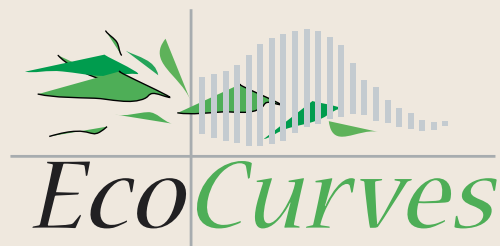


Scholeksters en de toekomstige erosie van slikken in de Oosterschelde

Een modelstudie met WEBTICS

C. Rappoldt, B.J. Ens



Scholksters en de toekomstige erosie
van slikken in de Oosterschelde

In opdracht van Deltares

Scholeksters en de toekomstige erosie van slikken in de Oosterschelde

Een modelstudie met WEBTICS

C. Rappoldt¹, B. J. Ens²

¹EcoCurves, Kamperfoelieweg 17, 9753 ER Haren
email: kees.rappoldt@ecocurves.nl

²Sovon Vogelonderzoek Nederland, Toernooiveld 1, 6525 ED Nijmegen
email: bruno.ens@sovon.nl

**EcoCurves rapport 18
Sovon-rapport 2013/25**

EcoCurves, Haren, 2013

REFERAAT

C. Rappoldt, B. J. Ens, 2013. *Scholeksters en de toekomstige erosie van slikken in de Oosterschelde ; Een modelstudie met WEBTICS*. EcoCurves rapport 18, EcoCurves, Haren. Sovon-rapport 2013/25, Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen. 76 blz.

Met het simulatiemodel Webtics zijn berekeningen gedaan aan het effect van plaaterosie en zeespiegelstijging op het aantal overwinterende scholeksters in de Oosterschelde. De simulaties zijn gebaseerd op waterstanden, schelpdiersurveys en weer uit de periode 2001–2011. Door ruimtelijke interpolatie van gesynchroniseerde en amplitude-genormeerde waterstanden kunnen voor ieder monsterpunt van de schelpdiersurvey realistische getijdencycli worden verkregen die consistent zijn met de gemiddelde droogvalduur berekend door Rijkswaterstaat. De schelpdiersurveys zijn vervolgens gecombineerd met toekomstige hoogtekaarten door (1) de monsterpunten op hun plaats te laten en te laten dalen samen met de bodem (2) elk monsterpunt op te schuiven door de droogvalduur gelijk te houden aan die in het referentiejaar 2010 en het oppervlak behorende bij het monster te corrigeren met het relatieve vóórkomen van de droogvalduur in het jaar van de berekening. Het berekende effect is het grootst voor Oosterschelde West, in 2060 een afname met $55\pm 10\%$ ten opzichte van het aantal in 2010. Met zeespiegelstijging is het effect nog enkele tientallen procenten groter. Voor Oosterschelde Noord is het effect het kleinst, een afname van maximaal 50%.

Trefwoorden: oosterschelde, zandhonger, erosie, droogvalduur, zeespiegelstijging

ISSN 1872-5449

Als Sovon-rapport 2013/25 maakt dit rapport tevens deel uit van de serie ISSN 2212-5027, uitgegeven door Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

© 2013 EcoCurves BV

Kamperfoelieweg 17, 9753 ER Haren (gn), Nederland
tel.: (050) 5370979; email: kees.rappoldt@ecocurves.nl

Voorplaat: “Oosterschelde” © John de Ronde

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van EcoCurves BV.

EcoCurves BV aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de gegevens en de modelresultaten in dit rapport.

Inhoudsopgave

Lijst tabellen	6
Lijst figuren	8
1 Inleiding	9
Dank	9
2 Gebruikte gegevens	11
2.1 Hoogtekaarten, zeespiegelstijging	11
2.2 Waterstanden van Rijkswaterstaat	11
2.2.1 Droogvalduurkaart	12
2.3 Dagelijks weer van het KNMI	15
2.4 IMARES schelpdier surveys	15
2.4.1 Berekeningen aan plaaterosie met de bestaande surveys	15
2.5 Vogeltellingen	16
2.5.1 De winters van 1995 en 1996	17
3 Het model Webtics	18
3.1 Wat berekent het model	18
3.2 Twee manieren van vogelverspreiding	19
3.2.1 De ideaal vrije vogelverdeling ; bespreking Figuur 3.1	19
3.2.2 Foerageren in de waterlijn ; bespreking Figuur 3.2	20
3.2.3 Bespreking vogelverdeling	22
3.3 Het berekenen van een aantal scholeksters	22
3.4 Interpretatie van een berekend aantal	23
3.4.1 Het begrip draagkracht	24
3.4.2 Het kritisch stress niveau en de vogelverspreiding	24
3.5 Een effectberekening	24
4 Scholeksters in 1990–2010	26
4.1 Voedsel en vogels	26
4.1.1 Winters 1995–1996 en 1996–1997	26
4.1.2 Kokkelbestand 1990–2011	26
4.2 Deelgebieden	28
4.2.1 West	28
4.2.2 Noord	28
4.2.3 Centraal	30
4.2.4 Oost	31
4.3 Bespreking	33
5 Het voedsel daalt of schuift op	34
5.1 Meedalend voedsel	34
5.2 Opschuivend voedsel	36

5.3	Opschuivend voedsel met zeespiegelstijging	39
6	Zandhonger in 2010–2100	40
6.1	Simulaties met de ideaal vrije verdeling	40
6.1.1	De gehele Oosterschelde	40
6.1.2	Deelgebieden	41
6.2	Simulaties met de "waterlijn verdeling"	43
6.2.1	De gehele Oosterschelde	43
6.2.2	Deelgebieden	46
7	Conclusie	50
	Bibliografie	51
	Appendix A Droogvalduurkaarten	56
	Appendix B Droogvalduurverdeling	66

Lijst van tabellen

2.1	Hoogtekaarten en zeespiegelstijging	11
6.1	Effectberekening voor de deelgebieden met de ideaal vrije vogelverdeling (stress 0.500)	42
6.2	Effectberekening zoals in Tabel 6.1 maar nu voor een kritisch stress niveau van 0.525)	42
6.3	Effectberekening voor de deelgebieden met de waterlijn vogelverdeling (stress 0.375)	44
6.4	Effectberekening zoals in Tabel 6.3 maar nu voor een kritisch stress niveau van 0.400)	44

Lijst van figuren

2.1	Getijdestations in de Oosterschelde (Rijkswaterstaat)	12
2.2	Kaart van de M2 amplitude Oosterschelde (Rijkswaterstaat)	13
2.3	Droogvalduurkaart 2010 berekend met Webtics	14
2.4	Verskil met de kaart van Rijkswaterstaat	14
2.5	Locaties IMARES schelpdiërsurvey 2010	15
2.6	Overwinterende scholeksters 1990–2001	16
3.1	Vogelverdeling 1: Ideaal vrije verdeling	20
3.2	Vogelverdeling 2: Foerageren aan de waterlijn	21
3.3	Voorbeeld van een aantalsberekening	23
3.4	Voorbeeld van een effectberekening	25
4.1	Aantalscorrectie winter 1995–1996 en 1996–1997	27
4.2	kokkelbestand tussen 1990 en 2011	27
4.3	Gesimuleerde stress index tussen 1990 en 2011	28
4.4	Scholeksters, kokkelbestand en stress index Oosterschelde West	29
4.5	Scholeksters, kokkelbestand en stress index Oosterschelde Noord	30
4.6	Scholeksters, kokkelbestand en stress index Oosterschelde Centraal	31
4.7	Scholeksters, kokkelbestand en stress index Oosterschelde Oost	32
5.1	Schematische voorstelling van dalend en opschuivend voedsel	34
5.2	De 2008 survey in 2060 voor meedalend voedsel	35
5.3	Droogvalduurverdelingen voor Oosterschelde West	36
5.4	De 2008 survey in 2060 voor opschuivend voedsel	37
5.5	De 2008 survey in 2060 voor opschuivend voedsel met zeespiegelstijging	38
6.1	Effectberekening met de ideaal vrije vogelverdeling	41
6.2	Effectberekening met de ”waterlijn vogelverdeling”	45
6.3	Relatief effect met de ”waterlijn vogelverdeling”	46
6.4	Aantallen voor de deelgebieden met de ”waterlijn vogelverdeling”	47
6.5	Relatief effect voor de deelgebieden met de ”waterlijn vogelverdeling”	48
A.1	Droogvalduur 1990 zonder zeespiegelstijging	57
A.2	Droogvalduur 1990 met zeespiegelstijging	57
A.3	Droogvalduur 2001 zonder zeespiegelstijging	58
A.4	Droogvalduur 2001 met zeespiegelstijging	58
A.5	Droogvalduur referentiejaar 2010	59
A.6	Droogvalduur 2020 zonder zeespiegelstijging	60
A.7	Droogvalduur 2020 met zeespiegelstijging	60
A.8	Droogvalduur 2030 zonder zeespiegelstijging	61
A.9	Droogvalduur 2030 met zeespiegelstijging	61
A.10	Droogvalduur 2040 zonder zeespiegelstijging	62
A.11	Droogvalduur 2040 met zeespiegelstijging	62
A.12	Droogvalduur 2050 zonder zeespiegelstijging	63

A.13 Droogvalduur 2050 met zeespiegelstijging	63
A.14 Droogvalduur 2060 zonder zeespiegelstijging	64
A.15 Droogvalduur 2060 met zeespiegelstijging	64
A.16 Droogvalduur 2100 zonder zeespiegelstijging	65
A.17 Droogvalduur 2100 met zeespiegelstijging	65
B.1 Droogvalduurverdeling 1990 zonder zeespiegelstijging	67
B.2 Droogvalduurverdeling 1990 met zeespiegelstijging	67
B.3 Droogvalduurverdeling 2001 zonder zeespiegelstijging	68
B.4 Droogvalduurverdeling 2001 met zeespiegelstijging	68
B.5 Droogvalduurverdeling referentiejaar 2010	69
B.6 Droogvalduurverdeling 2020 zonder zeespiegelstijging	70
B.7 Droogvalduurverdeling 2020 met zeespiegelstijging	70
B.8 Droogvalduurverdeling 2030 zonder zeespiegelstijging	71
B.9 Droogvalduurverdeling 2030 met zeespiegelstijging	71
B.10 Droogvalduurverdeling 2040 zonder zeespiegelstijging	72
B.11 Droogvalduurverdeling 2040 met zeespiegelstijging	72
B.12 Droogvalduurverdeling 2050 zonder zeespiegelstijging	73
B.13 Droogvalduurverdeling 2050 met zeespiegelstijging	73
B.14 Droogvalduurverdeling 2060 zonder zeespiegelstijging	74
B.15 Droogvalduurverdeling 2060 met zeespiegelstijging	74
B.16 Droogvalduurverdeling 2100 zonder zeespiegelstijging	75
B.17 Droogvalduurverdeling 2100 met zeespiegelstijging	75

Inleiding

In dit rapport wordt verslag gedaan van berekeningen met het model WEBTICS¹ aan het effect van zandhonger op het toekomstige aantal overwinterende Scholeksters in de Oosterschelde.

In Hoofdstuk 2 worden de gebruikte gegevens beknopt besproken, hoogtekaarten, waterstanden, weer, schelpdier surveys en vogeltellingen. Daar wordt ook ingegaan op de wijze waarop voedselgegevens uit de periode 2001–2011 worden gebruikt in combinatie met bodemkaarten waarin toekomstige effecten van de plaaterosie zijn verwerkt.

In Hoofdstuk 3 wordt de berekening van een aantal scholeksters met het model Webtics uitgelegd alsmede de interpretatie van berekende aantallen. In het kader van lopend empirisch onderzoek naar de verspreiding van scholeksters over het drooggevallen foerageergebied zijn recentelijk nieuwe verspreidingsmethoden in Webtics ingebouwd.

Omdat het onderzoek naar de laagwatersverspreiding nog niet is afgerond zijn twee ver uit elkaar liggende verspreidingsmethoden in deze studie gebruikt, de klassieke ideaal vrije verspreiding en een sterker aan de waterlijn geboden vogelverspreiding.

In Hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de aantallen tussen 2001 en 2010 en in Hoofdstuk 6 worden de simulaties voor een reeks aangeleverde bodemkaarten besproken.

Dank

Wij bedanken John de Ronde en Luca van Duren voor de samenwerking. De schelpdiersurveys van het IMARES zijn ten behoeve van dit rekenwerk op zeer behulpzame wijze aangeleverd door Margriet van Asch.

¹De Wader Energy Balance and Tidal Cycle Simulator.

Gebruikte gegevens

In dit hoofdstuk geven we een beknopte opsomming van de gebruikte gegevens: hoogtekarten, waterstanden, weer, schelpdier surveys en vogeltellingen.

2.1 Hoogtekarten, zeespiegelstijging

De hoogtekarten voor de scenario berekeningen zijn aangeleverd door Deltares als ASCII grid files. De namen van de geleverde hoogtekarten zijn te vinden in Tabel 2.1.

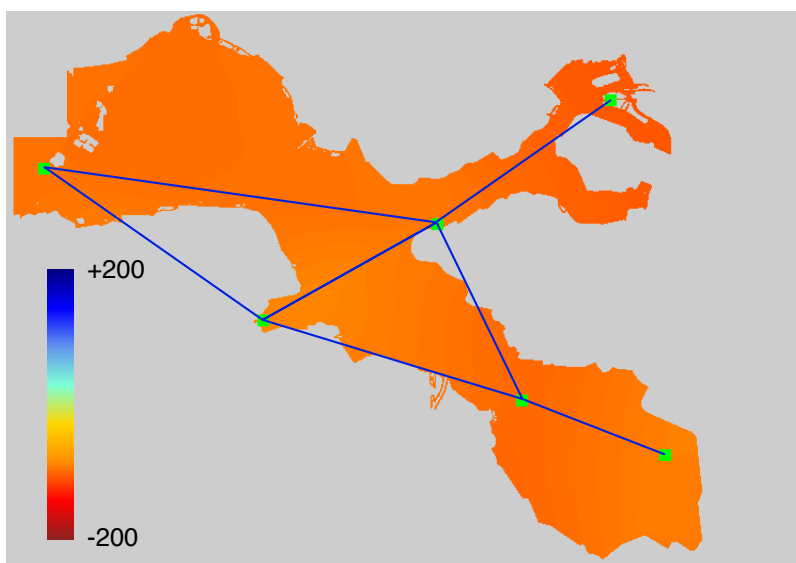
Tabel 2.1. De hoogtekarten geleverd door Deltares en de zeespiegelstijgingen toegepast in dit rapport voor scenario's *met* zeespiegelstijging.

Jaar	Hoogtekaart	Zeespiegelstijging (cm)
1990	rastert_bod1990.asc	-8.33
2001	rastert_bod2001.asc	-3.75
2010	rastert_os_2010.asc	0.00
2020	OS_bodem_2020.asc	4.17
2030	OS_bodem_2030.asc	8.33
2040	OS_bodem_2040.asc	12.50
2050	OS_bodem_2050.asc	16.67
2060	OS_bodem_2060.asc	23.67
2100	OS_bodem_2100.asc	51.67

In scenario's *met* zeespiegelstijging is gebruik gemaakt van de stijgingen ook vermeld in Tabel 2.1. Deze stijgingen zijn gebaseerd op het KNMI scenario "midden" met een totaal van 60 cm over de periode 1990–2100 waarvan 25 cm tussen 1990 en 2050.

2.2 Waterstanden van Rijkswaterstaat

Simulatie van foeragerende scholeksters vergt elke tijdstap een waterstand voor iedere "spot" waarvoor voedselgegevens bekend zijn. De waterstand wordt vergeleken



Figuur 2.1. Interpolatie tussen *gesynchroniseerde* getijdstations in de Oosterschelde. De waterstanden worden gevonden door interpolatie binnen de ingetekende driehoeken of door interpolatie langs de dichtstbijgelegen rand.

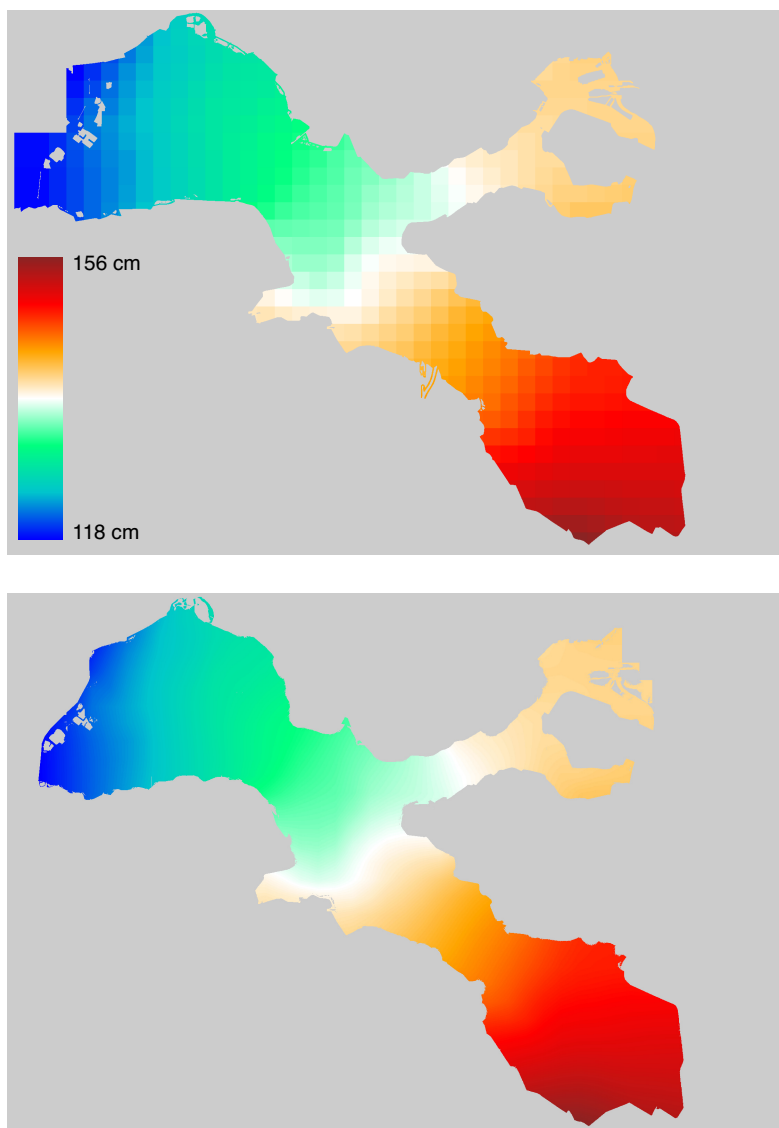
met de hoogte om te bepalen of de spot onder water staat of niet. De waterstand op een bepaalde plaats en tijd wordt berekend uit de metingen van Rijkswaterstaat, elke 10 minuten gedurende de periode 1990–2012.

De gebruikte getijdstations zijn ingetekend in Figuur 2.1: Roompot Binnen, Kats, Stavenisse, Krammersluizen, Yerseke en Marollegat. De ruimtelijke interpolatie van waterstanden verloopt als volgt.

- De gemeten waterstanden worden gesynchroniseerd door ze in de tijd te verschuiven over een tijdsinterval bepaald door het gemiddelde van de havengetallen voor hoogwater en laagwater. Van dit gemiddelde wordt de waarde voor Stavenisse afgetrokken en het resultaat wordt afgerond op een geheel aantal keer 10 minuten. De aldus verkregen verschuiving wordt toegepast op alle waterstanden voor het station. Op deze wijze worden de waterstanden voor alle stations bij benadering gesynchroniseerd met Stavenisse.
- De gemeten waterstanden worden genormeerd door ze te delen door de M2 amplitude afgelezen voor de lokatie van het meetstation van een door Rijkswaterstaat berekende kaart (zie Figuur 2.2). De aldus gesynchroniseerde en genormeerde waterstanden worden opgeslagen.
- Tijdens een simulatie, of ten behoeve van droogvalduur berekeningen, wordt ruimtelijk geïnterpoleerd tussen deze gesynchroniseerde en genormeerde waterstanden (zie het onderschrift bij Figuur 2.1). Het resultaat wordt vermenigvuldigd met de lokale M2 amplitude (afgelezen van de amplitudekaart) om weer een waterstand in centimeters te krijgen.

2.2.1 Droogvalduurkaart

De met webtics tijdens de simulatie berekende tijdstippen van droogvallen en onderstromen moeten in overeenstemming zijn met de droogvalduurkaart zoals die door Rijkswaterstaat zijn berekend voor het referentiejaar 2010 (Daane *et al.*, 2012).

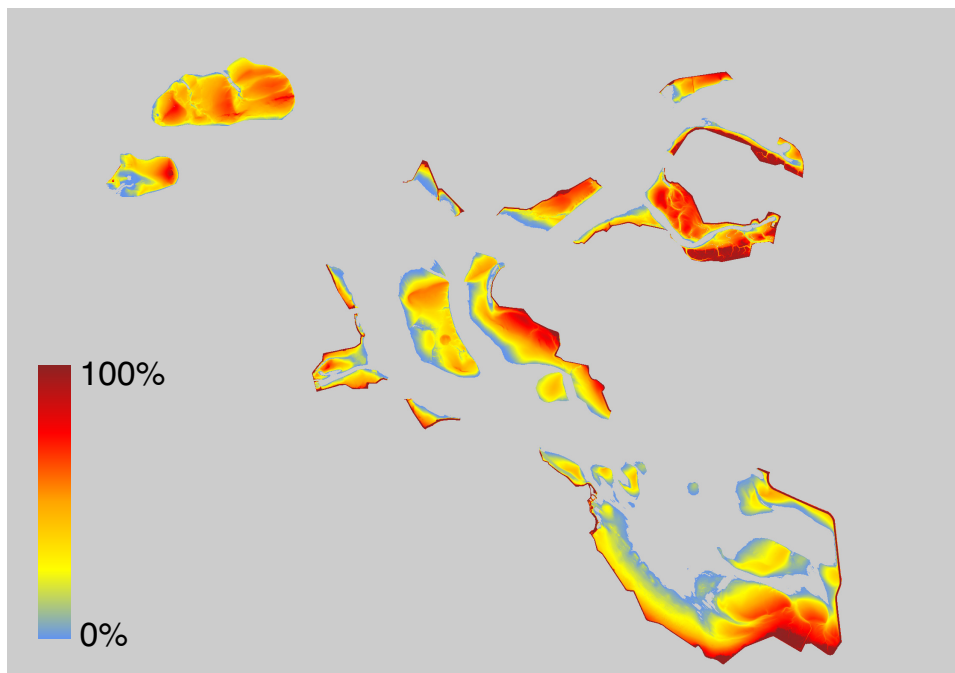


Figuur 2.2. Kaart van de M2 amplitude Oosterschelde (Rijkswaterstaat). (Boven) De originele kaart zoals aangeleverd door Deltares. (Onder) Dezelfde kaart met interpolatie tussen de gridcellen (dubbel lineair). Deze interpolatie voorkomt kunstmatige stappen in berekende waterstanden.

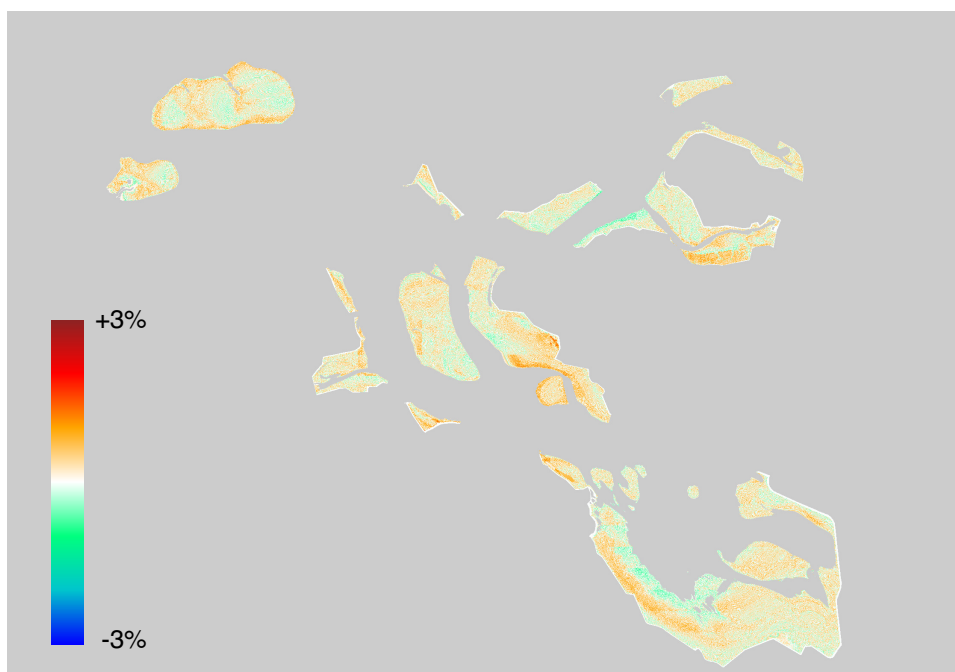
Daartoe zijn voor het 20×20 grid van de bodemkaart 2010 alle waterstanden berekend voor de vier jaren 2007–2010, dezelfde periode die door Rijkswaterstaat werd gebruikt voor het berekenen van overschrijdingskansen bij de stations en een droogvalduurkaart 2010. Met behulp van deze geïnterpoleerde waterstanden is de droogvalduurkaart berekend die is weergegeven in Figuur 2.3.

De kaart van Rijkswaterstaat is vervolgens van de berekende droogvalduurkaart afgetrokken. De verschilkaart is weergegeven in Figuur 2.4. De afwijkingen zijn vrijwel overal kleiner dan 1% droogvalduur. Het "gestippelde" karakter van de verschilkaart ontstaat doordat de kaart van Rijkswaterstaat werd afgerond op gehele procenten droogvalduur.

Ook met de overige bodemkaarten zijn droogvalduurkaarten berekend voor de waterstanden in 2007–2010. Deze kaarten zijn weergegeven in Appendix A.



Figuur 2.3. Droogvalduurkaart 2010 zonder zeespiegelstijging berekend met de hoogtekaart voor 2010 en geïnterpoleerde waterstanden voor de periode 2007–2010.



Figuur 2.4. Verschil tussen bovenstaande kaart en de kaart van Rijkswaterstaat berekend door overschrijdingskansen bij de meetstations te interpoleren op de M2 amplitude (Daane *et al.*, 2012). De afwijkingen zijn vrijwel overal kleiner dan 1% droogvalduur. Het "gestippelde" karakter van de verschilkaart ontstaat doordat de kaart van Rijkswaterstaat werd afgerond op gehele procenten droogvalduur.

2.3 Dagelijks weer van het KNMI

Voor het weer in de Oosterschelde, en in het bijzonder voor de dagelijkse minimum en maximum temperatuur, zijn de KNMI gegevens van het weerstation Vlissingen gebruikt.

2.4 IMARES schelpdier surveys

De gegevens van de IMARES scheldiersurveys ([Kamermans *et al.*, 2003](#); [Bult *et al.*, 2004](#)) worden gebruikt als het voedsel voor de overwinterende scholeksters. Aan de bemonsterde punten wordt door het IMARES een oppervlak toegekend ten behoeve van een schatting van het totale schelpdierbestand. Deze oppervlakken worden in principe gewoon overgenomen in Webtics en gebruikt als de "spots" of "cellen" waar de scholeksters kunnen foerageren.

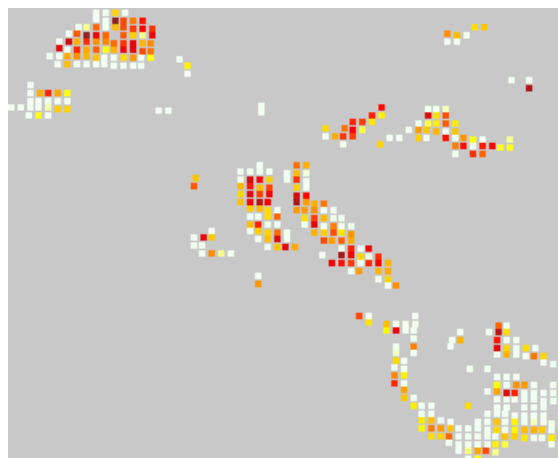
Het schelpdierbestand wordt berekend voor de deelgebieden West, Midden, Noord en Oost (kom) van de Oosterschelde. Deze indeling in deelgebieden wordt ook gebruikt in de simulatie van overwinterende scholeksters zodat de gesimuleerde vogels zich niet over onrealistisch grote afstanden verplaatsen.

In [Figuur 2.5](#) is een schets te zien van de monsterlokatie tijdens de survey in 2010. De kleur is een indicatie van de lokale voedseldichtheid ("hoe roder hoe meer"). Behalve de cel oppervlakken worden ook zomersterfte en zomergroei zoals die door IMARES in rekening gebracht zijn overgenomen als beginwaarden voor de simulatie van overwinterende scholeksters vanaf 1 september.

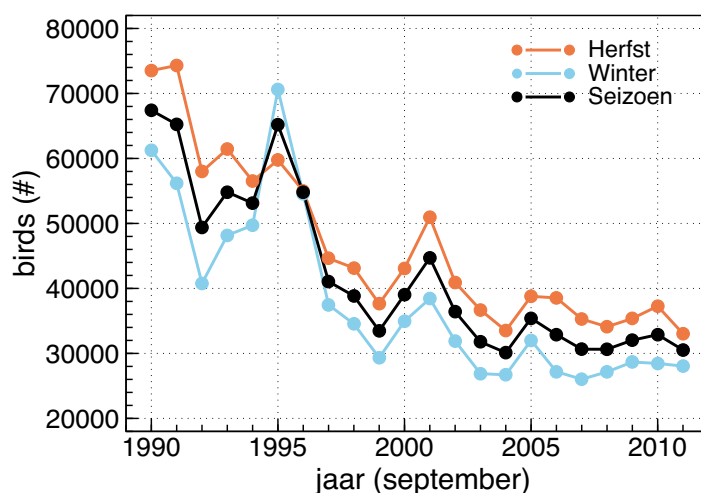
Voor iedere cel wordt tijdens de simulatie de waterstand berekend (met de coördinaten van de monsterlokatie) om te bepalen of het voedsel in de cel droog ligt of niet.

2.4.1 Berekeningen aan plaaterosie met de bestaande surveys

De berekeningen aan plaaterosie in [Hoofdstuk 6](#) worden gedaan met de schelpdier-surveys uit de jaren 2001–2011. Deze surveys hebben uiteraard betrekking op de jaren waarin ze zijn uitgevoerd en de gemeten hoeveelheden kunnen niet zonder



Figuur 2.5. Monsterposities van de IMARES schelpdiersurvey 2010. De kleur (wit–geel–oranje–rood) is een indicatie van de hoeveelheid schelpdiervlees per m².



Figuur 2.6. Het aantal overwinterende scholeksters in de Oosterschelde uitgedrukt als een gemiddelde voor september t/m februari ("seizoen"), september t/m november ("herfst") en december t/m februari ("winter"). De aantallen zijn berekend uit de maandcijfers aangeleverd door het Sovon (zie de tekst voor referenties naar de basisgegevens).

meer worden gebruikt in combinatie met toekomstige hoogten. Als in de toekomst een plaat (veel) lager komt te liggen kunnen we immers niet verwachten dat op die plek nog steeds de schelpdieren zullen voorkomen die daar zijn gevonden in de jaren 2001–2011.

In Hoofdstuk 5 worden dit probleem op twee manieren aangepakt, zonder correctie ("het voedsel daalt mee met de bodem") of met correctie ("het voedsel schuift op").

2.5 Vogeltellingen

De steltlopers in de Oosterschelde worden al enkele decennia maandelijks geteld. De resultaten zijn gerapporteerd door [Meininger *et al.* \(1984, 1985, 1993, 1995, 1996, 1997, 1998\)](#), [Meininger & van Haperen \(1988\)](#), [Berrevoets *et al.* \(1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2005\)](#) en [Strucker *et al.* \(2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013\)](#). Het Sovon stelde ten behoeve van dit rapport een bestand samen met de maandelijks aantallen in de vier deelgebieden van de Oosterschelde. Daarbij is elk telgebied toegekend aan één van de vier deelgebieden. In de grootte van de fouten die bij deze verdeling over deelgebieden gemaakt worden hebben wij geen inzicht¹.

Figuur 2.6 laat het aantalsverloop zien over de jaren 1990–2001 uitgedrukt als een seizoensgemiddelde over de maanden september t/m februari, een herfstgemiddelde over september t/m november en een gemiddeld winteraantal over december t/m februari. Met jaargemiddelden wordt in dit rapport niet gewerkt.

De maandelijks aantallen worden ingevoerd in Webtics. Als voor andere aantallen vogels wordt gerekend dan gebeurt dan door middel van een vermenigvuldigingsfactor, zodat het seizoensverloop realistisch blijft.

¹Vogels die op een bepaalde hoogwatervluchtplaats op in een bepaald telgebied geteld worden kunnen zich tijdens laagwater over verschillende slikken verspreiden.

2.5.1 De winters van 1995 en 1996

In Figuur 2.6 zien we dat in de jaren 1995 en 1996 de winteraantallen (december t/m februari) boven de seizoensgemiddelden lagen. Dat was het geval doordat er tijdens koudeperioden veel scholeksters uit de Waddenzee naar de Oosterschelde zijn gekomen, en gedeeltelijk ook verder naar Frankrijk zijn gevlogen. In géén van de andere jaren is dat effect zo sterk geweest wat mogelijk samenhangt met het ontbreken van de mosselbanken in het Waddengebied in die periode.

In sommige berekeningen voor de jaren negentig is om die reden het aantalsverloop uit de jaren 1995 en 1996 vervangen door het verloop uit een ander jaar. Dat is dan bij de bespreking aangegeven.

Het model Webtics

Het model WEBTICS¹ simuleert in tijdstappen van een kwartier de voedselopname van de scholeksters in een bepaald deelgebied. Het gebied wordt beschreven als een verzameling "cellen" waarvoor schelpdiergegevens van het IMARES beschikbaar zijn. Elk kwartier wordt bepaald welk van de cellen droogliggen. De scholeksters worden dan verdeeld over de droogvallende cellen en foerageren totdat ze genoeg hebben.

Hieronder worden enkele voor de interpretatie belangrijke aspecten van het model nader besproken. Allerlei biologische details zoals de gebruikte functionele respons (de relatie tussen voedseldichtheid en voedselopname), de berekening van de voedselbehoefte en het effect van interferentie tussen foeragerende vogels zijn elders gedocumenteerd (Zwarts *et al.*, 1996b,c,a; Kersten & Visser, 1996; Stillman *et al.*, 1997; Rappoldt *et al.*, 2003c, 2006a).

3.1 Wat berekent het model

Tijdens de simulatie wordt berekend wat de scholeksters *maximaal* aan voedsel zouden kunnen vinden, als ze nooit stoppen met foerageren en ook nooit een volle maag zouden hebben. De foerageerintensiteit is de verhouding tussen de eigenlijke voedselbehoefte en deze hypothetische, maximale voedselopname, een getal tussen 0 en 1 dat dus aangeeft hoe hard de vogels (in de betreffende getijperiode) moeten "werken" om in hun voedselbehoefte te voorzien. De gemiddelde foerageerintensiteit over de meteorologische winter² wordt de *stress index* genoemd (zie ook Rappoldt *et al.*, 2003a,b, 2006b).

Een berekende stress index karakteriseert de overwintering van de vogels en is hoger naarmate:

- er meer scholeksters zijn omdat (1) de maximale voedselopname bij het foerageren in een hogere dichtheid lager is, en (2) in de loop van het seizoen de voedseldichtheid sneller afneemt,
- de droogvalduur kleiner is omdat de maximale voedselopname dan kleiner is,
- de temperatuur lager is omdat de voedselbehoefte dan groter is,
- er minder voedsel is omdat de maximale voedselopname dan kleiner is en de behoefte gelijk blijft.

¹Wader Energy Budget and Tidal Cycle Simulator

²de maanden december, januari en februari

Een berekende stress index hangt natuurlijk wel af van de parameters die bepalen hoe snel de vogels kunnen eten en verder van de wijze waarop we de vogels verspreiden over het beschikbare voedselgebied.

3.2 Twee manieren van vogelverspreiding

De voedselbehoefte van de vogels en de modelparameters die bepalen hoe snel een scholekster gemiddeld kokkels kan vinden en eten zijn gebaseerd op metingen in het laboratorium en in het veld. Dat is niet het geval voor de verspreiding van de vogels tijdens laagwater.

Een wat extreme maar wel heel duidelijke aanname voor deze laagwatersverspreiding is de zogenaamde "ideaal vrije verdeling". We gaan er dan van uit dat de vogels op elk moment en zonder extra "kosten" hun verdeling over het voedselgebied zodanig regelen dat de voedselopname zo groot mogelijk is. Dat is het geval als de vogeldichtheid (het aantal vogels per hectare) het grootst is op de plekken met het meeste voedsel. De vogels hebben op die plekken dan ook relatief veel last van elkaar en daarom kan op de iets minder goede plekken een even grote opname gehaald worden, zij het bij een wat lagere vogeldichtheid.

Op deze wijze kan, uitgaande van parameters die we kennen, een optimale verdeling van de vogels berekend worden over het drooggevallen deel van het voedselgebied. In Webtics foerageren de vogels vanaf afgaand water totdat hun energiebehoefte voor de betreffende getijdeperiode gedekt is. In Figuur 3.1a is een voorbeeld te zien van de op die wijze gesimuleerde foerageertijd.

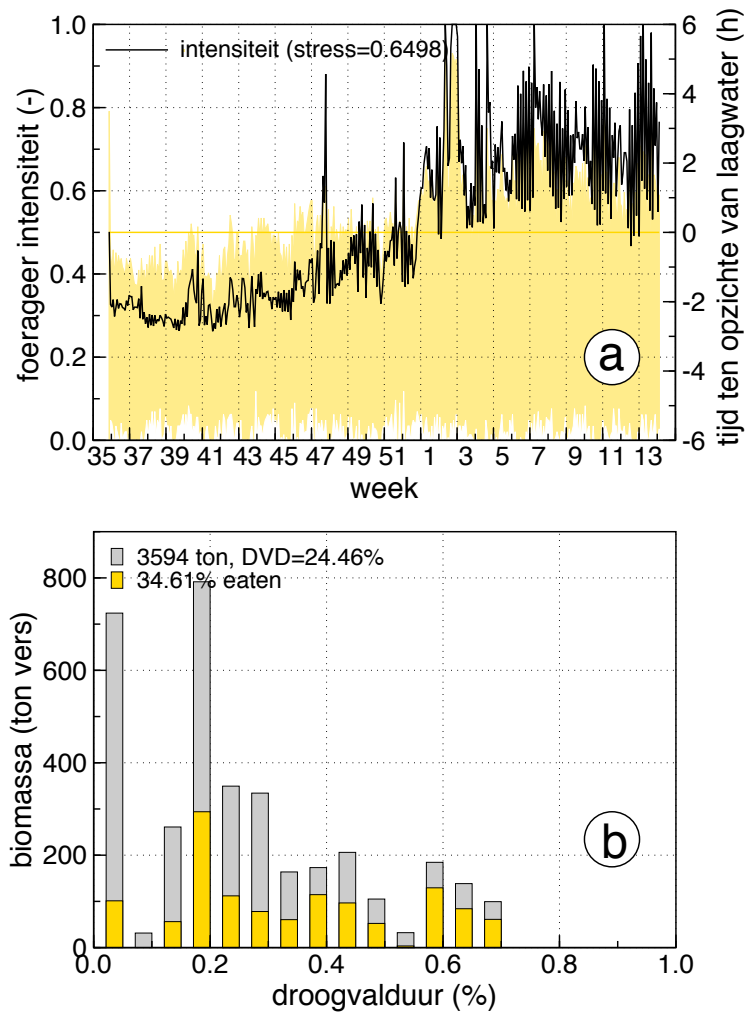
3.2.1 De ideaal vrije vogelverdeling ; bespreking Figuur 3.1

De ideaal vrije vogelverdeling wordt in Webtics gecombineerd met een foerageerperiode die begint zodra het eerste voedsel droogvalt. Dat is te zien aan het lichtgele gebied in Figuur 3.1a dat de foerageertijd weergeeft ten opzichte van het tijdstip van laagwater. De vogels beginnen vlak na hoogwater (meer dan 5 uur vóór laagwater) al te foerageren. In september en oktober hebben ze vaak al voor laagwater genoeg gegeten. In de winter gaat het foerageren langer door omdat de voedselbehoefte dan groter is en de kokkels minder vlees bevatten.

Een belangrijk gevolg van deze gang van zaken is dat er intensief gefoerageerd wordt op relatief kleine oppervlakken aan hoog gelegen, lang droogvallende kokkels. Deze kokkels met een droogvalduur boven de 50% worden dan ook vrijwel allemaal opgegeten zoals te zien is in Figuur 3.1b waarin de gesimuleerde predatie (september t/m maart) geel gekleurd is.

De grote predatiedruk op lang droogvallende kokkels in de herfst is niet realistisch. Scholeksters brengen in de herfst nog veel tijd door op de hoogwatervluchtplaatsen en beginnen in het algemeen pas enkele uren na hoogwater met foerageren. Ze kunnen zich dan direct over een groot deel van het foerageergebied verspreiden en het langst droogvallende voedsel wordt niet of nauwelijks gepredeerd. Het weg eten van de lang droogvallende kokkels in de herfst heeft bovendien consequenties voor de stress index.

Als lang droogvallende kokkels in de herfst voor een groot deel worden opgegeten dan wordt daardoor de potentiële voedselopname gedurende een laagwaterperiode in de winter aanzienlijk verlaagd. De potentiële opname wordt immers bepaald door de maximaal mogelijke opname gedurende de gehele laagwaterperiode. Een



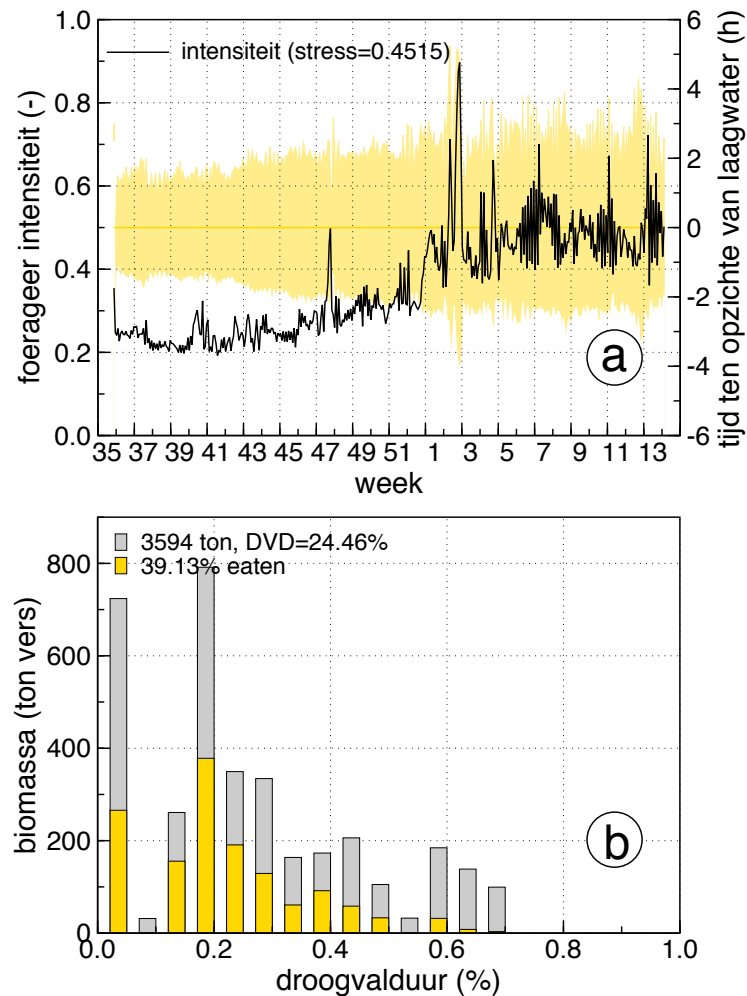
Figuur 3.1. Enkele resultaten van een simulatie voor Oosterschelde Oost (2008) met een ideaal vrije verdeling van de vogels die foerageren vanaf afgaand water totdat de energiebehoefte gedekt is. (a) Het verloop van de foerageer intensiteit gedurende de overwintering en (als lichtgeel vlak t.o.v. de rechter y-as) de gesimuleerde foerageerduur ten opzichte van het tijdstip van laagwater. (b) De droogvalduur van de kokkels in de IMARES schelpdiersurvey en de gesimuleerde predatie.

lagere potentiële opname leidt vervolgens tot een hogere foerageer intensiteit in de winter en daarmee tot een hogere stress index dan het geval zou zijn zonder deze herfstpredatie.

3.2.2 Foerageren in de waterlijn ; bespreking [Figuur 3.2](#)

Om voor bovenstaand probleem een oplossing te vinden wordt sinds enkele jaren onderzoek gedaan aan de verspreiding van scholeksters tijdens laagwater met gezenderde vogels. De resultaten van dit veldwerk worden op het moment uitgewerkt. In het kader daarvan zijn in Webtics verschillende alternatieve verspreidingsmodellen ingebouwd met de bedoeling om uiteindelijk modelparameters af te leiden van de metingen.

Omdat dit onderzoek nog niet is afgerond beperken we ons hier tot het volgende,



Figuur 3.2. Als Figuur 3.1 met de volgende veranderingen: De vogels beginnen niet te foerageren zodra er slikken droogvallen maar pas later, er is een waterlijn effect en er wordt meer gebruik gemaakt van minder goede voedselgebieden (zie de tekst voor details). Dat leidt tot een veel minder sterke predatie van de hoog gelegen en lang droogvallende kokkels.

enigszins willekeurige "Waterlijn verdeling" voor de vogelspreiding dat echter wel heel anders is als de hierboven beschreven ideaal vrije verdeling.

- De maximale opnamesnelheid in de waterlijn is twee keer zo groot dan ver van de waterlijn.
- De vogels foerageren gedurende een aantal uren rondom het tijdstip van laagwater. De foerageertijd reageert op de behoefte maar blijft gecentreerd rondom het tijdstip van laagwater. Dat maximaliseert het droogvallend oppervlak tijdens het foerageren.
- De opnamesnelheid van de vogels wordt met maximaal 50% gereduceerd ten opzichte van de maximale opnamesnelheid, als de voedselsituatie en de droogvalduur van het voedsel dat toelaten.
- Dat maakt het mogelijk om de associatie tussen voedsel en vogeldichtheid te verminderen en om dus ook gebruik te maken van minder goede plekken. Op die manier wordt een groter deel van het voedselgebied ook echt gebruikt.

Herhalen we de simulatie voor Oosterschelde Oost (seizoen 2008–2009) met deze verspreiding dan krijgen we Figuur 3.2. De foerageertijd ligt overduidelijk rond laagwater, er zijn nauwelijks hooggelegen kokkels gegeten (zelfs niet in de winter) en het stress niveau in de winter is aanzienlijk gedaald omdat de mogelijkheid van predatie op lang droogvallende kokkels in de winter behouden is gebleven³.

3.2.3 Bespreking vogelverdeling

Bij een ideaal vrije vogelverdeling wordt een berekende draagkracht voor een belangrijk deel bepaald door de hoeveelheid lang droogvallende kokkels. Duidelijk is nu geworden dat dit effect dit op twee manieren tot stand komt:

1. Lang droogvallende kokkels dragen bij aan een grotere potentiële voedselopname en leiden dus tot een kleinere foerageer intensiteit en een kleinere stress index.
2. Lang droogvallende kokkels worden in de herfst opgegeten doordat de vogels bij afgaand water direct beginnen te foerageren. Dat leidt tot een verminderde potentiële voedselopname in de winter.

Het tweede effect is een artefact van de foerageertijd en is bij het gebruik van "waterlijn foerageren" verdwenen.

Dat betekent nog niet dat lang droogvallend voedsel onbelangrijk is. Het eerste effect blijft immers bestaan. Zelfs als het lang droogvallende voedsel in simulaties met Webtics nauwelijks gegeten wordt is het nog steeds belangrijk in situaties met langdurig verhoogde waterstanden en vermoedelijk ook voor jonge vogels die minder goed kunnen foerageren.

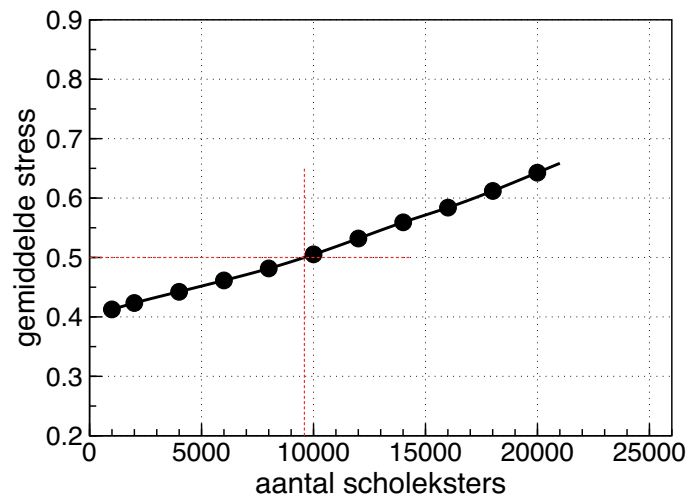
3.3 Het berekenen van een aantal scholeksters

Als model en werkelijkheid identiek zouden zijn, dan zou de maximale stress index 1.00 kunnen bedragen. Dat is echter niet zo. In het model worden impliciet allerlei vereenvoudigende veronderstellingen gemaakt. Zo foerageren de vogels op de cellen van de schelpdiersurvey met binnen iedere cel een uniforme voedseldichtheid. Er worden in het model ook geen vlieggkosten in rekening gebracht en er wordt aangenomen dat de vogels het gehele gebied perfect kennen.

De scholeksters in het model zijn verder allemaal gelijk terwijl er in werkelijkheid grote verschillen zijn. Met name jonge vogels hebben een grotere sterftekans. En het aantal jongen dat de eerste winter overleeft is uiteraard van grote invloed op de aantalsontwikkeling. Voor een stabiel aantal scholeksters moet dit aantal in balans zijn met de sterfte onder volwassen vogels.

Het maximale, gemiddelde stress niveau voor overwinterende scholeksters ligt dan ook aanzienlijk lager dan 1.00. Met behulp van sterftecijfers en het aantalsverloop van de scholeksters in de negentiger jaren is voor dit maximale stress niveau een waarde bepaald van ongeveer 0.50 (Rappoldt *et al.*, 2006b), *te bepalen als een gemiddelde over een reeks van jaren*. Deze waarde is bepaald voor de Oosterschelde

³Een lagere stress index betekent hier niet een grotere draagkracht van het gebied. Omdat we het model veranderd hebben moet opnieuw een kritisch stress niveau bepaald worden voor een aantalsberekening.



Figuur 3.3. Voorbeeld van een aantalsberekening met de ideaal vrije vogelverspreiding. Voor een reeks verschillende vogelaantallen is voor Oosterschelde Noord het gemiddelde berekend van de stress indices over de jaren 2001–2011. Dit gemiddelde is in grafiek gebracht als functie van het aantal vogels. Bij 9600 vogels is het gemiddelde stress niveau 0.50.

en het Waddengebied⁴ en bleek ook uitstekend te werken voor de Westerschelde (Rappoldt & Ens, 2005, 2006, 2007).

Figuur 3.3 is een voorbeeld van een aantalsberekening voor Oosterschelde Noord met de ideaal vrije vogelverdeling. Voor een reeks verschillende vogelaantallen is het gemiddelde berekend van de stress indices over de jaren 2001–2011. Dit gemiddelde wordt in grafiek gebracht als functie van het aantal vogels en de gefitte curve wordt afgelezen bij een stress niveau van 0.50. Dat leidt in dit voorbeeld tot 9600 vogels.

3.4 Interpretatie van een berekend aantal

Het maximale (of kritische) stress niveau is geen absolute grens waarboven de vogels dood gaan. Het stress niveau moet veeleer gezien worden als een index die correspondeert met een toenemende sterftেকans *in de winter*⁵, met name van jonge vogels, of een verlaagde reproductie door een slechte conditie in het voorjaar.

Een kritische waarde van het stress niveau is dan in theorie de waarde waarbij de wintersterfte in evenwicht is met de reproductie. Als echter de reproductie afneemt dan zal zich een nieuw evenwicht instellen bij een lager aantal scholeksters en een wintersterfte die opnieuw in evenwicht is met de reproductie, bij een lager stress niveau. De hoge leeftijd die scholeksters kunnen bereiken en de lage jaarlijkse sterfte en reproductie zorgen ervoor dat het bereiken van een evenwicht wel 10 of 20 jaar kan duren. Een scholekster populatie is de resultante van een steeds veranderende sterfte en reproductie, altijd op weg naar een evenwicht.

Dit betekent dat ons kritisch stress niveau geïnterpreteerd moet worden als het

⁴In de eerste rapporten over Oosterschelde (Rappoldt *et al.*, 2003a) en Waddenzee (Rappoldt *et al.*, 2003b) werd nog gewerkt met een kwadratische index. Dat is echter nodeloos gecompliceerd en de calibratie is daarom in Rappoldt *et al.* (2006b) herhaald voor een lineaire index.

⁵Een eenmaal volwassen scholekster kan tientallen jaren oud worden (Goss-Custard, 1996). De jaarlijkse aanwas door reproductie en de jaarlijkse sterfte liggen in de orde van procenten.

niveau waarbij de wintersterfte in evenwicht is met een bepaalde gemiddelde reproductie, bijvoorbeeld de reproductie uit de negentiger jaren. Door voor verschillende gebieden of deelgebieden een aantal scholeksters te berekenen kunnen we de verdeling van de vogels over hun overwinteringsgebied proberen te begrijpen, d.w.z. de aantallen in het (delen van) het Waddengebied, de Oosterschelde en Westerschelde.

3.4.1 Het begrip draagkracht

De verandering van het aantal scholeksters is afhankelijk van zowel de overwintering als de reproductie. Het voorspellen van een aantal scholeksters uit alléén de omstandigheden gedurende de winter is dus onmogelijk. Wat we wél kunnen is een stress niveau bepalen waarbij de wintersterfte *ongeveer* in evenwicht is met de gemiddelde reproductie in een bepaalde periode en dat is precies waar het kritisch niveau van 0.50 vandaan komt. Een aantalsberekening zal dan *ongeveer* het evenwichtsaantal opleveren voor die periode.

Het begrip draagkracht is in dit verband eigenlijk niet van toepassing. De draagkracht is immers een eigenschap van één gebied terwijl overwintering en reproductie van scholeksters in *verschillende* gebieden plaatsvinden. In een vergelijking tussen gebieden of in een effectberekening geeft het begrip draagkracht echter wel aan dat het beschikbare voedsel bepalend is voor het resultaat.

3.4.2 Het kritisch stress niveau en de vogelverspreiding

Het kritisch stress niveau van 0.50 is bepaald met de ideaal vrije verdeling. Met de in hoofdstuk 3.2.2 besproken "waterlijn verdeling" zijn alle berekende stress niveaus anders en zal een aantalsberekening dus met een ander stress niveau moeten gebeuren.

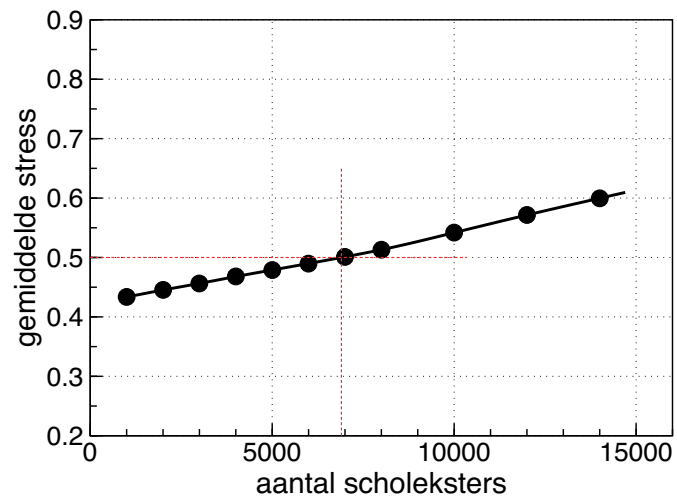
Omdat het onderzoek naar de laagwater verspreiding van scholeksters nog niet is afgerond is een nieuw stress niveau ook nog niet bepaald. Effectberekeningen met de waterlijn verdeling worden daarom uitgevoerd met kritische niveaus van 0.40 en 0.45. Dat leidt tot realistische aantallen scholeksters maar effecten moeten als relatieve effecten worden geïnterpreteerd.

3.5 Een effectberekening

Bij een effectberekening met Webtics zijn we geïnteresseerd in de gevolgen van een ingreep of een autonome verandering in een overwinteringsgebied. Wat we dan kunnen doen is het gemiddelde stress niveau gelijk houden door het aantal scholeksters hoger of lager te kiezen. We houden dan de wintersituatie en hopelijk de wintersterfte gelijk en kijken wat dat zou betekenen voor het aantal overwinterende scholeksters in het betreffende gebied.

Een voorbeeld is de grafiek in Figuur 3.4. De berekening uit Figuur 3.3 is herhaald maar nu met gebruik van de hoogtekaart voor 2030, gecorrigeerde survey oppervlakken (hoofdstuk 5.2) en een zeespiegelstijging van 8.33 cm (Tabel 2.1). Het resultaat is 6900 vogels, een verlaging van 28% ten opzichte van het berekende aantal voor 2010.

Een realistisch referentie aantal (een aantal scholeksters zonder effect) is uiteraard een voorwaarde voor een betrouwbare effectschatting. Het resultaat van een effectberekening zal echter robuuster zijn als het wordt uitgedrukt als een relatieve



Figuur 3.4. Voorbeeld van een effectberekening met de ideaal vrije vogelverspreiding. De aantalsberekening in Figuur 3.3 is herhaald met gebruik van de bodemkaart van 2030, gecorrigeerde survey oppervlakken (hoofdstuk 5.2) en zeespiegelstijging (Tabel 2.1). Het gemiddelde stress niveau van 0.50 wordt nu bereikt bij 6900 vogels.

verandering. Het effect van zandhonger in Hoofdstuk 6 wordt daarom als een relatieve verandering weergegeven ten opzichte van de situatie in het referentiejaar 2010. De voor 2010 berekende referentie aantallen zijn uiteraard wel in een tabel te vinden.

Scholeksters in 1990–2010

In dit hoofdstuk gaan we in op de schelpdiergegevens en de aantallen scholeksters in de periode 2001–2011.

4.1 Voedsel en vogels

4.1.1 Winters 1995–1996 en 1996–1997

In Figuur 4.1a laat het aantal scholeksters zien in de herfst (september t/m november), winter (december t/m februari) en gemiddeld over het gehele seizoen. De herfstaantallen zijn wat hoger dan de winteraantallen met uitzondering van de winters 1995–1996 en 1996–1997. In die jaren zijn er ongewoon veel scholeksters uit de Waddenzee naar de Oosterschelde gekomen.

Door de herfstaantallen voor de jaren 1995 en 1996 te combineren met het "gewone" aantalsverloop tussen september en februari kan hiervoor gecorrigeerd worden. Dit gecorrigeerde aantalsverloop is te zien in Figuur 4.1b. Buiten de twee genoemde seizoenen is niets veranderd. Het zijn deze aantallen die in de rest van dit hoofdstuk gebruikt worden.

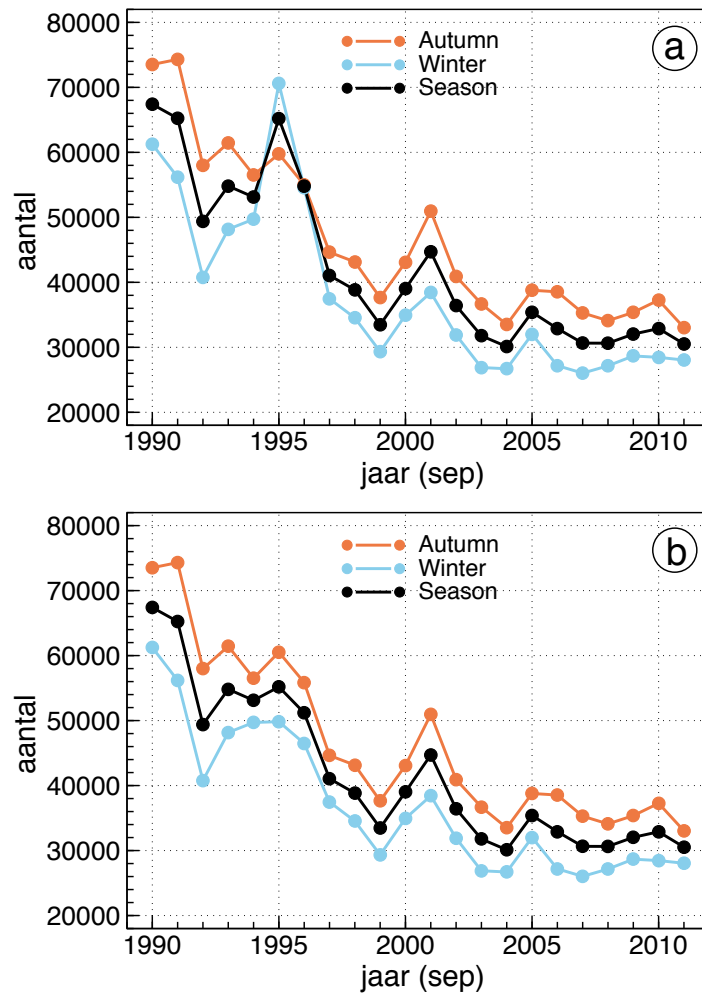
4.1.2 Kokkelbestand 1990–2011

Figuur 4.2 laat het kokkelbestand in de Oosterschelde zien tussen 1990 en 2011, uitgedrukt als tonnen vlees in september, dus met een in rekening gebrachte zomer-groei. Over het geheel genomen lijkt het kokkelbestand niet te veranderen. Wat wel opvalt is een relatief lange periode van daling van 9000 ton in 1992 tot 3000 ton in 1998. In deze periode is ook het oppervlak aan litorale mosselpercelen sterk verminderd. De daling in het aantal scholeksters heeft zich vooral in deze periode voorgedaan (Figuur 4.1b).

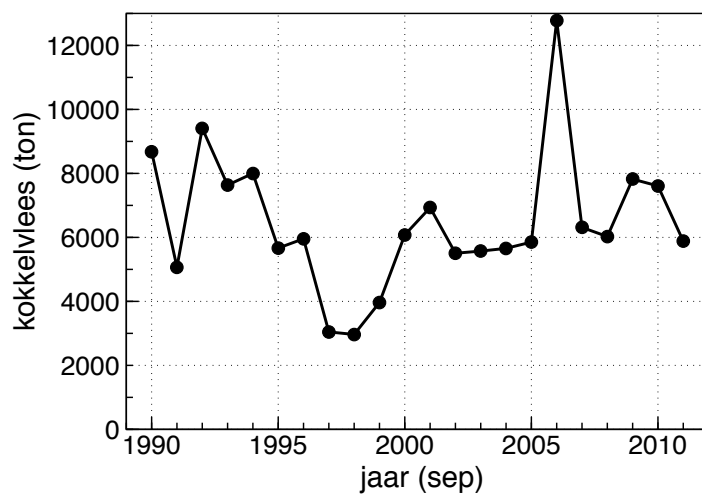
De vraag dringt zich uiteraard op waarom het aantal scholeksters zich na 2000 niet heeft hersteld. Rond 2001 heeft zich echter wel degelijk een herstel voorgedaan maar dat weer is gevolgd door een afname en een stabilisatie rond 30000 vogels.

Kijken we in Figuur 4.3 naar de gesimuleerde stress index, waarin ook factoren als droogvalduur en grootte van de kokkels zijn verdisconteerd, dan zien we in de periode tussen 1990 en 1999 ligt een gewogen gemiddeld stress niveau¹ rond 0.60.

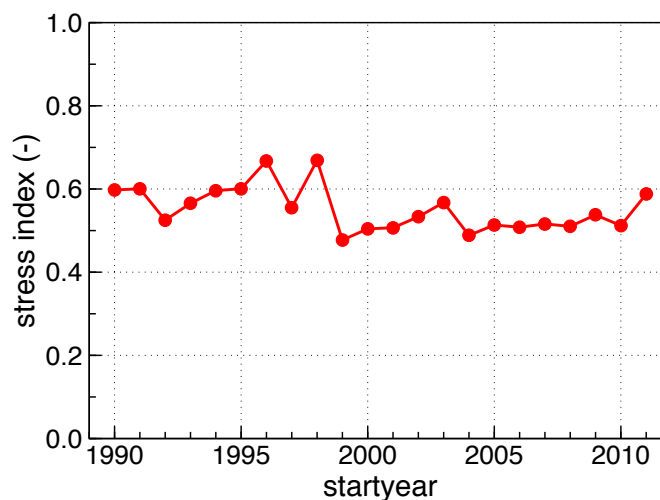
¹Dit gewogen gemiddelde is berekend uit de stress indices voor de deelgebieden waarbij het



Figuur 4.1. Aantal scholeksters in de Oosterschelde. (a) De hoge winteraantallen in de winters 1995–1996 en 1996–1997 zijn veroorzaakt door vogels uit de Waddenzee. (b) Met gecorrigeerde winteraantallen berekend met behulp van het "gewone" seizoensverloop voor de omliggende winters 1993–1994, 1994–1995, 1997–1998 en 1998–1999.



Figuur 4.2. Kokkelbestand (ton vlees september) tussen 1990 en 2011.



Figuur 4.3. Gesimuleerde stress index voor de historische omstandigheden en hoogten geïnterpoleerd tussen de kaarten van 1990, 2011 en 2010.

De daling van het aantal scholeksters in die periode is daarmee consistent.

Vanaf 1999 ligt de stress index rond 0.50. Voor een dergelijk stress niveau verwachten we geen aantalsverandering. Het voor de periode 2001–2011 berekende aantal vogels is 32000, goed in overeenstemming met de getelde aantallen. De verdeling over de verschillende deelgebieden kan echter met gebruik van één kritisch stress niveau van 0.50 niet geheel begrepen worden.

4.2 Deelgebieden

Bovenstaande resultaten voor de Oosterschelde als geheel betekenen niet dat we op het niveau van de deelgebieden ook alle veranderingen kwantitatief kunnen begrijpen. In de Figuren 4.4 tot en met 4.7 is voor elk deelgebied het kokkelbestand, het aantal scholeksters en de gesimuleerde stress index in grafiek gebracht. We zullen de resultaten kort bespreken.

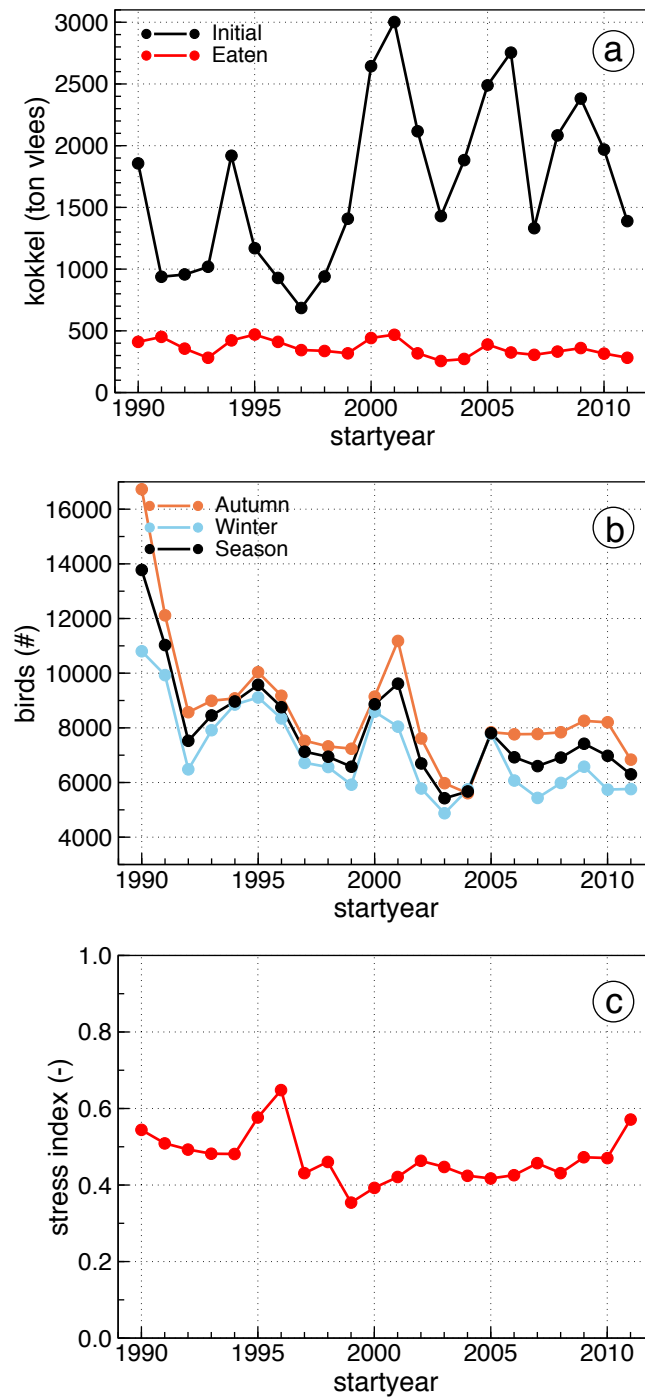
4.2.1 West

Het aantal scholeksters is direct na 1990 scherp gedaald, mogelijk tengevolge van de invloed van de stormvloedkering op het getij. Daarna lijkt het aantal scholeksters in Figuur 4.4b herhaaldelijk te reageren op de kokkelpieken in Figuur 4.4a. Het gemiddeld stress niveau ligt tussen 0.40 en 0.50. Simulaties met Webtics laten zien dat pas bij 15000 scholeksters het stress niveau tussen 2001 en 2011 de waarde 0.50 bereikt. Dat is ongeveer dubbel zoveel als het getelde aantal.

4.2.2 Noord

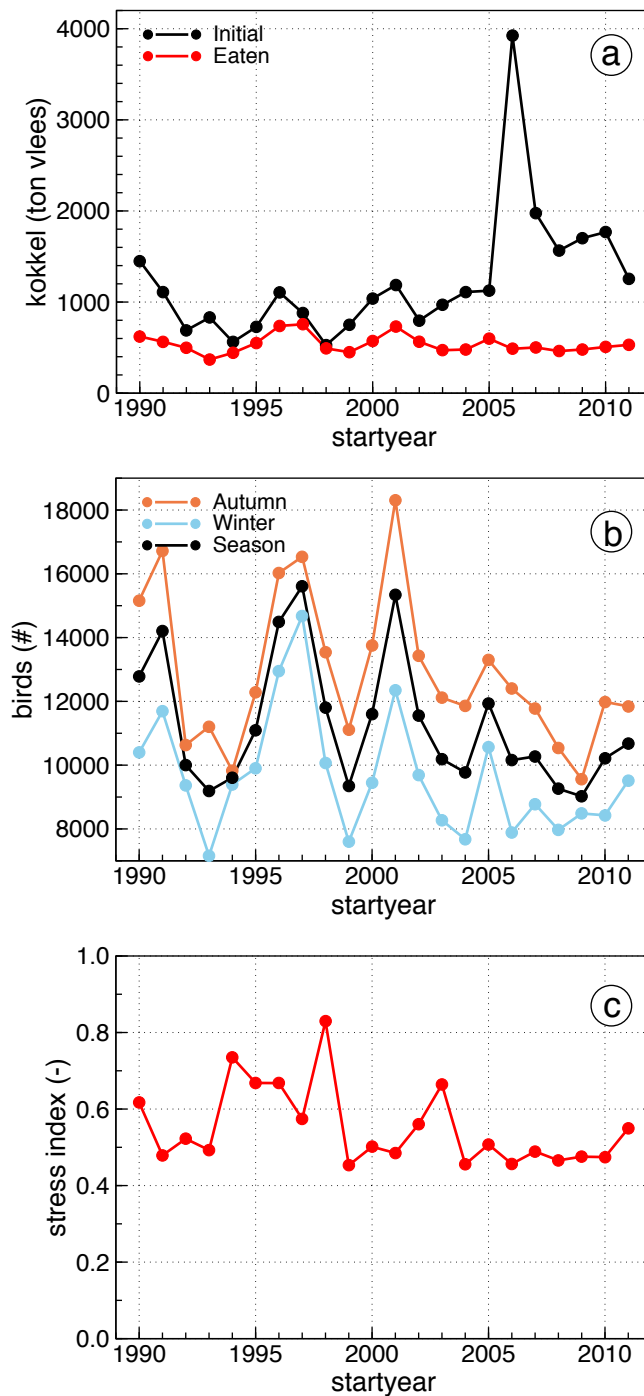
Hier zien we na 2005 een relatief groot kokkelbestand. Dat leidt echter niet tot een systematisch lager stress niveau. Simulaties voor de periode 2001–2011 leveren

aantal scholeksters als gewichtsfactor is gebruikt.



Figuur 4.4. Historie van Oosterschelde West. (a) Kokkelbestand (ton vlees september). (b) Aantal scholeksters. (c) Gesimuleerde stress index.

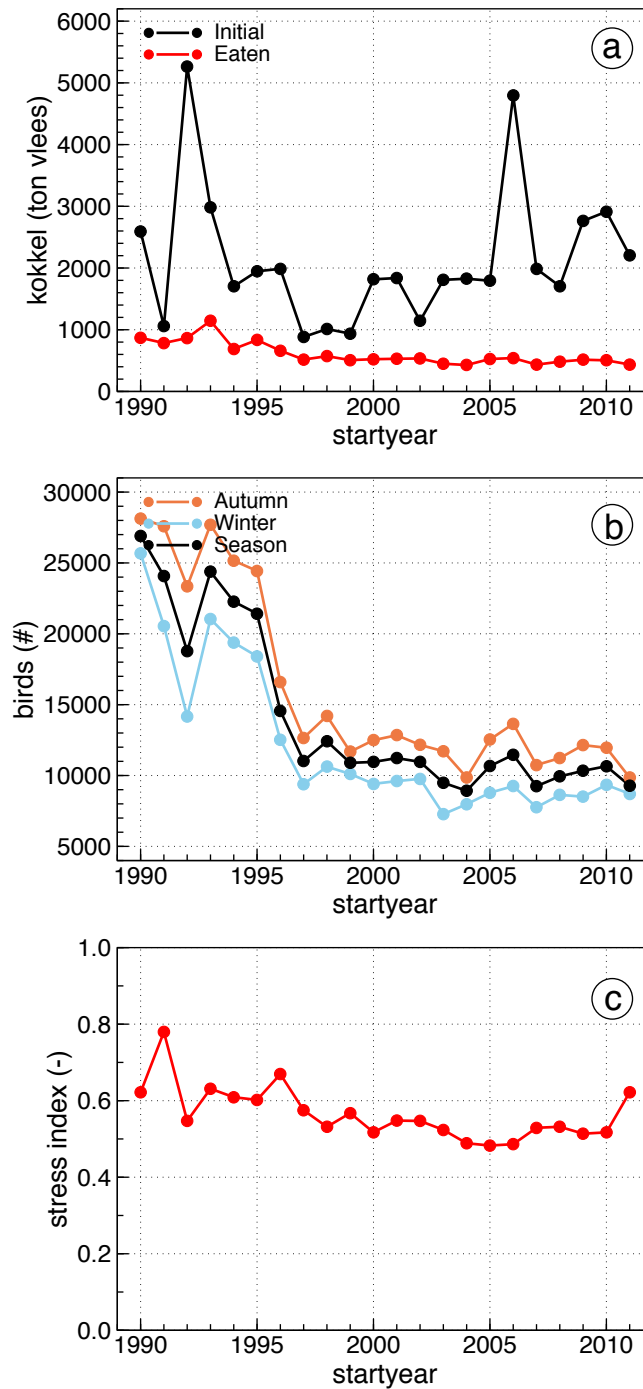
voor Oosterschelde Noord een aantal van 10000 vogels, in overeenstemming met het getelde aantal.



Figuur 4.5. Historie van Oosterschelde Noord. (a) Kokkelbestand (ton vlees september). (b) Aantal scholeksters. (c) Gesimuleerde stress index.

4.2.3 Centraal

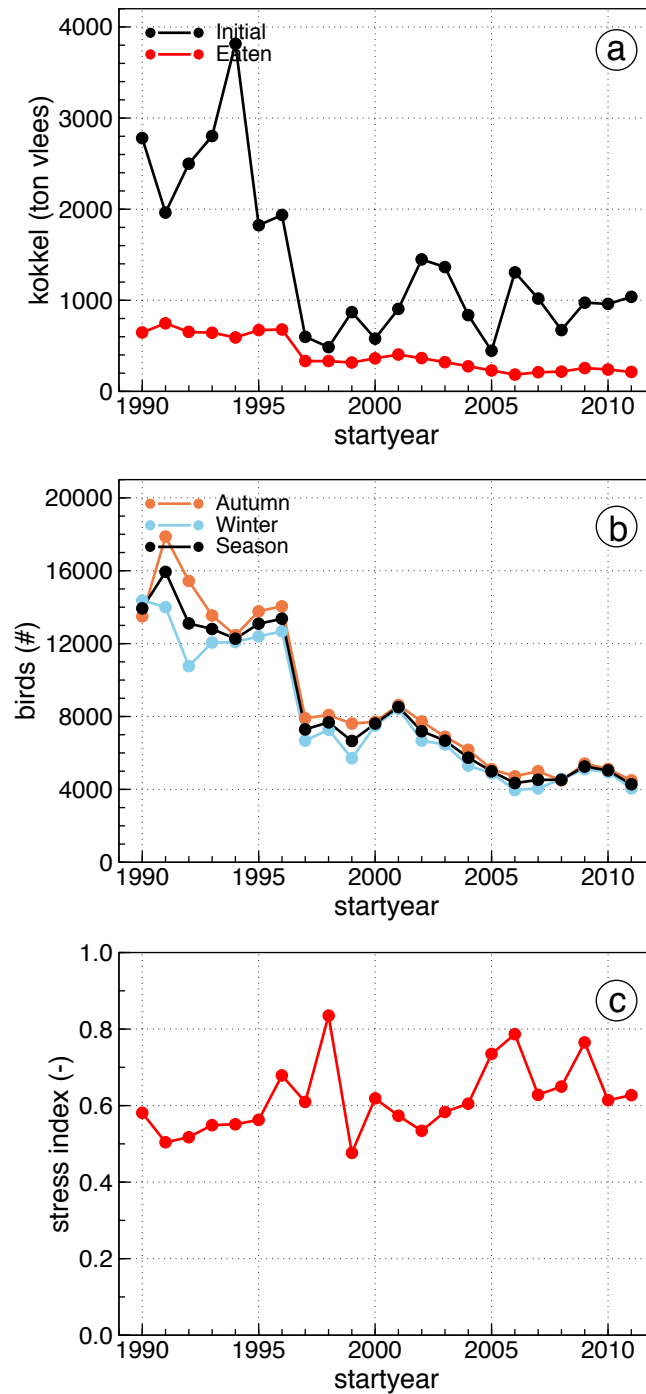
In het centraal gelegen deel van de Oosterschelde is het aantal scholeksters na 1995 scherp gedaald, consistent met gesimuleerde stress niveaus boven 0.60. In de periode daarna is er niet veel meer veranderd. Een aantalsberekening voor de periode 2001–2011 komt uit op 7200 vogels, wat minder dan de getelde aantallen.



Figuur 4.6. Historie van Oosterschelde Centraal. (a) Kokkelbestand (ton vlees september). (b) Aantal scholeksters. (c) Gesimuleerde stress index.

4.2.4 Oost

Anders dan in de overige deelgebieden zien we in Oosterschelde Oost zien rond 1995 een instortend kokkelbestand (Figuur 4.7a). Het is niet verwonderlijk dat ook het aantal scholeksters sinds 1996 aanzienlijk lager ligt (Figuur 4.7b). Ondanks deze daling is het stress niveau echter nog steeds hoog. Berekeningen met Webtics laten



Figuur 4.7. Historie van Oosterschelde Oost. (a) Kokkelbestand (ton vlees september). (b) Aantal scholeksters. (c) Gesimuleerde stress index.

zien dat bij gebruik van een ideaal vrije verdeling (en een kritisch stress niveau van 0.50) er helemaal geen scholeksters meer zouden kunnen overwinteren. Dat lijkt niet het geval al zien we wel sinds 2001 nog een halvering van het aantal, iets dat in geen ander deelgebied is gebeurd.

4.3 Bespreking

Een aantal veranderingen hebben zich de afgelopen 30 jaar voorgedaan in de Oosterschelde:

1. Voltooiing van de stormvloedkering en vermindering van de amplitude van het getijde,
2. Veranderingen in de plaathoogte tengevolge van plaaterosie ("zandhonger" van de geulen),
3. Veranderingen in het kokkelbestand tengevolge van de andere waterstanden en de plaaterosie,
4. Verplaatsing van mosselpercelen naar het sublitoraal,
5. Veranderingen in de kokkelvisserij,
6. Veranderingen in het broedsucces bepaald door factoren buiten de Oosterschelde.

Met behulp van de gegevens vanaf 1990 zijn in principe de punten 2 t/m 5 te bestuderen met Webtics. Maar dat lukt alleen als de hoogtekaarten van 1990, 2001 en 2011 een nette reeks vormen. Afwijkingen in de droogvalduur hebben immers een groot effect op berekende aantallen.

Dan zijn er nog de verschillende manieren om de verspreiding van de vogels tijdens laagwater te modelleren. Zoals aangegeven in hoofdstuk 3.2.2 is het lopende onderzoek daaraan nog niet afgerond. De berekeningen in dit rapport met de "waterlijn verdeling" moeten daarom worden gezien als een gevoeligheidsanalyse.

Op het niveau van deelgebieden kunnen specifieke factoren een rol spelen die niet door het model beschreven worden, bijvoorbeeld een andere prooikeuze of een afwijkend aandeel jonge vogels. Dergelijke factoren kunnen leiden tot een afwijkend stress niveau. Het is daarom niet uitgesloten dat de nu berekende aantallen beter zijn als we voor de verschillende deelgebieden verschillende waarden voor het kritisch stress niveau zouden hanteren.

Zo is het de vraag of het aantal vogels dat op de Roggeplaat foerageert (Oosterschelde West) beschreven kan worden met een kritisch stress niveau van 0.50 of dat het foerageren op een dergelijke plaat alleen haalbaar is bij een lager niveau. Het aantal vogels lijkt immers te reageren op het kokkelbestand terwijl de gesimuleerde stress index systematisch onder 0.50 ligt.

Wij zijn echter terughoudend in het aanpassen van het kritisch stress niveau omdat dat al snel neerkomt op het reproduceren van getelde aantallen. Plaatstrouw en hoge leeftijd kunnen ertoe leiden dat het aantal vogels in een gebied juist sterk afwijkt van wat op lange termijn mogelijk is als evenwichtswaarde. Er moet dus een goede reden zijn om een stress niveau aan te passen, bijvoorbeeld als in aanvullend veldwerk zou blijken dat het aandeel jonge vogels sterk afwijkt van dat in andere gebieden.

Een alternatief voor het aanpassen van het stress niveau is het berekenen van een relatief effect, *ten opzichte van de huidige aantallen*. Als het relatieve effect (bijna) onafhankelijk is van het gekozen stress niveau (en van het berekende absolute aantal vogels), dan kunnen allerlei complicaties buiten beschouwing blijven. In het geval van plaaterosie, bijvoorbeeld, kan het effect op de vogels gedomineerd worden door het verlies van foerageergebied. Het relatieve effect zal dan onafhankelijk zijn van allerlei details.

Het voedsel daalt of schuift op

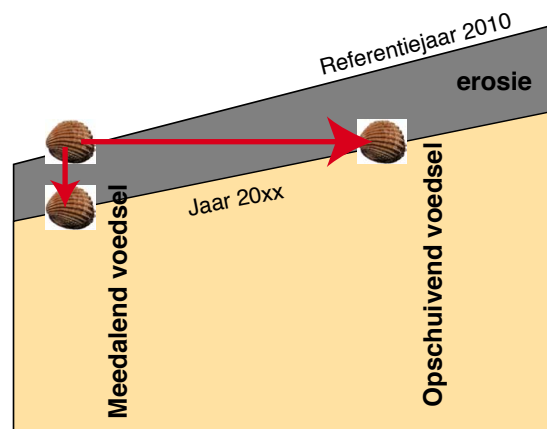
In de berekeningen aan het effect van plaaterosie in Hoofdstuk 6 worden toekomstige hoogtekarten gecombineerd met voedselsurveys uit de jaren 2001–2011. Dat gebeurt op twee manieren.

De eenvoudigste manier om dat te doen is door uit te gaan van de (vermoedelijk onjuiste) veronderstelling dat de schelpdieren in de toekomst op dezelfde plaatsen zullen voorkomen als in de jaren van de surveys, ook als de droogvalduur anders is geworden. In dit geval daalt het voedsel dus mee met de bodem.

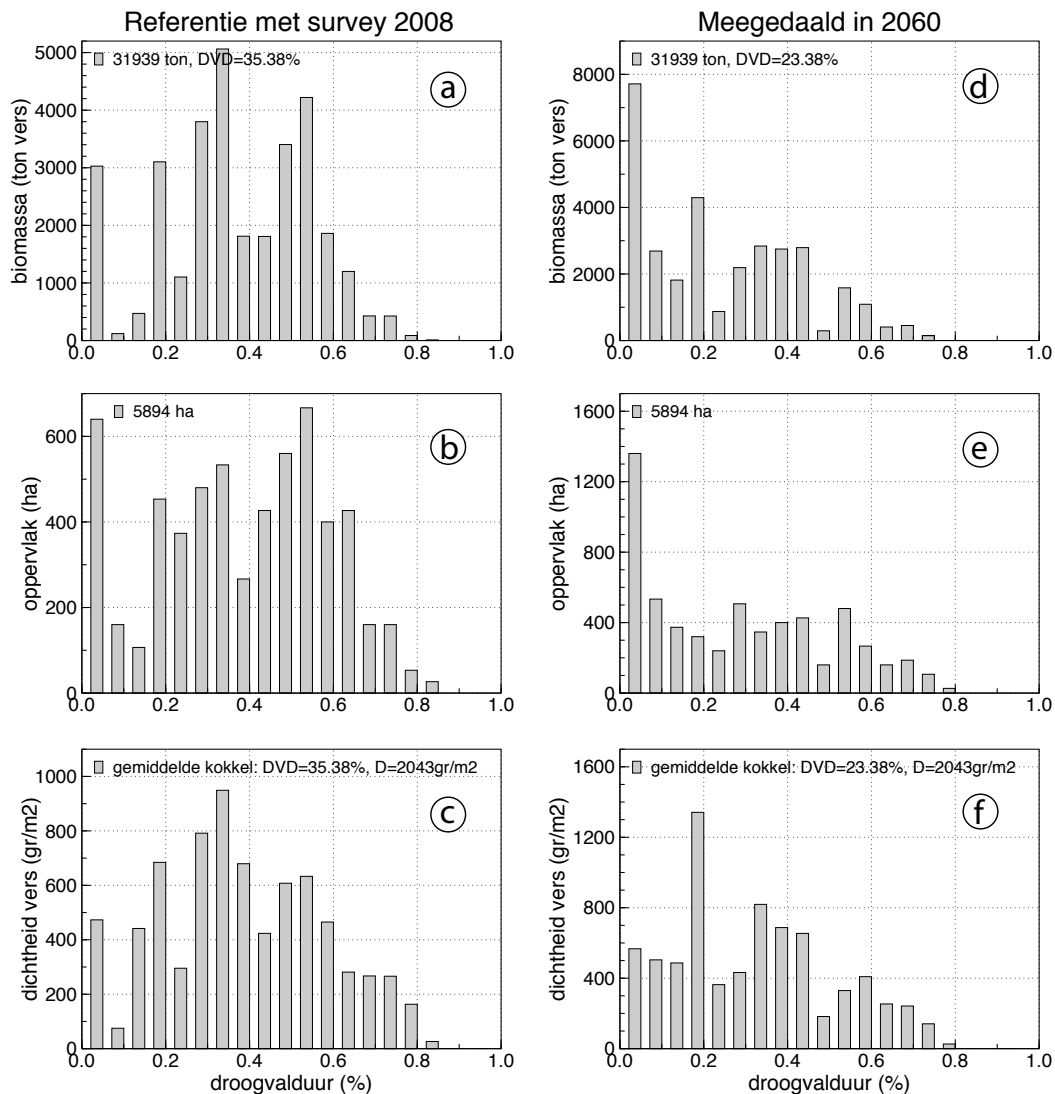
Als plaaterosie en zeespiegelstijging zich voordoen op een termijn van tientallen jaren ligt het meer voor de hand dat de schelpdieren zich "verplaatsen" zodanig dat hun droogvalduur gelijk blijft. We noemen dit "opschuivend voedsel". In Figuur 5.1 zijn deze twee methodes schematisch weergegeven. Hieronder worden ze in meer detail besproken.

5.1 Meedalend voedsel

Aan de monsterpunten van de schelpdiersurvey wordt de hoogte in het jaar 20xx toegekend inplaats van de hoogte in het referentiejaar 2010. Het bij het monster behorende oppervlak blijft gelijk. De surveys uit de periode 2001–2011 worden



Figuur 5.1. Schematische voorstelling van dalend voedsel (pijl naar beneden) en opschuivend voedsel (pijl naar rechts).



Figuur 5.2. De kokkelsurvey 2008 op de hoogtekaart van 2010 (het referentiejaar) en op de hoogtekaart van 2060 voor meedalend voedsel. (a,d) de biomassa als functie van de droogvalduur, (b,e) het oppervlak met kokkels als functie van de droogvalduur, (c,f) de gemiddelde dichtheid als functie van de droogvalduur (gram versgewicht per m²).

dus gewoon gecombineerd met een toekomstige hoogtekaart. De waargenomen dichtheden en gewichten worden niet aangepast en het voedsel voor de vogels daalt mee als de bodem door plaaterosie lager komt te liggen (de pijl naar beneden in Figuur 5.1).

Figuur 5.2 laat een voorbeeld van deze situatie zien voor de survey van 2008. De linker drie grafieken hebben betrekking op het referentiejaar 2010. De rechter drie grafieken zijn het resultaat van dezelfde survey, maar nu in combinatie met de hoogtekaart 2060 voor meedalend voedsel.

De bestandsgrootte en het totale oppervlak toegekend aan de monsters blijven gelijk (31929 ton respectievelijk 5894 ha). De hoeveelheid en het oppervlak aan laag liggende (en kort droogvallende) kokkels is echter sterk toegenomen door de bodemerosie en de verdeling van gemiddelde dichtheid als functie van de droogvalduur is

verschoven naar lagere droogvalduren (Figuur 5.2c en 5.2d). De droogvalduur van de gemiddelde kokkel is daardoor gedaald van 35% naar 23%.

5.2 Opschuivend voedsel

Omdat de plaaterosie op een termijn van vele jaren optreedt ligt het voor de hand dat nieuwe kokkelbanken in de toekomst op andere plaatsen zullen ontstaan. De schelpdieren hebben immers een "voorkeur" voor bepaalde droogvalduren. In Figuur 5.1 is dat weergegeven door het voedsel horizontaal te verplaatsen.

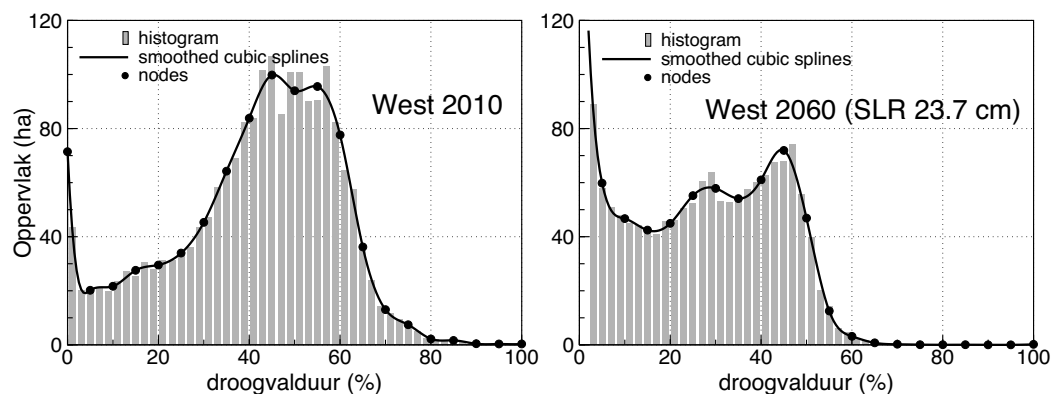
Dat betekent dat voor elk monsterpunt van de survey de hoogteligging en de droogvalduur DVD gelijk blijven aan de situatie in het referentiejaar 2010. Of er dan voor het monsterpunt toch wat verandert hangt ervan af hoeveel oppervlak er in de nieuwe situatie beschikbaar bij de droogvalduur DVD. Een voorbeeld zal dat verduidelijken.

Als een monsterpunt een droogvalduur van 60% heeft in het referentiejaar, maar er is slechts half zoveel van dergelijk oppervlak aanwezig in het jaar 20xx, dan wordt ook slechts de helft van het oorspronkelijke oppervlak aan het punt toegekend. De aannames achter deze oppervlakte correctie zijn:

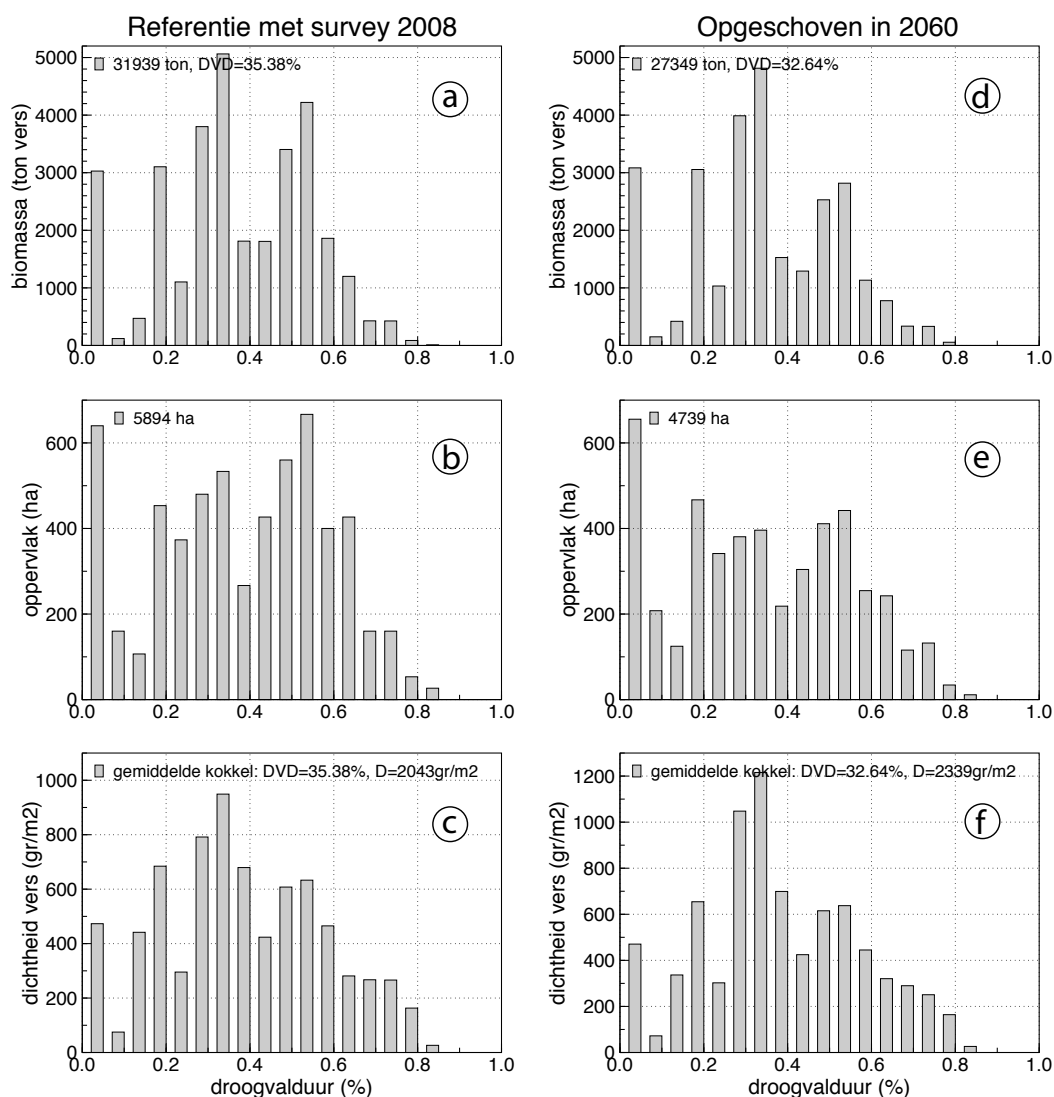
- Het vóórkomen van de schelpdieren bij een bepaalde gemiddelde droogvalduur is evenredig met het oppervlak aan slikken met deze droogvalduur.
- Het effect van de totale bestands grootte op de groei en sterfte van de schelpdieren kan worden verwaarloosd.

Onder deze aannames kunnen we het oppervlak dat aan elk monsterpunt wordt toegekend dus corrigeren met de verhouding tussen de beschikbare hectares in 20xx en in het referentiejaar.

Als in de schets in Figuur 5.1 het oppervlak overal evenveel zou zakken dan veranderd er ecologisch gezien niets. De verschillende droogvalduur zones schuiven op maar blijven even groot. Als een bepaalde droogvalduur in de toekomst echter helemaal niet meer voorkomt, dan wordt aan de betreffende monsterpunten een nul-oppervlak toegekend.



Figuur 5.3. Droogvalduurverdelingen (functies TotaalHa(DVD)) voor Oosterschelde West berekend met de waterstanden van 2007–2010, (links) voor de bodemkaart van 2010 en (rechts) voor de bodemkaart van 2060 met 23.67 cm zeespiegelstijging.



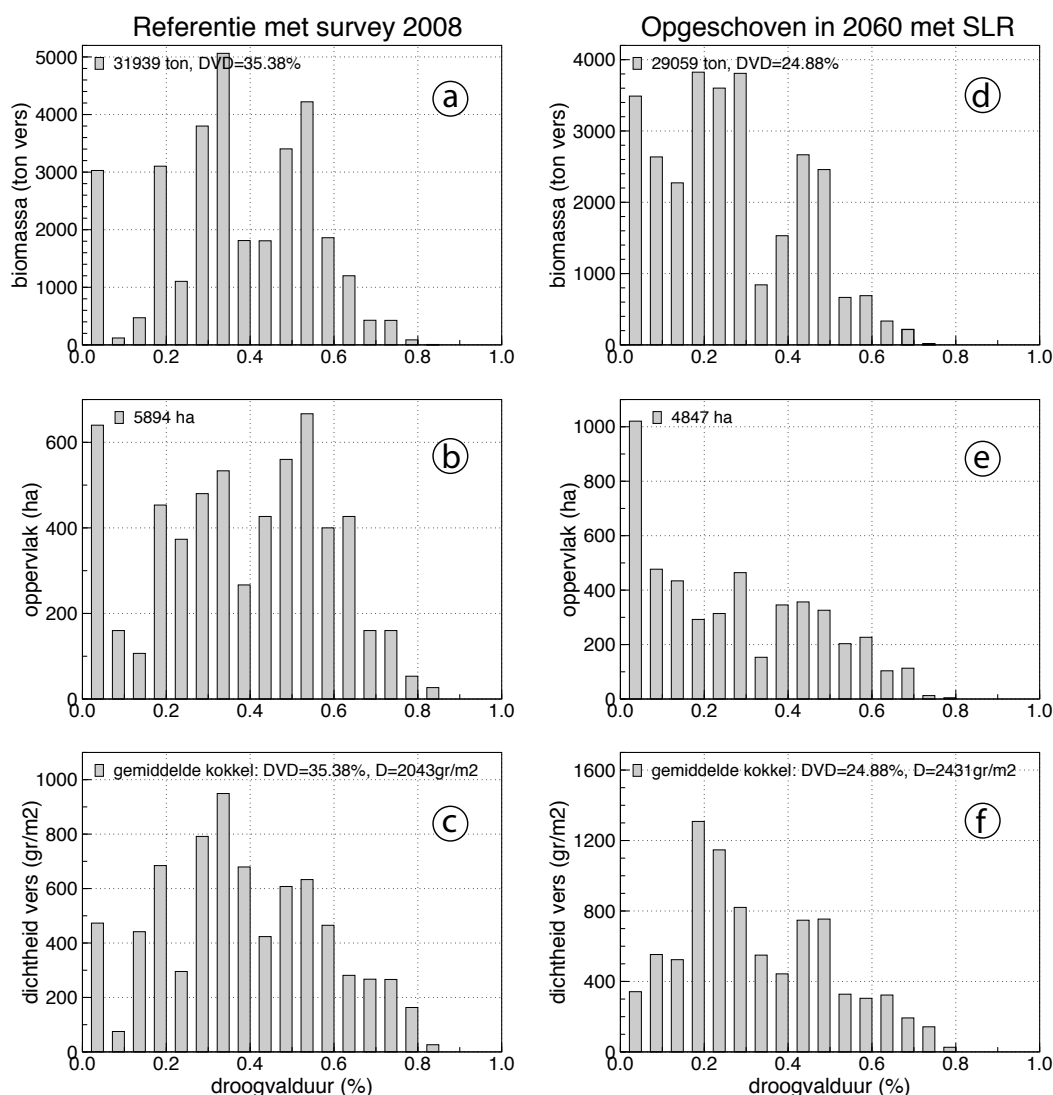
Figuur 5.4. De kokkelsurvey 2008 op de hoogtekaart van 2010 (het referentiejaar) en op de hoogtekaart van 2060 voor opschuivend voedsel. (a,d) de biomassa als functie van de droogvalduur, (b,e) het oppervlak met kokkels als functie van de droogvalduur, (c,f) de gemiddelde dichtheid als functie van de droogvalduur (gram versgewicht per m²).

Het interessante van deze benadering is dat de oppervlakte per monsterpunt wordt gecorrigeerd. We blijven dus heel dicht bij de meetgegevens van de surveys en gebruiken voor elk punt gewoon de hoogte en droogvalduur DVD uit het referentiejaar. Alleen het oppervlak dat bij het punt hoort wordt veranderd en wel met de factor

$$\frac{Ha(DVD, 20xx)}{Ha(DVD, 2010)},$$

dus met de verhouding van het aantal hectares met droogvalduur DVD in 20xx en 2010.

De functies $Ha(DVD)$ zijn *per deelgebied* voor alle jaren bepaald uit de berekende droogvalduurkaarten, zowel *met* als *zonder* zeespiegelstijging. Figuur 5.3 geeft een voorbeeld met twee verdelingen voor Oosterschelde West. De overige functies $Ha(DVD)$ zijn weergegeven in Appendix B.



Figuur 5.5. De kokkelsurvey 2008 op de hoogtekaart van 2010 (het referentiejaar) en op de hoogtekaart van 2060 *met zeespiegelstijging* voor opschuivend voedsel. (a,d) de biomassa als functie van de droogvalduur, (b,e) het oppervlak met kokkels als functie van de droogvalduur, (c,f) de gemiddelde dichtheid als functie van de droogvalduur (gram versgewicht per m²).

Omdat ieder monster-oppervlak apart wordt gecorrigeerd is het effect op het totale bestand enigszins grillig. Het kokkelbestand uit 2008 in combinatie met de hoogtekaart 2060 wordt in Figuur 5.4 weer vergeleken met dat in het referentiejaar.

Oppervlak (en dus ook hoeveelheid) bij droogvalduren boven de 40% zijn aanzienlijk afgenomen (Figuur 5.4d,e). Het totale kokkelbestand is daardoor afgenomen van 31939 ton tot 27349 ton. De gemiddelde droogvalduur van de kokkels is iets gedaald ten opzichte van het referentiejaar (van 35% naar 33%) maar veel minder sterk dan in het geval van meedaland voedsel. Het opschuiven van het voedsel leidt dus zoals verwacht tot een veel geringere afname van de gemiddelde droogvalduur.

De gemiddelde dichtheid als functie van de droogvalduur is niet wezenlijk veranderd (Figuur 5.4c en 5.4f) omdat immers de droogvalduren en gemeten dichtheden op de

monsterpunten niet zijn veranderd. Door de oppervlakte correcties zijn alleen de gemiddelde dichtheden per droogvalduurklasse wat hoger of wat lager geworden.

5.3 Opschuivend voedsel met zeespiegelstijging

Het gebruikte mechanisme is precies hetzelfde als dat in hoofdstuk 5.2 voor opschuivend voedsel zonder zeespiegelstijging. De oppervlakken zijn nu echter bepaald *met* zeespiegelstijging. Het oppervlak aan lang droogvallende slikken neemt daardoor (verder) af hetgeen ook te zien is in de grafieken in Appendix B.

In Figuur 5.5 is de 2008 survey weer in grafiek gebracht voor het referentiejaar en voor 2060 (zie Tabel 2.1 op bladzijde 11 voor de zeespiegelstijging). Het totale bestand is slechts weinig kleiner dan dat voor de referentiekaart (van 31939 ton vers naar 29059 ton vers), maar een groot deel van de kokkels ligt nu bij droogvalduren onder de 20% (het bij die droogvalduren beschikbare oppervlak is toegenomen).

Net zoals zonder zeespiegelstijging is ook hier de dichtheid als functie van de droogvalduur niet wezenlijk veranderd (Figuur 5.5c en 5.5f). Het beschikbare oppervlak met een droogvalduur van 50% of meer is echter drastisch verminderd.

Zandhonger in 2010–2100

In dit hoofdstuk worden de effectberekeningen besproken. Allereerst wordt ingegaan op de effectschatting met simulaties voor een ideaal vrije vogelverdeling (zie hoofdstuk 3.2.1). Vervolgens worden de resultaten voor de "waterlijn verdeling" besproken (zie hoofdstuk 3.2.2).

6.1 Simulaties met de ideaal vrije verdeling

Aantalsberekeningen voor de verschillende scenario's zijn gedaan met allereerst een kritisch stress niveau van 0.50, het gecalibreerde kritische niveau dat ook gebruikt is in eerdere studies (Rappoldt *et al.*, 2003a,b, 2006b; Rappoldt & Ens, 2005, 2006, 2007) en vervolgens ook een 5% hoger stress niveau van 0.525.

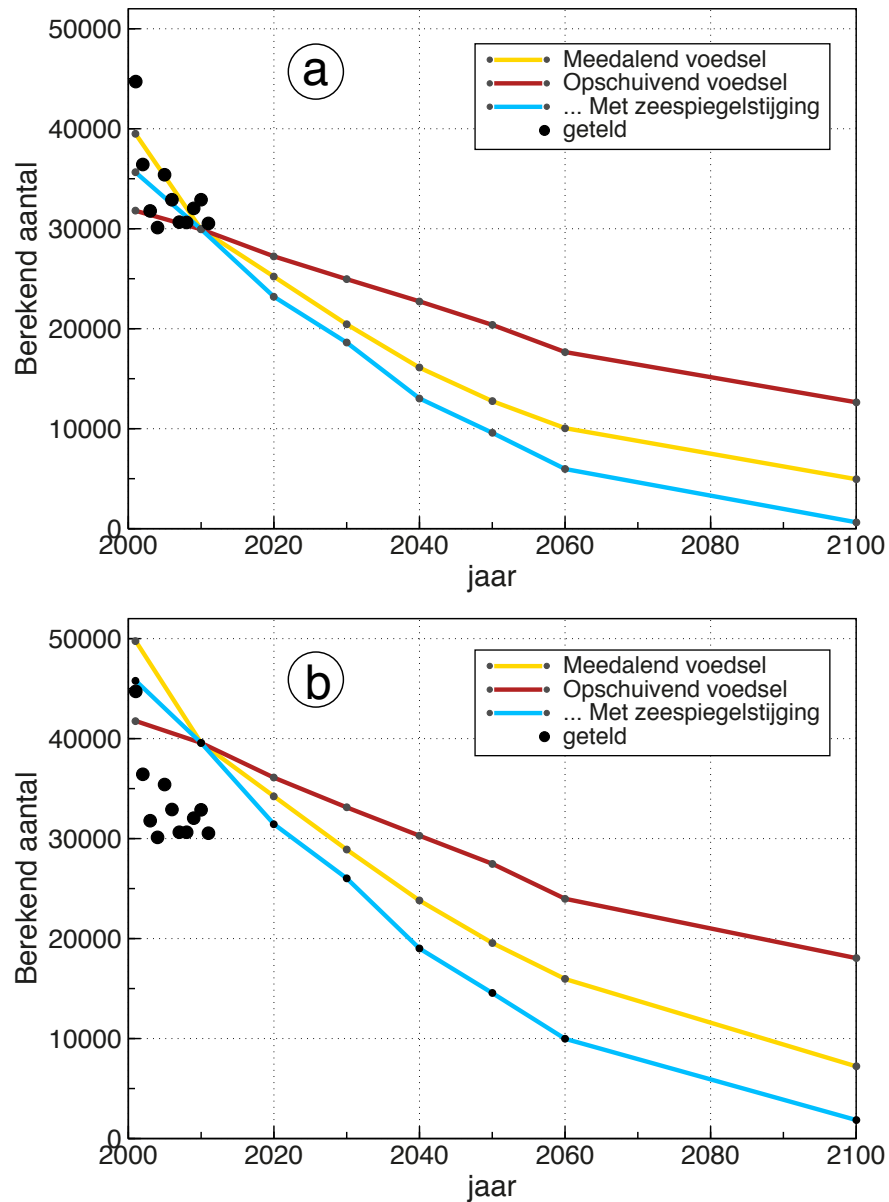
6.1.1 De gehele Oosterschelde

In simulaties voor de hele Oosterschelde worden de deelgebieden apart gesimuleerd. Een berekend aantal voor de hele Oosterschelde is dus eenvoudig de som van de aantallen per deelgebied. Afwijkingen die voortkomen uit het specifieke karakter van deelgebieden kunnen op deze manier (gedeeltelijk) worden uitgemiddeld.

Figuur 6.1 laat voor beide stress niveaus het resultaat zien als het voedsel op dezelfde plaats blijft als in de gebruikte surveys (de jaren 2001–2011), voor opschuivend voedsel (hoofdstuk 5.2), en voor opschuivend voedsel in combinatie met zeespiegelstijging (Tabel 2.1). De vogeltellingen tussen 2001 en 2011 zijn in de figuur weergegeven als seizoensgemiddelden (september t/m februari). Het gemiddeld aantal vogels over de 11 seizoenen bedroeg 33460.

De voor een kritisch stress niveau van 0.500 berekende aantallen in Figuur 6.1a zijn consistent met de getelde aantallen. Dat is niet zo verwonderlijk omdat het kritisch niveau gedeeltelijk is gebaseerd op de aantalsontwikkeling in de Oosterschelde in de jaren 1990–2000. Toch is de consistentie van belang omdat het hier wel een andere periode betreft (2001–2011) en omdat de gevoeligheid voor het stress niveau aanzienlijk is (Figuur 6.1a voor een kritisch niveau van 0.525).

Het effect van plaaterosie in combinatie met opschuivend voedsel is veel kleiner dan voor meedalend voedsel. Dat is goed te zien aan de helling van de rode en gele lijn rond het jaar 2010. Er is een aanzienlijke compensatie door het opschuiven van



Figuur 6.1. Berekend aantal scholeksters voor de hele Oosterschelde met de ideaal vrije vogelverdeling. (a) Voor een kritisch stress niveau van 0.500. (b) Voor een 5% hoger niveau van 0.525. Het seizoensgemiddelde van het getelde aantal scholeksters (september t/m februari) in de periode 2001–2011 bedroeg gemiddeld 33460 vogels.

het voedsel. In combinatie met zeespiegelstijging is het verlies van foerageergebied uiteindelijk toch zo groot dat het berekende aantal voor 2060 nog maar een kwart is van dat voor 2010.

6.1.2 Deelgebieden

Ook voor de afzonderlijke deelgebieden zijn aantallen berekend voor dezelfde twee stress niveaus 0.500 en 0.525. Het resultaat is te vinden in Tabel 6.1 respectievelijk Tabel 6.2.

Tabel 6.1. Berekend aantal scholeksters voor de deelgebieden met de ideaal vrije vogelverdeling en een kritisch stress niveau van 0.500. De code "nS-nSLR" staat voor meedaland voedsel zonder zeespiegelstijging, "S-nSLR" opschuivend voedsel zonder zeespiegelstijging, "S-SLR" opschuivend voedsel met zeespiegelstijging.

jaar	West			Noord		
	nS-nSLR	S-nSLR	S-SLR	nS-nSLR	S-nSLR	S-SLR
2001	15967	14855	16732	13873	9938	10622
2010	14158	14158	14158	9592	9592	9592
2020	11441	12426	9975	8745	9178	8469
2030	8683	11055	7623	7709	8690	7253
2040	5912	9611	4037	6966	8260	6148
2050	3857	8055	2218	6297	7864	5196
2060	2354	6030	685	5640	7498	3906
2100	0	2698	377	4296	6712	641

jaar	Centraal			Oost (Kom)		
	nS-nSLR	S-nSLR	S-SLR	nS-nSLR	S-nSLR	S-SLR
2001	8988	6968	8064	652	34	217
2010	6163	6163	6163	32	32	32
2020	5024	5602	4759	0	32	0
2030	4051	5188	3741	0	26	0
2040	3228	4849	2843	0	15	0
2050	2602	4455	2175	0	11	0
2060	2063	4136	1378	0	3	0
2100	652	3232	0	0	0	0

Tabel 6.2. Berekend aantal scholeksters zoals in Tabel 6.1 maar nu voor een kritisch stress niveau van 0.525. Voor de kolom codes zie ook Tabel 6.1.

jaar	West			Noord		
	nS-nSLR	S-nSLR	S-SLR	nS-nSLR	S-nSLR	S-SLR
2001	19860	19242	20816	16082	11753	12417
2010	18726	18726	18726	11498	11498	11498
2020	15956	16672	14037	10703	10970	10334
2030	13054	14994	11322	9744	10401	9223
2040	9811	13275	6694	9091	9869	8204
2050	7088	11514	4074	8399	9442	7276
2060	4979	8973	1791	7641	9000	5965
2100	0	5416	0	5769	7986	1720

jaar	Centraal			Oost (Kom)		
	nS-nSLR	S-nSLR	S-SLR	nS-nSLR	S-nSLR	S-SLR
2001	12426	10080	11640	1398	690	925
2010	8701	8701	8701	648	648	648
2020	7186	7843	6677	384	612	400
2030	5934	7150	5288	167	578	194
2040	4904	6604	4087	0	540	21
2050	4076	6021	3206	0	507	0
2060	3339	5532	2222	0	477	0
2100	1451	4268	133	0	377	0

De seizoensgemiddelden (september t/m februari) van de tellingen in de periode 2001–2011¹ zijn gemiddeld 6900 vogels in West, 10800 vogels in Noord, 10200 vogels in Centraal en 5600 vogels in Oost (kom). De voor 2001 en 2010 berekende aantallen voor met name de deelgebieden West en Oost wijken wijken relatief sterk af van de getelde aantallen. De effectberekening in de Tabellen 6.1 en 6.2 is daarom op zijn best als relatieve effecten te interpreteren, ten opzichte van de aantallen in 2010.

Voor Oosterschelde Oost (de Kom) wordt dit probleem gedeeltelijk verholpen door de simulaties met de "waterlijn verdeling" besproken in hoofdstuk 3.2.2.

6.2 Simulaties met de "waterlijn verdeling"

De verdeling van de vogels over de droogvallende slikken is zodanig gewijzigd dat er tijdens opkomend en afgaand water een sterkere associatie is met de waterlijn en dat de vogels pas enkele uren na hoogwater beginnen te foerageren (en niet zodra de eerste hectares droogvallen). Dit leidt tot een veel geringere predatie in de herfst van het lang droogvallende voedsel en tot een lagere stress index (zie ook hoofdstuk 3.2.2).

Deze veranderingen in het model hebben als consequentie dat het "standaard" stress niveau van 0.500 niet langer bruikbaar is. Omdat dit rapport niet de plaats is voor het afsluiten van het lopende onderzoek naar de vogelverdeling hebben we gerekend met enkele verschillende niveaus. De berekende vogelaantallen zijn uiteraard sterk afhankelijk van het gebruikte stress niveau, maar het effect van de plaaterosie blijkt behoorlijk robuust.

6.2.1 De gehele Oosterschelde

In Figuur 6.2 zijn de berekende aantallen weergegeven voor 4 stress niveaus (0.375, 0.400, 0.425 en 0.450) en voor de verschillende opties met betrekking tot het voedsel. De curves voor een stress niveau van 0.400 zijn **extra dik** weergegeven.

Het effect voor meedalend voedsel is geringer dan dat in Figuur 6.1 voor een ideaal vrije verdeling. Dat komt vermoedelijk doordat het voedsel weliswaar korter droogvalt (het daalt mee met de bodem), maar als het droogvalt wordt een groot deel van de voedselopname gerealiseerd rond het tijdstip van droogvallen en onderstromen. Het verlies wordt dan voornamelijk bepaald door de gebieden die niet of nauwelijks meer droogvallen.

Voor opschuivend voedsel verandert de droogvalduur van het voedsel veel minder, maar neemt het oppervlak van het voedselgebied af. Inderdaad is het verschil tussen de effecten voor opschuivend voedsel in de Figuren 6.1 en 6.2b niet erg groot. Dit alles betekent ook dat in geval van de "waterlijn verdeling" de relatieve effecten voor meedalend en opschuivend voedsel dichter bij elkaar zullen liggen.

Figuur 6.3 laat zien dat dat inderdaad het geval is. Rond 2010 veroorzaakt het opschuiven van het voedsel nog een behoorlijke compensatie van de plaaterosie. Maar rond 2060 zijn de berekende aantallen voor opschuivend voedsel nauwelijks groter dan die voor meedalend voedsel.

¹De seizoenen 2001–2002 t/m 2011–2012

Tabel 6.3. Berekend aantal scholeksters voor de deelgebieden met de waterlijn vogelverdeling en een kritisch stress niveau van 0.375. De code "nS-nSLR" staat voor meedalend voedsel zonder zeespiegelstijging, "S-nSLR" opschuivend voedsel zonder zeespiegelstijging, "S-SLR" opschuivend voedsel met zeespiegelstijging.

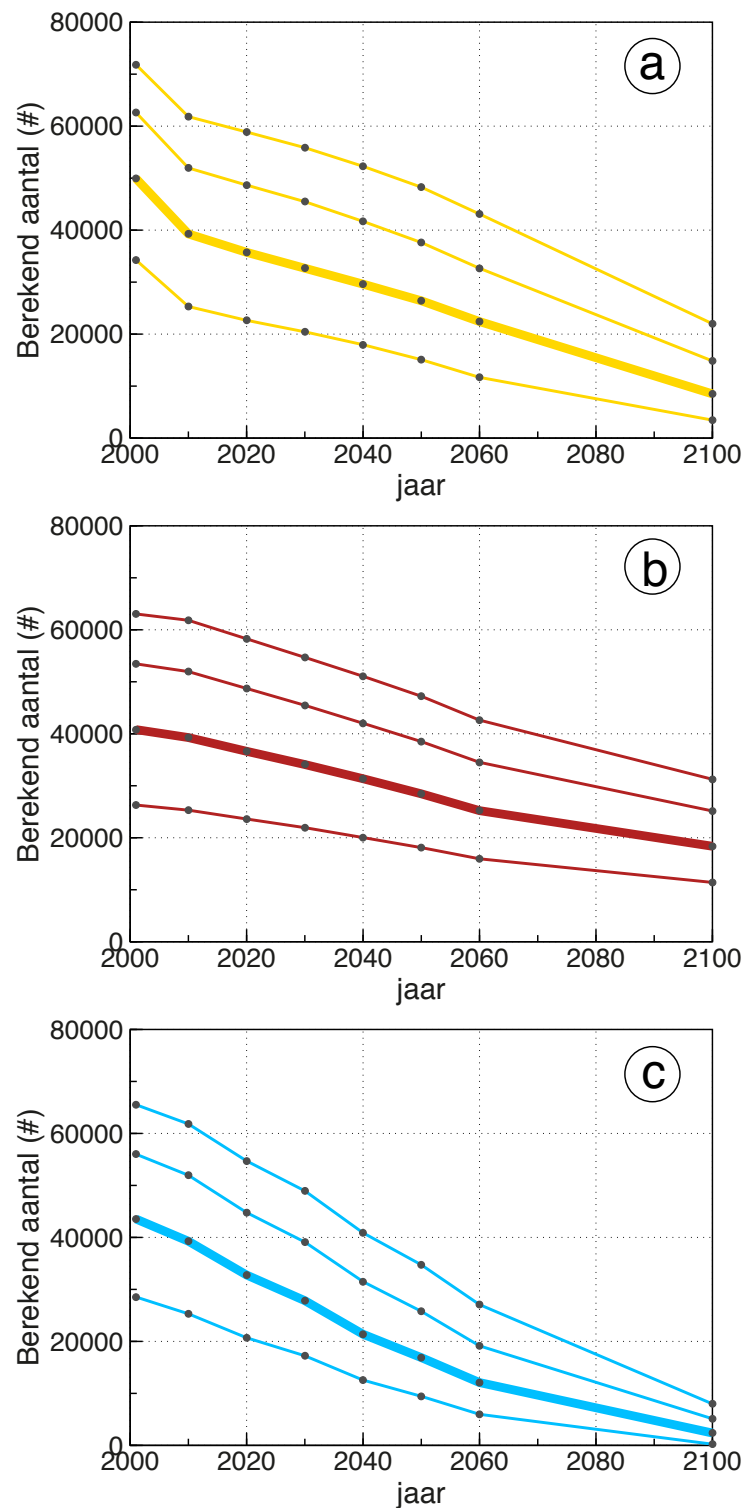
jaar	West			Noord		
	nS-nSLR	S-nSLR	S-SLR	nS-nSLR	S-nSLR	S-SLR
2001	12824	9959	10875	8233	5517	5963
2010	9344	9344	9344	5592	5592	5592
2020	7912	8457	7016	5276	5311	4912
2030	6959	7580	5661	4945	5024	4266
2040	5428	6364	3067	4967	4789	3720
2050	3742	5221	1781	4797	4604	3280
2060	1925	3810	467	4294	4446	2741
2100	0	1649	0	2041	3816	233

jaar	Centraal			Oost (Kom)		
	nS-nSLR	S-nSLR	S-SLR	nS-nSLR	S-nSLR	S-SLR
2001	12472	10816	11704	0	0	0
2010	10371	10371	10371	0	0	0
2020	9456	9838	8771	0	0	0
2030	8539	9340	7307	0	0	0
2040	7566	8883	5767	0	0	0
2050	6543	8278	4375	0	0	0
2060	5463	7694	2770	0	0	0
2100	1418	5943	0	0	0	0

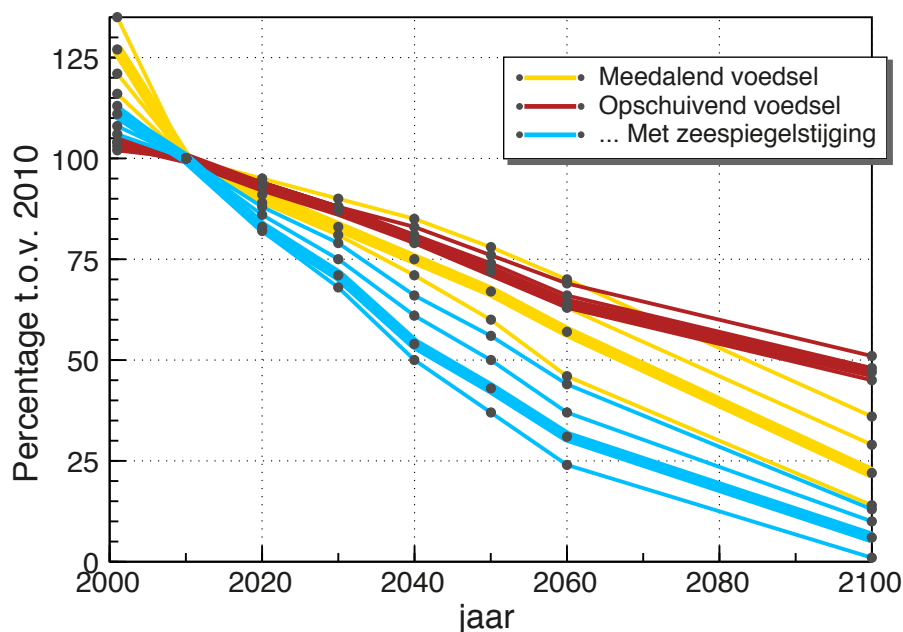
Tabel 6.4. Berekend aantal scholeksters zoals in Tabel 6.3 maar nu voor een kritisch stress niveau van 0.400. Voor de kolom codes zie ook Tabel 6.3.

jaar	West			Noord		
	nS-nSLR	S-nSLR	S-SLR	nS-nSLR	S-nSLR	S-SLR
2001	17982	15143	16112	11700	8326	8720
2010	14271	14271	14271	8426	8426	8426
2020	12649	12856	11022	8117	8039	7686
2030	11491	11501	9078	7788	7661	6950
2040	9591	9823	5451	7821	7310	6251
2050	7667	8184	3500	7678	6969	5629
2060	5578	6179	1769	7091	6661	4894
2100	0	3112	0	3999	5754	1947

jaar	Centraal			Oost (Kom)		
	nS-nSLR	S-nSLR	S-SLR	nS-nSLR	S-nSLR	S-SLR
2001	17435	16120	17041	2820	1211	1664
2010	15390	15390	15390	1182	1182	1182
2020	14380	14603	13402	584	1130	656
2030	13322	13851	11584	65	1070	224
2040	12203	13222	9673	0	998	0
2050	11067	12369	7756	0	926	0
2060	9745	11512	5422	0	862	0
2100	4504	8856	427	0	645	0



Figuur 6.2. Berekend aantal scholeksters voor de hele Oosterschelde met de "waterlijn vogelverdeling" (hoofdstuk 3.2.2). De gebruikte kritische stress niveaus zijn 0.375, 0.400, 0.425 en 0.450 (voor de curves van beneden naar boven in elke grafiek). De lijnen voor 0.400 zijn dik. (a) Meedalend voedsel zonder zeespiegelstijging. (b) Opschuivend voedsel zonder zeespiegelstijging. (c) Opschuivend voedsel met zeespiegelstijging.



Figuur 6.3. Relatief effect van bodemerrosie vanaf 2010, berekend voor de hele Oosterschelde met de "waterlijn vogelverdeling". Het relatieve effect is gebaseerd op de aantallen in Figuur 6.2. De lijnen voor het stress niveau 0.400 zijn dik.

Interessant is dat het effect voor opschuivend voedsel in hoge mate onafhankelijk is van het gebruikte stress niveau. Rond 2060 is het effect een vermindering met ongeveer 35% ten opzichte van 2010. In combinatie met zeespiegelstijging (de lichtblauwe lijnen in Figuur 6.3) is het berekende aantal voor 2060 ongeveer 70% lager dan dat voor 2010 en is de onzekerheid verbonden met de keuze van het stress niveau groter.

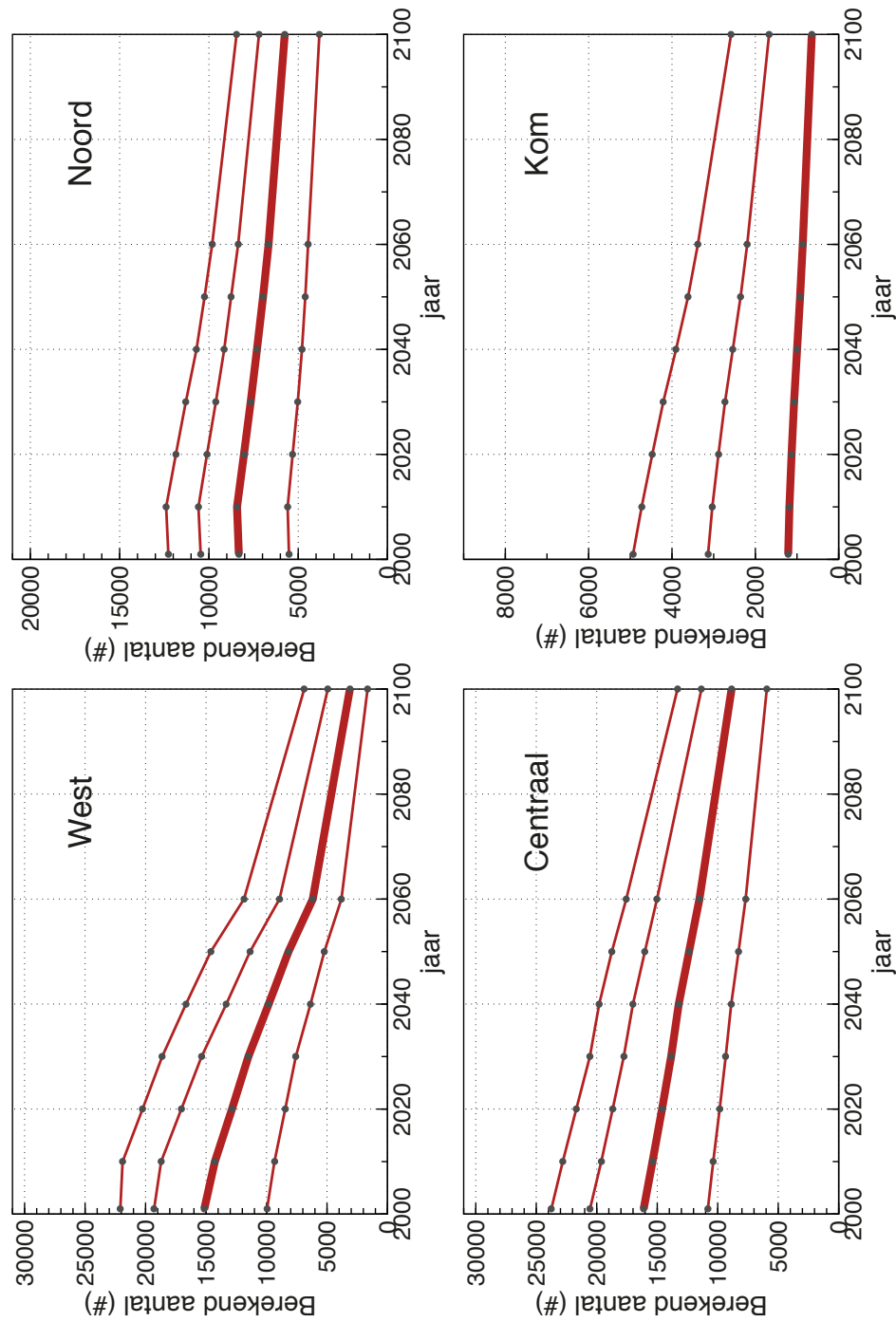
6.2.2 Deelgebieden

In Figuur 6.4 zijn de berekende aantallen voor de 4 deelgebieden in grafiek gebracht, voor opschuivend voedsel en zonder zeespiegelstijging.

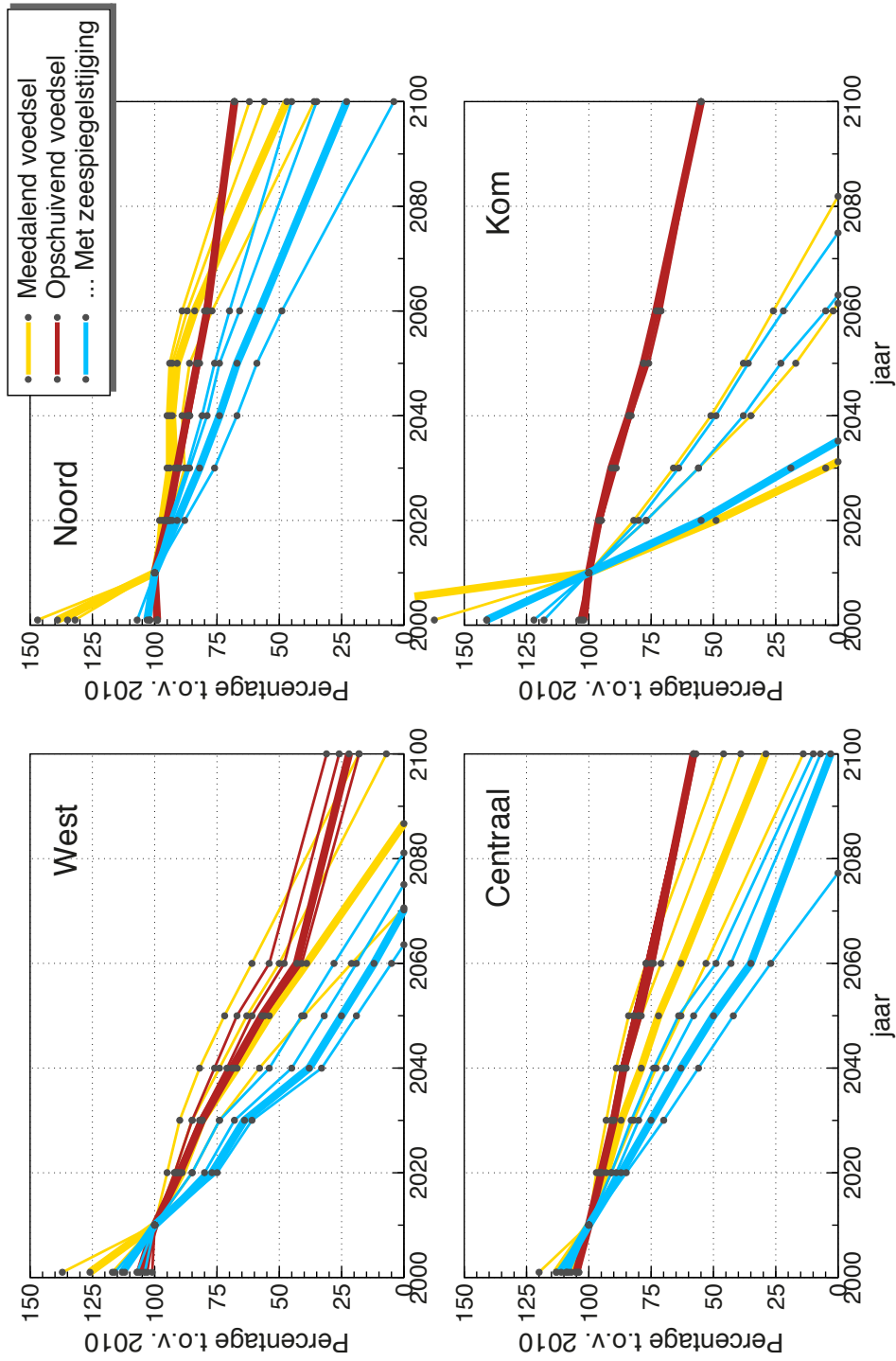
Voor deelgebied West is het berekende aantal voor 2010 (14000 vogels) nog steeds te hoog. Voor Oost (kom) is het berekende aantal (1200 bij stress niveau 0.400) ook nog steeds veel lager dan de 5600 getelde vogels. Het zijn echter geen 'nul aantallen' meer zoals in de Tabellen 6.1 en 6.2 voor de ideaal vrije verdeling. Voor iets hogere stress niveaus is de orde van grootte correct, zodat we in ieder geval relatieve effecten kunnen schatten.

In Figuur 6.5 op bladzijde 48 is daarom de afname ten opzichte van het referentiejaar 2010 in grafiek gebracht, weer voor meedalend voedsel en opschuivend voedsel zonder en met zeespiegelstijging.

De relatieve afname voor opschuivend voedsel is weer in hoge mate onafhankelijk van het gebruikte stress niveau. Dat impliceert een robuustheid tegen de onzekerheid die met een keuze verbonden is. In combinatie met zeespiegelstijging is dat in mindere mate het geval en de spreiding tussen de blauwe lijnen kan als een onzekerheid worden geïnterpreteerd.



Figuur 6.4. Berekende aantallen voor de deelgebieden met de "waterlijn vogelverdeling". De gebruikte kritische stress niveaus zijn 0.375, 0.400, 0.425 en 0.450 (voor de curves van beneden naar boven in elke grafiek). De lijnen voor 0.400 zijn dik.



Figuur 6.5. Relatief effect van bodemerisatie vanaf 2010, berekend voor de deelgebieden met de "waterlijn vogelverdeling". De gebruikte kritische stress niveaus zijn 0.375, 0.400, 0.425 en 0.450. De lijnen voor 0.400 zijn dik.

De resultaten voor Oosterschelde Oost (de Kom) zijn afwijkend. Het effect van plaaterosie wordt in belangrijke mate gecompenseerd door het opschuiven van het voedsel, vermoedelijk omdat het gebied rond NAP naar de kust opschuift maar verder nauwelijks in oppervlak verandert. Zeespiegelstijging gaat ook ten koste van de langst droogvallende delen van het foerageergebied en leidt tot een sterke achteruitgang van het aantal scholeksters. De grootte van deze achteruitgang is echter zeer onzeker.

Conclusie

Voor een ideaal vrije vogelverdeling is effect van plaaterosie in 2060 in Oosterschelde West een afname van ongeveer 57% van het aantal in 2060 (van 14158 naar 6030 in Tabel 6.1). Bij gebruik van een ander kritisch stress varieert dit percentage tussen 46% (stress 0.55 met 22000 vogels in 2010) en 65% (stress 0.45 met 4900 vogels in 2010).

Toepassing van een andere vogelverdeling (de waterlijn verdeling) leidt niet tot een wezenlijk ander gesimuleerd effect voor deelgebied West. Het effectpercentage met een waterlijn verdeling varieert tussen 46% en 59% (Figuur 6.5 voor stress 0.450 en 0.375). Samenvattend leidt dit in 2060 tot een geschatte afname van $55 \pm 10\%$ tengevolge van alleen plaaterosie, dus zonder zeespiegelstijging.

Voor het deelgebied Oosterschelde Centraal is de afname duidelijk geringer, ongeveer 25% met een variatie van slechts enkele procenten tengevolge van een andere vogelverspreiding of stress niveau. Voor deelgebied Noord geldt iets vergelijkbaars, een achteruitgang met 21% ten opzichte van het aantal in 2010 (zie de Tabellen 6.1, 6.2, 6.3, 6.4 en Figuur 6.5).

Voor Oosterschelde Oost is de met de waterlijnverdeling berekende afname 29%, onafhankelijk van het stress niveau (Figuur 6.5). De voor Oost berekende aantallen zijn echter sterk afhankelijk van de gebruikte vogelverdeling. De effectschatting is daarom ook onzeker.

Berekeningen in combinatie met het "midden scenario" voor de zeespiegelstijging (Tabel 2.1 op bladzijde 11) leveren een aanzienlijk verdere afname van de berekende aantallen. Er ontstaat echter ook een veel grotere afhankelijkheid van het gebruikte stress niveau (Figuur 6.5) waardoor de onzekerheid toeneemt. Dat geldt met name voor deelgebied Oost.

Vergelijken we West, Centraal en Oost dan is het gecombineerde effect van plaaterosie en zeespiegelstijging veruit het grootst voor West. Het voor 2060 berekend aantal vogels bedraagt slechts enkele tientallen procenten van dat in 2010. Voor deelgebied Noord is het gecombineerde effect het kleinst, met een voor 2060 berekend aantal van nog steeds ruim 50% van dat in 2010.

Referenties

- Berrevoets, C. M., Strucker, R. C. W., Arts, F. A., Lillipaly, S. J., Meininger, P. L. M., 2005. Watervogels in de Zoute Delta 2003/2004, inclusief de tellingen in 2002/2003. Rijksinstituut voor Kunst en Zee (RIKZ), Middelburg. Rapport RIKZ = Report RIKZ, 2005.011, ISSN 0927-3980.
- Berrevoets, C. M., Strucker, R. C. W., Arts, F. A., Meininger, P. L. M., 2003. Watervogels in de Zoute Delta 2001/2002. Rijksinstituut voor Kunst en Zee (RIKZ), Middelburg. Rapport RIKZ = Report RIKZ, 2003.001, ISSN 0927-3980.
- Berrevoets, C. M., Strucker, R. C. W., Meininger, P. L. M., 1999. Watervogels in de Zoute Delta 1997/98. Rijksinstituut voor Kunst en Zee (RIKZ), Middelburg. Rapport RIKZ = Report RIKZ, 99.001, ISSN 0927-3980.
- Berrevoets, C. M., Strucker, R. C. W., Meininger, P. L. M., 2000. Watervogels in de Zoute Delta 1998/99. Rijksinstituut voor Kunst en Zee (RIKZ), Middelburg. Rapport RIKZ = Report RIKZ, 2000.003, ISSN 0927-3980.
- Berrevoets, C. M., Strucker, R. C. W., Meininger, P. L. M., 2001. Watervogels in de Zoute Delta 1999/2000. Rijksinstituut voor Kunst en Zee (RIKZ), Middelburg. Rapport RIKZ = Report RIKZ, 2001.001, ISSN 0927-3980.
- Berrevoets, C. M., Strucker, R. C. W., Meininger, P. L. M., 2002. Watervogels in de Zoute Delta 2000/2001. Rijksinstituut voor Kunst en Zee (RIKZ), Middelburg. Rapport RIKZ = Report RIKZ, 2002.002, ISSN 0927-3980.
- Bult, T. P., Ens, B. J., Baars, D., Kats, R. K. H., Leopold, M. F., 2004. Evaluatie van de meting van het beschikbare voedselaanbod voor vogels die grote schelpdieren eten. Rapportage in het kader van EVA-II deelproject B3. Technical report, Wageningen IMARES, voorheen RIVO, Yerseke, the Netherlands. RIVO Rapport C018/04.
- Daane, A. H., de Klerk, J., Schrijver, M., 2012. Het berekenen van de droogvalduur. een toelichting op de methodiek van de droogvalduur van de wester- en oosterschelde. Technical report, Rijkswaterstaat Zeeland, Middelburg. Rapport HMCZ_DV_2012/02.
- Goss-Custard, J. D., 1996. The Oystercatcher, from individuals to populations. Oxford University Press, New York.
- Kamermans, P., Kesteloo-Hendrikse, J. J., Baars, D., 2003. Evaluatie van de geschatte omvang en ligging van kokkelbestanden in de waddenzee, ooster- en Westerschelde. Rapportage in het kader van EVA-II deelproject H2. Technical report, Wageningen IMARES, voorheen RIVO, Yerseke, the Netherlands. RIVO Rapport C054/03.

- Kersten, M., Visser, W., 1996. The rate of food processing in the oystercatcher: food intake and energy expenditure constrained by a digestive bottleneck. *Functional Ecology* 10, 440–448.
- Meininger, P. L. M., Baptist, H. J. M., Slob, G. J., 1984. Vogeltellingen in het Deltagebied in 1975/76-1979/80. Rijkswaterstaat Deltadienst / Staatsbosbeheer Zeeland, Middelburg / Goes. Nota DDMI-84.23.
- Meininger, P. L. M., Baptist, H. J. M., Slob, G. J., 1985. Vogeltellingen in het zuidelijk Deltagebied in 1980/81-1983/84. Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren / Staatsbosbeheer Zeeland, Middelburg / Goes. Nota DGWM 85.001.
- Meininger, P. L. M., Berrevoets, C. M., Strucker, R. C. W., 1993. Watervogels in de Zoute Delta 1987-91. Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren, Middelburg. Rapport DGW-93.019.
- Meininger, P. L. M., Berrevoets, C. M., Strucker, R. C. W., 1995. Watervogels in de Zoute Delta 1991-94. Rijksinstituut voor Kunst en Zee (RIKZ), Middelburg. Rapport RIKZ = Report RIKZ, 95.025, ISSN 0927-3980.
- Meininger, P. L. M., Berrevoets, C. M., Strucker, R. C. W., 1996. Watervogels in de Zoute Delta 1994/95. Rijksinstituut voor Kunst en Zee (RIKZ), Middelburg. Rapport RIKZ = Report RIKZ, 96.009, ISSN 0927-3980.
- Meininger, P. L. M., Berrevoets, C. M., Strucker, R. C. W., 1997. Watervogels in de Zoute Delta 1995/96. Rijksinstituut voor Kunst en Zee (RIKZ), Middelburg. Rapport RIKZ = Report RIKZ, 97.001, ISSN 0927-3980.
- Meininger, P. L. M., Berrevoets, C. M., Strucker, R. C. W., 1998. Watervogels in de Zoute Delta 1996/97. Rijksinstituut voor Kunst en Zee (RIKZ), Middelburg. Rapport RIKZ = Report RIKZ, 98.001, ISSN 0927-3980.
- Meininger, P. L. M., van Haperen, A. M. M., 1988. Vogeltellingen in het zuidelijk Deltagebied 1984/85-1986-87. Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren, Middelburg. Nota GWAO-88.1010/NMF.
- NASA's JPL laboratory, 1994. Math77, Mathematical Subprograms for FORTRAN 77. Language Systems Corporation, Sterling VA 20164, USA. Based on Math77 of NASA's Jet Propulsion Laboratory, currently distributed by Math à la Carte, www.mathalacarte.com.
- Rappoldt, C., Ens, B. J., 2005. Scholeksters en hun voedsel in de Westerschelde; een verkenning van de voedselsituatie voor de scholeksters in de Westerschelde over de periode 1992–1993 met het simulatiemodel WEBTICS. Technical report, Alterra, Wageningen, the Netherlands. Alterra-rapport 1209.
- Rappoldt, C., Ens, B. J., 2006. Scholeksters en kokkels in de Westerschelde; modelberekeningen voor de periode 1992–2003 op basis van een verbeterde schatting van de groei en overleving van kokkels in de zomer. Technical report, EcoCurves, Haren, the Netherlands. EcoCurves rapport 1.
- Rappoldt, C., Ens, B. J., 2007. Scholeksters en de verruiming van de Westerschelde; Modelberekeningen voor de periode 1992-2015 aan het effect van de voorgenomen verruiming van de vaargeul op het aantal scholeksters. Technical report, EcoCurves, Haren, the Netherlands. EcoCurves rapport 5.

- Rappoldt, C., Ens, B. J., Berrevoets, C. M., Geurts van Kessel, A. J. M., Bult, T. P., Dijkman, E. M., 2003a. Scholeksters en hun voedsel in de Oosterschelde, rapport voor deelproject D2 thema 1 van EVA-II, de tweede fase van het evaluatieonderzoek naar de effecten van schelpdiervisserij op natuurwaarden in de Waddenzee en Oosterschelde 1999-2003. Technical report, Alterra, Wageningen, the Netherlands. Alterra-rapport 883.
- Rappoldt, C., Ens, B. J., Bult, T. P., Dijkman, E. M., 2003b. Scholeksters en hun voedsel in de Waddenzee, rapport voor deelproject B1 van EVA-II, de tweede fase van het evaluatieonderzoek naar de effecten van schelpdiervisserij op natuurwaarden in de Waddenzee en Oosterschelde 1999-2003. Technical report, Alterra, Wageningen, the Netherlands. Alterra-rapport 882.
- Rappoldt, C., Ens, B. J., Kersten, M. A. J. M., Dijkman, E. M., 2003c. Wader Energy Balance & Tidal Cycle Simulator WEBTiCS, technical documentation version 1.0. Rapport voor de deelprojecten B1 en D2 van EVA-II, de tweede fase van het evaluatieonderzoek naar de effecten van schelpdiervisserij op natuurwaarden in de Waddenzee en Oosterschelde 1999-2003. Technical report, Alterra, Wageningen, the Netherlands. Alterra-rapport 869.
- Rappoldt, C., Ens, B. J., Stillman, R. A., 2006a. A geometrical model for the effect of interference on average food intake. In prep.
- Rappoldt, C., Kersten, M., Ens, B. J., 2006b. Scholeksters en de droogvalduur van kokkels in de Oosterschelde; Modelberekeningen voor de periode 1990-2045 aan het effect van zandhonger en zeespiegelstijging op het aantal scholeksters. Technical report, EcoCurves, Haren, the Netherlands. EcoCurves rapport 2.
- Stillman, R. A., Goss-Custard, J. D., Caldow, R. W. G., 1997. Modelling interference from basic foraging behaviour. *Journal of Animal Ecology* 66, 692–703.
- Strucker, R. C. W., Arts, F. A., Lillipaly, S. J., 2008. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2006/2007. Rijkswaterstaat Waterdienst, Lelystad. Rapport RWS Waterdienst 2008.031.
- Strucker, R. C. W., Arts, F. A., Lillipaly, S. J., 2009. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2007/2008. Rijkswaterstaat Waterdienst, Lelystad. Rapport BM 09.06.
- Strucker, R. C. W., Arts, F. A., Lillipaly, S. J., 2010. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2008/2009. Rijkswaterstaat Waterdienst, Lelystad. Rapport BM 10.08.
- Strucker, R. C. W., Arts, F. A., Lillipaly, S. J., 2011. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2009/2010. Rijkswaterstaat Waterdienst, Lelystad. Rapport BM 11.10.
- Strucker, R. C. W., Arts, F. A., Lillipaly, S. J., 2012. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2010/2011. Rijkswaterstaat Waterdienst, Lelystad. Rapport BM 12.07.
- Strucker, R. C. W., Arts, F. A., Lillipaly, S. J., 2013. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2011/2012. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening, Lelystad. Rapport BM 13.19.

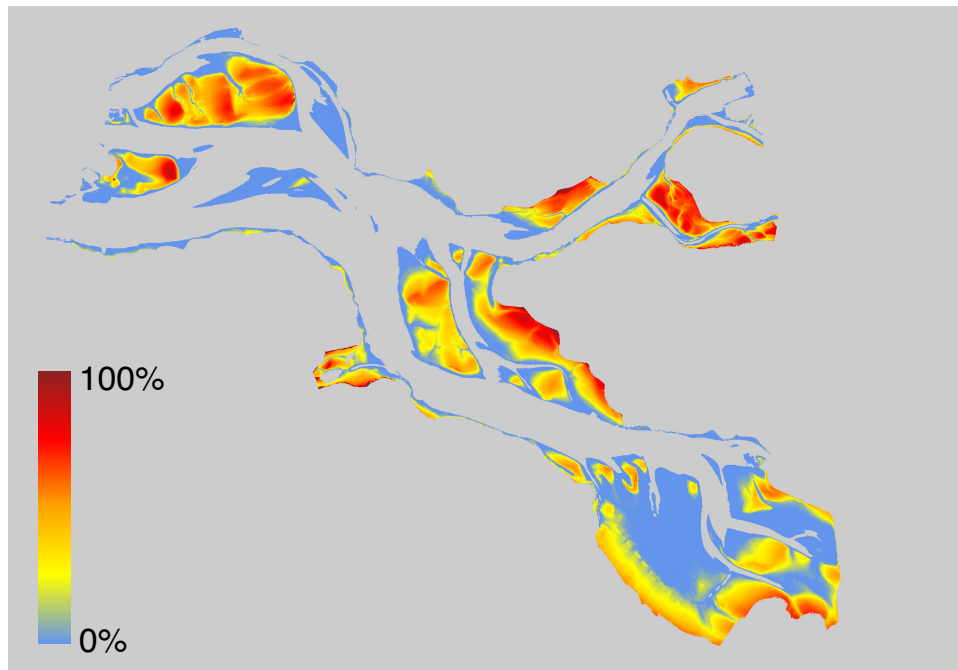
- Strucker, R. C. W., Arts, F. A., Lillipaly, S. J., Berrevoets, C. M., Meininger, P. L. M., 2006. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2004/2005. Rijksinstituut voor Kunst en Zee (RIKZ), Middelburg. Rapport RIKZ = Report RIKZ, 2006.003, ISSN 0927-3980.
- Strucker, R. C. W., Arts, F. A., Lillipaly, S. J., Berrevoets, C. M., Meininger, P. L. M., 2007. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2005/2006. Rijksinstituut voor Kunst en Zee (RIKZ), Middelburg. Rapport RIKZ = Report RIKZ, 2007.005, ISSN 0927-3980.
- Zwarts, L., Ens, B. J., Goss-Custard, J. D., Hulscher, J. B., Kersten, M., 1996a. Why Oystercatchers *Haematopus ostralegus* cannot meet their daily energy requirements in a single low water period. *Ardea* 84A, 269–290.
- Zwarts, L., Ens, B. J., Goss-Custard, J. D., Hulscher, J. B., le V. dit. Durell, S. E. A., 1996b. Causes of variation in prey profitability and its consequences for the intake rate of the oystercatcher *Haematopus ostralegus*. *Ardea* 84A, 229–268.
- Zwarts, L., Hulscher, J. B., Koopman, K., Piersma, T., Zegers, P. M., 1996c. Seasonal and annual variation in body weight, nutrient stores and mortality of oystercatchers *Haematopus ostralegus*. *Ardea* 84A, 327–356.

Appendices

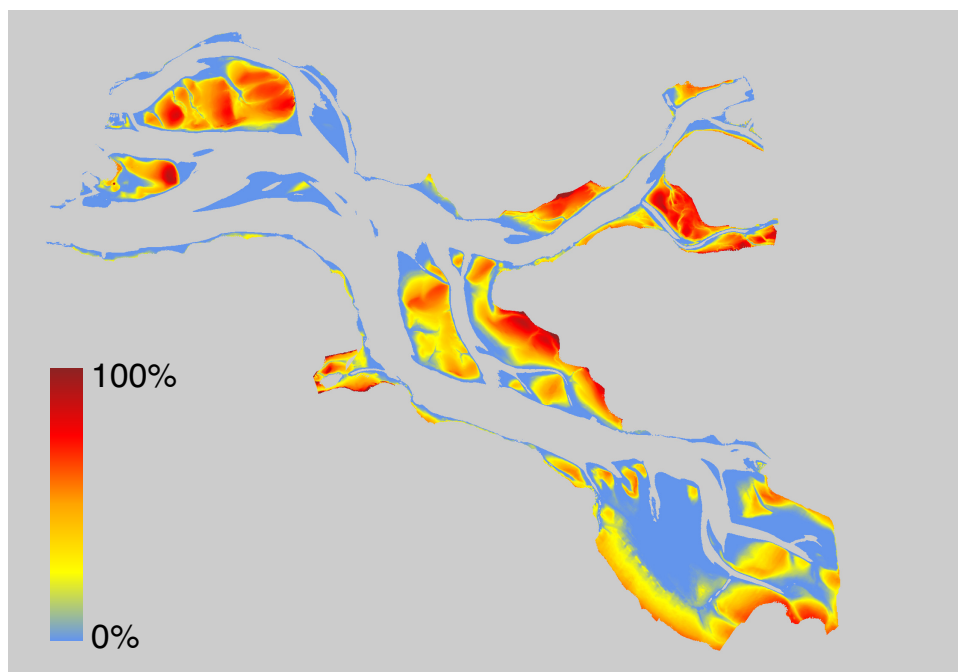
Droogvalduurkaarten

Voor alle bodem hoogtekaarten zijn droogvalduurkaarten berekend gebruik makend van de waterstanden voor de periode 2007–2010. De kaarten zijn berekend *met* en *zonder* zeespiegelstijging. De gebruikte zeespiegelstijgingen staan in Tabel 2.1 op bladzijde 11. Het jaar 2010 is het referentiejaar en voor dat jaar zijn de kaarten met en zonder zeespiegelstijging identiek.

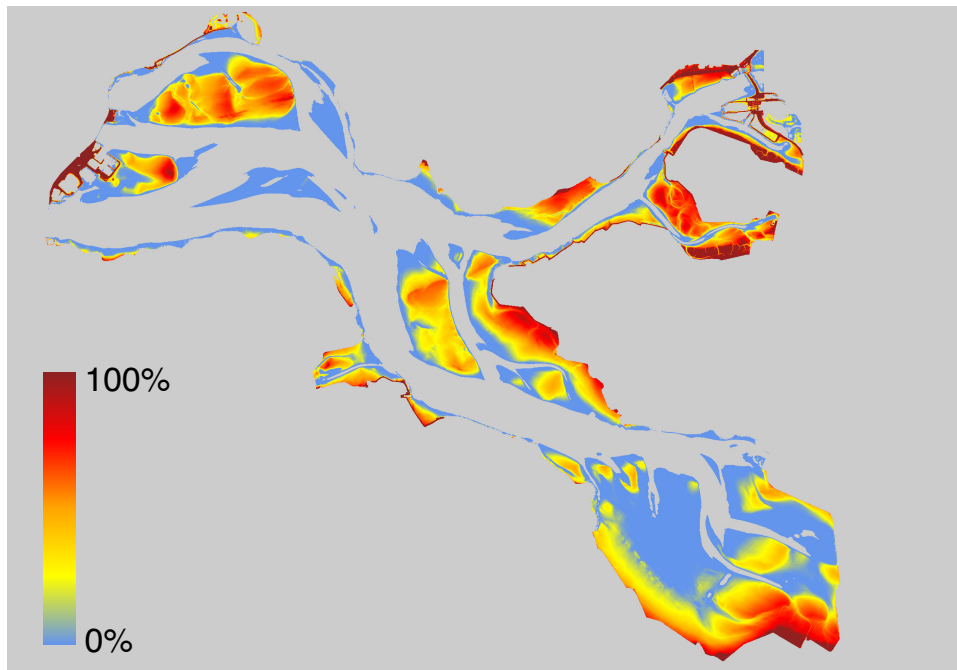
Op de volgende bladzijden worden de kaarten weergegeven. Ze zijn alle berekend op het voor de hoogtekaarten gebruikte 20×20 meter grid en beschikbaar in ASCII grid format.



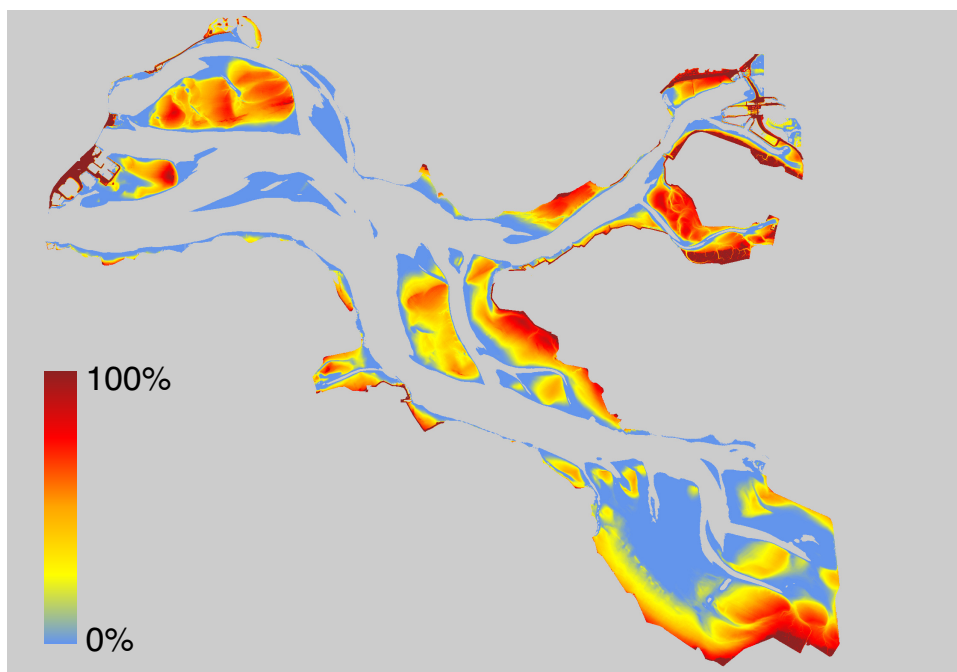
Figuur A.1. Droogvalduurkaart 1990 zonder zeespiegelstijging berekend met de hoogtekaart 1990 en geïnterpoleerde waterstanden voor de periode 2007–2010.



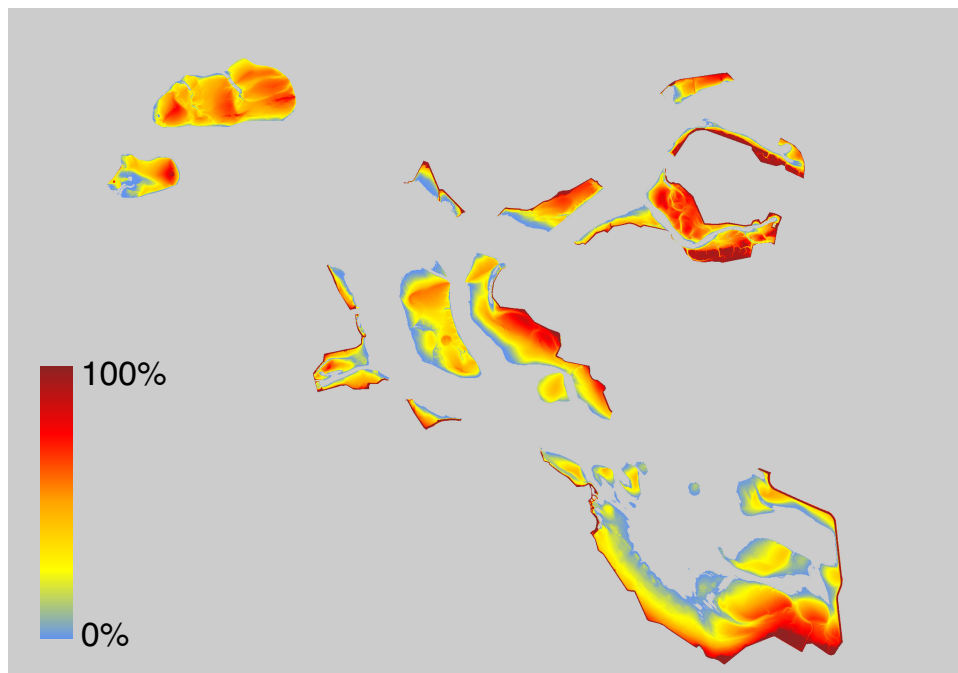
Figuur A.2. Droogvalduurkaart 1990 met zeespiegelstijging berekend met de hoogtekaart 1990 en geïnterpoleerde waterstanden voor de periode 2007–2010.



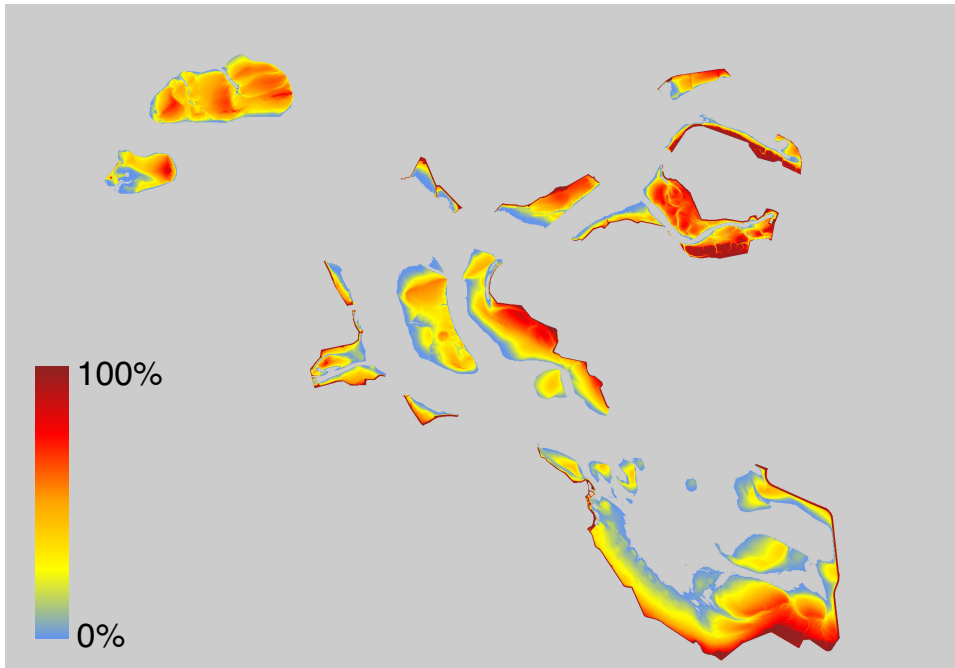
Figuur A.3. Droogvalduurkaart 2001 zonder zeespiegelstijging berekend met de hoogtekaart 2001 en geïnterpoleerde waterstanden voor de periode 2007–2010.



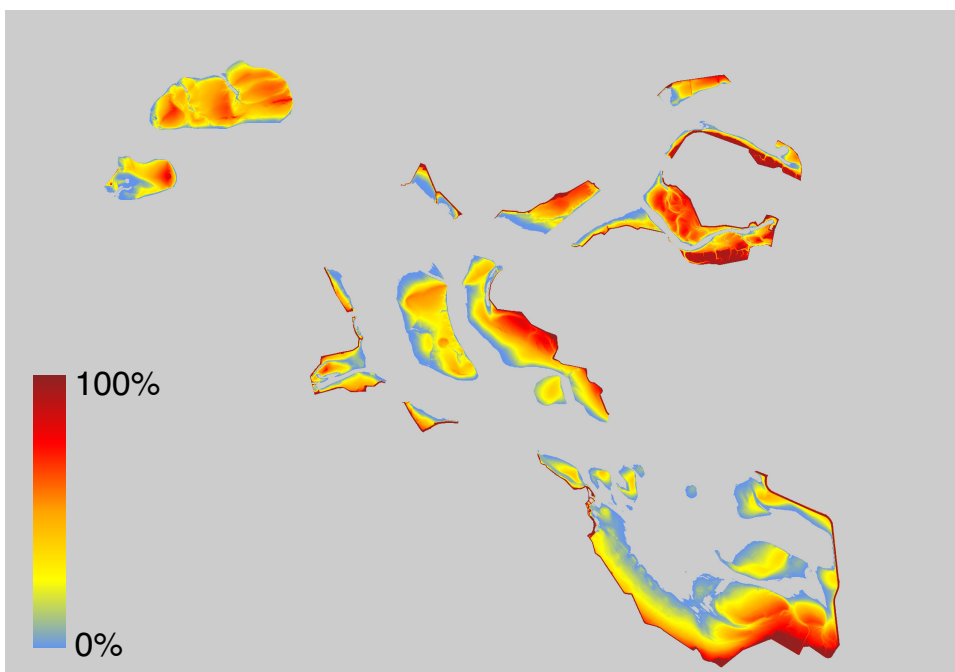
Figuur A.4. Droogvalduurkaart 2001 met zeespiegelstijging berekend met de hoogtekaart 2001 en geïnterpoleerde waterstanden voor de periode 2007–2010.



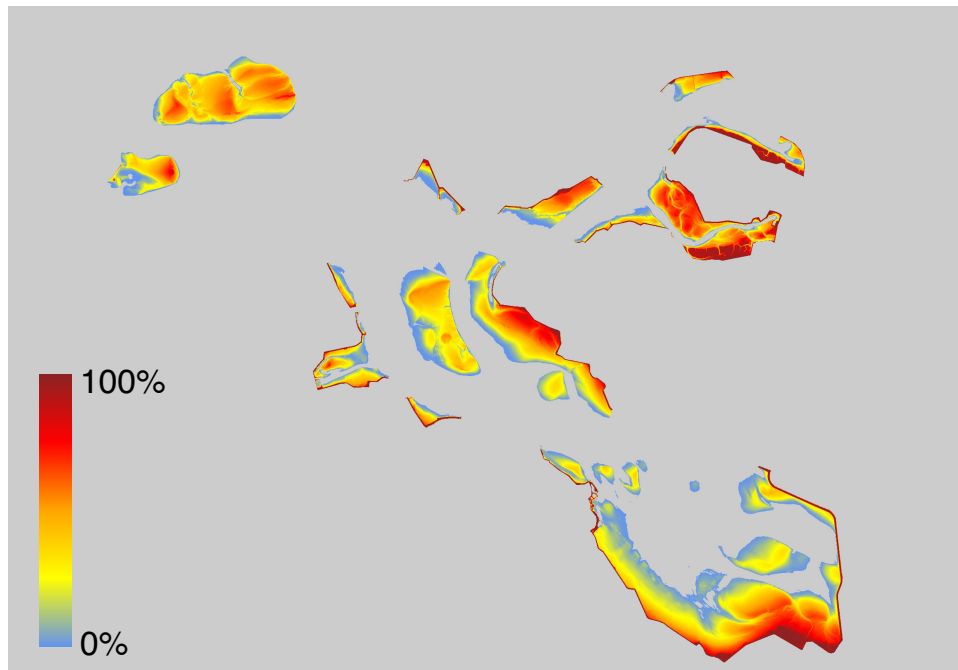
Figuur A.5. Droogvalduurkaart 2010 berekend met de hoogtekaart 2010 en geïnterpoleerde waterstanden voor de periode 2007–2010. Het jaar 2010 is het referentiejaar en de kaarten met en zonder een zeespiegelstijging van 0.0 cm zijn uiteraard identiek.



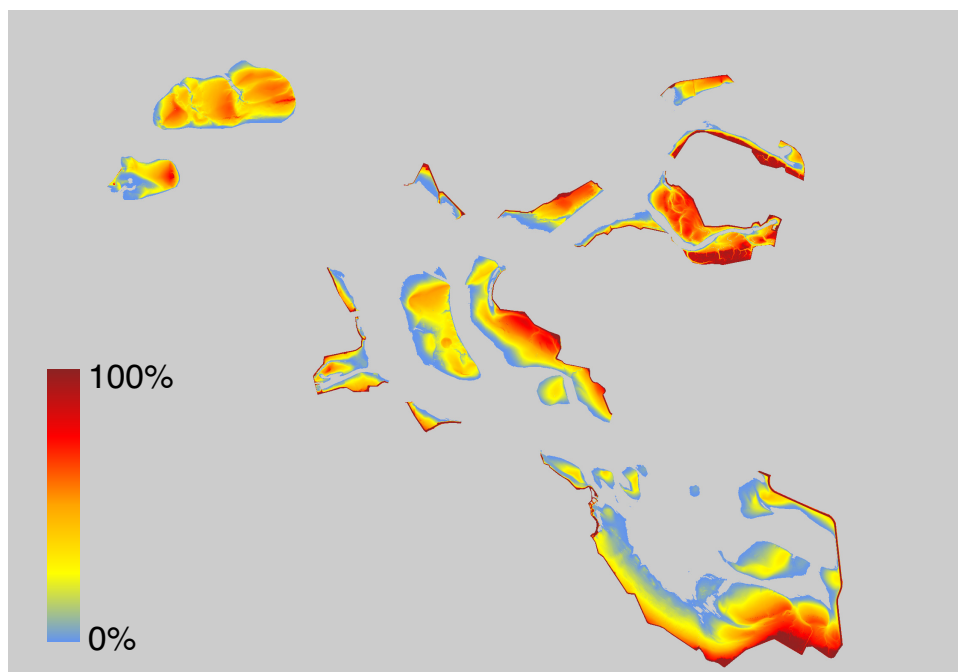
Figuur A.6. Droogvalduurkaart 2020 zonder zeespiegelstijging berekend met de hoogtekaart 2020 en geïnterpoleerde waterstanden voor de periode 2007–2010.



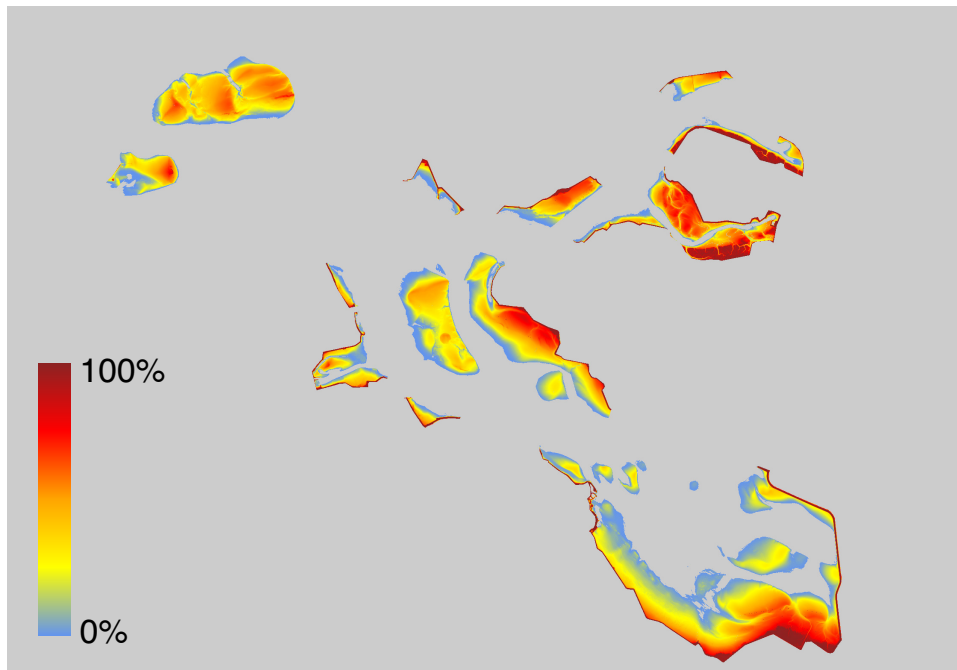
Figuur A.7. Droogvalduurkaart 2020 met zeespiegelstijging berekend met de hoogtekaart 2020 en geïnterpoleerde waterstanden voor de periode 2007–2010.



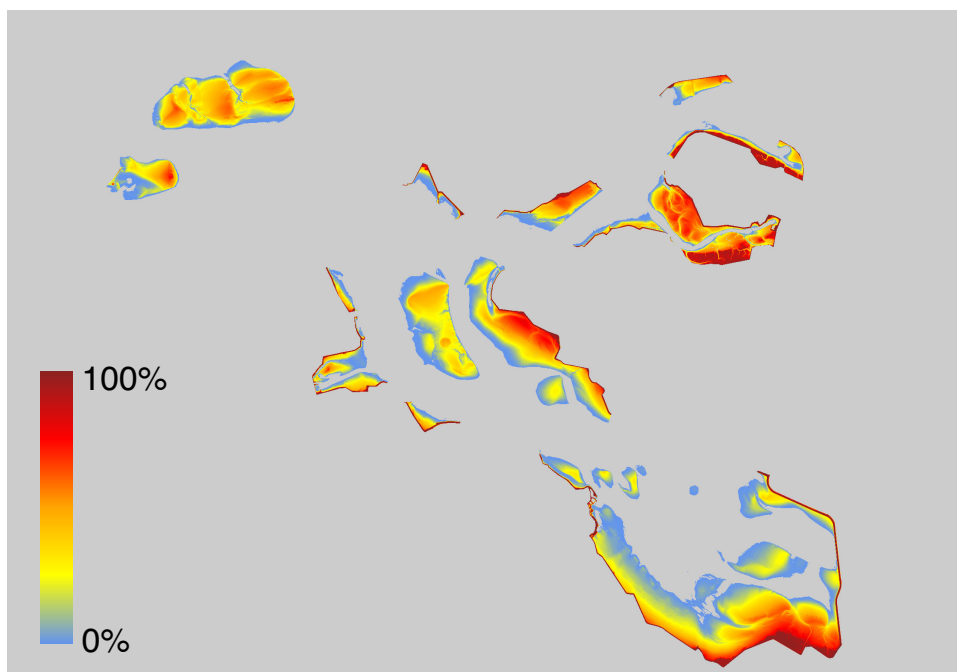
Figuur A.8. Droogvalduurkaart 2030 zonder zeespiegelstijging berekend met de hoogtekaart 2030 en geïnterpoleerde waterstanden voor de periode 2007–2010.



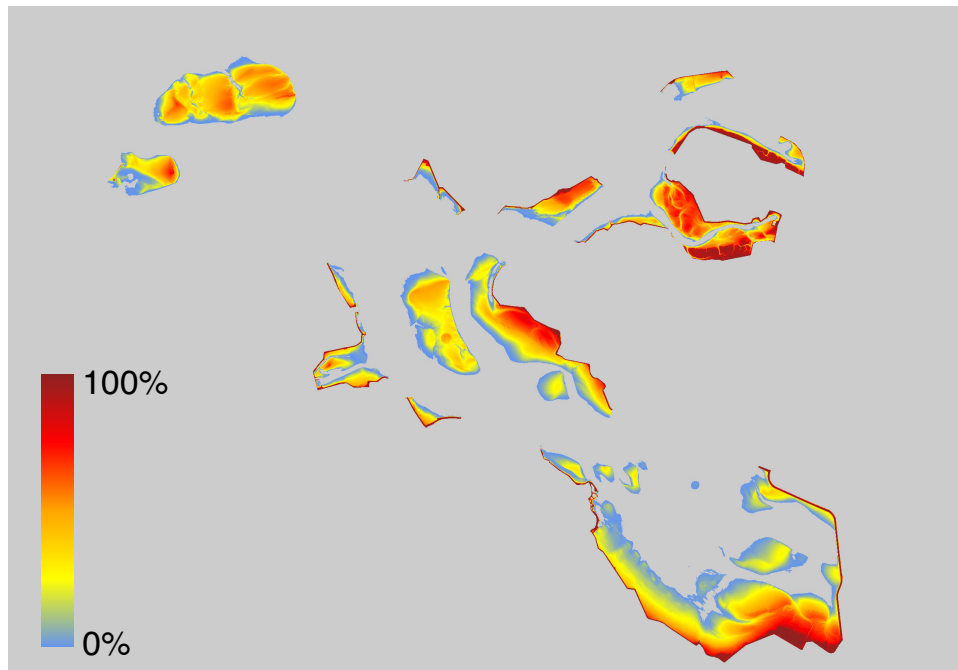
Figuur A.9. Droogvalduurkaart 2030 met zeespiegelstijging berekend met de hoogtekaart 2030 en geïnterpoleerde waterstanden voor de periode 2007–2010.



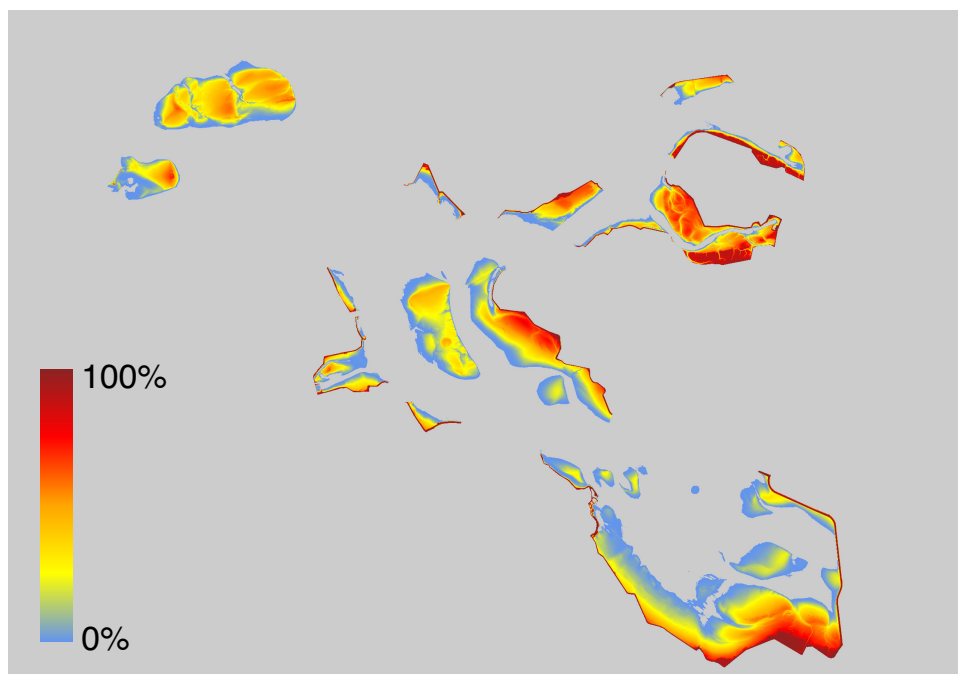
Figuur A.10. Droogvalduurkaart 2040 zonder zeespiegelstijging berekend met de hoogtekaart 2040 en geïnterpoleerde waterstanden voor de periode 2007–2010.



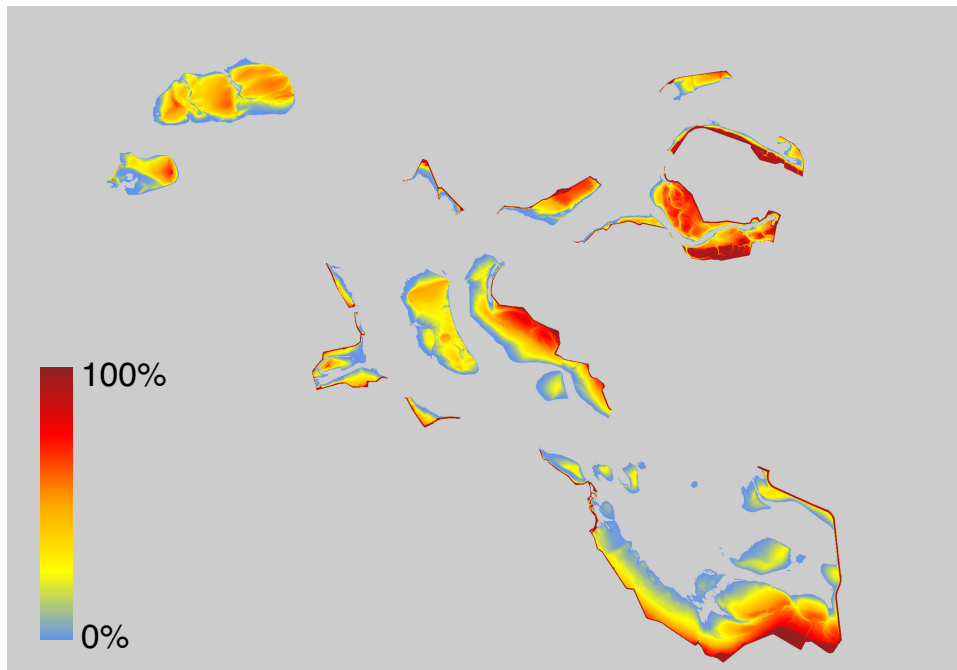
Figuur A.11. Droogvalduurkaart 2040 met zeespiegelstijging berekend met de hoogtekaart 2040 en geïnterpoleerde waterstanden voor de periode 2007–2010.



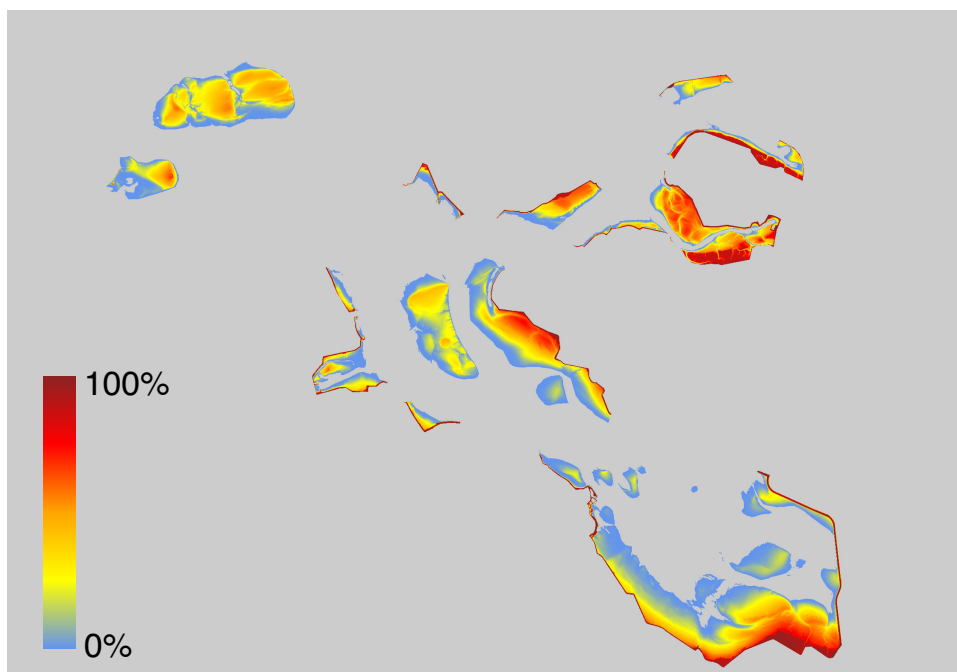
Figuur A.12. Droogvalduurkaart 2050 zonder zeespiegelstijging berekend met de hoogtekaart 2050 en geïnterpoleerde waterstanden voor de periode 2007–2010.



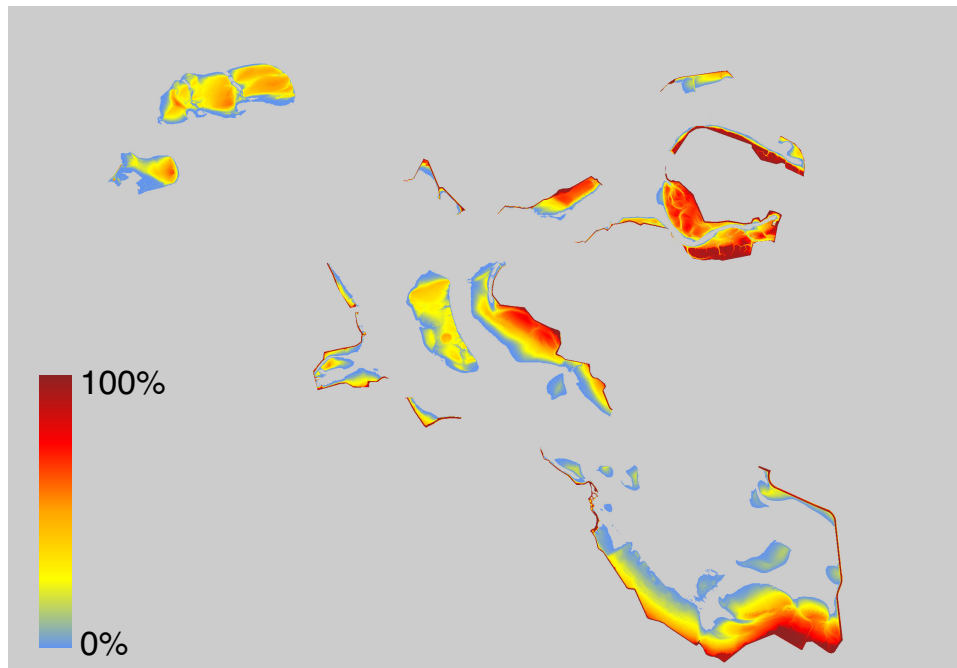
Figuur A.13. Droogvalduurkaart 2050 met zeespiegelstijging berekend met de hoogtekaart 2050 en geïnterpoleerde waterstanden voor de periode 2007–2010.



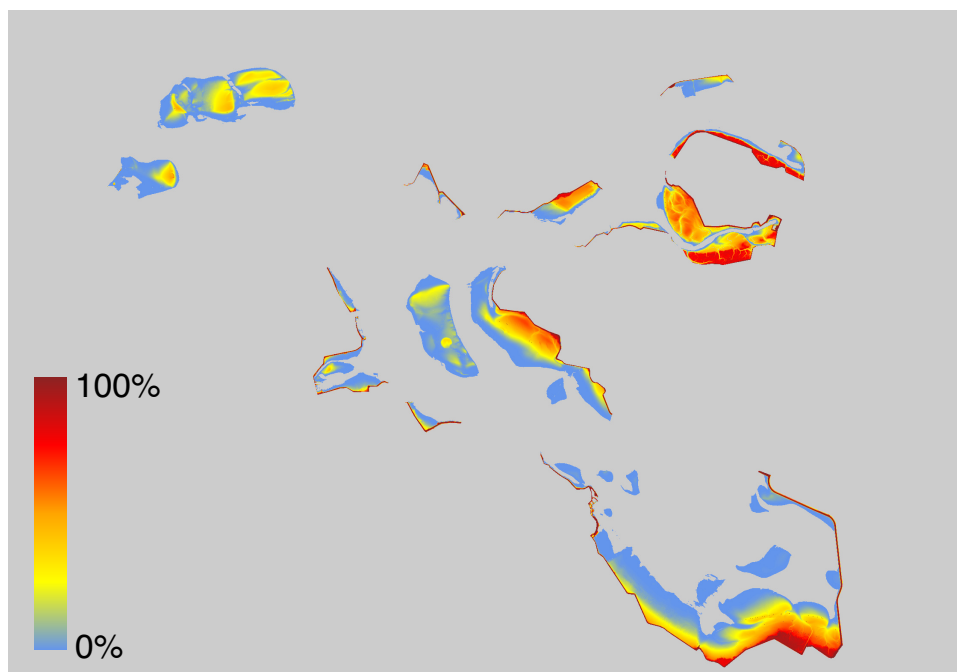
Figuur A.14. Droogvalduurkaart 2060 zonder zeespiegelstijging berekend met de hoogtekaart 2060 en geïnterpoleerde waterstanden voor de periode 2007–2010.



Figuur A.15. Droogvalduurkaart 2060 met zeespiegelstijging berekend met de hoogtekaart 2060 en geïnterpoleerde waterstanden voor de periode 2007–2010.



Figuur A.16. Droogvalduurkaart 2100 zonder zeespiegelstijging berekend met de hoogtekaart 2100 en geïnterpoleerde waterstanden voor de periode 2007–2010.



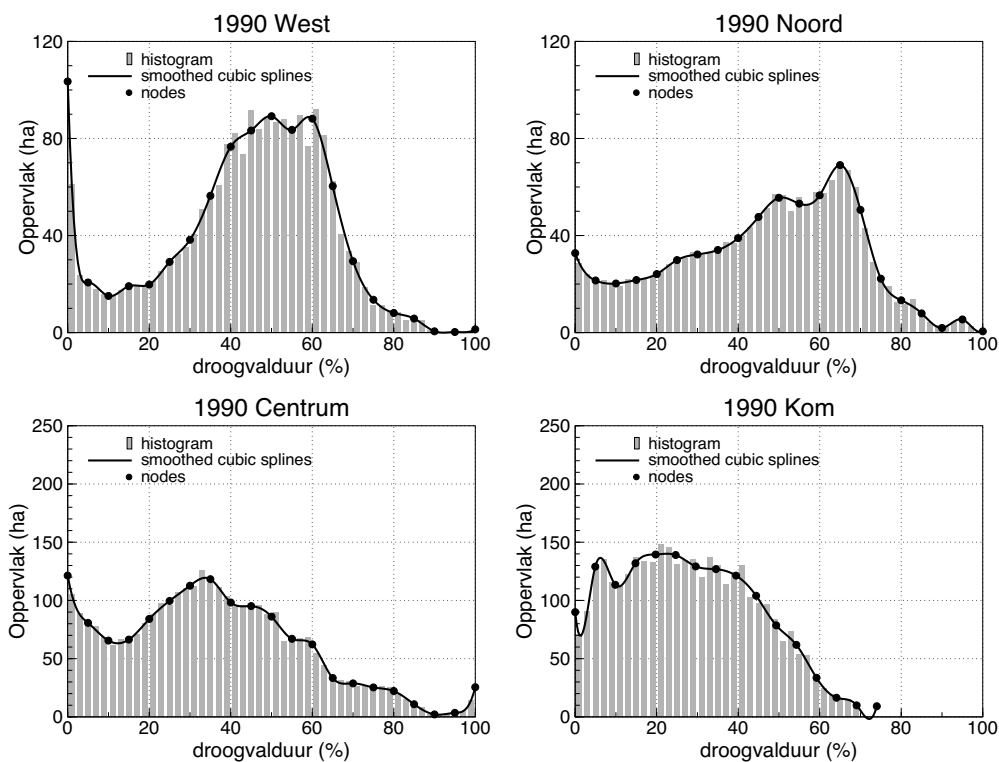
Figuur A.17. Droogvalduurkaart 2100 met zeespiegelstijging berekend met de hoogtekaart 2100 en geïnterpoleerde waterstanden voor de periode 2007–2010.

Droogvalduurverdeling

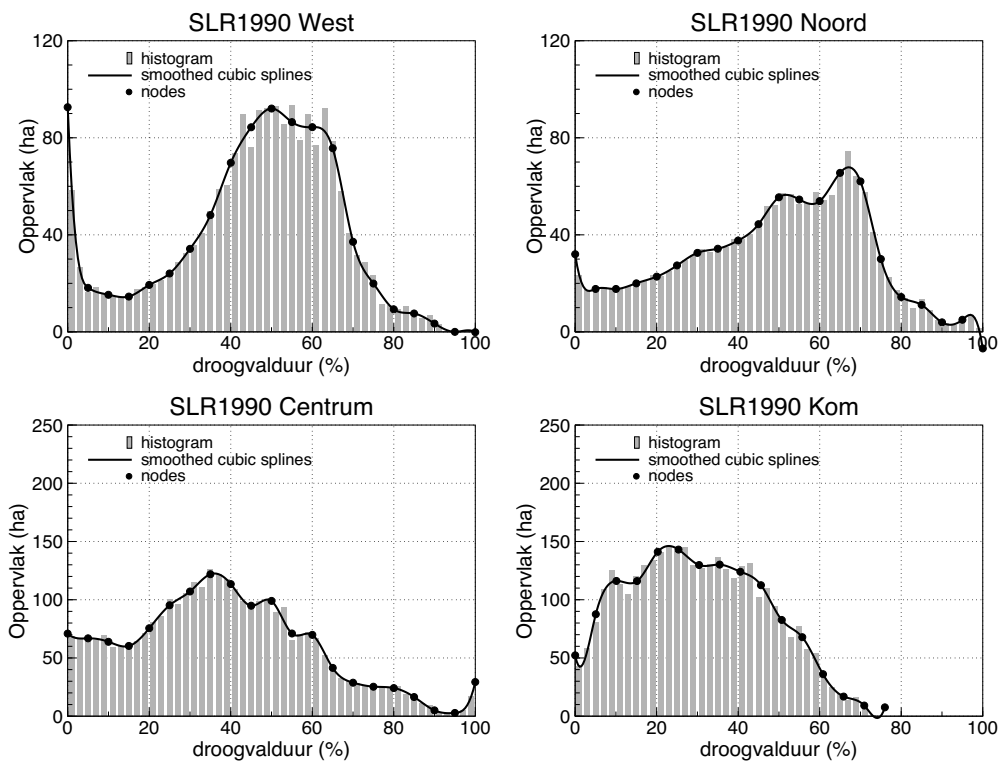
De correctie van de oppervlakken in de IMARSS schelpdiersurvey zoals beschreven in hoofdstuk 5.2 maakt gebruik van het totale oppervlak in hectare met een bepaalde droogvalduur. Deze oppervlakken zijn bepaald voor alle droogvalduurkaarten in Appendix A door een curve te fitten door een numeriek bepaald histogram. De curve is een smooth cubic spline¹.

Hieronder wordt voor alle gebruikte droogvalduurkaarten de gevonden curve weergegeven. Functiewaarden nabij 0% droogvalduur laten hier en daar een wat asymptotisch karakter zien vanwege een relatief groot aantal punten met een droogvalduur net boven de 0% (bijvoorbeeld slechts 1 keer ondergelopen in de periode 2007–2010). Daarom is voor het droogvalduur gebied tussen 0% en 2% de correctie niet uitgevoerd.

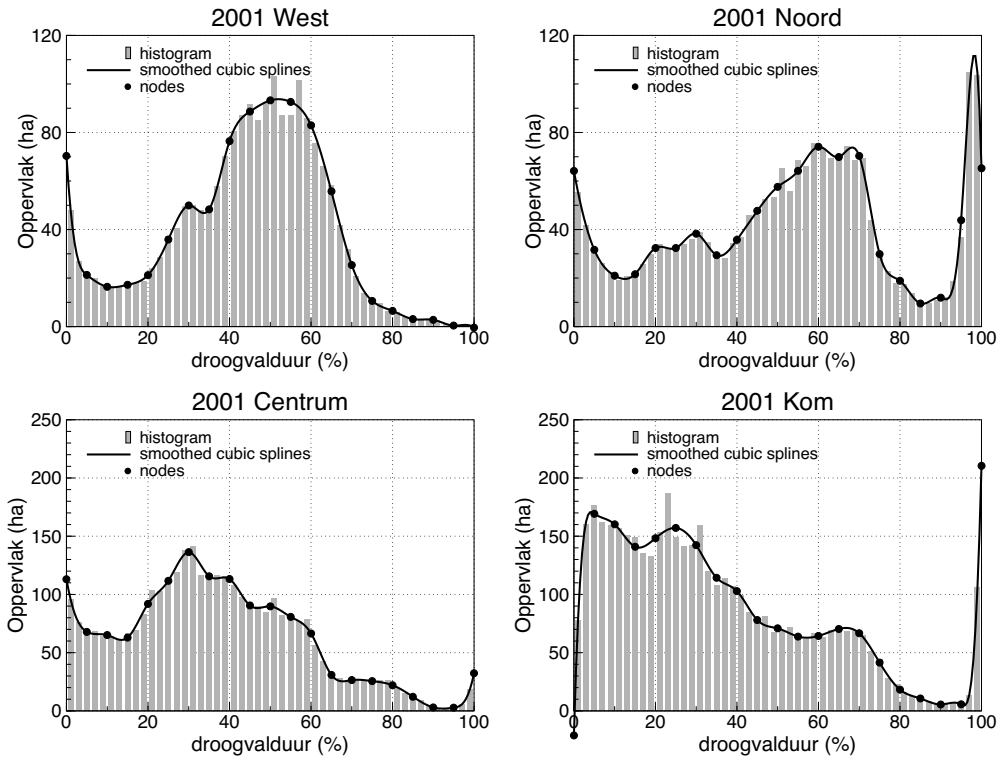
¹Least-squares cubic spline fit berekend met subroutine SC2FIT beschreven in [NASA's JPL laboratory \(1994\)](#).



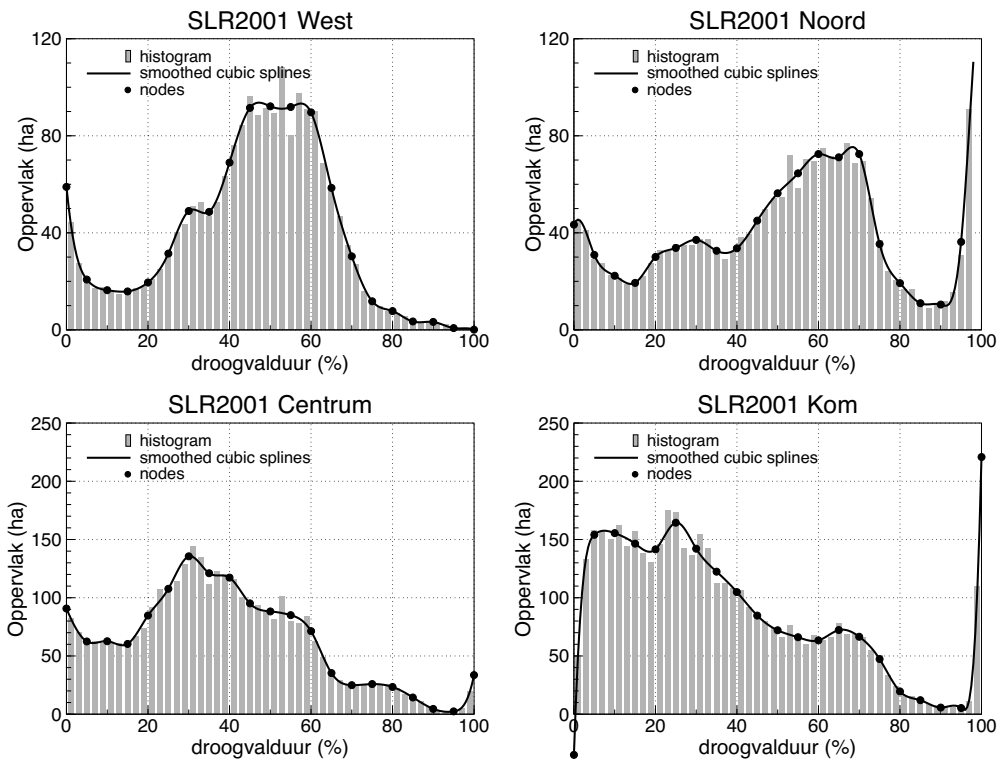
Figuur B.1. Droogvalduurverdeling 1990 zonder zeespiegelstijging berekend met de droogvalduurkaart in Figuur A.1.



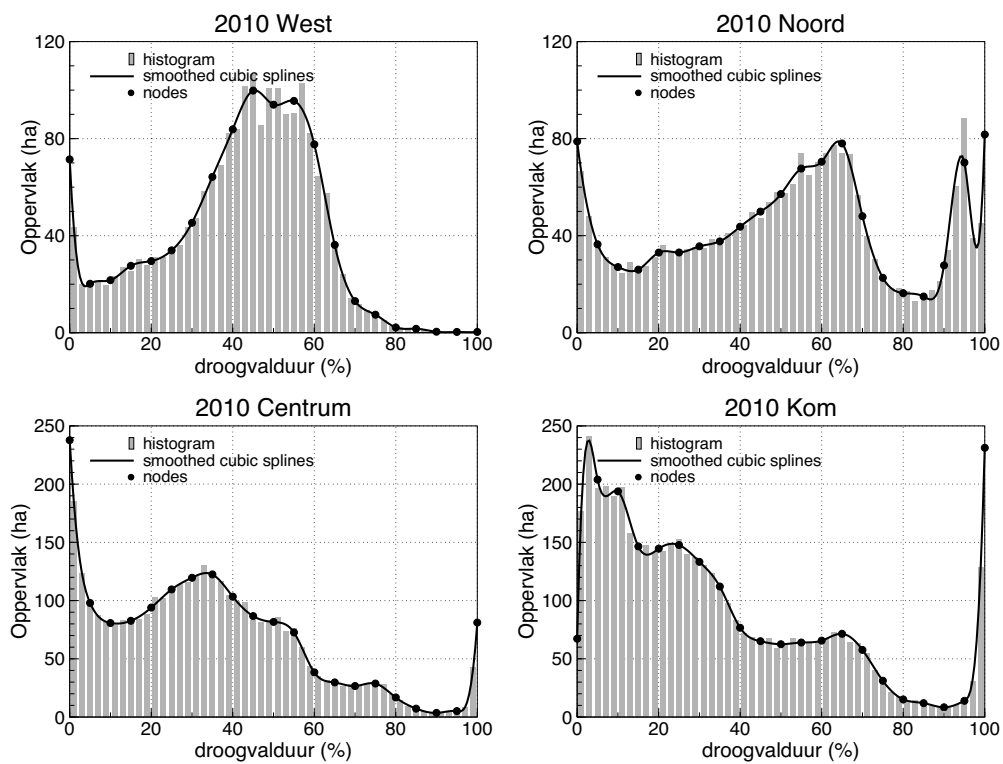
Figuur B.2. Droogvalduurverdeling 1990 met zeespiegelstijging berekend met de droogvalduurkaart in Figuur A.2.



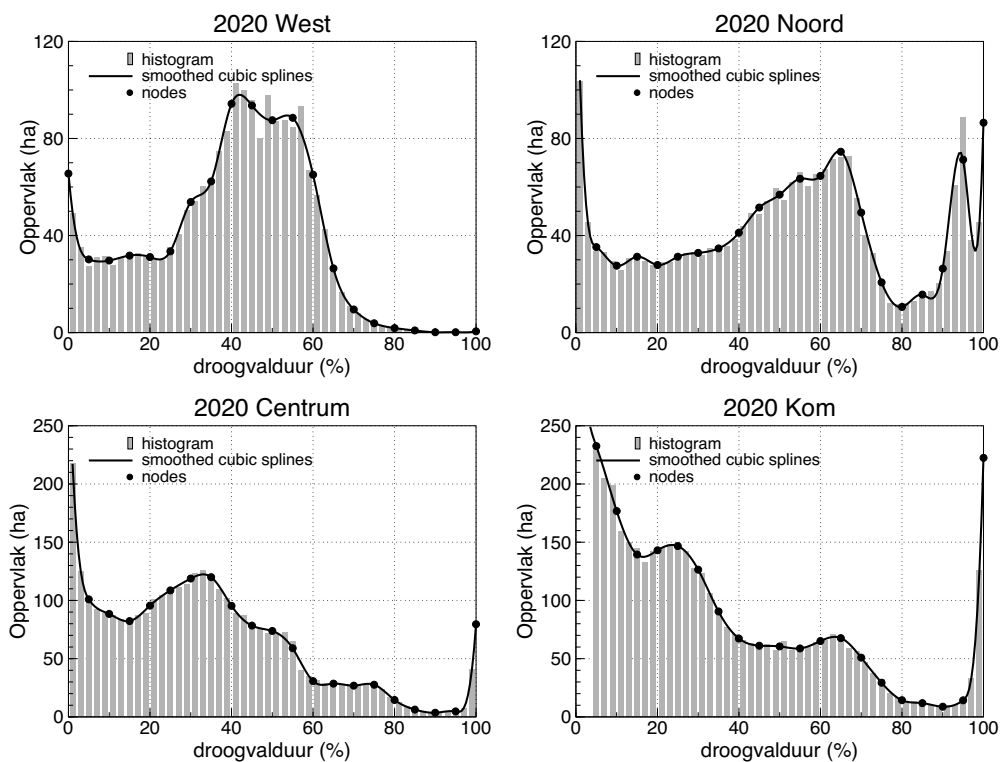
Figuur B.3. Droogvalduurverdeling 2001 zonder zeespiegelstijging berekend met de droogvalduurkaart in Figuur A.3.



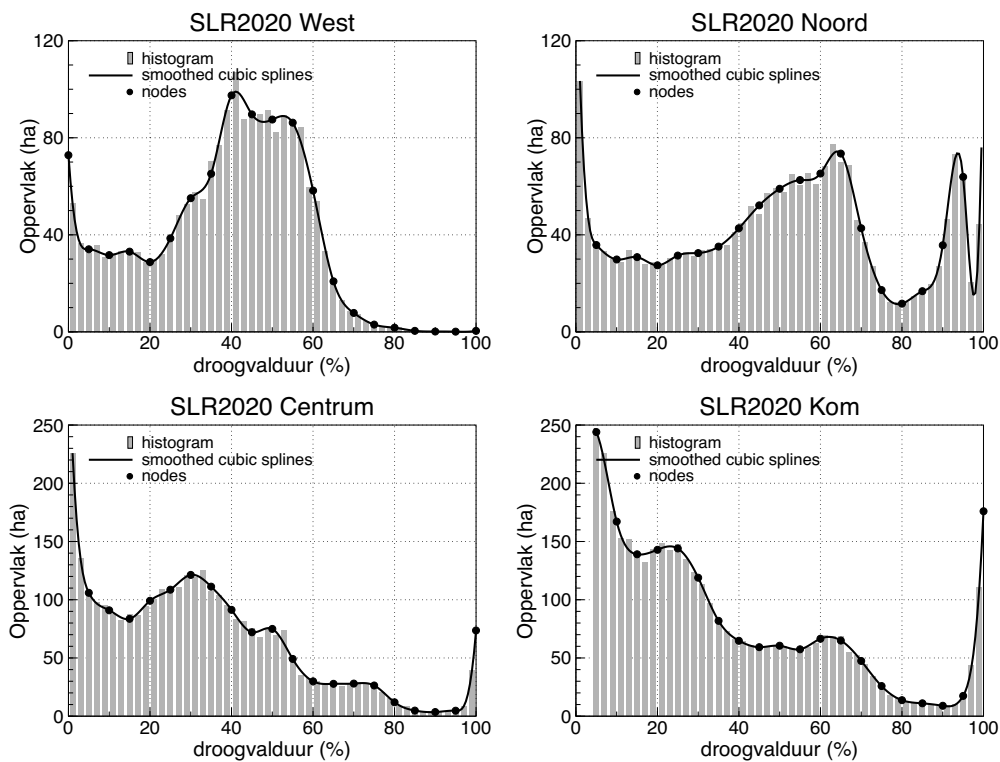
Figuur B.4. Droogvalduurverdeling 2001 met zeespiegelstijging berekend met de droogvalduurkaart in Figuur A.4.



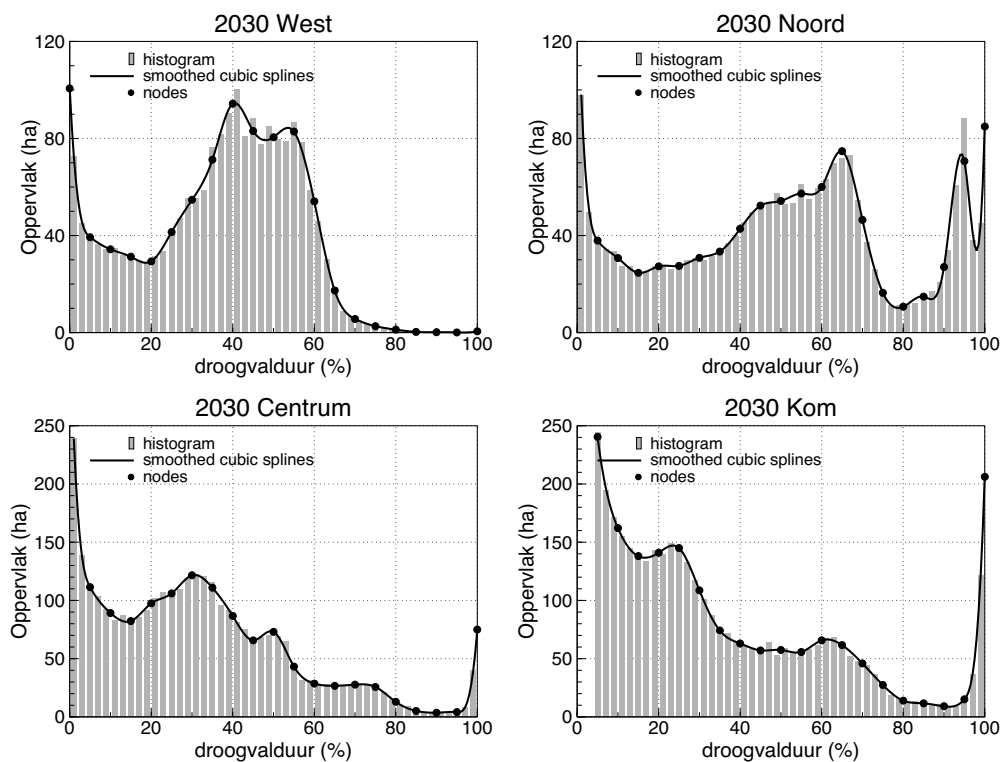
Figuur B.5. Droogvalduurverdeling 2010 berekend met de droogvalduurkaart in Figuur A.5.



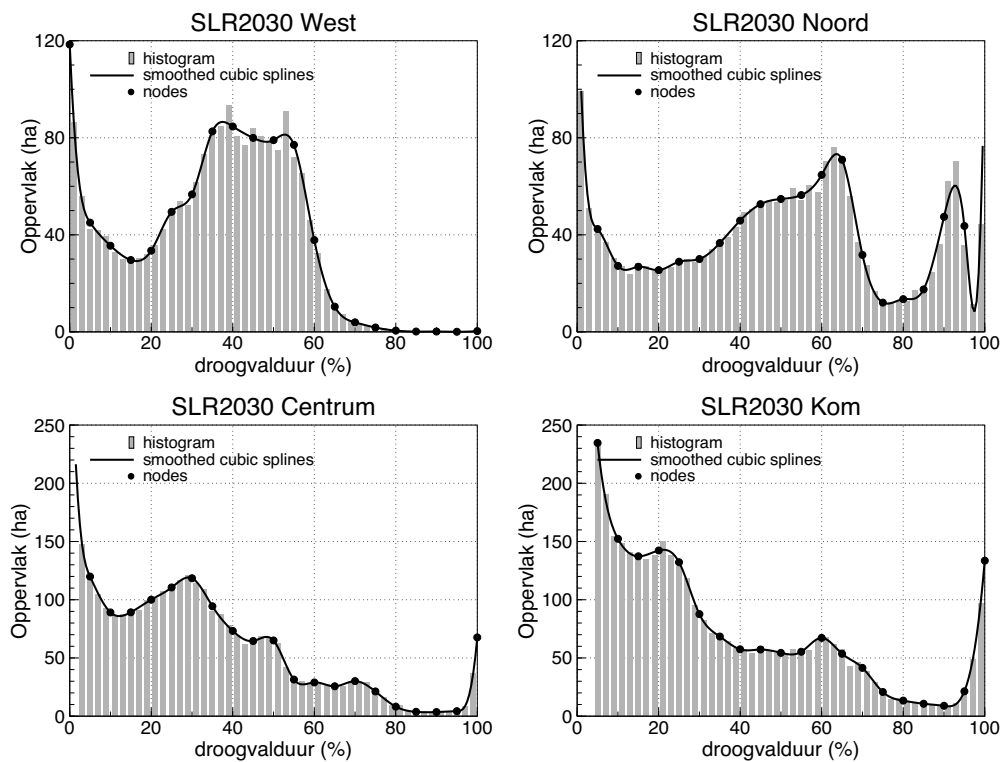
Figuur B.6. Droogvalduurverdeling 2020 zonder zeespiegelstijging berekend met de droogvalduurkaart in Figuur A.6.



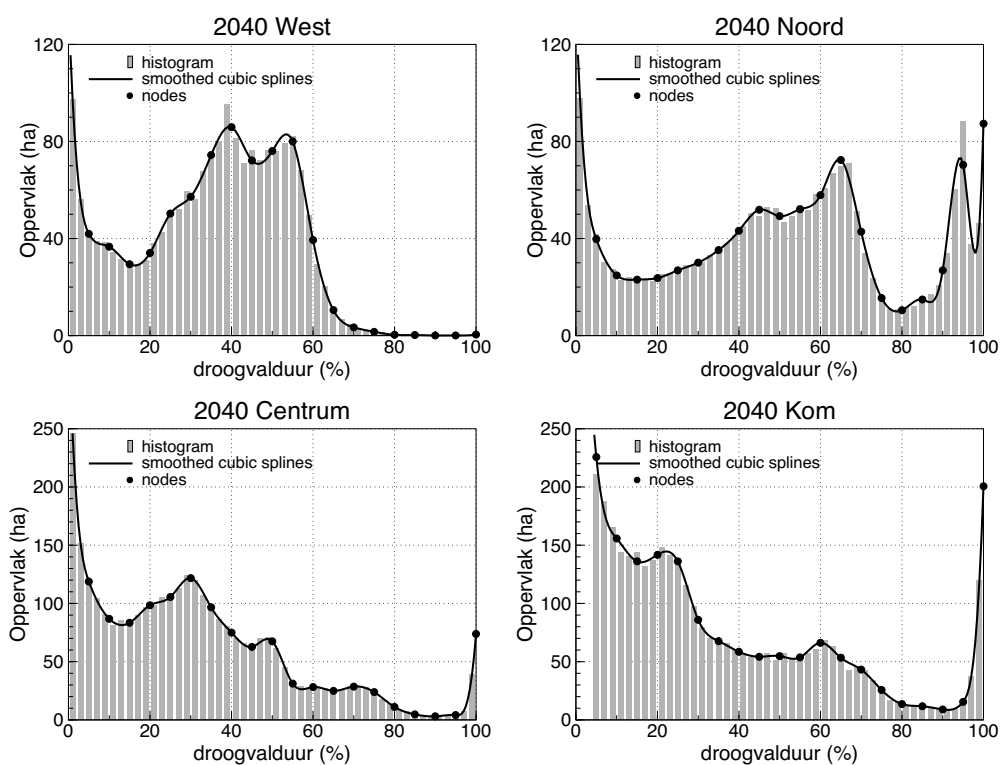
Figuur B.7. Droogvalduurverdeling 2020 met zeespiegelstijging berekend met de droogvalduurkaart in Figuur A.7.



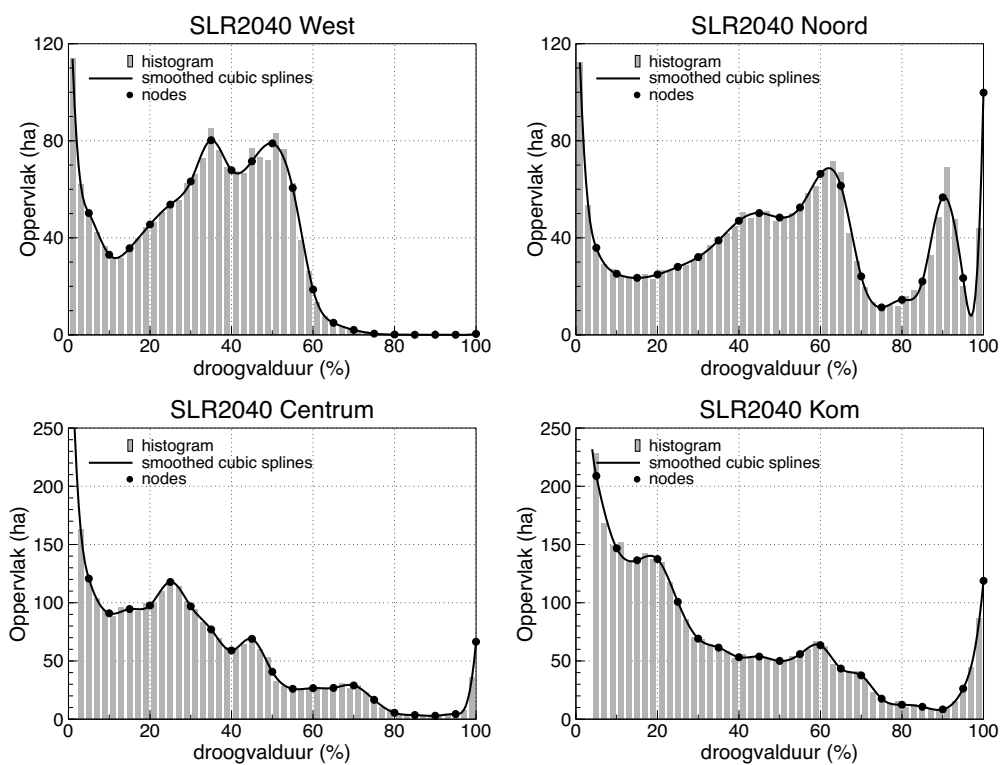
Figuur B.8. Droogvalduurverdeling 2030 zonder zeespiegelstijging berekend met de droogvalduurkaart in Figuur A.8.



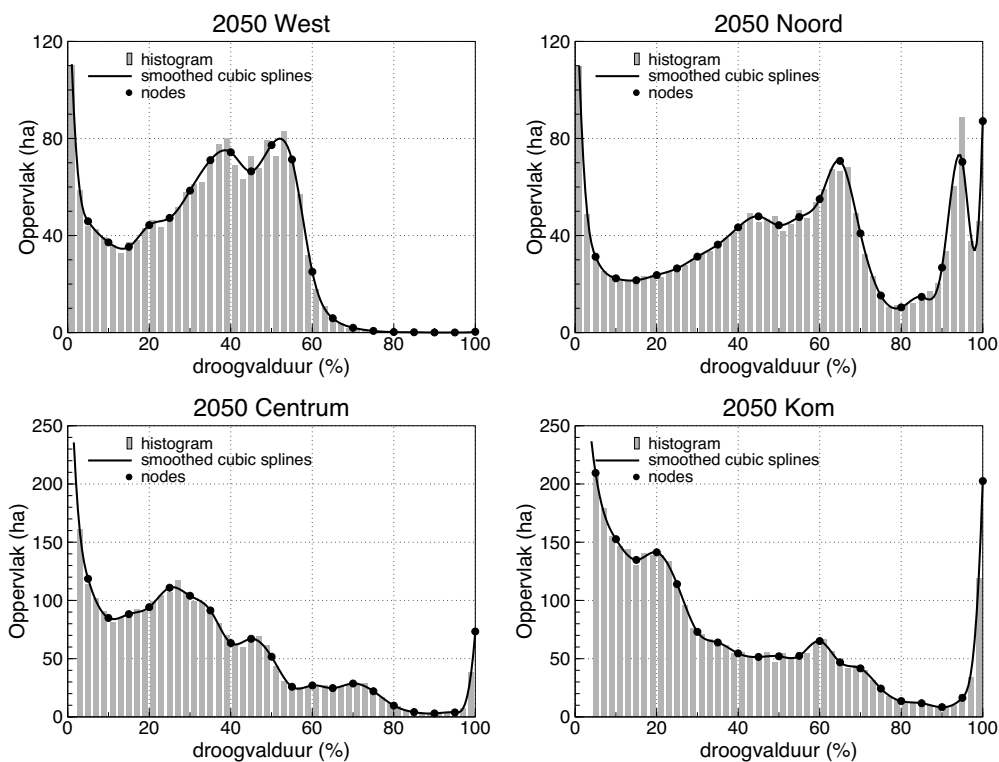
Figuur B.9. Droogvalduurverdeling 2030 met zeespiegelstijging berekend met de droogvalduurkaart in Figuur A.9.



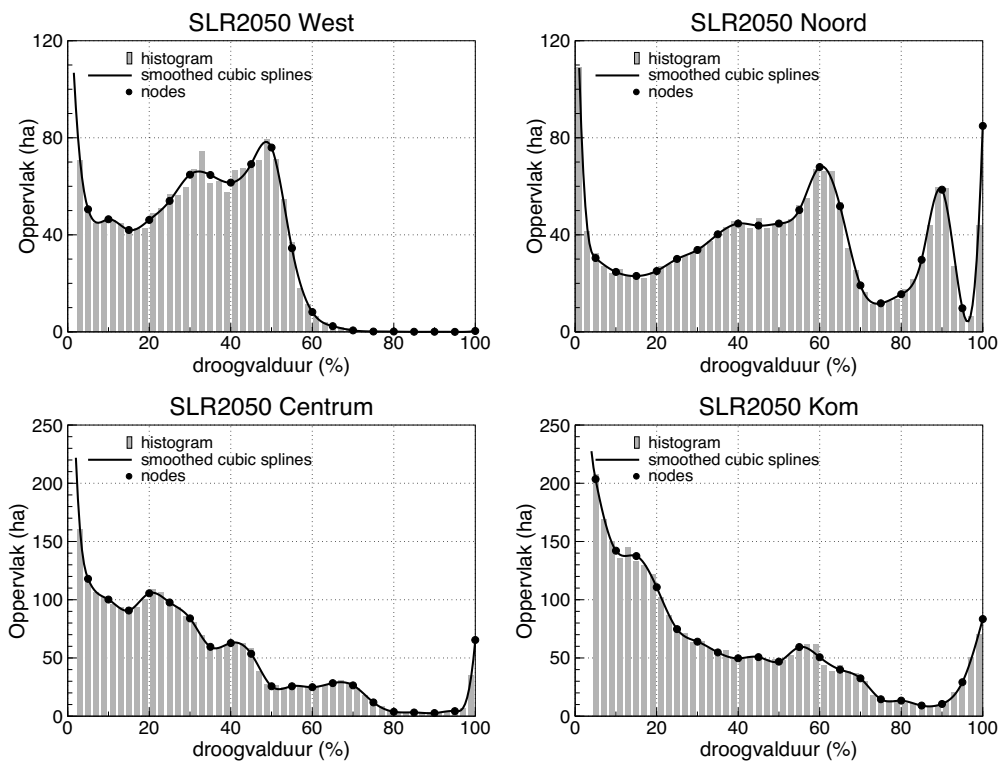
Figuur B.10. Droogvalduurverdeling 2040 zonder zeespiegelstijging berekend met de droogvalduurkaart in Figuur A.10.



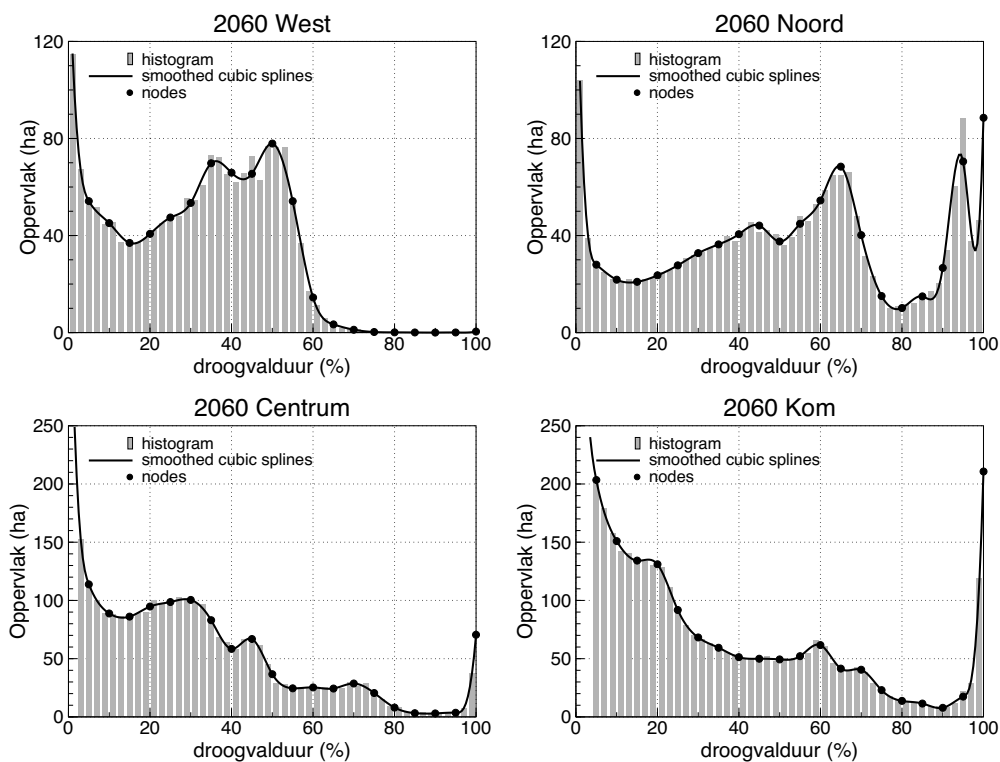
Figuur B.11. Droogvalduurverdeling 2040 met zeespiegelstijging berekend met de droogvalduurkaart in Figuur A.11.



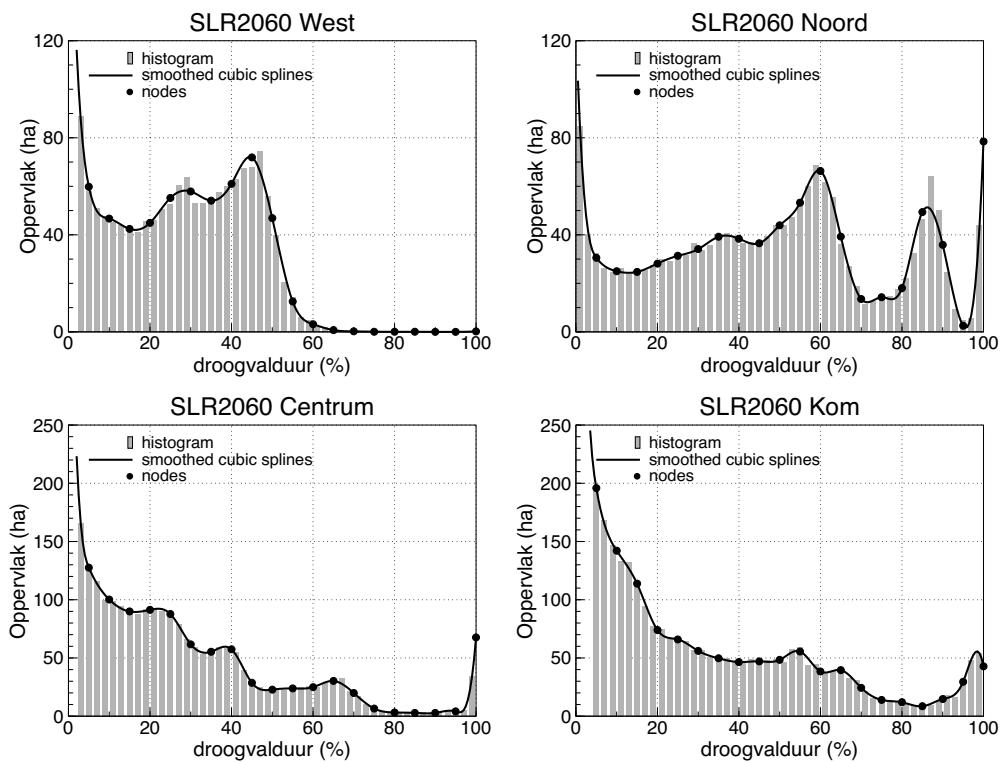
Figuur B.12. Droogvalduurverdeling 2050 zonder zeespiegelstijging berekend met de droogvalduurkaart in Figuur A.12.



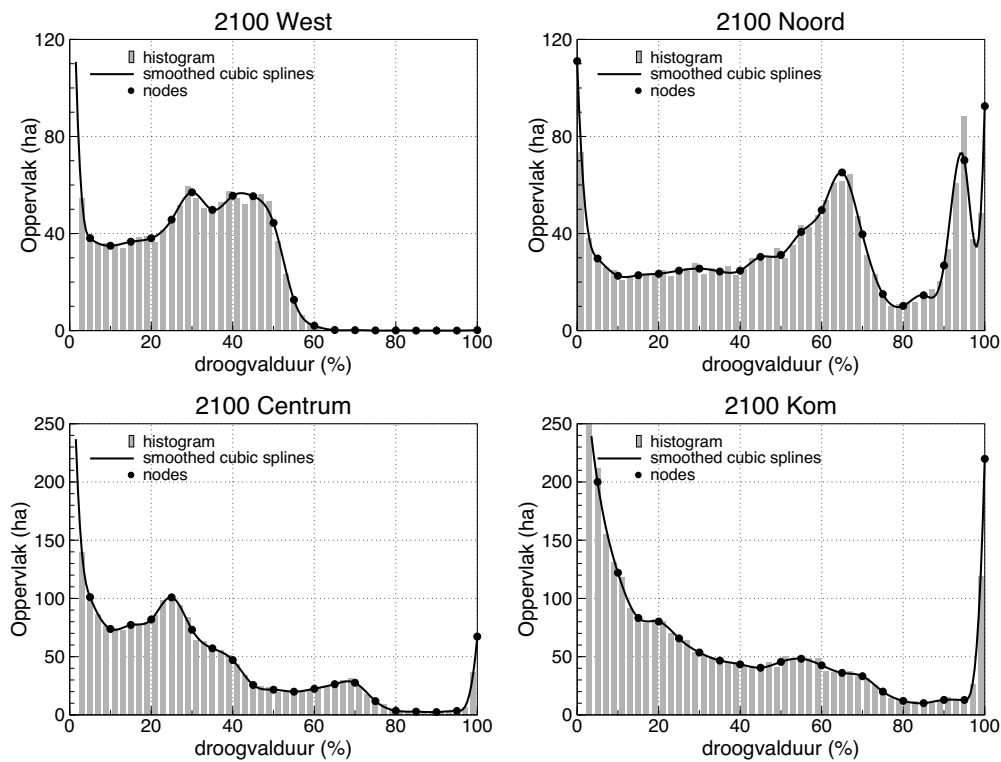
Figuur B.13. Droogvalduurverdeling 2050 met zeespiegelstijging berekend met de droogvalduurkaart in Figuur A.13.



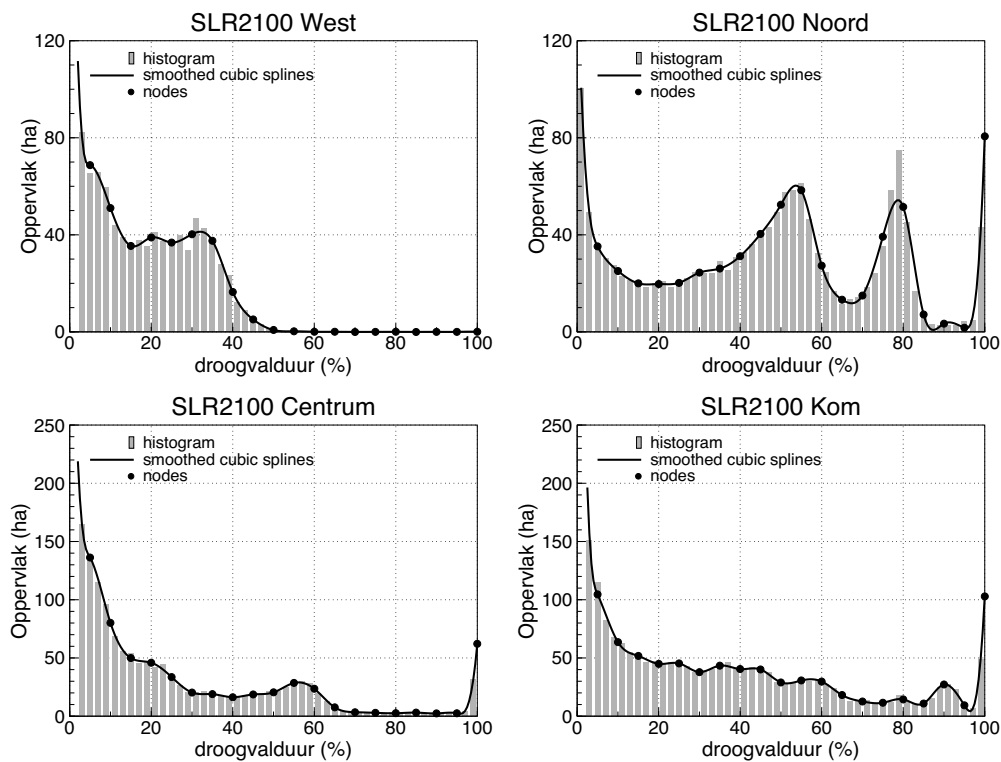
Figuur B.14. Droogvalduurverdeling 2060 zonder zeespiegelstijging berekend met de droogvalduurkaart in Figuur A.14.



Figuur B.15. Droogvalduurverdeling 2060 met zeespiegelstijging berekend met de droogvalduurkaart in Figuur A.15.



Figuur B.16. Droogvalduurverdeling 2100 zonder zeespiegelstijging berekend met de droogvalduurkaart in Figuur A.16.



Figuur B.17. Droogvalduurverdeling 2100 met zeespiegelstijging berekend met de droogvalduurkaart in Figuur A.17.

