te danken is aan immigratie vanuit de snel groeiende populatie in de Waddenzee (Geelhoed & van Polanen Petel 2011).

Vanaf 2003 bedraagt het aantal gewone zeehonden in de Westerschelde meer dan 1% van de Waddenzeepopulatie. Deze ontwikkeling heeft zich voortgezet en vooral vanaf 2012 is de populatie sterk verder gestegen, waardoor de populatie in de Westerschelde tegenwoordig meer dan 2% van de Waddenzeepopulatie bedraagt.

Onderzoek met geenderde zeehonden heeft laten zien dat vrouwtjes gevangen in de Voordelta hun jongen kregen in de Waddenzee en dat de populatiegroei in de Voordelta van de gewone zeehond alleen verklaard kan worden door een sterke immigratie (Brasseur et al., 2017). Voortplanting in de Voordelta is niet goed mogelijk door het gebrek aan goede ligplaatsen voor de jongen. Tussen de Voordelta en Westerschelde vindt regelmatig uitwisseling van gewone zeehonden plaats, waardoor de dieren uit de Voordelta ook de Westerschelde leren kennen. De gewone zeehond heeft een sterke trouw aan voortplantingsgebieden, maar toch kunnen omgevingsfactoren, zoals verandering in de beschikbaarheid van voedsel of de mogelijkheid om aan de kant te komen, er voor zorgen dat dieren naar andere gebieden trekken. Het zijn vooral de jonge dieren die nieuwe gebieden koloniseren (Brasseur 2017).

Een analyse van de voedselsamenstelling van gewone zeehonden uit de Waddenzee liet zien dat met name platvis wordt gegeten, kabeljauwachtigen, zandspiering en in beperkte mate haringachtigen (Brasseur et al., 2006). De gewone zeehond heeft echter geen specifieke voorkeur en zijn voedselsamenstelling hangt af van jaargetijde, het aanbod en verblijfplaats. Hij eet veel bot, schar en tong, maar ook haring, kabeljauw, wijting en zandspiering. In de Nederlandse wateren is bot de belangrijkste voedselbron (www.zoogdiervereniging.nl). Meininger et al. (2003) noemen een studie van Havinga uit 1933, waarin de voedselsamenstelling vermeld wordt van gewone zeehonden die geschoten zijn in de Westerschelde. Het voedsel bestond vooral uit grondels, bot, schol en zeedonderpad, terwijl het aandeel haring, wijting, kabeljauw en garnaal lager was.

In de Westerschelde zijn bot, schol en zeedonderpad in de zone Sterk polyhalien toegenomen, terwijl in het Zwak polyhalien bot afnam en in het Mesohalieren deze soort toenam en zeedonderpad en schol afnamen. Tong neemt juist af in de Westerschelde, maar toe in de Saliniteitsgradiënt van de Zeeschelde. Haring gaat in de zone Sterk polyhalien achteruit en

vertoont in de zone Mesohalien juist een positieve trend. Schol en spiering nemen toe in de Westerschelde. Door het ontbreken van recente gegevens over de voedselsamenstelling van de zeehond in de Westerschelde is niet met zekerheid te zeggen of de ontwikkeling van de visstand in de Westerschelde van invloed is geweest op de ontwikkeling van de gewone zeehond in het gebied. Wel valt de toename van bot in de Westerschelde na 2007 samen met een verdere aantalsgroei van de gewone zeehond. De groei van de gewone zeehond is echter al rond 2005 gestart.

Meininger et al. (2003) berekenen op basis van visgegevens uit 1988-1992 dat er in de Westerschelde voldoende voedsel is voor ongeveer 185 gewone zeehonden. Dit komt opmerkelijk goed overeen met het huidige aantal gewone zeehonden in de Westerschelde.

De gewone zeehond heeft een voorkeur voor plaatranden grenzend aan een relatief steil talud. Hoewel de plaatrandstortingen op een aantal plaatsen groei van het litoraal bewerkstelligen, treedt er op andere platen juist een verhoging van de platen en daarmee een verstelling van het talud op, zoals bij de Molenplaat (zie Figuur 5–7). Hierdoor blijven geschikte rustplaatsen voor de gewone zeehond beschikbaar.

Voor de Rekenparameter Aantal zeehonden is de evaluatie volgens de evaluatiemethodiek positief, omdat zowel het aantal gewone zeehonden in de Westerschelde aan het criterium voldoet, mits het aantal pups in de Westerschelde voldoende is om de populatie in stand te houden.

8.8.3 Verklarende parameter aantal pups geboren in de Schelde

Het aantal zeehondenpups dat geboren wordt in de Westerschelde is mede bepalend voor de ontwikkeling van de populatie in de Westerschelde. Fijn et al. (2013) geven aan dat in een stabiele populatie jaarlijks circa 9% van de populatie uit jongen moet bestaan. In 1994 werden voor het eerst weer jonge gewone zeehonden in de Westerschelde gevonden (Meininger et al., 2003). Sindsdien worden er jaarlijks jongen geboren, maar dit was volgens de T2009 onvoldoende om de groei van de populatie in de Westerschelde te verklaren, zodat er nog steeds sprake was van immigratie uit de Voordelta en waarschijnlijk de Waddenzee.

Sinds 2003 ligt het aandeel pups echter in een ordegrootte van 10% en de laatste jaren zelfs tussen 15-20%. Dit wordt ook weerspiegeld in de groei van de populatie in de Westerschelde. Het aantal pups dat op dit moment jaarlijks in de Westerschelde wordt geboren is ruim voldoende om de Westerscheldepopulatie van de gewone zeehond in stand te houden.

8.9 Evaluatie

Vegetatie

Voor de indexberekening is voor de T2015 gebruik gemaakt van de vegetatiekaart uit 2010. De index wordt negatief geëvalueerd. Dit wordt veroorzaakt door een sterke toename van het pionierschor in de zone Sterk polyhalien als gevolg van opslibbing door de plaatrandstortingen. Verder is de beoordeling negatief door de afname van heen. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door verdergaande opslibbing en niet zozeer door overbegrazing door ganzen. Ook de toename van hoog schor en zeekweek wordt negatief beoordeeld. Veroudering en opslibbing zijn vermoedelijk de oorzaak. Het eerste is mogelijk versterkt door de relatief lage hoogwaterstanden in de jaren voorafgaand aan de kartering. Voor de sleutelsoorten zijn geen

criteria beschikbaar. Successie lijkt een rol te spelen bij toename van een aantal sleutelsoorten en afname van andere soorten. Enkele soorten passen niet in dit patroon. Mogelijk is er ook een effect door de ganzenbegrazing.

In de zone Saliniteitsgradiënt in de Zeeschelde nemen zoute en brakke soorten af. Mogelijk gaan deze soorten achteruit door een verdergaande opslibbing of door de afnemende begrazing. Dit laatste is ongunstig voor zilte grazige vegetaties en gunstig voor riet (mededeling G. Van Ryckegem). Sinds 2001 is er sprake van een toename van het chloridegehalte in de zone Saliniteitsgradiënt, zodat verzoeting als oorzaak van de veranderingen niet waarschijnlijk is. In de zoete zones van de Zeeschelde gaan bittere veldkers en spindotterbloem achteruit. Hiervan is de oorzaak onduidelijk. De toename van exoten, reuzenbalsemien en goudknopje, in de Zeeschelde is negatief beoordeeld. Het past echter in de toename van deze soorten in de regio.

Fytoplankton

De evaluatie van de Rekenparameter Occurrence intactness index voor de Zeeschelde is negatief. In minimaal 1 zone in de Westerschelde is sprake van een significante afname, terwijl er in 4 zones van de Zeeschelde sprake is van een afname in de laatste twee meetjaren. Voor de Rekenparameter Sleutelsoorten is de evaluatie positief en negatief in de Westerschelde en positief in de Zeeschelde. Voor *Phaeocystis* geldt dat de grenswaarde in de Westerschelde gedurende 2 maanden in 2013 en 2014 in de zone Sterk polyhalien en in 2013 in de zone Zwak polyhalien werd overschreden. De hoge watertemperaturen in 2013 en 2014 hebben bijgedragen aan de bloei in het vroege voorjaar. Voor Cyanobacteriën geldt dat de grenswaarde in de zone Mesohalien in 2013 werd overschreden. In de Zeeschelde treden geen overschrijdingen meer op. Dit hangt mogelijk samen met de nutriëntenreductie. De Algal genus pollution index neemt in de Westerschelde significant af in de zones Zwak polyhalien en Mesohalien. In de Zeeschelde is geen sprake van een significante trend en de index is hier beduidend hoger dan in de Westerschelde. De hoogste waarden werden in 2015 gemeten in de zone Oligohalien en de Rupel. De evaluatie voor de Rekenparameter exoten is neutraal, door het ontbreken van duidelijke trends in het aantal soorten en individuen exoten.

Een voor het fytoplankton ongunstige ontwikkeling kan de verhoging van de sedimentconcentratie in de waterkolom, deels door de verhoogde baggerwerken in de Zeeschelde. Een hoger zwevend stofgehalte beperkt namelijk de lichtindringing, waardoor de fotosynthese en daarmee de primaire productie beperkt kunnen worden.

Zoöplankton

De evaluatie van de Rekenparameter Occurrence intactness index is neutraal. Alleen in de zone Oligohalien is sprake van een significant stabiele trend. De evaluatie van de Rekenparameter Sleutelsoorten is positief en negatief: het jaarmaximum van het zoöplankton in de Zeeschelde is gedaald. De trend gaat in de zones Saliniteitsgradiënt en Oligohalien zelfs richting nul. Ook in de zone Zoet korte verblijftijd daalt de biomassa. Dit hangt mogelijk samen met de toename van planktivore vis in de Zeeschelde. Er zijn in de periode 2010-2015 geen exoten in de Zeeschelde aangetroffen; de evaluatie is positief voor deze Rekenparameter.

Benthos

De evaluatie voor de Rekenparameter Occurrence Index is positief. Slechts in twee van de 9 zones is een significant patroon van de Occurrence Index waarneembaar: zone Mesohalien (stabiel) en Oligohalien (positief). In de index zijn veel zeldzame soorten opgenomen, waardoor geen goed beeld wordt verkregen van de ontwikkeling van de verschillende, meer talrijke soorten van het macrozoöbenthos.

De evaluatie voor de Rekenparameter sleutelsoorten is negatief voor mossel en kokkel. De kokkelbiomassa vertoont sterke fluctuaties, maar de minimale streefnorm van 4 miljoen kg versgewicht wordt niet meer jaarlijks gehaald. De beperkte broedval gaat samen met hoge wintertemperaturen van het water. De koude winter in 2010 leverde een goede broedval op. Ook de biomassa van de mossel laat een grillig patroon zien met in 2010 en 2015 goede bestanden, maar over het algemeen wordt de gewenste 1 miljoen kg versgewicht niet gehaald. De verhouding Annelida/Mollusca kent een patroon met veel jaarlijkse variatie, waardoor trends niet significant zijn of de mate van verklaring van de trend te gering, de evaluatie is positief. De evaluatie voor de Rekenparameter exoten is negatief. Er zijn in totaal 17 soorten exoten waargenomen, waarvan in de zone Mesohalieu een significante toename optreedt van het aantal exoten en de biomassa van de exoten. Per jaar blijkt vaak een andere exoot een belangrijke bijdrage aan de biomassa te leveren. Dit laatste zal samenhangen met de gekozen bemonsteringswijze, waardoor sommige soorten, zoals de Japanse oester en de Amerikaanse zwaardschede, sterk worden onderschat. Bij de bemonsteringen van het litoraal worden locaties met Japanse oesters gemeden en in het sublitoraal worden harde substraten, belangrijke groeiplaatsen van de Japanse oester, niet bemonsterd. Het belang van de Japanse oester zal aanzienlijk groter zijn dan uit de reguliere macrozoöbenthosbemonsteringen naar voren komt.

Vissen

De evaluatie van de Rekenparameter Occurrence Index is positief. De evaluatie van de Rekenparameter sleutelsoorten is negatief voor de Westerschelde en neutraal voor de Zeeschelde. De waterkwaliteit en het zuurstofgehalte in de Westerschelde, maar met name in de Zeeschelde zijn verbeterd, waardoor de visstand in de verschillende delen van de Zeeschelde beter tot ontwikkeling komt. Een soort die sterk is toegenomen is de spiering, die in de Zeeschelde weer paait. Een andere soort die toeneemt is de driedoornige stekelbaars. De paling laat een wisselend beeld zien. In de Westerschelde wordt de soort nauwelijks meer aangetroffen, maar in de Zeeschelde neemt de vangst in sommige zones toe. De Westerschelde is belangrijk als kinderkamer voor vis. Bij soorten die de Westerschelde hier voor gebruiken is het beeld niet eenduidig, sommige soorten nemen af, anderen toe. Er lijkt sprake van een negatieve trend. Een mogelijk risico voor de kinderkamerfunctie is de toegenomen stroomsnelheid in het sublitoraal.

In de Durme nemen bittervoorn en tiendoorn af. Dit hangt mogelijk samen met de intensieve baggerwerkzaamheden die hier de afgelopen jaren zijn uitgevoerd. De evaluatie van de Rekenparameter exoten is negatief, daar het aantal soorten en individuen exoten toeneemt, met uitzondering van het aantal soorten exoten in de Westerschelde (evaluatie positief).

Vogels

De kustbroedvogels in de Westerschelde hebben het zwaar. Belangrijke negatieve factoren zijn verstoring door het openstellen van onderhoudswegen (bontbekplevieren), maar ook het verdwijnen van broedlocaties door vegetatiesuccessie. Voor de sterns vormt de toename van de stroomsnelheden in het sublitoraal mogelijk ook een negatieve factor, maar ook in het verleden vormden de randen van platen en slikken al een dynamisch milieu (Huijs 1995). In de periode 2009-2015 verondiepte het areaal hoogdynamisch sublitoraal aan de noordzijde van de Hooge Platen door plaatrandbestortingen (zie §5.3.3). Wel is voor vis de kinderkamerfunctie van de Westerschelde afgenomen. Dit wordt geweten aan de toegenomen stroomsnelheden in de Westerschelde (CBS, PBL, WUR 2017 en Tulp et al., 2017).

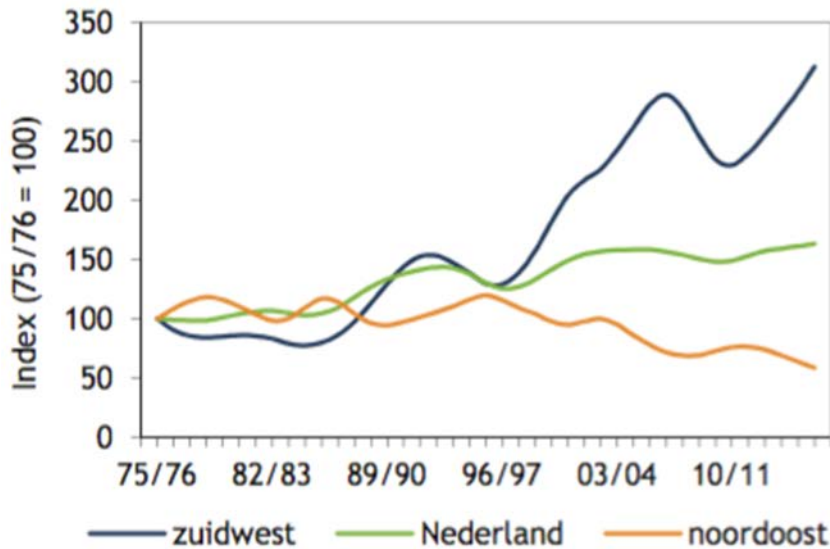
Hoewel de omstandigheden lang niet optimaal zijn voor kustbroedvogels in de Westerschelde is dit wel één van de weinige gebieden in de Delta met een aanzienlijke dynamiek in vergelijking met andere deelgebieden in de Delta. Deze dynamiek is een belangrijke factor in het behoud van broedmogelijkheden voor kustbroedvogels.

Voor de Zeeschelde vormen de broedvogels met een instandhoudingsdoel geen goed evaluatiecriterium, omdat het evaluatiegebied met bijbehorende soorten aanzienlijk groter is dan alleen het estuariumdeel van de Zeeschelde.

Bij de niet-broedvogels in de Westerschelde overheerst een negatieve trend. De niet-broedende grauwe ganzen zijn achteruit gegaan door de afname van de heenvegetatie. Bij de steltlopers was er een aantalspiek in de jaren 2006-2008, terwijl sommige soorten al eerder een afname vertoonden. In vergelijking met de Oosterschelde en de Waddenzee zijn er in de Westerschelde meer soorten met een negatieve trend. Opmerkelijk genoeg zijn de dichtheden van steltlopers in het laagdynamisch middenlitoraal van de Westerschelde duidelijk lager dan de aantallen in het intergetijdengebied in de Oosterschelde. De hoogste dichtheden aan steltlopers komen voor in de zones Sterk en Zwak polyhalien, maar ook liggen de dichtheden lager dan in de Oosterschelde. Sinds 1995 nemen de dichtheden van de grote steltlopers af in de zones Sterk en Zwak polyhalien, terwijl de kleine steltlopers afnemen in Sterk polyhalien en Mesohalien. Het gemiddelde aanbod aan macrozoöbenthos lijkt echter te zijn toegenomen. De fluctuaties in het macrozoöbenthosaanbod zijn minder groot dan in de voorliggende periode door een gewijzigde monstermethodiek. De samenstelling is echter wel gewijzigd: de kokkel, een belangrijke voedselbron voor de scholekster, is sterk achteruitgegaan in de Westerschelde, terwijl het nonnetje sterk is toegenomen. In hoeverre de veranderde samenstelling doorwerkt in de vogelaantallen is onduidelijk: wel zijn de vogeldichtheden in de Westerschelde afgenomen.

In de zone Sterk polyhalien is er in de evaluatieperiode een afname van de oppervlakte laagdynamisch slik, terwijl er in de zone Zwak polyhalien een vergelijkbare toename is, terwijl in het Mesohalien zelfs een toename is van 300 ha, zodat er netto een toename is in de Westerschelde.

In de Westerschelde wordt door de niet-broedvogels niet aan het evaluatiecriterium voldaan. De ontwikkelingen per soort verschillen. Er zijn 7 soorten die een positieve ontwikkeling laten zien, maar dit zijn alle soorten, die voor heel Nederland een positieve ontwikkeling laten zien. Een deel van de soorten, die in de Westerschelde achteruit gaat, gaat ook in Nederland achteruit. Daarnaast zijn er soorten waarvan het aantal in Westerschelde achteruit gaat, maar niet in de Delta, terwijl de kanoet in de Delta achteruit gaat, maar niet in het Waddengebied. Over het algemeen zijn de aantalsontwikkelingen in de Westerschelde ongunstig ten opzichte van de ontwikkelingen in geheel Nederland. Dit kan mogelijk deels met de klimaatverandering te maken hebben. Hornman et al., (2018) laten zien dat vogelsoorten die hun zwaartepunt in de winterspreiding ten noordoosten van Nederland hebben in aantal in Nederland zijn afgenomen (grote zaagbek, nonnetje en brilduiker), terwijl soorten die hun zwaartepunt ten zuidwesten van Nederland hebben, juist zijn toegenomen (o.a. lepelaar en slobeend) (zie Figuur 8-19). Ook het moment waarop doortrekkende vogels aankomen verschuift. Bij zowel groenpootruiter en zwarte ruiter werd een vervroeging van de voorjaarsstrek vastgesteld, terwijl de najaartrek verlaat was, maar dit laatste was minder duidelijk (Anthes 2004). Ook de afwezigheid van strenge winters in Nederland in de laatste jaren zal mogelijk bijgedragen hebben aan de lagere vogelaantallen in de Westerschelde. Bij de zogenoemde vorstvluchten verlaten veel steltlopers massaal de Waddenzee en wijken uit naar het Deltagebied of naar nog zuidelijker gelegen gebieden (o.a. Camphusen et al., 1996). Fox et al. (2016) laten echter zien dat aantalsveranderingen van de smient in de overwinteringsgebieden niet alleen samenhangen met de strengheid van de winter maar ook met de omstandigheden in de broedgebieden, waardoor de reproductie beïnvloed wordt en daarmee de populatiegrootte.



Figuur 8-19: Trend in overwinterende aantallen van (1) soorten die voornamelijk ten zuidwesten van Nederland overwinteren, (2) soorten die voornamelijk in Nederland overwinteren, en (3) soorten die voornamelijk ten noordoosten van Nederland overwinteren. Weergegeven zijn de gemiddelde trends voor deze drie groepen, gebaseerd op de periode december-februari. Bron: Hornman et al. (2018).

Voor de wulp is duidelijk dat er verschuivingen in de overwinteringsgebieden op een Europese schaal hebben plaatsgevonden. De soort is in de Nederlandse overwinteringsgebieden toegenomen maar bijvoorbeeld in de Duitse Waddenzee afgenomen (Hornman et al., 2018).

Wel blijft het belangrijk dat slikgebonden watervogels, maar ook andere watervogels, bij strenge vorst in noordelijker gelegen gebieden of bij zware sneeuwval aldaar, kunnen uitwijken naar gebieden in de Delta waaronder de Westerschelde.

In de Zeeschelde zijn de aantallen niet-broedende watervogels sterk afgenomen, nadat de macrozoöbenthospiek van rond 2005 in de Zeeschelde is verdwenen. Soorten als tafeleend, wintertaling en vermoedelijk ook pijlstaart maakten gebruik van de tijdelijke grote biomassa-piek van Oligochaeten in de Zeeschelde.

De ontwikkeling van het litoraal van de Zeeschelde is ongunstig voor watervogels door de omgang van litoraal naar ondiep water en het begroeid raken van de hogere delen van het litoraal. Dit in combinatie met een sterke achteruitgang van het macrozoöbenthosaanbod in het litoraal resulteert in sterk afgenomen aantallen watervogels ten opzichte van 10-15 jaar geleden. De toename van vis in de Zeeschelde op zich is gunstig voor de visetende watervogels, maar door het gestegen zwevend stofgehalte is het doorzicht afgenomen. Dit beperkt de foerageermogelijkheden voor visetende watervogels.

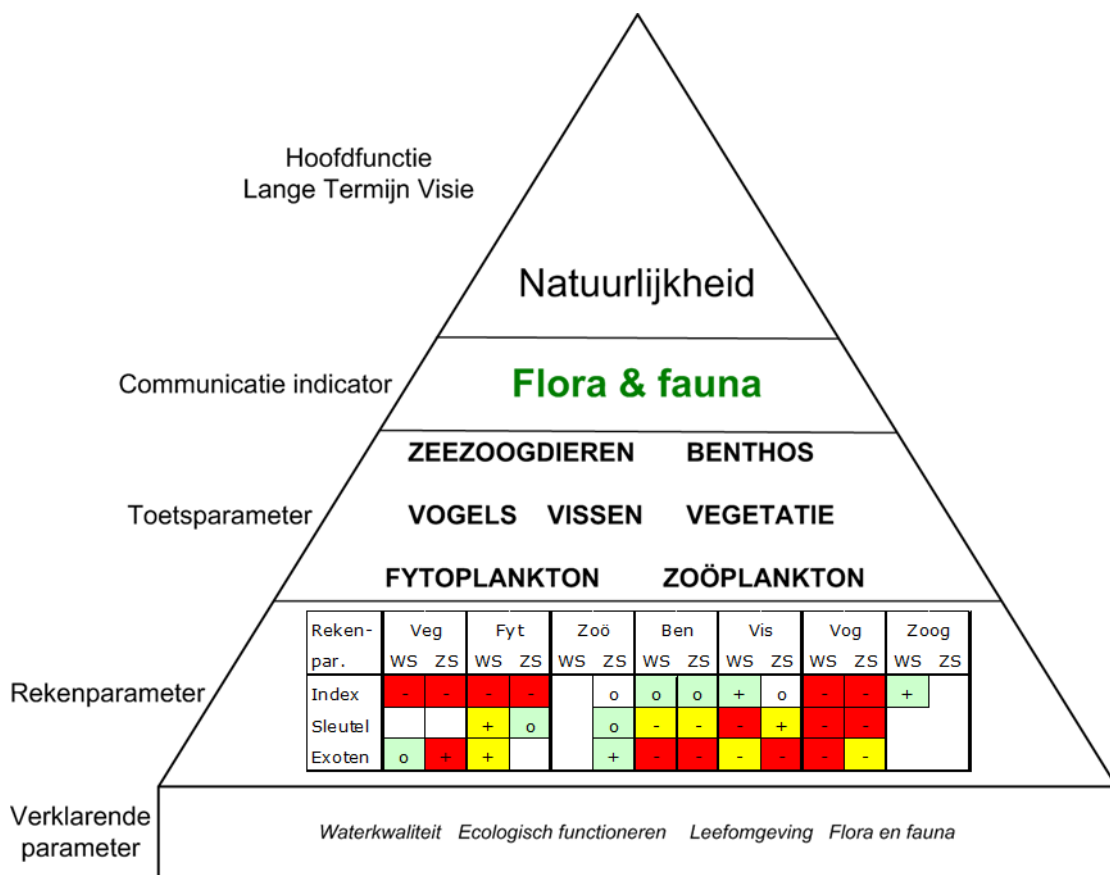
Gewone zeehond

De toename van het aantal gewone zeehonden in de Westerschelde heeft zich doorgezet. Het aantal pups dat geboren wordt, is voldoende om de populatie in de Westerschelde in stand te houden. Enkele prooi-soorten van de gewone zeehond zijn in de Westerschelde toegenomen, terwijl andere juist zijn afgenomen. Er zijn echter geen recente gegevens over de voedselsamenstelling van de gewone zeehond in de Westerschelde beschikbaar, waaruit afgeleid kan worden dat de ontwikkelingen in de visstand van invloed zijn op de gewone

zeehond. Het huidige aanbod aan geschikte rustplaatsen voor de gewone zeehond lijkt voldoende.

Samenvattend

Een overzicht van de evaluatie van de toets- en rekenparameters is te zien in Figuur 8-20. De rekenparameters zijn groen gekeurd wanneer de evaluatie positief is en rood wanneer de evaluatie negatief is. Indien een rekenparameter zowel positief als negatief is beoordeeld, wordt een gele kleur gebruikt. Indien een rekenparameter geen trend had is voor de evaluatie geen kleur gebruikt. Voor de positieve evaluatie van een toetsparameter is het vereist dat alle rekenparameters een positieve evaluatie hebben. Dit is alleen voor de rekenparameter zoogdieren het geval. De communicatie-indicator Flora & fauna krijgt voor de periode 2010-2015 een negatieve eindevaluatie. In vergelijking met de T2009 worden de Rekenparameters negatiever geëvalueerd. Dit wordt voor een deel veroorzaakt door het gebruik van de Abundance-Index in plaats van de Occurrence-Index bij verschillende toetsparameters.



Figuur 8-20: Evaluatie Communicatie-indicator Flora & fauna. Veg = vegetatie, Fyt = fytoplankton, zoö = zoöplankton, Ben = macrozoöbenthos, Vis = vissen, Vog = vogels, Zoog = zoogdieren. WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde. Rood = negatief, groen = positief, geel = neutraal (deels positief, deels negatief), wit = geen significante trend/geen beoordeling. Inclusief de ontwikkeling ten opzichte van de situatie in T2009: ontwikkeling in de positieve richting (+), in de negatieve richting (-) of neutraal (O) indien de ontwikkeling varieert naargelang zone of niet bepaald kan worden.

De belangrijkste ontwikkelingen zijn een afgenomen doorzicht in de Westerschelde, dat samengaat met een lagere fytoplanktonproductie. Het macrozoöbenthos is qua samenstelling gewijzigd: kokkel en mossel zijn afgenomen, terwijl het nonnetje sterk is toegenomen. In hoeverre de Japanse oester zich heeft uitgebreid is onduidelijk, maar mogelijk beïnvloedt hij door zijn graas het fytoplankton. De aantallen vogels in de Westerschelde nemen af. Dit geldt

zowel voor broedvogels als niet-broedvogels. De afname is sterker dan in de Oosterschelde of in de Waddenzee. Of deze ontwikkelingen te maken hebben met gebiedseigen ontwikkelingen of met verschuivingen in overwinteringsgebieden is onduidelijk. Het verklaren van deze trends vergt aanvullend onderzoek.

In de Zeeschelde is de waterkwaliteit verbeterd, maar de hoeveelheid zwevende stof is door de verhoogde stroomsnelheden toegenomen. De belemmert de primaire productie. Door de gestegen zuurstofgehalten zijn vissen weer in staat de gehele Zeeschelde te benutten. De toename in waterkwaliteit heeft een sterke daling in de biomassa van het macrozoöbenthos veroorzaakt, die weer de sterke afname van op macrozoöbenthos foeragerende watervogels veroorzaakt.

9 Ecologisch functioneren

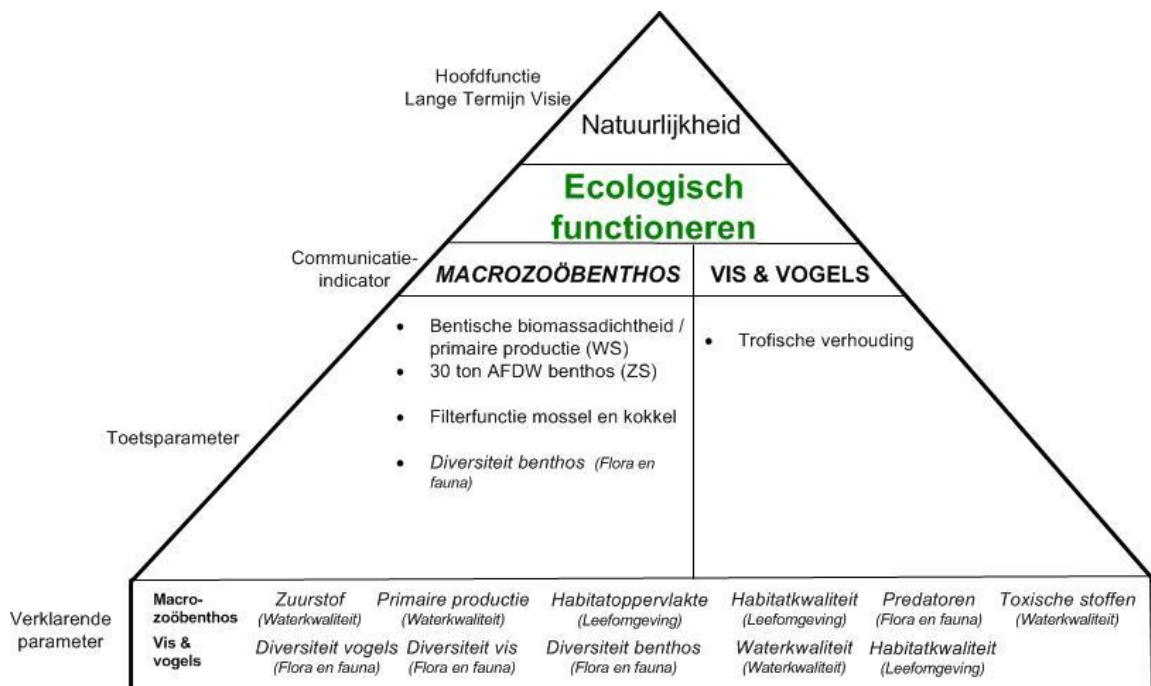
9.1 Inleiding

In de communicatie-indicator Ecologisch functioneren zijn twee communicatie-indicatoren uitgewerkt: 'Macrozoöbenthos' (§9.2) en 'Vis en vogels' (§9.3). Hieruit moet naar voren komen of er sprake is van goed ecologisch functioneren van het Schelde-estuarium. Het Ecologisch functioneren bevat (onderdelen van) andere piramides, zoals Waterkwaliteit, de diversiteit, kwaliteit en stabiliteit van habitats in Leefomgeving en de soortenrijkdom in Flora en Fauna, die gezamenlijk zorgen voor het goed functioneren van het Schelde-estuarium.

Startpunt van de evaluatie is de doorstroming van energie in de voedselketen; namelijk het doorgeven van energie vanuit de primaire producenten naar de hogere trofische niveaus. Bij deze benadering zijn twee ingangen gekozen. Bij de eerste benadering wordt gekeken naar de verhouding tussen de biomassa van het macrozoöbenthos en de primaire productie. Bij de tweede benadering wordt gekeken naar de verhouding tussen primaire consumenten, macrozoöbenthos, hyperbenthos en zoöplankton, en de secundaire consumenten bestaande uit vogels, vis en krabben.

Daarnaast zijn bij het macrozoöbenthos ook aanvullende toetsparameters geformuleerd, die al in hoofdstuk 8 aan de orde zijn geweest en hier in een afgeleide vorm gebruikt worden, zoals de filterfunctie van mosselen en van kokkels.

In het Ecologisch functioneren komen alle andere piramides samen. De twee Communicatie-indicatoren van de piramide worden dan ook elk onderbouwd door een groot aantal verklarende parameters.



Figuur 9-1: Schematische weergave Communicatie-indicator Ecologisch functioneren.

Conclusies T2009

De evaluatie in de T2009 laat zien dat met name de doorstroom van de primaire productie naar de primaire consumenten, met als belangrijkste vertegenwoordigers de algemeen voorkomende tweekleppigen, in diverse jaren niet goed verloopt daar succesvolle broedval en uitgroei van schelpdierpopulaties achterwege blijft. Dit komt ook terug in de negatieve beoordeling van de filterfunctie.

De doorstroom van energie naar secundaire consumenten, met als belangrijkste groep de benthivore en zoöplanktivore vis, lijkt voorlopig in balans.

Verder worden grote problemen geconstateerd in de macrozoöbenthische productie in de bovenstroomse delen, die ver achterblijft bij wat er in potentie verwacht kan worden in een goed functionerend systeem. Dit heeft zijn weerslag gehad op de benthisch foeragerende eenden in dit deel van het estuarium. De toename van exoten in aantal en biomassa dient een waarschuwing te doen uitgaan, aangezien dit consequenties kan hebben voor de inheemse soortendiversiteit en potentieel voor de energiedoorgifte naar hogere niveaus. Een afnemende soortenrijkdom is waargenomen in de zone Saliniteitsgradiënt, waar (onnatuurlijke) fluctuaties en verschuivingen in gradiënten naar verwachting ook het eerst zichtbaar zullen zijn.

Tabel 9-1 geeft een vergelijking van de beoordeling van de T2009 en de T2015. Tabel 9-2 geeft aan voor welke toetsparameters er is afgeweken van de voorgeschreven Evaluatiemethodiek.

Ecologisch functioneren	2009	2009	2015	2015
Rekenparameter	WS	ZS	WS	ZS
WS: bentische biomassa/prim. Productie				
ZS: 30 ton afdw benthos				
ZS: 2 ton afdw benthos per zone				
filterfunctie mossel				
kokkel				
diversiteit benthos				
verh. sec. en prim. consumenten				

Tabel 9-1: Vergelijking van de beoordeling van het Ecologisch functioneren in de T2009 en de T2015 Analyserapport. Groen = positieve beoordeling, rood = negatief, geel = positief en negatief. WS = Westerschelde, ZS = Zeeschelde.

Toepassing evaluatiemethodiek

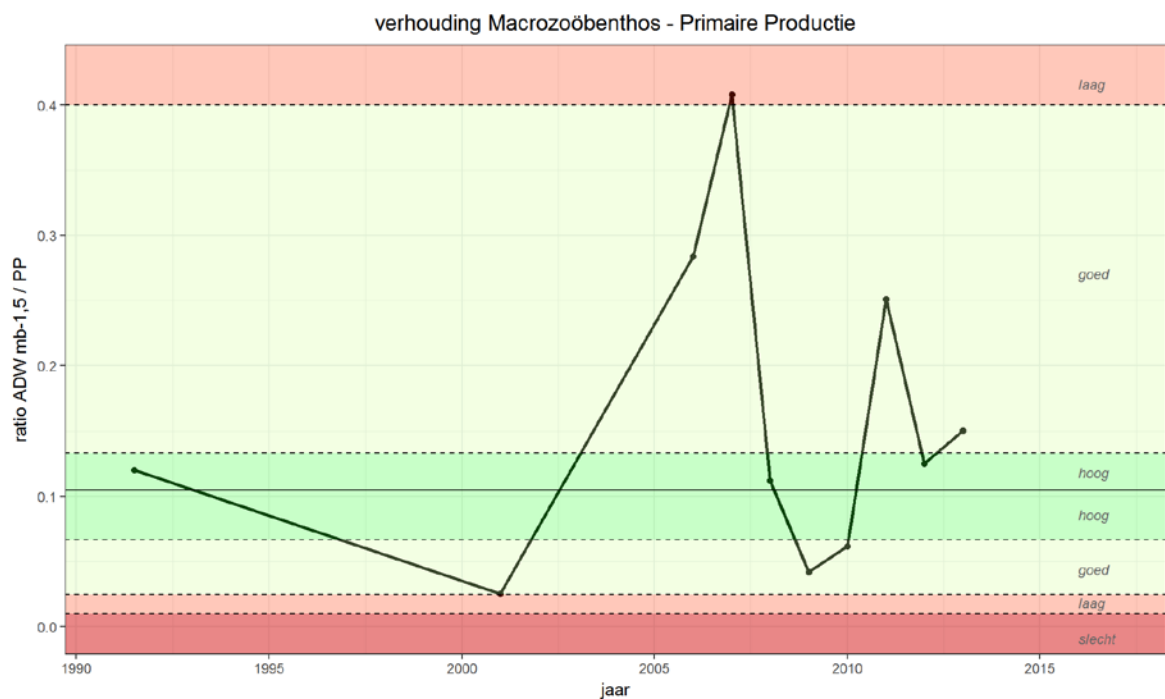
Toetsparameter	Gegevens	Evaluatiemethodiek	Voorbehoud bij interpretatie
Vis en vogels	Zoöplankton Westerschelde	2009: constante waarde; in 2015 beperkt aantal waarden	Ontwikkeling weinig betrouwbaar
Vis en vogels	Krabben in fuiken (ZS) en macrozoöbenthos-monsters (WS)	2009 en 2015 vergelijkbaar	In Westerschelde macrozoöbenthosbemonstering geen goede maat voor krabbiomassa

Tabel 9-2: Overzicht van rekenparameters waarbij afgeweken is van de voorgeschreven evaluatiemethodiek en de consequenties daarvan. De overige rekenparameters zijn wel conform EM gebruikt.

9.2 Toetsparameter Macrozoöbenthos

9.2.1 Rekenparameter WS verhouding macrobenthische biomassadichtheid- primaire productie

In T2009 werd geconstateerd voor de Westerschelde dat de doorstroom van de primaire productie naar de primaire consumenten, met als belangrijkste vertegenwoordigers de algemeen voorkomende tweekleppigen, in diverse jaren niet optimaal verloopt daar succesvolle broedval en uitgroei van schelpdierpopulaties te weinig frequent voorkomen. Uit de analyse van de T2015 komt naar voren dat de evaluatie positief is, omdat de biomassadichtheid en primaire productie meer met elkaar in evenwicht zijn (Figuur 9-2).



Figuur 9-2: De macrozoöbenthische biomassa – primaire productie verhouding voor de Westerschelde en de bijbehorende beoordelingsklassen. Voor de periode tot en met 2009 zijn de gegevens uit de T2009 gebruikt. Voor een positieve evaluatie dient de verhouding in de beoordelingsklassen hoog/goed te vallen.

De macrozoöbenthische biomassa wordt berekend op basis van de gemiddelde macrozoöbenthosbiomassa in de verschillende ecotopen van de Westerschelde en de oppervlakte van deze ecotopen. Verschuivingen kunnen optreden door veranderingen in gemiddelde biomassa en door oppervlakteveranderingen van ecotopen. Zo is de biomassa van de schelpdieren vergelijkbaar gebleven, maar zijn de kokkel en mossel sterk achteruitgegaan (zie §8.5) en nonnetje, strandgaper en slijkgaper toegenomen.

De primaire productie in de Westerschelde wordt vooral bepaald door het fytoplankton en in veel mindere mate door het microfytobenthos. In de jaren 2011-2013 ligt de fytoplanktonproductie in de Westerschelde beduidend lager dan in voorgaande jaren, terwijl de berekende primaire productie van het microfytobenthos ongeveer gelijk is gebleven. Hiervoor zijn meerdere mogelijke verklaringen te geven. Een eerste verklaring gaat uit van een verandering in het lichtklimaat. In het Eems-estuarium bleek de fytoplanktonproductie vooral door het lichtklimaat (troebelheid van het water) beïnvloed te worden en niet door de nutriënten. De primaire productie van het microfytobenthos werd hier niet door de troebelheid van het water

beïnvloed (Taal et al., 2015). Aangezien de primaire productie van het microfytobenthos in de Westerschelde niet is beïnvloed, suggereert dit dat nutriënten nog niet beperkend zijn. Benthische algen kunnen echter ook gebruikmaken van aan sediment geboden nutriënten. De concentratie in het water kan dalen, maar zolang die in het sediment goed gebufferd is, kan de benthische primaire productie op peil blijven (schrift. med. L. Van Duuren). Een mogelijk andere verklaring komt van D. De Jong. De primaire productie van fytoplankton wordt ook bepaald door de mate van begrazing door bijvoorbeeld schelpdieren. Als er veel begrazing is, wordt de biomassa van het fytoplankton laag en daarmee de productiecapaciteit en daarmee de productie. De biomassa van de filterfeeders mossel en kokkel is duidelijk afgenomen, maar die van de Japanse oester is mogelijk sterk toegenomen. Deze niet gemeten toename, en daarmee ook de begrazing door de Japanse oester, die tot ver in het Mesohalieu voorkomt, is een factor waar we vrijwel niets van meten. Dit speelt mogelijk een belangrijke rol door de graas van het fytoplankton. Het microfytobenthos is nauwelijks gevoelig voor (te) grote begrazing door filterfeeders. Een dergelijke ontwikkeling is ook in de Oosterschelde waargenomen. Pas als er meer inzicht in het voorkomen en daarmee ook in de filterfunctie van de Japanse oester in de Westerschelde is, kan met meer zekerheid worden vastgesteld welke factor van invloed is.

Factoren die de biomassa van het fytoplankton kunnen beïnvloeden zijn de troebelheid van het water, beschikbaarheid van nutriënten en graas door zoöplankton en filterfeeders als de Japanse oester. In de Westerschelde is het sedimentgehalte vrij constant in de gehele Westerschelde. Figuur 6-23 laat de ontwikkeling van de sedimentconcentraties in het water in het gehele Schelde-estuarium zien. Zowel in de periode 1996-2008 als 2009-2015 was de sedimentconcentratie over het algemeen het hoogst in de Zeeschelde, waar het in de zomer kan oplopen tot bijna 200 mg/l. Jaargemiddeld zijn zowel in de Zeeschelde als de Westerschelde de sedimentconcentraties toegenomen (zie T2015 Analyserapport Figuur 6-52). Met name in de jaren 2011 en 2012 waren de concentraties zwevende stof hoog in het Schelde-estuarium). Deze verhoging van de sedimentconcentraties in de waterkolom, deels ten gevolge van de verhoogde baggerwerken, beperkt namelijk de lichtindringing, waardoor fotosynthese en primaire productie van het fytoplankton gelimiteerd kunnen worden. Het is zinvol nader onderzoek te verrichten naar de toename van de zwevende stof in de Westerschelde en het mogelijke effect hiervan op de primaire productie.

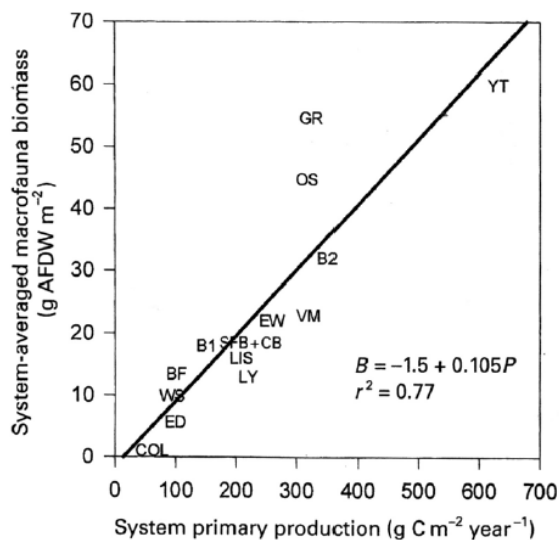
De nutriëntengehalten zijn afgenomen, met name na de ingebruikname van de rioolwaterzuivering van Brussel in 2007, maar de gehalten zijn nog niet zodanig gedaald dat de waterkwaliteitseisen worden behaald.

Er zijn onvoldoende gegevens over het zoöplankton in de Westerschelde aanwezig om op basis daarvan uitspraken te doen over de eventuele invloed op het fytoplankton. Het patroon van de biomassa in versgewicht: hoog (>60 ton versgewicht) in 2011, midden in 2012 (<40 ton) en laag in 2013 (20 ton), komt niet overeen met het patroon in de fytoplanktonbiomassa, die al in 2011 sterk daalde (bijlage figuur G-5 analyserapport). Door Kromkamp & van Engeland (2010) werd de ontwikkeling van de fytoplanktonbiomassa in de Westerschelde in de periode 1978-2006 bestudeerd. Zij constateerden een afname van de fytoplankton biomassa bij de Belgisch-Nederlandse grens en zij weten dit aan een toename van begrazing door zoöplankton, dat profiteerde van de verbeterde zuurstofgehalten in dit deel van de Westerschelde. Op basis hiervan is niet uit te sluiten dat graas door zoöplankton een belangrijke rol kan spelen. Ook graas door de filterfeeder Japanse oester speelt mogelijk een belangrijke rol.

De gunstige ontwikkeling van de verhouding biomassadichtheid en primaire productie wordt vooral veroorzaakt door een halvering van de primaire productie van het fytoplankton, omdat de biomassa van het macrozoöbenthos hooguit een lichte verandering laat zien.

De verlaagde primaire productie wordt mogelijk (deels) veroorzaakt door de verhoogde lichtextinctie die samengaat met verhoogde sedimentconcentraties in het water van de Westerschelde, maar vanwege het ontbreken van gegevens over de Japanse oester kan een negatief effect door graas van fytoplankton op de primaire productie door deze soort ook niet worden uitgesloten.

Herman et al. (2002) laten zien dat er een duidelijke relatie is tussen de primaire productiviteit in een estuarium en de beschikbare biomassa van de macrofauna (Figuur 9-3). Op grond hiervan wordt verwacht dat een afname in de primaire productie zijn weerslag zal hebben in de biomassa van de macrofauna. Figuur 9-3 laat zien dat de Westerschelde een lage primaire productie heeft. Dit hangt samen met een hoog zwevend stofgehalte in de Westerschelde. Zij geven tevens aan dat bij een toename van het zwevend stofgehalte de primaire productie van pelagisch fytoplankton zal afnemen en als gevolg daarvan de biomassa van bodemdieren die suspensie-feeders zijn, zoals kokkel en mossel, zullen afnemen. Dit beeld past goed bij de ontwikkelingen in de Westerschelde.



Figuur 9-3: Relatie tussen gemiddelde macrozoöbenthosbiomassa en primaire productie in ondiepe goed gemengde estuaria. WS = Westerschelde (bron: Herman et al., 2002).

Ook in de Zeeschelde is sprake van een toename van de sedimentconcentratie, die leidt tot een hogere lichtextinctie. Daarnaast vermelden Maris & Meire (2016) dat de duur van de algenbloei in de Zeeschelde nu beperkt is ten gevolge van begrazing door de sterk toegenomen zoöplanktongemeenschap. Door de verbeterde zuurstofcondities is het roeipootkreeftje *Eurytemora affinis*, die een zuurstofverzadiging van 50% nodig heeft, in staat zich ook op de Zeeschelde bij Antwerpen en meer stroomopwaarts te handhaven (De Munter et al., 2010)). Deze begrazing veroorzaakt ook een biomassa-afname van het fytoplankton op de Zeeschelde (Chambord et al., 2016).

Voor de Rekenparameter verhouding macrobenthische biomassadichtheid - primaire productie is de evaluatie volgens de evaluatiemethodiek positief voor de Westerschelde, omdat de verhouding in alle jaren binnen de aangegeven grenzen voor een positieve evaluatie ligt. Dit wordt veroorzaakt door de afname van de fytoplanktonproductie. Hier dienen wel de nodige

kanttekeningen bij te worden geplaatst, omdat de achteruitgang van de primaire productie als negatief moet worden beoordeeld. Daarnaast is de biomassa van het macrozoöbenthos onvolledig in beeld gebracht. Op hardsubstraat kan bodemfauna aanwezig zijn, die niet bij de bodemfaunabemonsteringen wordt meegenomen. Daarnaast ontbreekt in de zoöbenthosbemonsteringen de Japanse oester, die lokaal banken kan vormen. Hierdoor wordt vermoedelijk de biomassa van het macrozoöbenthos in de Westerschelde onderschat. Dit zou betekenen dat de verhouding macrobenthische biomassa – primaire productie negatiever moet worden geëvalueerd dan in Figuur 9-2 wordt aangegeven.

9.2.2 Rekenparameter ZS: 30 ton AFDW aan benthos

In de Zeeschelde is de macrozoöbenthosbiomassa in de periode 2002- 2015 afgenomen van ruim 150 naar nog geen 30 ton asvrijdrooggewicht. Hierbij spelen verschillende processen een rol. Met de waterkwaliteitsverbetering sinds de jaren negentig is de biomassa aanvankelijk gestegen tot 150 ton asvrijdrooggewicht. De soorten bestonden voor een belangrijk deel uit kleine en opportunistische soorten Oligochaeten, met name soorten kenmerkend voor hoge of zelfs aan vervuiling gerelateerde waarden van organische belasting (Speybroeck et al., 2014). Door de verdergaande waterkwaliteitsverbetering is zowel het voedselaanbod voor het macrozoöbenthos gedaald als ook is de predatie toegenomen. Zo steeg de biomassa van het hyperbenthos, benthivore en zoöplanktivore vis sterk. Speybroeck et al., (2014) geven aan dat door de verbeterde zuurstofomstandigheden vissen, garnalen en krabben de Zeeschelde konden binnentrekken en dat zij mogelijk hebben bijgedragen aan de verlaagde macrozoöbenthosbiomassa. In de Oligohaliene zone is de macrozoöbenthos diversiteit recent wel toegenomen.

De waargenomen ontwikkelingen sluiten slechts gedeeltelijk aan bij de theorie van de successie van benthische gemeenschappen in vergelijkbare milieus, waarbij een fase van anoxie gevolgd wordt door het optreden van (zeer) hoge densiteiten en biomassawaarden van kleine opportunistische soorten die daarna sterk afnemen. De hierna verwachte toename in soortenrijkdom en biomassa is nog niet algemeen vastgesteld. Dit zou te wijten kunnen zijn aan een te hoge dynamiek in grote delen van het systeem (Speybroeck et al., 2014).

Indien de biomassa van 30 ton asvrijdrooggewicht in het litoraal van de Zeeschelde niet gehaald wordt, dient per zone gekeken te worden of een biomassa van 2 ton in het litoraal gehaald wordt. Per zone van de Zeeschelde verschilt de oppervlakte litoraal zeer aanzienlijk. Tabel 9-3 vat de oppervlakte litoraal op basis van de ecotopenkaart uit 2013 samen.

Zone	Oppervlakte litoraal in ha
Saliniteitsgradiënt	456
Oligohalien	142
Zoet lange verblijftijd	68
Zoet korte verblijftijd	49
Rupel	36
Durme	50

Tabel 9-3: Oppervlakte van het litoraal in de verschillende zones van de Zeeschelde in 2013.

Alleen de zone Saliniteitsgradiënt en de Rupel voldoen met resp. ongeveer 20 en 2 ton asvrijdrooggewicht aan de eis van 2 ton asvrijdrooggewicht in het litoraal. De Rupel heeft de kleinste oppervlakte litoraal, maar heeft in verhouding de hoogste biomassa per oppervlakte-

eenheid. Over het algemeen hebben overgangszones van zoet naar zout een beperkte soortensamenstelling maar een hoge biomassa. De Rupel is echter een zoet deel.

Bij het gebruik van het criterium van 2 ton asvrijdrooggewicht macrozoöbenthos in het litoraal als toetsparameter dient rekening gehouden te worden met de oppervlakte litoraal in de zone.

Voor de Rekenparameter 30 ton AFDW macrozoöbenthos in Zeeschelde is de evaluatie volgens de evaluatiemethodiek negatief, omdat de biomassa niet gehaald wordt. Ook het afgeleide criterium van 2 ton AFDW per zone wordt negatief geëvalueerd, omdat alleen in de saliniteitsgradiënt en de Rupel de gewenste biomassa wordt behaald. Oorzaken kunnen de veranderde voedselsituatie zijn voor het macrozoöbenthos (verandering in beschikbare C-bronnen om zich op te voeden), toegenomen predatiedruk door hyperbenthos en vissen of de te hoge hydrodynamiek in het systeem, waardoor het macrozoöbenthos zich niet kan handhaven.

9.2.3 Rekenparameter Diversiteit macrozoöbenthos

De ontwikkeling van de diversiteit van het macrozoöbenthos staat weergegeven in Figuur 8-15 in het T2015 analyserapport. In de zones Mesohalien (Westerschelde) en Oligohalien (Zeeschelde) is sprake van een significante toename van de Occurrence Index. In alle overige zones, met uitzondering van de zone Saliniteitsgradiënt, is sprake van een niet-significante positieve trend. In de Saliniteitsgradiënt is sprake van een niet-significante negatieve trend.

De toename van de diversiteit gaat samen met verbeterde zuurstofgehalten in de Zeeschelde en de afgenomen belasting. Hierdoor kan een diversere bodemfauna zich ontwikkelen. Een ongunstige ontwikkeling is dat getijdoordringing en getijamplitude nog steeds toenemen in de Zeeschelde. Dit verhoogt enerzijds het zwevend stofgehalte (Uncles et al., 2002), waardoor filtreerders met het voedsel veel onbruikbaar materiaal binnenkrijgen, en anderzijds kan hierdoor het areaal van hoogdynamische zones met een grofkorrelige, zanderige bodem toenemen ten koste van laagdynamische zones met een fijnkorrelige, slibrijke bodem. Meer onderzoek is nodig om de determinerende variabelen voor een al dan niet hoge diversiteit te bepalen.

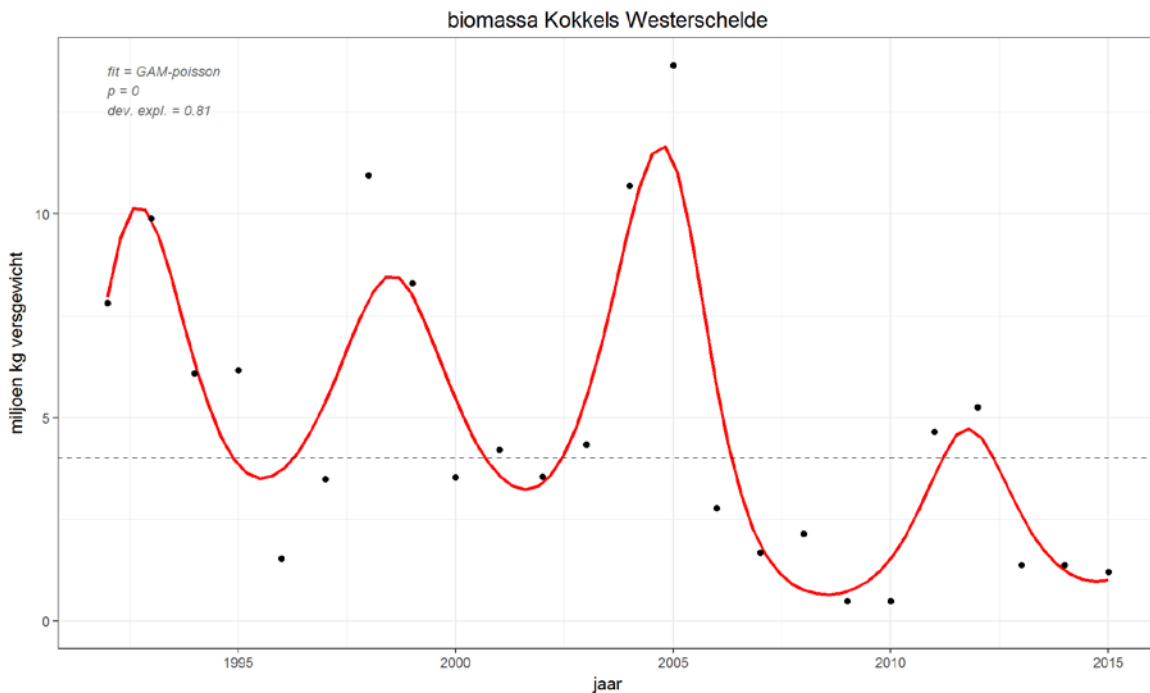
De evaluatie van de rekenparameter biodiversiteit macrozoöbenthos is positief voor de Westerschelde, omdat er geen significant negatieve trends zijn. Dit geldt ook voor de Zeeschelde.

9.2.4 Rekenparameter Filterfunctie van macrozoöbenthos

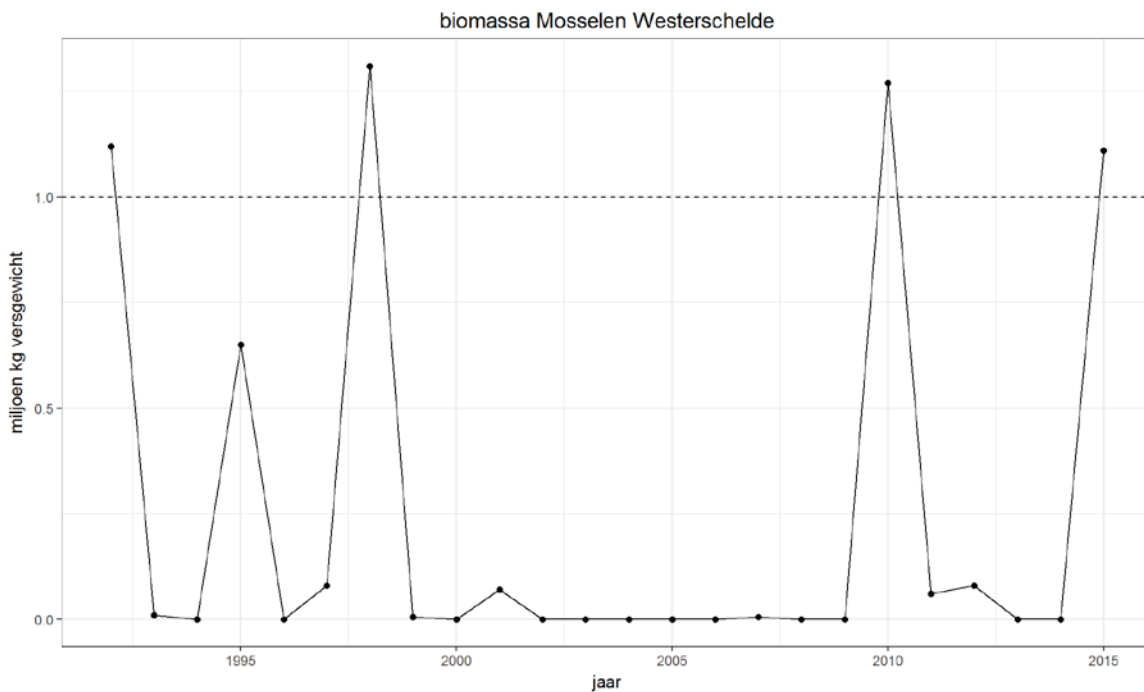
De kokkel en de mossel worden de belangrijkste representanten van de filterfunctie beschouwd. Beide soorten voldoen echter niet aan het criterium van resp. jaarlijks minimaal 4 miljoen kg versgewicht (Figuur 9-4) en 1 miljoen kg versgewicht (Figuur 9-5). Dit hangt voor een belangrijk deel samen met het gebrek aan broedval. Vooral na de koude winters is er sprake van broedval. Wel zijn enkele andere soorten schelpdieren duidelijk in biomassa toegenomen, zoals het nonnetje en de platte slijkschelp.

De Amerikaanse zwaardschede, *Ensis directis*, kan, zoals in 2007, tijdelijk hoge biomassa's bereiken in de Westerschelde, maar deze soort is op basis van de MWTL-metingen de laatste jaren weinig talrijk in het gebied. Een andere belangrijke filtreerder, de Japanse oester, wordt

niet bij de bodemfaunabemonsteringen meegenomen, maar is wel in de Westerschelde tot voorbij Hansweert in het Mesohalien aanwezig en vormt hier ook banken.



Figuur 9-4: Macrozoöbenthos – sleutelsoorten – kokkels. Trend in versgewicht (miljoen kg) kokkels voor de gehele Westerschelde. Het gewenste versgewicht 4 miljoen kg is met een stippellijn aangegeven.



Figuur 9-5: Macrozoöbenthos – sleutelsoorten – mosselen. Versgewicht (miljoen kilogram) mosselen voor de gehele Westerschelde. Het gewenste versgewicht 1 miljoen kg is met een stippellijn aangegeven.

Om goed inzicht te krijgen in de filterfunctie dient de biomassa van de Japanse oester in de Westerschelde bepaald te worden. De soort concurreert met kokkels en mossels om voedsel,

zoals uit onderzoek in de Oosterschelde naar voren is gekomen. Met name de mossel zou weggeconcentreerd kunnen worden (Troost 2009). Ook zijn er aanwijzingen dat er een verhoogde sterfte is van kokkels in de Oosterschelde na de spawn door voedselgebrek (schrift. med. D. de Jong).

De filterfunctie van zowel kokkel als mossel in de Westerschelde wordt negatief geëvalueerd, omdat niet jaarlijks de gewenste biomassa wordt bereikt. De Japanse oester is een belangrijke filteraar die niet bij de macrozoöbenthos bemonsteringen wordt meegenomen. Om inzicht te krijgen in het belang van de huidige filterfunctie van macrozoöbenthos in de Westerschelde moet deze soort zeker meegenomen worden.

9.3 Toetsparameter Vis & Vogels

9.3.1 Rekenparameter biomassa verhouding secundaire/primaire consumenten

De bepaling van de doorstroming van energie van primaire consumenten naar secundaire consumenten is veelal gecompliceerd, omdat er geen sprake is van een gesloten systeem, en omdat er ook allerlei onderlinge relaties bestaan, die van invloed kunnen zijn. Het hyperbenthos (garnalen) vormt een belangrijke predator van broedval van schelpdieren. Ook bij de secundaire consumenten treden dergelijke relaties op: de ene vissoort kan de andere vissoort consumeren en wulpen en regenwulpen foerageren op krabben.

De biomassa is een afgeleide van de energiestroom. Uit verschillende studies komt naar voren dat er een balans is tussen voedselaanbod en predatiedruk, wanneer de biomassa-verhouding rond de 10% ligt. Gezien de genoemde onzekerheden dient de biomassaverhouding (natgewicht) van secundaire over primaire consumenten tussen 1-25% liggen (Maris et al., 2014).

De primaire consumenten bestaan uit macrozoöbenthos, hyperbenthos en zoöplankton en de secundaire consumenten uit vis, vogels en krabben. Bij de vogels worden alleen de benthivore en omnivore soorten meegenomen en bij de vissen de benthivore en zoöplanktivore levensstadia.

Tabel 9-4 en Tabel 9-5 geven een samenvatting van de belangrijkste biomassagetallen die gebruikt zijn voor de berekeningen van de verhoudingen. Voor de volledigheid is ook de primaire productie in de Westerschelde gegeven.

jaar	biomassa in ton versgewicht						gemiddeld
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
tot_primair productie gC/m ² /jaar	168,07	26,48	13,40	17,34			56,32
zoöplankton	63,72	63,72	37,32	19,35	19,35	19,35	37,14
macrozoöbenthos	26.679	58.579	29.357	39.081	37.682	37.682	38.177
hyperbenthos	6,28	2,09	1,67	3,99	1,24	2,80	3,01
krab	1.412	1.412	1.412	1.412	1.412	1.412	1.412
vis	1.405	943	1.325	1.119	1.244	1.315	1.225
vogels	19,49	16,16	18,45	23,28	15,86	15,86	18,18

Tabel 9-4: *Berekende biomassa in ton versgewicht van de verschillende functionele groepen in de Westerschelde. De primaire productie is berekend in g C/m²/jaar.*

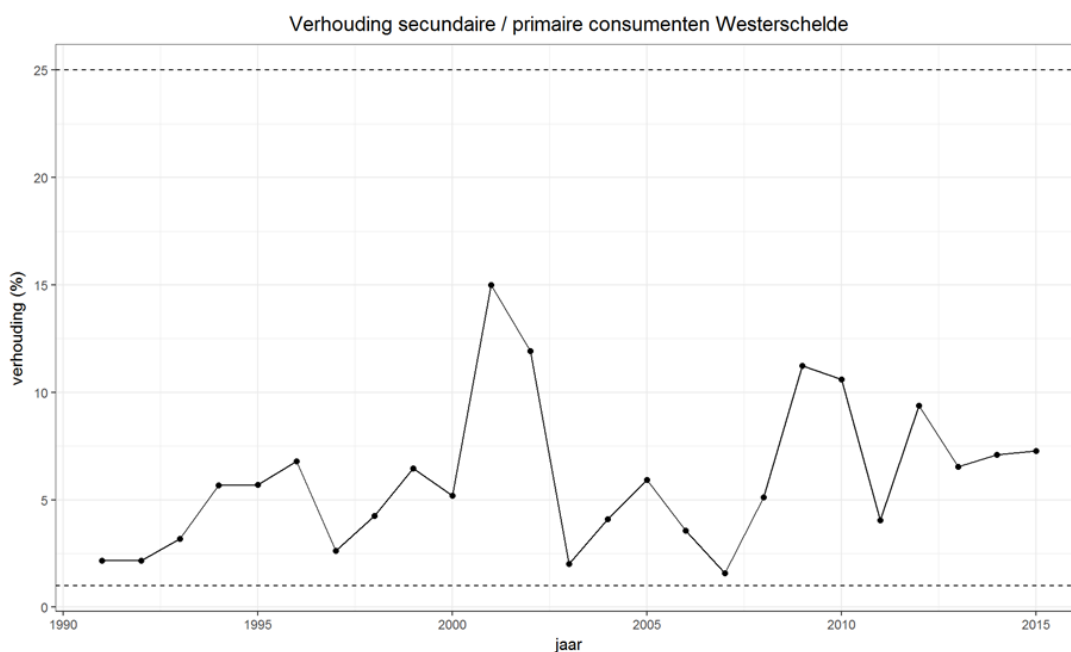
In de volgende alinea's wordt eerst kort ingegaan op de belangrijkste ontwikkelingen in de verhouding secundaire : primaire consumenten en vervolgens wordt ingegaan op een aantal onzekerheden bij de bepaling van de biomassa van de verschillende groepen.

jaar	biomassa in ton versgewicht						gemiddeld
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
zoöplankton	148,53	144,05	23,03	33,79	49,55	63,23	77,03
macrozoöbenthos	944	564	483	881	575	575	670
hyperbenthos	67,73	67,73	67,73	67,73	28,95	5,27	50,86
krab	0,0009	0,0009	0,0029	0,0000	0,0377	0,1958	0,0397
vis	511	209	168	231	298	489	318
vogels	1,79	1,44	1,68	1,50	1,70	1,12	1,54

Tabel 9-5: *Berekende biomassa in ton versgewicht van de verschillende functionele groepen in de Zeeschelde.*

Westerschelde

Voor de Westerschelde geldt dat de verhouding secundaire en primaire consumenten geleidelijk hoger komt te liggen: met andere woorden de biomassa van macrozoöbenthos, hyperbenthos en krabben neemt geleidelijk toe ten opzichte van de biomassa van vogels, vissen en krabben (Figuur 9-6). Een uitschieter in de biomassa van de Amerikaanse zwaardschede in 2007 is direct terug te zien in een verlaagde verhouding in dat jaar.



Figuur 9-6: *De ontwikkeling van de verhouding tussen secundaire en primaire consumenten in de Westerschelde. Met stippellijnen zijn de ondergrens (1%) en de bovengrens (25%) van de bandbreedte, waarbinnen nog sprake is van een positieve evaluatie, aangegeven.*

De biomassa van de primaire consumenten in de Westerschelde bestaat vooral uit macrozoöbenthos. Hierin vindt geen verandering plaats. wordt niet veroorzaakt door een verandering van de biomassa van de primaire consumenten. Bij de secundaire consumenten is er een toename bij de krabbiomassa. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat bij de bepaling van de biomassa van de krabben vraagtekens moeten worden gezet. Eerder is al aangegeven dat biomassa van krabben gebaseerd is op enkele macrozoöbenthosmonsters uit het sublitoraal, die een hoge biomassa aan krabben bevatten. Dit maakt het dus urgenter om ook goede

biomassagegevens van krabben in de Westerschelde te verzamelen in plaats van de biomassa te baseren op de resultaten van bodemfaunabemonsteringen.

Een belangrijke verandering voor het macrozoöbenthos is de afname van de fytoplankton-productie in de Westerschelde, die samengaat met een hoger sedimentgehalte in het water en een verhoogde lichtextinctie. Dit betekent dat er minder biomassa beschikbaar is voor suspensionfeeders als mossel en kokkel. De toename van het nonnetje lijkt hiermee in tegenspraak, maar deze soort voedt zich vooral met detritus, dat via filtratie kan worden ingenomen of via het zogenaamde pipetteren, waarbij de instroomsifo als een soort stofzuiger de bodem afzoekt naar detritus en andere voedseldeeltjes (De Bruyne et al., 2013).

In Bijlage I staat de ontwikkeling van het macrozoöbenthos in de verschillende ecotopen per zone weergegeven. In het hoogdynamisch litoraal is de macrozoöbenthosbiomassa de laatste jaren, ten opzichte van biomassa in eerdere jaren, afgenomen. Dit geldt ook voor het hoogdynamisch sublitoraal. Voor het litoraal van het Mesohalien en in iets mindere mate voor het Zwak polyhalien geldt dat de laatste jaren de biomassa van het macrozoöbenthos toeneemt. In het Sterk polyhalien geldt dit eveneens voor het laagdynamisch middenlitoraal, het laagdynamisch hooglitoraal en mogelijk voor het laagdynamisch sublitoraal. Door Cozzoli et al. (2017) is aangegeven dat in de Westerschelde de stroomsnelheden in het sublitoraal zijn toegenomen, waardoor de zwevende stofgehalten in de Westerschelde zijn toegenomen. Dit heeft mogelijk geresulteerd in een lagere primaire productie van het fytoplankton. Conform de hypothese in Herman et al. (1999) zal dit leiden tot een lagere macrozoöbenthosbiomassa. Verschillende auteurs (o.a. Ysebaert et al., 2009, Cozzoli et al., 2017) hebben er op gewezen dat stroomsnelheid een belangrijke bepalende factor is voor de biomassa van de bodemfauna in de Westerschelde. Toename van de stroomsnelheid resulteert in een afname van de biomassa van het macrozoöbenthos. Een ander factor in de hydrodynamiek is de golfbelasting (Ysebaert & Herman 2002). Deze factor wordt echter niet in de ecotopenkaarten, waarvan de stroomsnelheden een onderdeel vormen, meegenomen.

Zeeschelde

In de Zeeschelde is de biomassa van de primaire consumenten na een vrij stabiele periode van 1991 tot en met 2007, waarbij een kortstondige piek optrad in de jaren 2002-2004, tot ongeveer een derde terug gelopen. Het zoöplankton bereikte gelijktijdig met het macrozoöbenthos een biomassapiek. In latere jaren is de biomassa van het zoöplankton sterk teruggelopen. De secundaire consumenten bestaan voornamelijk uit benthivore en zoöplanktivore vis. In de periode met een hoge macrozoöbenthosbiomassa waren ook verschillende benthivore eendensoorten, tafeleend, wintertaling en pijlstaart, talrijk in de Zeeschelde, maar met de achteruitgang van het macrozoöbenthos zijn deze soorten geheel of grotendeels verdwenen. De grootste verandering heeft plaatsgevonden bij de groep van benthivore en planktivore vissen. De biomassa hiervan is vanaf 2006 sterk toegenomen. Enerzijds zal deze groep geprofiteerd hebben van de toegenomen biomassa van zoöplankton, maar vooral van de verbeterde zuurstofgehalten waardoor het voor de vissoorten ook mogelijk was om de meer stroomopwaarts gelegen delen van de Zeeschelde te benutten. De verhouding in de biomassa van secundaire en primaire consumenten dient rond de 10% te liggen, waarbij een bandbreedte wordt getolereerd van 1 tot 25%. Echter, vanaf 2008 ligt deze verhouding over het algemeen boven de 25% en in 2015 loopt dit zelfs op tot meer dan 75% (Figuur 9-7). Bij een dergelijke verhouding vindt er overbegrazing plaats van de primaire consumenten door de secundaire consumenten (Maris et al., 2014). Onduidelijk is waardoor deze berekende 'overbegrazing' wordt veroorzaakt. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat een deel van de benthivore en planktivore vis, zoals spiering, ook vis kan consumeren, zodat er mogelijk een

overschatting van de consumptie van primaire consumenten heeft plaatsgevonden. Deze inschatting van de 'overbegrazing' moet met de nodige voorzichtigheid gehanteerd worden. Daarnaast kan het voedsel van de groep van omnivore vissoorten als blankvoorn en paling ook voor een belangrijk deel uit macrozoöbenthos en zoöplankton bestaan (Bergers 1991). En korte verkenning liet echter zien dat weliswaar paling en blankvoorn in enkele zones talrijk kunnen zijn, maar dat deze zones een relatief kleine oppervlakte water hebben, waardoor de verhouding secundaire en primaire consumenten, wanneer deze soorten worden meegenomen, nauwelijks verandert.



Figuur 9-7: De ontwikkeling van de verhouding tussen secundaire en primaire consumenten in de Zeeschelde. Met stippellijnen zijn de ondergrens (1%) en de bovengrens (25%) van de bandbreedte aangegeven, waarbinnen sprake is van een positieve evaluatie.

Voor de Rekenparameter biomassa verhouding secundaire/primaire consumenten is de evaluatie volgens de methodiek voor de Westerschelde positief en voor de Zeeschelde negatief. Voor de Westerschelde bevindt de verhouding zich weliswaar tussen de grenswaarden voor een positieve evaluatie, maar hier moeten wel kanttekeningen bij geplaatst worden, omdat dit vooral veroorzaakt wordt door een afname van de primaire productie van het fytoplankton. Bij de Zeeschelde leveren de berekeningen een overbegrazing van het macrozoöbenthos, zoöplankton en hyperbenthos op door de benthivore en zoöplanktivore vis op. Hierbij is echter de consumptie door de benthivore en planktivore vis mogelijk overschat.

Onzekerheden

Macrozoöbenthos

De biomassa van het macrozoöbenthos in de Westerschelde kan tussen jaren een factor 2-4 verschillen. In 2007 werd een bijzonder hoge biomassapijk vastgesteld die werd veroorzaakt door een zeer hoge biomassa van de Amerikaanse zwaardschede. Hierbij dient opgemerkt te worden dat kleine exemplaren van deze soort goed met de standaardmethode bemonsterd kunnen worden. Voor een kwantitatieve inschatting van grote exemplaren dient een bemonstering met de zogenoemde bodemschaaf gebruikt te worden. Deze techniek wordt echter niet in de Westerschelde toegepast (schrift. med. L. Van Duuren, Deltares).

De Japanse oester wordt bij de reguliere bemonsteringen juist gemeden, zodat geen inzicht bestaat in het voorkomen van deze soort. Niet uitgesloten is dat deze soort door graas het fytoplankton sterk beïnvloed. Dit is een belangrijke omissie.

Hyperbenthos

De biomassa van het hyperbenthos in de Westerschelde is gebaseerd op vangsten van de grijze garnaal, die geëxtrapoléerd worden naar het totale sublitoraal en de helft van het areaal van het litoraal. Met andere soorten als slijkgarnaal en vlokreeften wordt geen rekening gehouden. In de intergetijdengebieden zijn vooral kleinere garnalen aanwezig, die bij het ouder worden de diepere geulen opzoeken. Door Zwarts et al. (2011) is onderzoek gedaan naar de aanwezigheid van garnalen in het intergetijdengebied van de Oosterschelde. Hij kwam tot de conclusie dat de dichtheid van garnalen een factor 20 hoger was indien gebruik gemaakt werd van een specifieke bemonsteringsmethode dan wanneer de reguliere bemonsteringsmethode voor bodemfauna werd gebruikt. In hoeverre de gebruikte extrapolatiemethodiek een goed beeld geeft van de werkelijke biomassa van garnalen in het litoraal van de Westerschelde is onduidelijk.

Bij de monsternamen van het hyperbenthos in de Zeeschelde worden verschillende methodieken naast elkaar gebruikt, die elkaar aanvullen. Er zijn duidelijke seizoenspatronen te onderscheiden met vaak relatief kortdurende hoge densiteiten en biomassa's van garnalen en garnaalachtigen. Vooral aasgarnalen vormen tot in de zone Zoet korte verblijftijd een belangrijke schakel in het pelagisch voedselweb (Van Ryckegem et al., 2016).

Krabben

De krabbiomassa in de Westerschelde laat in verschillende jaren opmerkelijke pieken zien, zoals in 2003, 2007 en 2013. Nadere analyse van de gegevens laat zien dat deze hoge biomassa's van krabben gebaseerd zijn op 1-2 monsters per jaar uit het sublitoraal, die een hoge biomassa aan krabben bevatten. De monsters uit het litoraal bevatten slechts lage biomassa's aan krabben. Dit zeer beperkte voorkomen van hoge biomassa's werkt echter sterk door in de berekende krabbiomassa. Het is onduidelijk of de macrozoöbenthosmonsters uit het sublitoraal een goed beeld geven van de krabbiomassa hier.

Door Zwarts et al. (2011) is onderzoek gedaan naar het voorkomen van krabben in het intergetijdengebied van de Oosterschelde. Met een aangepaste bemonsteringsmethode bleek de dichtheid van krabben een factor 2,5 hoger te liggen dan met de reguliere bemonsteringsmethoden werd vastgesteld. Zij geven aan dat het verschil veroorzaakt wordt doordat krabben mobiel zijn en met de reguliere bemonsteringstechnieken onderschat worden. De biomassa van krabben is gebaseerd op de macrozoöbenthosbemonsteringen in het litoraal en sublitoraal. Voorlopig moeten de gehanteerde krabbiomassa's, voor zowel litoraal als sublitoraal, met de nodige terughoudendheid gehanteerd worden.

Vissen

De biomassa van vissen in de Westerschelde en Zeeschelde is gebaseerd op resp. korvangsten en fuikregistraties. In de T2009 is ook alleen gebruik gemaakt van deze gegevens, zodat voor de vergelijkbaarheid in de T2015 de ankerkuilgegevens niet zijn gebruikt. Zowel uit de Westerschelde als de Zeeschelde zijn ankerkuilgegevens beschikbaar. Met de ankerkuil worden de meer pelagisch levende soorten gevangen, terwijl fuiken meer de demersale soorten vangen (Goudswaard & Breine 2011). Dit betekent dat met de gebruikte gegevens voor de evaluatie een vertekend beeld verkregen wordt van de werkelijke vispopulatie. Vooral de pelagisch foeragerende soorten zullen onderschat worden, terwijl de demersale soorten onderschat worden.

Vogels

Bij de Westerschelde is de telmethodiek vanaf maart 2013 aangepast, waarbij in 6 maanden het volledige gebied wordt geteld en in 6 maanden alleen steekproefgebieden. Voor een deel van de vogels zijn gecorrigeerde schattingen voor de aantallen vogels beschikbaar voor de gehele Westerschelde, maar niet voor alle soorten. Gemiddeld is de onderschatting van de aantallen ongeveer 15%, maar per individuele soort kan dit oplopen tot 40% (zie Analyserapport). Dit betekent dat er weliswaar aanzienlijke onderschatting van de biomassa van vogels kan plaatsvinden indien de oorspronkelijke aantallen gebruikt worden, maar in vergelijking met de biomassa van vissen en krabben is de biomassa van vogels nog steeds gering.

De biomassa van vogels is over het algemeen minimaal ten opzichte van de totale biomassa van secundaire consumenten. De absolute biomassa van vogels in de Westerschelde is wel geleidelijk toegenomen en wel in de zone Sterk polyhalien. Hier is de bergeend toegenomen.

Bij alle soortgroepen zijn kritische opmerkingen te plaatsen, maar wanneer gegevens op dezelfde manier verzameld en bewerkt worden, en er kan een trend in de verhouding primaire en secundaire consumenten worden waargenomen dan wijst dit op een verandering in het ecosysteem. Op dit moment is met name de betrouwbaarheid waarmee de krabbiomassa in de Westerschelde wordt vastgesteld, gering. Ook de bepaling van de biomassa van het hyperbenthos in de Westerschelde roept vraagtekens op.

9.4 Evaluatie

In dit hoofdstuk komen de ecologische relaties samen, die bepalend zijn voor het ecologisch functioneren van de Westerschelde en de Zeeschelde als Schelde-estuarium. In de Evaluatiemethodiek is er voor gekozen om het ecologisch functioneren op twee manieren te testen. Ten eerste wordt op verschillende manieren naar de macrobenthische biomassa gekeken. Deze dient zich in de Westerschelde op een bepaalde manier te verhouden tot de primaire productiedichtheid van het systeem. Daarnaast dient in de Zeeschelde 30 ton asvrijdrooggewicht aan macrozoöbenthos aanwezig te zijn of 2 ton per zone. In de Westerschelde dient minstens 4 miljoen kg versgewicht aan kokkels aanwezig te zijn en minstens 1 mosselbank, hetgeen overeenkomt met 1 miljoen kg versgewicht aan mosselen.

Bij de tweede methode wordt gekeken naar de verhouding tussen secundaire en primaire consumenten, die binnen een bepaalde bandbreedte moet liggen.

Verhouding macrozoöbenthos biomassadichtheid : primaire productie

De verhouding macrozoöbenthos biomassadichtheid : primaire productie van het systeem wordt volgens de Evaluatiemethodiek voor de Westerschelde als positief geëvalueerd. Niet alleen ligt de verhouding in de jaren 2010-2013 binnen de grenzen waarbij sprake is van een positieve evaluatie, maar bovendien ontwikkelt de verhouding zich van een lichte onderbenutting richting een lichte overbenutting, hetgeen ook als positief moet worden beoordeeld.

In de T2009 werd de verhouding nog negatief geëvalueerd. De verandering wordt echter veroorzaakt door een afname van de fytoplanktonproductie in de laatste jaren, die samengaat met een hogere sedimentvracht van het water. Of deze twee ontwikkelingen gekoppeld zijn, dient nader onderzocht te worden. Bij de positieve evaluatie in de T2015 moet wel een kanttekening worden geplaatst, omdat een afname van de primaire productie vermoedelijk zal leiden tot een afname van de macrozoöbenthosbiomassa. De filtreerders mossel en kokkel zijn

weliswaar achteruitgaan, maar de biomassa van het macrozoöbenthos is gelijk gebleven door de opkomst van onder andere het nonnetje, dat op een andere wijze zijn voedsel kan verzamelen.

Ook in de Zeeschelde is sprake van een toename in de sedimentconcentratie in het water. Dit gaat samen met een hogere lichtextinctie, waardoor mogelijk de fytoplanktonproductie afneemt. Ook graas van het toegenomen zoöplankton kan de fytoplankton bloei in de Zeeschelde beperken.

De macrozoöbenthosbiomassa in het litoraal van de Zeeschelde is teruggelopen in 2002 tot 2015 van 150 naar nog geen 30 ton asvrijdrooggewicht. De toegenomen waterkwaliteitsverbetering vanaf de negentiger jaren heeft eerst de biomassa doen toenemen. Vooral Oligochaeten, kenmerkend voor een hoge organische belasting, namen aanvankelijk toe. Door de verdergaande waterkwaliteitsverbetering is het voedselaanbod voor het macrozoöbenthos gedaald en konden predatoren als vissen en garnalen en krabben door de verbeterde zuurstofomstandigheden de Zeeschelde optrekken. Door deze predatie en mogelijk door de toegenomen hydrodynamiek blijft de biomassa en de diversiteit achter bij de verwachting (zie Van Speybroeck et al., 2014).

In het litoraal van de Zeeschelde halen alleen de Saliniteitsgradiënt en de Rupel een macrozoöbenthosbiomassa van 2 ton asvrijdrooggewicht. Vooral de Rupel is opmerkelijk, omdat dit gebied de kleinste oppervlakte litoraal heeft. In de evaluatie zou ook rekening moeten worden gehouden met de oppervlakte van het litoraal in de verschillende zones.

Verhouding tussen secundaire en primaire consumenten

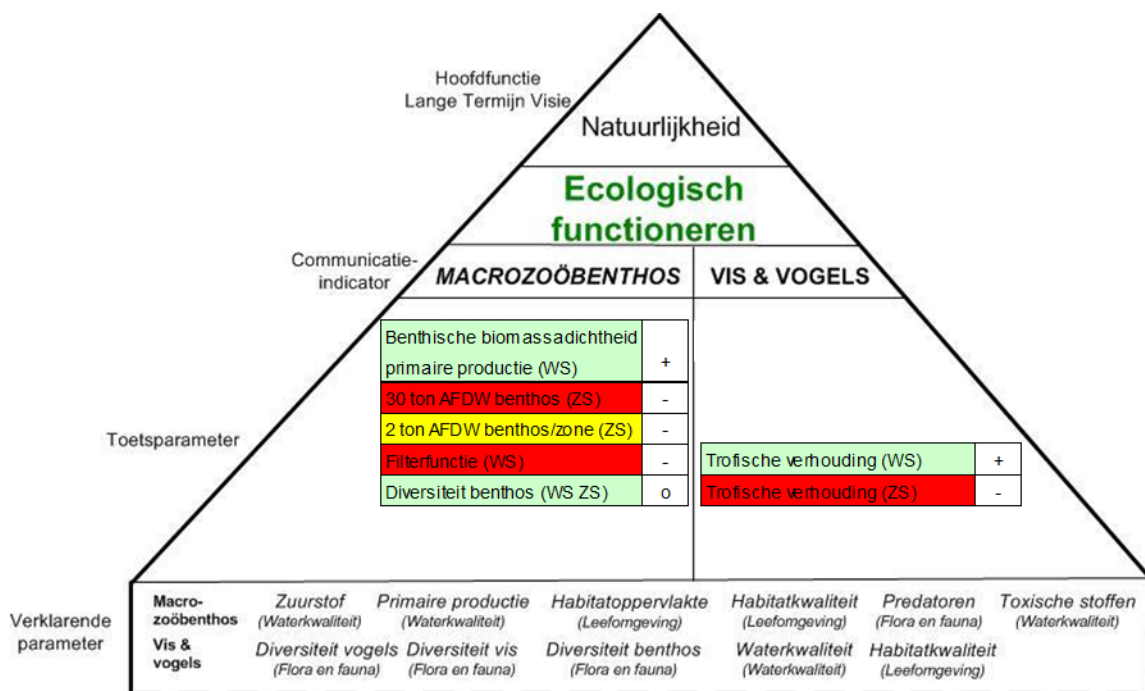
De tweede rekenparameter is de verhouding tussen secundaire en primaire consumenten. Bij de bepaling van de biomassa van iedere groep zijn kanttekeningen te plaatsen, maar door de methodiek constant te houden, geven verschuivingen in de verhouding wel inzicht in het ecologisch functioneren.

Bij de Westerschelde verschuift de verhouding vooral door een toename van de biomassa van de krabben en de benthivore en zoöplanktivore vis. Bij de primaire consumenten zijn de veranderingen beperkt. Dit resulteert in een positieve evaluatie.

In de Zeeschelde is de biomassa van de primaire consumenten tot een derde teruggelopen, terwijl de biomassa van benthivore en zoöplanktivore vis zeer sterk is toegenomen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de geselecteerde vissoorten, zoals spiering, genoemd als benthivore of zoöplanktivore in een adult stadium ook vis kunnen eten (kleinere vis). Hierdoor wordt de visbiomassa zich voedend met primaire consumenten mogelijk overschat. Voorlopig wijzen de resultaten van de verhouding tussen primaire consumenten en secundaire consumenten op een overbegrazing van de primaire consumenten door de secundaire consumenten.

Samenvattend

Figuur 9-8 vat het ecologisch functioneren van de Westerschelde en Zeeschelde samen. Ondanks geconstateerde verbeteringen, waarbij soms wel kanttekeningen zijn te plaatsen, is er nog steeds sprake van een negatieve evaluatie van het Ecologisch functioneren van Westerschelde en Zeeschelde.



Figuur 9-8: Evaluatie van het Ecologisch functioneren op basis van toetsparameters. Rood = negatief, groen = positief, geel = neutraal (deels positief, deels negatief), wit = geen significante trend/geen beoordeling. Inclusief de ontwikkeling ten opzichte van de situatie in T2009: ontwikkeling in de positieve richting (+), in de negatieve richting (-) of neutraal (0) indien de ontwikkeling varieert naargelang zone of niet bepaald kan worden.

10 Referenties

- Anthes N. 2004. Long-distance migration timing of *Tringa* sandpipers adjusted to recent climate change. *Bird Study* 51: 203-211.
- Appeltans W., A. Hannouti, S. Van Damme, K. Soetaert, R. Vanthomme & M. Tackx, 2003. Zooplankton in the Schelde estuary (Belgium/The Netherlands). The distribution of *Eurytemora affinis*: effect of oxygen? *Journal of Plankton Research*, 25(11): 1441-1445.
- Arcadis; Technum, 2007a. Milieueffectenrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Basisrapport Overige Aspecten. Consortium Arcadis – Technum, 2007.
- Arts F.A., S.J. Lilipaly, M.S.J. Hoekstein, K.D. van Straalen, M. Sluijter, P.A. Wolf, T.J. Boudewijn, B.M.C. Grutters & R.P. Middelveld 2018. Recreatief medegebruik dijktrajecten Oosterschelde en Westerschelde. Een analyse van watervogeltellingen. DPM/Bureau Waardenburg, Vlissingen/Culemborg.
- Arcadis; Technum, 2007b. Hoofdrapport Milieueffectrapport: verruiming vaargeul Beneden Zeeschelde en Westerschelde. Departement Mobiliteit Openbare Werken. Afdeling Maritieme Toegang/Rijkswaterstaat Zeeland: Middelburg. 311 + 1 map, cd-rom (reports) pp., 2007.
- Baart F., Robert Leander, John de Ronde, Hylke de Vries, Vincent Vuik en Robin Nicolai, 2015. Zeespiegelmonitor. Rekenmethode voor huidige en toekomstige zeespiegelstijging. Deltares rapport 1209426-000-VEB-0011. Deltares, KNMI en HKV lijn in water, 2015.
- Barneveld H., R.P. Nicolai, K.L. Krijgsveld, M.P. Collier, M. Teunis, S. Michielsen, B. Ferket en I. van de Moortel, 2016. Nota dataverwerking en databehoeftte. T2015-rapportage Schelde-estuarium. HKV lijn in water, Bureau Waardenburg en Antea. September 2016.
- Barneveld H., R.P. Nicolai, M. van Veen, S. van Haaster, T.J. Boudewijn, J.W. de Jong, K. van Didden, R.J.W. van de Haterd, P.P. Middenveld, S. Michielsen, I. van de Moortel, C. Velez en E. de Wilde, 2018a. Analyserapport. T2015-rapportage Schelde-estuarium. HKV lijn in water, Bureau Waardenburg en Antea. Juni 2018.
- Barneveld H., R.P. Nicolai, T.J. Boudewijn en I. Van de Moortel, 2018b. Nota Evaluatie van de Evaluatiemethodiek. T2015-rapportage Schelde estuarium. HKV lijn in water, Bureau Waardenburg en Antea. Juni 2018.
- Barneveld H., R.P. Nicolai, T.J. Boudewijn, I. Van de Moortel en R. Postma, 2018c. Samenvatting. T2015-rapportage Schelde estuarium. HKV lijn in water, Bureau Waardenburg, Antea en Bureau Met Andere Woorden. Juni 2018.
- Bergers P.J.M. 1991. Voedseleecologie van vissen in Nederlandse Rijntakken. Rapport 28-1991 Ecologisch herstel Rijn. RIZA, Lelystad.
- Blomert A.M. 2002. De samenhang tussen bodemgesteldheid, droogligtijd en foerageerdichtheid van vogels binnen de intergetijdenzone. A&W rapport 330. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.
- Beukema J.J. & R. Dekker 2014. Variability in predator abundance links winter temperatures and bivalve recruitment: correlative evidence from long-term data in a tidal flat. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 513: 1-15.
- Billen, G.; Garnier, J. & Rousseau, V. 2005, 'Nutrient fluxes and water quality in the drainage network of the Scheldt basin over the last 50 years', *Hydrobiologia* 540, 47-67.

- Boudewijn T.J. & P.W. van Horssen 2010. Openstellen onderhoudswegen Oosterschelde en Westerschelde. Effecten op overtijdende en foeragerende steltlopers. Rapport 10-105. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Billen, G. & Garnier, J. 2007 River basin nutrient delivery to the coastal sea: Assessing its potential to sustain new production of non-silicious algae. *Marine Chemistry* 106: 148-160.
- Brasseur S.M.J.M. 2017. Seals in motion. How movements drive population development of harbor seals and grey seals in the North Sea. Proefschrift WUR, Wageningen.
- Brasseur S.M.J.M., P.J.H. Reijnders, R. Kirkwood & G. Aarts 2017. Chapter 4. Directional breeding migration of harbor seals in the Wadden Sea. In: Brasseur S.M.J.M. 2017. Seals in motion. How movements drive population development of harbor seals and grey seals in the North Sea. Proefschrift WUR, Wageningen.
- Brasseur S.M.J.M., Reijnders P.J.H. & I. Tulp 2006. Verspreiding en voedselkeus van zeehonden uit de Waddenzee, fase 1. *De Levende Natuur* 107: 157-161.
- Breine J., Delmoié, S., De Bruyn, A., Galle, L., Lambeens, I., Maes, Y. & Van Thuyne G. 2017. Monitoring van de visgemeenschap in het Zeeschelde-estuarium. Ankerkuilcampagnes 2016. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Camphuysen C.J., Ens B.J., Heg D., Hulscher J.B., van der Meer J. & Smit C. 1996. Oystercatcher *Haematopus ostralegus* winter mortality in The Netherlands: the effect of severe weather and food supply. *Ardea* 84 (A): 469-492.
- Castelijns H & C. Jacobusse 2010. Spectaculaire toename van Grauwe ganzen in Saeftinghe. *De Levende Natuur* 111: 45-48.
- CBS, PBL, WUR 2017. Zoutwatervissen kinderkamersoorten, 1990-2015 (indicator 1602, versie 01, 30 oktober 2017). www.clo.nl. CBS, Den Haag; PBL, Den Haag en WUR, Wageningen.
- Chambord, S.; Maris, T., Colas, F., van Engeland, T., Sossou, A.-C., Azémar, F., Le Coz, M.; Cox, T., Buisson, L., Souissi, S., Meire, P. & Tackx, M. 2016. Mesozooplankton affinities in a recovering freshwater estuary. *Est., Coast. and Shelf Sci.* 177: 47-59.
- Christianen, M.J.A., Middelburg, J.J., Holthuijsen, S.J., Jouta, J., Compton, T.J., van der Heide, T., Piersma, T., Sinninghe Damsté, J.S., van der Veer, H.W., Schouten, S. & Olf, H. 2017. Benthic primary producers are key to sustain the Wadden Sea food web: stable carbon isotope analysis at landscape scale. *Ecology* 98: 1498-1512.
- Cleveringa, J. 2008. Morphodynamics of the Delta coast (south-west Netherlands): Quantitative analysis and phenomenology of the morphological evolution 1964-2004. J. Cleveringa. Alkyonrapport A1881. WL|Delft Hydraulics & Rijkswaterstaat RIKZ, 2008.
- Coen, L.; Boeckx, L.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. 2017. Model- en data-analyse ten behoeve van betere tij-verwachtingen. Deelrapport 2 – GOG-werking langs de Zeeschelde. Versie 7.0. WL Rapporten, 16_016_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.
- Cornet, E.; Vanlierde, E.; Deschamps, M.; Mostaert, F. 2013. Hydrologisch jaarboek 2012: HIC meetstations. Versie 3.0. WL Rapporten, 12_077. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. 317 pp.
- Cox T., Maris T. & Meire P. 2015. Wijzigingen in slib- en zoutconcentraties in de Boven-Zeeschelde sinds 2009. Universiteit Antwerpen, ECOBE015-R186.

- Cozzoli F., S. Smlders, M. Eelkema, T. Ysebaert, V. Escaravage, S. Temmerman, P. Meire, P.M.J. Herman & T.J. Bouma 2017. A modelling approach to assess coastal management effects on benthic habitat quality: a case study on coastal defense and navigability. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 184: 67-82.
- De Bruyne R.H., van Leeuwen S.J., Gmelig Meyling A.W. & Daan R. (red.) 2013. Schelpdieren van het Nederlandse Noordzeegebied. *Ecologische atlas van de mariene weekdieren (Mollusca)*. Tirion/Stichting Anemoon, Utrecht/Lisse.
- De Graaf, M. & Deerenberg C. 2015. Report on the eel stock and fishery in the Netherlands 2013. Rapportnr WOT-05-406-007-Imares. Imares Wageningen UR.
- De Maat B. 2014. Het broedsucces van de Grauwe gans en de Grote Canadese gans in Het Verdrongen Land van Saefthinghe. Stichting Het Zeeuwse Landschap, Wilhelminadorp.
- De Maat B., P. Calle, J.W. Castelijns & C. Jacobusse 2015. Het broedsucces van de grauwe- en Grote Canades gans in Het Verdrongen Land van Saefthinghe. *De Levende Natuur* 116: 215-221.
- Depreiter, D., Cleveringa, J., Laan van der, T., Maris, T., Ysebaert, T., Wijnhoven, S. 2014. T2009 rapportage Schelde estuarium. IMDC, ARCADIS, Universiteit Antwerpen, IMARES, NIOZ. 077698096:A – Definitief C03041.002718.0400. 7 mei 2014.
- Depreiter D., Lanckriet T., Van Holland G., Vanlede J., Beirinckx K. & Maris T. 2015. Mud disposal and suspended sediment concentrations in the Lower Seaschedt. E-proceedings of the 36th IAHR World Congress: 28 June – 3 July, 2015. The Hague, the Netherlands.
- Elschot K., A. Vermeulen, W. Vandenbruwaene, J.P. Bakker, T. Bouma, J. Stahl, H. Castelijns & S. Temmerman 2017. Top-down vs. Bottom-up control on vegetation composition in a tidal marsh depends on scale. *PLoS ONE* 12(2): e0169960. doi:10.1371/journal.pone.0169960.
- Ens B.J., Aarts B., Hallmann C., Oosterbeek K., Sierdsema H., Slaterus R., Troost G., van Turnhout C., Wiersma P. & van Winden E. 2011. Scholeksters in de knel: onderzoek naar de oorzaken van de dramatische achteruitgang van de Scholekster in Nederland. SOVON-onderzoeksrapport 2011/13. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- Ens B.J., A.G. Brinkman, E.M. Dijkman, H.W.G. Meesters, M. Kersten, A. Brennikmeijer & F. Twisk 2005. Modelling the distribution of waders in the Westerschelde. What is the predictive power of abiotic variables? *Alterra-rapport* 11.93. Alterra, Wageningen.
- Fijn R.C., van Horssen P.W. & Lensink R., 2013. Vereiste reproductie van gewone en grijze zeehonden in de Deltaregio voor een stabiele doelpopulatie. Rapport 13-620. Bureau Waardenburg, Culemborg, 2013.
- Fox A.D., Dalby L., Christensen T.K., Nagy S., Balsby T.J.S., Crowe O., Clausen P., Deceuninck B., Devos K., Holt C.A., Hornman M., Keller V., Langendoen T., Lehtikoinen A., Lorentsen S-H., Molina B., Nilsson L., Stipniece A., Svenning J-C. & Wahl J. 2016. Seeking explanations for recent changes in abundance of wintering Eurasian Wigeon (*Anas penelope*) in northwest Europe. *Ornis Fennica* 93: 12-25.
- Freyhof, J. 2013. *Osmerus eperlanus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T15631A4924600. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T15631A4924600.en>
- Geelhoed S.C.V. & van Polanen Petel T. 2011. Zeezoogdieren op de Noordzee. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011. Wageningen, Wettelijke onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-werkdocument 258.

- Goossens, M., Lanckriet, T., Pandelaers, C. & D. Depreiter, 2016. Voortgangsrapportage 2014-2015: Data- en analyserapport. IMDC, Universiteit Antwerpen en HWE. Monitoringprogramma Flexibel Storten, 2016.
- Goossens, M., Lanckriet, T., Pandelaers, C. & D. Depreiter, 2017. Voortgangsrapportage 2014-2015: Syntheserapport. IMDC, Universiteit Antwerpen en HWE. Monitoringprogramma Flexibel Storten, 2017.
- Herman P.M.J., Middelburg, J.J., Van de Koppel, J. & Heip, C.H.R. 1999. Ecology of estuarine macrobenthos. *Advances in Ecological Research* 29: 195-240.
- Hofmann, A. F.; Soetaert, K. & Middelburg, J. J. 2008, 'Present nitrogen and carbon dynamics in the Scheldt estuary using a novel 1-D model', *Biogeosciences* 5(4), 981-1006.
- Hornman M., Hustings F., Koffiberg K., Klaassen O., van Winden E., Sovon Ganzen- en Zwanenwerkgroep & Soldaat L. 2016. Watervogels in Nederland in 2014/2015. Sovon rapport 2016/54. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- Hornman M., Koffiberg K., van Winden E., van Els P., Klaassen O., Sovon Ganzen- en Zwanenwerkgroep & Soldaat L. 2016. Watervogels in Nederland in 2015/2016. Sovon rapport 2016/07. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- Huijs S. 1995. Geomorfologische ontwikkeling van het intergetijdegebied in de Westerschelde 1935-1989. Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie.
- IMDC, Deltares, Svašek en Arcadis, 2013. Instandhouding vaarpassen Schelde Milieuvergunningen terugstorten baggerspecie: Ontwikkeling mesoschaal Westerschelde (factsheets).
- IMDC, UA & HWE, 2015. Voortgangsrapportage 2012-2013: Syntheserapport. Monitoringsprogramma Flexibel storten.
- IMDC, 2015. Deelopdracht 7: Analyse van stortingen in de diepe delen van de hoofdgeul. Monitoringsprogramma Flexibel Storten.
- IMDC, 2016. Multivariate analyse van metingen van sedimentconcentratie in de Zeeschelde. Monitoringsprogramma Flexibel storten.
- IMDC & Deltares 2011. Ontwikkelingszone Saeftinghe - Hydraulisch, sedimentologisch en morfologisch onderzoek Deelrapport 4: Analyse van de Effecten van de aanleg en het onderhoud van Deurganckdok. IMDC rapport in opdracht van Port of Antwerp, 2011.
- IMDC & Deltares 2016. Report 1.16: Analysis of external effects on siltation processes and factors. Evaluation of the external effect on the siltation in Deurganckdok (2012 - 2014).
- Jacoby, D. & Gollock, M. 2014. *Anguilla anguilla*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T60344A45833138. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T60344A45833138.en>.
- Jol J., B. Kater & R. Duin 2001. De biologie, ecologie en populatiedynamica van Puitaal (*Zoarces Viviparus* L.) in de Nederlandse kustwateren en estuaria. Werkdocument RIKZ/OS/2001.804X. RIKZ.
- Kampichler C., Sierdsema H., Roodbergen M. & Ens B.J., 2013. Ruimtelijke analyses van dichtheden en trends van binnendijks broedende Scholeksters. Sovon-rapport 2013-08. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- Kromkamp J.C. & van Engeland T. 2010. Changes in phytoplankton biomass in the Western Scheldt Estuary during the period 1978-2006. *Estuaries and Coasts* 33: 270-285.

- Lancelot, C., Rousseau, V. & Gypens, N., 2009. Ecologically based indicators for *Phaecystis* disturbance in eutrophied Belgian coastal waters (Southern North Sea) based on field observations and ecological modelling. *Journal of Sea Research*, 61: 44-49.
- Lauwaert B, De Witte B, Devriese L, Fettweis M, Martens C, Timmermans S, Van Hoey G, Vanlede J. 2016. Synthesis report on the effects of dredged material dumping on the marine environment (licensing period 2012-2016). RBINS-ILVO-AMT-AMCS-FHR report BL/2016/09, 107pp.
- LTV2030, 2000. Langetermijnvisie Schelde-estuarium. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Directie Zeeland en Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, departement Leefmilieu en Infrastructuur, administratie Waterwegen en Zeewezen, 29 november 2000.
- Maes, J., Stevens, M. & Breine J. 2007. Modelling the migration opportunities of diadromous fish species along a gradient of dissolved oxygen concentration in a European tidal watershed. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 75: 151-162.
- Maris, T. & P. Meire, 2016. Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmoplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. Geïntegreerd eindverslag van het onderzoek verricht in 2015. ECOBE 016-R201 Universiteit Antwerpen, Antwerpen.
- Maris, T. A. Bruens, L. van Duren, J. Vroom, H. Holzhauer, M. De Jonge, S. Van Damme, A. Nolte, K. Kuijper, M. Taal, C. Jeuken, J. Kromkamp en B. van Wesenbeeck, G. Van Ryckegem, E. Van den Bergh, S. Wijnhoven en P. Meire. 2014. Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium, update 2014. Deltares, Universiteit Antwerpen, NIOZ en INBO. Deltares rapportnummer 1209394.
- Meininger P.L., Berrevoets C.M. & R.C.W. Strucker 1994. Watervogeltellingen in het zuidelijk Deltagebied 1987-91. Rapport RIKZ-94.005.
- Meininger P.L., Witte R.H. & Graveland, J. 2003. Zeezoogdieren in de Westerschelde: knelpunten en kansen. Rapport RIKZ/2003.041. RIKZ, Middelburg.
- Meire, P., Hoffmann M. & Ysebaert T. (eds.) 1995. De Schelde: een stroom natuurtalent, Rapport 95.10. Instituut voor Natuurbehoud, Hasselt.
- Meire, P. & Maris, T. 2008. MONEOS, Geïntegreerde systeemmonitoring van het Schelde-estuarium. Rapport ECOBE 08-R-113. Universiteit Antwerpen, Antwerpen.
- Ministerie van I&M | Rijkswaterstaat 2016. Natura 2000 Deltawateren Beheerplan Deltawateren 2016-2022 Westerschelde & Saeftinghe.
- Nederhoff, C.M. 2015. Eerstelijnsrapportage Westerschelde 2014: Meetgegevens van 1996 t/m 2014. C.M. Nederhoff. Deltares, 2015.
- Maris, T.; Meire, P. 2016. OMES rapport 2015. Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmoplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. Universiteit Antwerpen: Antwerpen. 172 pp.
- Nederhoff, C.M. 2016. Eerstelijnsrapportage Westerschelde 2015: Meetgegevens van 1996 t/m 2015. C.M. Nederhoff. Deltares, 2016. <http://www.vnsc.eu/publicaties/wetenschappelijke-publicaties-en-rapporten/1067-eerstelijnsrapportage-westerschelde-2015.html>
- Paerl H.W. & J. Huisman 2009. Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms. *Environ Microbiol Rep.* 2009 Feb; 1(1): 27-37.

- Rappoldt C. & Ens B.J. 2006 Scholeksters en kokkels in de Westerschelde. Modelberekeningen voor de periode 1993-2003 op basis van een verbeterde schatting van de groei en overleving van kokkels in de zomer. EcoCrves rapport 1/Sovon onderzoeksrapport 2006/06.
- Ravensbergen G.J. & Scheele, R.J. 1990. De visserij op de Westerschelde. Westerschelde studies, 7. RU Utrecht, Utrecht.
- Reneerkens J. T. Piersma & B. Spaans 2005. De Waddenzee als kruispunt van vogeltrekwegen. NIOZ-rapport 2005-4.
- Rijkswaterstaat 2007. RWS WD rapport 2008.003: Geulwandverdediging Westerschelde.
- Saeijs H.L.F. & H.J.M. Baptist 1977. Vogels in de Deltawateren van Zuid-west Nederland. Overzicht simultaantellingen 1972 t/m 1976. Nota 77-34. Deltadienst hoofdafdeling Milieu en Inrichting.
- Schekkerman H., Arts F.A., van der Jeugd H., Stienen E.W.M. & van Roomen M. 2017. Naar een demografische analyse van populaties van karakteristieke vogels in het Deltagebied. Sovon-rapport 2017/58. CAPS-rapport 2017/01. Sovon Vogelonderzoek Nederland/ Vogeltrekstation/ Delta- ProjectManagement/ Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Nijmegen.
- Soetaert, K.E.R. & Van Rijswijk, P. 1993. Spatial and temporal patterns of the zooplankton in the Westerschelde estuary. Marine Ecology Progress Series, Vol. 97(1): 47-59.
- Speybroeck J., De Regge N., Soors J., Terrie T., Van Ryckegem G., Van Braeckel A., Van den Bergh E. 2014. Monitoring van het macrobenthos van de Zeeschelde en haar getij- onderhevige zijrivieren (1999-2010). Beschrijv- end overzicht van historische gegevens (1999, 2002, 2005) en eerste cyclus van nieuwe strategie (2008, 2009, 2010). Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2014 (INBO.R.2014.1717661). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Spikmans, F. van Kessel N., Dorenbosch M., Kranenbarg J., Bosveld J. & Leuven R. 2010. Plaag Risico Analyses van tien exotische vissoorten in Nederland. Nederlands Centrum voor Natuuronderzoek: Stichting RAVON, Radboud Universiteit Nijmegen, Stichting Bargerveen & Natuurbalans – Limes Divergens, Nijmegen
- Strucker R.C.W., F.A. Arts & M.S.J. Hoekstein 2015. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2014. RWS CIV BM 15.07.
- Strucker R.C.W., Hoekstein M.S.J. & P.A. Wolf 2016. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2015. RWS CIV BM 16.06, Vlissingen.
- Taal M.D., Schmidt C.A., Brinkman A.G., Stolte W. & van Maren D.S. 2015. Slib en primaire productie in het Eems-estuarium. Een samenvatting van vier jaar meten, modelleren, kennis bundelen en verwerven. Deltares, Imares en Rijkswaterstaat.
- Troost K. 2009. Pacific Oysters in Dutch Estuaries Causes of Success and Consequences for Native Bivalves. Proefschrift RUG, Groningen.
- Troost K., M. van Asch, E.B.M. Brummelhuis, D. van den Ende & C. van Zweeden, 2017. Het kokkelbestand in de Nederlandse kustwateren in 2017. CVO rapport: 17.013.
- Troost K. & Ysebaert T., 2011. ANT Oosterschelde: long-term trends of waders and their dependence on intertidal foraging grounds. Report C063/11. IMARES, Wageningen.

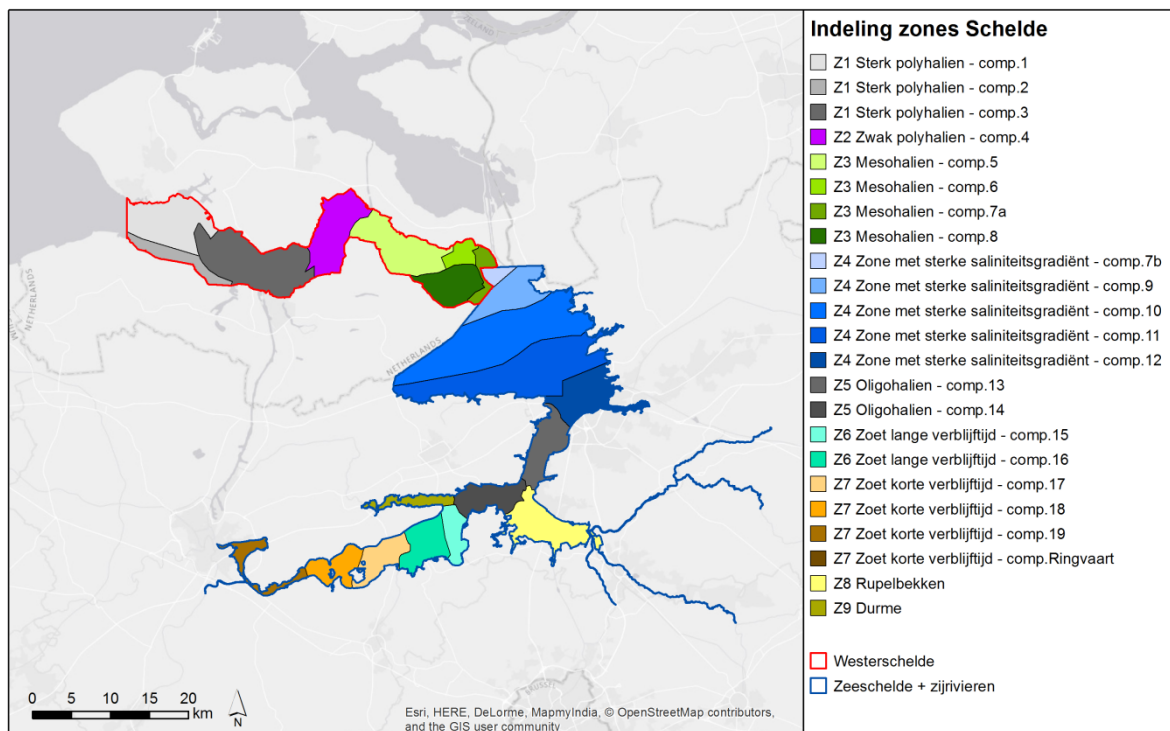
- Tulp, I., van der Veer H.W., Walker P., van Walraven L. & Bolle L.J., 2017. Can guild- or site-specific contrasts in trends or phenology explain the changed role of the Dutch Wadden Sea for fish? *Journal of Sea Research* 127: 150-163.
- Uncles R.J., Stephens J.A. & R.E. Smith 2002. The dependence of estuarine turbidity on tidal intrusion length, tidal range and residence time. *Continental Shelf Research* 22: 1835-1856.
- Van Banning, G., 2007. Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Basisrapport Water. Gijs van Banning. Rapport Consortium Arcadis – Technum. Uitgave van het project Verruiming vaargeul van RWS Zeeland en MOW Maritieme Toegang met opdrachtgever Technische Scheldec commissie. Versie 4.1, 19 september 2007.
- Van den Bergh E. 2012. Toets van het MWeA aan de in INBO.A. 2012.79 voorgestelde vereiste habitatoppervlakte voor de verschillende zones van de Zeeschelde. INBO. Advies INBO.A.2012.154.
- Van der Heide, T., Tielens, E., van der Zee, E., Weerman, E. J., Holthuijsen, S., Eriksson, B. K., Piersma, T., van de Koppel, J. & Olf, H. 2014 Predation and habitat modification synergistically interact to control bivalve recruitment on intertidal mudflats. *Biological Conservation*. 172: 163-169.
- Van der Winden, J., J. de Fouw, C. Dreef, P.W. van Horssen en S. Dirksen 2017. Deltagebied: nationaal en internationaal topgebied voor vogels. Status, trends, bedreigingen en toekomst voor watervogels in het Deltagebied. Rapport SjDE17-02, Sjoerd Dirksen Ecology, Utrecht / Vogelbescherming Nederland, Zeist.
- Van Kerkhoven W. 2015. Bruine kiekendief 2015. (www.saeftinghe.eu).
- Van Rijn, L.C. (2010). Tidal phenomena in the Scheldt Estuary, Report 1202016, Deltares.
- Van Ryckegem, G. (red), Van Braeckel A., Elsen R., Speybroeck J., Vandevoorde B., Mertens W., Breine J., De Regge N., Soors J., Dhaluin P., Terrie T., Van Lierop, F., Hessel K., Froidmont, M. & Van den Bergh E., 2015. MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: Toestand Zeeschelde 2014: monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek INBO.R.2015.8990774.
- Van Ryckegem, G. (red.), Braeckel van, A., Elsen, R., Speybroeck, J., Vandevoorde, B., Mertens, W., Breine, J., Beukelaer de, J., Regge de, N., Hessel, K., Soors, J., Terrie, T., Lierop van, F. en Bergh van den, E., 2016. MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: Toestand Zeeschelde 2015: monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek INBO.R.2016.12078839.
- Van Ryckegem, G. (red.), A. Van Braeckel, R. Elsen, J. Speybroeck, B. Vandevoorde, W. Mertens, J. Breine, G. Spanoghe, D. Buerms, J. De Breukelaer, N. De Regge, K. Hessel, J. Sioors, T. Terrie, F. Van Lierop & E. Van den Bergh 2017. MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: Toestand Zeeschelde 2016: monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017 (37).
- 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. WL Rapporten, 13_131. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, 2016. IX, 62 + 62 p. bijlagen pp.
- Vandenbruwaene, W.; Levy, Y.; Plancke, Y.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F., 2017. Integraal plan Boven-Zeeschelde: Deelrapport 8 – Sedimentbalans Zeeschelde, Rupel en Durme. Versie 4.0. WL Rapporten, 13_131_8. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, 2017.
- Vanlierde, E.; Ferket, B.; Pauwaert, Z.; Michielsens, 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. Versie 3.0. WL Rapporten, 12_070. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België, 2016.
- Vereecken, H. ; Peeters, P.; Ronsyn, J. ; Balduck, J.; Mostaert, F., 2008. Waterbeheer in Oost- en West-Vlaanderen - Bevaarbare waterlopen. WL Rapporten, Mod 726/2. Waterbouwkundig Laboratorium & Afdeling Bovenschelde: Antwerpen, België
- Verreycken, H., Breine, J.J., Snoeks, J. & Belpaire, C., 2011. First record of the round goby, *Neogobius melanostomus* (Actinopterygii: Perciformes: Gobiidae) in Belgium. *Acta Ichthyol. Piscat.* 41: 137-140.
- Vlaamse Regering, 2012. Besluit van de Vlaamse Regering van 1 juni 1995 houdende vaststelling van het Vlaamse reglement betreffende de milieuvergunning (VLAREM), zoals gewijzigd bij besluit van 17 juli 2000. Belgisch Staatsblad, Brussel, België.
- VMM 2015a. Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2015.
- VMM 2015b. Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Westerschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Westerschelde. Campagne 2015.
- VMM 2015c. Polycyclische aromatische koolwaterstoffen in lucht, 2014-2015. Vlaamse Milieumaatschappij, 2015.
- VMM 2016a. Bronnen van waterverontreiniging in 2015. Vlaamse Milieumaatschappij, 2016.
- VMM 2016b. Lozingen in de lucht 2000-2016. Vlaamse Milieumaatschappij, 2016.
- VMM 2017. Macrofyten in de Grote Nete. Vlaamse Milieumaatschappij, 2017.
- Waardenburg, H.W., G.W.N.M. van Moorsel, A.J.M. Meijer & A.C. van Beek 1984. Vooronderzoek en onderzoeksvoorstellen: Levensgemeenschappen op hard substraat en visfauna in de Westerschelde. Rapport 84.04. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Whitton T.A., S.R. Jenkins, C. A. Richardson & J. G. Hiddink 2016. The effect of macrofaunal disturbance on *Cerastoderma edule* post-larvae. *Journal of Sea Research* 112:23-31.
- Winterwerp, J.C., 2013. On the response of tidal rivers to deepening and narrowing. Basisrapport grootschalige ontwikkeling G-14. 1 oktober 2013.
- Ysebaert T. & Herman P. 2002. Beschrijven, modelleren en voorspellen van bodemdieren in een estuariene omgeving. NIOO-CEME Rapport 2002-6. KNAW-NIOO, Centrum voor Estuariene en Marine Ecologie, Yerseke.
- Ysebaert T, Meire P., Coosen J. & Essink K. 1998. Zonation of intertidal macrobenthos in estuaries of Schelde and Ems. *Aquat. Ecol.* 32: 53-71.

Bijlagen

Bijlage A Studiegebied en indeling

Het Schelde-estuarium wordt gevormd door de Zeeschelde, de Westerschelde en het mondingsgebied van de Schelde. De ruimtelijke indeling van het Schelde-estuarium is gebaseerd op de OMES-compartimenten (Onderzoek Milieu effecten van het Schelde estuarium). Binnen het kader van de langetermijnvisie is het systeem van bochtengroepen verder geschematiseerd als een ketting van macrocellen en mesocellen (zie Figuur A-1 en Tabel A-1). De macrocellen worden gevormd door de grote gekromde ebgeulen en rechte vloedgeulen (Figuur A-2). In Tabel A-2 zijn de geulen benoemd en aangeduid welke de hoofdgeul is. Doorheen dit rapport worden verschillende elementen bij naam genoemd. Deze worden gesitueerd in Figuur A-3 tot en met Figuur A-7.



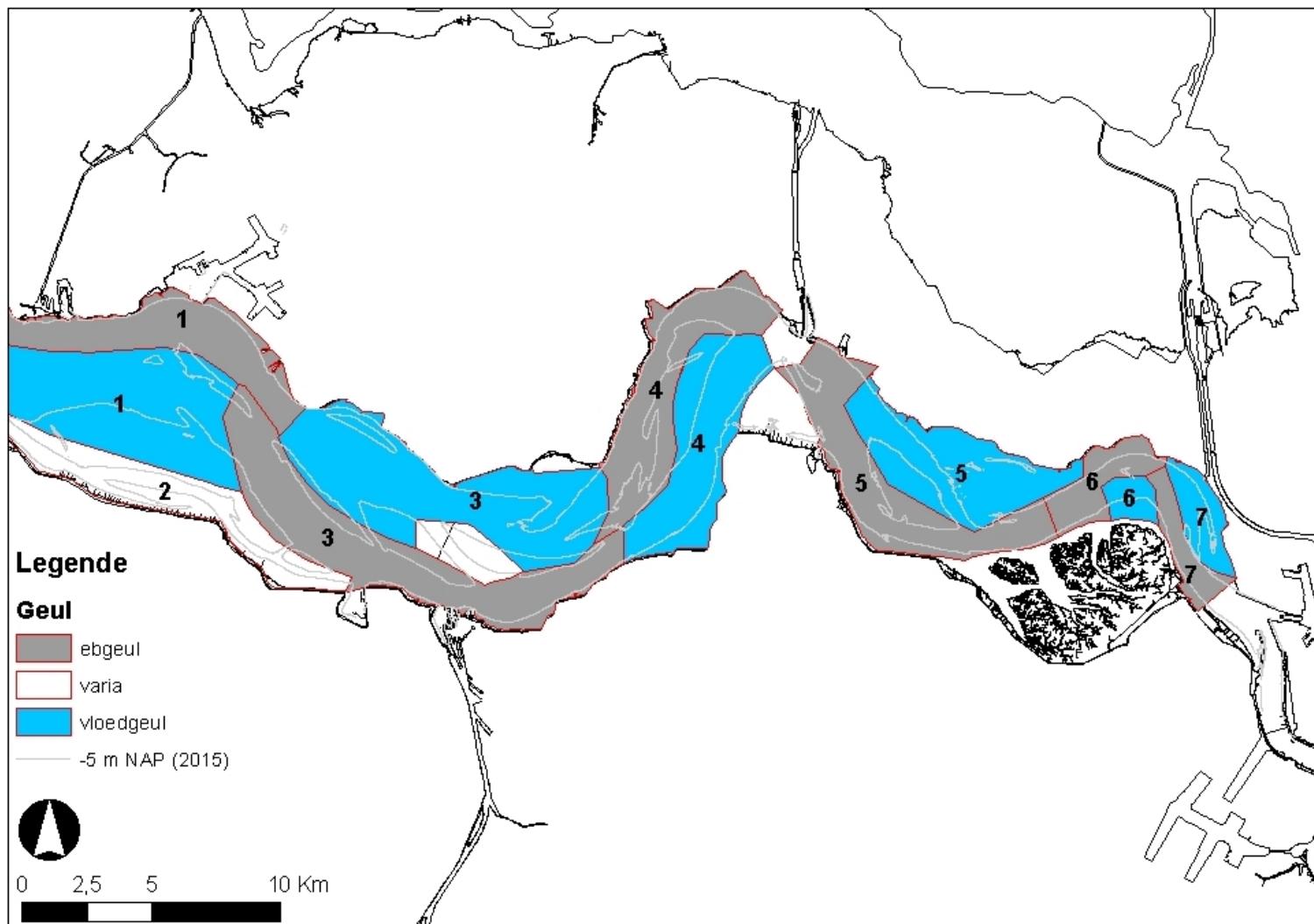
Figuur A-1: Studiegebied: indeling in zones (zie Tabel 3-1 voor meer informatie over de zones).

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3			Niveau 4	
		nr	Schelde zone	zoutgehalte	Schelde compartiment	omschrijving
Schelde-estuarium	Westerschelde	Z1	Sterk Polyhaliene zone	jaarrond Cl 10-17 g/l	comp. 1	macrocel 1
		Z2	Zwak Polyhaliene zone	zomer Cl 10-17 g/l, minder bij hoog debiet	comp. 2	mesocel 2
		Z3	Mesohaliene zone	meestal Alpha-mesohalien (Cl 5-10 g/l)	comp. 3	macrocel 3
	Zeeschelde	Z4	Zone met sterke saliniteitsgradient	gemiddeld Beta-mesohalien (Cl 3,5-5,5 g/l) bij lage debieten A-mesohalien bij hoge debieten oligohalien tot zoet	comp. 4	macrocel 4
		Z5	Oligohaliene zone	Oligohalien: Cl 0,3-3 g/l bij hoge debieten zoet	comp. 5	macrocel 5
		Z6	Zoete zone met lange verblijftijd	Zoet: Cl < 0,3 g/l; lange verblijftijd	comp. 6	macrocel 6
		Z7	Zoete zone met korte verblijftijd	Zoet: Cl < 0,3 g/l; korte verblijftijd	comp. 7a	macrocel 7, deel NL
					comp. 8	Saeftinghe
					comp. 7b	macrocel 7, deel VL
					comp. 9	mesocel 9
	zijrivieren	Z8	Rupelbekken	Oligohalien (Cl 0,3-3 g/l) tot zoet zoet	comp. 10	OMES 10
					comp. 11	OMES 11
					comp. 12	OMES 12
					comp. 13	OMES 13
		Z9	Durme		comp. 14	OMES 14
				comp. 15	OMES 15	
				comp. 16	OMES 16	
				comp. 17	OMES 17	
				comp. 18	OMES 18	
			comp. 19	OMES 19		
				comp. 19trGM		
				Rupel		
				Dijle		
				Zenne		
				Grote Nete		
				Kleine Nete		

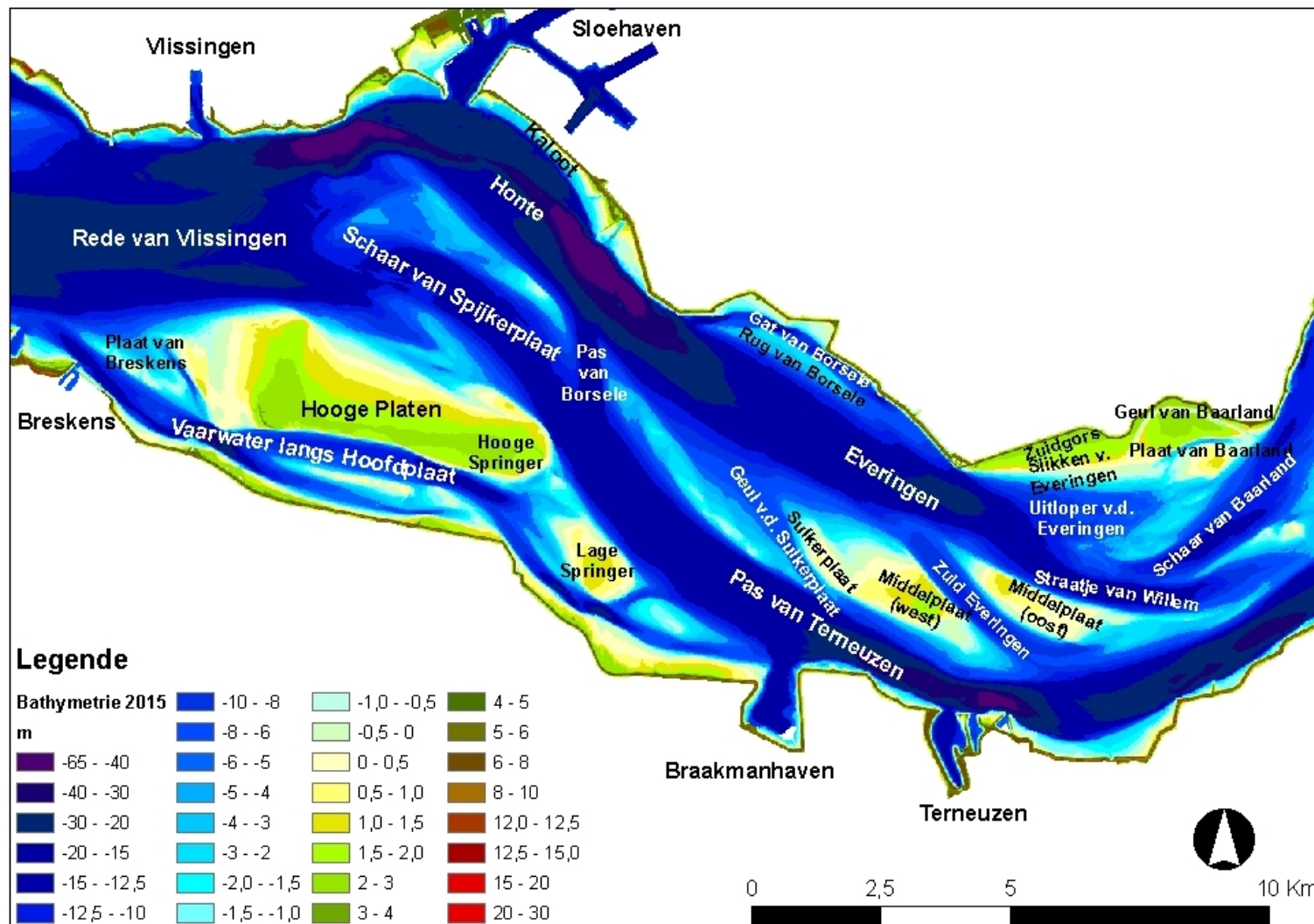
Tabel A-1: Indeling studiegebied. Voor de ligging van de zones en de compartimenten zie Figuur 1-1).

Macrocel	Vloedgeul	Ebgeul
MC1	Schaar van Spijkerplaat	Honte
MC3	Everingen	Pas van Terneuzen
MC4	Gat van Ossensisse & Overloop van Hansweert	Middelgat
MC5	Schaar van Waarde & Schaar van Valkenisse	Zuidergat & Overloop van Valkenisse
MC6	Schaar van de Noord	Nauw van Bath
MC7	Appelzak	Pas van Rilland

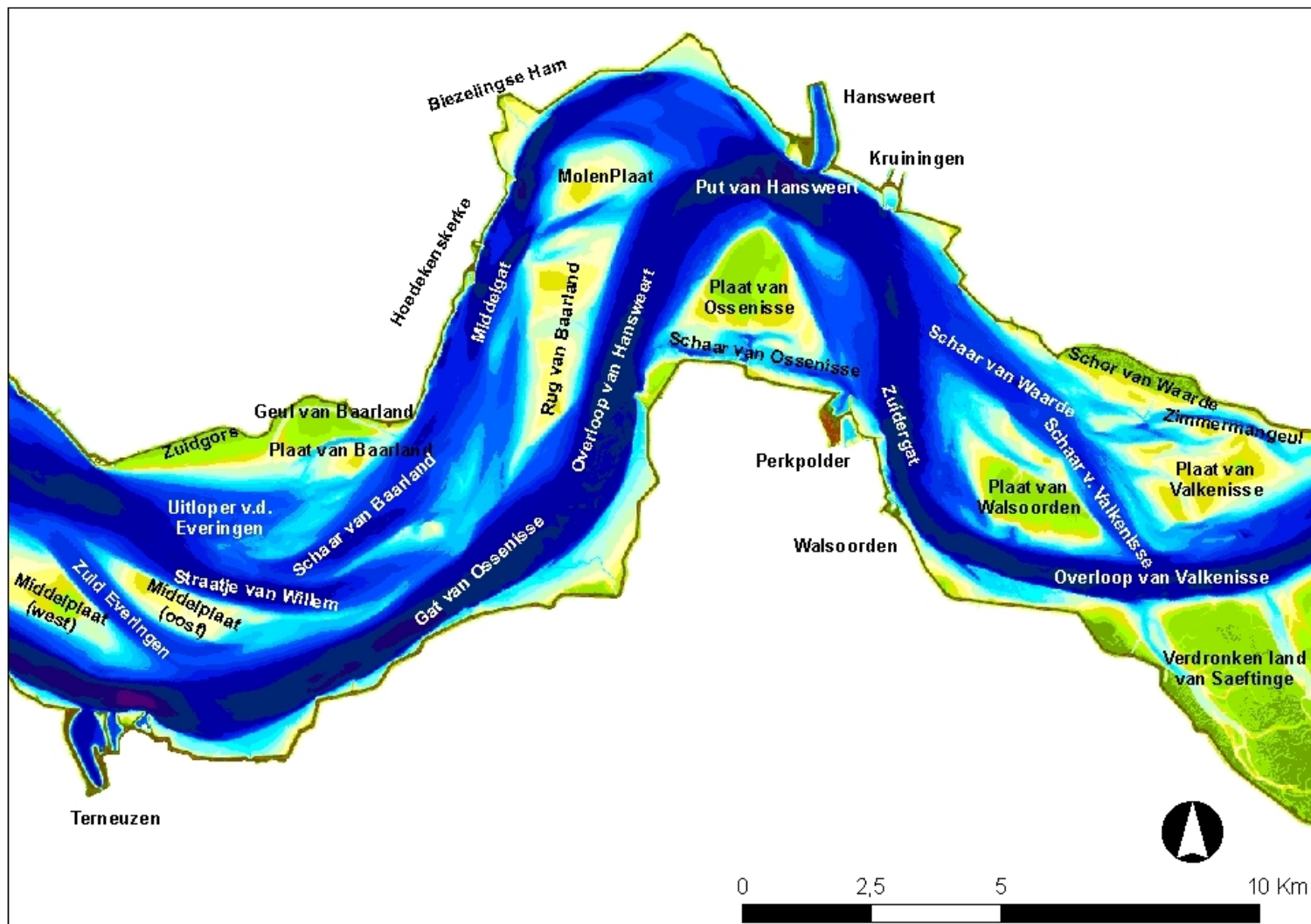
Tabel A-2: Benaming vloed- en ebgeul per macrocel met aanduiding van de hoofdvloedgeul (groen).



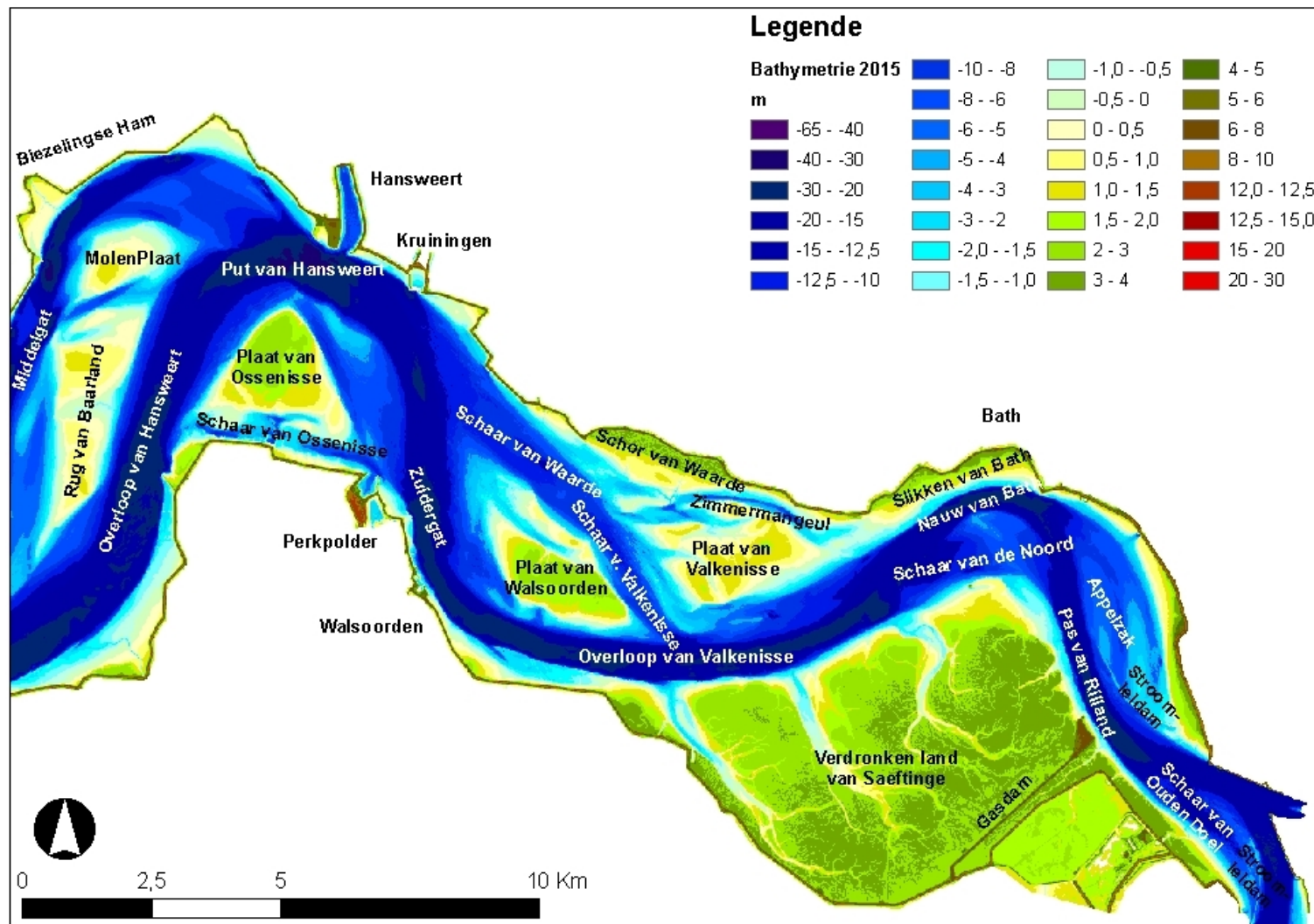
Figuur A-2: Eb-(grijs) en vloedgeulen (blauw) op de Westerschelde met aanduiding tot welke macrocel deze behoren. Op de achtergrond ook de -5 m+NAP isohypse (bathymetrie 2015).



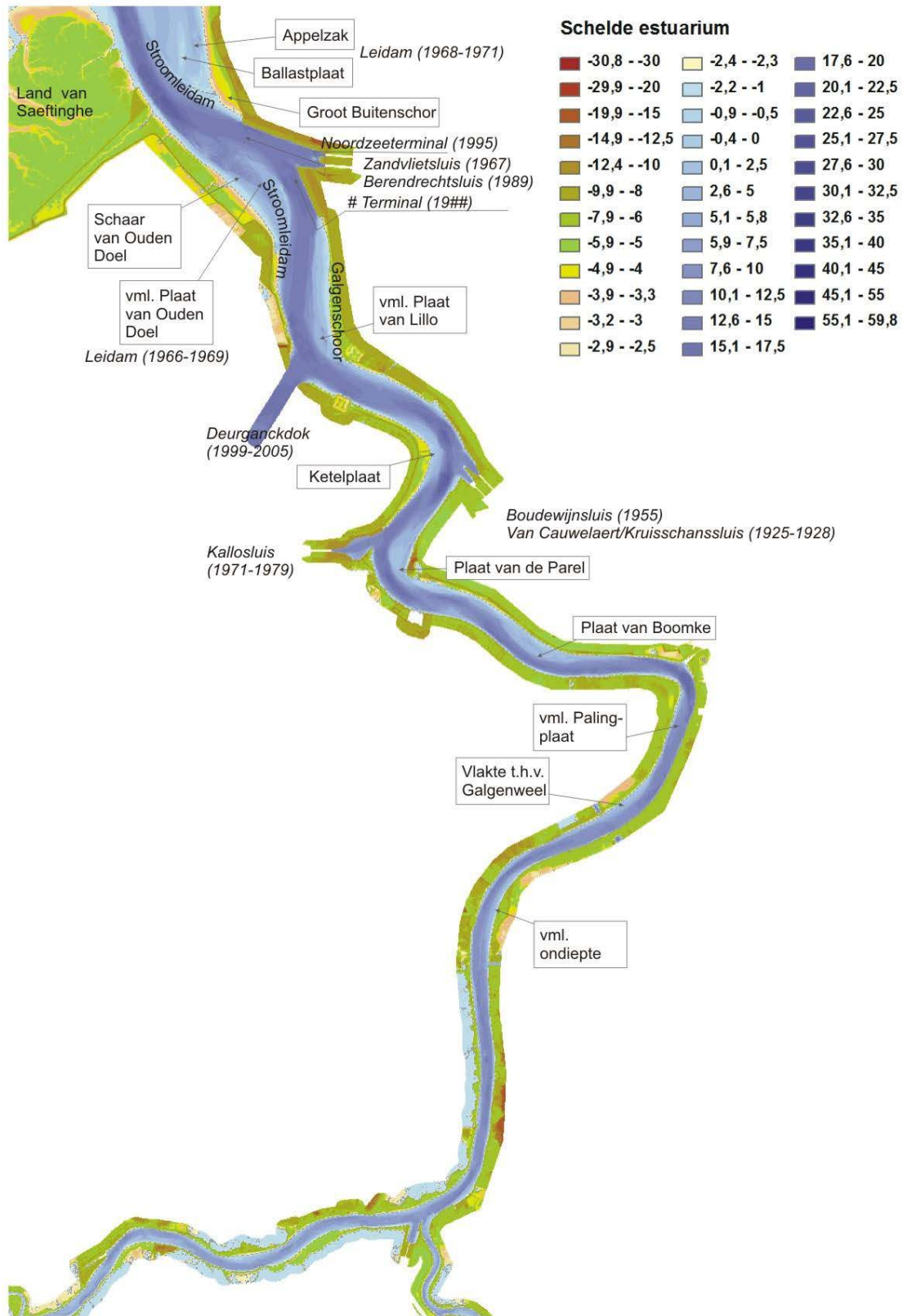
Figuur A-3: Kaart van de Westerschelde (west).



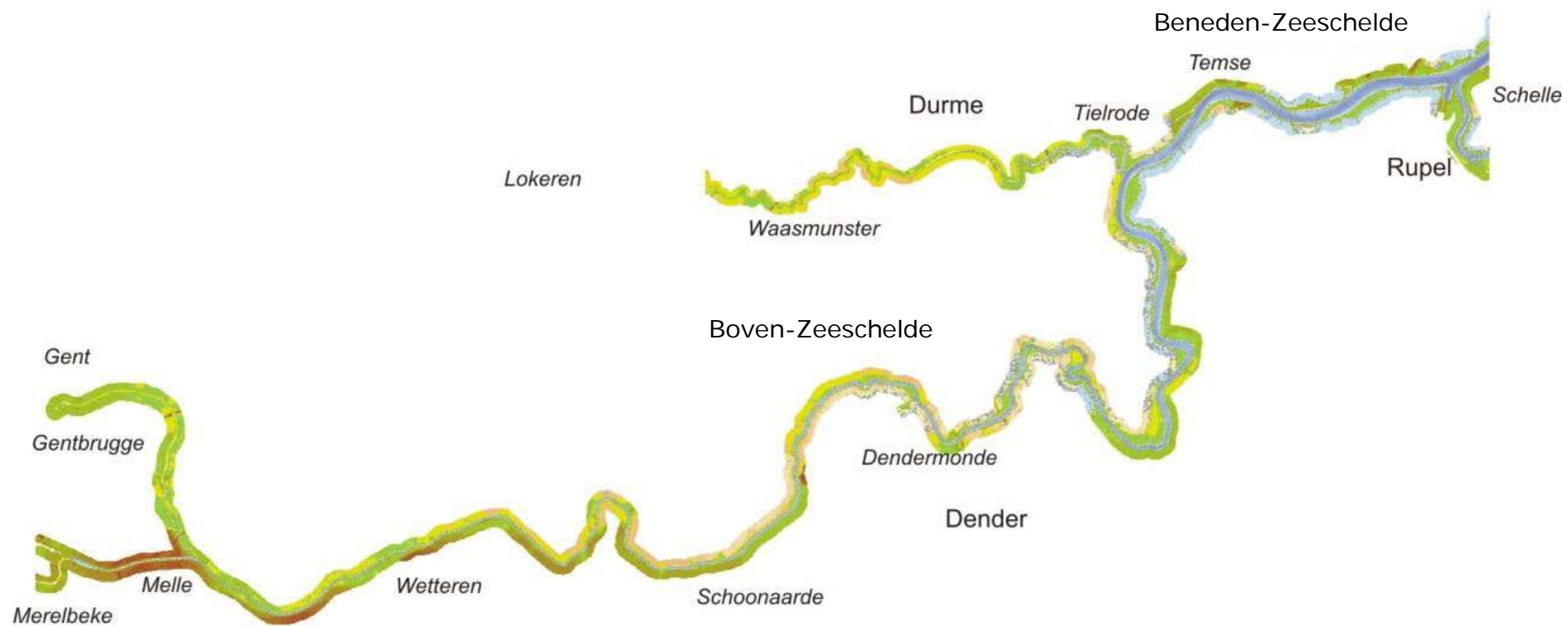
Figuur A-4: Kaart van de Westerschelde (centraal).



Figuur A-5: Kaart van de Westerschelde (Oost).



Figuur A-6: Kaart van de Beneden-Zeeschelde (bron T2009).



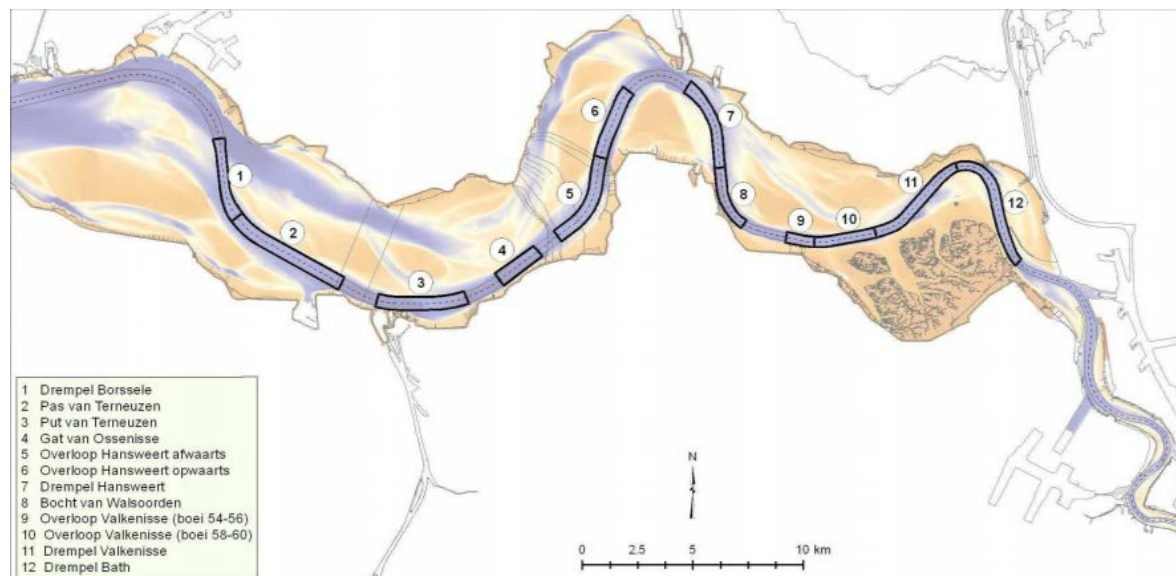
Figuur A-7: Kaart van de Boven-Zeeschelde (bron: T2009).

Bijlage B Menselijke ingrepen

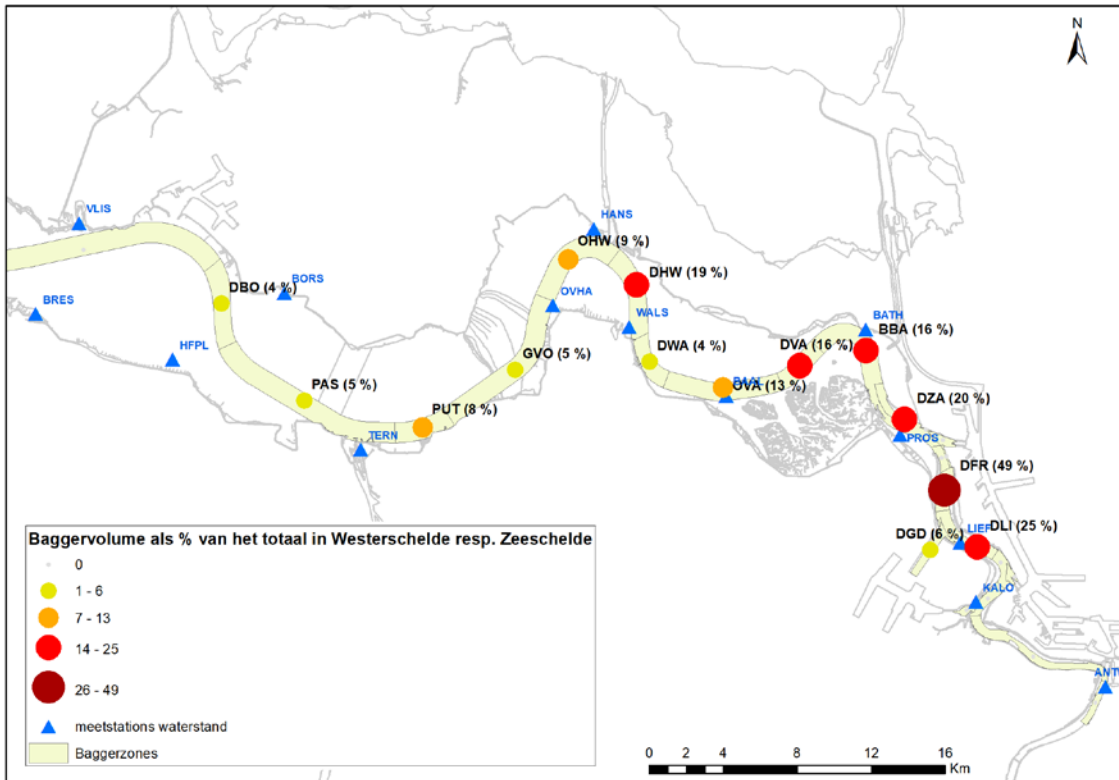
In deze bijlage staat een kort overzicht van de belangrijkste antropogene ofwel menselijke ingrepen in de periode 2010-2015. Voordat we dit presenteren eerst een opmerking over (autonome) ontwikkelingen en menselijke ingrepen (vrij naar Goossens et al., 2017).

Een aantal ontwikkelingen in het estuarium wordt als 'autonoom' omschreven. De connotatie 'natuurlijk' wordt bewust vermeden. Het Schelde-estuarium is namelijk reeds decennia onderhevig aan menselijke ingrepen waarop het systeem als geheel reageert. De opeenvolgende menselijke ingrepen en hun effecten hebben zich in de loop van de tijd opgestapeld. Dit heeft als gevolg dat de veranderingen in het systeem niet meer te beschouwen zijn als natuurlijke ontwikkelingen, maar ook niet voor de volle 100 % zijn bepaald door het menselijk ingrijpen. Door de opeenstapeling zijn de effecten ook niet noodzakelijk aan een individuele ingreep toe te wijzen. De ingrepen zijn door de mens gestuurd, maar de gevolgen ervan zijn het resultaat van processen die fysisch of ecologisch van aard zijn. Met andere woorden: *het systeem (re)ageert 'autonoom' binnen randvoorwaarden die door de mens zijn opgelegd.*

Figuur B-1 toont de locaties in de Westerschelde waar in 2010 de derde verruiming heeft plaatsgevonden. In Figuur B-2 is de relatieve omvang van de aanlegbaggerwerken ten opzichte van het totaal in Westerschelde respectievelijk Zeeschelde afgebeeld.



Figuur B-1: Overzicht van de locaties van de ondiepe gedeeltes in de vaargeul Westerschelde (voor de derde verruiming). Bron: Verruiming vaargeul Westerschelde Aanvraag vergunning Ontgrondingenwet (<http://www.vnsc.eu/uploads/2011/01/ogwaanvraagverruimingvaargeulwesterschelde.pdf>).

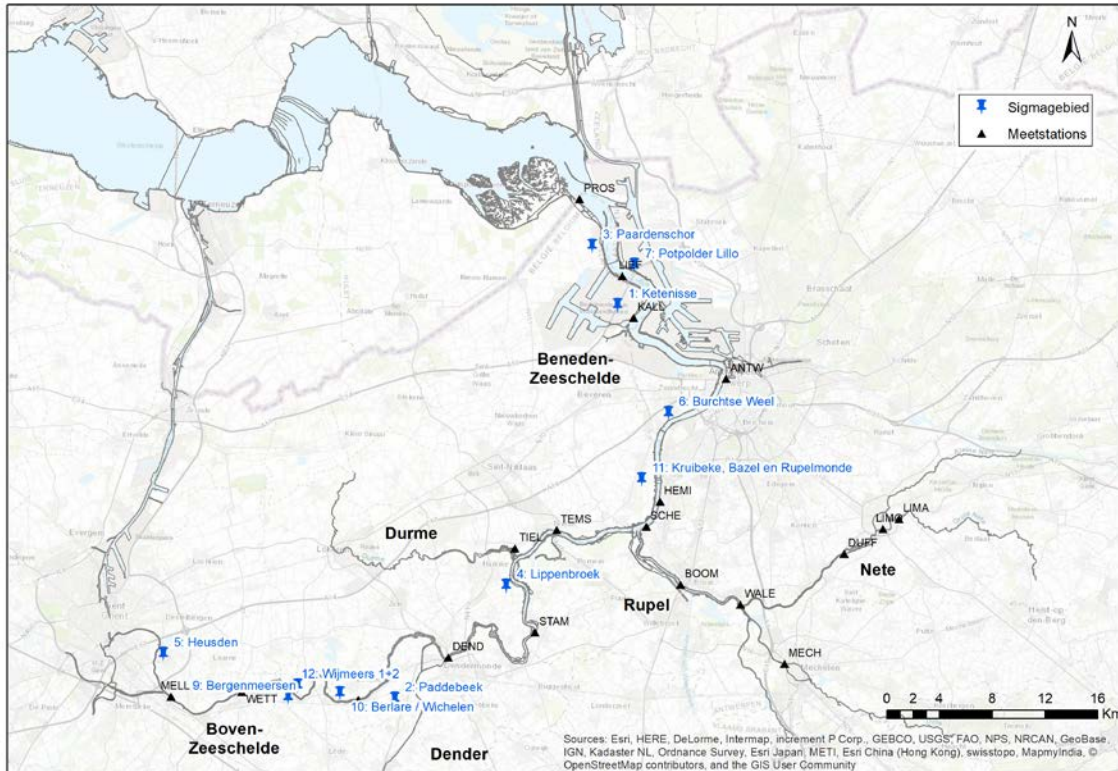


Figuur B-2: Overzicht van de baggervolumes als percentage van de totale aanlegbaggerwerken voor het uitdiepen van de vaargeul in de Westerschelde (7,7 Mm³ in situ) respectievelijk de Zeeschelde (7,4 Mm³ in situ). Specificatie baggerlocaties in Tabel .

Afkorting	Locaties Westerschelde	Afkorting	Locaties Zeeschelde
BBA	Bocht van Bath	DFR	Drempel van Frederik
DBO	Drempel van Borsssele	DGD	Deurganckdok
DHW	Drempel van Hansweert	DLI	Drempel van Lillo
DVA	Drempel van Valkenisse	DZA	Drempel van Zandvliet
DWA	Drempel van Walsoorden	VVO	Vaarwater Ouden Doel
GVO	Gat van Ossenisse		
OHW	Overloop van Hansweert		
OVA	Overloop Valkenisse		
PAS	Pas van Terneuzen		
PUT	Put van Terneuzen		

Tabel B-1: Specificatie baggerlocaties (zie Bijlage B-3 T2015 Analyserapport).

In Figuur B-3 en in Tabel B-2 zijn de sinds 2002 uitgevoerde projecten uit het Sigmaprojecten weergegeven. In Tabel B-3 zijn enkele begrippen met betrekking tot de Sigmagebieden toegelicht.



Figuur B-3: Sinds 2002 uitgevoerde projecten uit het Sigmagebied. De projecten zijn kort toegelicht in Tabel B-2.

Nr	Naam Sigmagebied	Type	Omvang (ha)	Jaar in werking
1	Ketenisseschor	Ontpoldering	35.5	2002
2	Paddebeek	Ontpoldering	1.6	2003
3	Paardenschor	Ontpoldering	12	2004
4	Lippenbroek	GOG-GGG	10	2006
5	Heusden	Ontpoldering	13	2006
6	Burchtse Weel	Aantakking (wijkt af van reguliere GGG)	18	2013 (in 2011 zijn de sluisen slechts kort open geweest)
7	Potpolder Lillo	Ontpoldering	10	2012
9	Bergenmeersen	GOG-GGG (GGG-werking)	40.5	2013 ¹⁹
10	Paardeweide	GOG-wetland (broedeiland aangelegd)	85	2014 ²⁰
11	Kruibeke, Bazel en Rupelmonde	GOG (in 2017 GGG-werking en ontpoldering Fasseit)	600	3 oktober 2015
12	Wijmeers 2	Ontpoldering	28	2015
12	Wijmeers 1	GOG-wetland	159	2016

Tabel B-2: Toelichting op de Sigmagebieden in de Zeeschelde (zie Figuur B-3).

¹⁹ GOG Bergenmeersen werd in oktober 1989 aangelegd. Het gecontroleerd gereduceerd getij is gerealiseerd in 2013.

²⁰ Het gebied werd reeds in juni 1986 aangelegd. In 2014 is een vogelbroedeiland aangelegd in het gebied. Ook is de ringdijk versterkt.

GOG	<p>Gecontroleerd overstromingsgebied</p> <p>Een gecontroleerd overstromingsgebied is een gebied naast de rivier dat wordt afgebakend met een ringdijk. Het dient als waterbuffer bij extreme weersomstandigheden. Zodra het water in de rivier voldoende gezakt is, loopt het overstromingsgebied leeg via uitwateringssluizen. Meestal loopt een overstromingsgebied maar af en toe onder water.</p>
GOG-GGG	<p>Gecontroleerd overstromingsgebied met gereduceerd getij</p> <p>Naast een ringdijk is het overstromingsgebied ook uitgerust met speciale sluisen. De hoge inwateringssluis laat elke dag een beetje water in en uit het gebied stromen – op het ritme van eb en vloed. Na verloop van tijd ontstaat door dit proces zeldzame getijdennatuur met slikken en schorren. Bij overstromingen loopt het water helemaal over de overloopdijk. De ringdijk beschermt de achterliggende gebieden. Als de storm is gaan liggen, voert de lage uitwateringssluis het water weer af.</p> <p>In een GGG speelt niet heel de werking van eb en vloed. De inwateringssluis zit hoog, waardoor enkel het hoogwater het GGG binnenstroomt. De waterstand in het GGG is dus nooit even hoog als de hoogwaterstand van de Schelde. Bij eb kan een deel van het water weer weg via de ontwateringssluis onderaan. Zo krijg je een getijdenwerking, maar niet zo sterk als in de Schelde, dus een gereduceerde getijdenwerking.</p>
Ontpoldering	<p>Bij ontpoldering wordt de polder aan de rivier teruggegeven. Over het algemeen wordt eerst landinwaarts een nieuwe dijk aangelegd. Daarna worden bressen geslagen in de oude dijk, waardoor eb en vloed het gebied kunnen in- en uitstromen. Ter vergelijking: bij een GGG wordt het getij gereduceerd en stroomt er minder water naar binnen.</p>
Aantakking	<p>Een aantakking, zoals de Burchtse Weel, wijkt af van de reguliere GGG. Lage sluisen zonder kleppen staan in voor in- en uitstroom van water. Het is dus geen GGG, waar een hoge sluis het getij drastisch reduceert via een hoog gelegen inlaat en een laag gelegen uitlaat. De Burchtse Weel staat via een sluisensysteem in open verbinding met de Schelde, waardoor getij kan spelen in het gebied. De Burchtse Weel kan als estuarien worden bestempeld.</p>

Tabel B-3: Begrippenlijst Sigmagebieden (zie Figuur B-3).

Bijlage C Nadere analyse jaargemiddelde hoogwaterstanden

Deze bijlage bevat een aanvullende analyse van de jaargemiddelde hoogwaterstanden in het Schelde-estuarium ten behoeve van de evaluatie van de rekenparameter 'jaargemiddelde hoogwaterstand'. In het T2015 Analyserapport is geconstateerd dat de jaargemiddelde hoogwaterstanden in de periode 2010-2015 voor nagenoeg alle meetstations in het estuarium lager zijn dan de verwachtingswaarden uit het T2009 regressiemodel. De vraag is hoe dit komt. Een afgeleide vraag is of lage jaargemiddelde hoogwaterstanden het gevolg zijn van de opgetreden afvoeren en windopzetten in de periode 2010-2015. Deze vraag is de aanleiding voor deze aanvullende analyse (dus aanvullend op het T2015 Analyserapport).

De analyse richt zich op de verbanden tussen jaargemiddelde hoogwaterstanden in het estuarium enerzijds, en afvoeren en windopzetten anderzijds. In het T2009 regressiemodel ontbreken de afvoer en de windopzet als verklarende variabelen. Het regressiemodel heeft namelijk als verklarende parameters een constante, een lineaire trend en de 18,613-jarige nodale cyclus. De residuen van dit regressiemodel vormen het niet door deze parameters verklaarde deel van de variatie in jaargemiddelde hoogwaterstanden. In T2009 is geconstateerd dat de residuen van de regressie op de jaargemiddelde hoogwaterstanden op de gehele Beneden- en Boven-Zeeschelde positief gecorreleerd zijn met de afvoer van de Schelde. Dit is ook geconstateerd in Vandenbruwaene et al. (2016) en Goossens et al. (2016). De windopzetten te Vlissingen zijn positief gecorreleerd met de residuen van de regressie op de jaargemiddelde hoogwaterstanden op de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde.

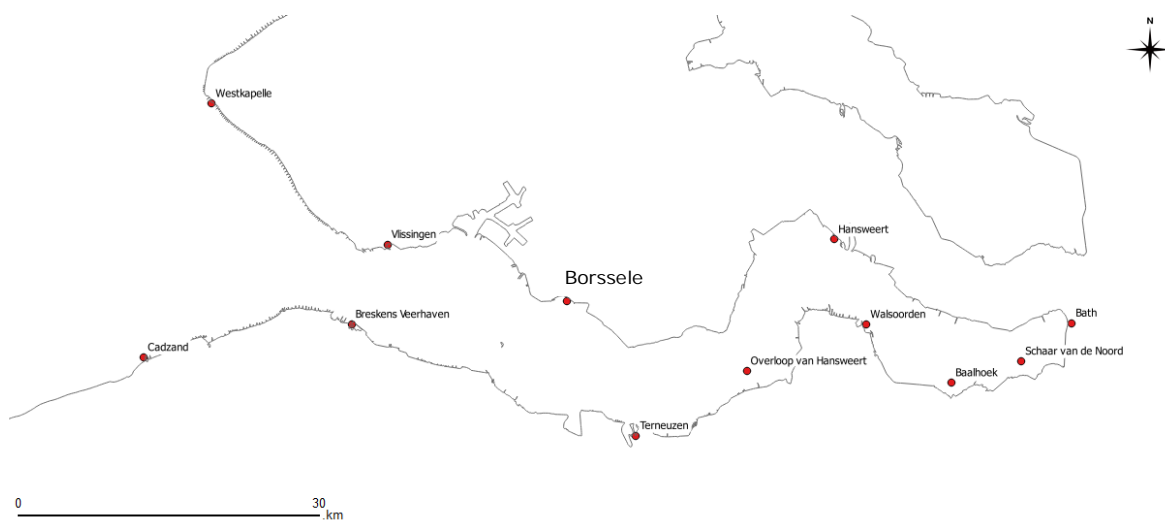
We onderzoeken of de afvoeren en windopzetten in de jaren 2010-2015 de verschillen tussen de jaargemiddelde hoogwaterstanden (op basis van metingen) en volgens T2009 verwachte jaargemiddelde hoogwaterstanden goed kunnen verklaren. Deze verschillen noemen we ook wel de residuen predictie 2010-2015. De gevolgde aanpak is als volgt:

1. Specificatie gebruikte gegevens.
2. Beschouwing resultaten T2009 regressiemodel.
3. Correlatie tussen de T2009 residuen met afvoeren en windopzetten: afleiden lineair verband
4. Correctie op residuen predictie 2010-2015.
5. Conclusies.

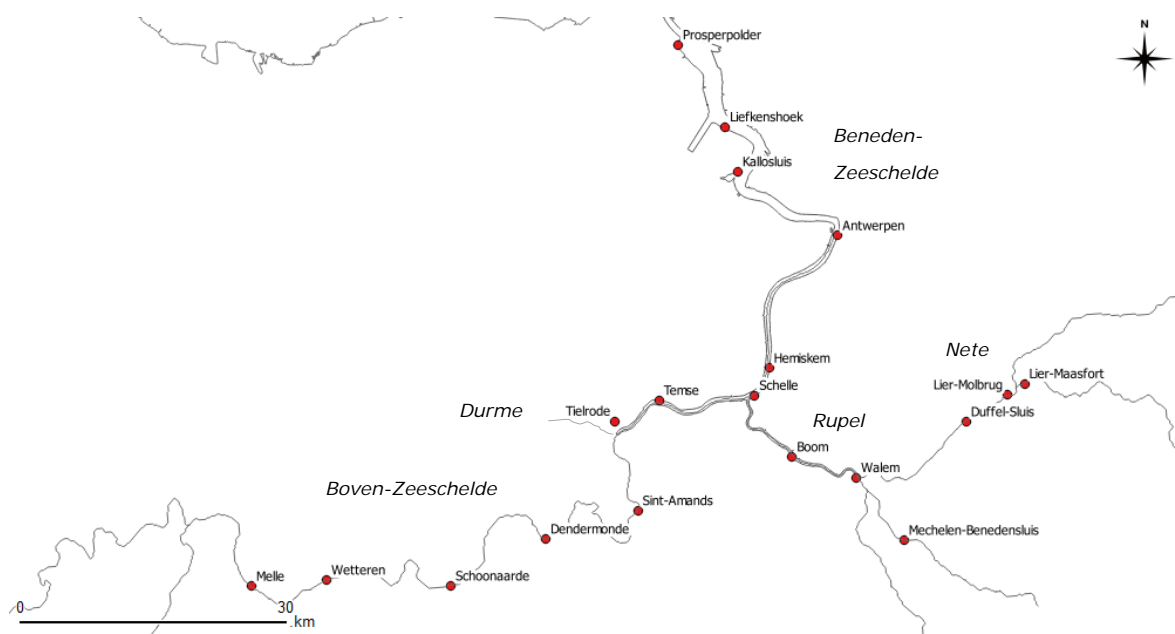
Bijlage C.1 Gebruikte gegevens

Bijlage C.1.1 Hoogwaterstanden

Figuur C-1 en Figuur C-2 tonen de meetstations in de Westerschelde en de getijposten in de Zeeschelde waarvan reeksen hoogwaterstanden beschikbaar zijn gesteld. In het T2015 Analyserapport is toegelicht vanaf welk jaar de waterstanden op deze getijposten worden gemeten. Voor de Westerschelde geven de metingen de waterstanden ten opzichte van NAP. De waarden zijn door RWS aangeleverd. De metingen op de getijposten Zeeschelde geven de waterstanden ten opzichte van TAW en de waarden zijn door WL aangeleverd.



Figuur C-1: Meetstations in de Westerschelde. N.B. Stations buiten het estuarium (Europlatform en Vlake van de Raan) zijn niet weergegeven.



Figuur C-2: Getijstations in de Zeeschelde en haar zijrivieren Nete, Rupel en Durme.

Peilschalencorrecties getijstations Zeeschelde

In 2013 heeft het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) aan de hand van telemetrische gegevens geconstateerd dat de peilschalen van een groot aantal getijstations in de Zeeschelde verticaal zijn verlopen. Het gaat om wijzigingen tot 7 cm. De verticale positie van de peilschalen is veranderd tussen de laatste opmeting van de peilschalen (jaren '80 van de vorige eeuw) en 2013. Het is niet met zekerheid te zeggen wanneer (of in welke periode) de verschuivingen precies zijn opgetreden.

Na constatering heeft het WL alle meetgegevens vanaf het jaar 2011 gecorrigeerd. De doorgevoerde datacorrecties voor de stations zijn vermeld in Tabel C-1. De correctie van – 3,0 cm voor Antwerpen betekent dat WL de meetwaarden van dit station vanaf 2011 met 3,0 cm heeft verlaagd. Het gevolg van deze correcties is dat de langjarige datareeksen niet meer homogeen zijn. In feite zit er een trendbreuk in de meetgegevens. De analyses in het T2015 Analyserapport zijn gebaseerd op de door WL aangeleverde gegevens van het WL (incl.

correctie sinds 2011). De vergelijking met de T2009 verwachtingen behoeft vanwege het gebruik van de gecorrigeerde gegevens extra aandacht. Het ligt voor de hand om de doorgevoerde correcties ongedaan te maken, maar dit is geen duurzame oplossing voor het probleem.

Getijstation	Peilschalencorrectie (in cm)		Getijstation	Peilschalencorrectie (in cm)
Antwerpen-Loodsgebouw	-3,0		Melle	-1,1
Boom	-1,5		Prosperpolder	0,9
Dendermonde	0,8		Schelle	-3,1
Duffel-Sluis	-0,7		Schoonaarde	1,0
Hemiksem	0,1		Sint-Amands	-4,2
Kallosluis	-4,9		Temse	Niet beschikbaar
Liefkenshoek	-3,4		Tielrode	-6,9
Lier-Maasfort	0,7		Walem	-0,6
Lier-Molbrug	1,0		Wetteren	0,2
Mechelen-Benedensluis	2,1			

Tabel C-1: Peilschalencorrectie die WL in 2013 met terugwerkende kracht heeft doorgevoerd op de metingen van Vlaamse getijstations sinds 2011. De stations zijn op alfabetische volgorde vermeld. Een correctie van $-1,0$ cm betekent dat WL de meetwaarden vanaf 2011 met $1,0$ cm heeft verlaagd.

Bijlage C.1.2 Afvoer en windopzet

De jaargemiddelde windopzet is berekend als het jaargemiddelde van de rechte windopzetten te Vlissingen. De rechte windopzet is gedefinieerd als het verschil tussen de gemeten waterstand op het tijdstip van het astronomisch hoogwater en het astronomisch hoogwater²¹. Figuur C-3 bevat een grafiek van de windopzetten sinds 1971. Het langjarig gemiddelde is gelijk aan $0,7$ cm (zie Tabel C-2). In de periode 2009-2013 is de windopzet lager dan dit gemiddelde. In 2014 en 2015 ligt de waarde boven dit gemiddelde.

De jaargemiddelde afvoer te Schelle is gebaseerd op berekende afvoeren te Schelle (Cornet et al., 2013). Voor de periode 1970-1990 zijn decaderreeksen²² beschikbaar en vanaf 1991 pentadereeksen²³. Een grafiek van de jaargemiddelde afvoeren te Schelle staat in Figuur C-4. Het langjarig gemiddelde is gelijk aan 112 m³/s. In de periode 2010-2015 is het gemiddelde gelijk aan 104 m³/s (zie Tabel C-2). In de jaren 2009, 2010, 2011, 2014 en 2015 zijn de afvoeren lager dan het langjarig gemiddelde. Merk op dat de gemiddelde afvoer in de periode 1991-2009 duidelijk hoger is. Dit heeft mogelijk effect gehad op de resultaten van de T2009 regressie op de hoogwaterstanden in de stations in de Zeeschelde.

²¹ Omdat maximale windsnelheid en hoogwater over het algemeen niet samenvallen, zal de gemeten hoogwaterstand doorgaans hoger zijn dan de waterstand op het moment dat het astronomisch hoogwater optreedt. Daarom is ook de scheve windopzet – het verschil tussen de gemeten hoogwaterstand (maximale waterstand gedurende getijperiode) en het astronomisch getij (van de overeenkomstige getijperiode) – een goede indicator voor de windopzet. Om consistent te zijn met de werkwijze in T2009 is de rechte windopzet gebruikt als indicator. Overigens kan ook het jaargemiddelde van een zinnig gekozen windcomponent worden gebruikt als verklarende variabele in het regressiemodel voor jaargemiddelde hoogwaterstanden. Dit gebeurt bijvoorbeeld in de Zeespiegelmonitor.

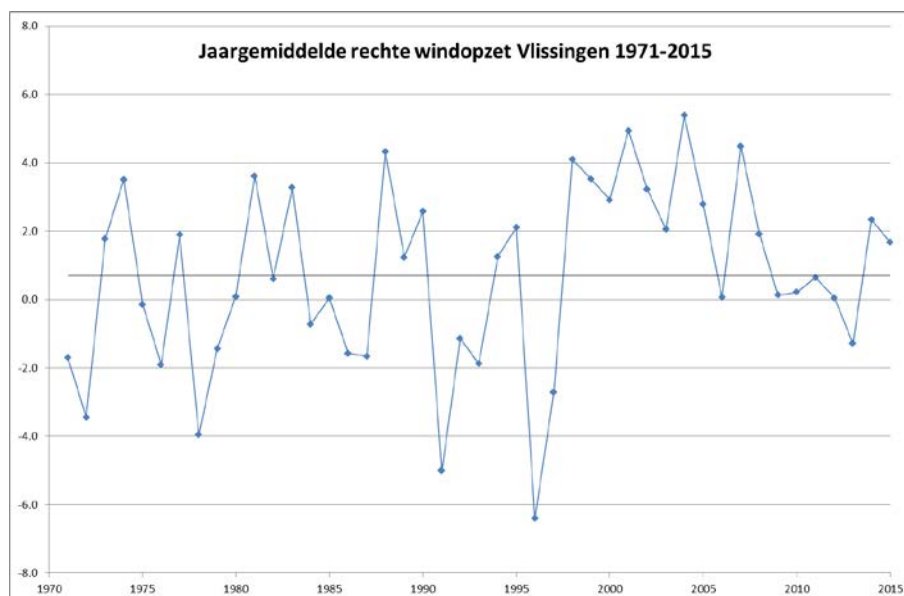
²² Tiendaagse gemiddelde waarden, nl. de drie decades per kalendermaand, waarbij de laatste decade uit, afhankelijk van de kalendermaand, 8 tot 11 dagen bestaat.

²³ Vijfdaagse gemiddelde waarden, per maand steeds zes vijfdaagse periodes, waarbij de laatste pentade, afhankelijk van de kalendermaand, uit 3 tot 6 dagen bestaat.

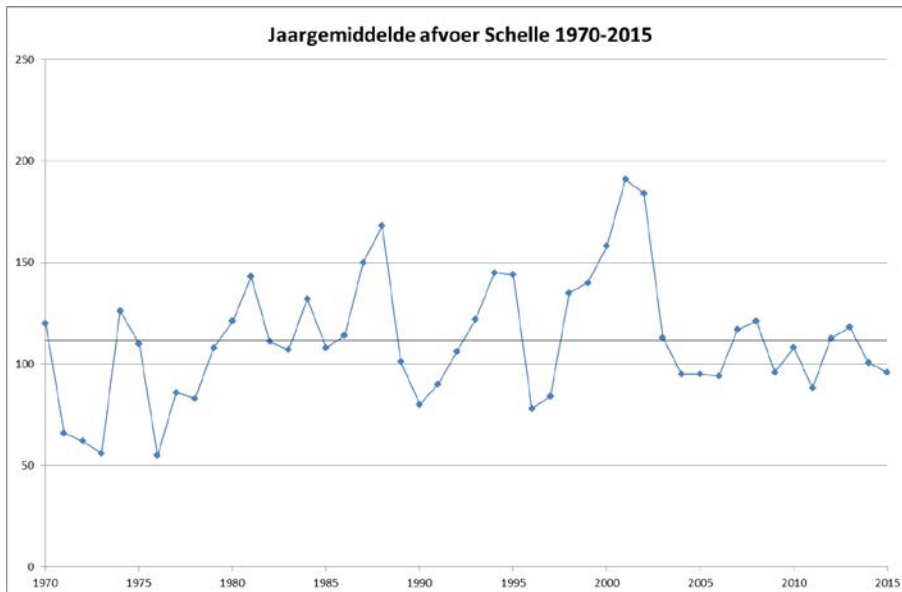
Figuur C-5 toont een grafiek van de jaargemiddelde waarden van de gemeten afvoeren te Melle. De afvoeren te Melle volgen ongeveer hetzelfde verloop als de afvoeren te Schelle. Jaren met een lage afvoer zijn meestal nog duidelijker zichtbaar in Melle dan in Schelle, omdat met behulp van stuwen altijd een bepaald minimum van de Schelde-afvoer wordt verdeeld over de andere waterlopen. Daardoor stroomt er relatief nog minder water via Melle in de Boven-Zeeschelde. In de jaren 2009, 2010, 2011, 2014 en 2015 ligt de afvoer te Melle gemiddeld $5 \text{ m}^3/\text{s}$ onder het langjarig gemiddelde ($39 \text{ m}^3/\text{s}$, zie Tabel C-2).

Periode	Jaargemiddelde rechte windopzet vanaf 1971 (in cm)	Afvoer te Schelle vanaf 1970 (in m^3/s)	Afvoer te Melle vanaf 1990 (in m^3/s)
begin-2009	0,72	113	40
begin-2015	0,70	112	39
2010-2015	0,60	104	34
1991-2009	1,1	122	41

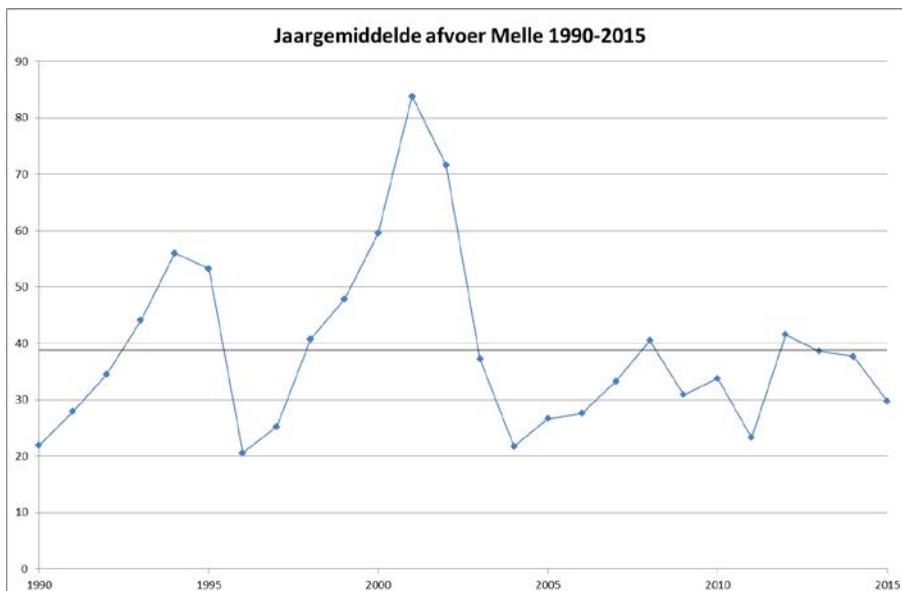
Tabel C-2: Gemiddelde van de verklarende parameters jaargemiddelde opzet, afvoer te Schelle en afvoer te Melle over verschillende periodes.



Figuur C-3: Jaargemiddelde rechte opzet te Vlissingen (1971-2015).



Figuur C-4: Jaargemiddelde afvoer te Schelle (1970-2015).



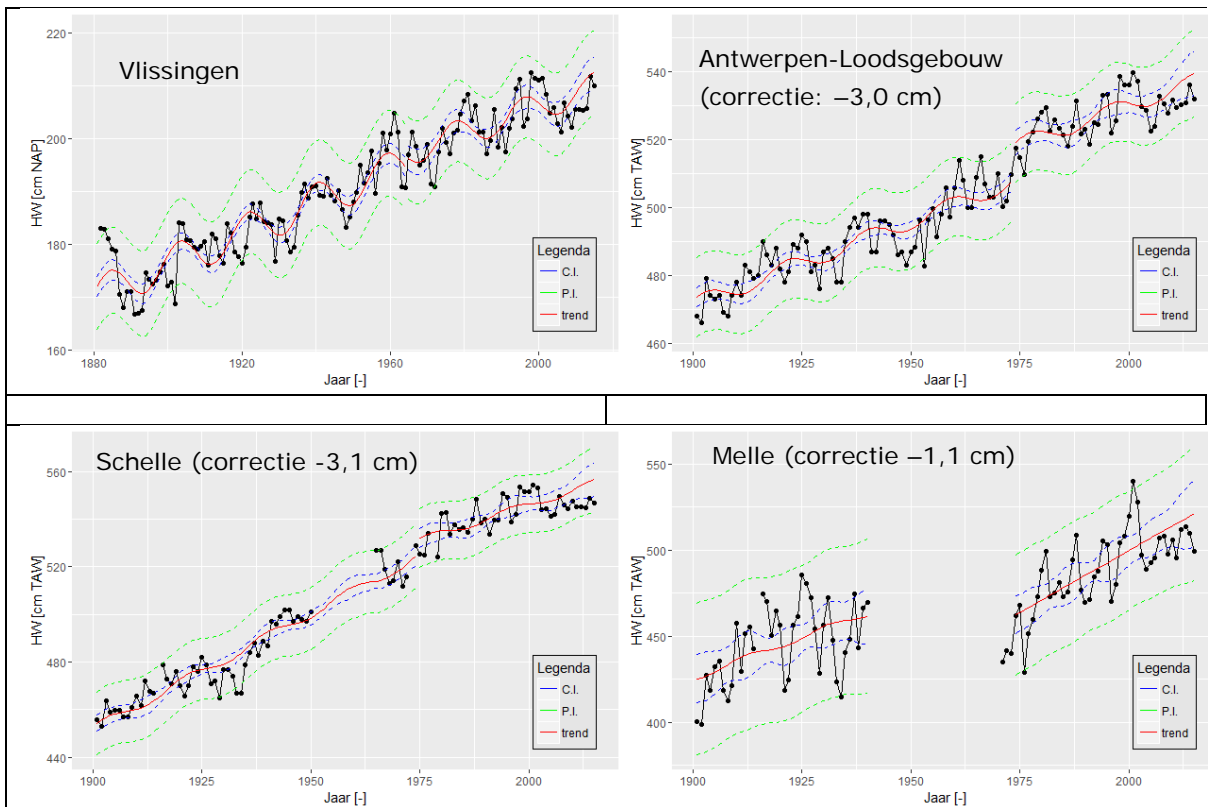
Figuur C-5: Jaargemiddelde afvoer te Melle (1990-2015).

Bijlage C.2 T2009 regressiemodel

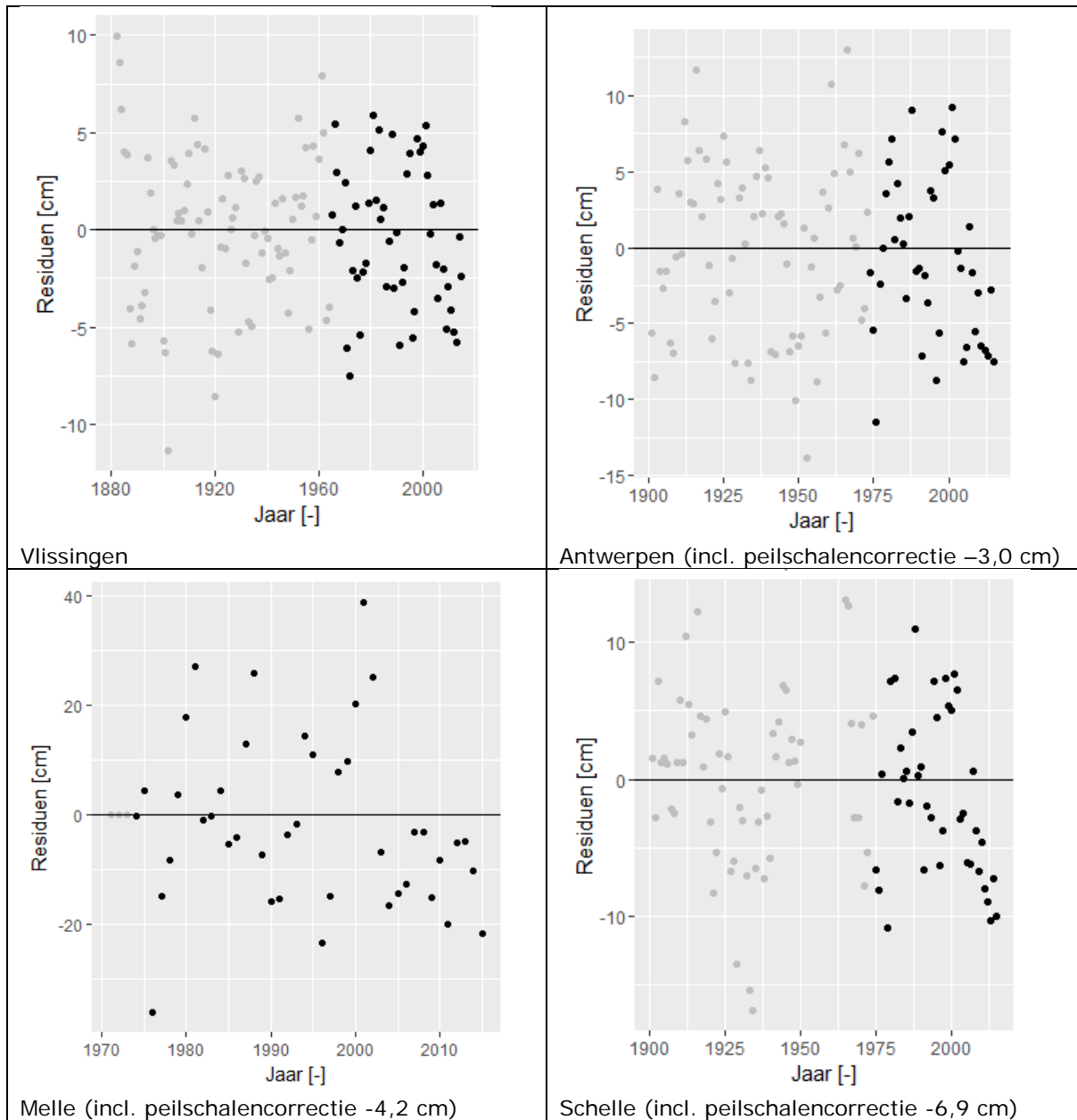
Het T2009 regressiemodel voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden is een lineair model met als verklarende termen een constante, een lineaire trend en de 18,613-jarige nodale cyclus. Voor de meeste stations is een trendbreuk opgelegd aan het model in de jaren '70 van de 20^e eeuw. De trendbreuk is het gevolg van de eerste verruiming van de Westerschelde. Figuur C-6 toont grafieken van de uitkomsten van de regressiemodellen voor representatieve stations verspreid over het gehele estuarium: Vlissingen, Antwerpen, Schelle en Melle. De jaargemiddelde hoogwaterstanden (zwarte bolletjes) zijn tot aan 2009 overgenomen uit T2009. In de periode 2010-2015 zijn voor de Nederlandse stations de waarden gebaseerd op gegevens van RWS. Voor de drie Vlaamse stations zijn de waarden in de periode 2010-2015 gebaseerd op de door WL toegeleverde data (zie Bijlage C.1.1), die sinds 2011 tussen 1,1 en 3,1 cm zijn aangepast vanwege de peilschalencorrecties.

Voor alle vier de stations in Figuur C-6 liggen de jaargemiddelde hoogwaterstanden in de meeste jaren onder de predictie (rode trendlijn) van het T2009 regressiemodel. Voor de Vlaamse stations is dit het meest opvallend. Geen van de waarden ligt echter buiten de predictie-intervallen. In Figuur C-7 is te zien dat de residuen sinds 2000 in bijna ieder jaar een negatieve waarde aannemen voor de 4 stations (in 2007 is het residu voor Vlissingen, Antwerpen en Schelle positief. In dat jaar is de windopzet, zie Figuur C-3, relatief hoog).

In Figuur C-14 (in Achtergrondbijlage C.1 zijn de resultaten van de regressiemodellen voor nog 4 Vlaamse stations vermeld. De jaargemiddelde hoogwaters liggen voor deze stations ook onder de predicties. De door WL uitgevoerde correcties voor deze stations zijn ook navenant groter (tussen -3,4 en -6,9 centimeter, zie Tabel C-1).



Figuur C-6: Jaargemiddelde hoogwaterstanden voor de meetpunten Vlissingen, Antwerpen, Melle en Schelle (met de klok mee) inclusief de verwachting uit het T2009 regressiemodel (trend) en de bijbehorende 95%-betrouwbaarheidsintervallen (C.I.) en 95%-predictie-intervallen (P.I.). Ter informatie is de door WL doorgevoerde correctie vermeld.



Figuur C-7: Residuen van de T2009 op de jaargemiddelde hoogwaterstanden voor de meetpunten Vlissingen, Antwerpen-Loodsgebouw, Schelle en Melle (met de klok mee) inclusief de residuen van de predicties uit het T2009 regressiemodel voor de jaren 2010-2015. Ter informatie is de door WL doorgevoerde correctie vermeld.

Bijlage C.3 Correlatie residuen hoogwater en afvoer & windopzet

Zoals gezegd zijn de (jaargemiddelde) windopzet en de (jaargemiddelde) afvoer geen onderdeel van het T2009 regressiemodel. Uit de T2009 en T2015 analyses blijkt dat de residuen van hoogwaters te Vlissingen gecorreleerd zijn met de jaargemiddelde opzet te Vlissingen en dat de residuen van hoogwaters in de gehele Zeeschelde met de bovenafvoer van de Schelde gecorreleerd zijn. Daarom is een nadere analyse naar het (statistische) verband tussen deze variabelen en de residuen van de hoogwaterstanden tot en met het jaar 2009 uitgevoerd. De analyse is hieronder toegelicht voor de stations Vlissingen, Antwerpen, Schelle en Melle.

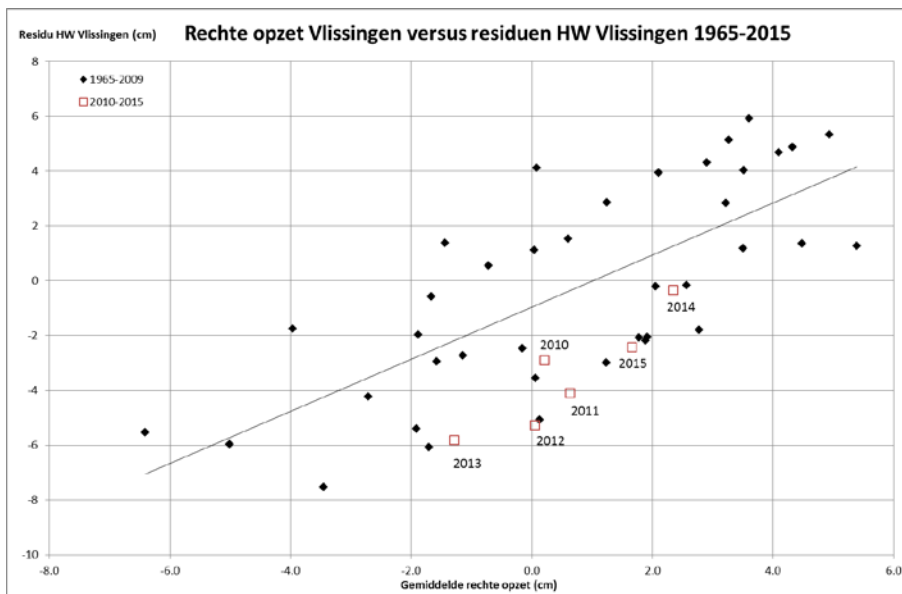
Tabel C-3 bevat de correlatiecoëfficiënten voor diverse gegevensreeksen. De residuen van de hoogwaterstanden op de Zeeschelde (van Melle tot aan Antwerpen) zijn positief gecorreleerd met de bovenafvoer van de Schelde (te Melle of te Schelle). De residuen van de hoogwaterstanden te Vlissingen zijn positief gecorreleerd met de windopzet te Vlissingen. Dit geldt in mindere mate voor de residuen van de hoogwaterstanden te Antwerpen en te Schelle. De windopzet te Vlissingen verklaart minder dan 50% van de variatie in deze residuen HW. Alle correlatiecoëfficiënten in Tabel C-3 zijn overigens statistisch significant bij een significantieniveau van 0,001.

Variabele	Residu HW te station	Periode	Correlatiecoëfficiënt	Richtingscoëfficiënt
Afvoer te Melle	Melle	1991-2009	0,98*	2,6
Afvoer te Schelle	Schelle	1979-2009	0,77*	0,15
Windopzet te Vlissingen	Schelle	1979-2009	0,58	1,1
Afvoer te Schelle	Antwerpen	1975-2009	0,83*	0,16
Windopzet te Vlissingen	Antwerpen	1975-2009	0,61	1,1
Windopzet te Vlissingen	Vlissingen	1971-2009	0,73*	0,95

*Tabel C-3: Correlatiecoëfficiënt voor paren van afvoer/windopzet en residuen hoogwaterstanden. Richtingscoëfficiënt uit lineair verband residu en variabele.
* Verklaarde variatie lineair verband is groter dan 50%.*

In Tabel C-3 is niet getoond dat de correlatie tussen de afvoer te Schelle en de residuen HW te Vlissingen ook statistisch significant is, maar het verband is veel zwakker. Hetzelfde geldt voor de windopzet te Vlissingen en de residuen HW te Melle. Een verklaring hiervoor is dat er een lichte positieve correlatie bestaat tussen de windopzet te Vlissingen en de afvoeren te Melle en Schelle (zie Figuur C-16 en Figuur C-17 in Achtergrondbijlage C.2). Dit is een geval van mogelijke multicollineariteit. Depressies boven de Noordzee leiden niet alleen tot stormopzet langs de kust, maar nadien ook tot neerslag landinwaarts. Stormopzetten zijn dus via neerslag gekoppeld aan afvoer. Bij de verdere analyse laten we het verband tussen de afvoer te Schelle en de residuen HW te Vlissingen en het verband tussen de windopzet te Vlissingen en de residuen HW te Melle buiten beschouwing. Toch is het een aandachtspunt voor verder onderzoek. Het lijkt zinvol om het regressiemodel uit te breiden met afvoer en windopzet, waarbij wel adequaat met eventuele multicollineariteit wordt omgegaan.

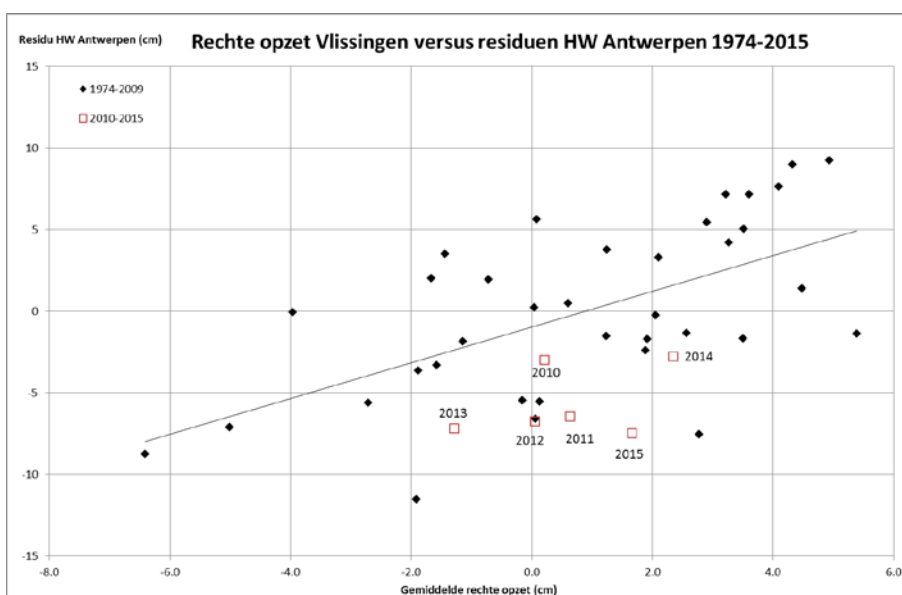
De zwarte lijnen in de correlatiediagrammen in Figuur C-8 tot en met Figuur C-13 zijn geschatte lineaire relaties tussen jaargemiddelde afvoer of jaargemiddelde windopzet enerzijds en de residuen HW anderzijds voor de beschouwde stations. Een rechte opzet te Vlissingen kleiner dan 1,0 cm correspondeert met negatieve residuen HW te Vlissingen.



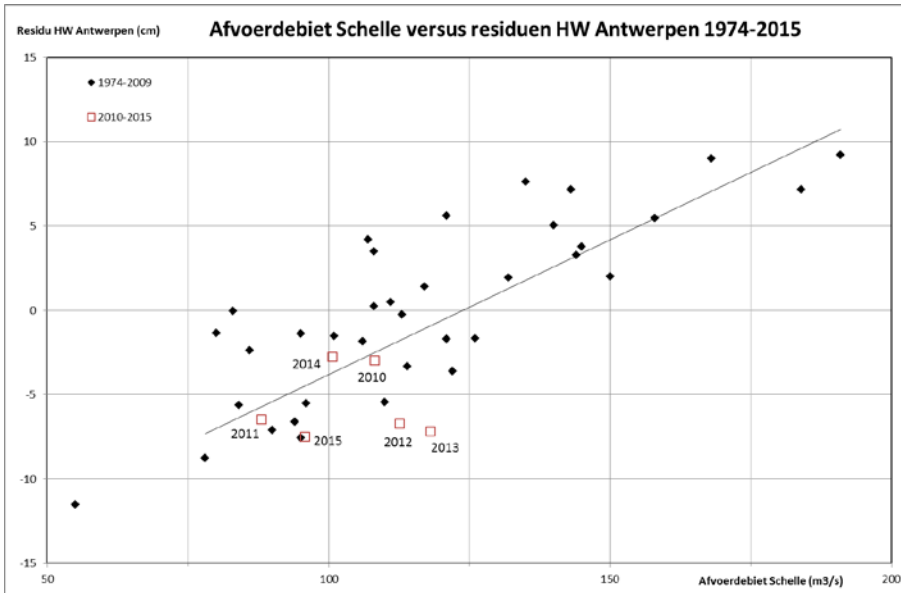
Figuur C-8: *Spreidingsdiagram van de jaargemiddelde rechte opzet te Vlissingen en de residuen van de T2009 regressie op jaarlijks gemiddelde hoogwaterstanden te Vlissingen.*

De negatieve residuen HW te Vlissingen in 2010, 2012 en 2013 kunnen deels worden toegeschreven aan de jaargemiddelde rechte opzet in die jaren. De windopzet in 2013 correspondeert bijvoorbeeld met een 2,1 cm lager residu. In Bijlage C.4 is dit verder uitgewerkt voor alle stations.

De residuen HW te Antwerpen zijn positief gecorreleerd met de windopzet te Vlissingen (matige correlatie) en met de afvoer te Schelle (sterke correlatie). De hoogwaters in 2011-2015 (rode open vierkanten in Figuur C-9 en Figuur C-10) bevatten de peilschalencorrectie van $-3,0$ cm. De combinatie van wind en afvoer verklaart een aanzienlijk deel van de residuen. Dit is in Bijlage C.4 nader uitgewerkt.

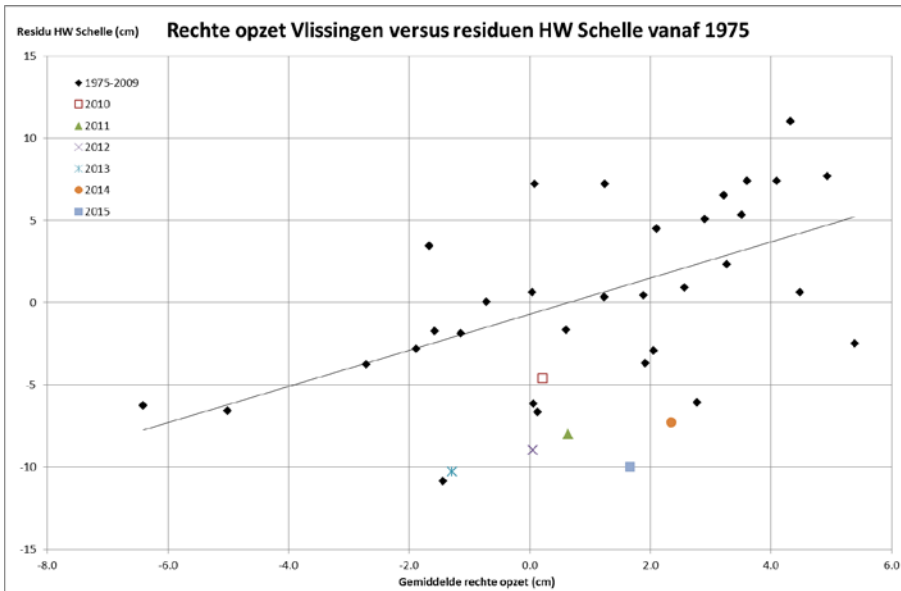


Figuur C-9: *Spreidingsdiagram van de jaargemiddelde rechte opzet te Vlissingen en de residuen van de T2009 regressie op jaarlijks gemiddelde hoogwaterstanden te Antwerpen.*

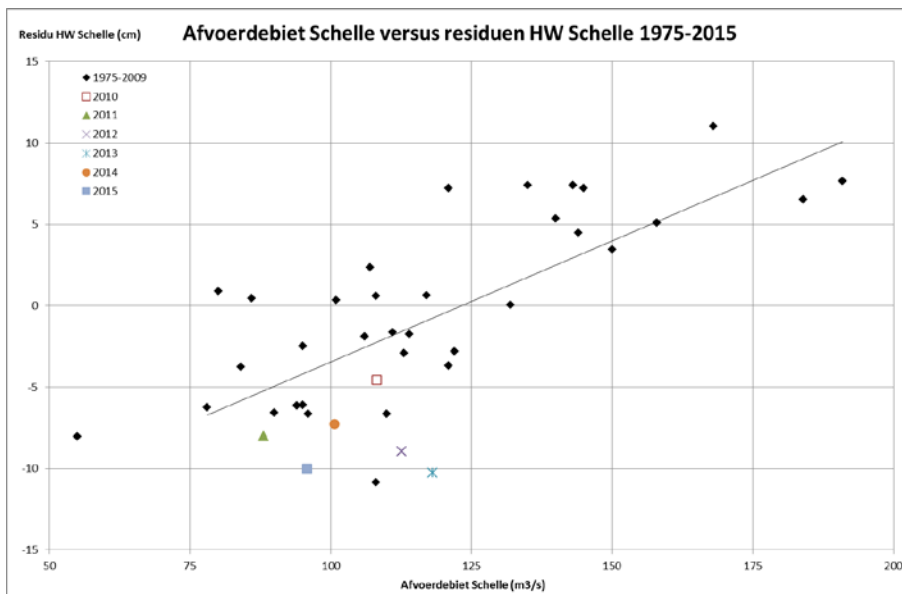


Figuur C-10: Spreidingsdiagram van de jaargemiddelde afvoer te Schelle en de residuen van de T2009 regressie op jaarlijks gemiddelde hoogwaterstanden te Antwerpen.

Voor de residuen HW te Schelle zien we een soortgelijke situatie als voor Antwerpen. De residuen HW te Schelle liggen aan de onderzijde van de puntenwolken in de correlatiediagrammen in Figuur C-11 en Figuur C-12. Dit komt deels door de peilschalencorrectie van -3,1 cm en deels door de relatie met de jaargemiddelde afvoer en windopzet. Het verband tussen de afvoer en de residuen HW is sterker dan het verband tussen windopzet en residuen HW. In Figuur C-12 is te zien dat de residuen HW te Schelle over het algemeen goed te verklaren zijn door de afvoer te Schelle. In 2013 biedt vooral de lage windopzet een verklaring voor het lage residu HW.

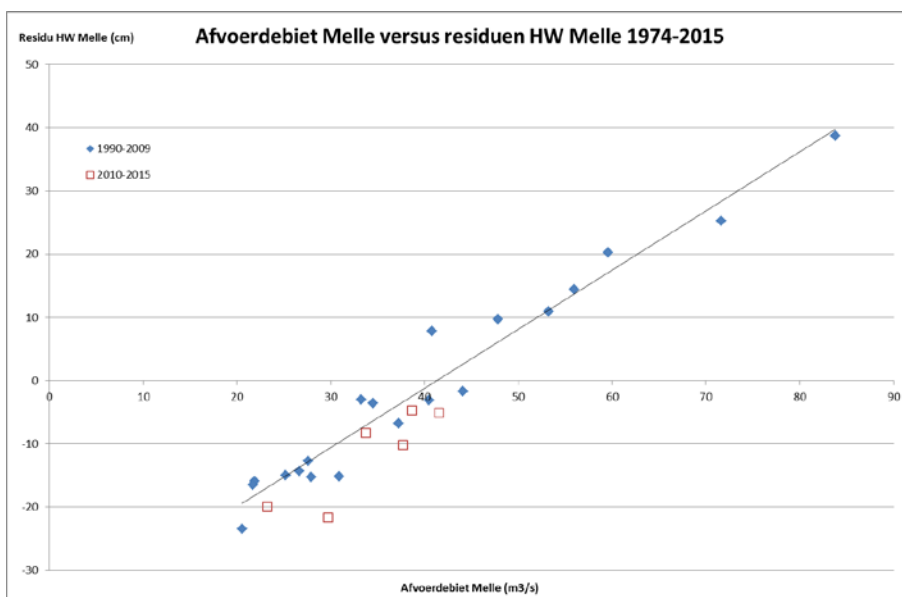


Figuur C-11: Spreidingsdiagram van de jaargemiddelde windopzet te Vlissingen en de residuen van de T2009 regressie op jaarlijks gemiddelde hoogwaterstanden te Schelle.



Figuur C-12: Spreidingsdiagram van de jaargemiddelde afvoer te Schelle en de residuen van de T2009 regressie op jaarlijks gemiddelde hoogwaterstanden te Schelle.

Tot slot blijkt uit Figuur C-13 dat de relatie tussen de afvoer te Melle en de residuen HW te Melle erg sterk is. De afvoer verklaart de variatie in de residuen goed. In 2011 is de afvoer minder dan 25 m³/s en dit verklaart het residu voor ca. 80% (16 van de 20 cm). In 2015 is de afvoer 30 m³/s en dit verklaart de helft van het residu (11 cm van de 21cm. De peilschalencorrectie is bij Melle niet zo groot (-1,1 cm).



Figuur C-13: Spreidingsdiagram van de jaargemiddelde afvoer te Melle en de residuen van de T2009 regressie op jaarlijks gemiddelde hoogwaterstanden te Melle.

Bijlage C.4 Gecorrigeerde residuen HW

De in de vorige paragraaf gevisualiseerde lineaire verbanden tussen jaargemiddelde afvoer/windopzet en residuen HW zijn gebruikt om correcties uit te voeren op de residuen HW. De ongecorrigeerde en gecorrigeerde residuen HW zijn voor de stations Vlissingen, Antwerpen, Schelle en Melle opgenomen in Tabel C-4 t/m Tabel C-7.

De residuen HW te Vlissingen zijn alleen gecorrigeerd voor de windopzet te Vlissingen. De gecorrigeerde residuen liggen in de periode 2010-2015 tussen -5 cm en -1 cm (zie Tabel C-4). In de jaren 2010-2013 liggen de waarden dichterbij 0 cm dan de ongecorrigeerde residuen.

Jaar	Residu T2009	Gecorrigeerd T2009 residu
2010	-2,9	-2,1
2011	-4,1	-3,7
2012	-5,3	-4,4
2013	-5,8	-3,6
2014	-0,3	-1,6
2015	-2,4	-3,0

Tabel C-4: Residuen van de T2009 regressie op hoogwaterstanden te Vlissingen met en zonder correctie voor windopzet. Kolom residu T2009: verschil tussen verwachte waarde volgens T2009 regressie en de uit de data berekende jaargemiddelde hoogwaterstanden voor de periode 2010-2015. Kolom Gecorrigeerd residu: correctie op basis van lineaire relatie tussen jaargemiddelde opzet te Vlissingen en residuen hoogwater te Vlissingen.

De gecorrigeerde residuen HW te Antwerpen zijn in de periode 2010-2015 positief en negatief. De gecorrigeerde residuen liggen dichterbij 0 cm dan de ongecorrigeerde residuen (zie Tabel C-5).

Jaar	Residu T2009	Gecorrigeerd T2009 residu
2010	-3,0	0,1
2011	-6,5	-0,6
2012	-6,7	-4,2
2013	-7,2	-3,9
2014	-2,8	-0,9
2015	-7,5	-4,1

Tabel C-5: Residuen van de T2009 regressie op hoogwaterstanden te Antwerpen met en zonder correctie. Kolom residu T2009: verschil tussen verwachte waarde volgens T2009 regressie en de uit de data berekende jaargemiddelde hoogwaterstanden voor de periode 2010-2015. Kolom Gecorrigeerd residu: correctie op basis van lineaire relaties tussen residuen hoogwater te Antwerpen en zowel de jaargemiddelde afvoer te Schelle als de jaargemiddelde opzet te Vlissingen.

Tabel C-6 bevat de gecorrigeerde residuen HW te Schelle. Net als voor Antwerpen bestaat de correctie uit twee componenten, gebaseerd op het lineair verband dat bestaat tussen de residuen HW en de windopzet en de afvoer. De afvoer is belangrijker dan de windopzet, maar in 2013 is de correctie vooral aan de windopzet toe te schrijven.

Jaar	Residu T2009	Gecorrigeerd T2009 residu
2010	-4,6	-1,9
2011	-8,0	-2,8
2012	-9,0	-6,7
2013	-10,3	-7,4
2014	-7,3	-5,8
2015	-10,0	-7,1

Tabel C-6: Residuen van de T2009 regressie op hoogwaterstanden te Schelle met en zonder correctie. Kolom residu T2009: verschil tussen verwachte waarde volgens T2009 regressie en de uit de data berekende jaargemiddelde hoogwaterstanden voor de periode 2010-2015. Kolom Gecorrigeerd residu: correctie op basis van lineaire relaties tussen residuen hoogwater te Schelle en zowel de jaargemiddelde afvoer te Schelle als de jaargemiddelde opzet te Vlissingen.

Tabel C-7 bevat de correcties voor de residuen HW te Melle in de periode 2010-2015. De ongecorrigeerde residuen vertonen een grote spreiding en deze blijkt gerelateerd te zijn aan de variatie in de afvoeren te Melle. De gecorrigeerde T2009 residuen HW zijn nog wel kleiner dan 0 cm, maar liggen beduidend dichterbij 0 cm dan de ongecorrigeerde residuen. De waarden in 2014 en 2015 zijn wel opvallend, want de gecorrigeerde residuen zijn kleiner (negatiever) dan het minimum van de gecorrigeerde residuen in de periode 1990-2009. Een verklaring is op basis van de beschouwde gegevens niet gevonden. In Bijlage D analyseren we de relatieve getijslag om te zien of morfologische veranderingen (als gevolg van menselijke ingrepen) een verklaring kunnen bieden.

Jaar	Residu T2009	Gecorrigeerd T2009 residu
2010	-8,3	-1,3
2011	-20,0	-4,2
2012	-5,1	-6,5
2013	-4,7	-3,4
2014	-10,2	-7,9
2015	-21,7	-11,9

Tabel C-7: Residuen van de T2009 regressie op hoogwaterstanden te Melle met en zonder correctie. Kolom residu T2009: verschil tussen verwachte waarde volgens T2009 regressie en de uit de data berekende jaargemiddelde hoogwaterstanden voor de periode 2010-2015. Kolom Gecorrigeerd residu: correctie op basis van lineaire relatie tussen afvoer te Melle en residuen hoogwater te Melle.

Bijlage C.5 Conclusies en aanbevelingen

Bijlage C.5.1 Peilschalencorrectie

In 2013 heeft het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) aan de hand van telemetrische gegevens geconstateerd dat de peilschalen van een groot aantal getijstations in de Zeeschelde verticaal zijn verlopen. Het gaat om wijzigingen tot 7 cm. De verticale positie van de peilschalen is veranderd tussen de laatste opmeting van de peilschalen (jaren '80 van de vorige eeuw) en 2013. Het is niet met zekerheid te zeggen wanneer (of in welke periode) de verschuivingen precies zijn opgetreden.

Na constatering heeft het WL alle meetgegevens vanaf het jaar 2011 gecorrigeerd. Dit betekent dat er een trendbreuk is in de meetgegevens. Het T2009 regressiemodel is gebaseerd op de gegevens tot 2009, waarin nog geen sprake is van een peilschalencorrectie. Nader onderzoek naar de peilschalencorrecties (hoe geïmplementeerd en hoe zou het vóór 2011 verlopen) en invloed op de trendanalyses van T2009 wordt aanbevolen.

Bijlage C.5.2 Rol van afvoer en windopzet

Wij hebben het effect onderzocht van de Schelde-afvoer en de windopzet in de monding van het estuarium op de hoogwaterstanden te Vlissingen, Antwerpen, Schelle en Melle. Het blijkt dat de afvoeren van de Schelde de variatie in de residuen van het T2009 regressiemodel voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij de Vlaamse stations zeer goed verklaren. Daarnaast verklaart de jaargemiddelde rechte windopzet te Vlissingen een groot deel van de spreiding in de residuen van de jaargemiddelde hoogwaterstanden te Vlissingen, Antwerpen en Schelle.

De conclusie van de analyse is dat de afvoeren en de windopzetten in de jaren 2010-2015 een goede verklaring vormen voor de waargenomen afwijkingen ten opzichte van het T2009 regressiemodel.

We sluiten niet uit dat er (lokaal) ook nog andere oorzaken zijn voor de gevonden lagere hoogwaterstanden, maar deze komen niet prominent op systeemniveau naar voren uit de analyse op de beschouwde meetreeksen. Het mogelijke effect van menselijke ingrepen beschouwen we in de analyse van de relatieve getijslag in het estuarium (zie Bijlage D).

Bijlage C.5.3 Vergelijking met voortgangsrapportage Flexibel Storten

In de tweejaarlijkse Voortgangsrapportage Flexibel Storten 2014-2015 zijn soortgelijke analyses uitgevoerd naar de verbanden tussen afvoer, windopzet en hoogwater voor enkele Vlaamse stations. Een korte vergelijking tussen beide analyses leert dat de uitkomsten op hoofdlijnen gelijk zijn. De gebruikte basisgegevens zijn in beide gevallen hetzelfde en beide analyses leiden tot nagenoeg dezelfde gecorrigeerde residuen voor de stations Vlissingen, Antwerpen, Schelle en Melle. Het enige verschil is dat wij (in T2015) de variatie in de hoogwaterresiduen te Antwerpen en Schelle niet alleen door de spreiding in de afvoer verklaren, maar ook door de spreiding in de windopzet.

Bijlage C.5.4 Regressiemodel

Het belangrijkste uitgangspunt van de T2015 analyse en evaluatie is het gebruik van het T2009 regressiemodel voor jaargemiddelde hoogwaterstanden. Dit regressiemodel bevat als verklarende variabelen een constante, een trend en de 18,613-jarige nodale cyclus. De afvoer en de windopzet zijn niet aan het model toegevoegd. De parameters van het regressiemodel – voor de evaluatie is de trend het belangrijkste – zijn geschat op gegevens na de eerste verruiming van de Westerschelde (begin jaren '70 van de 20^e eeuw). De relatief hoge Schelde-afvoeren in de perioden 1994-1995 en 1998-2002 hebben de trendlijn omhoog getrokken. Het model overschat daarom de jaargemiddelde hoogwaterstanden in een periode met relatief gemiddelde en enkele relatief lage afvoeren (2010-2015). Dit verklaart direct waarom de residuen na 2009 (in absolute zin) groot zijn. Dit belemmert het zoeken naar oorzaken met kleinere effecten.

Voor een betere inschatting van de trend en duiding van effecten moet het regressiemodel uitgebreid worden met de Schelde-afvoer en de windopzet als controlevariabelen. Hierbij is een mogelijke lichte vorm van multicollineariteit (correlatie tussen de controlevariabelen) een aandachtspunt. De keuze voor de juiste indicator voor de windopzet (scheve opzet, bepaalde component van de wind, ...) is een ander aandachtspunt.

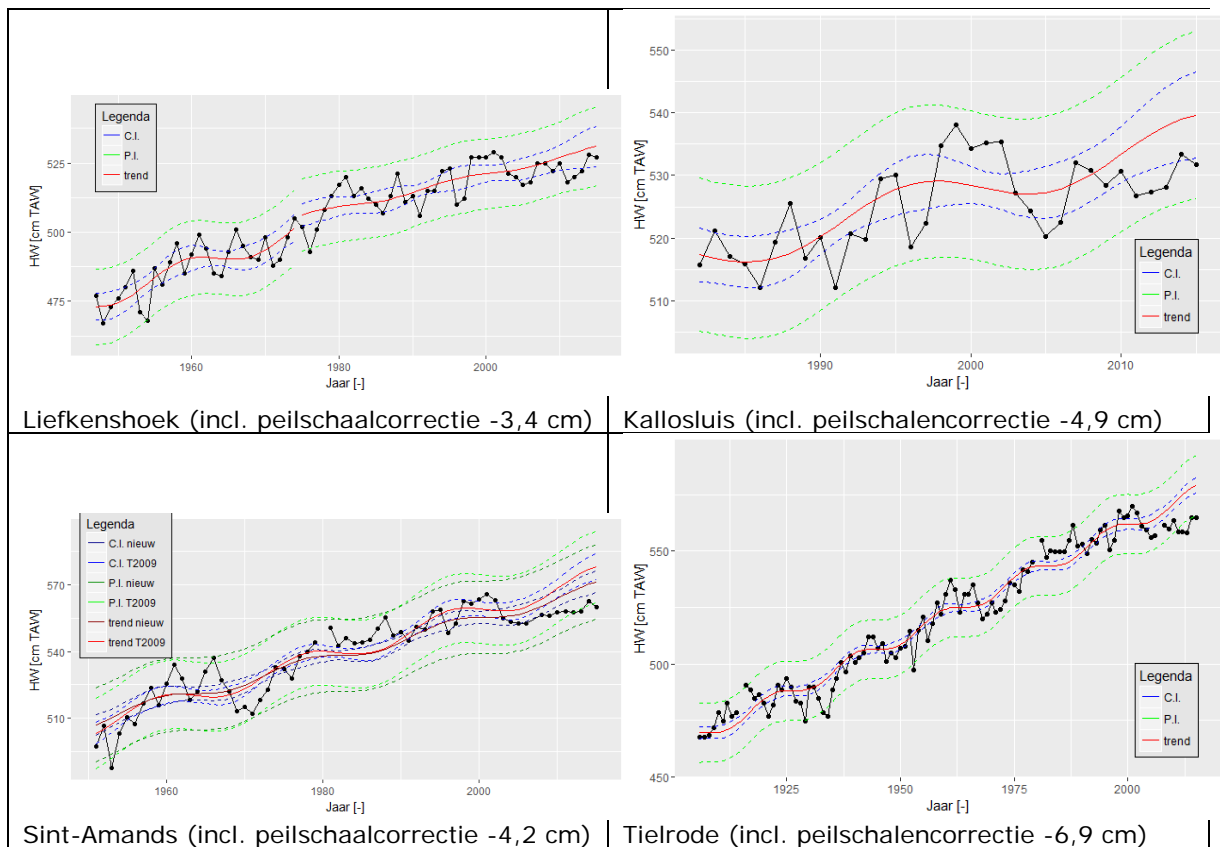
Bijlage C.5.5 Tot slot

Kleine effecten van menselijke ingrepen en morfologische veranderingen volgen niet direct uit deze statistische analyses. We analyseren daarom in Bijlage D de (relatieve) getijslag in het estuarium om hier meer inzicht in te krijgen. De uitkomsten leggen we naast de verwachtingen uit de MER's voor deze ingrepen en vergelijken we met de conclusies uit andere literatuur (zoals MOVE en Voortgangsrapportages Flexibel Storten). Daarbij dient te worden opgemerkt dat de uitgangspunten voor die onderzoeken (zoals baggerlocaties en ingrepen in het systeem) soms anders zijn geweest dan wat in werkelijkheid is opgetreden.

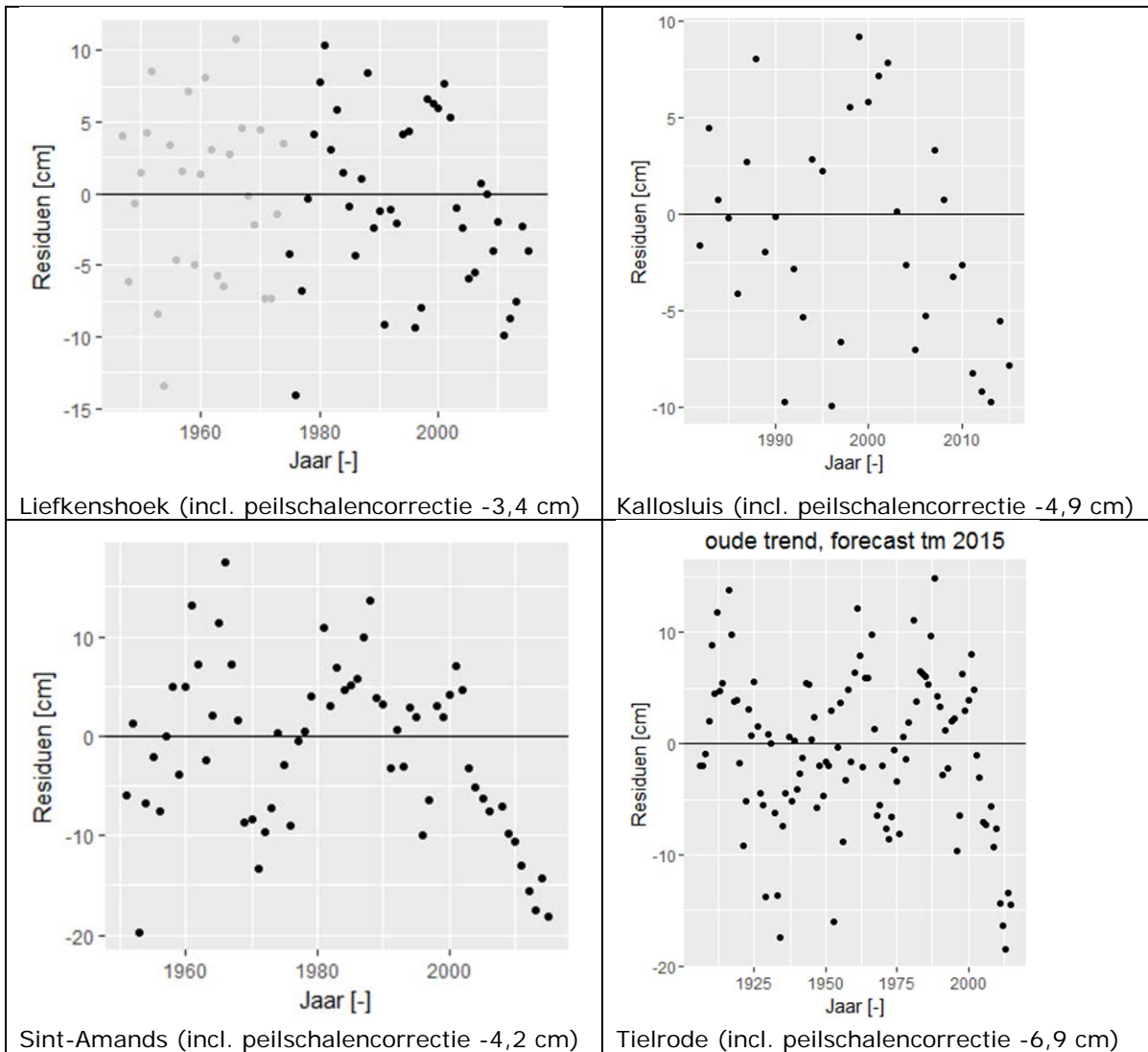
Achtergrondbijlage C.1: resultaten regressiemodellen jaargemiddelde HW voor stations in de Zeeschelde

Hier zijn de trends, predicties, predictie-intervallen en residuen van het T2009 regressiemodel voor Liefkenshoek, Kallosluis (Beneden-Zeeschelde), Tielrode (Durme) en Sint-Amands (Boven-Zeeschelde) getoond. Voor deze 4 stations zijn de peilschalencorrecties relatief groot. De residuen HW zijn in de periode 2010-2015 negatief. Voor Liefkenshoek en Kallosluis blijven de waarden nog binnen de predictie-intervallen. Voor Sint-Amands en Tielrode liggen de hoogwaterstanden in enkele jaren buiten de predictie-intervallen.

De variatie in de residuen HW te Sint-Amands en Tielrode kan bovendien worden verklaard door de jaargemiddelde afvoer te Melle, die vooral in 2011 en 2015 relatief laag was. Alleen de jaarwaarde van Tielrode in 2013 ligt nog op de rand van het predictie-interval. De afvoer te Melle is in dat jaar relatief gemiddeld en biedt dus geen verklaring voor de lage waarde bij Tielrode in 2013. De sinds 2012 uitgevoerde baggerwerken in de Durme kunnen wel een verklaring zijn voor lagere hoogwaterstanden. Verder kunnen nog andere werken uit het Sigmaplan bijdragen aan de afvlakkende trends van hoogwaters op de Boven-Zeeschelde (van Tielrode tot aan Melle).



Figuur C-14: Jaargemiddelde hoogwaterstanden voor de meetpunten Liefkenshoek, Kallosluis, Tielrode en Sint-Amands (met de klok mee) inclusief de verwachting uit het T2009 regressiemodel (trend) en de bijbehorende 95%-betrouwbaarheidsintervallen (C.I.) en 95%-predictie-intervallen (P.I.). Ter informatie is de door WL doorgevoerde correctie vermeld.

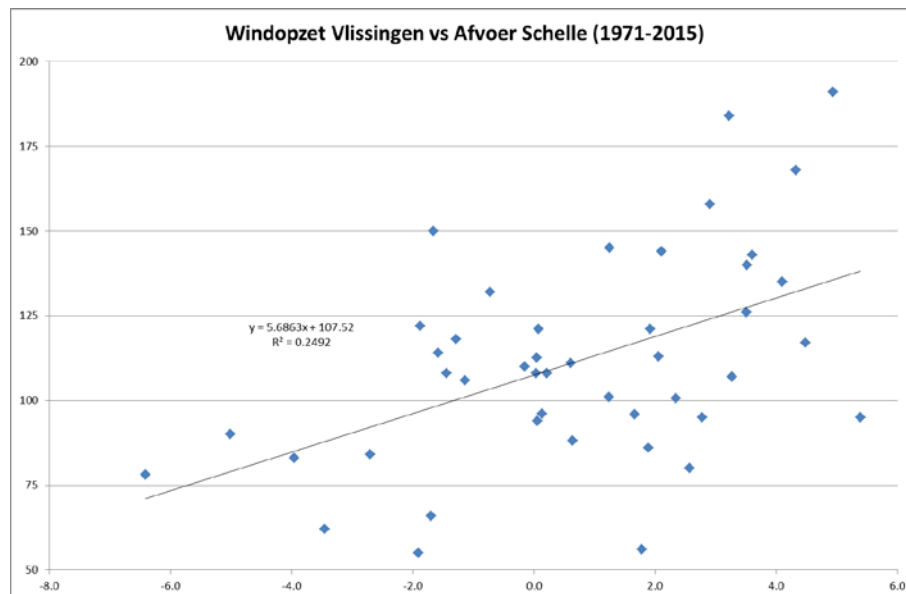


Figuur C-15: Residuen van de T2009 op de jaargemiddelde hoogwaterstanden voor de meetpunten Liefkenshoek, Kallosluis, Tielrode en Sint-Amands (met de klok mee) inclusief de residuen van de predicties uit het T2009 regressiemodel voor de jaren 2010-2015. Ter informatie is de door WL doorgevoerde correctie vermeld.

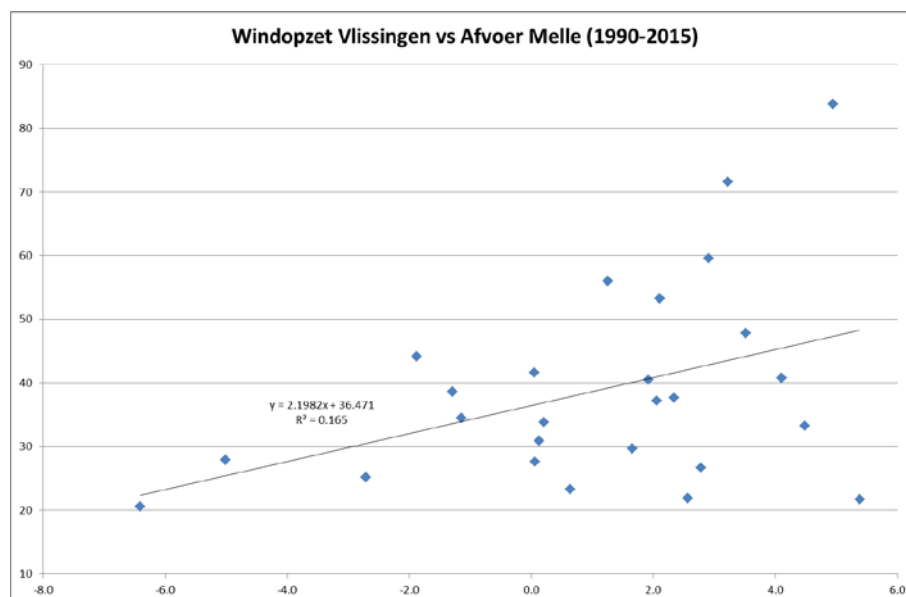
Achtergrondbijlage C.2: correlatie tussen stormopzet en afvoer

Onderstaande grafieken laten zien dat de afvoeren te Schelle en Melle positief gecorreleerd zijn met de windopzet te Vlissingen. Het verband is statistisch significant voor de afvoer te Schelle (en niet voor de afvoer te Melle). De windopzet te Vlissingen verklaart ongeveer 25% van de variatie in de afvoer te Schelle. Het verband is vrij zwak.

In eerdere studies van HKV en KNMI is een positieve correlatie gevonden tussen windopzetten langs de Nederlandse kust en neerslag enkele dagen later. Ofwel, stormen / depressies kunnen eerst leiden tot opstuwing van de waterstanden langs de Nederlandse kust en vervolgens tot neerslagbuien. Als deze buien vallen in het stroomgebied van de Schelde, dan leidt dit weer tot een hogere afvoer. Ons is geen onderzoek bekend naar het verband tussen stormopzetten op de Noordzee en neerslag/afvoer in het stroomgebied van de Schelde.



Figuur C-16: Spreidingsdiagram van de windopzet te Vlissingen en de jaargemiddelde afvoer te Schelle (1971-2015).



Figuur C-17: Spreidingsdiagram van de windopzet te Vlissingen en de jaargemiddelde afvoer te Melle (1990-2015).

Bijlage D Analyse relatieve getijslag²⁴

Deze bijlage een (aanvullende) analyse van de relatieve jaargemiddelde getijslag in het Schelde-estuarium ten behoeve van de evaluatie van de communicatie-indicatoren Veiligheid en Bevaarbaarheid. Meer in het bijzonder betreft het de evaluatie van de rekenparameters 'jaargemiddelde hoogwaterstand' en 'jaargemiddelde laagwaterstand'.

N.B. In T2009 zijn geen uitgebreide analyses naar de relatieve getijslag uitgevoerd en ook de evaluatiemethodiek schrijft deze niet voor.

Bijlage D.1 Inleiding

Bijlage D.1.1 Definities

De jaargemiddelde (absolute) getijslag is het verschil in cm tussen de jaargemiddelde hoogwaterstand en de jaargemiddelde laagwaterstand. De getijslag is een maat voor de amplitude van de getijgolf en heeft invloed op onder andere stroomsnelheden en sedimenttransport.

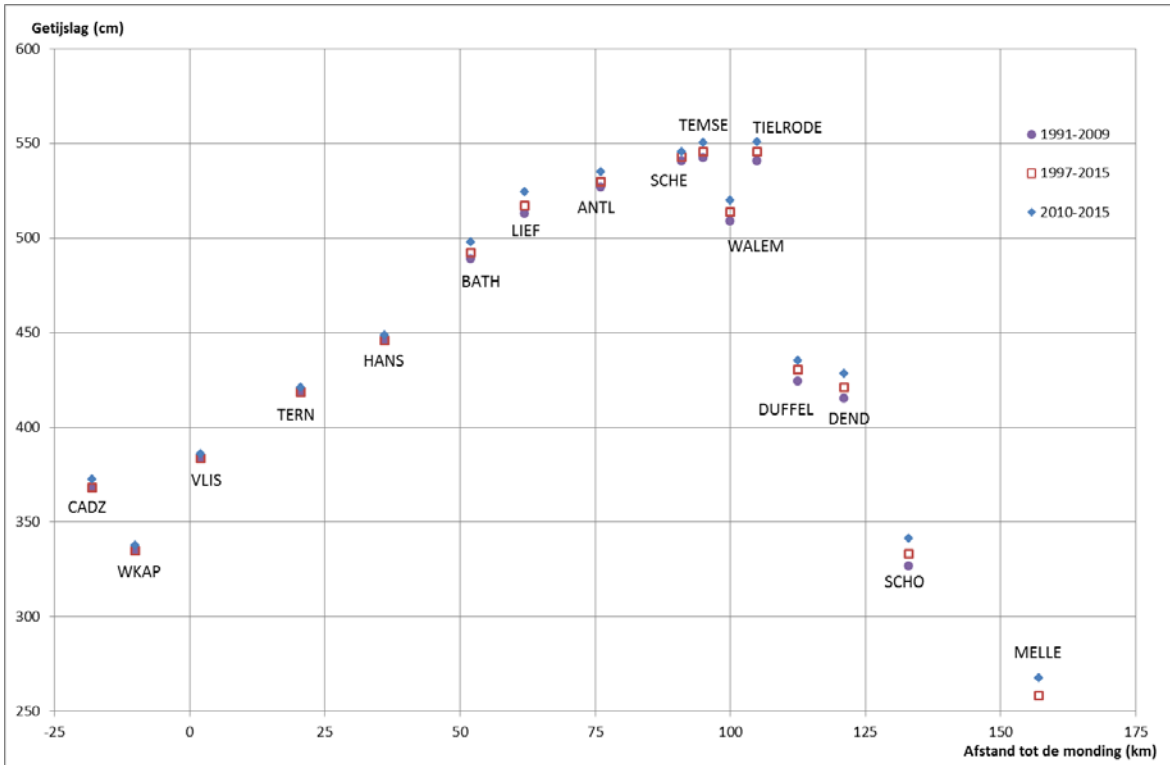
De relatieve getijslag *op een locatie ten opzichte van een andere locatie* is de verhouding tussen de (absolute) getijslag op de twee locaties. De relatieve getijslag van Bath ten opzichte van Vlissingen is dus de absolute getijslag in Bath gedeeld door de absolute getijslag in Vlissingen. We spreken ook wel van amplificatie (of demping), omdat de relatieve getijslag aangeeft hoe sterk de getijgolf geamplificeerd (of gedempt) wordt in het estuarium. De relatieve getijslag wordt niet beïnvloed door de trend in de zeespiegelstijging en de 18,613-jarige nodale cyclus. Het is daarom een goede indicator voor morfologische veranderingen in het systeem. De opwaartste afvoer oefent overigens nog wel invloed uit op de getijslag. Dit is iets om in het achterhoofd te houden bij de analyses op de Zeeschelde.

Bijlage D.1.2 Aanleiding: analyses absolute getijslag

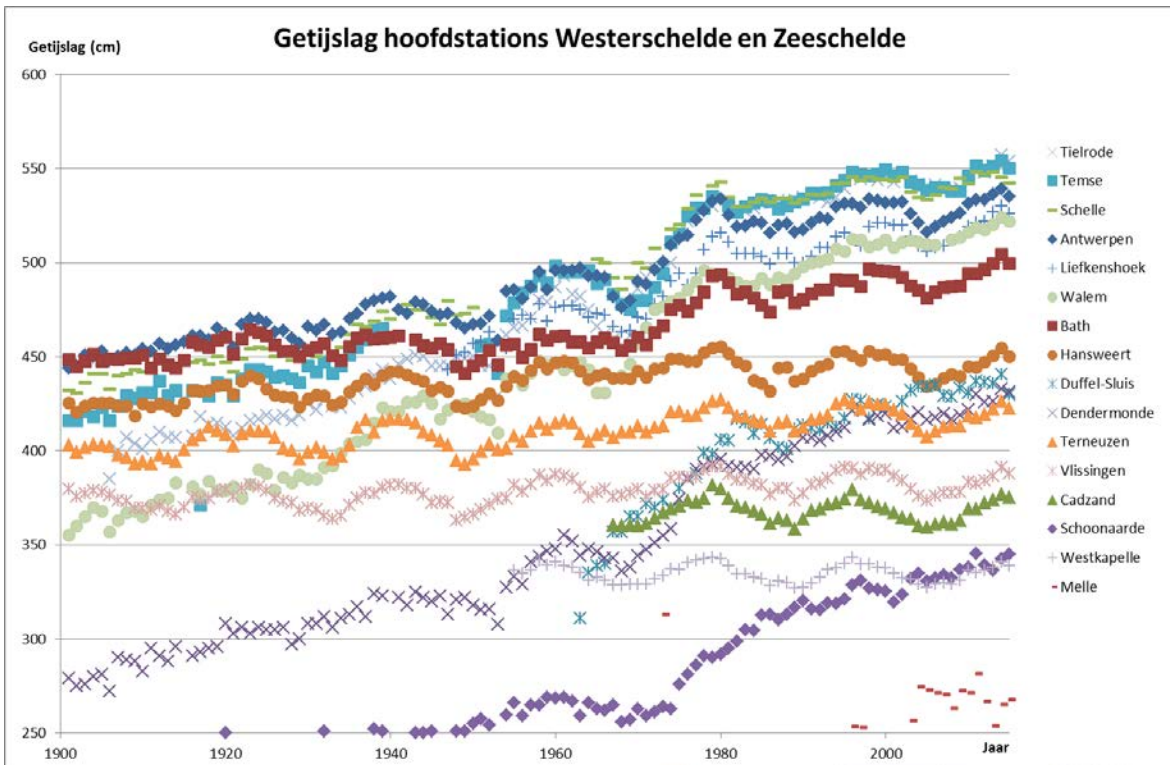
In het T2015 Analyserapport is geconstateerd dat de trend in de (absolute) getijslag niet significant verandert in de Westerschelde sinds 2009 en dat de stijgende trend dieper in het estuarium (vanaf station Antwerpen) iets afzwakt²⁵. Dit beeld wordt verder bevestigd door de beschouwing van de ontwikkeling van de absolute getijslag in de tijd en ruimte (zie Figuur D-1 en Figuur D-2). De analyses leiden echter niet tot conclusies over verschillen in de getijslag van station tot station, die mogelijk aan morfologische wijzigingen in het systeem zijn toe te schrijven. Een analyse van de relatieve getijslag van station tot station kan inzicht geven in (effecten van) lokale en globale morfologische veranderingen in het estuarium.

²⁴ Deze analyse is met medewerking van Marcel Taal en Zheng Bing Wang uitgevoerd. Dieter Meire, Yves Plancke en David Kerkhoven hebben commentaar gegeven op een eerdere versie van deze tekst.

²⁵ In het T2015 Analyserapport zijn ook de astronomisch hoog- en laagwaterstanden in de Westerschelde geanalyseerd. Het astronomisch getij is net als de absolute getijslag een indicator voor de amplitude van de getijgolf, omdat het ontstaat van zeespiegelstijging en 18,613-jarige nodale cyclus. In de T2015 analyses van astronomische hoog- en laagwaterstanden zijn geen trendbreuken gedetecteerd (ten opzichte van T2009).



Figuur D-1: Ruimtelijk beeld van de absolute jaargemiddelde getijslag (in cm) voor de belangrijkste stations in het Schelde-estuarium voor drie tijdsperiodes.



Figuur D-2: Absolute jaargemiddelde getijslag (in cm) voor de belangrijkste stations in het Schelde-estuarium voor de periode 1901-2015.

Bijlage D.1.3 Vraagstelling

De analyse richt zich op de vraag of de relatieve getijslag tussen opeenvolgende stations is veranderd sinds 2009.

Bijlage D.1.4 Werkwijze

Op basis van de reeds berekende jaargemiddelde absolute getijslag is de relatieve getijslag van de 15 belangrijkste meetstations bepaald (de meetstations met de langste reeksen, zie Tabel 3-3 in het T2015 Analyserapport en Bijlage C.1). Vervolgens is de relatieve getijslag van ieder tweetal opeenvolgende meetstations tegen de tijd uitgezet in een grafiek. Dit maakt het mogelijk om eventuele morfologische veranderingen tussen twee stations aan te wijzen en/of te toetsen of menselijke ingrepen inderdaad een effect hebben gehad op het getij.

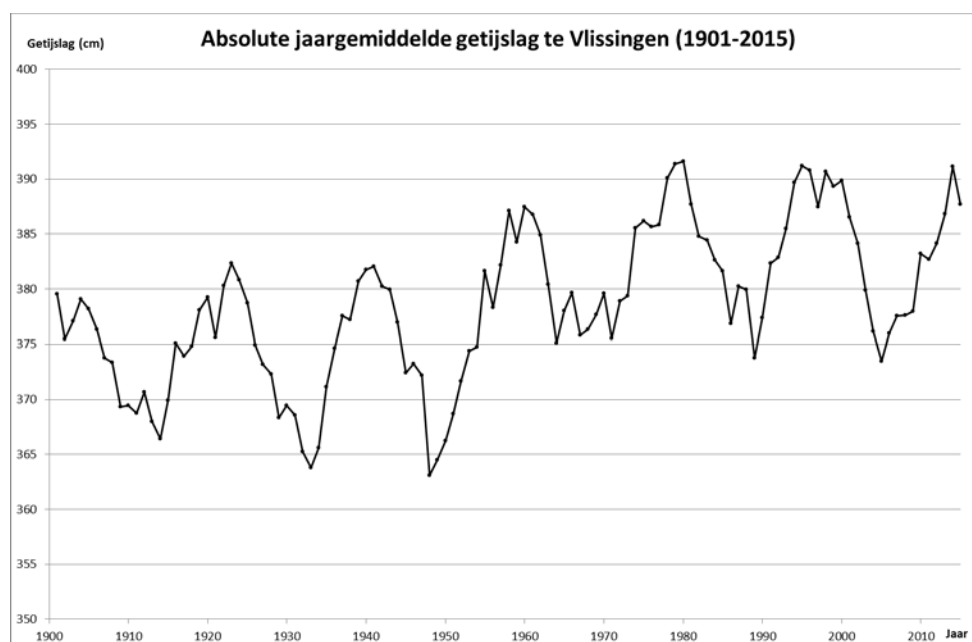
Ook is een grafiek gemaakt waarin de relatieve getijslag van alle hoofdstations ten opzichte van Vlissingen is gevisualiseerd. Deze grafiek geeft een globaal temporeel overzicht van cumulatieve effecten van morfologische veranderingen tussen Vlissingen en het beschouwde meetstation.

Bijlage D.2 Analyse jaargemiddelde relatieve getijslag

Bijlage D.2.1 Referentie: absolute getijslag Vlissingen

De initiële referentie voor de getijslag is de absolute getijslag bij Vlissingen. Daarom volgt eerst een korte beschouwing op het verloop hiervan. Vlissingen ligt in de monding van het estuarium en de metingen zijn dus nog enigszins beïnvloed door menselijke ingrepen in de monding aan de zeezijde van het station. Het verloop van de absolute jaargemiddelde getijslag te Vlissingen is sinds de jaren '70 van de vorige eeuw nagenoeg gelijk met iedere 18,6 jaar een piekwaarde net boven de 390 cm en een minimum van 374 tot 375 cm (zie Figuur D-3).

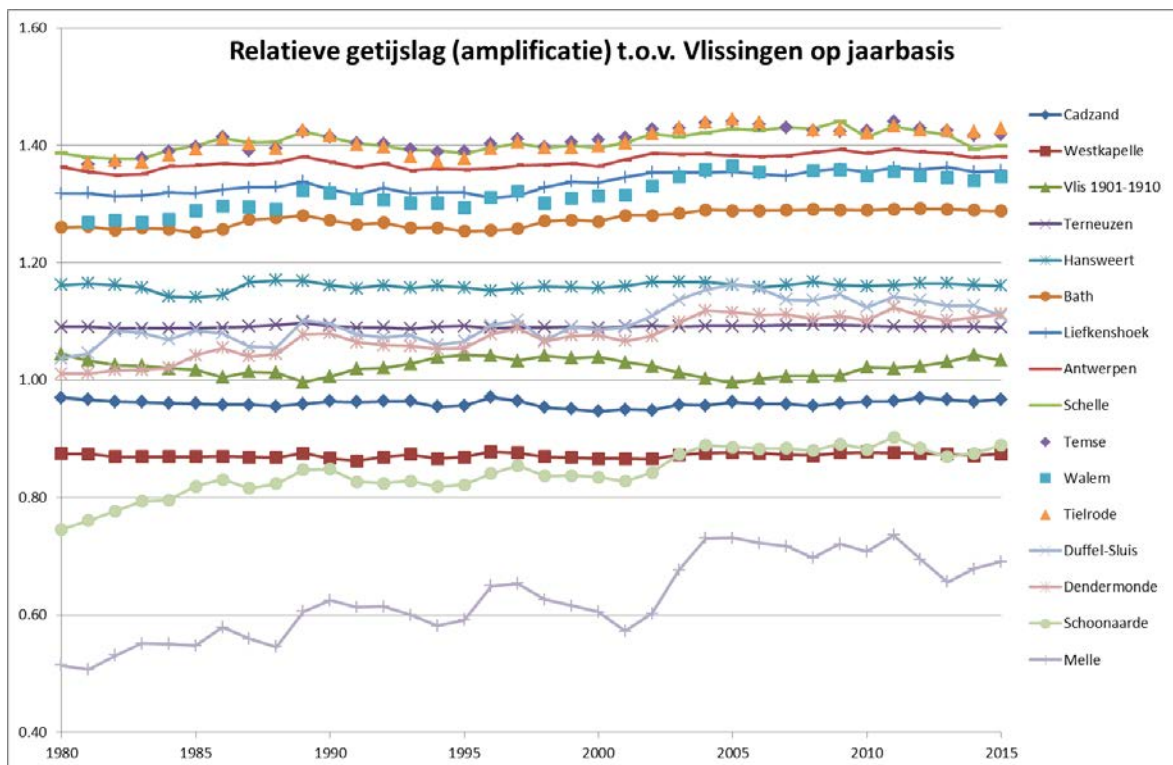
In vergelijking met de periode 1901-1960 is de absolute getijslag sinds 1980 ongeveer 10 cm ofwel bijna 2,5% hoger. In T2009 zijn de trendveranderingen die worden waargenomen in de jaren '60 te Vlissingen (en ook Terneuzen) toegewezen aan geleidelijke veranderingen in de getijslag buiten het estuarium in de periode 1940-1960. Daarnaast is het dieper worden van de mondingszone tussen 1900 en 1980 als oorzaak voor de toename van de getijslag in de mondingszone genoemd. Vanaf 1980, na de eerste verruiming, is geen stijgende trend waarneembaar in de data.



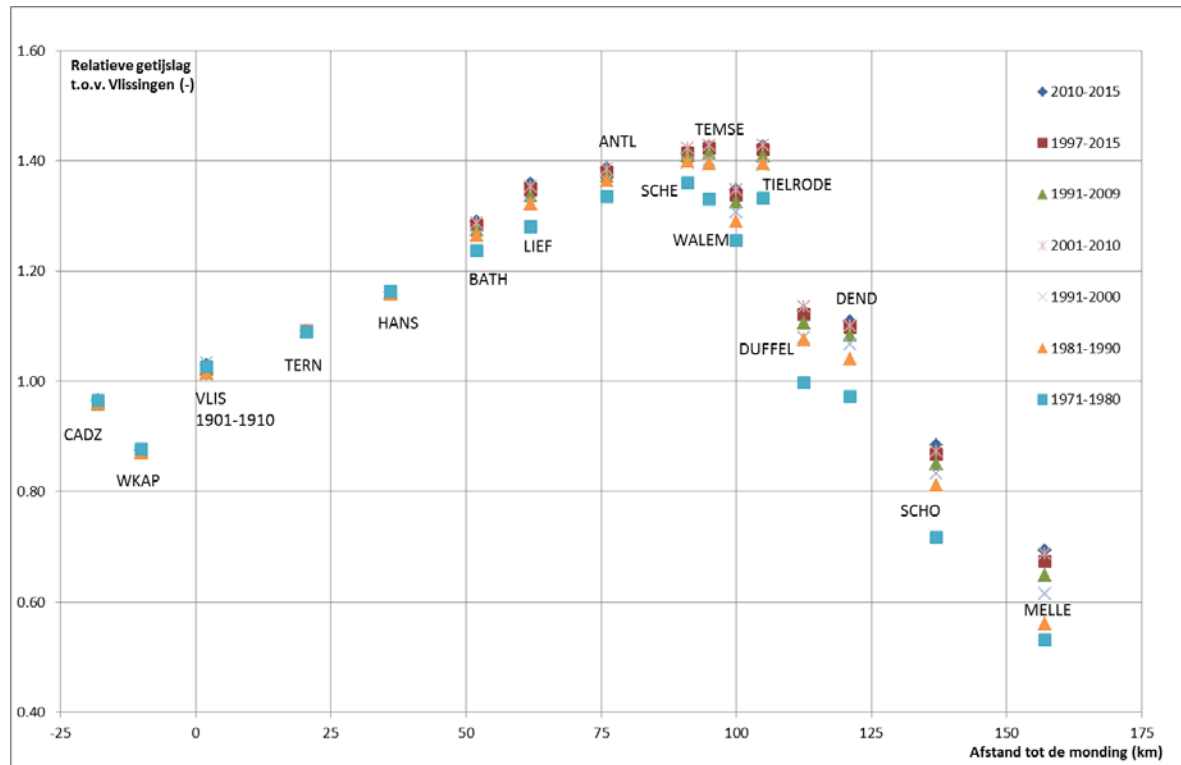
Figuur D-3: Absolute jaargemiddelde getijslag (in cm) te Vlissingen.

Bijlage D.2.2 Relatieve getijslag (amplificatie) t.o.v. Vlissingen

We beschouwen nu de amplificatie ten opzichte van Vlissingen vanaf het jaar 1980. De eerste verruiming heeft tot een trendbreuk in de getijslag te Vlissingen geleid. Na 1980 kent het verloop geen trend. De grafieken in Figuur D-4 en Figuur D-5 tonen de amplificatie ten opzichte van Vlissingen zowel ruimtelijk als temporeel. Meest opvallend is de duidelijke stijgende trend in de amplificatie te Schelle, Dendermonde, Schoonaarde en Melle in Figuur D-4. Bij station Bath en bovenstreams daarvan neemt de amplificatie ten opzichte van Vlissingen in de laatste vier decaden tot 2010 toe (zie Figuur D-5). Vooral de stijging tussen de decaden 1971-1980 en 1981-1990 is groot. Dit heeft te maken met de sedimentonttrekkingen die in deze perioden plaatsvonden (onttrekking bij eerste verruiming, zandwinning, uitvoering Sigmoplan, ...). Het is op grond van de gegevens tot en met 2015 niet te zeggen of de amplificatie in de decade 2011-2020 hoger zal uitvallen dan in de voorgaande decade.



Figuur D-4: Relatieve getijslag van de belangrijkste stations ten opzichte van Vlissingen voor de periode 1980-2015. *Viis 1901-1910: Jaargemiddelde getijslag Vlissingen ten opzichte van het gemiddelde van de getijslag te Vlissingen in de periode 1901-1910.



Figuur D-5: Ruimtelijk beeld van de relatieve getijslag van de belangrijkste stations ten opzichte van Vlissingen voor diverse tijdsperiodes. *VLIS 1901-1910: Jaargemiddelde getijslag Vlissingen ten opzichte van het gemiddelde van de getijslag te Vlissingen in de periode 1901-1910.

Bijlage D.3 Amplificatie van station tot station

In Achtergrondbijlage D.1 zijn de grafieken van de amplificatie voor ieder tweetal opeenvolgende stations weergegeven vanaf het jaar 1980. De schaal van de y-as (amplificatie) is per traject gebaseerd op het bereik van de amplificatie van het betreffende traject in de periode 1980-2015.

Vlissingen – Terneuzen

De variatie van de relatieve getijslag is sinds 1990 maximaal 0,3 procentpunt per jaar. De tweede verruiming (1997-1998) is niet terug te zien in de gegevens. Sinds 2008 is de amplificatie van boven 1,094 naar net onder 1,09 gedaald. De veranderingen in de relatieve getijslag op dit traject zijn niet significant.

Terneuzen – Hansweert

De variatie in de relatieve getijslag tussen Terneuzen en Hansweert is groter dan die op het traject Vlissingen – Terneuzen. Tussen 1986 en 1987 steeg de amplificatie zelfs met bijna 2 procentpunten naar 1,07. Sindsdien schommelt de amplificatie tussen 1,06 en 1,07 zonder uitgesproken trend.

Hansweert – Bath

Sinds 1995 is de relatieve getijslag toegenomen van 1,085 tot 1,112 in 2006. De relatieve getijslag is sinds 2008 gelijk aan 1,11.

Bath – Liefkenshoek

Op het traject Bath – Liefkenshoek is de spreiding in de relatieve getijslag maximaal 1 procentpunt per jaar. In de periode 1980-2015 liggen de waarden tussen 1,04 en 1,06. Na de

tweede verruiming (1997-1998; met een verhoging van de waterdiepte tot gevolg) is de amplificatie tussen 1998 en 1999 met een half procentpunt toegenomen. Enerzijds kan dit tot de hypothese leiden dat de amplificatie daarom ook toeneemt door de derde verruiming²⁶. Anderzijds stelt de MER (Van Banning, 2007) dat de aanlegbaggerwerken niet tot een duidelijk effect op de waterstanden zullen leiden. Bovendien is tussen 1983 en 1985 de amplificatie meer toegenomen dan tussen 1998 en 1999.

Vanaf 2005 fluctueert de amplificatie behoorlijk rondom 1,05. Tussen 2005 en 2007 daalt de amplificatie tot rond 1,045 om daarna weer tot boven 1,05 te stijgen. Sinds 2008 liggen de waarden tussen 1,05 en 1,055. Indien de derde verruiming toch een effect heeft gehad op de relatieve getijslag, dan is dit niet uit de grafiek af te leiden.

Op dit traject ligt ook het Deurganckdok, dat in 2005 in werking is getreden. In de analyse van de relatieve getijslag is een lichte stijging van de amplificatie tussen 2005 en 2007 te zien. Deze is echter niet groter dan de jaarlijkse variatie.

Nu kan nog worden ingebracht dat het Deurganckdok en de aanlegbaggerwerken van de derde verruiming tegengestelde effecten hebben op het getij. Om deze effecten afzonderlijk te analyseren moet de amplificatie tussen Bath en een station benedenstrooms van Deurganckdok worden beschouwd. Helaas ontbreken gegevens van het tussenliggende station te Prosperpolder in de periode 2002-2007. Uit de wel beschikbare gegevens te Prosperpolder blijkt dat de amplificatie op de trajecten Bath – Prosperpolder en Prosperpolder – Liefkenshoek sinds 1980 een tegengesteld verloop kennen: een stijging van de amplificatie op het ene traject gaat gepaard met een daling op het andere traject en vice versa (beschouw bijv. de perioden 1980-1982, 1999-2000, 2009-2010 en 2014-2015). De spreiding in de amplificatie van beide trajecten is bovendien behoorlijk groot: tot 2,5 procentpunt (Bath-Prosperpolder) en 3 procentpunt (Prosperpolder-Liefkenshoek) per jaar.

De amplificatie op het traject Bath-Prosperpolder varieert in de periode 2009-2015 van 1,005 tot 1,025 met pieken in 2009, 2012 en 2015, en dalen in 2010 en 2014. Voor de amplificatie op het traject Prosperpolder-Liefkenshoek is het patroon omgekeerd. Bovendien zijn de waarden in de periode 2009-2015 gemiddeld ongeveer 1 procentpunt hoger dan in de periode 1980-2002. Voor deze observaties zijn op dit moment geen goede verklaringen te geven. Vooralsnog kan op basis van de beschikbare gegevens niet worden aangetoond wat de individuele en gezamenlijke invloed van de derde verruiming en het Deurganckdok is.

Liefkenshoek – Antwerpen Loodsgebouw

Vanaf 1998 is de amplificatie op dit traject kleiner dan 1,03. Sinds 2000 fluctueert de waarde tussen 1,02 en 1,025. In 2013-2015 zijn de waarden zonder duidelijke verklaring kleiner dan ooit tevoren (kleiner dan 1,02). Het is onwaarschijnlijk dat dit met de rivierafvoer te maken heeft, want de afvoerdebieten variëren in die periode van onder het langjarig gemiddelde tot boven het langjarig gemiddelde (zie Achtergrondbijlage D.2). Bovenstrooms vanaf Antwerpen moet wel rekening worden gehouden met de rivierafvoer.

Antwerpen Loodsgebouw – Schelle

Sinds 1980 varieert de amplificatie op dit traject tussen 1,02 en 1,035. In 2014 en 2015 is de amplificatie duidelijk lager met waarden net boven 1,01. Tussen 2009 en 2010, en tussen 2013

²⁶ Merk op dat volgens Van Rijn (2010) de getijslag initieel stijgt als gevolg van een verdieping/verruiming. Vanaf een bepaalde waterdiepte stagneert die stijging. We nemen aan dat deze waterdiepte nog niet is bereikt na de tweede verruiming.

en 2014 daalt de amplificatie een procentpunt. Tussen 2010 en 2011 stijgt deze juist bijna een procentpunt. Hier is geen verklaring voor te geven. De afvoer te Schelle biedt geen verklaring. Deze stijgt tussen 2009 en 2010, daalt zowel tussen 2010 en 2011 als tussen 2013 en 2014.

Boven-Zeeschelde, Durme en Rupel-Nete

De amplificatie stijgt op het traject Schelle–Walem (Rupel) van ongeveer 0,95 naar 0,96 tussen 2010 en 2015. De stijging tussen 2013 en 2014 draagt hier het meeste aan bij. De stijgende trend zet zich hiermee door.

Tussen Walem en Duffel-Sluis (Rupel-Nete) daalt de relatieve getijslag tussen 2014 en 2015 met meer dan een procentpunt tot onder 0,825. Sinds 2008 fluctueerde het signaal rond 0,84 met een maximale variatie van ongeveer 0,5 procentpunt.

De amplificatie op het traject Temse - Tielrode (Durme) stijgt tussen 2011 en 2015 met meer dan een procentpunt van 1,00 tot bijna 1,01. Dat is de hoogste waarde sinds 1987. Door de baggerwerken op de Beneden-Durme zijn de onzekerheden op gemeten laagwaterstanden groot.

De amplificatie tussen Schelle en Temse stijgt zowel tussen 2009 en 2010 als tussen 2013 en 2014 met meer dan een procentpunt. Sinds 2005 is de spreiding in het signaal groter. In 2009 bereikte de amplificatie de laagste waarde, in 2014 de hoogste. De stijgende trend in de amplificatie zet zich hiermee door.

Tussen Temse en Dendermonde stijgt de amplificatie in 2014 en 2015 tot het hoogste niveau, boven 0,78. De sinds 2005 iets afgevlakte stijgende trend zet zich hiermee door.

Tussen Dendermonde en Schoonaarde blijft de amplificatie op ongeveer hetzelfde niveau van ongeveer 0,8. Na dalingen tussen 2011 en 2013 is de waarde in 2015 weer terug op 0,8.

Op het traject Schoonaarde-Melle daalt de amplificatie met 5 procentpunt tussen 2011 en 2013. Hierdoor vlakt de stijgende trend in de amplificatie af. Hier is geen duidelijke verklaring voor.

Beschouwing resultaten Boven-Zeeschelde

Verklaringen voor de bovenstaande bevindingen zijn niet eenduidig. Het is bekend dat tussen de monding van de Durme en de monding van de Rupel zand is gewonnen en dat het sediment van de onderhoudsbaggerwerken op de Boven-Zeeschelde integraal is onttrokken aan het systeem. Deze maatregelen kunnen een verklaring zijn voor de stijgende trend in de amplificatie op de trajecten Schelle – Temse, Temse – Dendermonde, Temse – Tielrode en Schelle - Walem.

Andere maatregelen uit het Sigmaplan, zoals de GOG's en GOG-GGG's, hebben naar verwachting weinig tot geen invloed gehad. De GOG's hebben invloed op extreme waterstanden en in de periode 2010-2015 zijn nauwelijks GOG-GGG's in gebruik genomen.

Bijlage D.4 Conclusies

Op de Westerschelde tot aan Bath is op geen enkel traject een significante toename van de relatieve getijslag zichtbaar. Hierbij merken we op dat de amplificatie van Hansweert naar Bath tussen 1995 en 2010 met 2 procentpunt van 1,09 naar 1,11 is gestegen. Tussen 2010 en 2015 is de amplificatie nagenoeg constant.

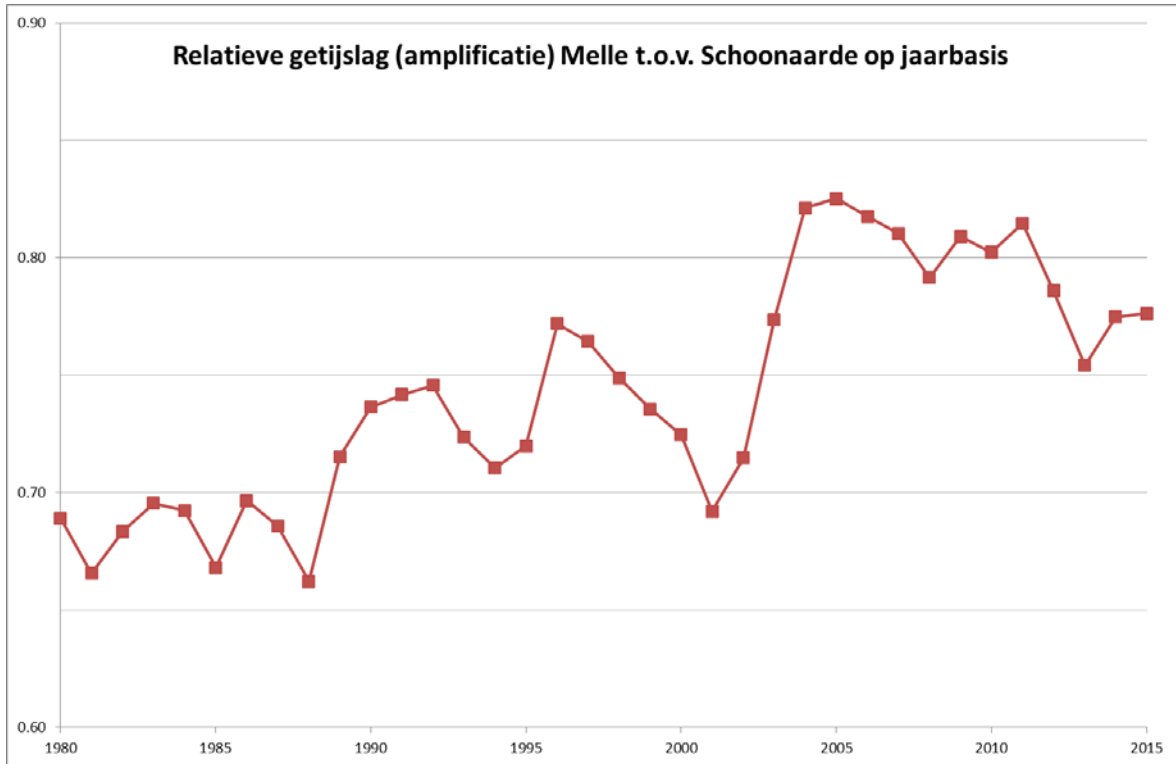
De invloed van de derde verruiming en Deurganckdok zijn niet terug te zien in de relatieve getijslag op de trajecten tussen Bath en Liefkenshoek.

Op de gehele Zeeschelde is de variatie in de amplificatie groter dan op de Westerschelde. De afvoer van de Schelde is van invloed op de hoog- en laagwaterstanden bovenstrooms vanaf Antwerpen. De invloed op laag- en hoogwaterstanden zal niet helemaal gelijk zijn, wat de variatie in de relatieve getijslag kan verklaren. In het vervolg kan daarom worden overwogen om te corrigeren voor de rivierafvoer.

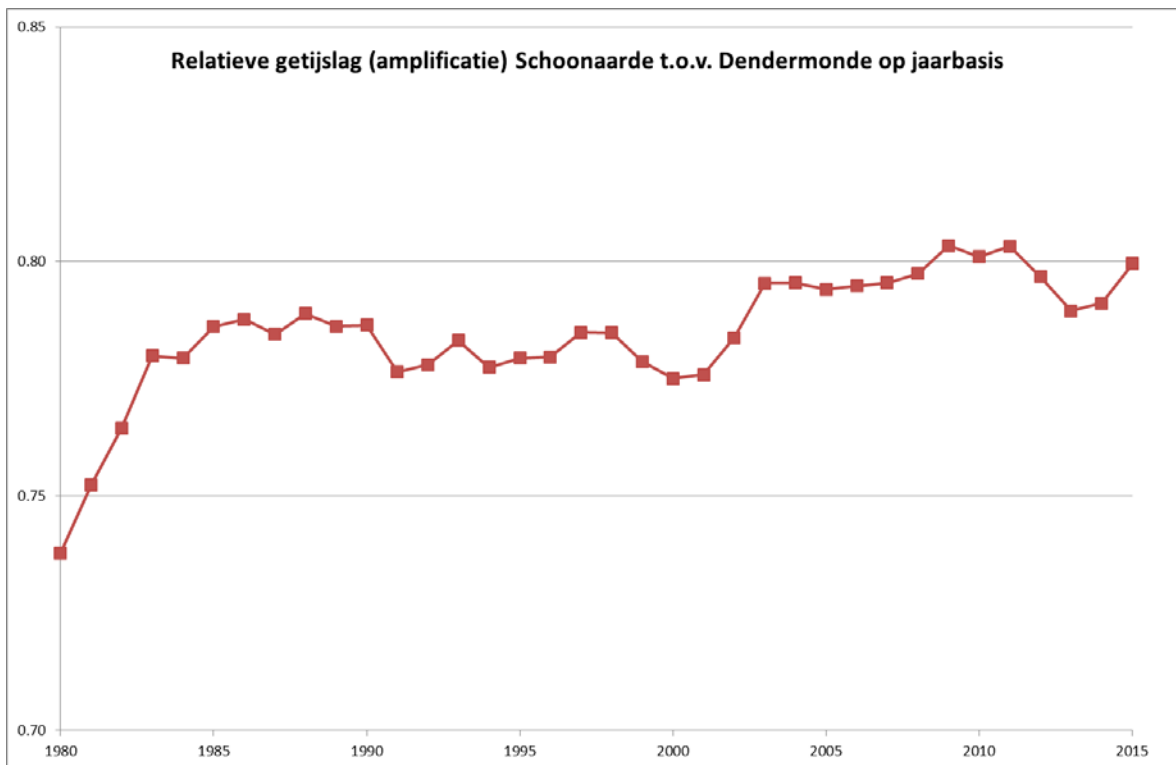
Voor de overige trajecten op de Zeeschelde zijn de volgende bevindingen gedaan:

- Traject Liefkenshoek – Antwerpen. In de periode 2013-2015 zijn de waarden lager dan ooit gemeten. De rivierafvoer biedt geen verklaring. Een andere verklaring is op basis van de gegevens niet gevonden. Dit vereist nader onderzoek.
- Op de trajecten Schelle – Temse, Temse – Dendermonde, Temse – Tielrode en Schelle – Walem blijft de amplificatie toenemen. Het vermoeden bestaat dat dit te maken heeft met de baggerwerken (extractie van sediment) tussen de monding van de Durme en de monding van de Rupel.

Achtergrondbijlage D.1: Figuren relatieve getijslag van station tot station
Boven-Zeeschelde



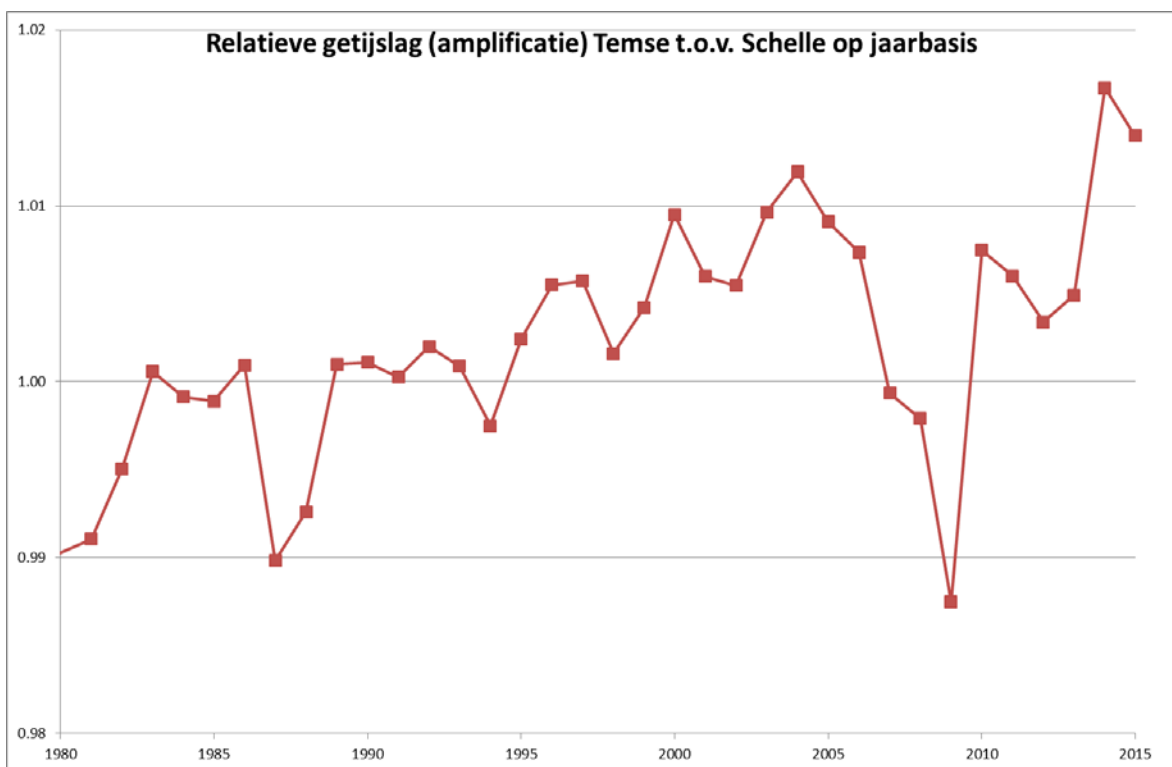
Figuur D-6: Relatieve getijslag Melle t.o.v. Schoonaarde (1980-2015).



Figuur D-7: Relatieve getijslag Schoonaarde t.o.v. Dendermonde (1980-2015).

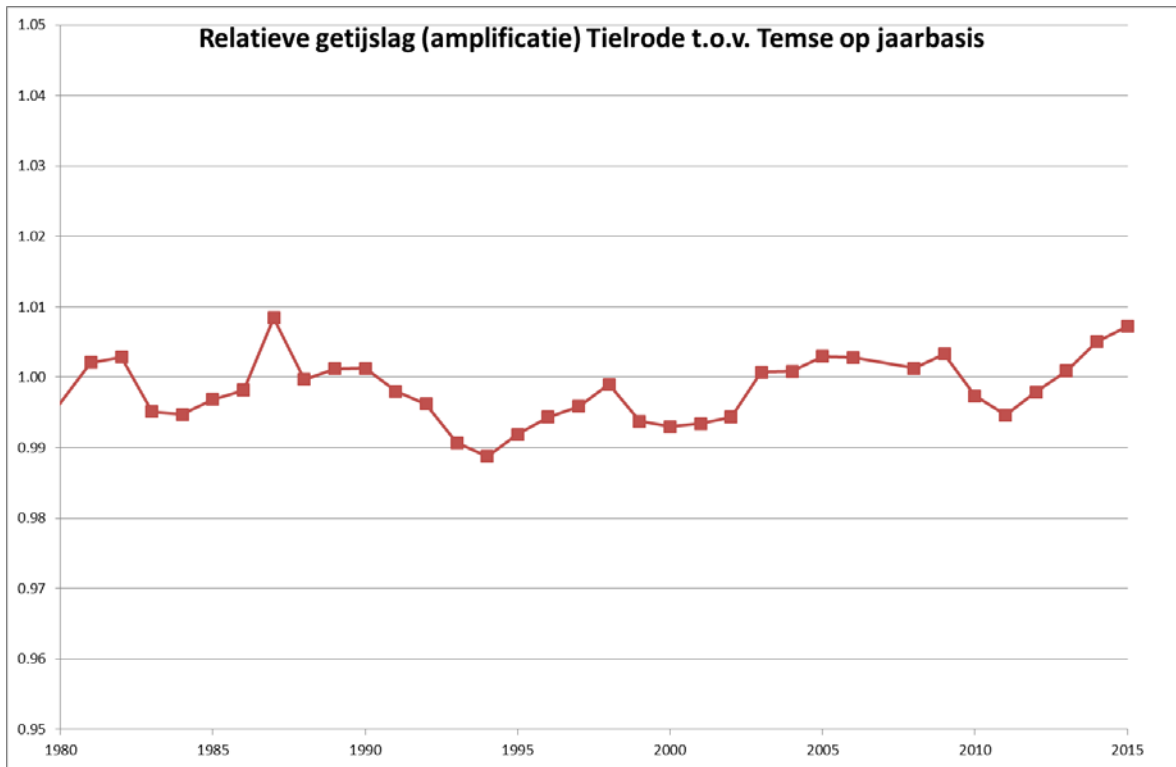


Figuur D-8: Relatieve getijslag Dendermonde t.o.v. Temse (1980-2015).



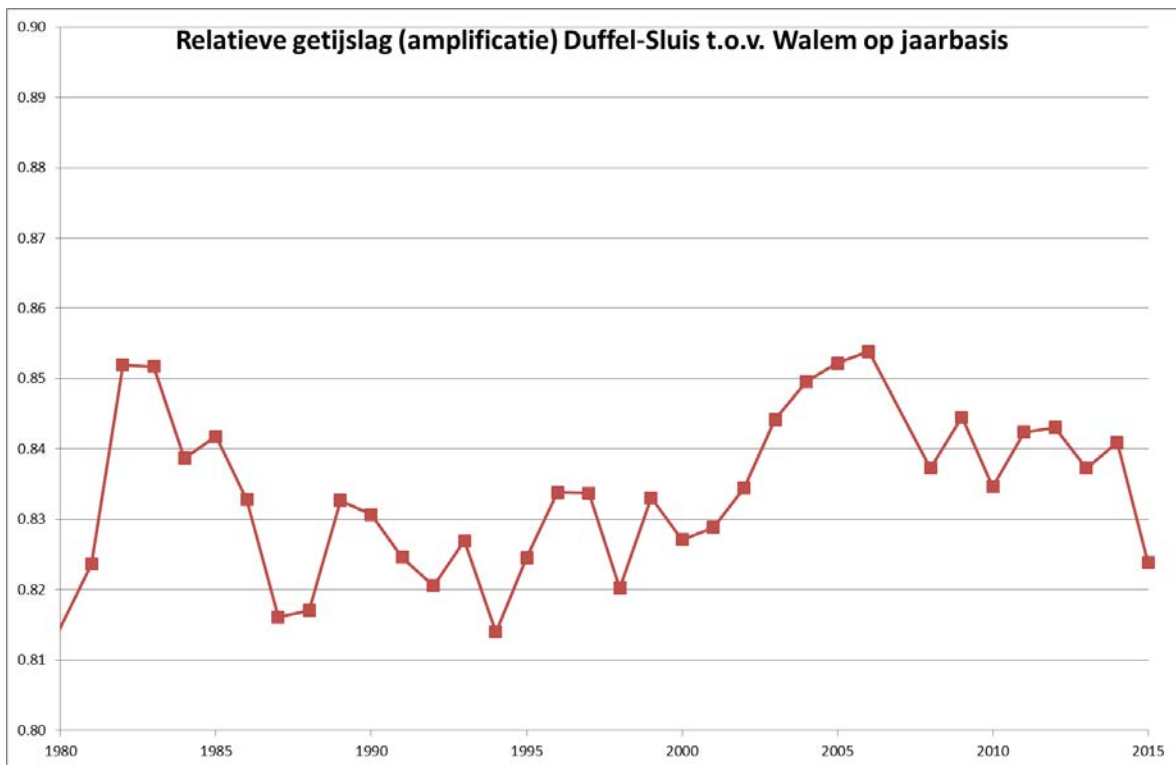
Figuur D-9: Relatieve getijslag Temse t.o.v. Schelle (1980-2015).

Boven-Zeeschelde -- Durme



Figuur D-10: Relatieve getijslag Tielrode t.o.v. Temse (1980-2015).

Boven-Zeeschelde - Rupel-Nete

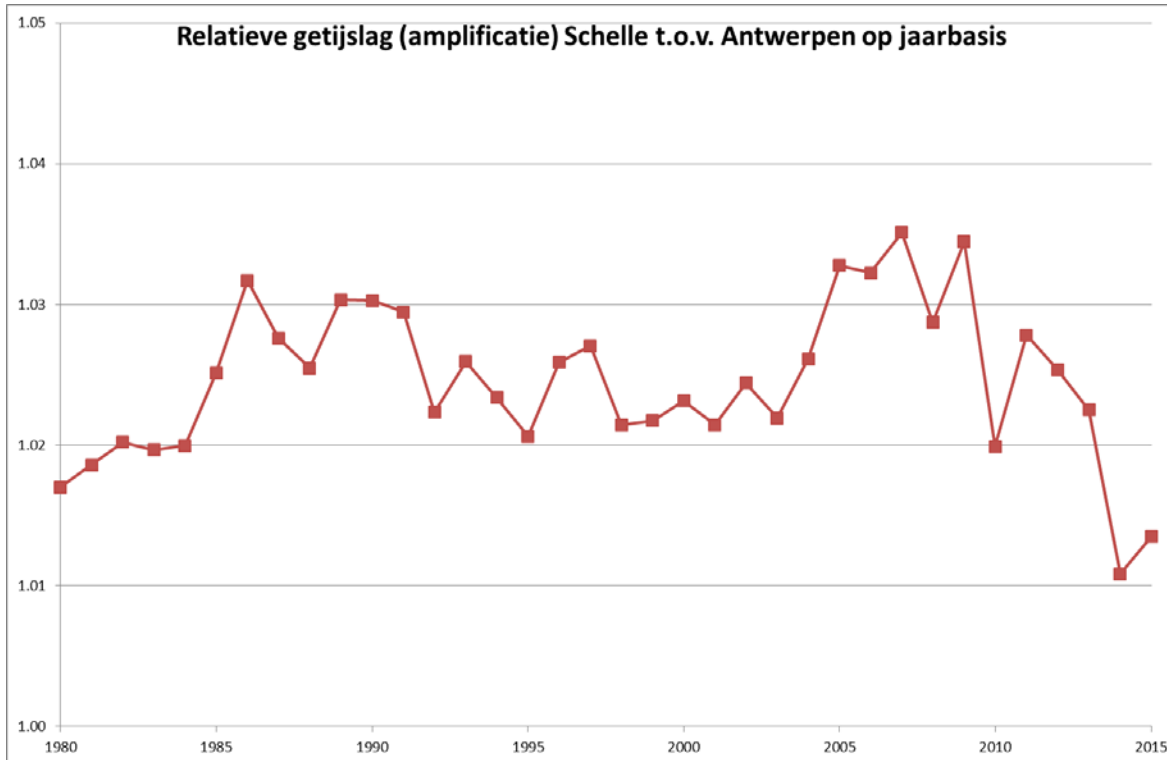


Figuur D-11: Relatieve getijslag Duffel-Sluis t.o.v. Walem (1980-2015).

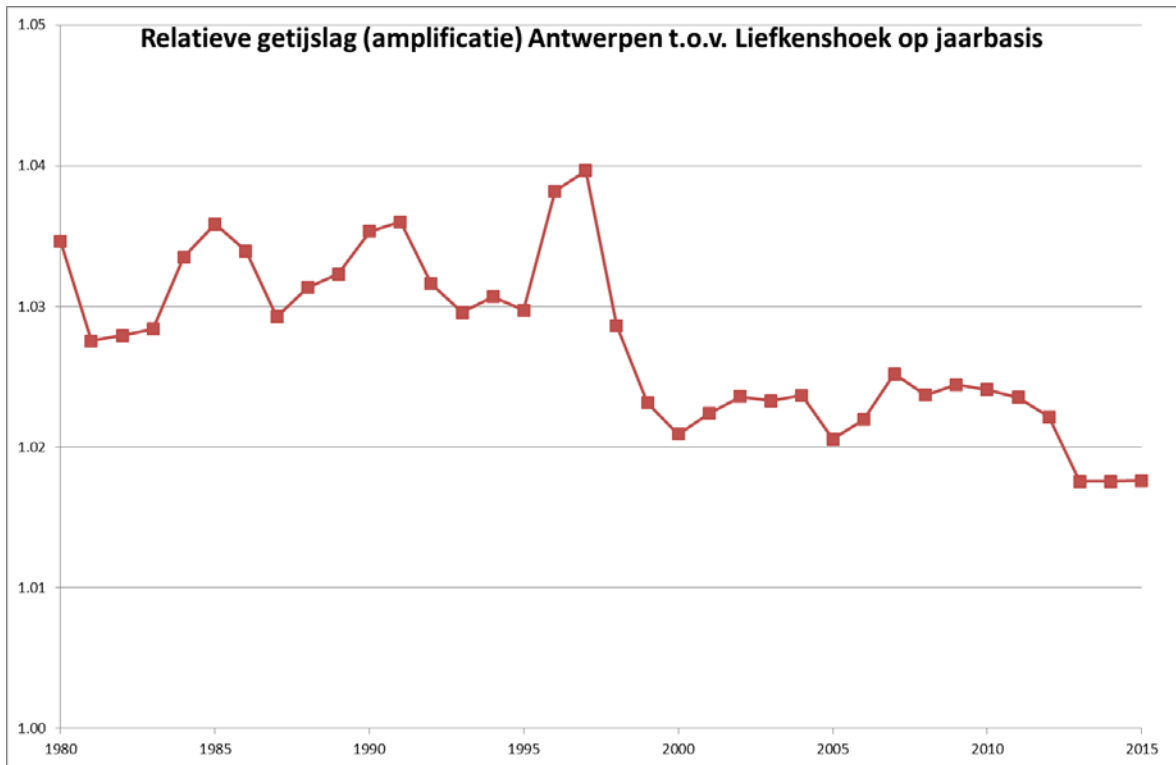


Figuur D-12: Relatieve getijslag Walem t.o.v. Schelle (1980-2015).

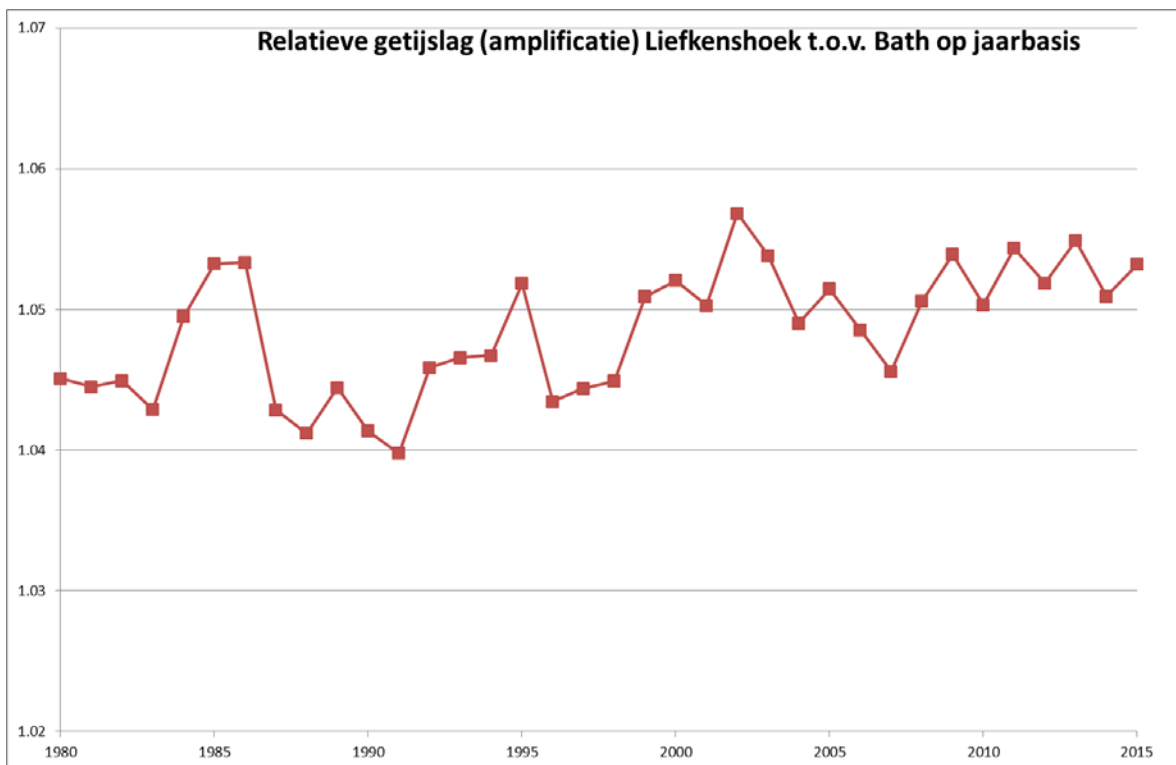
Beneden-Zeeschelde



Figuur D-13: Relatieve getijslag Schelle t.o.v. Antwerpen (1980-2015).

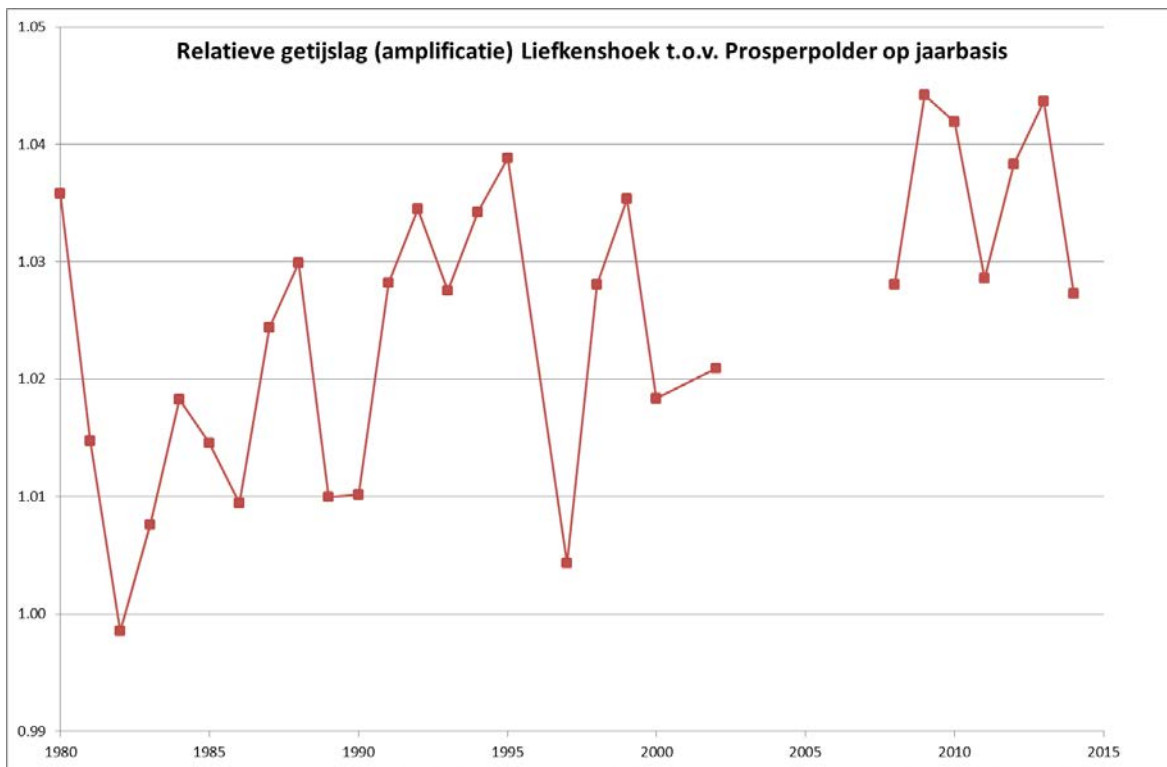


Figuur D-14: Relatieve getijslag Antwerpen t.o.v. Liefkenshoek (1980-2015).

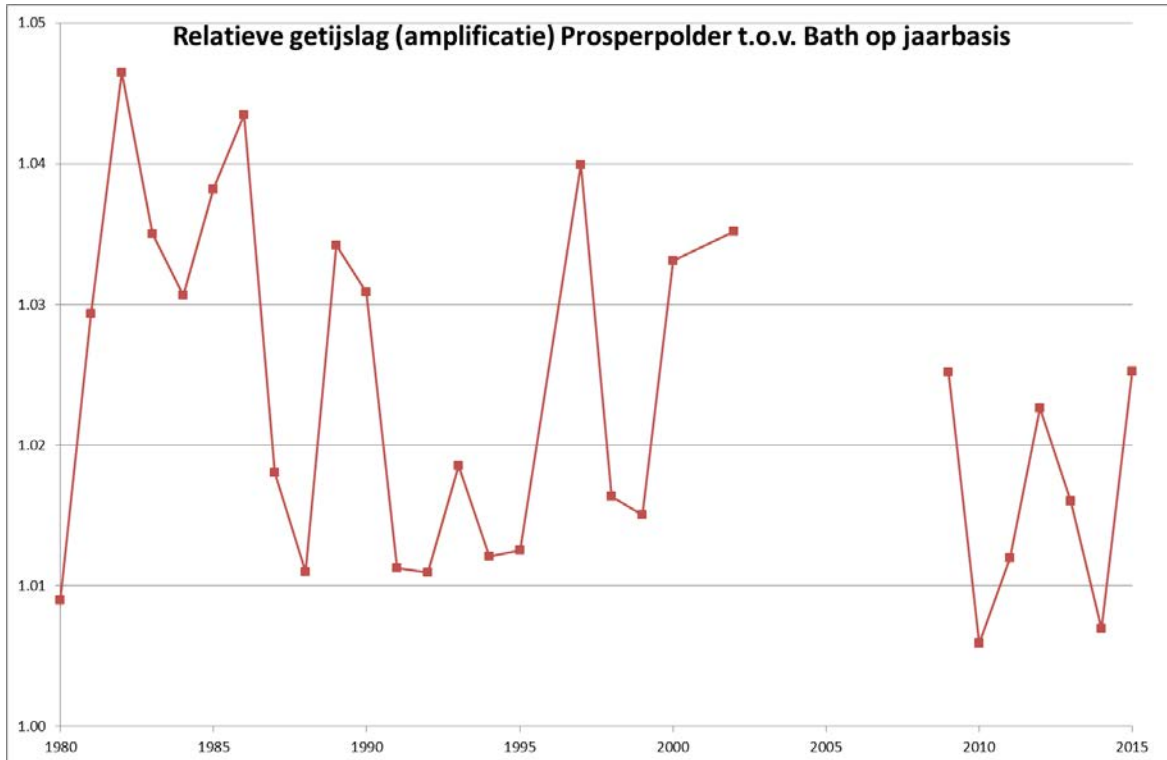


Figuur D-15: Relatieve getijslag Liefkenshoek t.o.v. Bath (1980-2015).

Verfijning traject Bath – Liefkenshoek met het tussenliggende station Prosperpolder

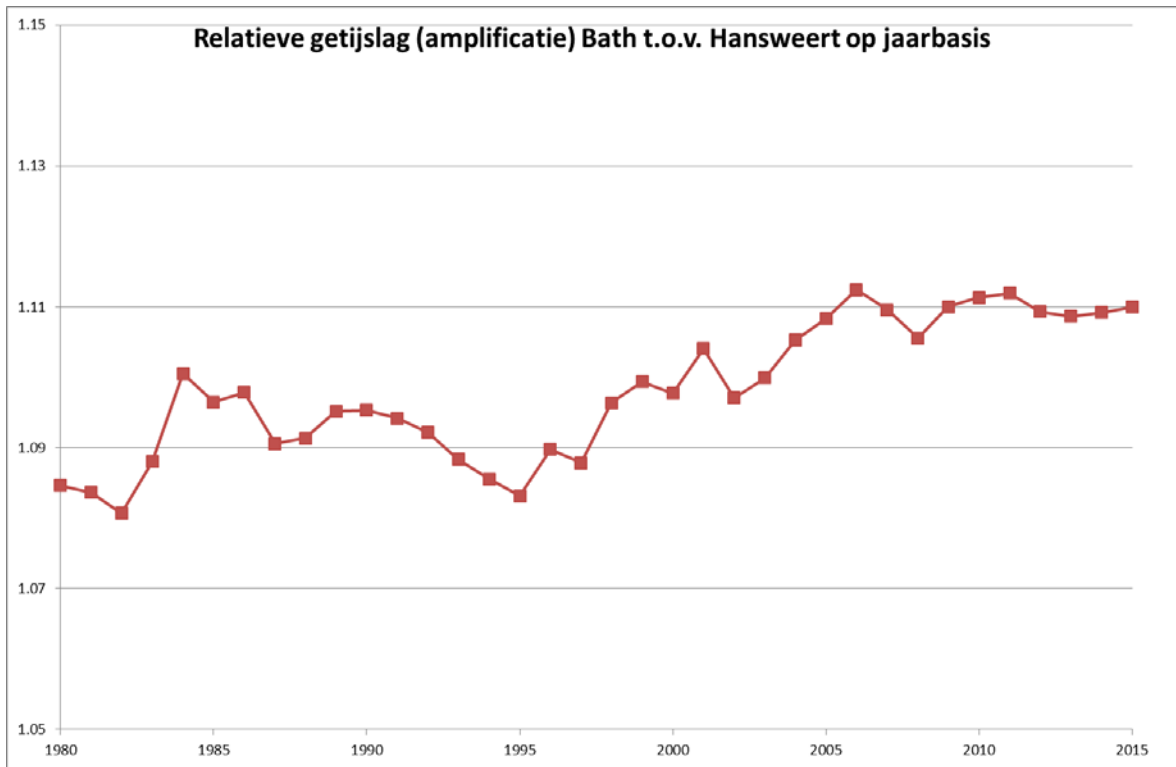


Figuur D-16: Relatieve getijslag Liefkenshoek t.o.v. Prosperpolder (1980-2015).

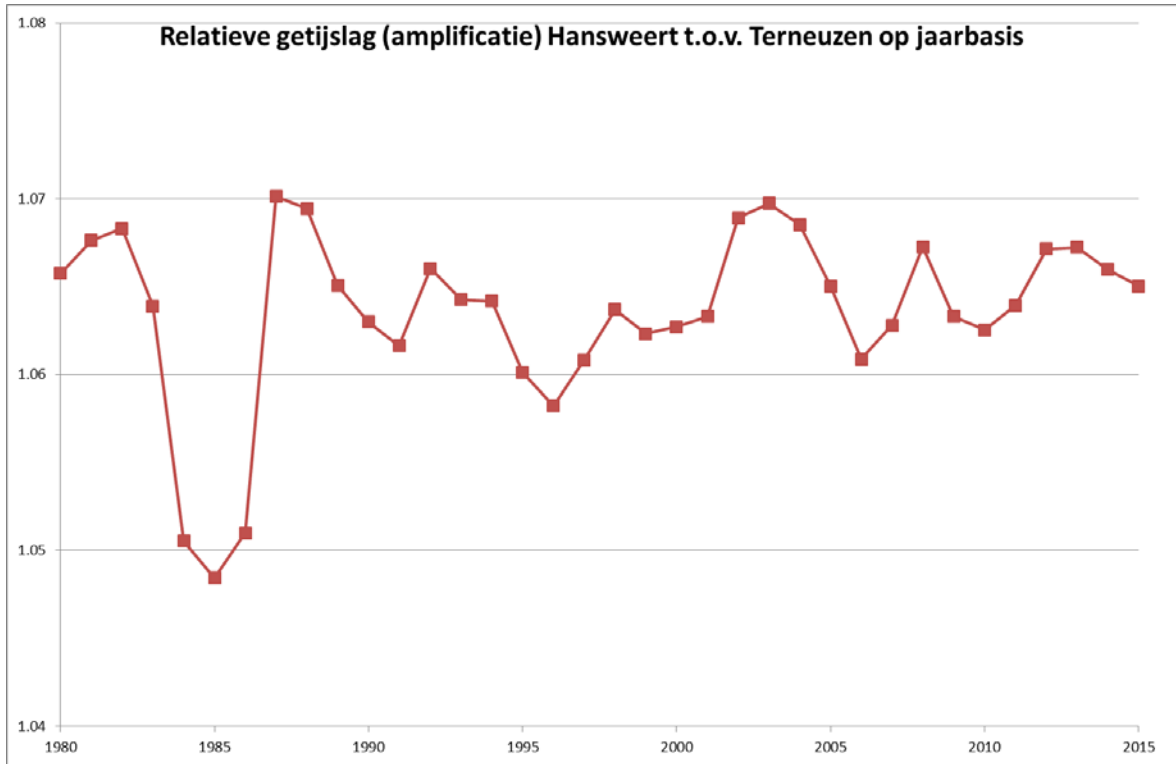


Figuur D-17: Relatieve getijslag Bath t.o.v. Prosperpolder.

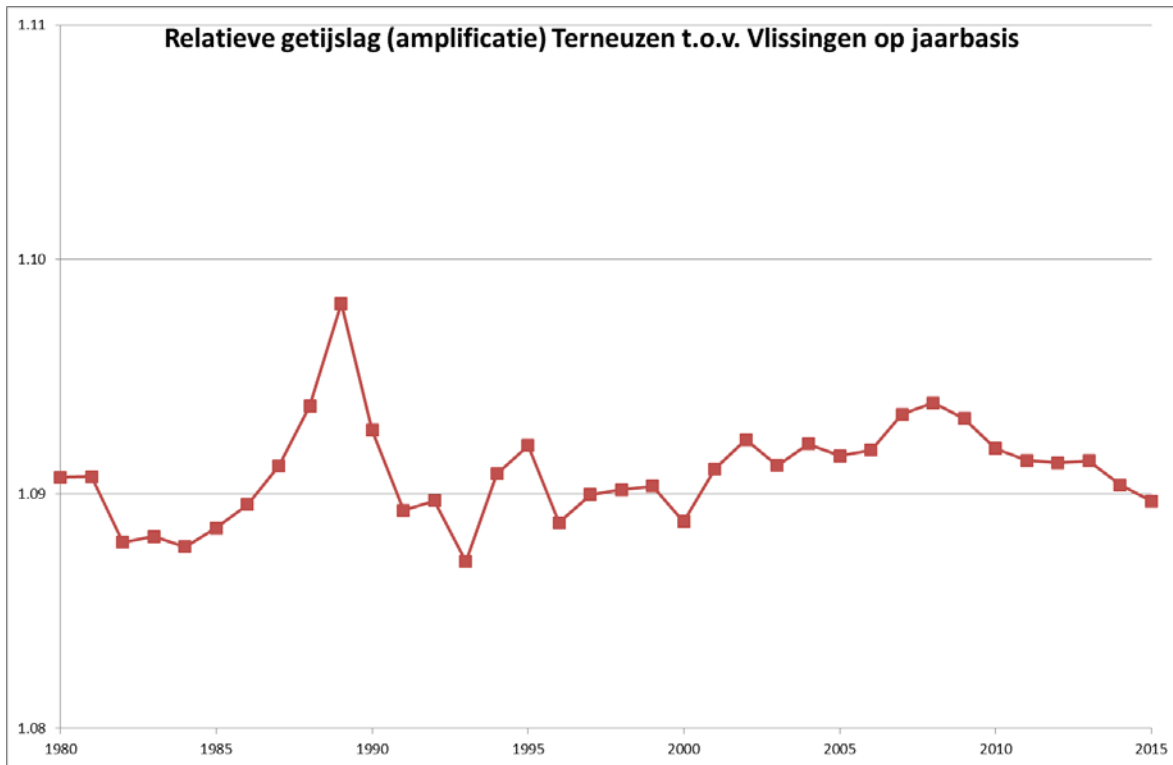
Westerschelde



Figuur D-18: Relatieve getijslag Bath t.o.v. Hansweert (1980-2015).

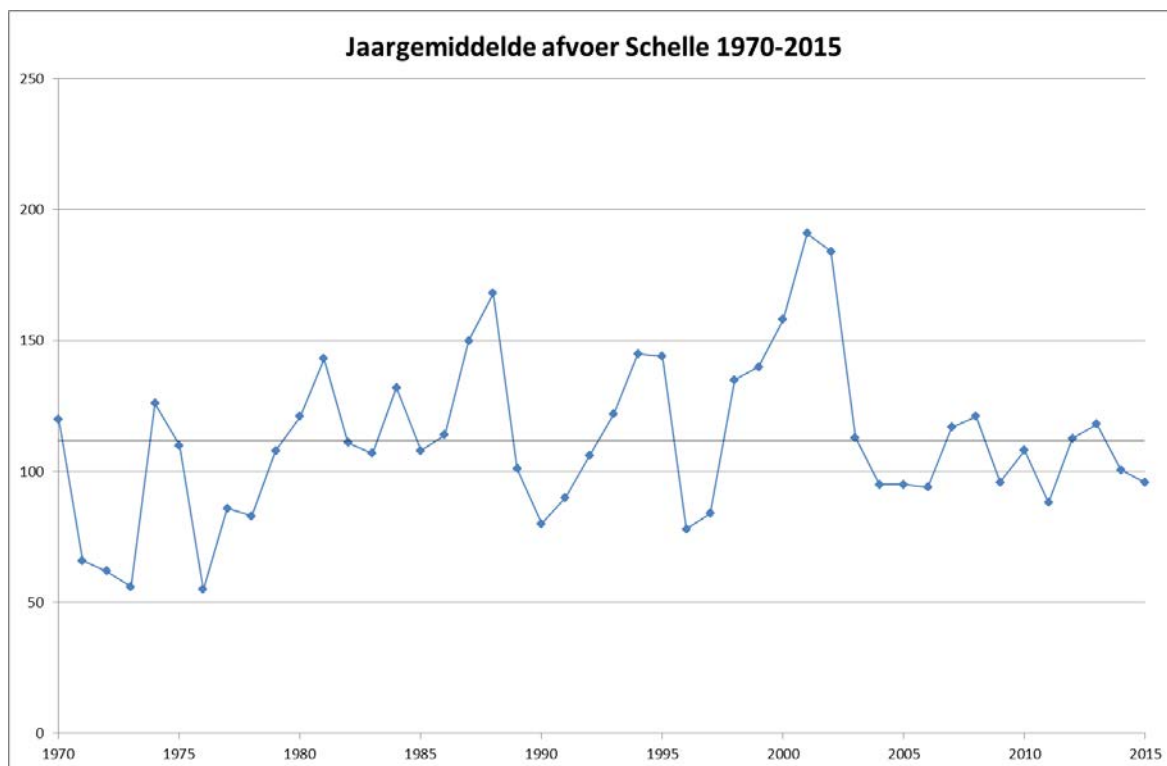


Figuur D-19: Relatieve getijslag Hansweert t.o.v. Terneuzen (1980-2015).



Figuur D-20: Relatieve getijslag Terneuzen t.o.v. Vlissingen (1980-2015).

Achtergrondbijlage D.2: Afvoer te Schelle



Figuur D-21: Jaargemiddelde afvoer te Schelle (1970-2015).

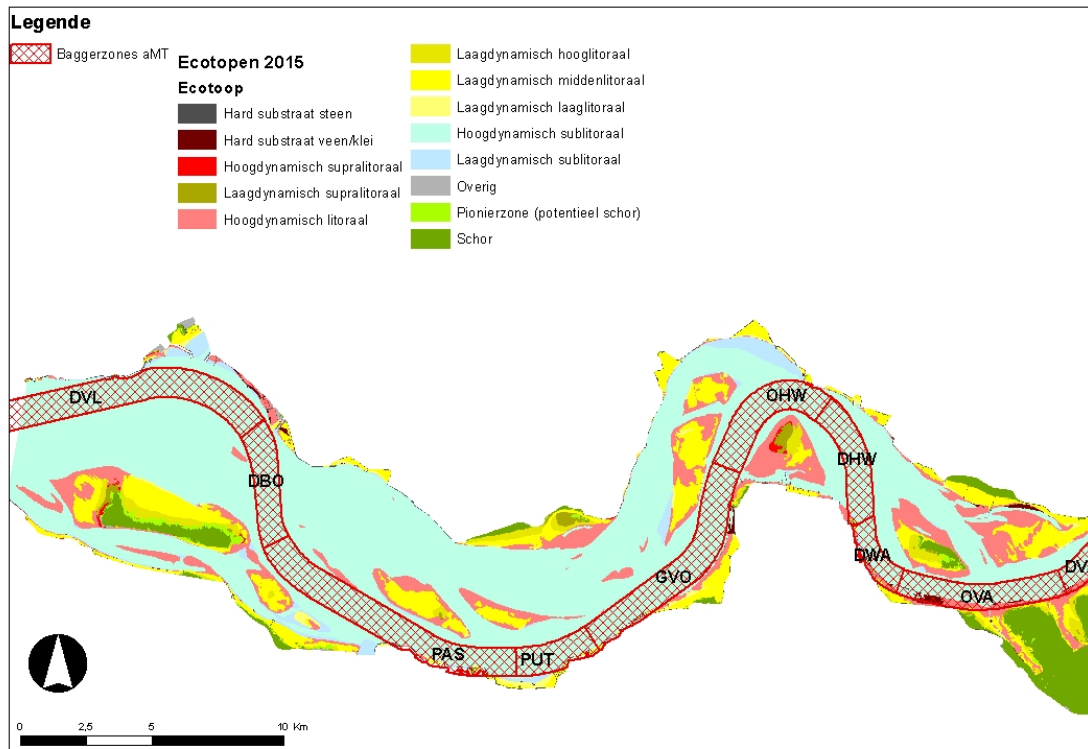
Bijlage E Figuren Bevaarbaarheid

Bijlage E.1 Baggerlocaties

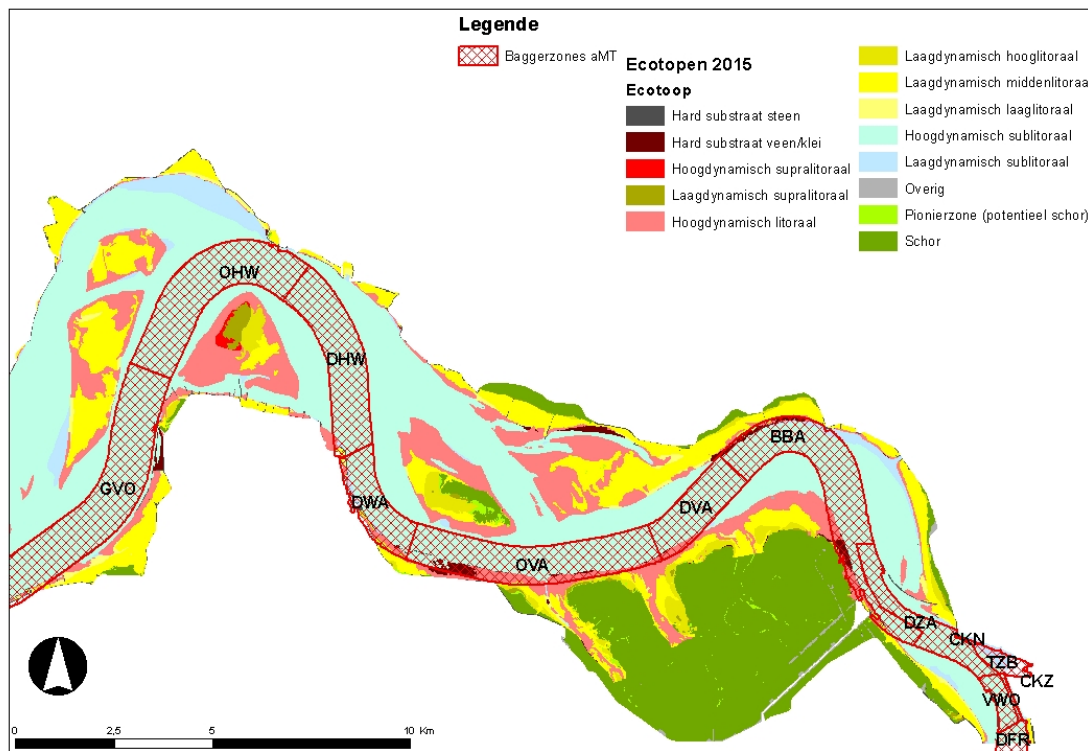
In onderstaande kaarten worden de baggerlocaties weergegeven. Een verklaring voor de afkorting is terug te vinden in onderstaande tabel.

Afkorting	Naam	Deel	Afkorting	Naam	Deel
BBA	Bocht van Bath	WS	DFR	Drempel van Frederik	Be-ZS
DBO	Drempel van Borssele	WS	DGD	Deurganckdok	Be-ZS
DHW	Drempel van Hansweert	WS	DKR	Drempel van Krankeloon	Be-ZS
DVA	Drempel van Valkenisse	WS	DLI	Drempel van Lillo	Be-ZS
DVL	Drempel van Vlissingen	WS	DPA	Drempel van de Parel	Be-ZS
DWA	Drempel van Walsoorden	WS	DZA	Drempel van Zandvliet	Be-ZS
GVO	Gat van Ossenisse	WS	KP	Ketelplaat	Be-ZS
OHW	Overloop van Hansweert	WS	RVA	Rede van Antwerpen	Be-ZS
OVA	Overloop Valkenisse	WS	TBVC	Toegangsegeul Boudewijn/Van Cauwelaertsluis	Be-ZS
PAS	Pas van Terneuzen	WS	TKS	Toegangsegeul Kallosluis	Be-ZS
PUT	Put van Terneuzen	WS	TRS	Toegang Royersluis	Be-ZS
CKN	Noordzeeterminal	Be-ZS	TZB	Toegangsegeul Zandvliet/Berendrechtsluis	Be-ZS
CKZ	Europaterminal	Be-ZS	VWO	Vaarwater Ouden Doel	Be-ZS

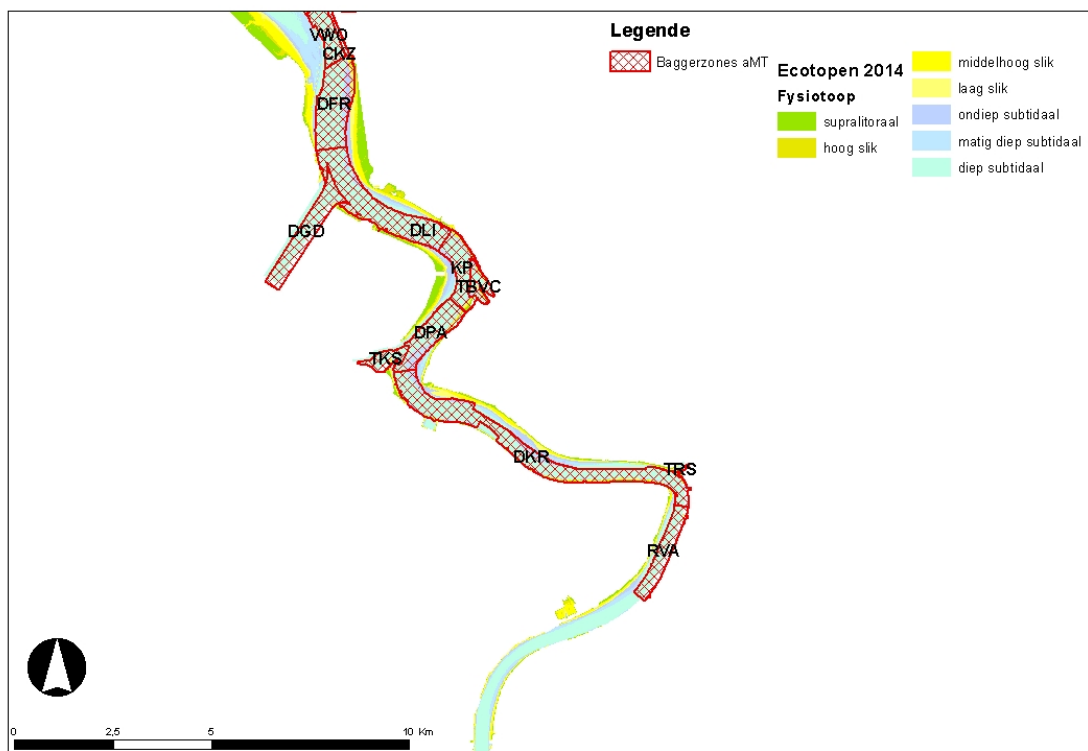
Tabel E-1: Uitleg afkorting baggerlocaties.



Figuur E-1: Baggerlocaties op de Westerschelde met aanduiding van de ecotopen (Ecotopenkaart Westerschelde 2015).



Figuur E-2: Baggerlocaties op de Westerschelde met aanduiding van de ecotopen (Ecotopenkaart Westerschelde 2015).



Figuur E-3: Baggerlocaties op de Beneden-Zeeschelde met aanduiding van de fysiotoepen (Ecotopenkaart Beneden-Zeeschelde 2014).

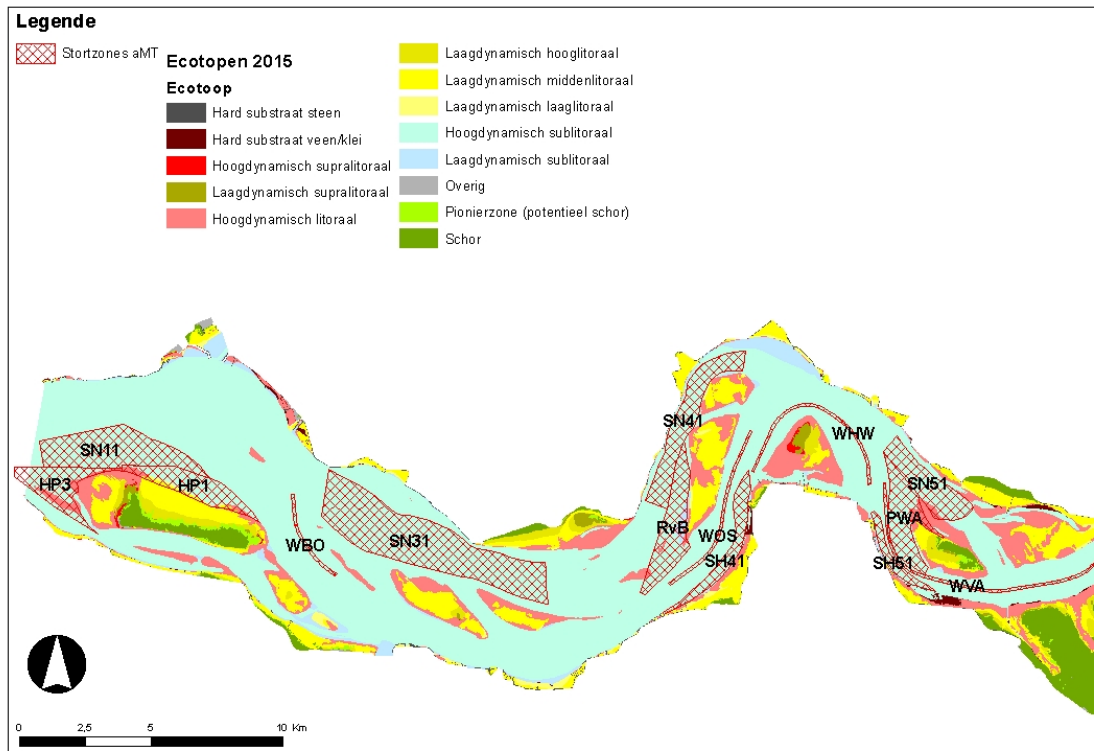
Bijlage E.2 Stortlocaties

Afkorting	Naam	Deel	Afkorting	Naam	Deel
S1	Bruggen & Wegen S1	Monding	SN41	SN41	WS
S2	Bruggen & Wegen S2	Monding	SN51	SN51	WS
S26	Stortzone W5 - Vak 26	Monding	SN61	SN61	WS
W2	Wielingen Stortzone	Monding	WBA	Werkzone Bath	WS
ZBO	Bruggen & Wegen Zeebrugge Oost	Monding	WBO	Werkzone Borssele	WS
ZVE	Kust Zeeuws Vlaanderen bij eb	Monding	WHW	Werkzone Hansweert	WS
ZVV	Kust Zeeuws Vlaanderen bij vloed	Monding	WOS	Werkzone Ossenisse	WS
HP1	Hooge Platen Noord	WS	WVA	Werkzone Valkenisse	WS
HP3	Hooge Platen West	WS	OWL	Oosterweel (Plaat van Boomke)	Be-ZS
PWA	Plaat van Walsoorden	WS	PSA	Natuurlijke putten in de Schelde (deel Antwerpen)	Be-ZS
RvB	Rug van Baarland	WS	PSO	Natuurlijke putten in de Schelde (deel Oost-Vlaanderen)	Be-ZS
SH41	SH41	WS	PVM	Punt van Melsele	Be-ZS
SH51	SH51	WS	SH71	SH71	Be-ZS
SH61	SH61	WS	SOD	Schaar Ouden Doel	Be-ZS
SN11	SN11	WS	VVH	Vlakte van Hoboken	Be-ZS
SN31	SN31	WS			

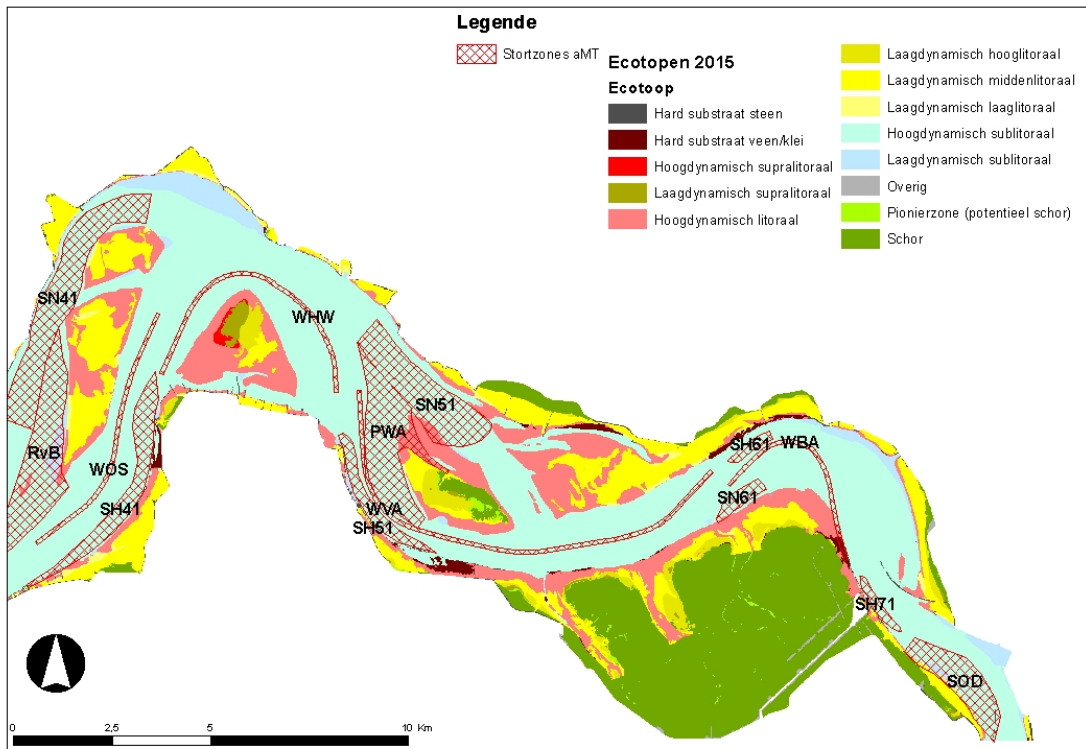
Tabel E-2: Uitleg afkorting stortlocaties.



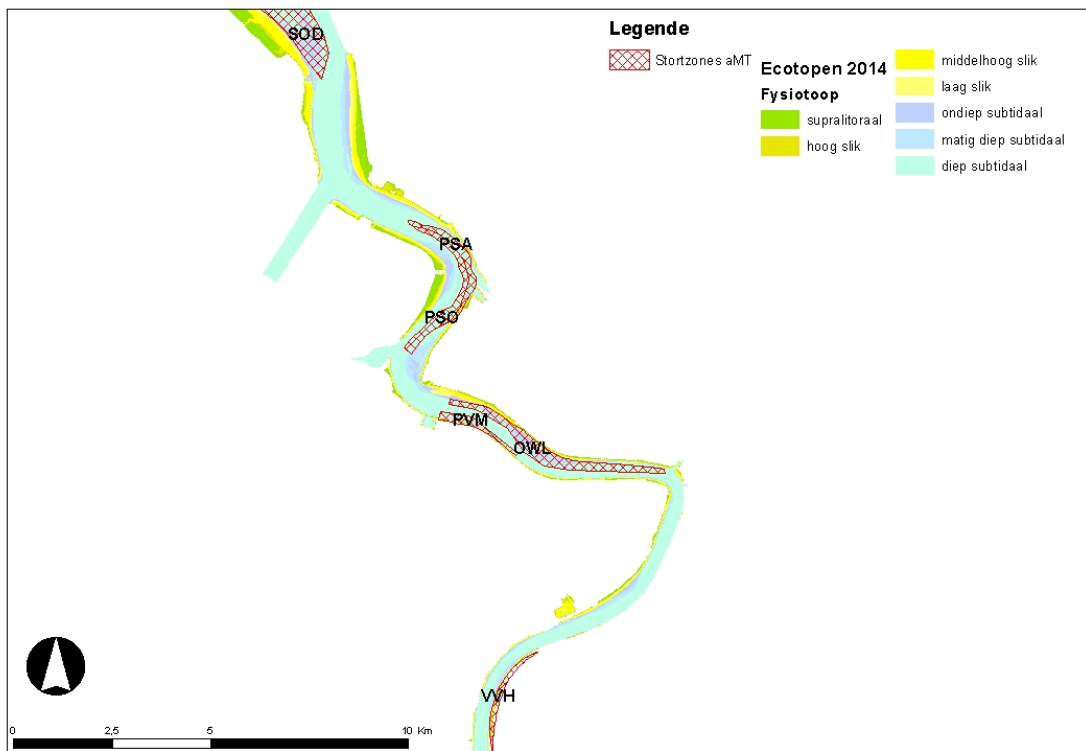
Figuur E-4: Stortlocaties in de monding met aanduiding van de – 10 en -20 m+NAP lijn (Bathymetrie 2014).



Figuur E-5: Stortlocaties op de Westerschelde met aanduiding van de ecotopen (Ecotopenkaart Westerschelde 2015).

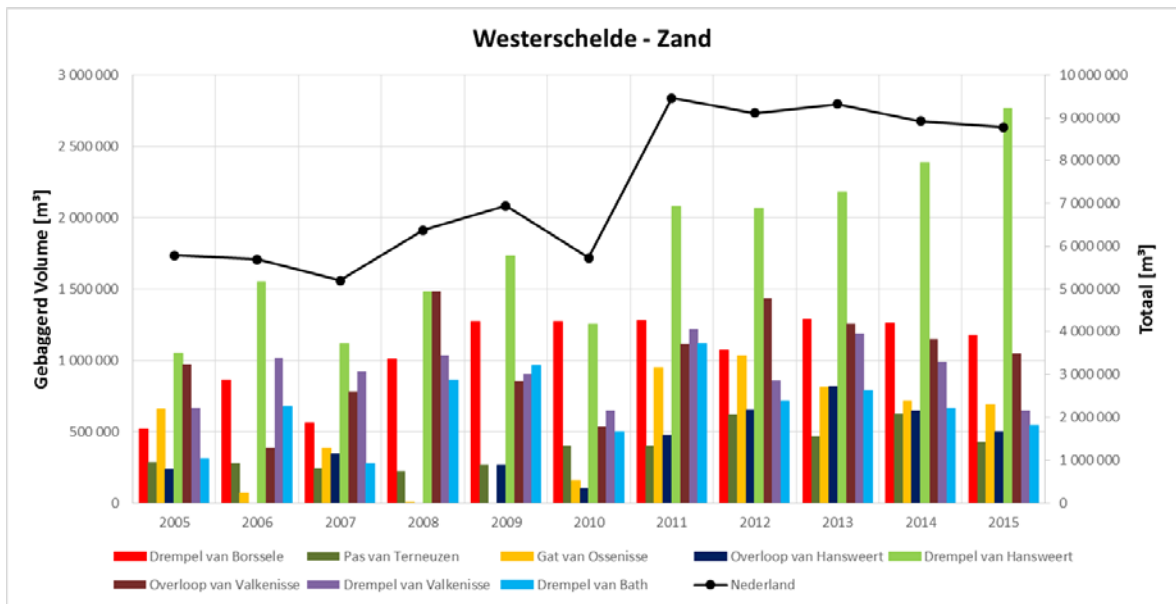


Figuur E-6: Stortlocaties op de Westerschelde met aanduiding van de ecotopen (Ecotopenkaart Westerschelde 2015).

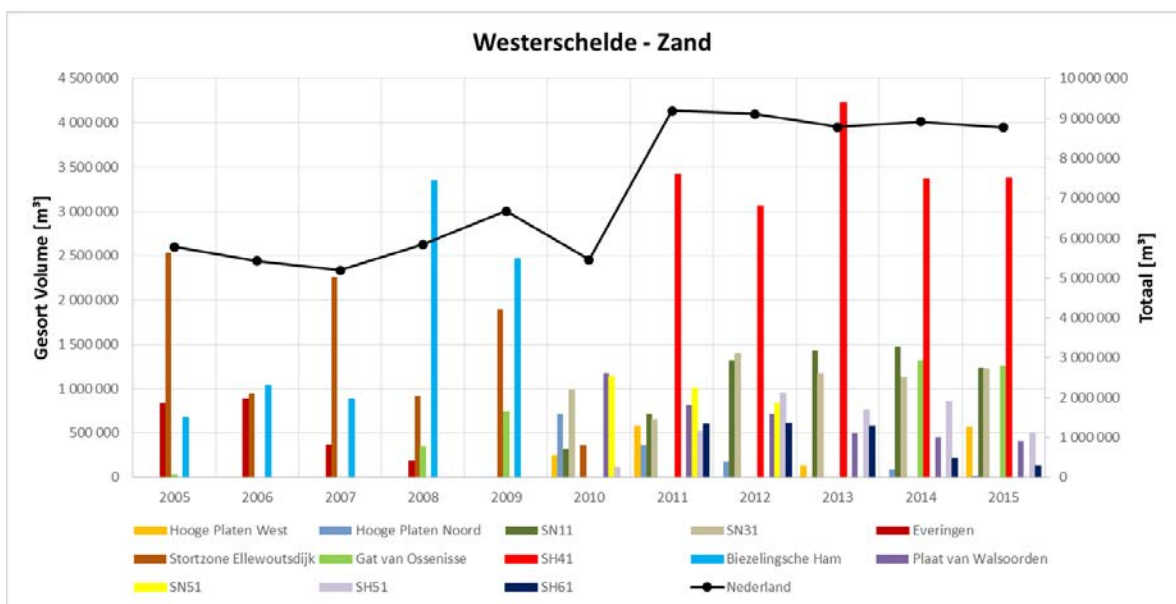


Figuur E-7: Stortlocaties op de Beneden-Zeeschelde met aanduiding van de ecotopen (Ecotopenkaart Beneden-Zeeschelde 2014).

Bijlage E.3 Onderhoudsbaggerwerk Westerschelde

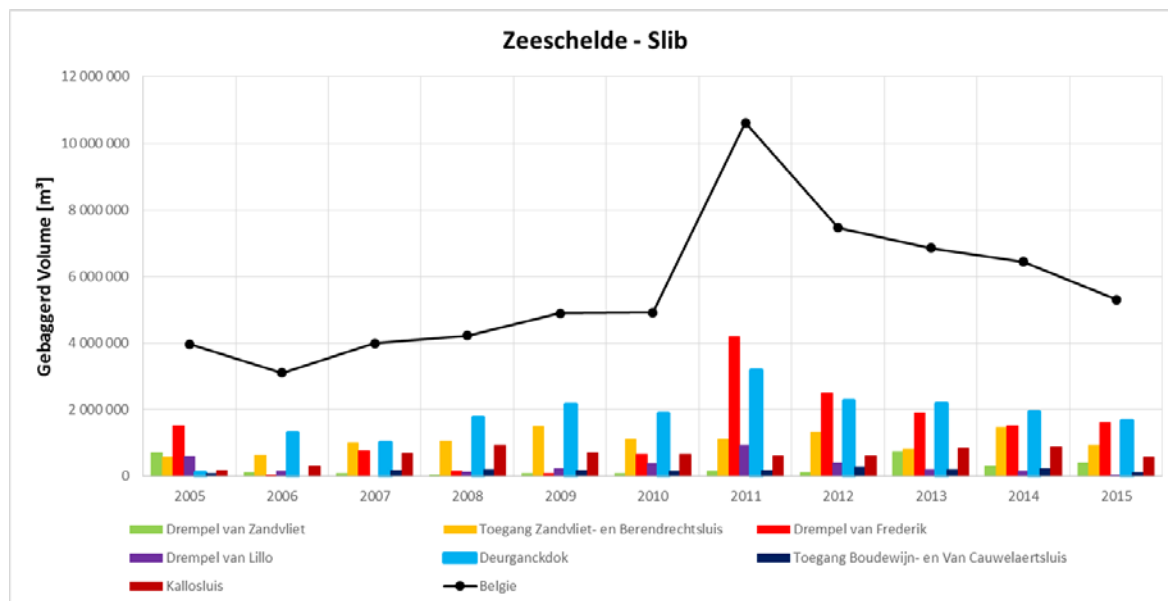


Figuur E-8: Onderhoudsbaggerwerken [m³ in situ] op de Westerschelde gealloceerd naar de belangrijkste (in volume) baggerlocaties (Bron: Afdeling Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid).

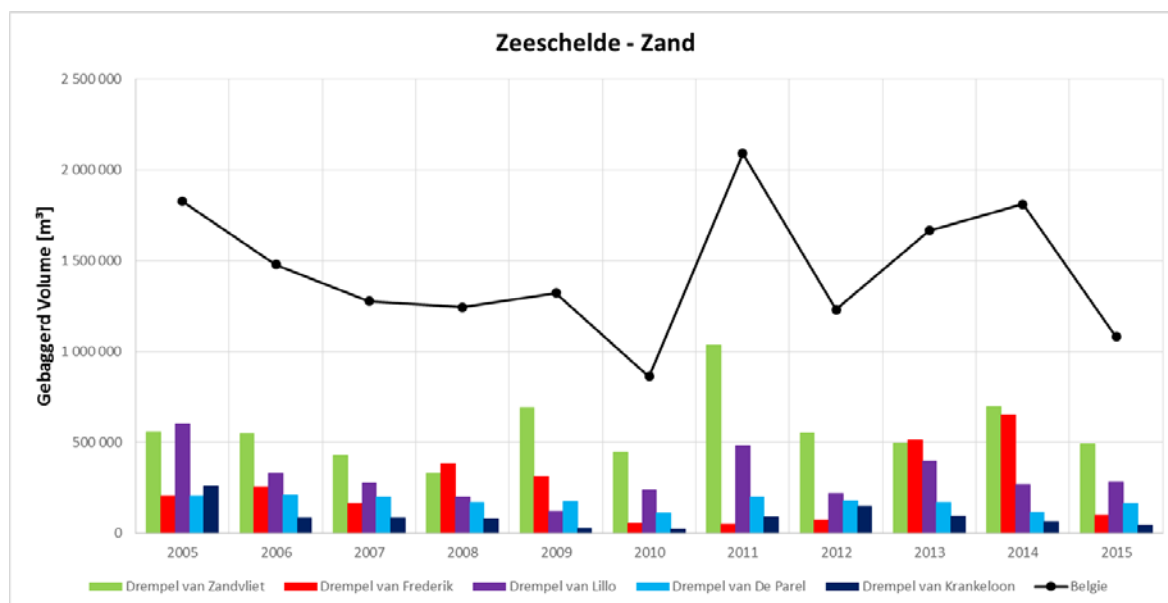


Figuur E-9: Onderhoudsbaggerwerken [m³ in situ] op de Westerschelde gealloceerd naar de belangrijkste (in volume) stortlocaties (Bron: Afdeling Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid).

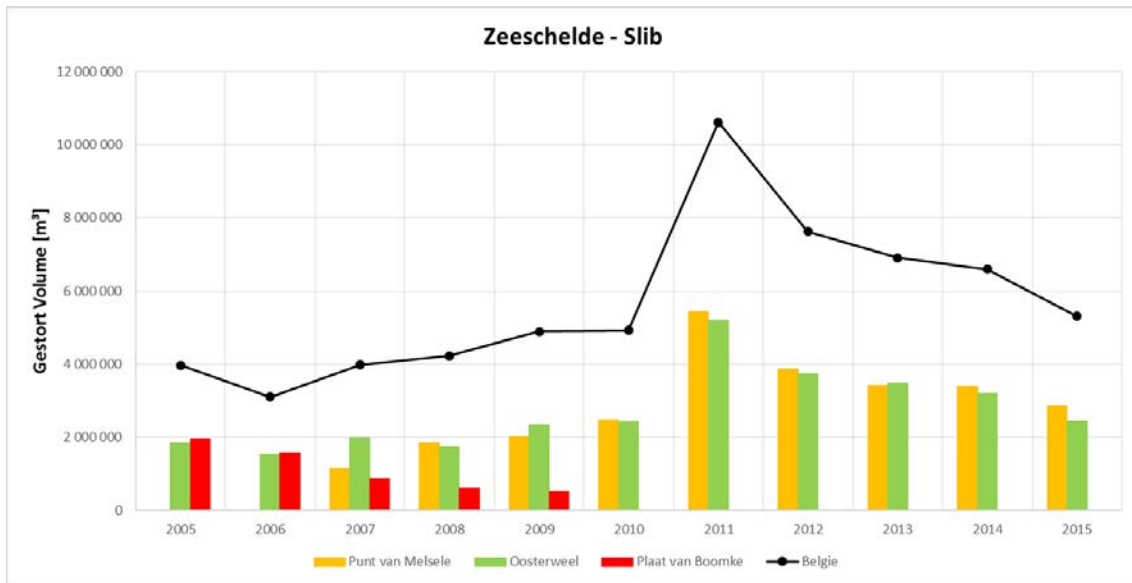
Bijlage E.4 Onderhoudsbaggerwerk Beneden-Zeeschelde



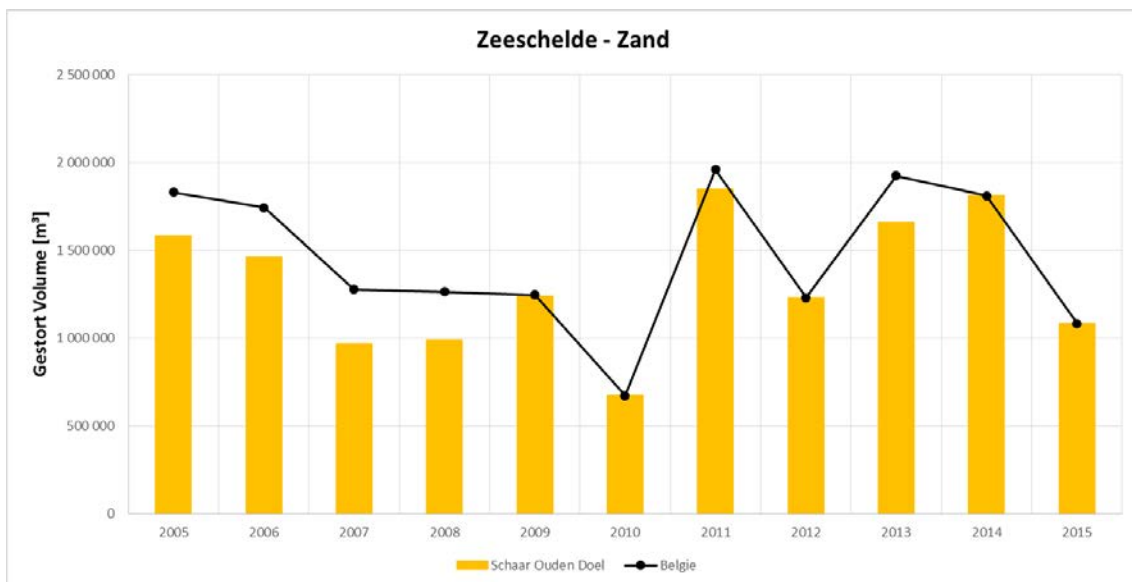
Figuur E-10: Onderhoudsbaggervolumes slib [m³ in situ] op de Zeeschelde gealloceerd naar de belangrijkste (in volume) baggerlocaties (Bron: Afdeling Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid).



Figuur E-11: Onderhoudsbaggervolumes zand [m³ in situ] op de Zeeschelde gealloceerd naar de belangrijkste (in volume) baggerlocaties (Bron: Afdeling Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid).



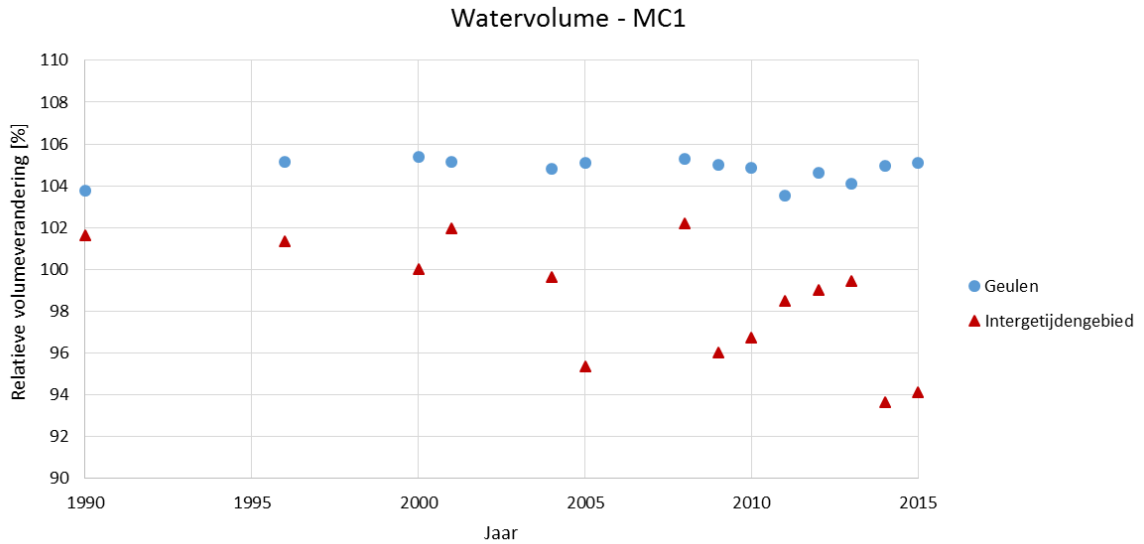
Figuur E-12: Onderhoudsbagger volumes slib [m³ in situ] op de Zeeschelde gealloceerd naar de belangrijkste (in volume) stortlocaties (Bron: Afdeling Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid).



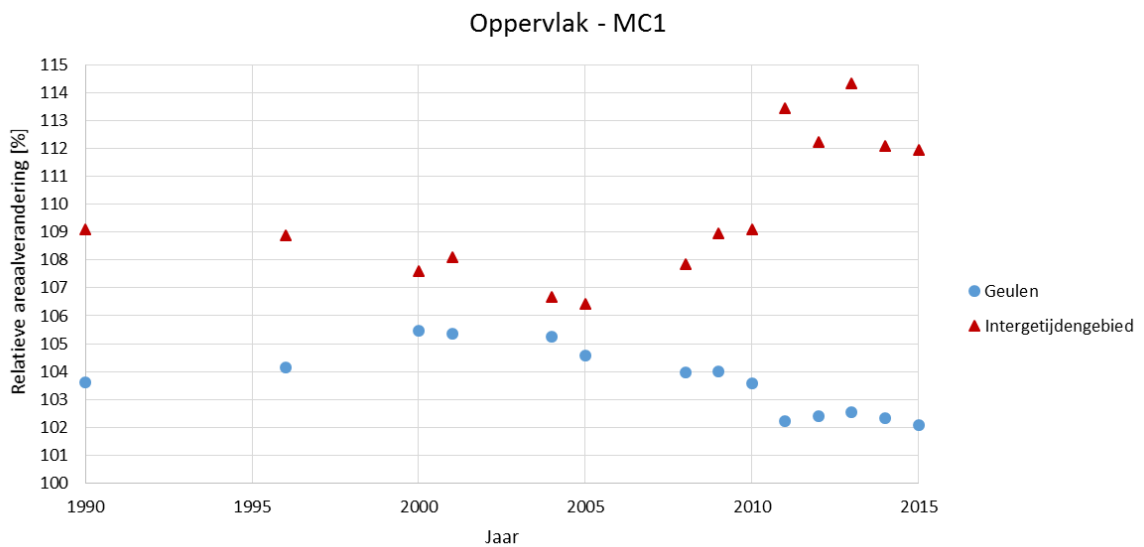
Figuur E-13: Onderhoudsbagger volumes zand [m³ in situ] op de Zeeschelde gealloceerd naar de belangrijkste (in volume) stortlocaties (Bron: Afdeling Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid).

Bijlage F Figuren Plaat- en Geulstelsysteem

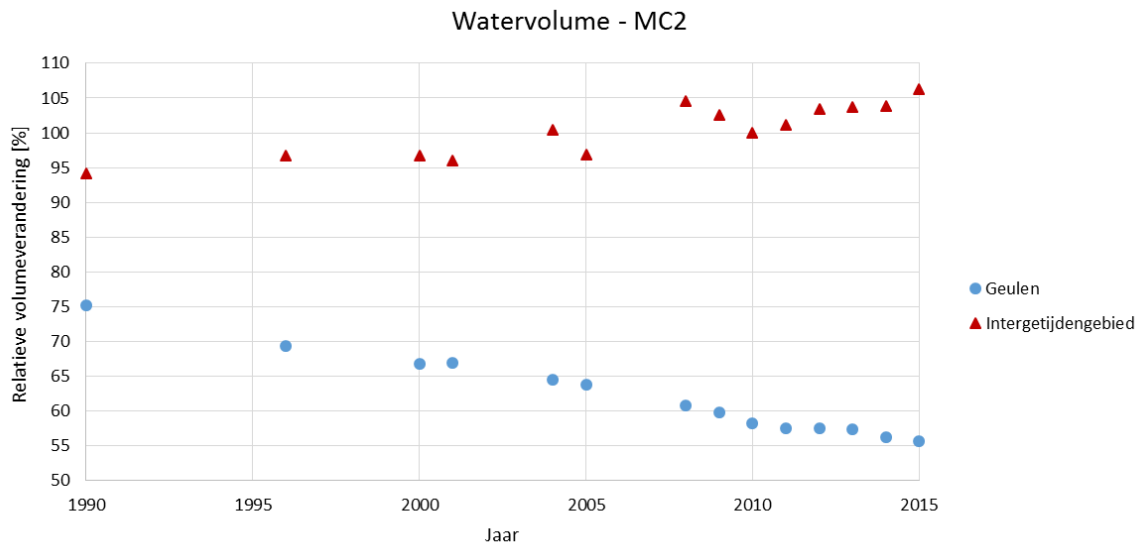
Bijlage F.1 Dimensies Meergeulensysteem



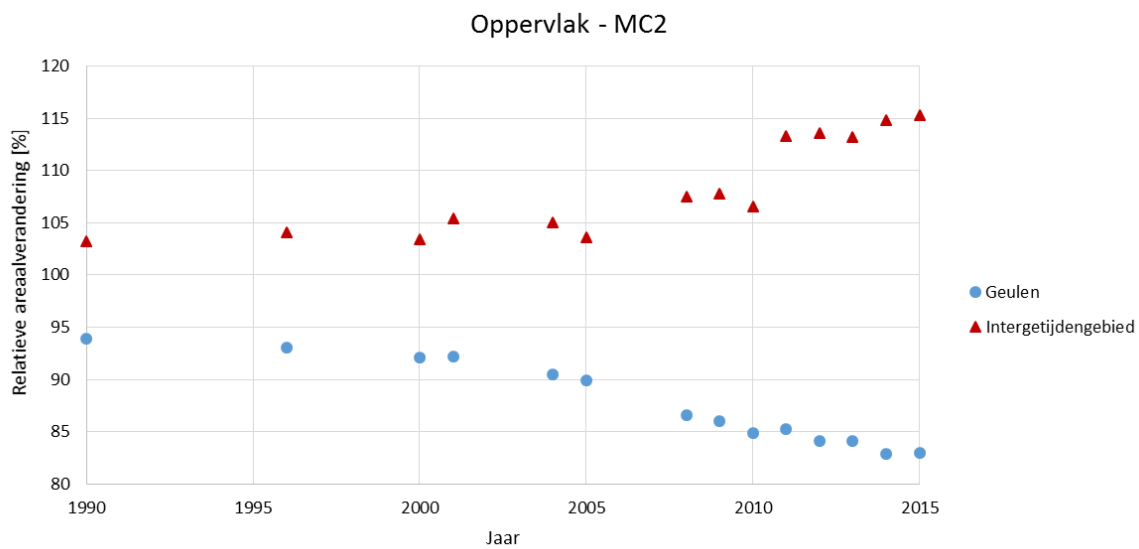
Figuur F-1: MC1: Wijziging in het watervolume in de geulen (gedefinieerd beneden -5 m NAP) en het maximale watervolume dat geborgen kan worden in het intergetijdengebied (gedefinieerd tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.



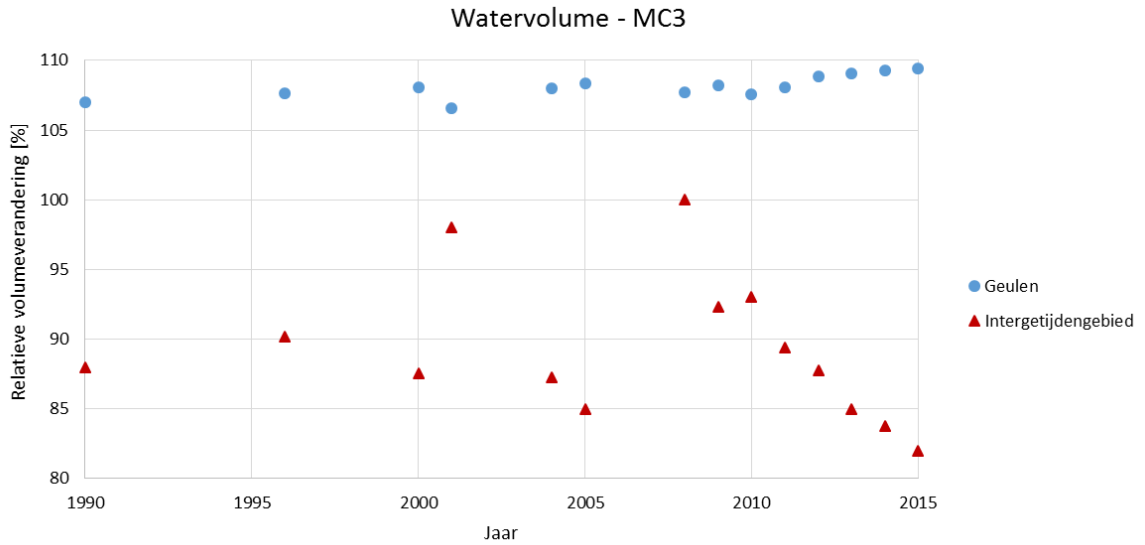
Figuur F-2: MC1: Wijziging in het wateroppervlak van de geulen (gedefinieerd als wateroppervlak bij -5 m NAP) en het oppervlak intergetijdengebied (oppervlakte tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.



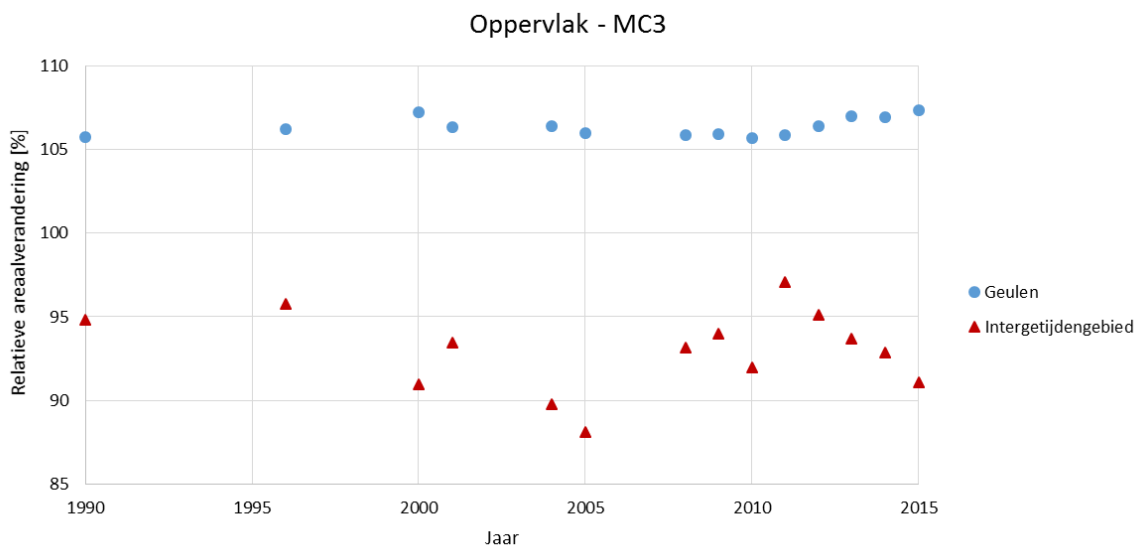
Figuur F-3: MC2: Wijziging in het watervolume in de geulen (gedefinieerd beneden -5 m NAP) en het maximale watervolume dat geborgen kan worden in het intergetijdengebied (gedefinieerd tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.



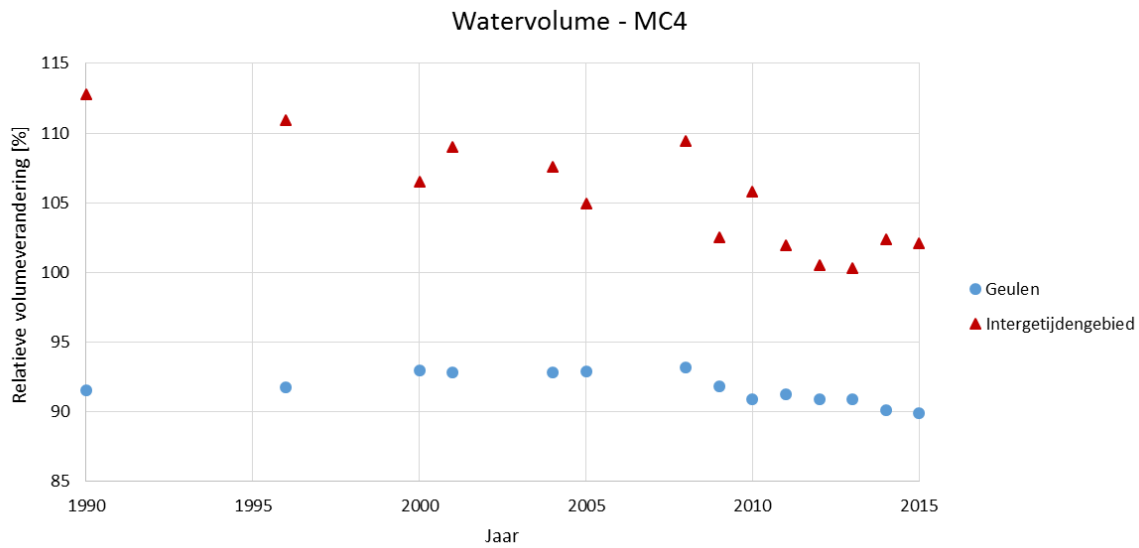
Figuur F-4: MC2: Wijziging in het wateroppervlak van de geulen (gedefinieerd als wateroppervlak bij -5 m NAP) en het oppervlak intergetijdengebied (oppervlakte tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.



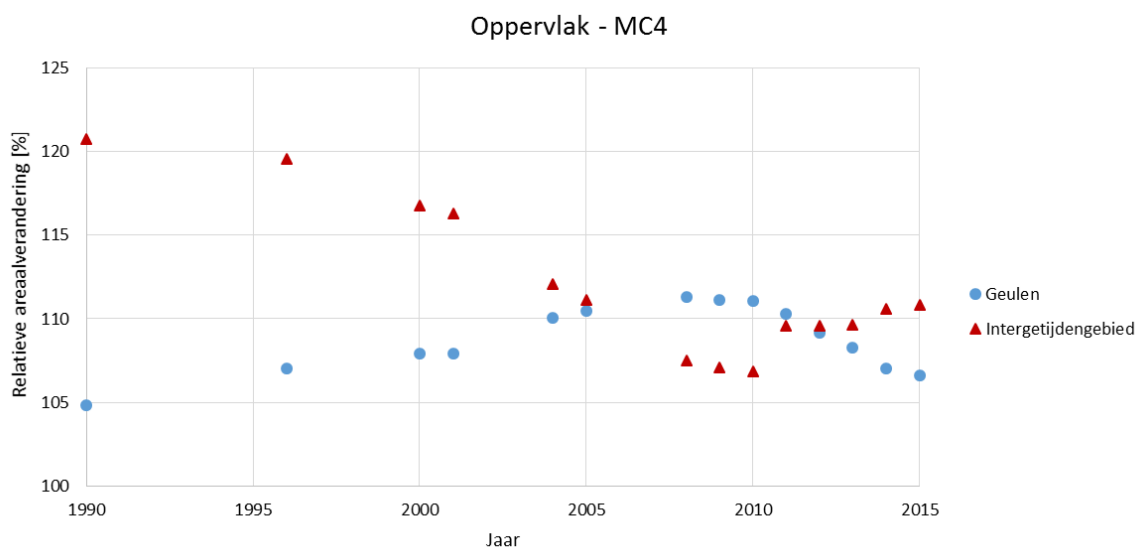
Figuur F-5: MC3: Wijziging in het watervolume in de geulen (gedefinieerd beneden -5 m NAP) en het maximale watervolume dat geborgen kan worden in het intergetijdengebied (gedefinieerd tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.



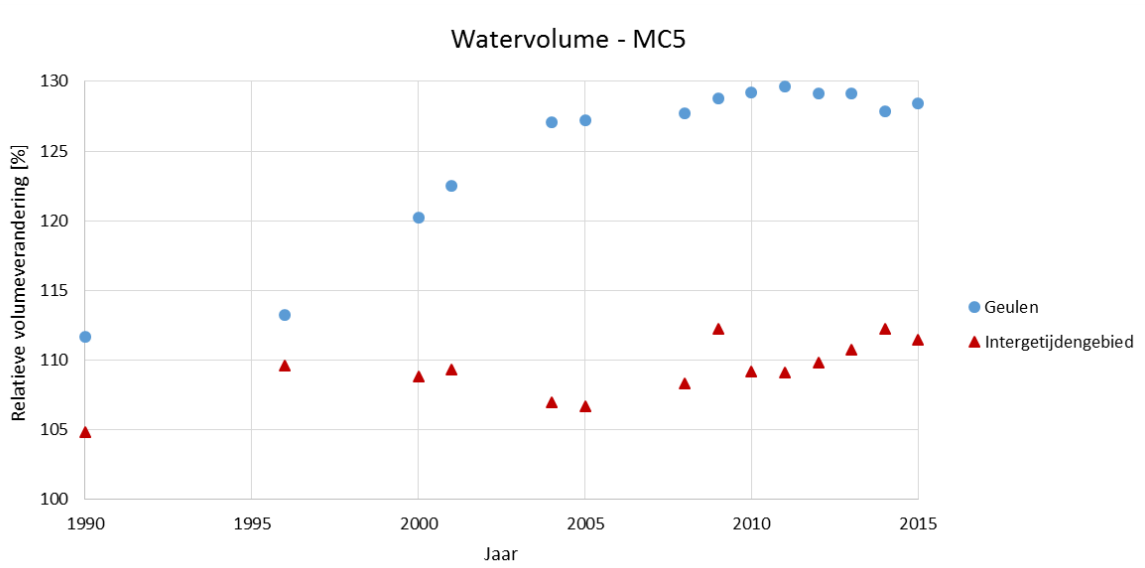
Figuur F-6: MC3: Wijziging in het wateroppervlak van de geulen (gedefinieerd als wateroppervlak bij -5 m NAP) en het oppervlak intergetijdengebied (oppervlakte tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.



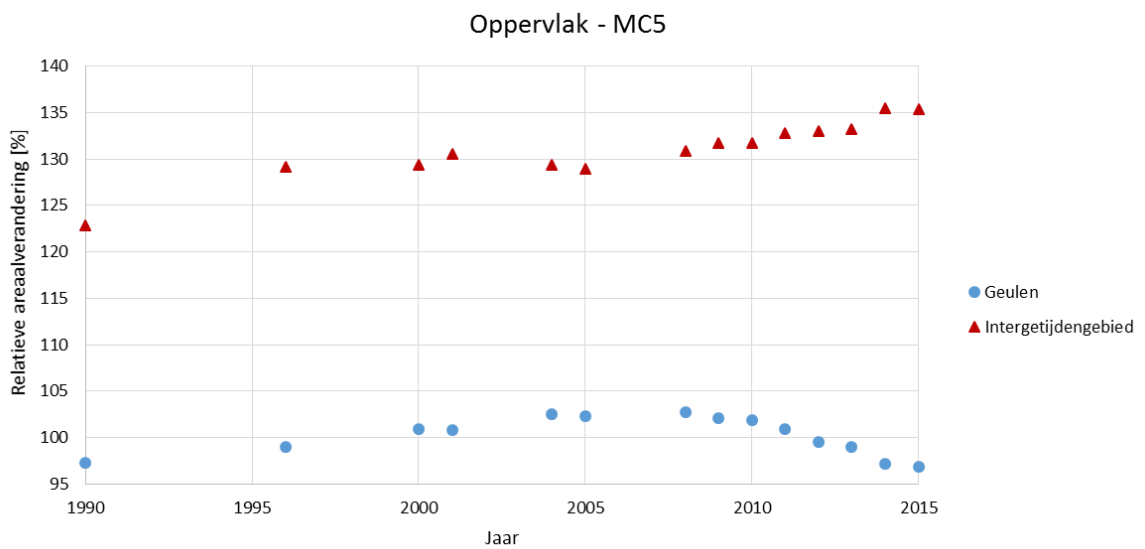
Figuur F-7: MC4: Wijziging in het watervolume in de geulen (gedefinieerd beneden -5 m NAP) en het maximale watervolume dat geborgen kan worden in het intergetijdengebied (gedefinieerd tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.



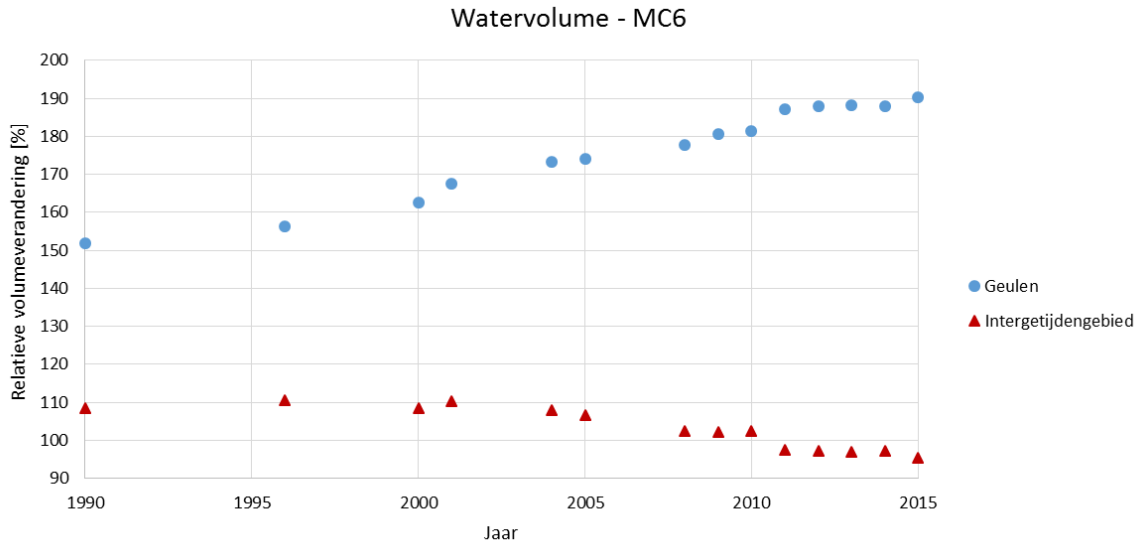
Figuur F-8: MC4: Wijziging in het wateroppervlak van de geulen (gedefinieerd als wateroppervlak bij -5 m NAP) en het oppervlak intergetijdengebied (oppervlakte tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.



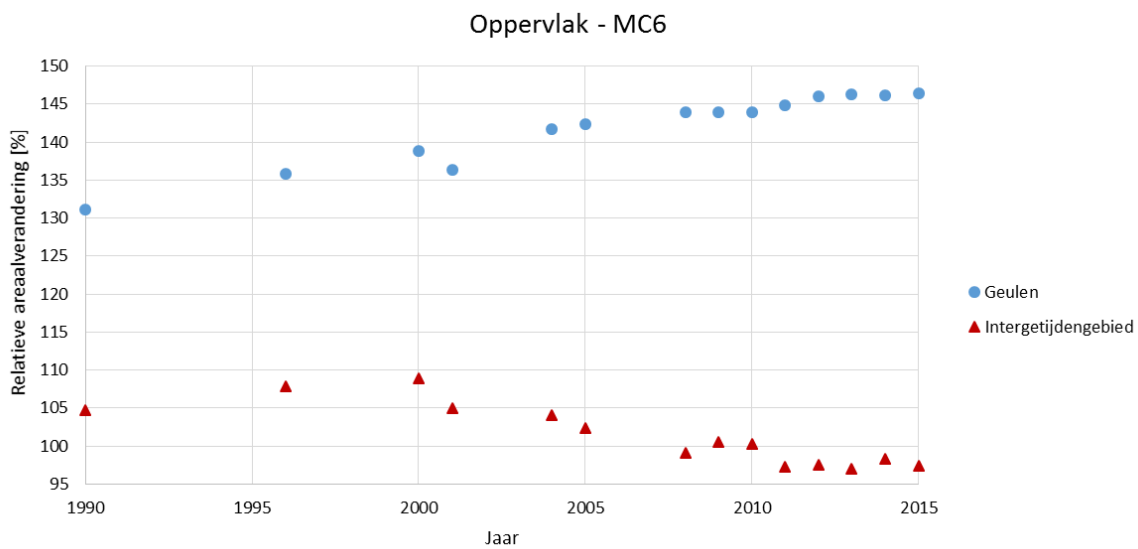
Figuur F-9: MC5: Wijziging in het watervolume in de geulen (gedefinieerd beneden -5 m NAP) en het maximale watervolume dat geborgen kan worden in het intergetijdengebied (gedefinieerd tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.



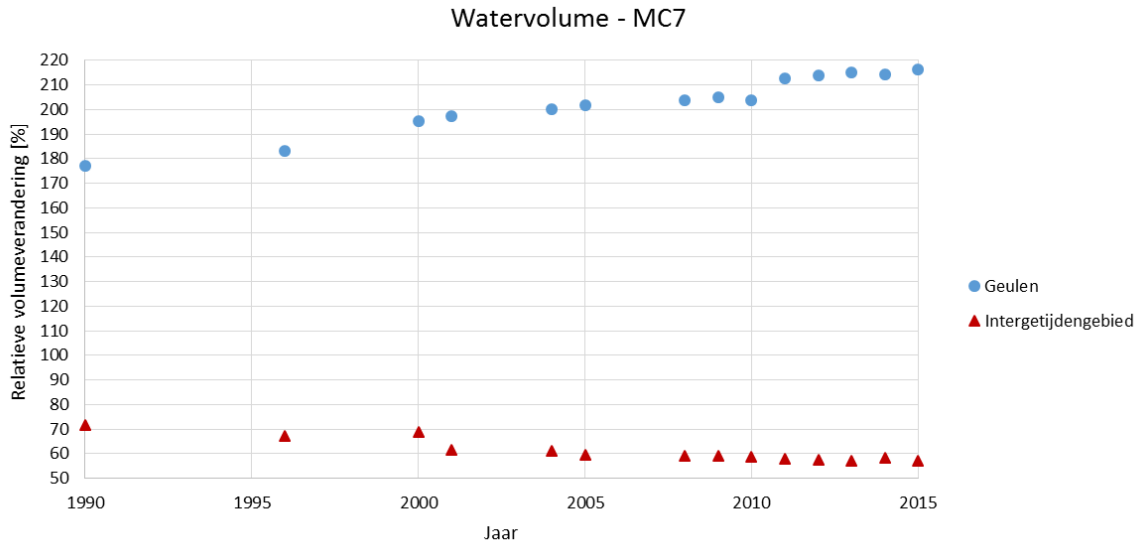
Figuur F-10: MC5: Wijziging in het wateroppervlak van de geulen (gedefinieerd als wateroppervlak bij -5 m NAP) en het oppervlak intergetijdengebied (oppervlakte tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.



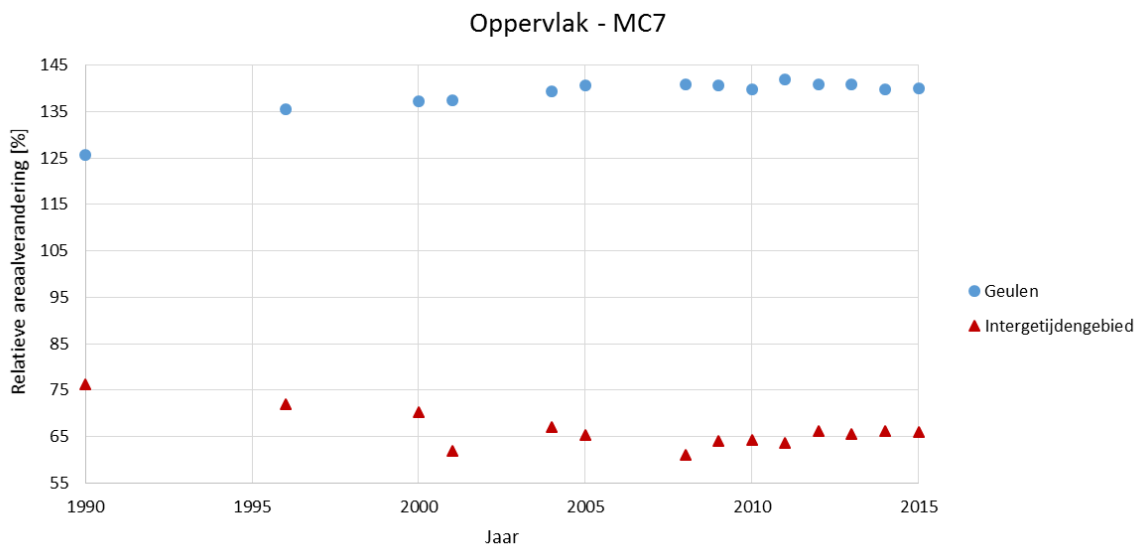
Figuur F-11: MC6: Wijziging in het watervolume in de geulen (gedefinieerd beneden -5 m NAP) en het maximale watervolume dat geborgen kan worden in het intergetijdengebied (gedefinieerd tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.



Figuur F-12: MC6: Wijziging in het wateroppervlak van de geulen (gedefinieerd als wateroppervlak bij -5 m NAP) en het oppervlak intergetijdengebied (oppervlakte tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.

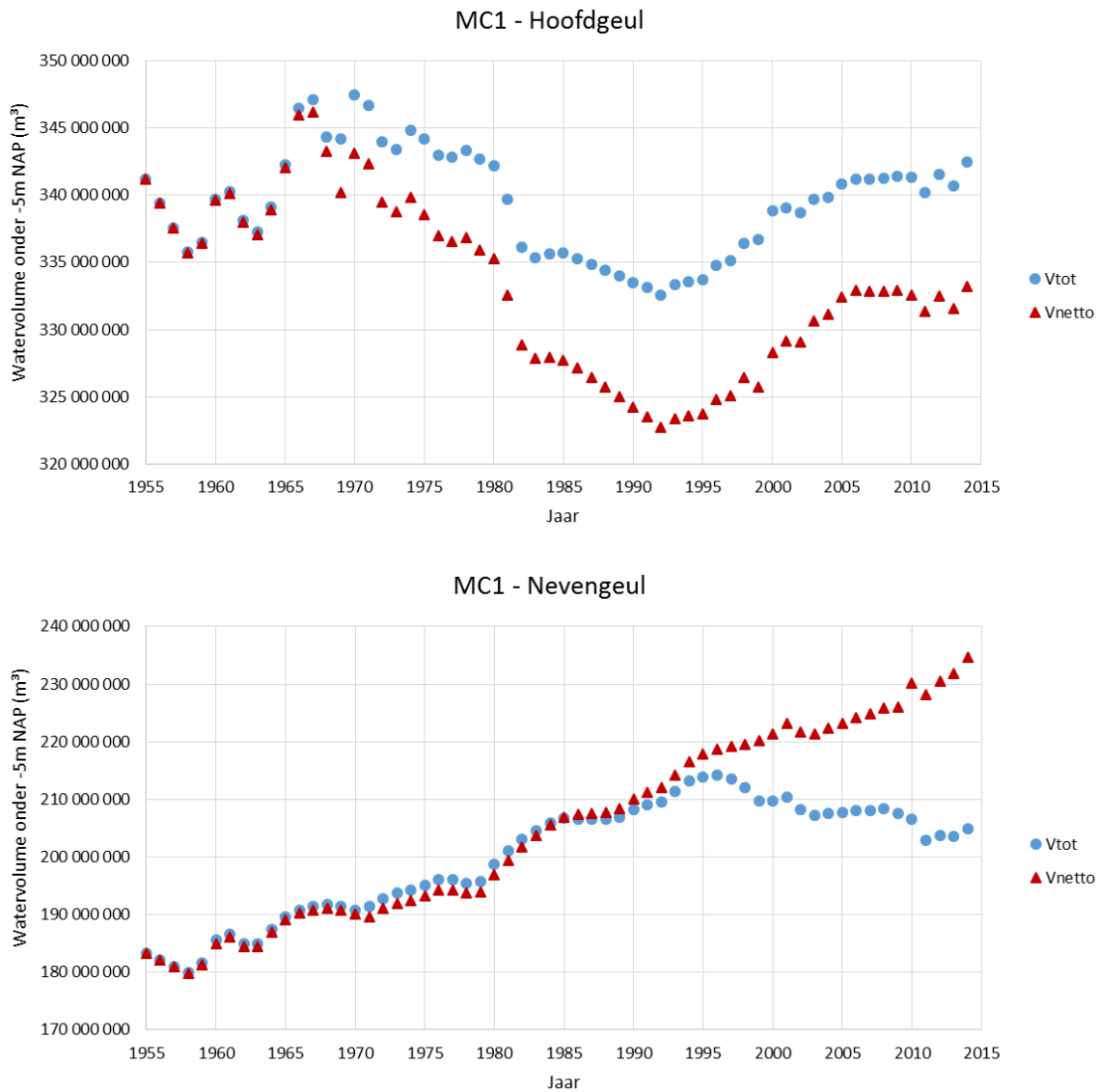


Figuur F-13: MC7: Wijziging in het watervolume in de geulen (gedefinieerd beneden -5 m NAP) en het maximale watervolume dat geborgen kan worden in het intergetijdengebied (gedefinieerd tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.

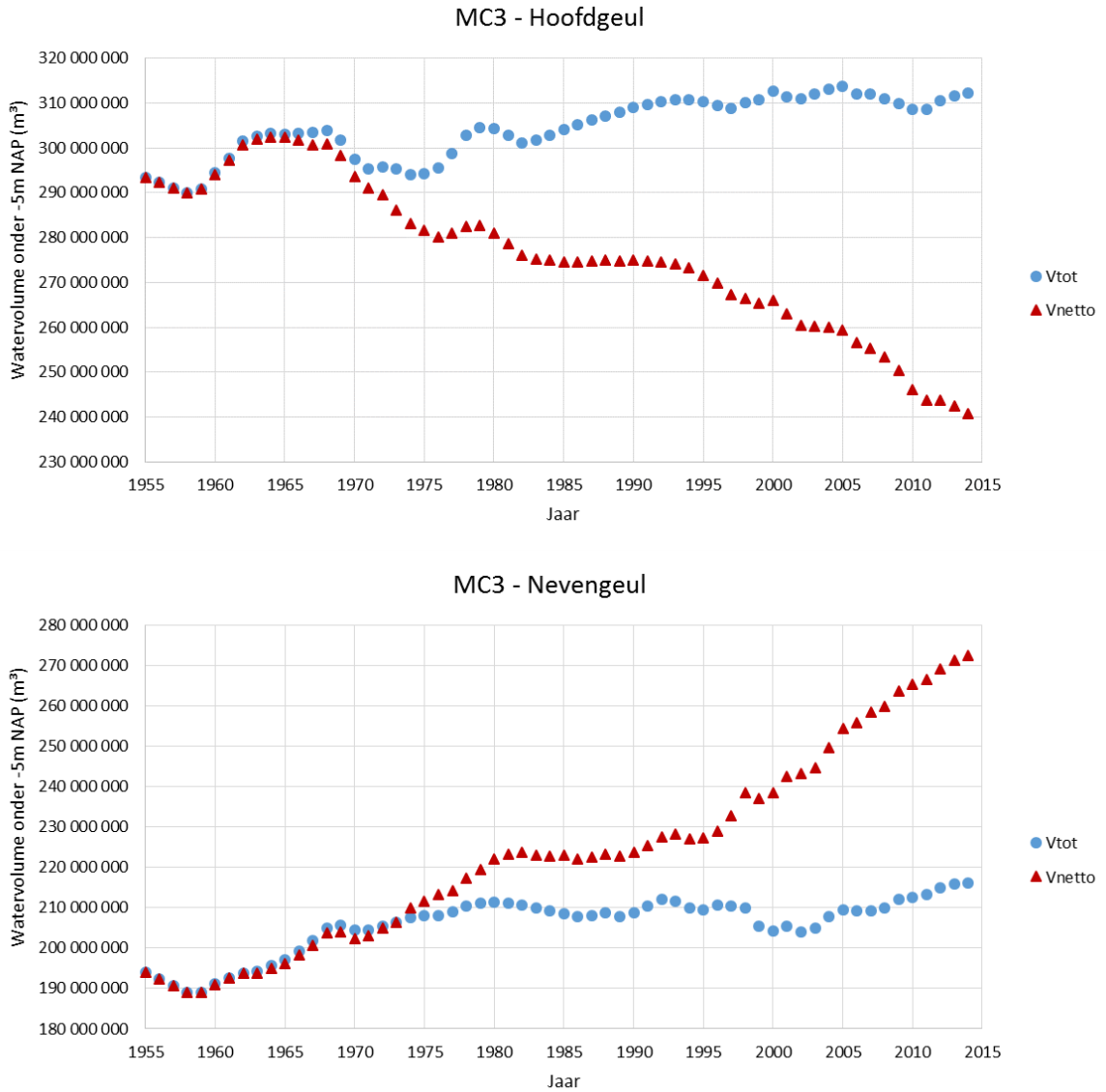


Figuur F-14: MC7: Wijziging in het wateroppervlak van de geulen (gedefinieerd als wateroppervlak bij -5 m NAP) en het oppervlak intergetijdengebied (oppervlakte tussen -2 m NAP en +3,5 m NAP). De waarden zijn relatief weergegeven ten op zichte van de situatie in 1955.

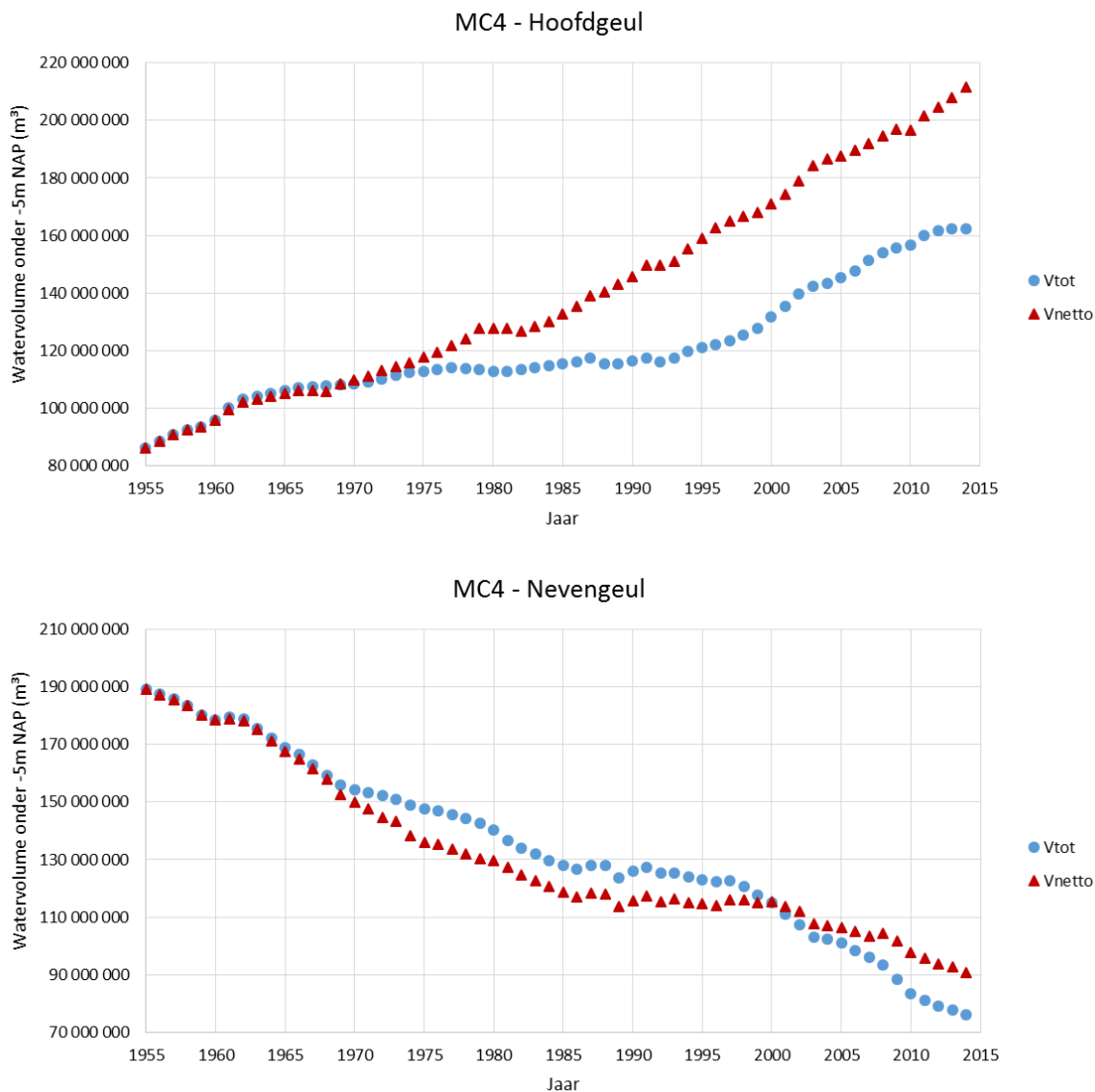
Bijlage F.2 Watervolume geulen versus ingrepen



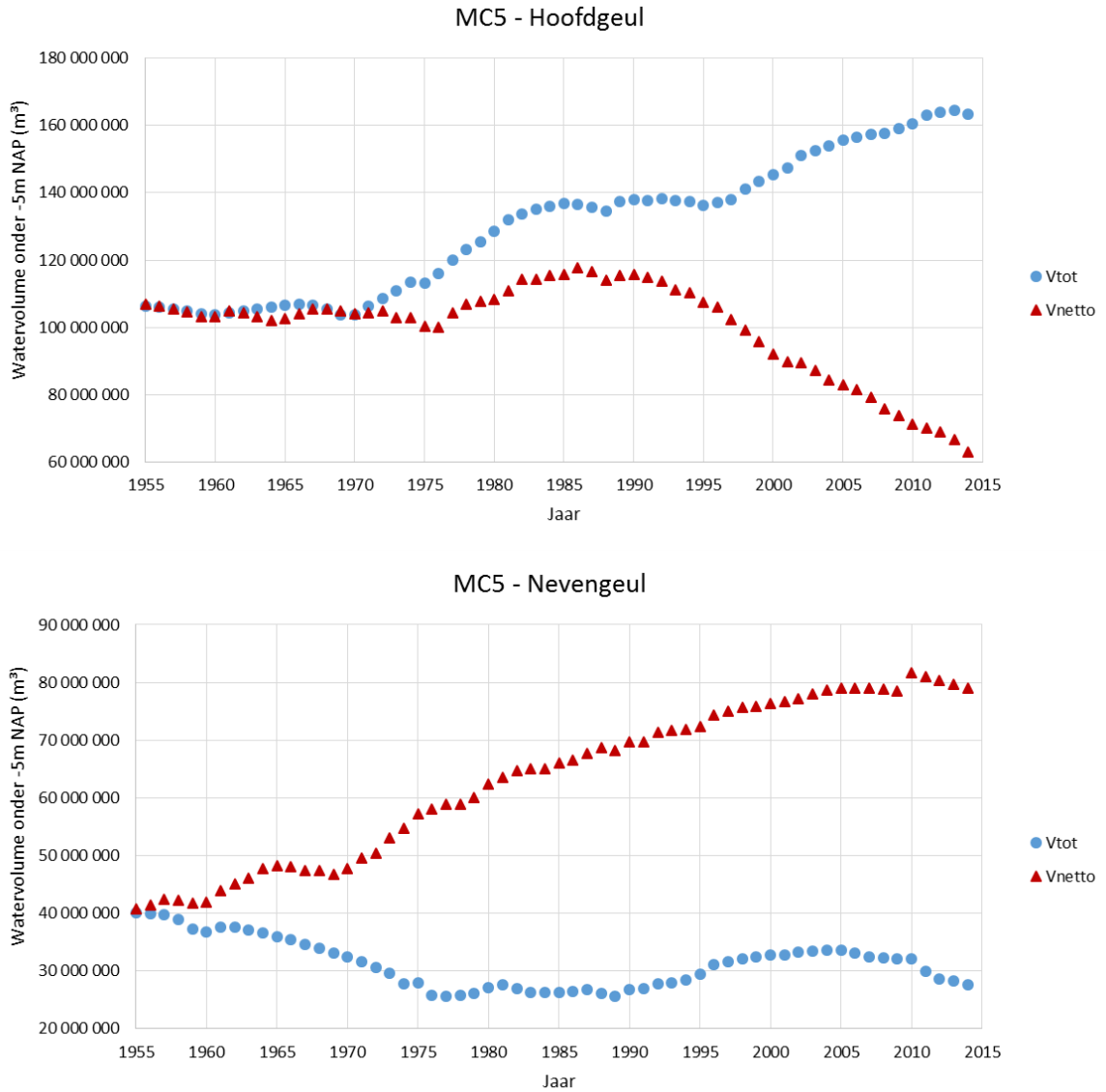
Figuur F-15: Ontwikkeling in watervolume [m³] van de geulen (onder NAP -5m) voor de hoofd- (Boven) en nevengeul (Onder) van Macrocel 1. De grafieken presenteren de waargenomen jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) en de netto jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) die verkregen wordt door ΔV_{tot} te verminderen met het netto volume van ingrepen (Bron: RWS ZD).



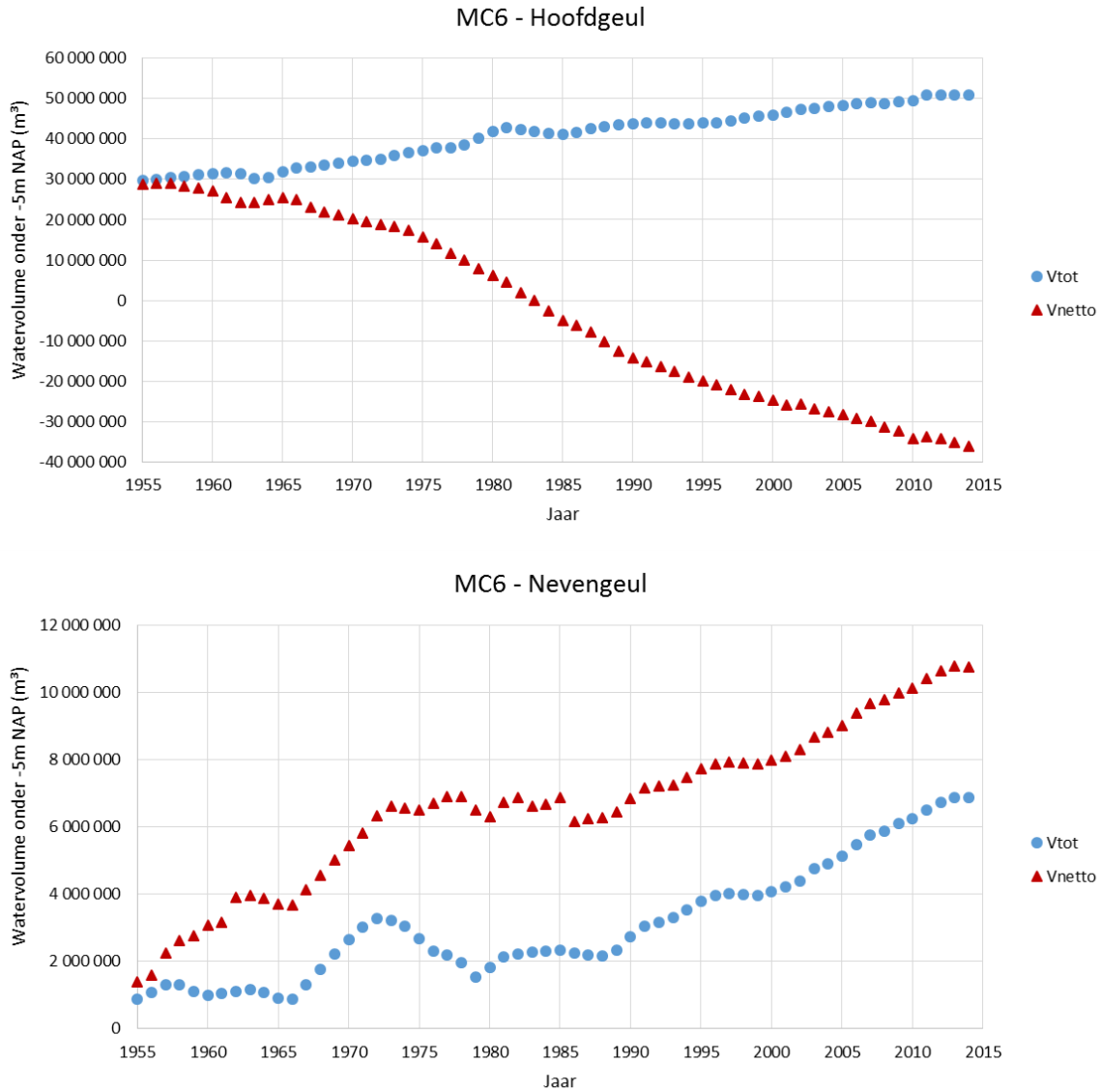
Figuur F-16: Ontwikkeling in watervolume [m³] van de geulen (onder NAP -5m) voor de hoofd- (Boven) en nevengeul (Onder) van Macrocel 3. De grafieken presenteren de waargenomen jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) en de netto jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) die verkregen wordt door ΔV_{tot} te verminderen met het netto volume van ingrepen.



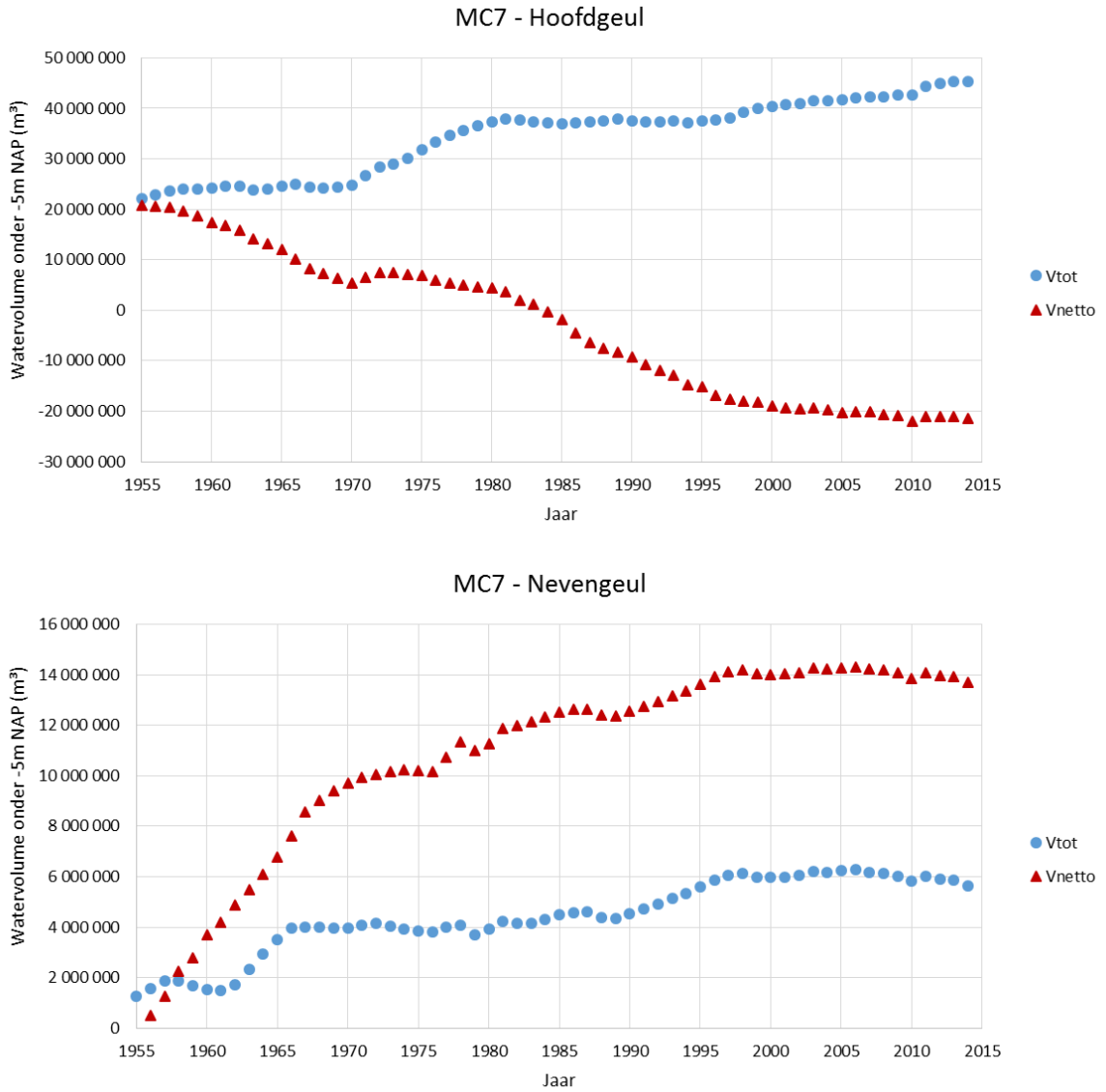
Figuur F-17: Ontwikkeling in watervolume [m³] van de geulen (onder NAP -5m) voor de hoofd- (Boven) en nevengeul (Onder) van Macrocel 4. De grafieken presenteren de waargenomen jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) en de netto jaarlijkse verandering (ΔV_{netto}) die verkregen wordt door ΔV_{tot} te verminderen met het netto volume van ingrepen.



Figuur F-18: Ontwikkeling in watervolume [m^3] van de geulen (onder NAP -5m) voor de hoofd- (Boven) en nevengeul (Onder) van Macrocel 5. De grafieken presenteren de waargenomen jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) en de netto jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) die verkregen wordt door ΔV_{tot} te verminderen met het netto volume van ingrepen.

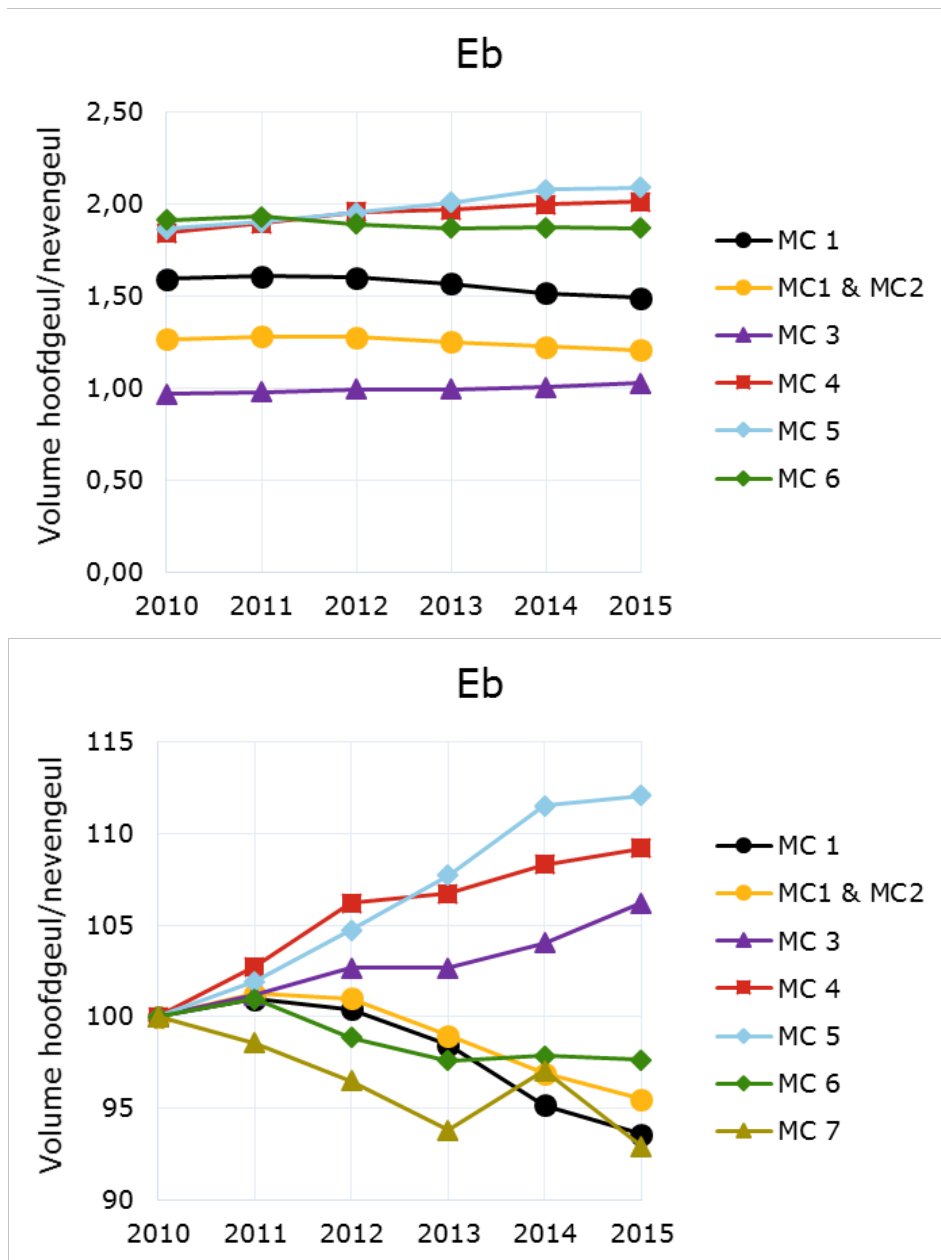


Figuur F-19: Ontwikkeling in watervolume [m³] van de geulen (onder NAP -5m) voor de hoofd- (Boven) en nevengeul (Onder) van Macrocel 6. De grafieken presenteren de waargenomen jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) en de netto jaarlijkse verandering (ΔV_{netto}) die verkregen wordt door ΔV_{tot} te verminderen met het netto volume van ingrepen.

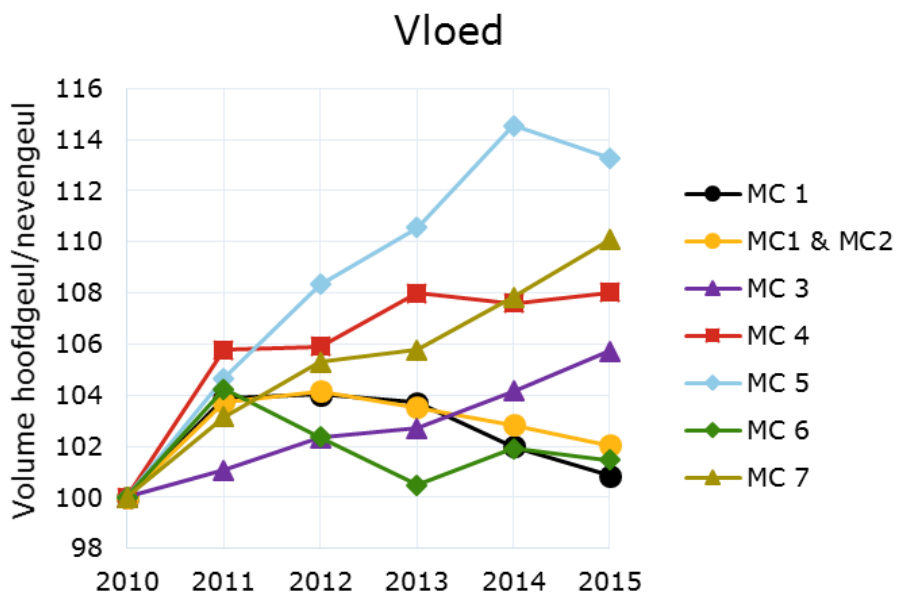
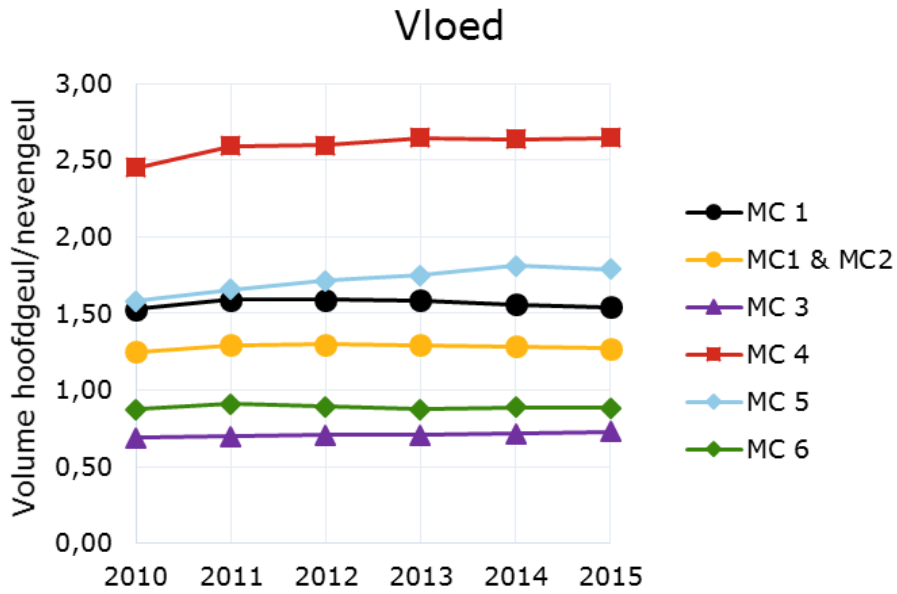


Figuur F-20: Ontwikkeling in watervolume [m³] van de geulen (onder NAP -5m) voor de hoofd- (Boven) en nevengeul (Onder) van Macrocel 7. De grafieken presenteren de waargenomen jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) en de netto jaarlijkse verandering (ΔV_{tot}) die verkregen wordt door ΔV_{tot} te verminderen met het netto volume van ingrepen.

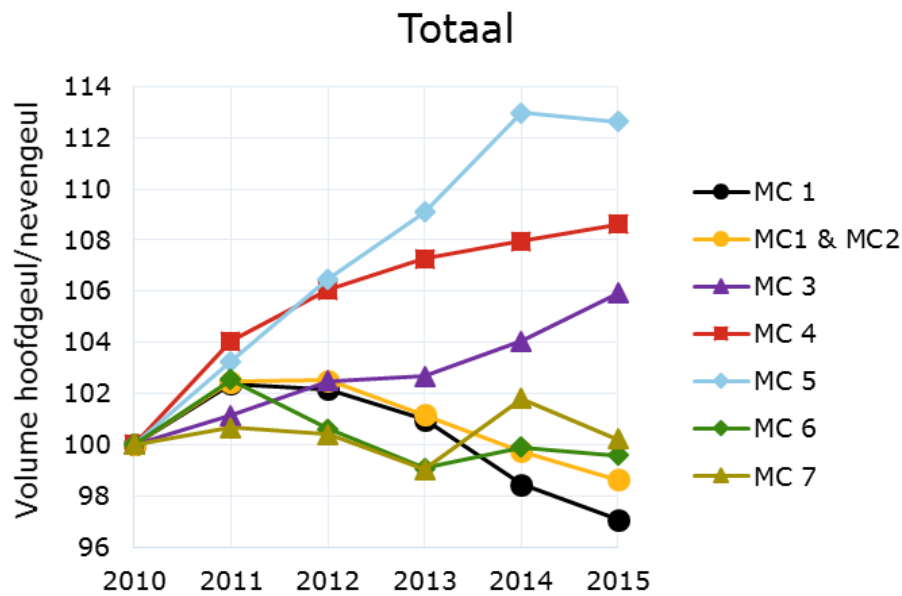
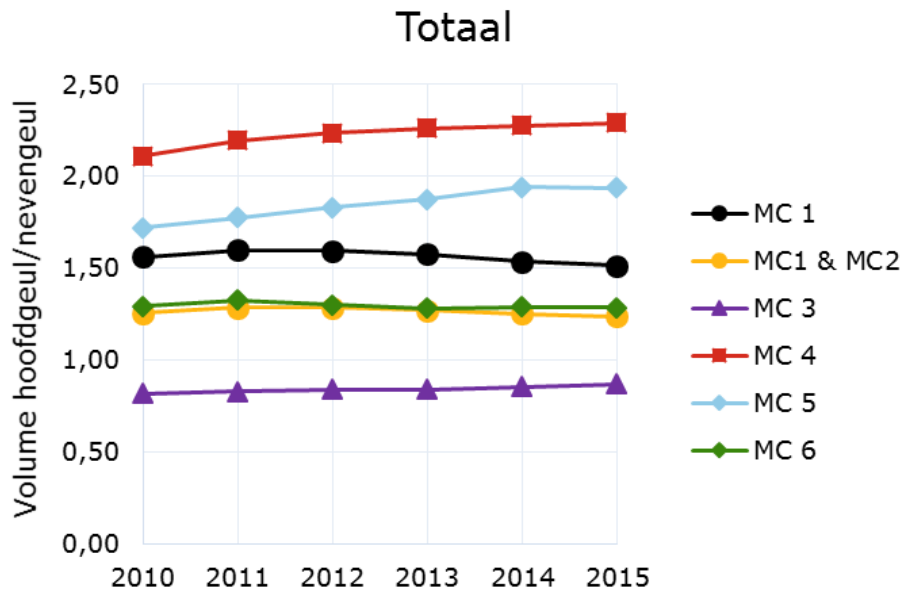
Bijlage F.3 Gemodelleerde getijvolumes



Figuur F-21: Verhouding van watervolumes die doorheen de hoofd- versus nevengeul stroomt tijdens eb: absoluut (BOVEN) versus relatieve verandering (ONDER) sinds 2010. Bron: SCALWEST2000 model Rijkswaterstaat Zee en Delta.



Figuur F-22: Verhouding van watervolumes die doorheen de hoofd- versus nevengeul stroomt tijdens vloed: absoluut (BOVEN) versus relatieve verandering (ONDER) sinds 2010. Bron: SCALWEST2000 model Rijkswaterstaat Zee en Delta.



Figuur F-23: Verhouding van watervolumes die doorheen de hoofd- versus nevengeul stroomt tijdens de volledige getijcyclus: absoluut (BOVEN) versus relatieve verandering (ONDER) sinds 2010. Bron: SCALWEST2000 model Rijkswaterstaat Zee en Delta.

Bijlage G Tabellen Waterkwaliteit

Bijlage G.1 Tabellen Nutriënten

Zone	BOD-C (< 6 mg/l) T2009	BOD-C (< 6 mg/l) T2015	FastNOD (< 2 mg/l) T2009	FastNOD (< 2 mg/l) T2015	Nitriet (< 0,1 mg/l) T2009	Nitriet (< 0,1 mg/l) T2015	Ammoniak (< 0,025 mg/l) T2009	Ammoniak (< 0,025 mg/l) T2015
Sterk polyhalien			1,52	1,27	0,10	0,09	0,01	0,01
Mesohalien	2,21		4,94	1,53	0,14	0,11	0,01	0,00
9 (saliniteitsgradiënt)	14,59	12,03	6,09	3,99	0,33	0,14	0,02	0,02
10 (saliniteitsgradiënt)	2,75	3,04	6,59	4,32	0,45	0,11	0,02	0,01
11 (saliniteitsgradiënt)	3,55	2,64	10,28	5,23	0,55	0,09	0,05	0,01
12 (saliniteitsgradiënt)	2,76	2,64	11,55	5,67	0,54	0,10	0,04	0,01
13 (oligohalien)	6,95	4,89	13,91	5,26	0,80	0,18	0,06	0,01
14 (oligohalien)	11,12	9,67	13,00	5,28	0,65	0,13	0,03	0,03
15 (zoet lange verblijftijd)	2,14	4,06	4,41	6,18	0,14	0,13	0,01	0,01
16 (zoet lange verblijftijd)	8,54	7,18	11,41	8,11	0,59	0,23	0,03	0,02
17 (zoet korte verblijftijd)	10,96	8,51	21,87	7,21	0,70	0,32	0,05	0,02
18 (zoet korte verblijftijd)	8,11	6,25	12,68	8,90	0,98	0,42	0,03	0,02
19 (zoet korte verblijftijd)	7,40	10,27	20,99	10,95	0,92	0,47	0,05	0,05
Rupel	10,72	8,02	22,20	9,62	0,67	0,40	0,06	0,02
Durme	4,11	6,64	13,49	11,75	0,59	0,28	0,03	0,03
Kanaaldok	2,77	4,28	2,42	3,25	0,45	0,35	0,01	0,03
Zenne	85,14	14,70	106,52	31,85	0,74	0,55	0,34	0,07
Dender	18,33	4,87	15,76	9,71	0,31	0,32	0,19	0,05
Kleine Nete	4,64	3,40	6,29	18,48	0,24	0,64	0,02	0,03
Grote Nete	3,76	12,02	10,49	7,03	0,37	0,25	0,03	0,01
Bovenschelde	3,35	4,31	19,36	6,87	0,89	0,45	0,07	0,02

Tabel G-1: Evaluatie Toetsparameter Nutriënten [mg/l]: rekenparameters te evalueren via een grenswaarde.

Zone	TDIN 2003-2014				Protot 2003-2014				PO4 2003-2014			
	TDIN 2003	TDIN 2009	TDIN 2014	TDIN 2015	Protot 2003	Protot 2009	Protot 2014	Protot 2015	PO4 2003	PO4 2009	PO4 2014	PO4 2015
Sterk polyhalien	0,09	0,07	0,06	0,07	0,15	0,14	0,13	0,13	1,23	0,90	0,99	0,97
Mesohalien	0,13	0,10	0,10	0,11	0,19	0,15	0,16	0,16	2,18	1,62	1,76	1,71
9 (saliniteitsgradiënt)	0,15	0,14	0,12	0,13	0,41	0,28	0,30	0,35	4,39	3,49	3,44	2,64
10 (saliniteitsgradiënt)	0,15	0,14	0,13	0,14	0,38	0,37	0,38	0,37	4,75	3,67	3,68	3,25
11 (saliniteitsgradiënt)	0,16	0,14	0,13	0,14	0,43	0,50	0,49	0,52	5,33	4,06	4,02	3,45
12 (saliniteitsgradiënt)	0,16	0,15	0,13	0,13	0,39	0,45	0,49	0,51	5,47	4,67	4,50	3,74
13 (oligohalien)	0,15	0,16	0,14	0,14	0,62	0,57	0,53	0,51	5,64	4,86	4,61	3,97
14 (oligohalien)	0,18	0,18	0,16	0,15	0,75	0,89	0,68	0,53	5,65	5,03	4,81	4,24
15 (zoet lange verblijftijd)	0,22	0,34	0,18	0,19	NA	NA	0,78	0,78	5,37	5,42	4,97	4,61
16 (zoet lange verblijftijd)	0,26	0,23	0,20	0,19	0,93	0,80	0,77	0,88	5,75	5,33	5,09	4,90
17 (zoet korte verblijftijd)	0,31	0,22	0,20	0,19	0,93	0,87	0,73	0,74	6,03	5,52	5,35	5,13
18 (zoet korte verblijftijd)	0,32	0,22	0,22	0,21	0,88	0,63	0,63	0,65	6,33	6,07	5,63	5,48
19 (zoet korte verblijftijd)	0,37	0,23	0,23	0,24	0,86	0,79	0,67	0,66	6,42	5,90	5,68	5,68
Rupel	0,20	0,18	0,12	0,14	0,79	0,68	0,58	0,53	5,62	4,76	4,21	3,77
Dume	0,19	0,18	0,17	0,17	0,82	0,89	1,08	1,00	5,63	5,47	4,99	4,53
Kanaaldok	0,13	0,10	0,09	0,10	0,29	0,27	0,21	0,20	3,76	3,21	3,26	2,85
Zenne	0,94	0,85	0,51	0,50	1,93	1,36	0,94	0,70	11,76	8,10	6,19	4,50
Dender	0,32	0,23	0,29	0,23	0,60	0,62	0,53	0,40	4,60	3,62	3,58	3,00
Kleine Nete	0,08	0,06	0,07	0,08	0,38	0,32	0,30	0,24	2,14	1,77	1,85	1,73
Grote Nete	0,07	0,07	0,05	0,11	0,51	0,57	0,51	0,49	2,79	2,43	2,12	1,86
Bovenschedde	0,37	0,29	0,27	0,26	0,73	0,60	0,53	0,51	6,40	6,35	5,89	5,77

Tabel G-2: Evaluatie Toetsparameter Nutriënten [mg/l]: rekenparameters te evalueren via trendanalyse.

Zone	Minimum Dsi (mg/l)		Duur Dsi < 0,28 mg/l (weken)		ICEP-Dsi (< 0 kg.C/km2.d)	ICEP-Tsi (< 0 kg.C/km2.d)
	2004-2009	2010-2015	2004-2009	2010-2015	2015	2015
Sterk polyhalien	0,01	0,01	17,8	18,0		
Zwak polyhalien	0,02	0,01	9,0	11,0		
Mesohalien	0,01	0,01	8,1	10,4		
9 (saliniteitsgradiënt)	0,04	0,03	1,8	5,9	2,46	2,08
10 (saliniteitsgradiënt)	0,37	0,03	0,0	1,9		
11 (saliniteitsgradiënt)	0,29	0,03	0,0	0,0		
12 (saliniteitsgradiënt)	0,06	0,26	0,0	0,0		
13 (oligohalien)	0,04	0,57	0,0	0,0	2,71	2,26
14 (oligohalien)	0,06	0,13	4,0	5,1	1,56	
15 (zoet lange verblijftijd)	0,08	0,06	0,0	7,0		
16 (zoet lange verblijftijd)	0,01	0,02	13,0	7,0	1,64	1,37
17 (zoet korte verblijftijd)	0,01	0,00	13,0	7,0		
18 (zoet korte verblijftijd)	0,01	0,00	9,0	8,0		
19 (zoet korte verblijftijd)	0,01	0,01	9,0	8,0	1,17	1,06
Rupel	1,13	0,28	0,0	0,0		
Durme	0,03	0,02	13,0	6,9		
Kanaaldok	0,44	0,03	0,0	0,0		
Zenne	4,77	1,62	0,0	0,0		
Dender	0,01	0,42	0,0	0,0		
Kleine Nete	3,11	1,81	0,0	0,0		
Grote Nete	4,04	2,10	0,0	0,0		
Bovenschedde	1,97	1,24	0,0	0,0		

Tabel G-3: Evaluatie Toetsparameter Nutriënten: Siliciumgehalte. Merk op: de duur van de zuurstofdip is indicatief. De periode kan enkel opgemeten worden tussen 2 metingen. Een periode van 0 weken komt overeen met een zuurstofdip die korter duurt dan de temporele resolutie van de tijdreeks (2 à 4 weken).

Bijlage G.2 Tabellen Zuurstof

Zone	Absoluut minimum (2,5 mg/l)		Winterpercentiel (6 mg/l)		Zomerpercentiel (5 mg/l)	
	2004- 2009	2010- 2015	2004- 2009	2010- 2015	2004- 2009	2010- 2015
Sterk polyhalien	6,24	6,58	8,17	8,45	6,30	6,66
Polyhalien	6,61	9,40	8,31	9,40	6,67	9,40
Mesohalien	5,94	6,70	8,54	8,76	6,53	6,80
9 (saliniteitsgradiënt)	3,80	5,40	6,44	7,50	5,10	5,92
10 (saliniteitsgradiënt)	4,58	4,19	4,98	6,99	4,90	5,07
11 (saliniteitsgradiënt)	2,00	3,10	3,49	5,79	2,46	4,03
12 (saliniteitsgradiënt)	0,60	3,36	1,50	5,20	1,00	3,75
13 (oligohalien)	0,10	2,84	0,97	4,70	0,15	3,51
14 (oligohalien)	0,29	2,25	0,66	4,80	0,54	3,72
15 (zoet lange verblijftijd)	0,46	2,76	3,02	5,27	0,60	4,28
16 (zoet lange verblijftijd)	0,96	3,92	2,38	6,07	1,10	4,65
17 (zoet korte verblijftijd)	0,80	4,01	1,58	7,03	1,22	4,57
18 (zoet korte verblijftijd)	0,64	3,80	1,47	7,35	0,77	4,20
19 (zoet korte verblijftijd)	0,20	3,82	2,50	6,85	0,72	4,50
Rupel	0,02	2,36	0,42	4,82	0,05	3,07
Durme	4,83	5,83	6,83	7,83	8,83	9,83
Dender	2,90	4,35	5,50	7,88	3,00	4,45

Tabel G-4: Evaluatie Toetsparameter Zuurstof [mg/l] – Periodieke meetcampagnes: rekenparameters Absoluut minimum zuurstofgehalte (grens 2,5 mg/l), winterpercentiel (grens 6 mg/l) en zomerpercentiel (grens 5 mg/l). Voor de meeste zones werd het 95%-percentiel aangehouden. Enkel in zones 9 tot en met 14 geldt 90%.

Zone	Meetlocatie	Absoluut minimum	Duur van de zuurstof dip	Winterpercentiel	Zomerpercentiel
		(2,5 mg/l)	(48 uur)	(6 mg/l)	(5 mg/l)
Nete	Duffel Sluis	1,20	59	7,30	5,30
Zenne	Epegem	0,00	2615	2,30	0,50
17 (zoet korte verblijftijd)	Dendermonde	0,50	181	8,60	3,40
19 (zoet korte verblijftijd)	Melle	0,00	55	7,30	5,30

Tabel G-5: Evaluatie Toetsparameter Zuurstof – Continue meetstations: rekenparameters Absoluut minimum zuurstofgehalte (grens 2,5 mg/l), Duur van de zuurstofdip (grens 48 uur), winterpercentiel (grens 6 mg/l) en zomerpercentiel (grens 5 mg/l). Hier wordt het 95%-percentiel aangehouden.

Bijlage H Figuren en Tabellen Leefomgeving

Bijlage H.1 Tabellen Oppervlak

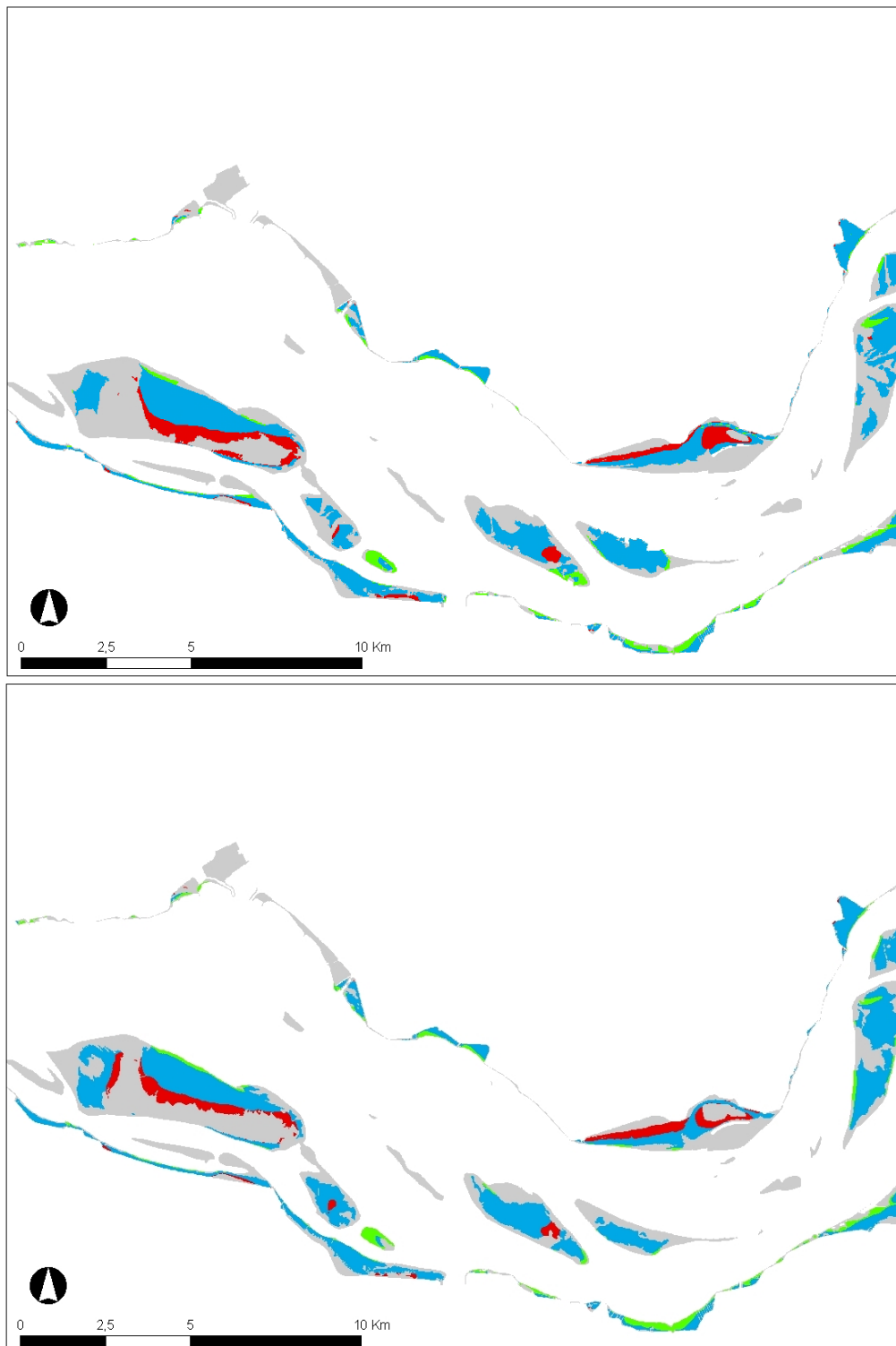
Ecotooptype	1996	2001	2004	2008	2010	2011	2012	2015
Hoogdyn sublitoraal	19.954	20.040	20.155	20.026	19.974	19.800	19.812	19.810
Laagdyn sublitoraal	469	547	611	678	742	780	812	787
Hoogdyn litoraal	3.937	3.798	3.506	3.711	3.363	3.362	3.334	3.177
Hoogdyn supralitoraal	79	35	63	65	70	53	51	47
Laagdyn supralitoraal	254	204	179	124	178	164	139	165
Laagdyn hooglitoraal	715	582	583	489	615	632	546	583
Laagdyn middenlitoraal	2.738	2.763	2.949	2.735	2.943	3.026	3.063	3.144
Laagdyn laaglitoraal	285	382	433	330	347	334	321	325
Pionierzone (potentieel schor)	143	215	194	411	213	194	239	180
Schor	2.740	2.765	2.725	2.817	2.909	3.001	3.023	3.101
Hard substraat steen	144	156	164	181	179	180	181	195
Hard substraat veen/klei	208	176	104	101	119	124	131	138
Overig	74	79	75	73	88	90	89	89
Totaal	31.740	31.742	31.741	31.741	31.740	31.740	31.741	31.741

Tabel H-1: Oppervlakte van de verschillende ecotopen in ha op basis van de ecotopenkarteringen in de Westerschelde.

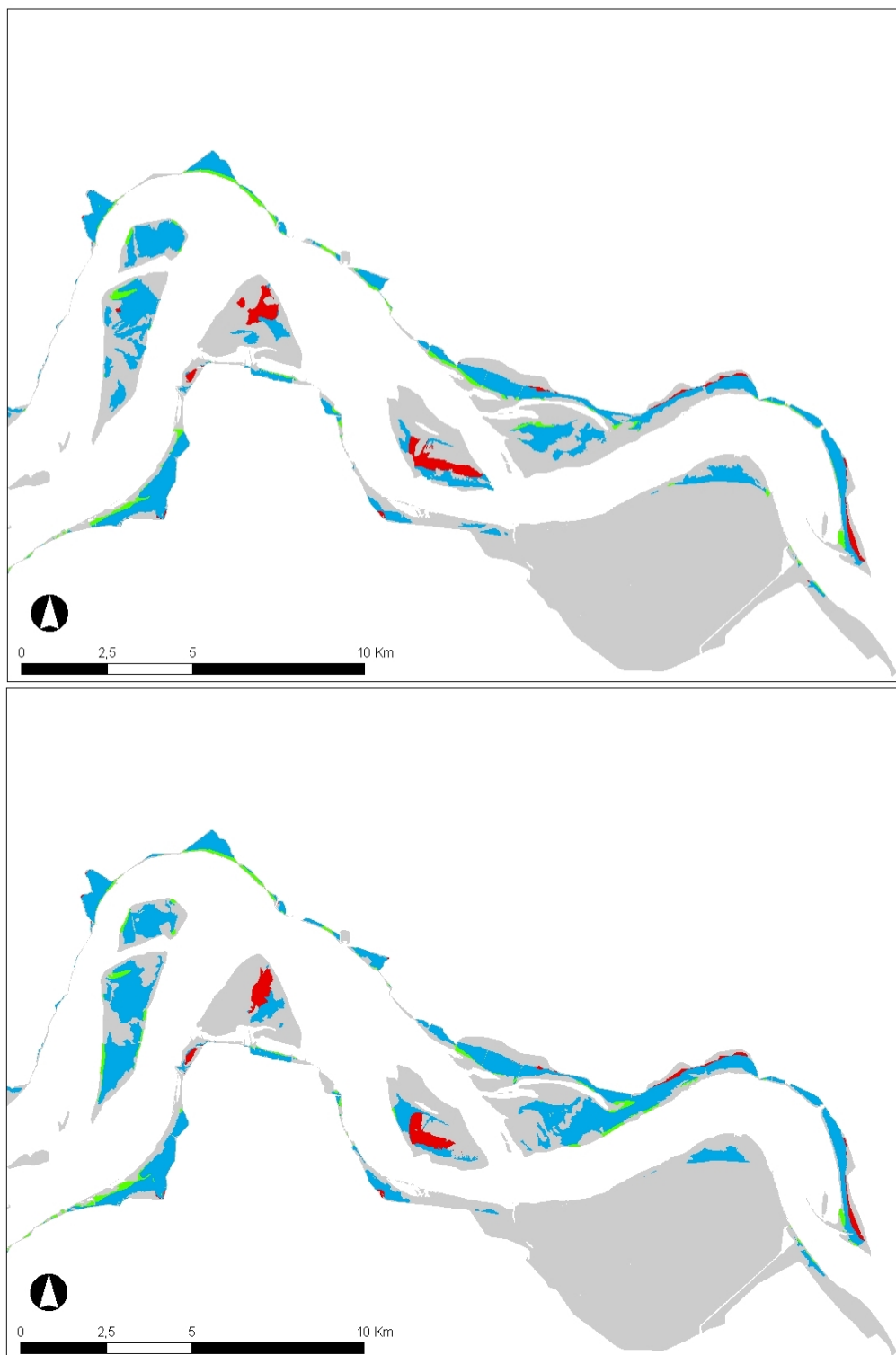
Zone	ecotoop	2001	2010	2010	2013
Saliniteitsgradient	Diep water	1.850,0	1.898,4	2.015,7	2.004,6
	Ondiep water	212,4	213,8	214,6	221,8
	Slik	475,8	421,2	434,5	438,8
	Pionierzone	0,0	10,2	40,7	36,9
	Schor	162,3	156,9	179,7	183,1
Oligohalien	Diep water	568,9	583,1	583,4	588,4
	Ondiep water	70,3	64,1	64,2	61,7
	Slik	141,4	131,1	133,6	126,5
	Pionierzone	0,0	1,9	6,5	5,7
	Schor	111,2	111,6	112,5	117,9
Zoet lange verblijftijd	Diep water	216,7	232,4	232,5	229,9
	Ondiep water	49,3	42,0	42,1	43,5
	Slik	80,9	68,5	70,3	69,1
	Pionierzone	0,0	5,2	8,0	5,9
	Schor	186,2	185,0	193,4	197,8
Zoet korte verblijftijd	Diep water	143,3	135,5	135,5	135,6
	Ondiep water	53,9	45,9	46,0	49,7
	Slik	50,3	60,0	61,6	52,6
	Pionierzone	0,0	1,8	4,8	7,0
	Schor	68,7	73,0	86,0	89,0
Rupel	Diep water	117,3	117,7	117,7	117,9
	Ondiep water	35,6	32,3	32,3	32,0
	Slik	52,5	54,2	54,1	50,3
	Pionierzone	0,0	1,3	5,3	6,9
	Schor	35,8	35,7	36,5	38,8
Durme	Diep water	0,5	1,2	1,2	1,5
	Ondiep water	26,4	11,2	11,2	21,1
	Slik	42,1	54,6	54,7	35,4
	Pionierzone	0,0	0,3	0,3	1,8
	Schor	83,3	84,9	84,6	92,1
Totaal		4.835,2	4.835,2	5.063,3	5.063,3
Zeeschelde (totaal)	Diep water	2.896,6	2.968,4	3.086,1	3.078,0
	Ondiep water	448,0	409,3	410,3	429,8
	Slik	843,0	789,7	808,8	772,6
	Pionierzone	0,0	20,7	65,5	64,1
	Schor	647,5	647,1	692,6	718,8
Totaal		4.835,2	4.835,2	5.063,3	5.063,3

Tabel H-2: Oppervlakte van de verschillende ecotopen in ha op basis van de ecotopenkarteringen in de Zeeschelde. De gekarteerde oppervlakte verschilde in 2001, 2010 en 2013. Voor 2010 zijn twee waarden opgenomen voor 2010 om de vergelijking met 2001 en 2013 mogelijk te maken.

Bijlage H.2 Figuren Kwaliteit



Figuur H-1: Hoogtegradiënt laagdynamisch gebied in het westelijk deel van de Westerschelde voor 2010 (Boven) en 2015 (Onder), met aanduiding van hoog (Rood), middelhoog (Oranje) en Laag laagdynamisch gebied (Geel) en het overige litoraal gebied (Grijs).



Figuur H-2: Hoogtegradiënt laagdynamisch litoraal in het oostelijk deel van de Westerschelde voor 2010 (Boven) en 2015 (Onder), met aanduiding van hoog (Rood), middelhoog (Blauw) en Laag laagdynamisch gebied (Groen) en het overige litoraal gebied (Grijs).

Bijlage H.3 Draaitabellen Turn-over

niveau3_nr	niveau3_nm	Ecotopen 1996	Ecotopen 2001														
			01_Overig	02_Hard substraat steen	04_Hard substraat veen/klei	05_Hoogdynamisch sublitoraal	06_Laagdynamisch sublitoraal	08_Hoogdynamisch litoraal	09_Laagdynamisch laaglitoraal	12_Laagdynamisch middenlitoraal	13_Laagdynamisch hooglitoraal	15_Hoogdynamisch supralitoraal	16_Laagdynamisch supralitoraal	17_Pionierzone (potentieel schor)	18_Schor		
1	Sterk polyhalien	01_Overig	29,4	0,2				0,2			0,0	2,9	0,2	0,1	0,1		
1	Sterk polyhalien	02_Hard substraat steen	0,3	61,2	0,0	0,5	0,7	2,7	1,6	8,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0		
1	Sterk polyhalien	04_Hard substraat veen/klei		0,0	6,6			0,4	7,0	0,5							
1	Sterk polyhalien	05_Hoogdynamisch sublitoraal	0,0	4,7		11347,0	53,3	183,2	17,6	17,0		0,1	0,1				
1	Sterk polyhalien	06_Laagdynamisch sublitoraal		1,1	0,0	33,6	232,2	14,3	11,0	4,4		0,0	0,0				
1	Sterk polyhalien	08_Hoogdynamisch litoraal	3,0	0,8	0,9	290,7	21,3	936,0	43,2	150,5	9,9	1,2	0,1	0,5			
1	Sterk polyhalien	09_Laagdynamisch laaglitoraal	0,0	2,0	4,0	10,1	14,8	19,8	97,7	35,6			0,0				
1	Sterk polyhalien	12_Laagdynamisch middenlitoraal	1,1	5,5	6,8	9,0	3,2	177,7	39,0	1028,8	44,6	0,2	1,7	10,5	0,2		
1	Sterk polyhalien	13_Laagdynamisch hooglitoraal	0,0	0,2		2,6	0,6	24,4	0,0	54,6	189,8	1,2	20,4	36,4	0,1		
1	Sterk polyhalien	15_Hoogdynamisch supralitoraal	7,0	0,0	0,2	0,0		10,5		0,5	1,6	13,5	9,6	0,8	1,1		
1	Sterk polyhalien	16_Laagdynamisch supralitoraal		0,3		0,0		2,0	0,0	4,8	18,5	8,7	104,5	15,3	0,5		
1	Sterk polyhalien	17_Pionierzone (potentieel schor)	0,2	0,5				0,2		4,1	0,1	0,1	0,1	30,3	9,4		
1	Sterk polyhalien	18_Schor	0,5	0,1						4,4	1,3		1,0	3,3	94,6		
2	Zwak polyhalien	01_Overig		0,0				0,1		0,0							
2	Zwak polyhalien	02_Hard substraat steen		27,9	0,3	2,8	0,4	2,1	1,2	2,8	0,0	0,1	0,0	0,1			
2	Zwak polyhalien	04_Hard substraat veen/klei		0,5	7,7	8,0	0,4	0,7	4,8	0,0							
2	Zwak polyhalien	05_Hoogdynamisch sublitoraal		5,4	0,1	4483,0	48,5	66,6	10,8	2,5			0,2				
2	Zwak polyhalien	06_Laagdynamisch sublitoraal		0,3		6,3	61,6	8,6	9,5	1,7			0,0				
2	Zwak polyhalien	08_Hoogdynamisch litoraal		2,2	0,9	108,1	5,0	696,2	36,1	148,6	6,9		0,1	0,1			
2	Zwak polyhalien	09_Laagdynamisch laaglitoraal		2,0		2,4	3,1	9,8	42,7	11,1			0,1				
2	Zwak polyhalien	12_Laagdynamisch middenlitoraal	0,0	6,8		0,3	0,7	168,0	16,9	490,9	5,9		0,1	4,7	0,2		
2	Zwak polyhalien	13_Laagdynamisch hooglitoraal		0,2				33,5		8,3	59,3	1,2	7,7	4,5	0,0		
2	Zwak polyhalien	15_Hoogdynamisch supralitoraal		0,0		0,0		0,7	0,1	0,0		0,1	0,1	0,1			
2	Zwak polyhalien	16_Laagdynamisch supralitoraal		0,4			0,1	4,0	0,3	2,9	4,2	0,4	10,9	0,9	0,1		
2	Zwak polyhalien	17_Pionierzone (potentieel schor)		0,1				0,5		3,3	0,3	0,0	0,4	11,6	1,6		
2	Zwak polyhalien	18_Schor						0,0		0,1	0,0		0,0	1,7	16,3		
3	Mesohalieu	01_Overig	28,3	0,1				0,1		0,0		0,5		0,1	9,5		
3	Mesohalieu	02_Hard substraat steen	0,0	10,8	0,2	0,8	0,9	1,1	0,2	1,2	0,0	0,0	0,0	0,2	2,7		
3	Mesohalieu	04_Hard substraat veen/klei		0,7	115,2	17,6	0,0	18,8	6,9	12,1							
3	Mesohalieu	05_Hoogdynamisch sublitoraal	0,1	2,0	3,4	2867,4	13,8	131,7	2,9	1,8							
3	Mesohalieu	06_Laagdynamisch sublitoraal		0,2	0,5	0,9	29,5	2,1	0,2	0,1							
3	Mesohalieu	08_Hoogdynamisch litoraal	0,4	2,1	18,2	157,4	5,7	1045,1	12,6	152,7	19,8	0,3	0,4	2,7	1,5		
3	Mesohalieu	09_Laagdynamisch laaglitoraal		0,2	0,7	0,2	0,2	3,7	0,7	0,7							
3	Mesohalieu	12_Laagdynamisch middenlitoraal	0,0	3,6	10,3	0,1		133,5	1,5	464,7	8,9	0,0	1,1	22,8	2,0		
3	Mesohalieu	13_Laagdynamisch hooglitoraal		0,2		0,0		12,6		43,4	150,9	0,1	10,7	25,5	4,5		
3	Mesohalieu	15_Hoogdynamisch supralitoraal		0,0		0,1		10,9		11,8	5,5	2,1	0,5	1,5	1,1		
3	Mesohalieu	16_Laagdynamisch supralitoraal	0,0	0,5				4,8		5,4	25,3	0,8	18,5	4,8	6,9		
3	Mesohalieu	17_Pionierzone (potentieel schor)	0,0	0,6		0,2		5,5		7,6	3,6	0,4	2,2	26,0	31,7		
3	Mesohalieu	18_Schor	6,5	0,3				4,1		8,5	3,8	1,0	4,4	7,3	2512,7		

Tabel H-3: Overgang van de verschillende ecotopen in ha op basis van de ecotopenkartering in 1996 en 2001 in de Westerschelde.

			Ecotopen 2001														
niveau3_nr	niveau3_nm	Ecotopen 1996	01_Overig	02_Hard substraat-steen	04_Hard substraat veen/klei	05_Hoogdynamisch sublitoraai	06_Laagdynamisch sublitoraai	08_Hoogdynamisch litoraai	09_Laagdynamisch laaglitoraai	12_Laagdynamisch middenlitoraai	13_Laagdynamisch hooglitoraai	15_Hoogdynamisch supralitoraai	16_Laagdynamisch supralitoraai	17_Pionierzone (potentieel schor)	18_Schor		
1	Sterk polyhalien	01_Overig	29,4	0,2				0,2			0,0	2,9	0,2	0,1	0,1		
1	Sterk polyhalien	02_Hard substraat-steen	0,3	61,2	0,0	0,5	0,7	2,7	1,6	8,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0		
1	Sterk polyhalien	04_Hard substraat veen/klei		0,0	6,6		0,4	7,0	0,5								
1	Sterk polyhalien	05_Hoogdynamisch sublitoraai	0,0	4,7		11347,0	53,3	183,2	17,6	17,0		0,1	0,1				
1	Sterk polyhalien	06_Laagdynamisch sublitoraai		1,1	0,0	33,6	232,2	14,3	11,0	4,4		0,0	0,0				
1	Sterk polyhalien	08_Hoogdynamisch litoraai	3,0	0,8	0,9	290,7	21,3	936,0	43,2	150,5	9,9	1,2	0,1	0,5			
1	Sterk polyhalien	09_Laagdynamisch laaglitoraai	0,0	2,0	4,0	10,1	14,8	19,8	97,7	35,6			0,0				
1	Sterk polyhalien	12_Laagdynamisch middenlitoraai	1,1	5,5	6,8	9,0	3,2	177,7	39,0	1028,8	44,6	0,2	1,7	10,5	0,2		
1	Sterk polyhalien	13_Laagdynamisch hooglitoraai	0,0	0,2		2,6	0,6	24,4	0,0	54,6	189,8	1,2	20,4	36,4	0,1		
1	Sterk polyhalien	15_Hoogdynamisch supralitoraai	7,0	0,0	0,2	0,0		10,5		0,5	1,6	13,5	9,6	0,8	1,1		
1	Sterk polyhalien	16_Laagdynamisch supralitoraai		0,3		0,0		2,0	0,0	4,8	18,5	8,7	104,5	15,3	0,5		
1	Sterk polyhalien	17_Pionierzone (potentieel schor)	0,2	0,5				0,2		4,1	0,1	0,1	0,1	30,3	9,4		
1	Sterk polyhalien	18_Schor	0,5	0,1						4,4	1,3		1,0	3,3	94,6		
2	Zwak polyhalien	01_Overig		0,0				0,1		0,0							
2	Zwak polyhalien	02_Hard substraat-steen		27,9	0,3	2,8	0,4	2,1	1,2	2,8	0,0	0,1	0,0	0,1			
2	Zwak polyhalien	04_Hard substraat veen/klei		0,5	7,7	8,0	0,4	0,7	4,8	0,0							
2	Zwak polyhalien	05_Hoogdynamisch sublitoraai		5,4	0,1	4483,0	48,5	66,6	10,8	2,5			0,2				
2	Zwak polyhalien	06_Laagdynamisch sublitoraai		0,3		6,3	61,6	8,6	9,5	1,7			0,0				
2	Zwak polyhalien	08_Hoogdynamisch litoraai		2,2	0,9	108,1	5,0	696,2	36,1	148,6	6,9		0,1	0,1			
2	Zwak polyhalien	09_Laagdynamisch laaglitoraai		2,0		2,4	3,1	9,8	42,7	11,1			0,1				
2	Zwak polyhalien	12_Laagdynamisch middenlitoraai	0,0	6,8		0,3	0,7	168,0	16,9	490,9	5,9		0,1	4,7	0,2		
2	Zwak polyhalien	13_Laagdynamisch hooglitoraai		0,2				33,5		8,3	59,3	1,2	7,7	4,5	0,0		
2	Zwak polyhalien	15_Hoogdynamisch supralitoraai		0,0		0,0		0,7	0,1	0,0		0,1	0,1	0,1			
2	Zwak polyhalien	16_Laagdynamisch supralitoraai		0,4			0,1	4,0	0,3	2,9	4,2	0,4	10,9	0,9	0,1		
2	Zwak polyhalien	17_Pionierzone (potentieel schor)		0,1				0,5		3,3	0,3	0,0	0,4	11,6	1,6		
2	Zwak polyhalien	18_Schor						0,0		0,1	0,0		0,0	1,7	16,3		
3	Mesohalieu	01_Overig	28,3	0,1				0,1		0,0		0,5		0,1	9,5		
3	Mesohalieu	02_Hard substraat-steen	0,0	10,8	0,2	0,8	0,9	1,1	0,2	1,2	0,0	0,0	0,0	0,2	2,7		
3	Mesohalieu	04_Hard substraat veen/klei		0,7	115,2	17,6	0,0	18,8	6,9	12,1							
3	Mesohalieu	05_Hoogdynamisch sublitoraai	0,1	2,0	3,4	2867,4	13,8	131,7	2,9	1,8							
3	Mesohalieu	06_Laagdynamisch sublitoraai		0,2	0,5	0,9	29,5	2,1	0,2	0,1							
3	Mesohalieu	08_Hoogdynamisch litoraai	0,4	2,1	18,2	157,4	5,7	1045,1	12,6	152,7	19,8	0,3	0,4	2,7	1,5		
3	Mesohalieu	09_Laagdynamisch laaglitoraai		0,2	0,7	0,2	0,2	3,7	0,7	0,7							
3	Mesohalieu	12_Laagdynamisch middenlitoraai	0,0	3,6	10,3	0,1		133,5	1,5	464,7	8,9	0,0	1,1	22,8	2,0		
3	Mesohalieu	13_Laagdynamisch hooglitoraai		0,2		0,0		12,6		43,4	150,9	0,1	10,7	25,5	4,5		
3	Mesohalieu	15_Hoogdynamisch supralitoraai		0,0		0,1		10,9		11,8	5,5	2,1	0,5	1,5	1,1		
3	Mesohalieu	16_Laagdynamisch supralitoraai	0,0	0,5				4,8		5,4	25,3	0,8	18,5	4,8	6,9		
3	Mesohalieu	17_Pionierzone (potentieel schor)	0,0	0,6		0,2		5,5		7,6	3,6	0,4	2,2	26,0	31,7		
3	Mesohalieu	18_Schor	6,5	0,3				4,1		8,5	3,8	1,0	4,4	7,3	2512,7		

Tabel H-4: Overgang van de verschillende ecotopen in ha op basis van de ecotopenkartering in 2001 en 2008 in de Westerschelde.

			Ecotopen 2015													
niveau3_nr	niveau2_nm	TYPE08_sort	01_Overig	02_Hard substraat steen	04_Hard substraat veen/klei	05_Hoogdynamisch sublitoraal	06_Laagdynamisch sublitoraal	08_Hoogdynamisch litoraal	09_Laagdynamisch laaglitoraal	12_Laagdynamisch middenlitoraal	13_Laagdynamisch hooglitoraal	15_Hoogdynamisch supralitoraal	16_Laagdynamisch supralitoraal	17_Pionierzone (potentieel schor)	18_Schor	
1	Sterk polyhalien	01_Overig	35,0	0,5	0,0			0,9			0,0	1,2	0,6	0,2	0,1	
1	Sterk polyhalien	02_Hard substraat steen	0,3	70,9	0,1	1,4	0,4	2,0	2,8	5,6	0,2	0,1	0,2	0,0	0,0	
1	Sterk polyhalien	04_Hard substraat veen/klei		0,2	1,3	0,7		0,7	7,0			0,0				
1	Sterk polyhalien	05_Hoogdynamisch sublitoraal		7,9	0,1	11320,8	58,6	257,3	17,0	4,5		0,1	0,0			
1	Sterk polyhalien	06_Laagdynamisch sublitoraal		3,3	1,1	37,4	273,6	15,3	16,5	0,8		0,0	0,0			
1	Sterk polyhalien	08_Hoogdynamisch litoraal		2,4	10,9	250,9	22,4	718,9	30,6	330,4	28,9	5,8	1,5	1,5	0,0	
1	Sterk polyhalien	09_Laagdynamisch laaglitoraal		1,1	1,3	3,3	6,1	15,3	85,4	47,7	0,1		0,2			
1	Sterk polyhalien	12_Laagdynamisch middenlitoraal	0,0	3,0	5,6	32,1	1,1	157,7	3,2	871,6	174,2	0,3	17,5	13,5	0,4	
1	Sterk polyhalien	13_Laagdynamisch hooglitoraal	0,0	0,1		0,0		6,3		8,2	67,4	1,1	29,5	55,7	38,6	
1	Sterk polyhalien	15_Hoogdynamisch supralitoraal	2,3	0,5	0,2	0,2	0,0	4,8	0,0	1,0	2,2	9,7	18,0	2,5	3,0	
1	Sterk polyhalien	16_Laagdynamisch supralitoraal	0,6	0,2			0,0	0,2	0,0	0,4	3,9	3,7	15,5	12,7	18,1	
1	Sterk polyhalien	17_Pionierzone (potentieel schor)	1,4	0,3		0,1	0,2	10,5		10,0	4,7	1,1	2,2	34,2	172,7	
1	Sterk polyhalien	18_Schor	4,8	1,1			0,1	1,7		5,2	1,0	0,1	1,2	4,0	139,0	
2	Zwak polyhalien	01_Overig	0,0													
2	Zwak polyhalien	02_Hard substraat steen		42,6	0,3	0,4	0,0	2,6	0,5	7,9	0,3	0,1	0,2	0,1	0,0	
2	Zwak polyhalien	04_Hard substraat veen/klei		0,0	8,2	0,0	0,0	0,5		0,0						
2	Zwak polyhalien	05_Hoogdynamisch sublitoraal		5,5	5,0	4439,0	98,6	88,1	2,9	3,2		0,0				
2	Zwak polyhalien	06_Laagdynamisch sublitoraal		2,1	0,1	11,8	165,5	12,8	9,2	3,0		0,2	0,0			
2	Zwak polyhalien	08_Hoogdynamisch litoraal		1,2	0,2	109,5	5,2	552,4	28,8	219,8	4,5	8,3	4,4	0,0	0,0	
2	Zwak polyhalien	09_Laagdynamisch laaglitoraal		0,9	0,5	0,9	1,5	19,8	43,8	21,1						
2	Zwak polyhalien	12_Laagdynamisch middenlitoraal		1,5	0,1	0,0	0,0	79,6	6,2	516,7	9,4	0,2	0,0	0,1	0,1	
2	Zwak polyhalien	13_Laagdynamisch hooglitoraal		0,0				15,1		4,1	35,4	3,9	16,0	0,0	0,0	
2	Zwak polyhalien	15_Hoogdynamisch supralitoraal		0,4		0,0		8,2	0,0	0,2		5,7	1,4			
2	Zwak polyhalien	16_Laagdynamisch supralitoraal		0,2				3,8	0,1	0,1	5,5	4,1	21,9			
2	Zwak polyhalien	17_Pionierzone (potentieel schor)		0,3		0,0		1,2		3,9	2,0	0,1	0,4	1,8	6,0	
2	Zwak polyhalien	18_Schor		0,0						0,6	0,2		0,1	0,8	19,5	
3	Mesohalieu	01_Overig	31,2	0,0				0,0		0,1		0,0		0,0	1,0	
3	Mesohalieu	02_Hard substraat steen		25,8	0,0	0,0	0,3	1,0	0,2	2,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	
3	Mesohalieu	04_Hard substraat veen/klei		0,1	63,6	3,5	0,3	9,9	1,4	3,4		0,0			0,1	
3	Mesohalieu	05_Hoogdynamisch sublitoraal		4,4	4,2	2798,2	20,0	192,6	4,6	3,4						
3	Mesohalieu	06_Laagdynamisch sublitoraal		1,7	0,7	4,4	61,5	5,2	0,6	0,8						
3	Mesohalieu	08_Hoogdynamisch litoraal	0,0	0,4	22,1	115,1	5,5	777,9	31,3	330,2	30,6	0,1	0,6	0,7	2,7	
3	Mesohalieu	09_Laagdynamisch laaglitoraal		0,1	1,8	1,5	1,0	30,2	10,1	12,4						
3	Mesohalieu	12_Laagdynamisch middenlitoraal	0,0	1,0	6,6	2,0	1,1	129,8	1,3	596,5	27,1		0,3	5,2	3,1	
3	Mesohalieu	13_Laagdynamisch hooglitoraal		0,0	0,3	0,2		2,7		15,2	131,5		6,7	10,6	18,8	
3	Mesohalieu	15_Hoogdynamisch supralitoraal	0,0	0,0	0,3			0,7		0,1	1,0	0,6	1,0	0,2	0,5	
3	Mesohalieu	16_Laagdynamisch supralitoraal		0,1	0,0			0,2		0,9	8,2		7,2	4,4	3,4	
3	Mesohalieu	17_Pionierzone (potentieel schor)	4,4	0,0	0,5	5,5	0,0	10,8	0,1	14,9	21,3	0,1	8,0	13,1	76,2	
3	Mesohalieu	18_Schor	6,7	0,1	1,9	0,6		6,5	0,1	4,1	3,9	0,1	3,7	16,8	2525,0	

Tabel H-5: Overgang van de verschillende ecotopen in ha op basis van de ecotopenkartering in 2008 en 2015 in de Westerschelde.

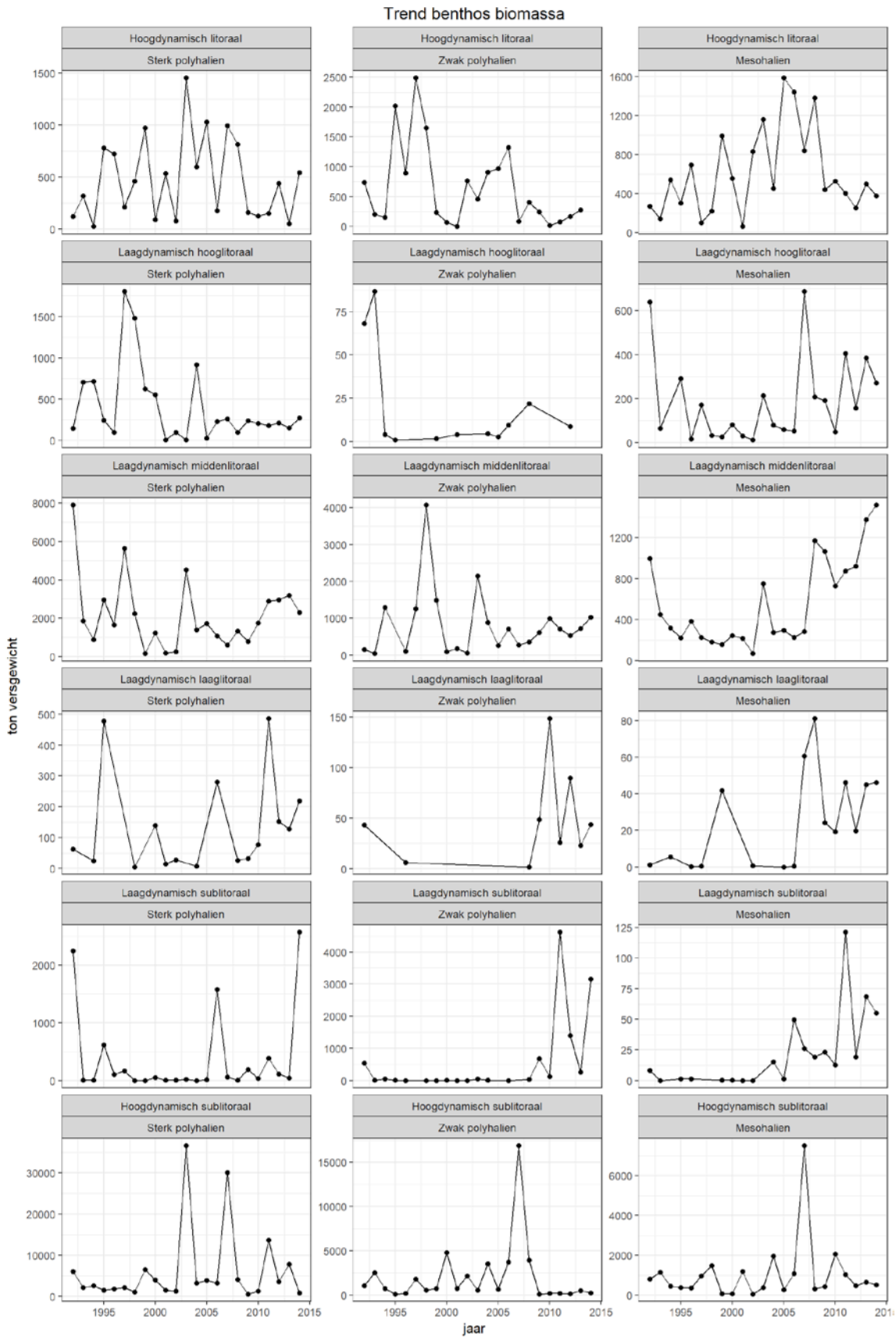
niveau3_nr	niveau3_nm	TYPE_2001	TYPE 2010				
			1 Diep water	2 Ondiep water	3 Slik	4 Pionierzone	5 Schor
4	Saliniteitsgradient	1 Diep water	1828,4	19,6	1,9	0,1	0,0
4	Saliniteitsgradient	2 Ondiep water	60,9	136,0	15,5	0,0	0,0
4	Saliniteitsgradient	3 Slik	7,8	58,1	400,2	6,7	3,1
4	Saliniteitsgradient	4 Pionierzone					
4	Saliniteitsgradient	5 Schor	1,3	0,1	3,6	3,5	153,9
5	Oligohalien	1 Diep water	557,6	8,9	2,4	0,0	
5	Oligohalien	2 Ondiep water	23,1	38,1	9,2	0,0	0,0
5	Oligohalien	3 Slik	2,5	17,1	118,8	1,5	1,4
5	Oligohalien	4 Pionierzone					
5	Oligohalien	5 Schor		0,0	0,7	0,4	110,2
6	Zoet lange verblijftijd	1 Diep water	212,9	3,6	0,2	0,0	0,0
6	Zoet lange verblijftijd	2 Ondiep water	16,7	27,8	4,7	0,1	0,0
6	Zoet lange verblijftijd	3 Slik	2,8	10,7	62,5	4,4	0,5
6	Zoet lange verblijftijd	4 Pionierzone					
6	Zoet lange verblijftijd	5 Schor	0,0	0,0	1,1	0,6	184,5
7	Zoet korte verblijftijd	1 Diep water	132,7	10,3	0,3	0,0	0,0
7	Zoet korte verblijftijd	2 Ondiep water	2,7	32,8	18,2	0,1	0,2
7	Zoet korte verblijftijd	3 Slik	0,2	2,8	40,5	1,2	5,6
7	Zoet korte verblijftijd	4 Pionierzone					
7	Zoet korte verblijftijd	5 Schor		0,0	1,0	0,5	67,2
8	Rupel	1 Diep water	112,6	2,7	2,1	0,0	
8	Rupel	2 Ondiep water	4,9	27,0	3,6	0,0	0,0
8	Rupel	3 Slik	0,2	2,6	48,3	0,9	0,6
8	Rupel	4 Pionierzone					
8	Rupel	5 Schor			0,3	0,4	35,1
9	Durme	1 Diep water	0,4	0,0	0,0		
9	Durme	2 Ondiep water	0,8	10,4	15,0	0,0	0,2
9	Durme	3 Slik		0,7	37,4	0,0	3,9
9	Durme	4 Pionierzone					
9	Durme	5 Schor		0,0	2,3	0,3	80,8

Tabel H-6: Overgang van de verschillende ecotopen in ha op basis van de ecotopenkartering in 2001 en 2010 in de Zeeschelde.

niveau3_nr	niveau3_nm	TYPE_2010	TYPE 2013				
			1 Diep water	2 Ondiep water	3 Slik	4 Pionierzone	5 Schor
4	Saliniteitsgradient	1 Diep water	1991,9	22,7	1,1		0,0
4	Saliniteitsgradient	2 Ondiep water	12,2	186,0	16,4	0,0	0,0
4	Saliniteitsgradient	3 Slik	0,5	13,1	414,6	1,3	5,0
4	Saliniteitsgradient	4 Pionierzone	0,0	0,0	4,5	26,9	9,1
4	Saliniteitsgradient	5 Schor		0,0	2,0	8,6	169,0
5	Oligohalien	1 Diep water	579,7	3,2	0,5	0,0	
5	Oligohalien	2 Ondiep water	8,5	52,7	2,9	0,0	0,0
5	Oligohalien	3 Slik	0,1	5,8	121,0	0,4	6,3
5	Oligohalien	4 Pionierzone	0,0	0,0	1,1	2,9	2,5
5	Oligohalien	5 Schor			0,9	2,4	109,2
6	Zoet lange verblijftijd	1 Diep water	227,1	5,4	0,0		
6	Zoet lange verblijftijd	2 Ondiep water	2,9	36,1	3,1		0,0
6	Zoet lange verblijftijd	3 Slik	0,0	2,0	62,6	0,1	5,6
6	Zoet lange verblijftijd	4 Pionierzone	0,0	0,0	2,4	2,4	3,2
6	Zoet lange verblijftijd	5 Schor		0,0	1,0	3,4	189,0
7	Zoet korte verblijftijd	1 Diep water	131,9	3,6	0,0		0,0
7	Zoet korte verblijftijd	2 Ondiep water	3,7	38,5	3,7	0,0	0,0
7	Zoet korte verblijftijd	3 Slik	0,0	7,5	46,8	1,2	6,1
7	Zoet korte verblijftijd	4 Pionierzone		0,0	0,6	1,9	2,2
7	Zoet korte verblijftijd	5 Schor		0,1	1,4	3,9	80,7
8	Rupel	1 Diep water	116,4	1,3	0,0		
8	Rupel	2 Ondiep water	1,5	29,6	1,3		
8	Rupel	3 Slik	0,0	1,1	48,4	0,0	4,5
8	Rupel	4 Pionierzone		0,0	0,3	4,0	1,0
8	Rupel	5 Schor			0,3	2,9	33,3
8	Zoet zijrivier	1 Diep water	0,0				
8	Zoet zijrivier	2 Ondiep water	0,0	0,0			
8	Zoet zijrivier	3 Slik		0,0	0,0		
8	Zoet zijrivier	4 Pionierzone					
8	Zoet zijrivier	5 Schor					0,0
9	Durme	1 Diep water	1,0	0,2	0,0		
9	Durme	2 Ondiep water	0,5	8,8	1,9	0,0	0,0
9	Durme	3 Slik	0,0	11,4	32,8	0,3	10,2
9	Durme	4 Pionierzone		0,0	0,0	0,1	0,2
9	Durme	5 Schor		0,7	0,8	1,4	81,7

Tabel H-7: Overgang van de verschillende ecotopen in ha op basis van de ecotopenkartering in 2001 en 2010 in de Zeeschelde.

Bijlage I Ontwikkeling van macrozoöbenthos

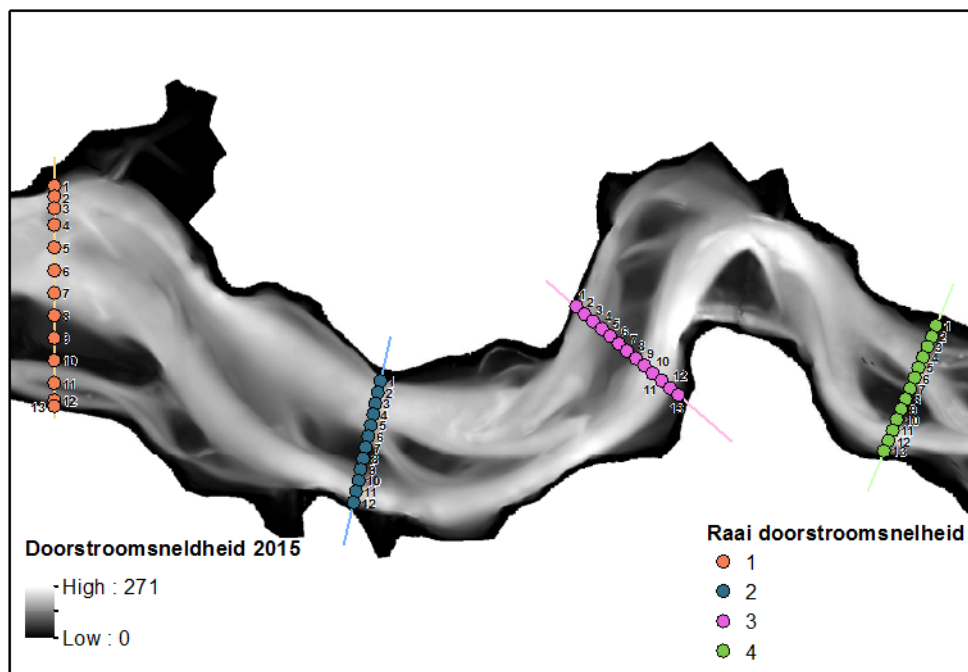


Figuur I-1: Ontwikkeling van de gemiddelde biomassa van macrozoöbenthos per monsterpunt in het sublitoraal en litoraal per soortgroep in de de verschillende zones van de Westerschelde, waarbij onderscheid is gemaakt naar hoog- en laagdynamisch.

Bijlage J Verkenning stroomsnelheden Westerschelde

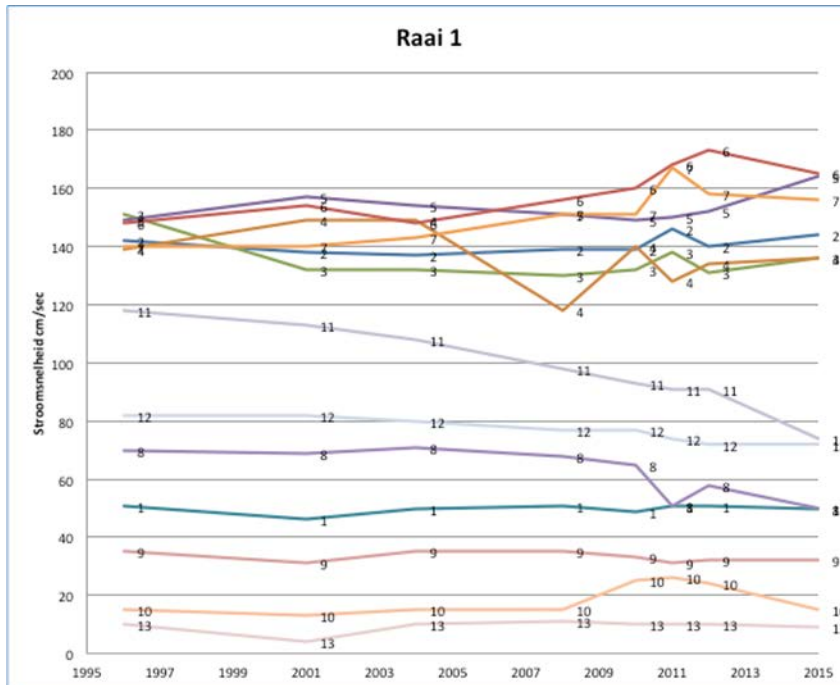
Aan de basis van de ecotopenkaarten van de Westerschelde ligt een kaart met de maximale stroomsnelheden op verschillende locaties in de Westerschelde. Door op een aantal vaste punten de stroomsnelheid te bepalen op de opeenvolgende stroomsnelheidskaarten kan vastgesteld worden of er geleidelijk een verandering in stroomsnelheden heeft plaatsgevonden.

Figuur J-1 geeft een overzicht van de ligging van vier raaien dwars op de Westerschelde, waar op basis van de stroomsnelheidskaarten, behorend bij de ecotopenkaarten, in acht (8) verschillende jaren de maximale stroomsnelheid is bepaald. Hierbij is steeds op dezelfde meetpunten van de raaien de maximale stroomsnelheid bepaald. In de figuren J-2 tot en met J-5 is de ontwikkeling van de stroomsnelheid in de tijd weergegeven voor de vier raaien.



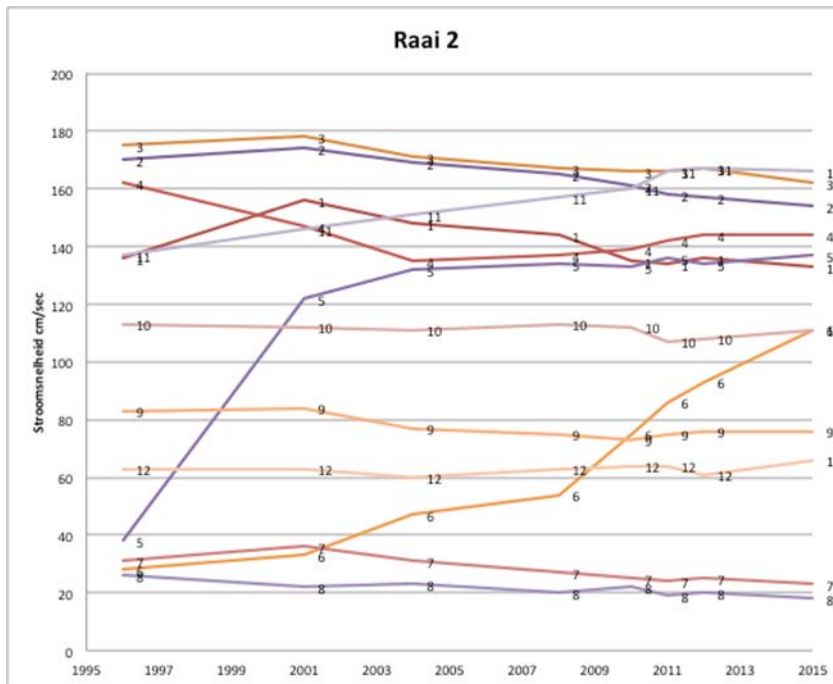
Figuur J-1: Ligging van vier raaien met bijbehorende meetpunten in de Westerschelde op de kaart met de maximale stroomsnelheden in 2015.

De stroomsnelheid op de meetpunten in raai 1 (zie Figuur J-2) neemt in de hoofdgeulen iets toe (punten 2, 5, 6 en 7), terwijl de stroomsnelheid in de ondiepten tussen en bij de geulen (punten 3, 4 en 8) een afname laat zien. De stroomsnelheid laat in de punten 11 en 12 in de nevengeul een lichte afname laat zien, terwijl de stroomsnelheid aan de zuidzijde van de Hoge Platen in 2011 en 2013 een tijdelijke verhoging laat zien (punt 10).



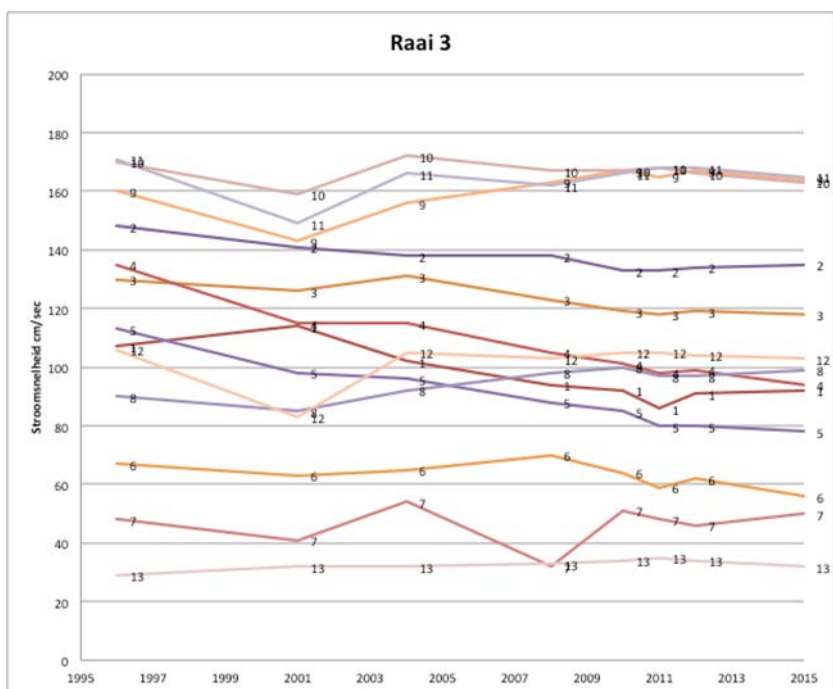
Figuur J-2: Ontwikkeling van de stroomsnelheid op de meetpunten van raai 1.

Op raai 2 (zie Figuur J-3) is de stroomsnelheid op de meeste meetpunten vrij stabiel of neemt zeer licht af. Uitzonderingen hierop zijn de punten 5, 6 en 11, die alle in de diepere geulen liggen. Tussen de punten zijn wel verschillen. Op punt 5 is er een sterke toename in stroomsnelheid in de periode 1996-2004, waarna de stroomsnelheid stabiel is. Op punt 6 is er tot 2008 een lichte toename en hierna een sterke toename in stroomsnelheid. Op punt 11 is er een geleidelijke toename in stroomsnelheid tussen 1996-2011, waarna de stroomsnelheid stabiel blijft.



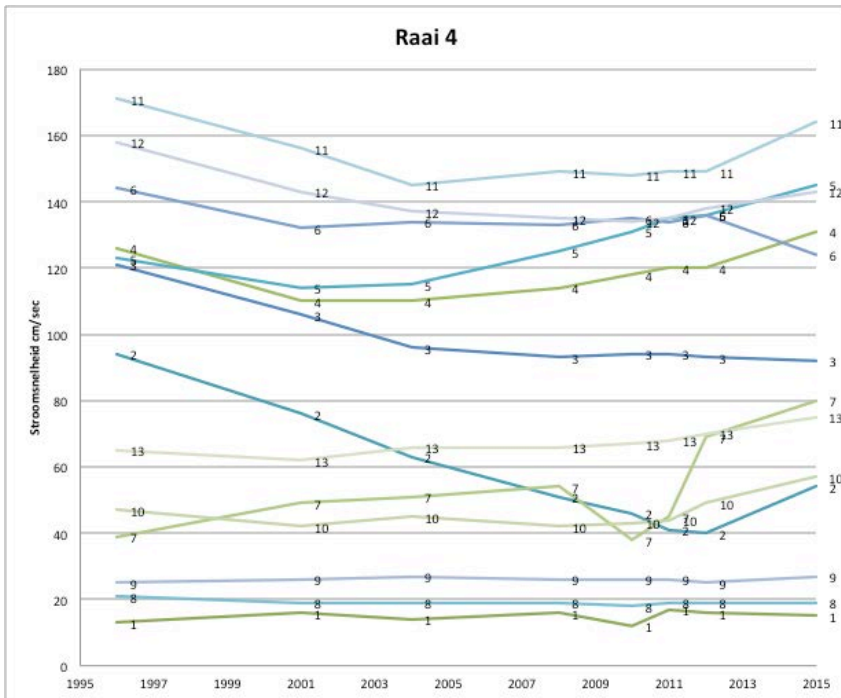
Figuur J-3: Ontwikkeling van de stroomsnelheid op de meetpunten van raai 2.

Op raai 3 (Figuur J-4) neemt op de meeste meetpunten de stroomsnelheid af (punten 1, 2, 3, 4, 5, 6 en 10), terwijl op de meetpunten 8, 9 en 11 de stroomsnelheid toeneemt. Op de overige meetpunten is er geen duidelijke ontwikkeling zichtbaar.



Figuur J-4: Ontwikkeling van de stroomsnelheid op de meetpunten van raai 3.

Op raai 4 (Figuur J-5) heeft op een deel van de punten aanvankelijk een afname van de stroomsnelheden plaatsgevonden, maar de laatste jaren is de stroomsnelheid weer toegenomen (punten 2, 4, 5, 7, 10, 11, 12). Alleen op de punten 3 en 6 heeft een afname plaatsgevonden. In de ondiepe delen (punten 1, 8 en 9) heeft weinig verandering in de stroomsnelheid plaatsgevonden.



Figuur J-5: Ontwikkeling van de stroomsnelheid op de meetpunten van raai 4.

Uit de verschillende figuren komt geen eenvormig patroon uit naar voren. Dit hangt mogelijk samen met het feit dat de berekende maximale stroomsnelheid mogelijk geen goede indicator is voor de omstandigheden op bodemniveau. En korte periode met hoge stroomsnelheden heeft mogelijk minder effect dan een langdurige periode met iets lagere stroomsnelheden.

Het is zinvol om bij de volgende evaluatie ook de veranderingen in de stroomsnelheid als factor bij de evaluatie mee te nemen.



HKV lijn in water BV

Postbus 2120
8203 AC Lelystad

Botter 11-29
8232 JN Lelystad

0320 29 42 42
info@hkv.nl
www.hkv.nl