

Waterkwaliteit en ecotopen in een zout Volkerak-Zoommeer

Planstudie Volkerak-Zoommeer

Erwin Meijers, Simon Groot, Marjolijn Haasnoot, Bregje
van Wesenbeeck, Ies de Vries

Opdrachtgever:
Bestuurlijk Overleg Krammer-Volkerak

Waterkwaliteit en ecotopen in een zout Volkerak-Zoommeer

Planstudie Volkerak-Zoommeer

Erwin Meijers, Simon Groot, Marjolijn Haasnoot, Bregje van
Wesenbeeck, Ies de Vries

Rapport

Opdrachtgever	Bestuurlijk Overleg Krammer-Volkerak						
Titel	Waterkwaliteit en ecotopen in een zout Volkerak-Zoommeer						
Samenvatting							
<p>In een eerder stadium is op basis van 1D gevolgd door 2D en 3D-modelsimulaties, een aantal zoete en zoute varianten beschouwd. Daaruit is geconcludeerd dat de huidige problemen met blauwalgen niet afdoende kunnen worden opgelost als het Volkerak-Zoommeer een zoet watersysteem blijft. Als wordt gekozen voor een zout watersysteem met voldoende hoge chloridegehalten dan kunnen er geen blauwalgen meer tot bloei komen en is het blauwalgenprobleem opgelost. Simulaties met gedetailleerde waterkwaliteitsmodellen geven aan dat in een zout milieu nog steeds een redelijke biomassa van mariene algen kan ontstaan als er geen graas door bijvoorbeeld mosselen is. Als zich na verloop van tijd mosselen in dit zoute watersysteem hebben gevestigd, dan zal graas door mosselen van een omvang zoals die momenteel in het Veerse Meer optreedt zorgen voor chlorofyl gehalten van minder dan 50 µg/l. Het zoutgehalte speelt daarbij een cruciale rol om zowel de groei van plaagalgen tegen te gaan als voor het realiseren van een stabiel milieu met een voldoende grote graasdruk om de biomassa van zoute algensoorten te beperken. Een aantal zoute varianten is onderzocht, waarbij ook de invloed van grote(re) doorlaatmiddelen is beschouwd om meer water vanuit de Oosterschelde aan te voeren en daarmee een grotere getijdynamiek en een robuust ecosysteem in het Volkerak-Zoommeer te realiseren.</p> <p>Deze studie geeft ook een globale inschatting van de ecotootypen die zullen ontstaan bij een verzouting van het Volkerak-Zoommeer en de introductie van een beperkt getij middels een habitatanalyse. Geconcludeerd is dat een groot gedeelte van het gebied niet zal veranderen, aangezien het bestaat uit bossen en ruigtes die nooit onder water komen te staan. Daarnaast bestaat een zeer groot oppervlak uit gebied dat altijd onder water staat en dit gebied zal dus compleet veranderen qua soortensamenstellingen omdat dit nu een zoetwatergebied is en een zoutwatergebied zal worden. Een klein deel zal bestaan uit intergetijdengebied met daarin ecotootypen die karakteristiek zijn voor intergetijdengebieden.</p>							
Referenties							
Ver	Auteur	Datum	Opmerk.	Review	Goedkeuring		
1.0	E. Meijers et al.	31 maart 2008		H. Los	A.G. Segeren		
2.0	E. Meijers et al.	30 juni 2008		H. Los			
Projectnummer		Q4448					
Trefwoorden		waterkwaliteit, algen, nutriënten, zuurstof, Volkerak, Zoommeer, Planstudie					
Aantal bladzijden		73					
Classificatie		Geen					
Status		Definitief					

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Modelberekeningen en varianten	2
2.1	Philipsdam 110 m ³ /s en Volkeraksluis 30 m ³ /s (Zout-30)	3
2.2	Philipsdam 700 m ³ /s (100% variant)	3
2.3	Philipsdam+Oesterdam 700 m ³ /s (80%-20% variant).....	4
2.4	Philipsdam 300 m ³ /s (100% variant)	4
2.5	Philipsdam+Oesterdam 300 m ³ /s (80%-20% variant).....	5
3	3D-modellering	6
3.1	Delft3D-WAQ model	6
3.2	Randen	6
3.3	Algensoorten.....	7
3.4	Graas	8
4	Berekeningsresultaten varianten	9
4.1	Systeemanalyse	9
4.2	Overeenkomsten tussen de varianten.....	11
4.3	Resultaten varianten in detail	12
4.3.1	Philipsdam 110 m ³ /s en Volkeraksluis 30 m ³ /s (Zout-30).....	12
4.3.2	Philipsdam 700 m ³ /s (100% variant).....	19
4.3.3	Philipsdam+Oesterdam 700 m ³ /s (80%-20% variant)	22
4.3.4	Philipsdam 300 m ³ /s (100% variant).....	23
4.3.5	Philipsdam+Oesterdam 300 m ³ /s (80%-20% variant)	24
4.4	Samenvatting zoute alternatieven	24
4.5	Beschouwing zuurstofgehalte.....	29
5	Habitat analyse	31
5.1	Gebruikte ecotopenclassificatiemethode.....	31
5.2	Beschrijving ecotooptypen.....	34
5.3	Vòòrkomen ecotooptypen met 55 cm getijverschil.....	35
5.4	Vòòrkomen ecotooptypen met 30 cm getijverschil (variant P300).....	37
6	Discussie en conclusies	39
6.1	Waterkwaliteit en algengroei	39
6.2	Habitatanalyse en ecotopen in een zout Volkerak-Zoommeer	40
7	Literatuur	42

Bijlagen

A	Berekeningsresultaten	43
A.1	Philipsdam 700 m ³ /s (100% variant)	43
A.2	Philipsdam+Oesterdam 700 m ³ /s (80%-20% variant)	45
A.3	Philipsdam 300 m ³ /s (100% variant)	51
A.4	Philipsdam+Oesterdam 300 m ³ /s (80%-20% variant)	56
A.5	Vergelijking Zout-30, Philipsdam 700 m ³ /s en Philipsdam 300 m ³ /s onderling, met graas.....	62
B	Algensamenstelling	65
B.1	Locatie Steenberg	65
B.2	Locatie Zoommeer	66

1 Inleiding

Het Bestuurlijk Overleg Krammer-Volkerak (BOKV) onderzoekt in het kader van de planstudie/MER en kosten-batenanalyse Volkerak-Zoommeer welke maatregelen genomen kunnen worden om de overlast van blauwalgen in het watersysteem op de middellange termijn (uiterlijk in 2015) te hebben weggenomen. Een beschrijving en beoordeling van de effecten van deze maatregelen is nodig, zodat mede op basis hiervan een beargumenteerde keuze gemaakt kan worden om bepaalde maatregelen daadwerkelijk uit te voeren.

In een eerder stadium is op basis van 1D gevolgd door 2D en 3D-modelsimulaties, een aantal zoete en zoute varianten beschouwd (WL | Delft Hydraulics, 2006-2007). Daaruit is geconcludeerd dat de huidige problemen met blauwalgen niet afdoende kunnen worden opgelost als het Volkerak-Zoommeer een zoet watersysteem blijft.

Als wordt gekozen voor een zout watersysteem met voldoende hoge chloridegehalten dan kunnen er geen blauwalgen meer tot bloei komen en is het blauwalgenprobleem opgelost. Simulaties met gedetailleerde waterkwaliteitsmodellen geven aan dat in een zout milieu nog steeds een redelijke biomassa van mariene algen kan ontstaan als er geen graas door bijvoorbeeld mosselen is. Als zich na verloop van tijd mosselen in dit zoute watersysteem hebben gevestigd, dan zal graas door mosselen van een omvang zoals die momenteel in het Veerse Meer optreedt zorgen voor chlorofyl gehalten van minder dan 50 µg/l. Dit is onderkend en onderschreven bij de review van de planstudie (Duren et al, 2006). Bij deze review zijn twee vragen geformuleerd, die nader onderzoek verdienen en nu zijn onderzocht:

- 1 Kunnen 'ongewenste' algensoorten in het zoute milieu de overhand krijgen?
- 2 Kan de biomassa worden gereduceerd door graas van schelpdieren zoals nu ook al gebeurt in de andere zoute deltawateren?

Om een antwoord te geven op de eerste vraag zijn de eigenschappen van een aantal potentiële plaagalgensoorten achterhaald en in het waterkwaliteitsmodel opgenomen, waarmee vervolgens simulaties zijn uitgevoerd om ook de tweede vraag te beantwoorden.

Inmiddels hebben discussies over een zout Volkerak-Zoommeer geleid tot een aantal nieuwe ideeën waarbij er meer dynamiek in het watersysteem wordt gebracht door het realiseren van een grotere getijslag. Doel daarvan is enerzijds om een bijdrage te leveren aan een robuust en duurzaam zout watersysteem met grote ecologische waarde, en daarnaast een zodanige zoutconcentratie in het Volkerak-Zoommeer te waarborgen dat zoetwater of brakwater blauwalgensoorten geen kansen krijgen.

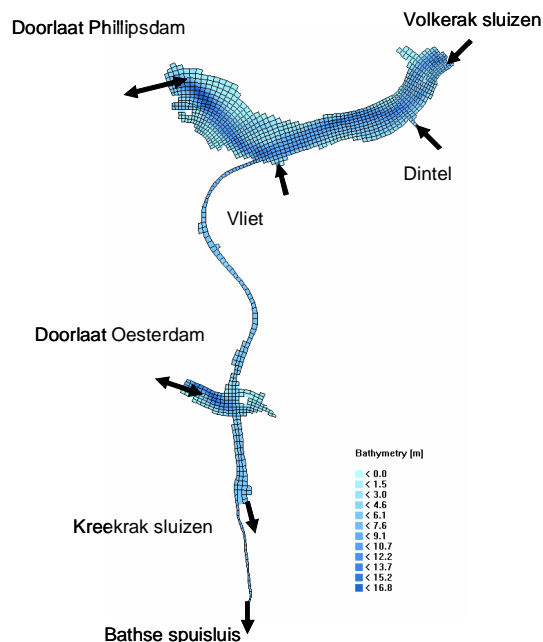
Daarom zijn aanvullend modelsimulaties geïnitieerd om de effecten te kunnen voorspellen van de meest recente zoute alternatieven. Deze nieuwste alternatieven voor een volledig zout Volkerak-Zoommeer met beperkt getij zijn met de beschikbare waterkwaliteitsmodellen doorgerekend en op de resultaten is vervolgens een beperkte habitatanalyse uitgevoerd. De resultaten van deze analyse van de waterkwaliteit en ecotopen worden in dit rapport beschreven.

2 Modelberekeningen en varianten

In deze studie worden voor wat betreft de waterkwaliteit de resultaten van vijf zoute varianten gepresenteerd die met een op Delft3D gebaseerde modeltoepassing voor het Volkerak-Zoommeer zijn doorgerekend, namelijk:

- Philipsdam 110 m³/s en Volkeraksluizen 30 m³/s (Zout-30)
- Philipsdam 700 m³/s (100% variant)
- Philipsdam+Oesterdam 700 m³/s (80%-20% variant)
- Philipsdam 300 m³/s (100% variant)
- Philipsdam+Oesterdam 300 m³/s (80%-20% variant)

De varianten verschillen voornamelijk in de hoeveelheden zout water die via doorlaatmiddelen in de Philipsdam of Oesterdam worden ingelaten. Daarnaast is er onderscheid in de belasting met zoet water vanuit het Hollandsch Diep via de Volkeraksluizen. Voordat bovenstaande varianten zijn doorgerekend voor de waterkwaliteit is met behulp van het gedetailleerde Delft3D waterbewegingsmodel de hydrodynamica berekend, gebaseerd op een grove waterbalans die voor het modelgebied is opgesteld. In Figuur 2.1 zijn de belangrijkste posten van de waterbalans weergegeven.



Figuur 2.1 Overzicht van het Volkerak-Zoommeer. De pijlen geven de belangrijkste bronnen op de waterbalans weer.

Hierbij werd aanvankelijk gebruik gemaakt van een spreadsheet waarmee de waterbalans werd gegenereerd. Maar voor de laatste twee varianten is de waterbalans bepaald door een deelschematisatie van het op 1D-Sobek gebaseerde "Delta-model" (WL | Delft Hydraulics, 2007).

2.1 Philipsdam 110 m³/s en Volkeraksluis 30 m³/s (Zout-30)

De Zout-30 variant is eerder gepresenteerd (WL | Delft Hydraulics, 2006). In deze studie is deze variant nogmaals doorgerekend om de invloed van de toegevoegde algensoorten te toetsen. De Zout-30 variant kenmerkt zich door de inlaat van water uit de Oosterschelde met een daggemiddeld debiet door de Philipsdam van ongeveer 110 m³/s. Om zoutindringing vanuit het Volkerak naar het Hollandsch Diep tegen te gaan wordt in deze variant bij de Volkeraksluizen continu 30 m³/s ingelaten. De afvoeren van de Brabantse rivieren variëren over het jaar. Het overtollige water wordt grotendeels afgevoerd via de Bathse spuisluis. Daarnaast wordt bijna 50 m³/s daggemiddeld afgevoerd via het doorlaatmiddel in de Philipsdam. Tabel 2.1 geeft de volledige waterbalans weer.

Tabel 2.1 Waterbalans Zout-30 variant

Waterbalans	Instroom (m ³ /s)	Uitstroom (m ³ /s)
Volkeraksluizen	30.2	
Dintel	13.3	
Vliet	4.6	
Overige lozingen	2.3	
Kreekraksluizen		-8.0
Bathse spuisluis		-106.3
Philipsdam	110.6	-47.1
Oesterdam		
Som	161.3	-161.3

2.2 Philipsdam 700 m³/s (100% variant)

Deze variant, waarbij een groot doorlaatmiddel in de Philipsdam wordt aangelegd, kenmerkt zich door een zeer groot uitwisselingsdebiet met de Oosterschelde. Daggemiddeld wordt ongeveer 685 m³/s ingelaten. Door deze forse inlaat van water uit de Oosterschelde wordt een behoorlijke getijslag geïntroduceerd op het Volkerak-Krammer en het Zoommeer. Het debiet door de Volkeraksluizen is geminimaliseerd tot 5 m³/s om de inlaat van nutriënten te reduceren. Het overgrote deel van het water wordt via het doorlaatmiddel in de Philipsdam weer afgevoerd. De Bathse spuisluis zorgt daarbij voor een vrij continue afvoer van water naar de Westerschelde. Tabel 2.2 geeft de volledige waterbalans weer voor deze variant.

Tabel 2.2 Waterbalans Philipsdam 700 m³/s (100% variant)

Waterbalans	Instroom (m ³ /s)	Uitstroom (m ³ /s)
Volkeraksluizen	4.7	
Dintel	13.3	
Vliet	4.6	
Overige lozingen	2.9	
Kreekraksluizen		-8.0
Bathse spuisluis		-75.2
Philipsdam	685.0	-627.2
Oesterdam		
Som	710.5	-710.4

2.3 Philipsdam+Oesterdam 700 m³/s (80%-20% variant)

Deze variant is bijna identiek aan de vorige variant, alleen wordt nu in plaats van één doorlaatmiddel gebruik gemaakt van twee doorlaatmiddelen. Het tweede doorlaatmiddel in de Oesterdam zou de stroomsnelheid op de Eendracht kunnen verlagen, waardoor de scheepvaart mogelijk minder last heeft van de geïntroduceerde getijslag op het Volkerak-Zoommeer. De totale uitwisseling met de Oosterschelde blijft in deze variant 685 m³/s. De uitwisseling is verdeeld over een doorlaatmiddel in de Philipsdam (80%) en een doorlaatmiddel in de Oesterdam (20%). In Tabel 2.3 is de waterbalans weergegeven.

Tabel 2.3 Waterbalans Philipsdam+Oesterdam 700 m³/s (80%-20% variant).

Waterbalans	Instroom (m ³ /s)	Uitstroom (m ³ /s)
Volkeraksluizen	4.7	
Dintel	13.3	
Vliet	4.6	
Overige lozingen	2.9	
Kreekraksluizen		-8.0
Bathse spuisluis		-75.2
Philipsdam	548.0	-501.8
Oesterdam	137.0	-125.4
Som	710.5	-710.4

2.4 Philipsdam 300 m³/s (100% variant)

In deze variant is het doorlaatmiddel in de Philipsdam verkleind tot een daggemiddelde inlaat van 268 m³/s. Hiermee is de getijslag gereduceerd tot 30 cm. Tevens is in deze variant de gemiddelde waterstand in het Volkerak-Zoommeer verlaagd van 0 m NAP tot 0.10 m beneden NAP. Hierdoor zal de kweldruk naar de omliggende polders iets afnemen. De belasting met zoet water via de Volkeraksluizen is verder gereduceerd tot 5 m³/s. Wel worden de Dintel en de Vliet nu extra doorgespoeld met ieder 5 m³/s. Het benodigde water daarvoor is afkomstig uit het Hollandsch Diep. Het overtollige water wordt grotendeels afgevoerd via het doorlaatmiddel in de Philipsdam. Het overige deel wordt afgevoerd via de Bathse spuisluis, zodat er netto een stroming in zuidelijke richting ontstaat. De volledige waterbalans is opgesteld met behulp van het Deltamodel (WL | Delft Hydraulics, 2007) en weergegeven in Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Waterbalans Philipsdam 300 m³/s (100% variant)

Waterbalans	Instroom (m ³ /s)	Uitstroom (m ³ /s)
Volkeraksluizen	5.0	
Dintel	13.3	
Dintel doorspoel	5.0	
Vliet	4.6	
Vliet doorspoel	5.0	
Overige lozingen	2.9	
Kreekraksluizen		-8.0
Bathse spuisluis		-91.7
Philipsdam	268.0	-204.1
Oesterdam		
Som	303.8	-303.8

2.5 Philipsdam+Oesterdam 300 m³/s (80%-20% variant)

Bij deze variant wordt het debiet van 268 m³/s dat vanuit de Oosterschelde wordt ingelaten verdeeld over twee inlaatwerken. Daarbij wordt 80% via de Philipsdam ingelaten en de overige 20% via de Oesterdam. Verder is deze variant identiek aan de vorige variant. In Tabel 2.5 is de waterbalans weergegeven van deze variant.

Tabel 2.5 Waterbalans Philipsdam+Oesterdam 300 m³/s (80%-20% variant)

<i>Waterbalans</i>	<i>Instroom (m³/s)</i>	<i>Uitstroom (m³/s)</i>
Volkeraksluizen	5.0	
Dintel	13.3	
Dintel doorspoel	5.0	
Vliet	4.6	
Viet doorspoel	5.0	
Overige lozingen	2.9	
Kreekraksluizen		-8.0
Bathse spuisluis		-91.7
Philipsdam	214.4	-163.3
Oesterdam	53.6	-40.8
Som	303.8	-303.8

3 3D-modellering

3.1 Delft3D-WAQ model

Hydrodynamica

Voor deze studie is gebruik gemaakt van de eerder op basis van Delft3D ontwikkelde 3D modeltoepassing van het Volkerak-Zoommeer (WL | Delft Hydraulics, 2006). Het model bevat ongeveer 11000 rekensegmenten. In de verticaal worden 10 lagen beschouwd. Het model is een zogenaamd sigma-lagen model, waarbij er wordt gewerkt met een vast aantal verticale lagen die een variabele dikte hebben.

De waterbeweging is doorgerekend met een tijdstap van 2 minuten. De simulatieperiode beslaat een jaar. De hydrodynamica wordt op 1 november 1999 gestart om het model twee maanden te kunnen laten inspelen en de begintoestand geen merkbare invloed te laten hebben op het berekeningsresultaat voor een specifiek jaar. De berekeningsresultaten van de periode 1 januari 2000 tot 31 december 2000 worden vervolgens gebruikt voor de berekeningen met het waterkwaliteitsmodel.

Waterkwaliteit

Het waterkwaliteitsmodel is gebouwd op basis van het hydrodynamische model. Er vindt geen aggregatie plaats, maar wel worden droogvallende rekencellen verwijderd om de stabiliteit van de modelsimulatie te verhogen. De watertemperatuur en de berekende zoutgehalten worden uit het hydrodynamisch model overgenomen.

Het waterkwaliteitsmodel maakt gebruik van een gedetailleerde beschrijving van de waterkwaliteitsprocessen uit de WAQ procesbibliotheek van Delft3D, beter bekend onder de naam Delwaq-Bloom. In deze waterkwaliteitsprocesbeschrijving zijn de belangrijke nutriënten opgenomen en worden diverse soorten algen beschouwd. Tevens is in het waterkwaliteitsmodel de invloed van de waterbodem opgenomen.

3.2 Randen

Hydrodynamica

De debieten op de randen van het Krammer-Volkerak-Zoommeer watersysteem zijn afkomstig van een op metingen gebaseerde tijdreeks of uit de waterbalans die per variant is opgesteld. In Tabel 3.1 zijn de gegevens die voor een specifieke rand worden gebruikt weergegeven.

Tabel 3.1 Randvoorwaarden hydrodynamica.

Rand	Periode	Debiet	Bron
Volkeraksluizen	nov 1999 t/m dec 2000	constante waarde	Waterbalans
Dintel	nov 1999 t/m dec 2000	daggemiddeld	WS Brabantse Delta
Vliet	nov 1999 t/m dec 2000	daggemiddeld	WS Brabantse Delta
Overig Brabant	nov 1999 t/m dec 2000	daggemiddeld	via Conver
Philipsdam	nov 1999 t/m dec 2000	half uur basis	Waterbalans
Oesterdam	nov 1999 t/m dec 2000	half uur basis	Waterbalans
Bathse Spuisluis	nov 1999 t/m dec 2000	half uur basis	Waterbalans
Kreekraksluizen	nov 1999 t/m dec 2000	daggemiddeld	via Conver

Waterkwaliteit

De waterkwaliteitsranden zijn aangepast ten opzichte van eerdere modeltoepassingen. De eerder gebruikte historische meetdata van het jaar 2000 zijn vervangen door de langjarig maandgemiddelde concentratie over de periode 2000-2005 (Tabel 3.2). Extreme waarden in de randconcentraties worden hiermee afgevlakt. Daarnaast zijn de concentraties voor nutriënten in de periode 2000-2005 door autonome ontwikkelingen lager dan de concentraties in het jaar 2000. In de modelresultaten zorgt dit voor een verlagend effect op de uiteindelijke vracht aan nutriënten op het Volkerak-Zoommeer.

Tabel 3.2 Randvoorwaarden Waterkwaliteit

Rand	Periode	Meetlocatie	Bron
Volkeraksluizen	2000-2005	Bovensluis, Hollandsch Diep	waterbase
Dintel	2000-2006	Dintelsas (200.001)	WS Brabantse Delta
Vliet	2000-2006	Benedensas (300.001)	WS Brabantse Delta
Philipsdam	2000-2005	Zijpe, Oosterschelde	waterbase
Oesterdam	2000-2005	Lodijkse Gat, Oosterschelde	waterbase

3.3 Algensoorten

De waterkwaliteitsprocesbibliotheek BLOOM beschouwt voor de zoute varianten een combinatie van alle belangrijke zoutwater en zoetwater algensoorten of algengroepen. Ten opzichte van de eerdere modeltoepassing zijn in de huidige opzet de algensoorten *Anabaena* en *Nodularia* opgenomen. Het waterkwaliteitsmodel beschouwt in de uitgevoerde modelberekeningen de volgende zoete en zoute algensoorten/groepen:

- Zoetwater Diatomeeën
- Zoutwater Diatomeeën
- Picoplankton
- Mariene flagellaten
- Dinoflagellaten
- *Ulva*
- *Microcystis* (blauwalg)
- *Nodularia*
- *Anabaena*

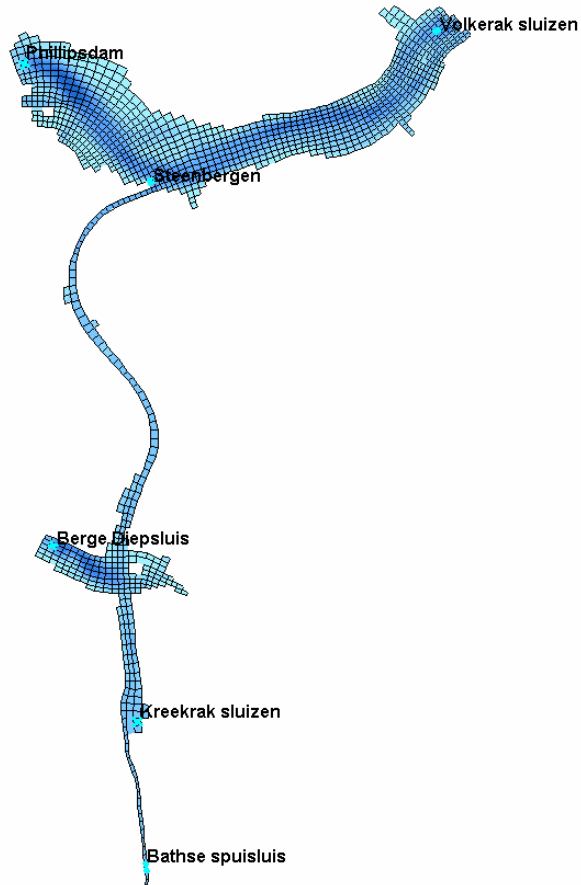
De algensoortensamenstelling wordt uiteindelijk door het model bepaald op basis van eigenschappen van de verschillende algensoorten, uitgaande van de beschikbare hoeveelheid nutriënten en licht. De zoutconcentratie speelt middels zoutstress een belangrijke rol in het model bij de bepaling van de dominante algensoorten in de diverse varianten en de daarbij horende waterkwaliteitstoestand. Over overzicht van de belangrijkste door BLOOM beschouwde processen en proces coëfficiënten is gepresenteerd in (Los & Wijsman, 2007).

3.4 Graas

Alle varianten zijn doorgekend met en zonder de invloed van grazers. De voornaamste grazers zijn mosselen (op de bodem en in hangcultures) en zoöplankton. Zonder graas voorspelt het model een hogere algenbiomassa dan met graas. Dit kan gezien worden als een soort "worst case" variant. De verwachte invloed van graas in een zout Volkerak-Zoommeer is groot. Naar verwachting is er een grote kans op het spontaan ontstaan van mosselbanken, en/of de vestiging van de Japanse oester, waardoor de algenbiomassa lager zal uitvallen en de turnover zal toenemen. Ook biedt een zout Volkerak-Zoommeer ongetwijfeld kansen voor de kweek van mosselen en oesters. De graasfunctie voor zoute omstandigheden is opgelegd als een 'forcing' functie, en is gelijk gekozen aan de graasdruk die in modelberekeningen voor het Veerse Meer is gebruikt bij de beschouwing van de situatie na de ingebruikname van de 'Katse Heule'. Met deze aanpak blijkt het mogelijk om de waargenomen algenconcentraties in het Veerse Meer, zowel voor als na de Katse Heule, en in het Grevelingenmeer goed te reproduceren.

4 Berekeningsresultaten varianten

De berekeningsresultaten worden voor iedere variant beschreven op een aantal locaties in zowel het Volkerak als het Zoommeer. De beschouwde parameters zijn chloride, chlorofyl-a, totaal stikstof, anorganisch stikstof (DIN), totaal fosfaat en orthofosfaat. Voor de Zout-30 variant worden op zes locaties alle parameters getoond (zie Figuur 4.1). Voor de overige varianten worden alleen de belangrijkste parameters getoond op een geringer aantal locaties. In iedere grafiek worden altijd de resultaten met en zonder de invloed van graas getoond.



Figuur 4.1 Uitvoerlocaties in het Volkerak-Zoommeer

4.1 Systeemanalyse

Zoet-zout gradiënt

Door het introduceren van een doorlaatmiddel zal een zoet-zout gradiënt over het Krammer-Volkerak ontstaan. Naarmate het doorlaatmiddel groter wordt zal de gradiënt flauwer worden. Halverwege het Krammer-Volkerak stroomt het water via het Eendracht kanaal in zuidelijke richting naar het Zoommeer. Het water heeft vanaf dat moment een vrij uniforme chlorideconcentratie. De stroomsnelheid op de Eendracht wordt bepaald door het debiet via de Bathse Spuisluis naar de Westerschelde. Dit

debiet varieert tussen de 75 m³/s en 106 m³/s daggemiddeld voor de verschillende varianten. De maximale stroomsnelheid op het Eendracht kanaal zal daarmee ongeveer 50 cm/s bedragen.

Nutriënten

De inlaat van zout water heeft ook invloed op de nutriëntengehalten. De nutriënten zijn voor een belangrijk deel afkomstig van zoetwater lozingen (de Dintel, de Vliet en het Hollandsch Diep). In delen van het Volkerak-Zoommeer waar de fractie zoet water het grootst is, zullen de nutriëntengehalten ook het hoogst zijn. Nabij de doorlaatmiddelen in de Philipsdam en Oesterdam lijken de concentraties voor stikstof en fosfor sterk op die van het Oosterschelde water.

Algensoortensamenstelling en graas

De soortensamenstelling van de algen wordt voornamelijk bepaald door de beschikbare hoeveelheid licht en nutriënten. Daarnaast speelt de zoutconcentratie een belangrijke rol bij de groei van bepaalde algensoorten. De groep Picoplankton heeft een relatief hoge zouttolerantie en komt bij zoutconcentraties van ongeveer 10 g/l nog voor. Dit verklaart waarom het Picoplankton in de berekeningsresultaten van de Zout-30 variant nabij de Volkeraksluizen vòòrkomt.

Dat de fytoplankton concentraties in de meeste zoute wateren lager zijn dan in veel zoete systemen, komt niet doordat de productiviteit van zoute algen lager is. Het is daarom redelijk te veronderstellen dat bij een ongeveer gelijk belast zout Volkerak-Zoommeer ook ongeveer evenveel fytoplankton geproduceerd zal worden als in het huidige zoete systeem. Dit is onderkend en onderschreven bij de review van de planstudie. Daarbij zijn twee vragen geformuleerd, die nader onderzoek verdienen:

1. Kunnen 'ongewenste' algensoorten in het zoute milieu de overhand krijgen?
2. Kan de biomassa worden gereduceerd door graas van schelpdieren zoals nu ook gebeurt in veel andere ondiepe zoute wateren?

Om een antwoord te geven op de eerste vraag zijn de eigenschappen van een aantal potentiële plaagalgensoorten achterhaald en zijn deze soorten in het algenmodel opgenomen. Het is van belang hierbij te bedenken dat de hoeveelheid informatie in de literatuur schaars is en dat deze modeltoepassing de eerste is waarin deze soorten zijn opgenomen. Aan de hand van een aantal publicaties en rapporten is gekeken naar (1) de lichtafhankelijkheid, (2) de maximale groeisnelheid, (3) de nutriënten afhankelijkheid en (4) de zout tolerantie (Los & Wijsman, 2007).

De plaagalg *Anabeana* heeft een maximale groeisnelheid vergelijkbaar met die van andere blauwalgen, en heeft een zeer hoge lichtefficiëntie. De netto groei van deze soort neemt echter blijkens experimenten van RIKZ zeer snel af naarmate de saliniteit toeneemt tot de waardes, die in het toekomstige Volkerak Zoommeer verwacht mogen worden. Daarmee speelt deze alg in de berekeningen geen rol van betekenis.

De situatie is anders voor *Nodularia* omdat deze soort juist een hoge zout tolerantie blijkt te hebben. Dit experimentele resultaat lijkt in tegenspraak met de waarneming dat deze soort in de Baltische Zee voornamelijk in de relatief zoete delen vòòrkomt, maar dit zou een indirecte gevolg kunnen zijn van andere stuurfactoren, die gecorreleerd zijn met saliniteit zoals de nutriëntengehaltes. Deze soort heeft relatief veel licht nodig. Er is weinig gepubliceerd over de maximale groeisnelheid. Daarom zijn er berekeningen

uitgevoerd waarbij deze gelijk is aan die van andere blauwalgen. In een andere serie berekeningen is rekening gehouden met het gegeven dat *Nodularia* atmosferische stikstof kan opnemen. Hierbij zijn aan deze soort gelijke groei- en nutriënten karakteristieken toegekend als aan *Aphanizomenon*, een soort waarmee al wel veel ervaring is opgedaan. Omdat stikstof fixatie veel energie kost is de maximale groeisnelheid van *Nodularia* in deze berekeningen laag gekozen. Volgens het meest waarschijnlijke scenario lijkt *Nodularia* op de stikstof-fixerende variant van *Aphanizomenon* en heeft dus een lage maximale groeisnelheid. Deze laatste keuze is het meest realistisch.

Gezien het voorgaande kan zonder verdere toelichting worden gezegd dat de totale productie van algen in het model *robuust* en *gevalideerd* is, maar dat hetzelfde *niet* geldt voor de berekende algensoortensamenstelling. Deze resultaten moeten als indicatief worden beschouwd voor de *potenties* van het systeem.

In veel zoute wateren leidt een hoge productiesnelheid niet tot hoge biomassa's van fytoplankton ten gevolge van graas door met name schelpdieren. Bij de berekeningen met het waterkwaliteitsmodel is de schelpdierbiomassa's vergelijkbaar verondersteld met die in andere wateren zoals het Veerse Meer. Deze aanname wordt realistisch geacht, maar zekerheid over de omvang van de graasdruk in een toekomstig zout Volkerak-Zoommeer is er niet. Daarnaast is onzeker hoeveel tijd er nodig is om een stabiele evenwichtssituatie te bereiken. Voor graas bestaat de mogelijkheid deze factor vanuit het beheer actief te beïnvloeden, bijvoorbeeld door schelpdieren te introduceren. Met andere woorden: tot op zekere hoogte kan een 'gewenste' graasdruk worden opgelegd. Voor de graasdruk is het meest waarschijnlijke scenario dat deze vergelijkbaar is met die in het Veerse Meer.

Het effect van graas op de algen is aanzienlijk. De in het model gebruikte graasdruk is gebaseerd op de situatie in het Veerse Meer na de Katse Heule en kan een overschatting zijn van de invloed die graas op de situatie in het Volkerak-Zoommeer zal hebben. Graas zorgt voor een hogere turnover van organisch materiaal, waardoor de opgeloste nutriënten (stikstof en fosfaat) in grotere mate vrij beschikbaar zullen komen voor primaire productie. Het resultaat is dat algen kunnen groeien, die dan echter ook direct weer begraasd worden. Alhoewel de graasdruk in een toekomstig zout Volkerak-Zoommeer met de nodige zorgvuldigheid is ingeschat blijft de omvang van deze graas en de verdeling ervan over het watersysteem een onbekende grootheid. Bovendien is onzeker binnen welk tijdsbestek de graas zich kan ontwikkelen (al dan niet kunstmatig via mosselcultures). Mede daarom zijn de modelresultaten in de diverse figuren altijd met en zonder de invloed van graas weergegeven. Voor alle berekeningen geldt dat we het hebben over kansen en waarschijnlijkheden, niet over zekerheden. Voor wat betreft graas laten de modelresultaten zien dat de berekeningen gevoelig zijn voor aannames.

4.2 Overeenkomsten tussen de varianten

De varianten vertonen onderling op sommige punten grote overeenkomsten. De verschillen tussen een situatie met één of met twee doorlaatmiddelen zijn volgens de modelresultaten soms zeer lokaal voor wat betreft de nutriëntengehalten en de algenconcentraties. Toch is er een duidelijk beeld zichtbaar, waarbij de nutriëntengehalten afnemen en de chlorideconcentraties toenemen naarmate het doorlaatmiddel en de uitwisseling met de Oosterschelde groter worden. Chloride is een belangrijke sturende variabele, aangezien bij zoutgehalten boven de 10 g/l de meeste zoetwater en brakwater (plaag)algensoorten niet meer vòorkomen. Daarnaast is

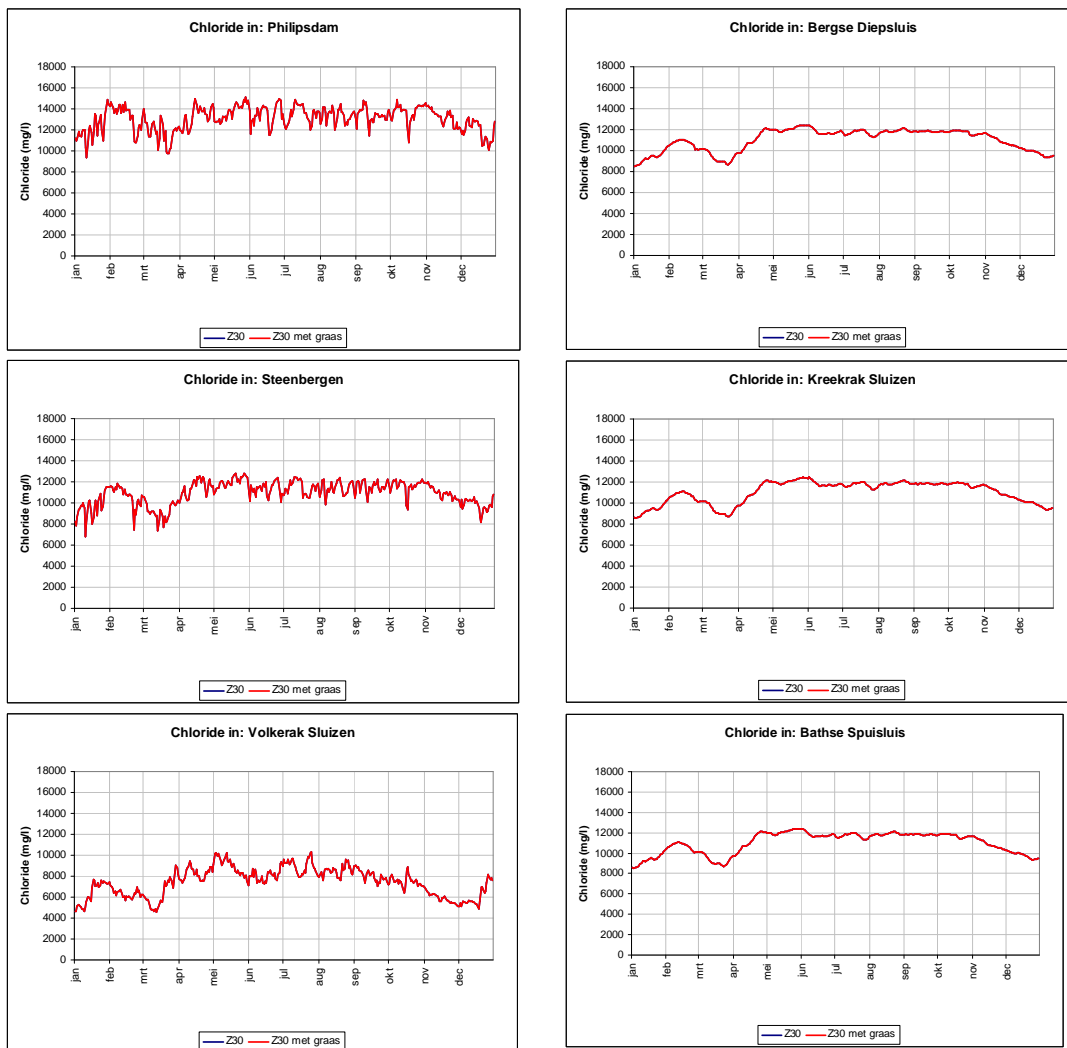
chloride van groot belang voor de mosselpopulatie, en daarmee voor de graasdruk (mosselen zorgen er voor dat de algengroei onder controle blijft met een lagere biomassa).

Chloride en Picoplankton

Bij de Zout-30 variant bestaat het gevaar dat het Volkerak-Zoommeer op sommige locaties niet zout genoeg wordt met het risico op de groei van Picoplankton. De overige varianten hebben een dermate hogere chlorideconcentratie dat Picoplankton niet meer voorkomt. De Philipsdam 700 m³/s varianten zorgen voor de hoogste zoutgehalten, maar zelfs de Philipsdam 300 m³/s varianten resulteren in voldoende hoge zoutgehalten om de groei van Picoplankton te voorkómen.

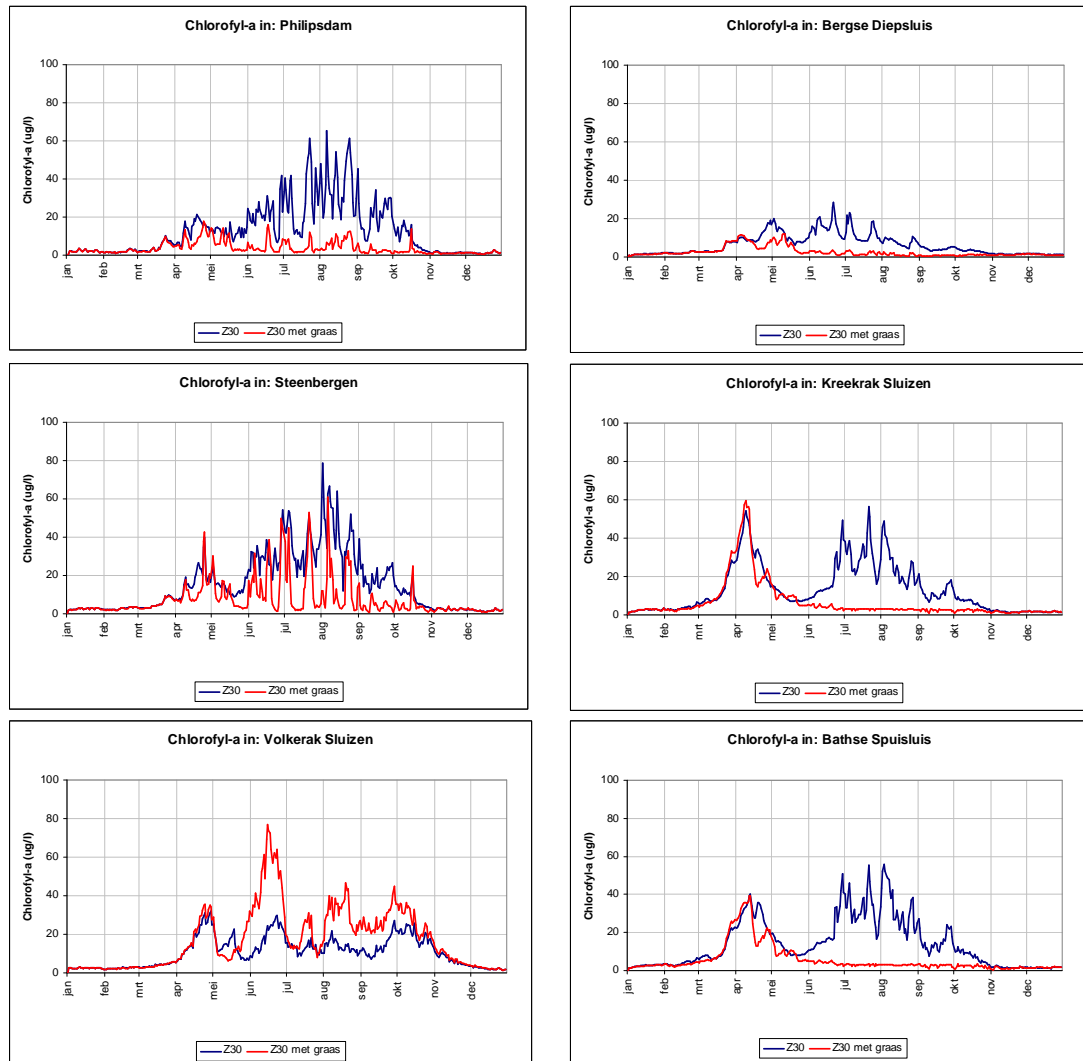
4.3 Resultaten varianten in detail

4.3.1 Philipsdam 110 m³/s en Volkeraksluis 30 m³/s (Zout-30)



Figuur 4.2 Variant Zout-30. Chloride concentraties op drie locaties in het Krammer-Volkerak (links) en drie locaties in het Zoommeer (rechts)

In de Zout-30 variant liggen de chlorideconcentraties in het Krammer-Volkerak tussen de 8 en 14 g/l (zie Figuur 4.2). Tijdens natte perioden in het voor- en najaar kan het zoutgehalte nabij de Volkeraksluizen dalen tot 6 g/l vanwege de aanvoer van zoet water vanuit de Dintel en de Vliet. In het Krammer-Volkerak is de gradiënt in zout het grootst, aangezien hier de grootste inlaat-bronnen van zoet water zitten. In het Zoommeer zijn de concentraties uniformer. Daar ligt de chlorideconcentratie uniform rond de 12 g/l. Dit is in principe water dat vanuit het Krammer-Volkerak via de Eendracht naar het Zoommeer stroomt.

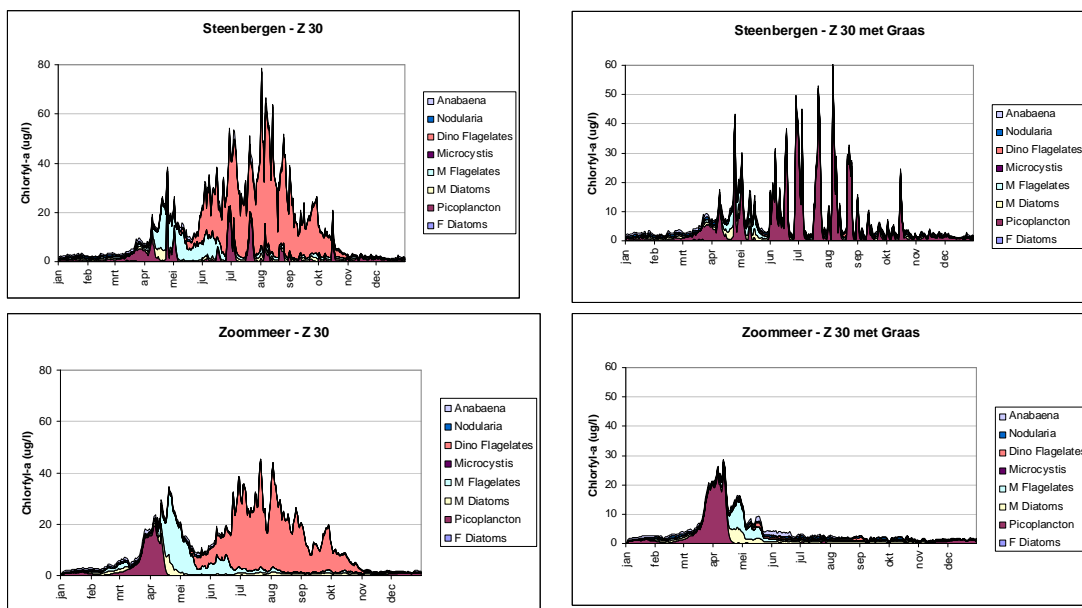


Figuur 4.3 Variant Zout-30. Chlorofyl-a concentraties op drie locaties in het Krammer-Volkerak (links) en drie locaties in het Zoommeer (rechts).

De chlorofyl-a concentraties lopen in het Krammer-Volkerak op waarden in de orde van 50 µg/l chlorofyl met een maximum van 80 µg/l in augustus (zie Figuur 4.3). In het Zoommeer zijn de chlorofyl-a concentraties lager. Opvallend is dat nabij de Bergse Diepsluis de concentraties met en zonder graas nauwelijks boven de 30 µg/l uitkomen. De oorzaak zit in de geringe beschikbaarheid van nutriënten in het Zoommeer. De productie van algen in met name het Krammer-Volkerak put de nutriënten sterk uit. De

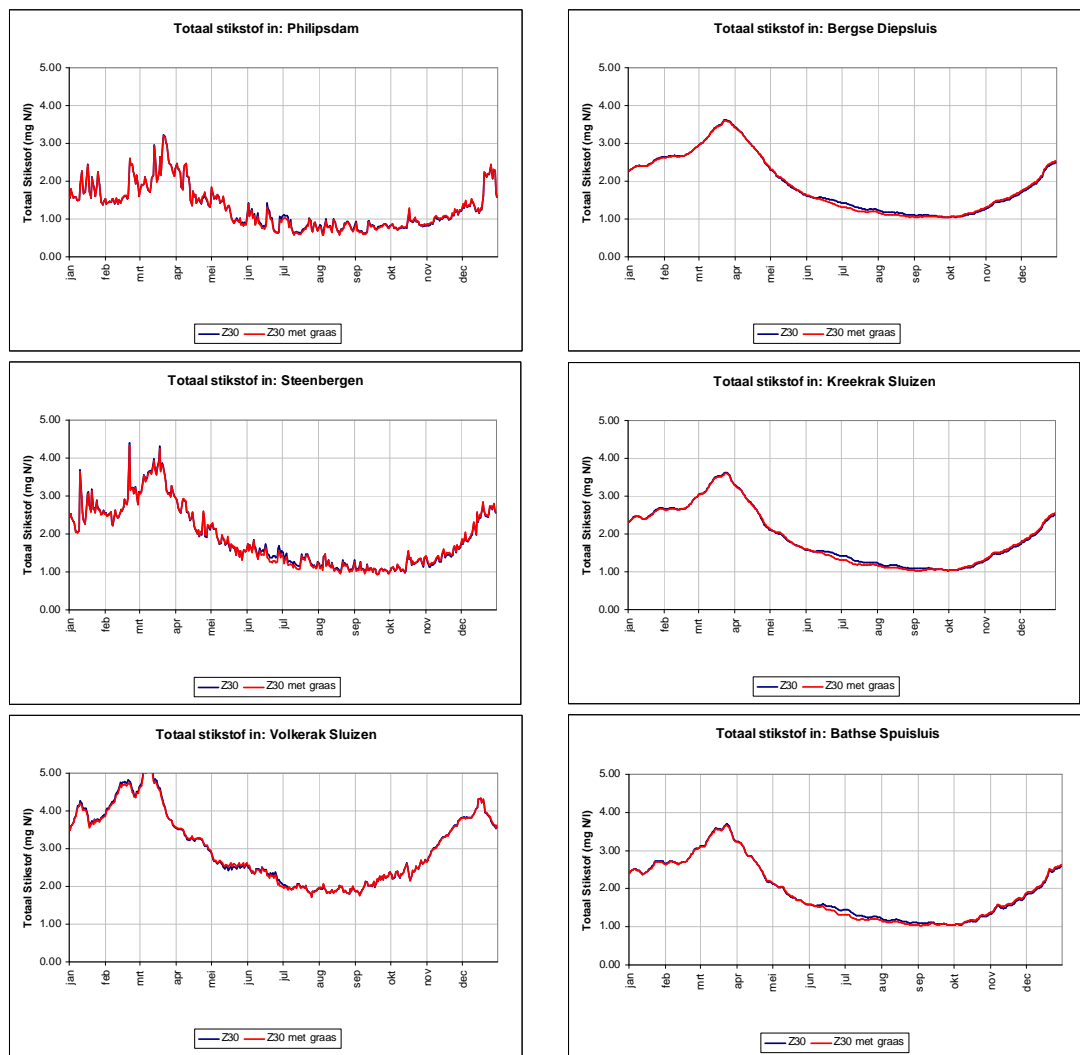
invloed van graas is vooral merkbaar in de zoutere delen van het Krammer-Volkerak. De chlorofyl-a concentraties in het Zoommeer worden door graas beperkt tot waarden onder de 10 µg/l.

In het Krammer-Volkerak valt iets opmerkelijks waar te nemen. Op de locatie nabij de Volkeraksluizen zijn de chlorofyl concentraties met graas hoger dan zonder graas. Dit valt te verklaren doordat het Picoplankton in het model niet wordt begraasd. Picoplankton kenmerkt zich door een lage zout-tolerantie. Gecombineerd met de relatief lage zoutgehalten zorgt dit ervoor dat deze groep dominant wordt. Graas verergert de dominantie, aangezien door de hogere turnover meer nutriënten beschikbaar blijven voor de algen. De overige plaagalgensorten zijn niet dominant aanwezig. De algensortensamenstelling is in Figuur 4.4 weergegeven voor de locaties Steenberg en Zoommeer.



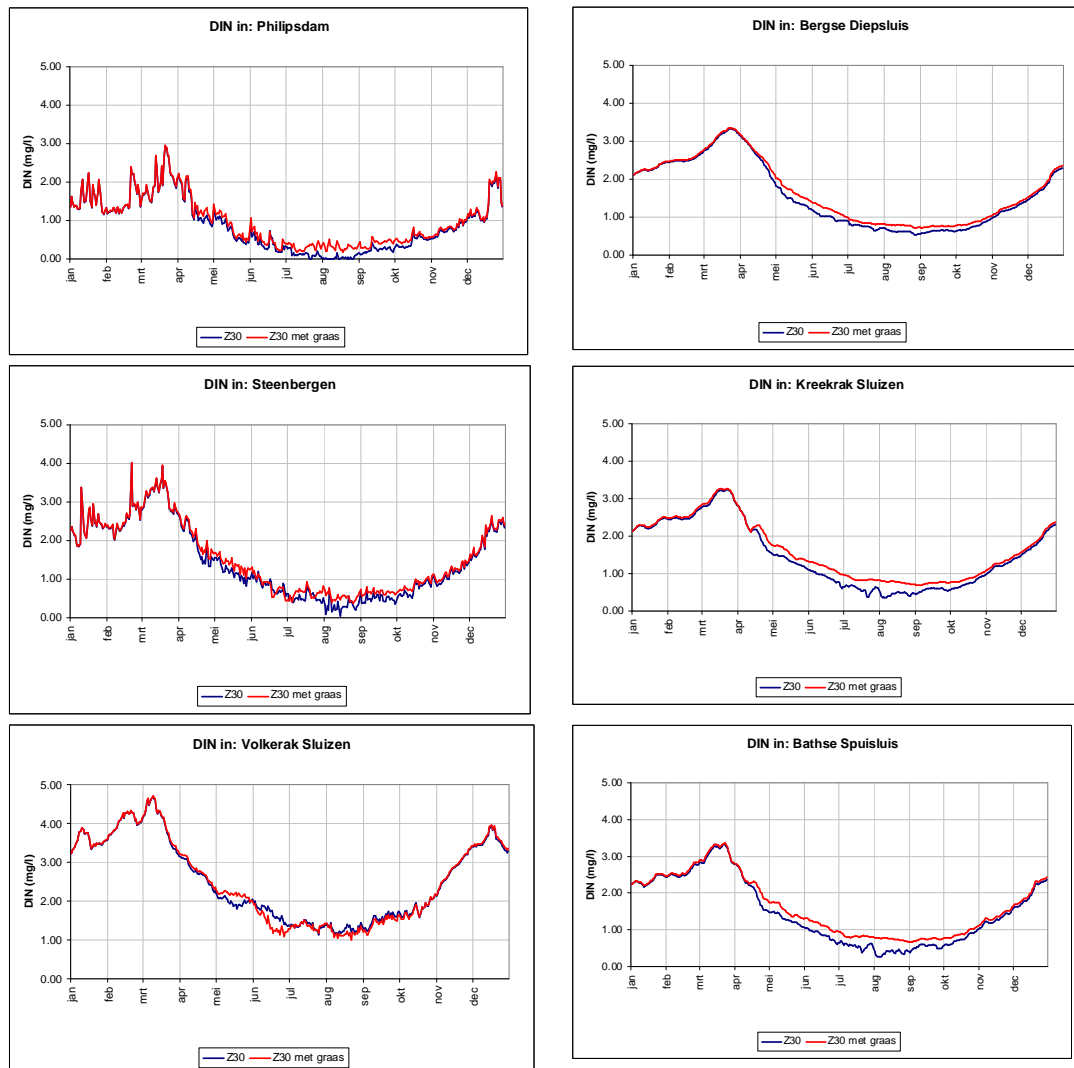
Figuur 4.4 Variant Zout-30. Soortensamenstelling op drie locaties in Steenberg (boven) en in het Zoommeer (onder) zonder (links) en met (rechts) graas.

Totaal stikstof laat een duidelijke gradiënt zien over het Krammer-Volkerak (Figuur 4.5). Nabij de Volkeraksluizen zijn de concentraties het hoogst met pieken in het voorjaar en najaar van boven de 4 mg N/l. Oorzaak is de afvoer van nutriëntenrijk water uit de Dintel en de Vliet. In de zomer zijn de stikstofconcentraties lager met waarden van ongeveer 2 mg N/l. Op de locaties Steenberg en nabij de Philipsdam gaat de totaal stikstof concentratie meer lijken op die van het water in de Oosterschelde. In de zomer liggen de waarden rond de 1 mg N/l. In het Zoommeer valt net als bij chloride geen gradiënt waar te nemen. In het voorjaar ligt de piek op ongeveer 3.5 mg N/l. De zomerwaarden liggen rond de 1 mg N/l. Graas heeft nauwelijks invloed op de totaal stikstof concentratie.



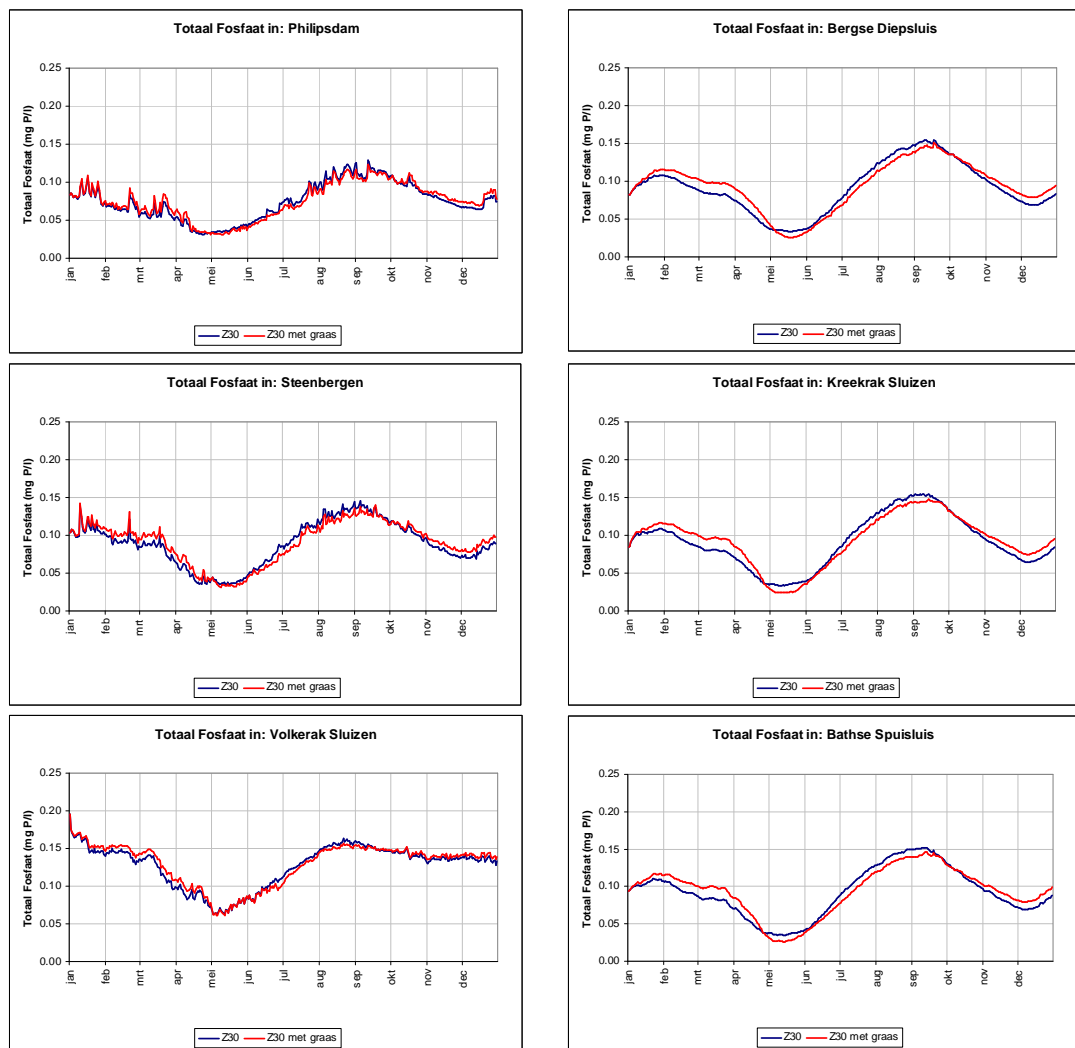
Figuur 4.5 Variant Zout-30. Totaal stikstof op drie locaties in het Krammer-Volkerak (links) en drie locaties in het Zoommeer (rechts).

Figuur 4.6 geeft de DIN concentraties in het Volkerak-Zoommeer te zien. In het Krammer-Volkerak zijn dezelfde gradiënten waar te nemen als bij totaal stikstof en chloride. Daar waar het zoete nutriëntrijke water aanwezig is zijn de DIN concentraties het hoogst. Nabij de Philipsdam is in de zomer een korte periode van uitputting van het vrij beschikbare stikstof waar te nemen. In het Zoommeer liggen de zomerconcentraties op ongeveer 0.5 mg N/l. Graas zorgt voor een grotere turnover van stikstof. Hierdoor is meer DIN beschikbaar. Het model laat dit ook zien en zorgt over het algemeen voor hogere DIN concentraties op alle locaties. De enige uitzondering hierop is de locatie Volkeraksluizen, waar graas nauwelijks effect heeft op het voorkomen van Picoplankton.



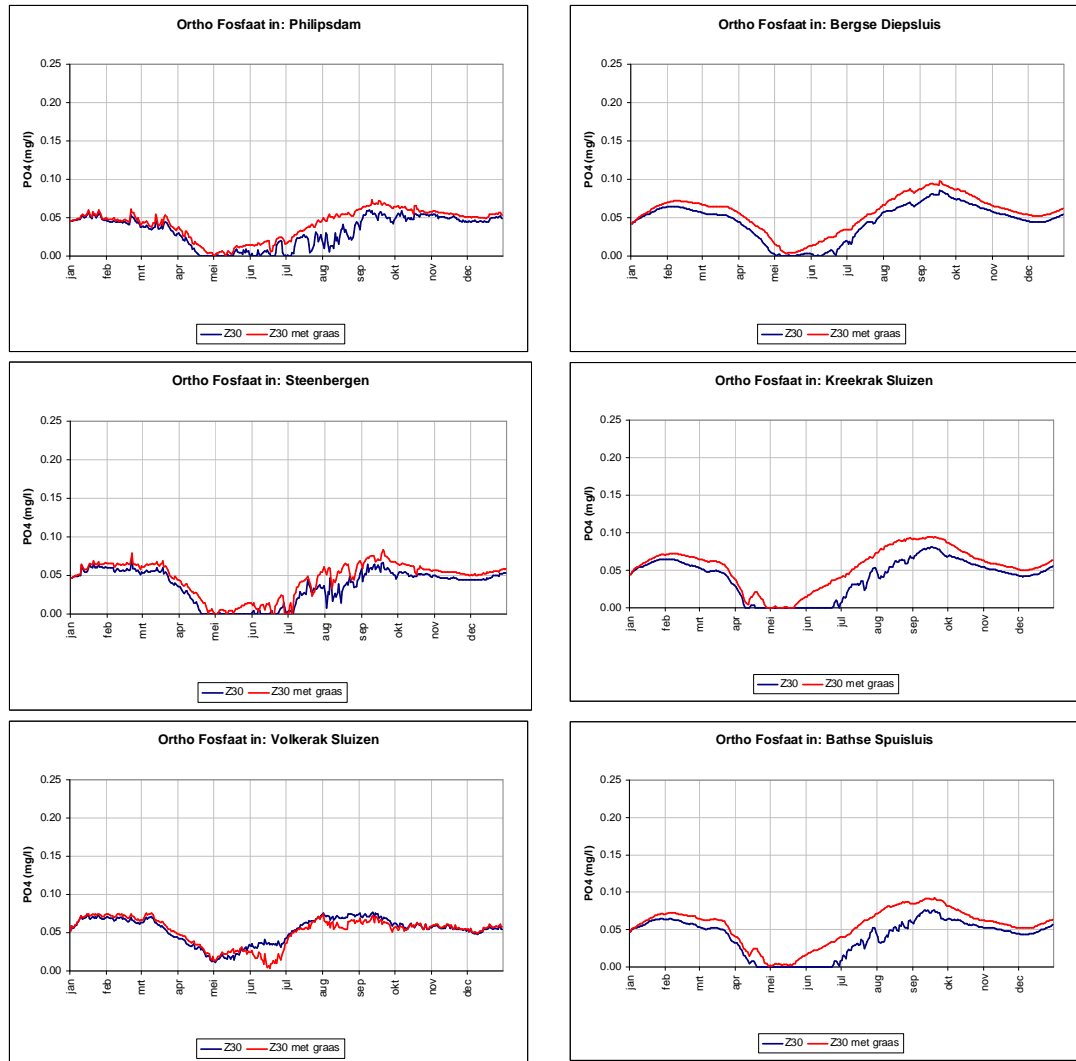
Figuur 4.6 Variant Zout-30. DIN concentraties op drie locaties in het Krammer-Volkerak (links) en drie locaties in het Zoommeer (rechts).

In het Krammer-Volkerak zijn de hoogste totaalfosfaat concentraties waar te nemen (Figuur 4.7). Ook hier is de invloed van het zoete water zichtbaar. Bij de Volkeraksluizen zijn de hoogste waarden te vinden. In de winter liggen de waarden hier op 0.15 mg P/l. In de zomer zakken de waarden tot ongeveer 0.07 mg P/l. Fosfaatnalevering in bodem zorgt voor een toename van totaalfosfaat vanaf mei. In het Zoommeer is nauwelijks een gradiënt waar te nemen. De winterconcentratie ligt rond de 0.10 mg P/l. In het voorjaar zakt de concentratie tot onder de 0.05 mg P/l, waarna in mei de bodemnalevering weer een rol gaat spelen. Graas heeft op de totaalfosfaat concentratie een gering effect.



Figuur 4.7 Variant Zout-30. Totaalfosfaat concentratie op drie locaties in het Krammer-Volkerak (links) en drie locaties in het Zoommeer (rechts).

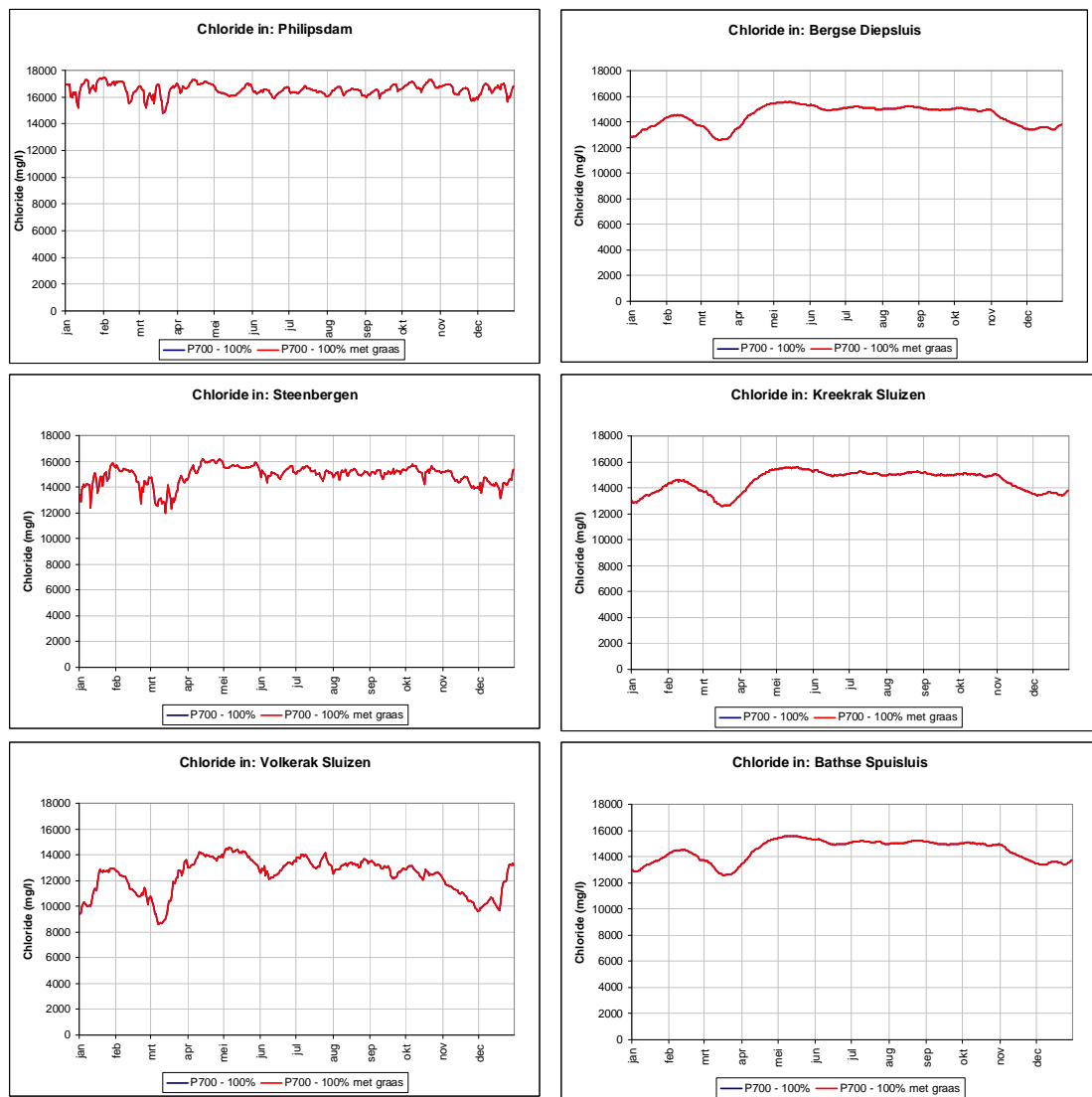
Op bijna alle locaties is het orthofosfaat tussen april en juli grotendeels uitgeput in de berekening zonder graas (zie Figuur 4.8). Na de maand juli komt door de sterkere bodemnalevering meer fosfaat voor algenbloei beschikbaar. Alleen nabij de Volkeraksluizen is het gehele jaar door voldoende orthofosfaat beschikbaar. Graas zorgt ook hier voor een hogere turnover, waardoor er meer orthofosfaat beschikbaar is voor de groei van algen. De concentraties zijn op (bijna) alle locaties hoger en de uitputtingsperiode is minder langdurig.



Figuur 4.8 Variant Zout-30. Orthofosfaat concentraties op drie locaties in het Krammer-Volkerak (links) en drie locaties in het Zoommeer (rechts).

4.3.2 Philipsdam 700 m³/s (100% variant)

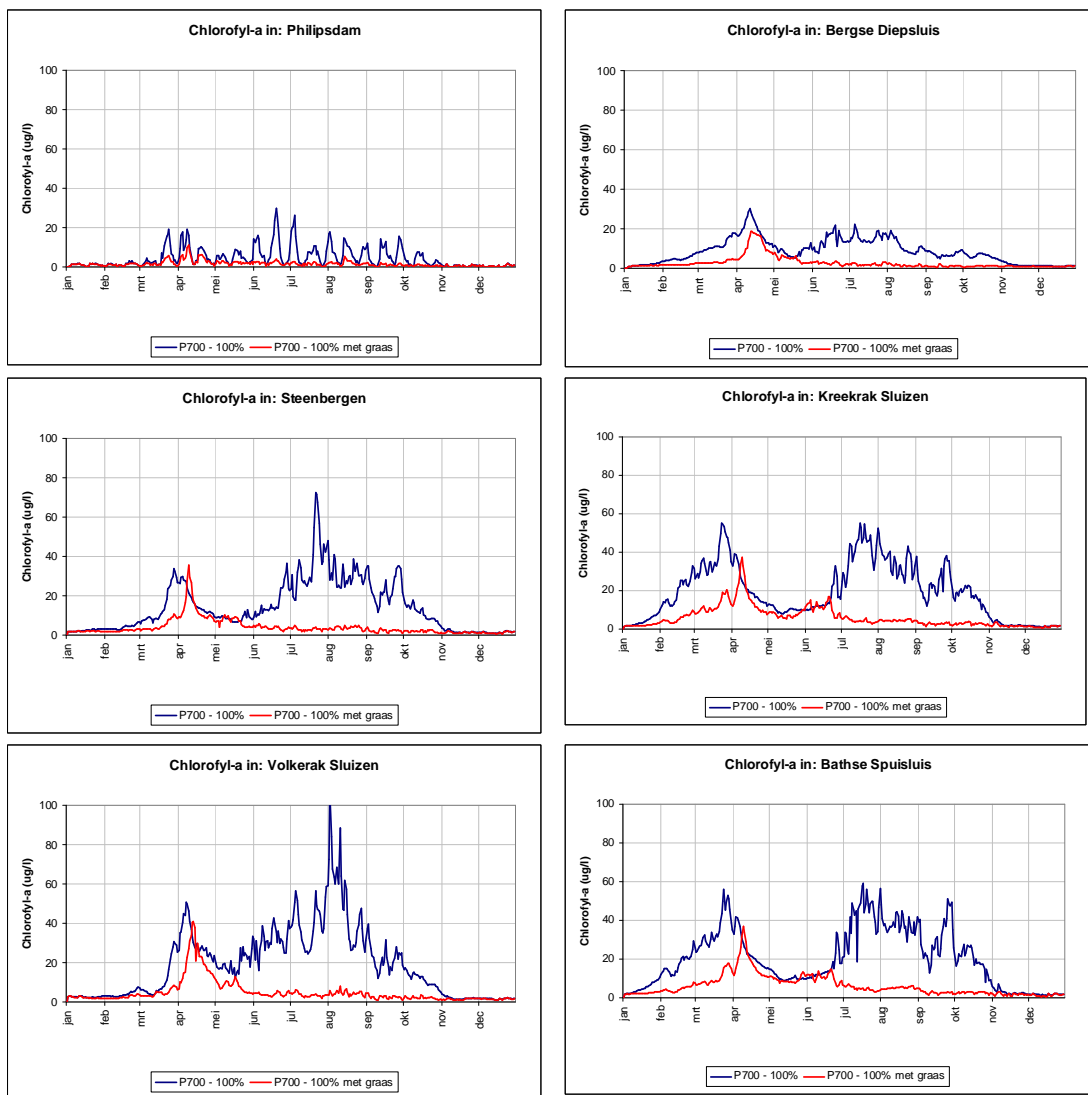
In deze variant is een groot doorlaatmiddel in de Philipsdam gecreëerd. Door dit grote doorlaatmiddel komen de chlorideconcentraties behoorlijk wat hoger te liggen dan in de Zout-30 variant (zie Figuur 4.9).



Figuur 4.9 Variant Philipsdam 700 m³/s 100% Philipsdam. Chloride concentraties op drie locaties in het Krammer-Volkerak (links) en drie locaties in het Zoommeer (rechts).

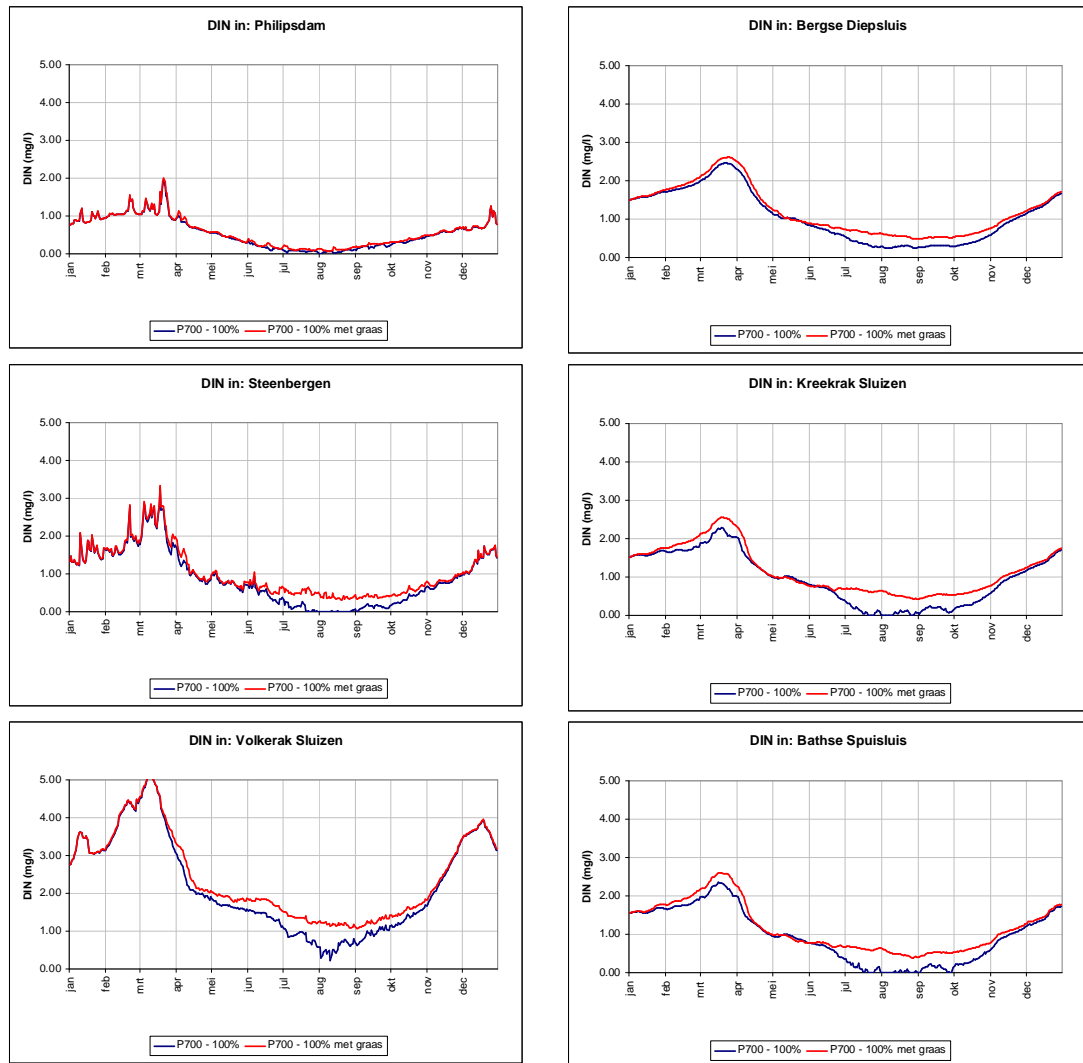
Op het Krammer-Volkerak is ook bij deze variant een chloride gradiënt waar te nemen. Nabij de Volkeraksluizen is de chlorideconcentratie met 12 tot 14 g/l het laagst. In het voor en najaar komen lagere waarden van rond de 10 g/l voor. In het Zoommeer is de chlorideconcentratie uniformer door het ontbreken van grote zoete lozingen. Gemiddeld ligt de concentratie in de zomer op ongeveer 15 g/l.

De chlorofyl concentraties (zie Figuur 4.10) in het Krammer-Volkerak liggen zonder graas in de orde grootte van 60 µg/l, met een piek van 100 µg/l nabij de Volkeraksluizen. In het Zoommeer liggen de chlorofyl-a concentraties ook rond de 60 µg/l. In de situatie met graas worden de algen na de voorjaarspiek volledig weggegeten. Dit wordt in diverse graasgedomineerde deltabekkens (Oosterschelde, Veerse Meer) ook daadwerkelijk waargenomen, al ligt de uiteindelijke chlorofyl-a concentratie in de Oosterschelde een fractie hoger. De voorjaarspiek geeft chlorofyl-a concentraties van ongeveer 40 µg/l. De chlorofyl-a concentraties nabij de Philipsdam zijn aan de lage kant omdat in het model vanuit de Oosterschelde water zonder algen wordt aangevoerd.



Figuur 4.10 Variant Philipsdam 700 m³/s 100% Philipsdam. Chlorofyl-a concentraties op drie locaties in het Krammer-Volkerak (links) en drie locaties in het Zoommeer (rechts).

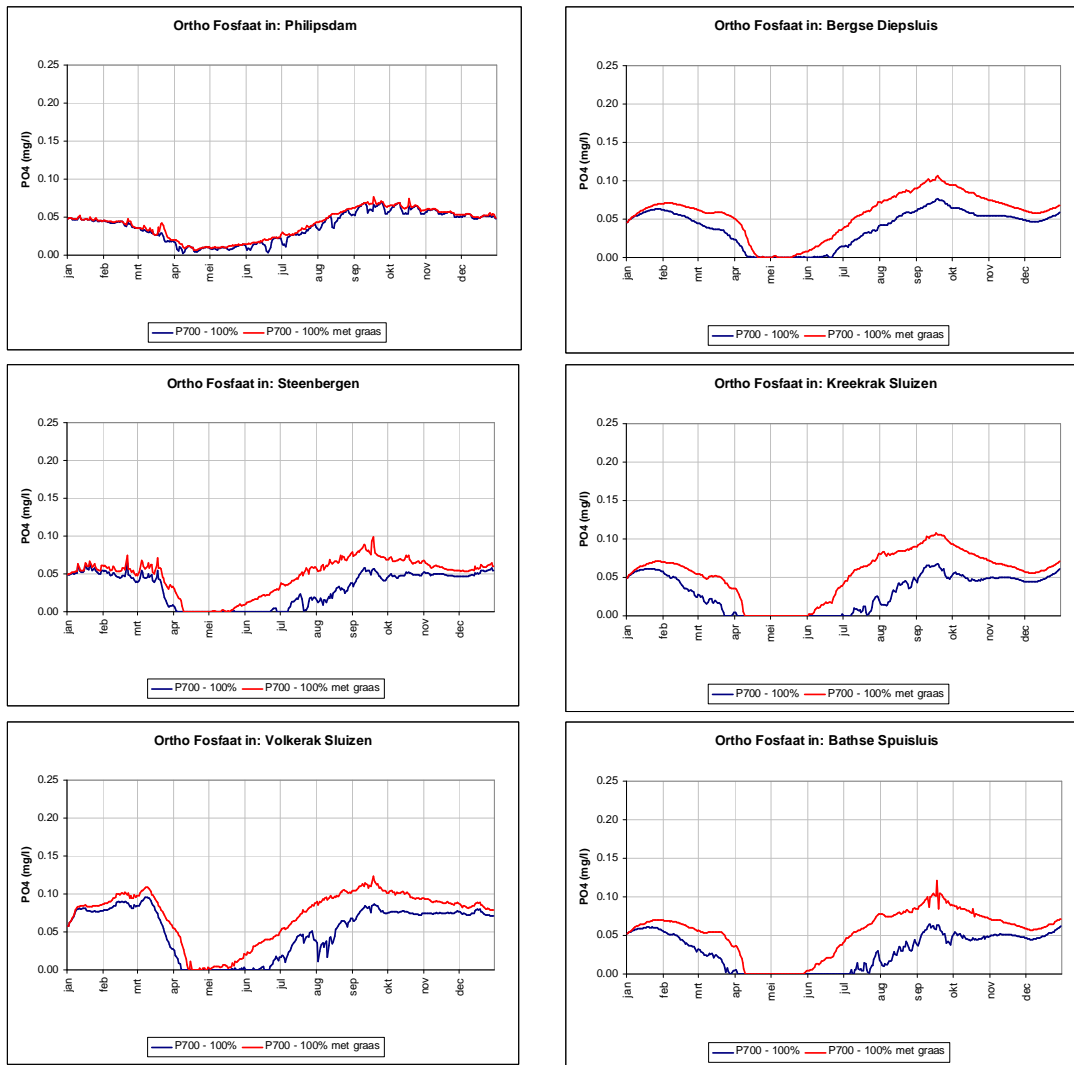
Vergeleken met de Zout-30 variant nemen de nutriënten verder af naarmate het aandeel water vanuit Oosterschelde hoger wordt. In Figuur 4.11 zijn de DIN concentraties weergegeven. In het Krammer-Volkerak zijn de winterpieken rond de 3 mg N/l. Bij de Volkeraksluizen is de piek 5 mg N/l. De zomer concentraties zijn lager dan in de Zout-30 variant. Op het punt Steenberg en ontstaat in de situatie zonder graas zelfs uitputting.



Figuur 4.11 Variant Philipsdam 700 m³/s 100% Philipsdam. DIN concentraties op drie locaties in het Krammer-Volkerak (links) en drie locaties in het Zoommeer (rechts).

In het gehele Zoommeer liggen de DIN concentraties in de winter rond de 2 mg N/l. In de zomer is het DIN in de situatie zonder graas langere periode uitgeput. Graas zorgt ook bij deze variant voor hogere DIN concentraties door de hogere turnover.

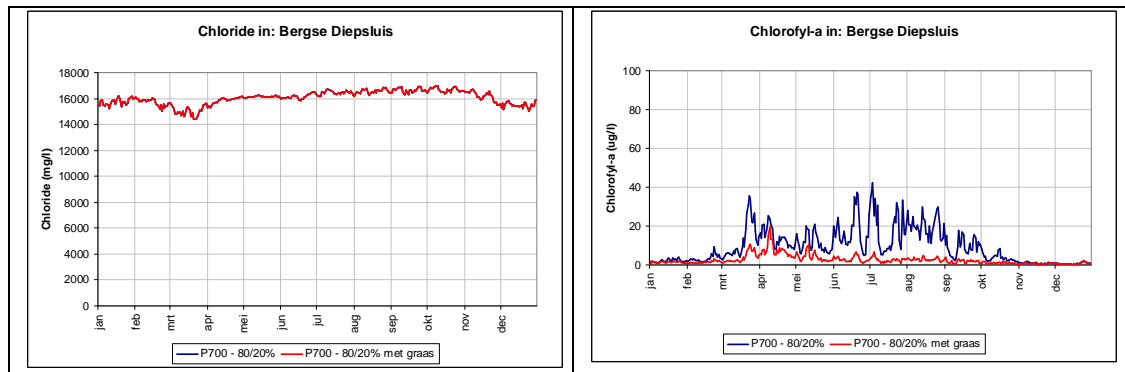
De orthofosfaat concentraties liggen in het gehele Volkerak-Zoommeer lager dan in de Zout-30 variant (zie Figuur 4.12). Winterconcentraties liggen rond de 0.10 mg P/l in het Volkerak en rond de 0.07 mg P/l in het Zoommeer. De bodemnalevering zorgt voor piek aan het eind van de zomer. Graas zorgt ook hier voor een hogere orthofosfaat concentratie. Het verloop van het totaal stikstof en totaalfosfaat is weergegeven in de figuren in Bijlage A.1 en die van de soortensamenstelling in Bijlage B.



Figuur 4.12 Variant Philipsdam 700 m³/s 100% Philipsdam. Orthofosfaat concentraties op drie locaties in het Krammer-Volkerak (links) en drie locaties in het Zoommeer (rechts).

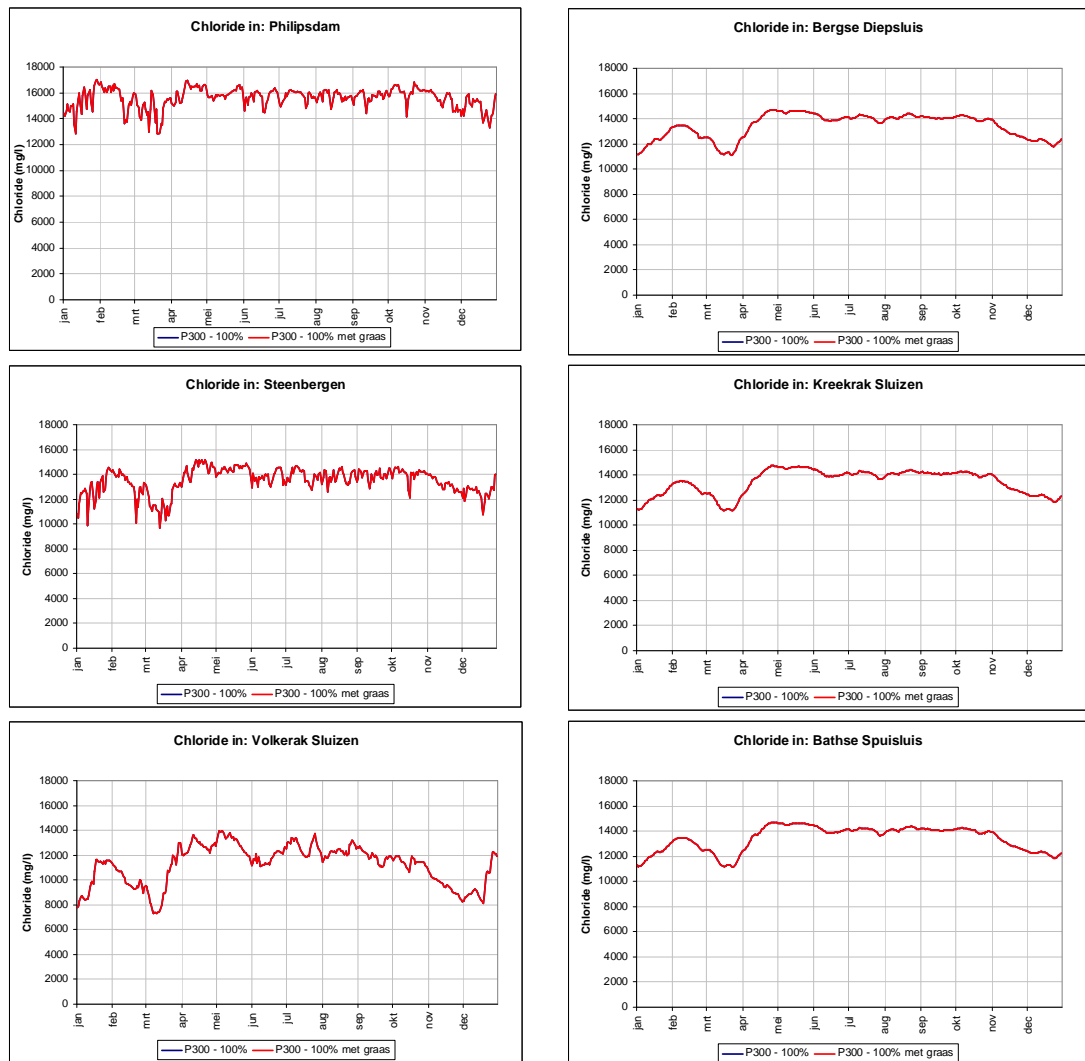
4.3.3 Philipsdam+Oesterdam 700 m³/s (80%-20% variant)

Deze variant vertoont grote gelijkenis met de vorige variant. Alleen de afwijkingen worden hier gepresenteerd ten opzichte van de 100% doorlaatmiddel in de Philipsdam. Alle figuren zijn bijgesloten in bijlage A.2. Door het extra doorlaatmiddel zijn de chloride concentraties bij de Bergse Diepsluis iets hoger (zie Figuur 4.13) tot rond de 16 g/l. De chlorofyl concentraties wijken niet of nauwelijks af van de 100% variant.



Figuur 4.13 Variant Philipsdam 700 m³/s, waarvan 80% Philipsdam en 20% Oesterdam. Chlorideconcentratie (links) en chlorofyl-a concentratie nabij de Bergse Diepsluis.

4.3.4 Philipsdam 300 m³/s (100% variant)



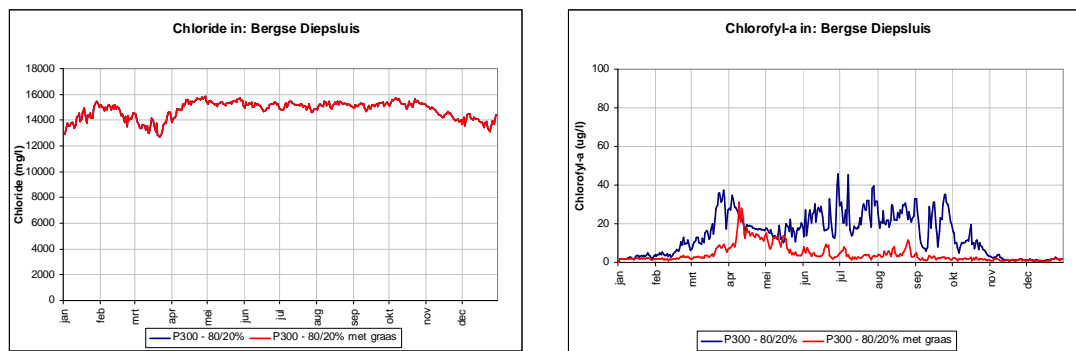
Figuur 4.14 Variant Philipsdam 300 m³/s 100% Philipsdam. op drie locaties in het Krammer-Volkerak (links) en drie locaties in het Zoommeer (rechts).

Bij deze variant wordt een kleiner doorlaatmiddel gebruikt dan in de vorige variant. Ook de getijslag is minder groot. Het resultaat is dat de chlorideconcentratie in het Volkerak-Zoommeer tussen de Zout-30 variant en de Philipsdam 700 m³/s variant ligt. In Figuur 4.14 zijn de chlorideconcentraties weergegeven.

In het Krammer-Volkerak blijven de chlorideconcentraties boven de 10 g/l. Alleen nabij de Volkeraksluizen kunnen in het voor- en najaar de concentraties kortstondig zakken tot onder de 10 g/l. In het Zoommeer liggen de chlorideconcentraties rond de 14 g/l. Ook de chlorofyl-a concentraties en de nutriënten zijn vergelijkbaar met eerdere varianten. De grafieken zijn opgenomen in bijlage A.3.

4.3.5 Philipsdam+Oesterdam 300 m³/s (80%-20% variant)

Deze variant geeft vergelijkbare resultaten als de Philipsdam + Oesterdam 300 m³/s variant. Er zijn kleine verschillen waar te nemen bij de Bergse Diepsluis. Voor deze locatie zijn in Figuur 4.15 de chlorideconcentratie en chlorofyl-a concentraties opgenomen. De overige figuren zijn opgenomen in Bijlage A.4.



Figuur 4.15 Variant Philipsdam+Oesterdam 300 m³/s (80%-20% variant). Chlorideconcentratie (links) en chlorofyl-a concentratie nabij de Bergse Diepsluis.

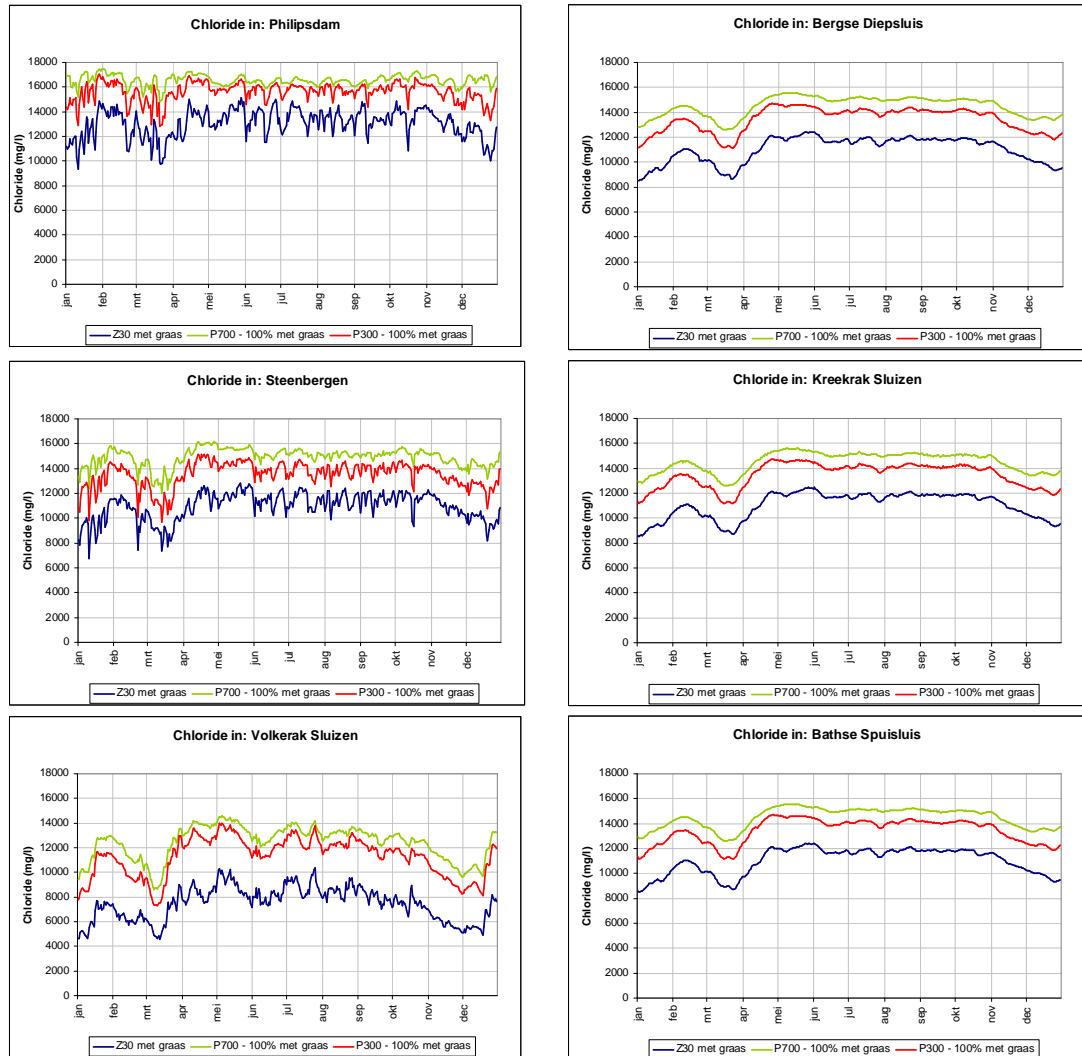
De chlorideconcentraties zijn vergelijkbaar met die in de Oosterschelde en liggen rond de 15 g/l. De chlorofyl concentraties wijken niet of nauwelijks af van de 100% variant.

4.4 Samenvatting zoute alternatieven

In deze paragraaf worden de resultaten van drie varianten onderling gepresenteerd. Bij alle varianten is de invloed van gras meegenomen. De beschouwde varianten zijn:

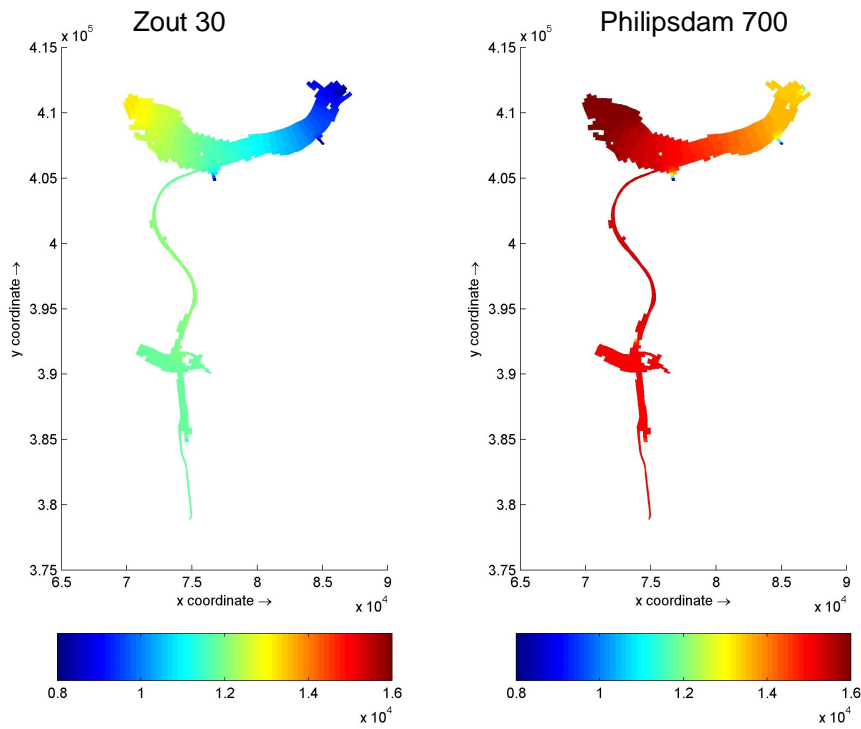
- Zout-30
- Philipsdam 700 m³/s (P700); en
- Philipsdam 300 m³/s (P300).

In Figuur 4.16 is de chlorideconcentratie voor de 3 inrichtingsvarianten weergegeven. Deze figuur geeft duidelijk weer wat de invloed is van het uitwisselingsdebiet op de chlorideconcentratie: hoe hoger het uitwisselingsdebiet, hoe hoger het chloridegehalte.

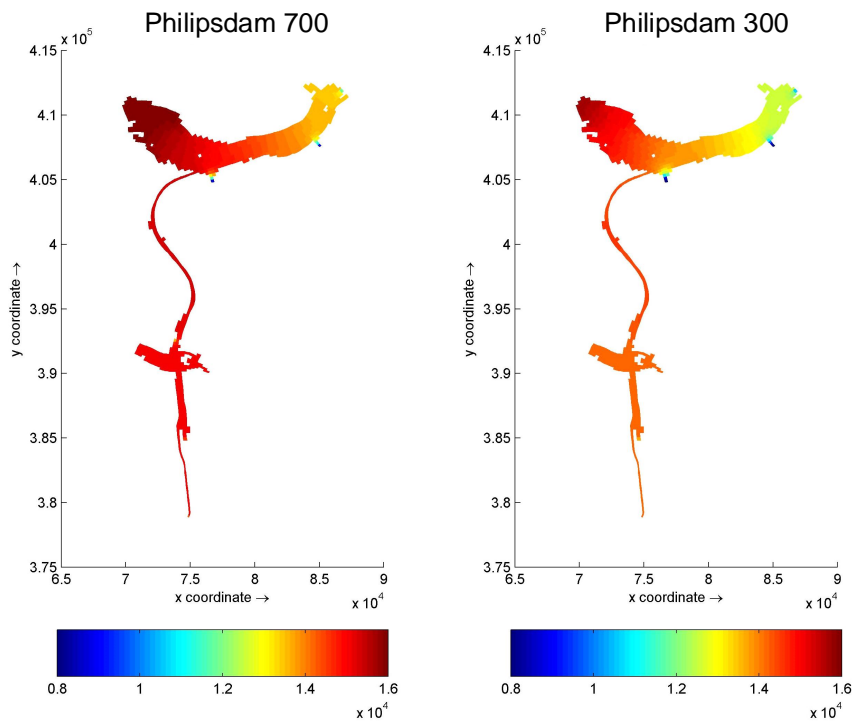


Figuur 4.16 Chlorideconcentraties in het Krammer-Volkerak (links) en het Zoommeer (rechts). Vergelijking van de Zout-30, Philipsdam 700 m³/s en de Philipsdam 300 m³/s variant.

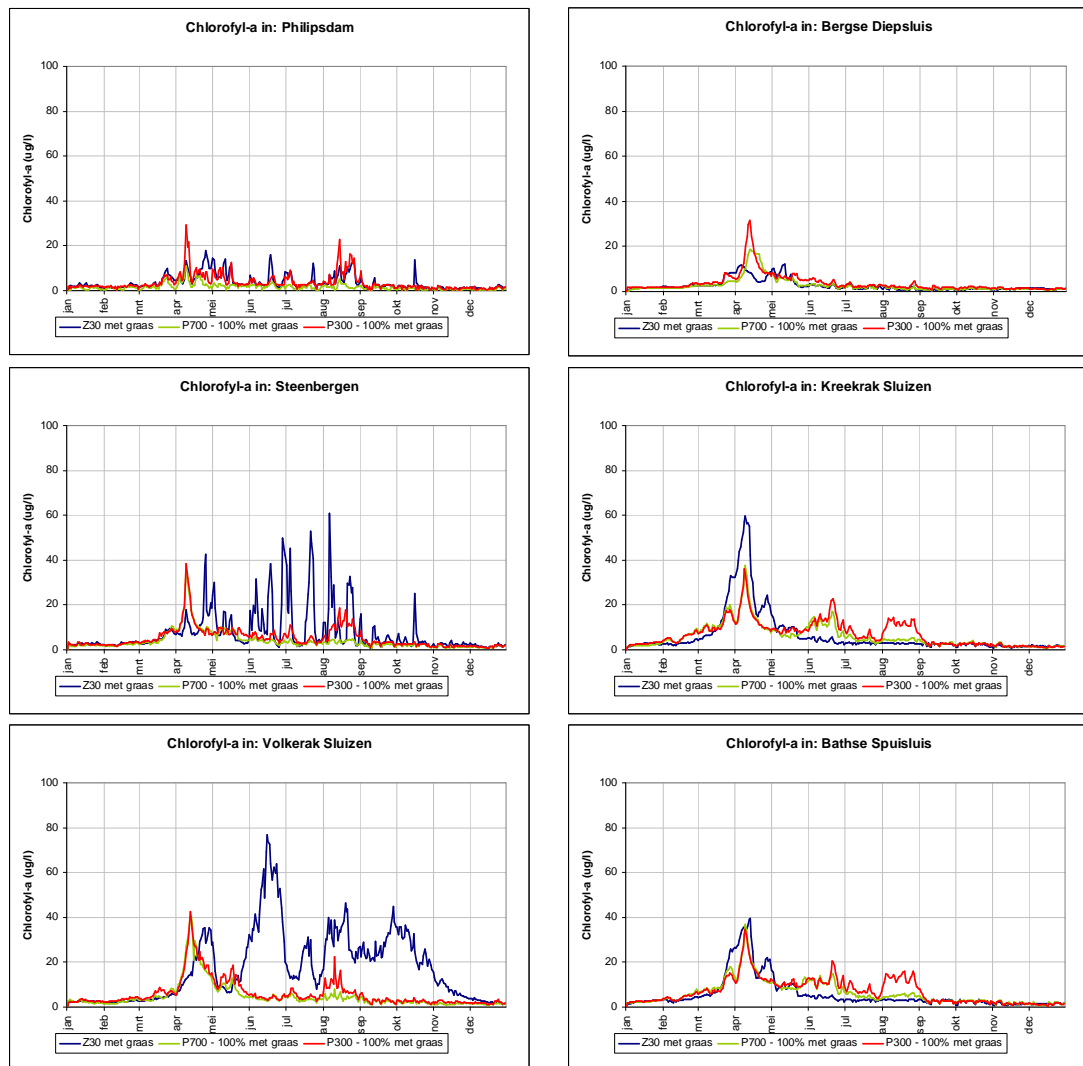
De verschillen in chloride zijn tussen de Zout-30 variant en de andere varianten relatief groot (zie ook Figuur 4.17). In het Zoommeer is een verschil van 3 g/l waar te nemen tussen de Zout-30 en de Philipsdam 700 m³/s variant. In het Krammer-Volkerak zijn de verschillen groter. De verschillen tussen de Philipsdam 300 m³/s en de Philipsdam 700 m³/s varianten zijn minder groot (zie Figuur 4.18). Beide varianten zorgen voor een hoge chlorideconcentratie, waarbij alleen nabij de Volkeraksluizen de concentratie tijdelijk onder de 10 g/l ligt.



Figuur 4.17 Chlorideconcentratie op 15 augustus in het Volkerak-Zoommeer. Links is de Zout 30 variant weergegeven, rechts de Philipsdam 700 m³/s variant.



Figuur 4.18 Chlorideconcentratie op 15 augustus in het Volkerak-Zoommeer. Links is de Philipsdam 700 m³/s variant weergegeven, rechts de Philipsdam 300 m³/s variant.

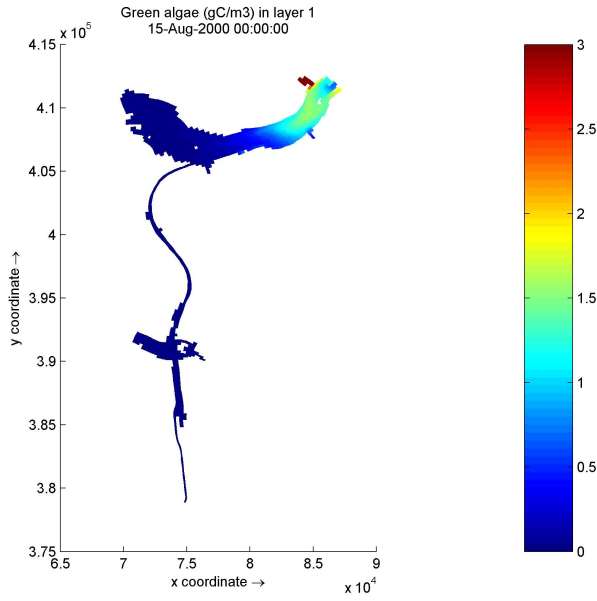


Figuur 4.19 Chlorofyl-a concentraties in het Krammer-Volkerak (links) en het Zoommeer (rechts). Vergelijking van de Zout-30, Philipsdam 700 m³/s en de Philipsdam 300 m³/s variant.

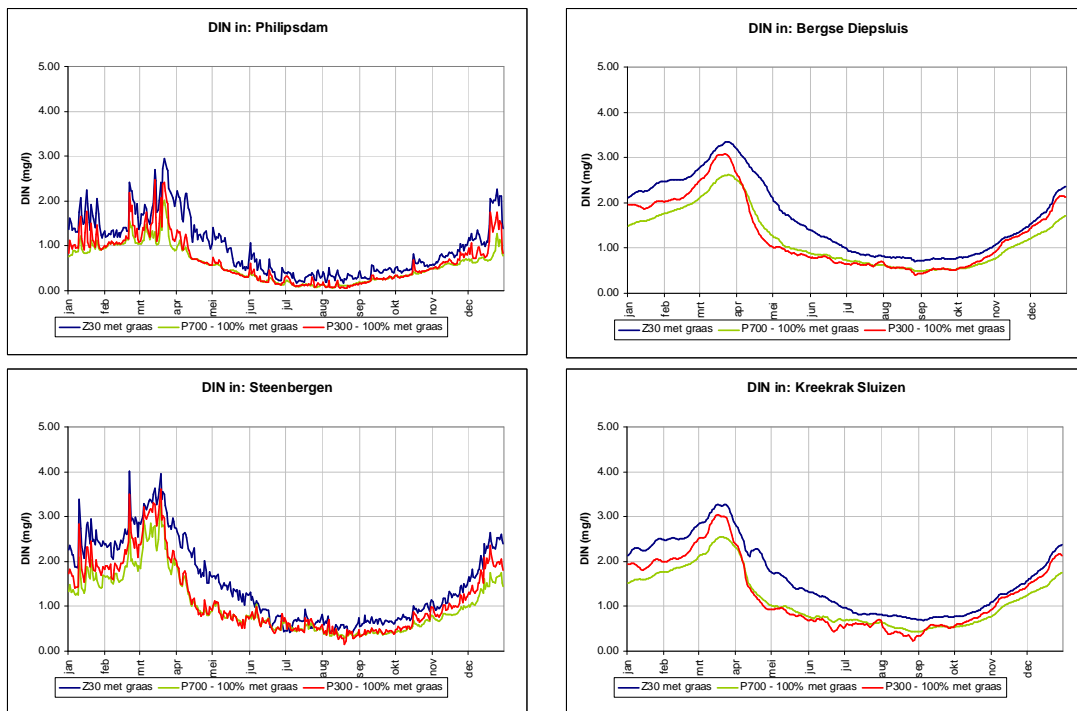
De chlorofyl-a concentraties laten duidelijke verschillen zien tussen de Zout-30 en de andere twee varianten (Figuur 4.19). Nabij de Volkeraksluizen en op de locatie Steenberg zijn de chlorofyl-a concentraties significant hoger door het picoplankton (Figuur 4.20). Op de overige locaties is het verschil kleiner. De verschillen tussen de Philipsdam 700 m³/s en de Philipsdam 300 m³/s zijn niet significant.

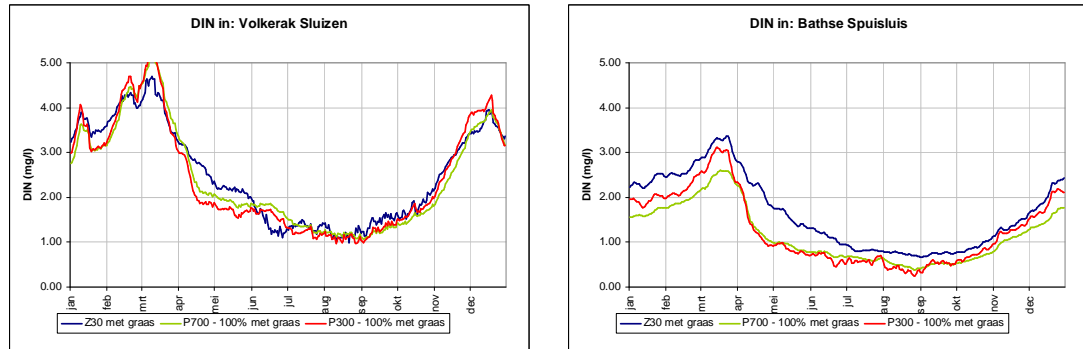
De invloed van de doorlaatmiddelen en het Oosterschelde water is ook terug te zien in het vrij beschikbare stikstof (DIN, zie Figuur 4.21). Naarmate het doorlaatmiddel groter wordt is wordt het nutriëntrijke(re) zoete water verdund met nutriëntarm Oosterschelde water. De verschillen tussen de Philipsdam 700 m³/s en de Philipsdam 300 m³/s zijn vooral in de wintermaanden waar te nemen. In de zomer zijn de verschillen kleiner.

De overige grafieken voor totaal-stikstof, totaalfosfaat en orthofosfaat laten hetzelfde beeld zien. De grafieken zijn opgenomen in bijlage A.5.



Figuur 4.20 Picoplankton in g C/l in de Zout 30 variant.





Figuur 4.21 DIN concentraties in het Krammer-Volkerak (links) en het Zoommeer (rechts). Vergelijking van de Zout-30, Philipsdam 700 m³/s en de Philipsdam 300 m³/s variant.

4.5 Beschouwing zuurstofgehalte

Het zuurstofgehalte in een toekomstig zout Krammer-Volkerak is de resultante van de zuurstofproducerende en -verbruikende processen in het watersysteem en de aanvoer van zuurstof via de atmosfeer en via zuurstofrijk water vanuit de Oosterschelde of het Hollandsch Diep. Zowel de zuurstofproductie (door algen) als de aanvoer van zuurstof vanuit de atmosfeer vinden plaats bovenin de waterkolom, terwijl de zuurstofverbruikende processen vooral onderin de waterkolom, in en nabij de bodem, zijn gelokaliseerd.

De verticale aanvoer van zuurstof naar de bodemwaterlaag wordt aanzienlijk gehinderd door de aanwezigheid van een eventuele zout-stratificatie in het Krammer-Volkerak die in de zoute variant gaat optreden. Daarom is nagegaan wat de duur en omvang van een dergelijke zout-stratificatie is. Berekeningen met de Delft3D-modeltoepassingen laten zien dat door de zout-stratificatie de verticale aanvoer van zuurstof naar de dieper liggende waterlagen nihil is, waardoor zuurstof in de onderlaag vrijwel alleen nog met het binnengelaten zoute water vanuit de Oosterschelde wordt aangevoerd. De zout-stratificatie wordt op regelmatige tijden ten gevolge van windinvloeden tijdelijk minder sterk of zelfs opgeheven. De karakteristieke tijdschaal voor momenten van opmenging door wind ligt voor het Krammer-Volkerak in de orde van 2 tot 6 weken. Bij rustig weer en in het groeiseizoen moet dus rekening worden gehouden met een aanzienlijke duur van de periodes van zout-stratificatie, waarbij de onderlaag alleen vanuit de Oosterschelde van zuurstofrijk water wordt voorzien.

Het zuurstofgehalte in de onderlaag is onderhevig aan zuurstofverbruikende afbraakprocessen in de onderlaag (hypolimnion) en de zuurstofvraag van de waterbodem. Deze zuurstofvraag is direct gerelateerd aan de primaire productie van organisch materiaal in de bovenlaag, dat na sedimentatie in het hypolimnion en op de bodem terechtkomt. De ervaring in andere zout-gestratificeerde watersystemen zoals het Veerse Meer en de Grevelingen is dat van tijd tot tijd zuurstofarme omstandigheden optreden in de diepere geïsoleerde delen van de zoute onderlaag. In het Veerse Meer kunnen dit soort situaties tot een minimum worden beperkt doordat het via de Katse Heule ingelaten zuurstofrijke zoute water binnen één week de gehele onderlaag kan verversen. De (loop)tijd die het zuurstofrijke water onderweg is naar een specifieke locatie in de onderlaag is dus maatgevend voor het al dan niet optreden van zuurstofarme omstandigheden in die onderlaag.

Voor een zout Krammer-Volkerak-Zoommeer is het aangevoerde water vanuit de Oosterschelde de belangrijkste bron van zout water en daarmee van zuurstof in de onderlaag. Alhoewel de afzonderlijke zuurstofverbruikende processen lastig te kwantificeren zijn kan het totale zuurstofverbruik goed worden gerelateerd aan de productie van organisch materiaal. In een eutroof watersysteem ligt de dagelijkse primaire productie in de zomer in de orde van 4 gC/m^2 of hoger, hetgeen globaal overeenkomt met een dagelijkse zuurstofvraag van ongeveer $10 \text{ gO}_2/\text{m}^2$. Bij een dergelijke zuurstofvraag kan het zuurstofgehalte in de onderlaag snel dalen als onvoldoende zuurstofrijk water wordt aangevoerd. Bovendien treedt gedurende het groeiseizoen ophoping op van organisch materiaal in de bodem. In het Krammer-Volkerak is de karakteristieke dikte van het hypolimnion ongeveer 10 meter en daarmee is onder de spronglaag een initiële zuurstof-'voorraad' aanwezig van ongeveer $80 \text{ gO}_2/\text{m}^2$. Als de actuele zuurstofvraag de helft is van de potentiële zuurstofvraag, is de zevoorraad dus in twee weken verbruikt.

Zuurstofarme omstandigheden in de zoute onderlaag van het Krammer-Volkerak zijn daarom te verwachten op die plaatsen waar de looptijd van het zuurstofrijke water vanuit de Oosterschelde langer is dan twee weken. Uit de modelresultaten valt af te leiden dat het zuurstofrijke water gemiddeld twee weken nodig heeft om vanaf de Philipsdam het meetpunt Steenberg (ingang Eendracht kanaal) te bereiken. De totale looptijd vanaf de Philipsdam naar de Volkeraksluizen is ongeveer één maand. Op basis daarvan kan worden geconcludeerd dat zich in de Krammer geen zuurstofarme omstandigheden zullen voordoen, maar dat dit in de diepere delen van het Volkerak wel het geval zal zijn.

Voor de beschouwing van de zuurstofsituatie in het Zoommeer is het uitgangspunt dat het via de Eendracht aangevoerde water vrijwel zuurstofverzadigd zal zijn, omdat bij de ingang van en op de Eendracht voldoende verticale menging optreedt. Omdat de verblijftijd in het Zoommeer zelf in de zoute variant korter is dan twee weken, en omdat stratificatie hier slechts beperkt optreedt, wordt geconcludeerd dat zich in de goed doorstroomde delen van het Zoommeer geen zuurstofarme omstandigheden zullen voordoen. Als wordt besloten gebruik te maken van de mogelijkheid van directe uitwisseling tussen de Oosterschelde en het Zoommeer via de Oesterdam (de 80%-20% variant), dan zullen de looptijd en verblijftijd naar en in het Zoommeer aanzienlijk worden bekort en zullen in het Zoommeer geen zuurstofproblemen optreden.

De cruciale factor voor zuurstofproblemen in de onderlaag onder gestratificeerde omstandigheden is de looptijd van het aangevoerde Oosterschelde water. Dit verklaart ook waarom in het Veerse Meer, ondanks de geringere dynamiek (getijslag van 8 cm), na de Katse Heule de zuurstofproblemen nagenoeg zijn opgeheven. De looptijd van het ingelaten water door de onderlaag vanaf de Zandkreekdam naar de Veerse Gat dam is minder dan één week. In het Krammer-Volkerak is de looptijd van Philipsdam naar Volkerakdam, zelfs bij een getijslag van 55 cm, ongeveer één maand. Dit verklaart ook waarom de verschillen tussen de zoute varianten qua zuurstofgedrag klein zijn. Zowel de lange looptijd als de stratificatie zijn eigenschappen die horen bij dit toekomstige zoute watersysteem. Zuurstofarme omstandigheden in de onderlaag van het Volkerak-deel van het Krammer-Volkerak-Zoommeer zijn daarmee dan ook een eigenschap die onlosmakelijk verbonden is aan dit toekomstige zoute meer.

5 Habitat analyse

De habitatanalyse voor een zout Volkerak-Zoommeer richt zich op het voorspellen van de habitattypes die in dat geval verwacht mogen worden. In het eerste deel van de planstudie is een uitgebreide studie gedaan naar de effecten van verschillende waterbeheersmaatregelen op de ecologische doelstellingen die gesteld zijn ten behoeve van de Kaderrichtlijn Water, de Vogelrichtlijn en de Habitatrichtlijn (Haasnoot en van de Wolfshaar, 2007). Eén van de aanbevelingen uit die studie is om niet alleen naar deze specifieke doelstellingen te kijken, maar naar het complete beeld en de totale diversiteit van het gebied. Daarom is besloten voor de vervolgstudie te kijken naar verschillende milieuzones variërend van zoet tot zout en nat tot droog. Dit lijkt erg op een ecotopenkaart, maar dan zonder het meenemen van beheer. Het gebruik van de standaard ecotopenstelsels van Rijkswaterstaat (Rivieren, Meren, Benedenrivieren en Zoute ecotopenstelsels) zou tot een te grote hoeveelheid ecotopen leiden. Deze stelsels zijn wel gebruikt als achtergrondinformatie, samen met kennisregels voor het voorkomen van soorten en habitats zoals gebruikt in de eerdere studie.

De ecotopenanalyse is gedaan voor twee verschillende scenario's. Het eerste scenario gaat uit van een daggemiddeld debiet van 700 m³/s en een middenstand op NAP. Dit levert een getijverschil van ongeveer 55 cm op. Het tweede scenario is berekend met een daggemiddeld debiet van ongeveer 300 m³/s en een middenstandsverlaging tot NAP-10 cm, resulterend in een getijverschil van ongeveer 30 cm. De resultaten worden gepresenteerd in een ecotopenkaart die de te verwachten ecotopen bij verzouting van het Volkerak-Zoommeer weergeeft. Deze ecotopen zijn de verschillende milieuzones, die aangeven of bepaalde plantensoorten er zouden kunnen groeien en of het gebied gebruikt wordt als foerageer- of leefgebied van bepaalde diersoorten.

5.1 Gebruikte ecotopenclassificatiemethode

De ecotopenclassificatie wordt gemaakt op basis van gegevens over de abiotiek. De abiotische kenmerken en klassengrenzen zijn samengesteld aan de hand van verschillende criteria. Ten eerste wordt rekening gehouden met belangrijke ecologische zones die we willen onderscheiden, zoals intergetijden- en subtidale gebieden. Ten tweede worden ook de doelen zoals geformuleerd vanuit EU-richtlijnen (Habitatrichtlijn, Vogelrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water) en de daarmee samenhangende doelsoorten in de analyse meegenomen. De grenzen van de milieuzones zijn gebaseerd op de literatuur en expert kennis die is verzameld in de eerdere studie ten behoeve van de kennisregels en de RWS ecotopenstelsels. Deze kennis plus referenties naar literatuur zijn te vinden in de HABITAT rapportage van Wolfshaar en Haasnoot uit 2007 en worden ook vermeld in de ecologische kennisdatabase, die bij het HABITAT instrument hoort (<http://habitat.wldelft.nl/display/HBTDB/Home>).

Voor de ecotopenclassificatie is gebruik gemaakt van de volgende abiotische kenmerken: strijklengte, overstromingsduur, zoutgehalte, gemiddelde waterdiepte en lichtintensiteit op de bodem. Op basis van deze gegevens wordt ook iets gezegd over de kans op voorkomen van bepaalde zoute waterplanten.

- Strijklengte:
 - o hoog (strijklengte > 400 m)
 - o laag (strijklengte ≤ 400 m)

Als eerste bepalende parameter is de strijklengte genomen. Strijklengtes zijn berekend op basis van de overheersende windrichting en de langste afstand van een plek tot de kust. De strijklengte geeft een maat voor de mogelijkheid tot vestigen van zeegras en pioniersplanten (maar bijvoorbeeld ook voor mosselen en oesters). Bij hoge strijklengtes treedt immers mechanische schade door golfwerking op. Als een hoge strijklengte is hier gekozen voor alle strijklengtes boven de 400 meter. Men kan bediscussiëren of deze waarde niet aan de lage kant is. Zo wijzen verbanden tussen strijklengte en het voorkomen van oesterbanken in de Oosterschelde eerder in de richting van een strijklengte boven de 1000 meter voor het optreden van schade aan oesterbanken. Vegetatie is echter mogelijk kwetsbaarder dan een schelpdierbank.

- Overstromingsduur:
 - o vrijwel altijd onder water (> 95% van de tijd onder water)
 - o vaak onder water (60 - 95 % van de tijd onder water)
 - o regelmatig onder water (30 - 60 % van de tijd onder water)
 - o af en toe onder water (5 - 30 % van de tijd onder water)
 - o vrijwel altijd droog (< 5% van de tijd onder water)

Voor de overstromingsduur is gebruik gemaakt van hoogtekaarten gecombineerd met waterstanden die resulteren uit de hydrodynamische modellering. Het voorkomen van vegetatie, zoals pioniersplanten en soorten van hoge schorren, is gerelateerd aan de overstromingsduur. Pioniersplanten komen niet meer voor als zij vaak onder water staan doordat ze dan niet meer voldoende licht krijgen om te blijven fotosynthetiseren. Planten van hogere schorren komen alleen maar voor in gebieden waar de overstroming niet dagelijks is.

- Variatie in zoutgehalte:
 - o geschikt voor zeegrassen (tussen 11 en 16 g Cl/l)
 - o niet geschikt voor zeegrassen (<11 en >16 g Cl/l)

Variatie in zoutgehalte is meegenomen om de kans op zeegrassen te bepalen. Zeegrassen zijn gevoelig voor te hoge zoutgehaltes. Een zekere input van zoet water is een vereiste voor het voorkomen van zeegrassen. Bij te lage zoutgehaltes worden zeegrassen echter ook niet aangetroffen.

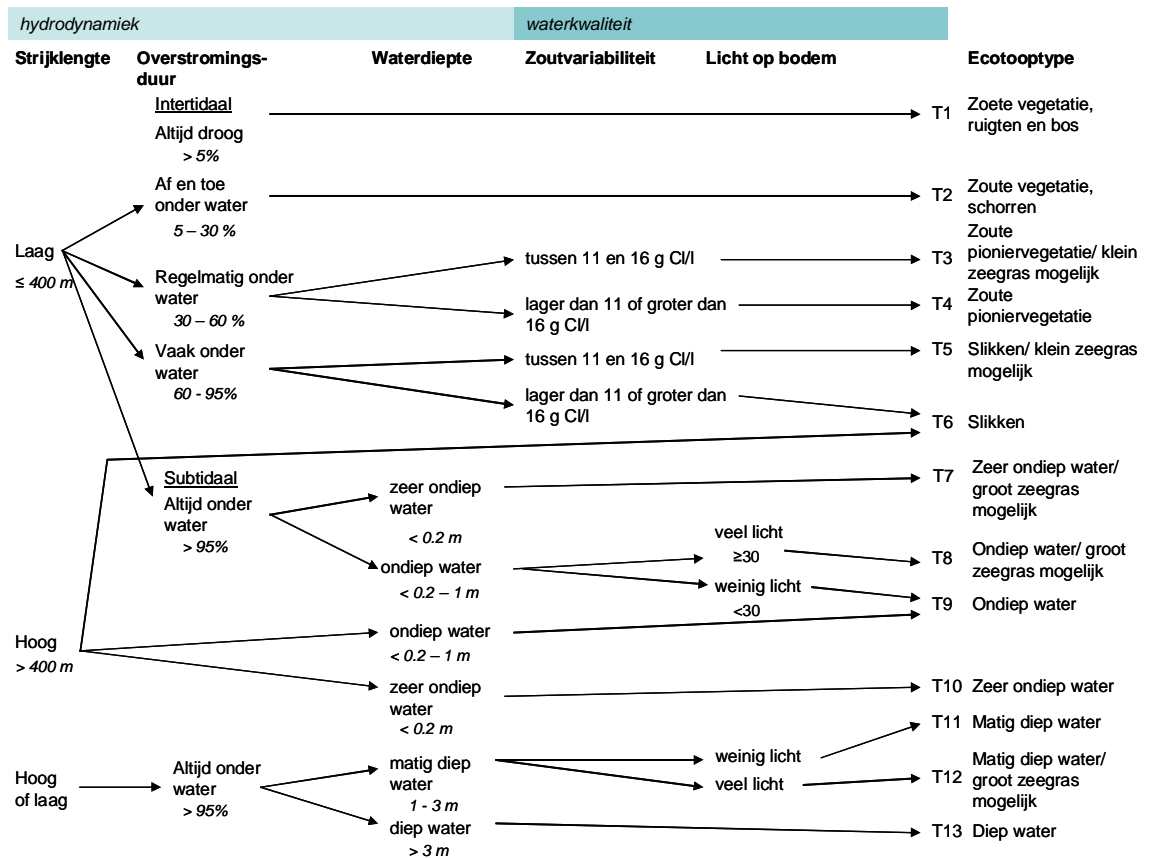
- Gemiddelde waterdiepte:
 - o boven water (< 0 m)
 - o zeer ondiep water (0 - 0.2 m)
 - o ondiep water (0.2 - 1 m)
 - o matig diep water (1 - 3 m)
 - o diep water (> 3 m)

De gemiddelde waterdiepte is meegenomen om aan te geven wat het belang van deze habitats kan zijn voor verschillende vogelsoorten. Sommige soorten kunnen foerageren in water dat minder dan drie meter diep is.

- Lichtintensiteit in waterkolom
 - o geschikt voor groot zeegras (≥ 30 %)
 - o ongeschikt voor groot zeegras (< 30 %)

De lichtintensiteit in de waterkolom is berekend uit het doorzicht van het water. De helderheid van het water is van cruciaal belang voor het voorkomen van groot zeegras.

Voor de ecotopenkaart resulteren de opgelegde rekenregels in 13 ecotooptypen. In Figuur 5.1 zijn de splitsingen voor de verschillende abiotische kenmerken weergegeven, die leiden tot een opsplitsing in verschillende ecotooptypen.



Figuur 5.1 Rekenregels voor verschillende ecotooptypen.

De uitkomst van de ecotopenclassificatie volgens deze rekenregels is aangevuld en gecorrigeerd op grond van expertkennis over de deltawateren (onder andere van Dick de Jong, pers. comm.). Dit betreft:

1. erosie en arealen intergetijdengebied

In het VZM heeft door het wegvallen van de getijdendynamiek de erosie de overhand gekregen. Door (voor)oeververdediging is boven water de erosie beteugeld, maar onder water gaat de erosie wel door. De vooroevers zullen op de zeer lange termijn verdiepen tot het niveau van de invloed van de golfbeweging. Dit fenomeen treedt op wanneer de golfaanval optreedt bij telkens hetzelfde waterpeil, en zal door de introductie van een beperkt getij, en eventuele middenstandsverlaging, waarschijnlijk afnemen. Op de plaatsen waar een vooroeververdediging is aangelegd (in totaal is een lengte van 26 kilometer aan vooroeververdedigingen gemaakt) zal wegens de middenstandsverlaging een lagere golfaanval optreden. Immers de kruinhoogte van de verdedigingen is in relatieve zin toegenomen, waardoor er minder golfaanval zal optreden op de (voor)oevers achter de dammen. Bovendien zal door de getijbeweging de golfenergie die nog wordt opgewekt achter de dammen, verdeeld worden over een grotere zone waardoor eveneens de erosie kleiner zal worden. Wellicht kan er zelfs door de getijwerking een proces terugkeren, waarbij geërodeerd materiaal door de

golfwerking (onder dagelijkse omstandigheden, dus met kleine golfjes) weer hoger op de oever wordt afgezet. Een probleem is wel dat er voor de toekomstige intergetijdengebieden, dat wil zeggen voor de zone tussen 0 m en -1 m, geen goede dieptegegevens beschikbaar zijn. Feitelijk wordt er geïnterpoleerd tussen de waterlijn (0 m) en de dieptegegevens (vanaf -1 m). Hierdoor wordt een continue aflopende vooroever verondersteld, terwijl er in werkelijkheid sprake kan zijn van een verdieping direct voor de vaste oever. Hierdoor kunnen de berekende arealen intergetijdengebied in werkelijkheid wat kleiner zijn. In de toekomst zullen de arealen niet verder afnemen, en mogelijk zal zelfs enig herstel van het profiel optreden.

2. uitbreiding van engels slijkgras in de intergetijdzone

Uit andere gebieden met een gering getij ("microtidal") is bekend dat engels slijkgras kan vòòrkomen tot aan de laagwaterlijn of mogelijk zelfs daaronder. Hierdoor kan het foerageergebied voor steltlopers, namelijk 'kaal' slik met wormen en schelpdieren, kleiner uitvallen dan geschat met de rekenregels.

3. zeegras of zeesla

In de beschrijving van de ecotooptypen wordt aandacht geschonken aan de kansen voor klein zeegras (in het intergetijdengebied) en groot zeegras (subtidaal). Wat betreft de potentiële helderheid van het zoute VZM en het niet te hoge zoutgehalte is die kans zeker aanwezig. Er is echter een andere factor die de kansen voor zeegrassen erg klein maakt, en dat is de eutrofe toestand cq de hoge nutriëntenconcentraties. Sleutelfactor voor het vòòrkomen van zeegrassen is het N gehalte. Dit moet richting 1 mgN/l gaan. Bij hogere gehalten wordt zeegras verdrongen door zeesla, ofwel door directe competitie, ofwel doordat zeegras wordt gehinderd door de groei van epifyten. In het zoute VZM zal de winterconcentratie van anorganisch opgelost stikstof (DIN) zo'n 2-3 mgN/l zijn (Krammer, Zoommeer) en op het Volkerak nog wat hoger: 3-4 mgN/l (zie Figuur 4.21 in dit rapport).

5.2 Beschrijving ecotooptypen

De ecotooptypen verschillen voornamelijk in hoogte, of onderlooptijd en in het al dan niet aanwezig zijn van vegetatie. Type 1, zoete vegetatie, ruigten en bos, loopt nooit onder water en staat dus niet of nauwelijks bloot aan zoutinvloeden. Dit type wordt dus voornamelijk gevonden op de hogere oevers.

Type 2, zoute vegetatie, schorren, ligt iets lager dan type 1 en overstroomt dus een aantal keer per maand met zout water. Het gebied zal worden gedomineerd door zouttolerante soorten, zoals strandweeek (*Elymus pyenanthus*) en gewone zoutmelde (*Halimione portulacoides*) en zal het meest weg hebben van een grasland.

T3, pioniervegetatie, overstroomt elke 24 uur tweemaal bij hoogwater. In het gebied zullen twee soorten pioniersplanten van het schor kunnen worden aangetroffen, Engels slijkgras (*Spartina anglica*) en zeekraal (*Salicornia spp.*). Deze soorten zijn beide aangepast op het leven in zoute omstandigheden. De bedekking met vegetatie is meestal geen 100%, en tussen de vegetatie zijn dus slikkige of zandige delen zichtbaar. De hoeveelheid Engels slijkgras zal afhangen van de input van slib. Meestal groeit dit gras beter in slikkige dan in zandige gebieden. Ook voor de aanwezigheid van klein zeegras is de aanwezigheid van slib belangrijk. Klein zeegras kan potentieel in deze zone vòòrkomen en zal dan hier en daar in veldjes tussen de andere twee soorten op het slik te vinden zijn.

T4, zoute pioniervegetatie, is hetzelfde als T3 maar dan zonder mogelijke groei van klein zeegras. Het zoutgehalte in deze gebieden is te hoog of te laag voor het voorkomen van klein zeegras.

T5, slikken die eveneens tweemaal daags overstromen maar te lang onder water staan voor de groei van engels slijkgras of zeekraal. Klein zeegras kan mogelijk in deze zone nog wel groeien, maar het water moet dan wel helder zijn. Dit ecotoop wordt voornamelijk gekenmerkt door de aanwezigheid van benthosoorten. Hier zal men, afhankelijk van het sedimenttype, wadpieren (*Arenicola marina*) of zagers (*Nereis diversicolor*) aantreffen en diverse soorten schelpdieren, zoals kokkels (*Cerastoderma edule*) en nonnetjes (*Macoma baltica*). Afhankelijk van de golfimpact (in het schema van Figuur 5.1 meegenomen als strijklengte) kunnen in deze zone ook mosselen (*Mytilus edulis*) of oesters (*Crassostrea gigas*) voorkomen.

T6, slikken, lijkt op T5 met als verschil dat het zoutgehalte of de strijklengte geen ontwikkeling van klein zeegras toelaat. De benthosoorten die ook in T5 voor kunnen komen kunnen hier ook worden aangetroffen.

T7, zeer ondiep water net onder de laagwaterlijn. Met bepaalde windrichtingen kan dit gebied bij laag water nog droog komen te liggen. Als het water erg helder is zou hier groot zeegras kunnen groeien. Verder kunnen hier deels dezelfde benthosoorten worden aangetroffen als in T5 en T6, en vormt dit gebied, afhankelijk van de golfimpact, ook een aantrekkelijk habitat voor oesters of mosselen. Deze ondiepe gebieden zijn interessant als foerageergebied voor bepaalde vogelsoorten.

T8, ondiep water, staat eveneens continu onder water, maar is nog wel bereikbaar als foerageergebied voor bepaalde vogels, zoals duikeenden. Verder komt dit type sterk overeen met T7.

T9, ondiep water, is hetzelfde type als T8 met als verschil dat een verminderd doorzicht of een grote strijklengte geen groei van groot zeegras toestaat.

T10, zeer ondiep water, is hetzelfde als T7 met als verschil dat een grote strijklengte de golfimpact te groot maakt voor groei van groot zeegras.

T11, matig diep water, kan geen groot zeegras herbergen door beperkte helderheid van het water.

T12, matig diep water, is hetzelfde type als T11, maar heeft helder water en hier zou dus mogelijk groot zeegras kunnen groeien.

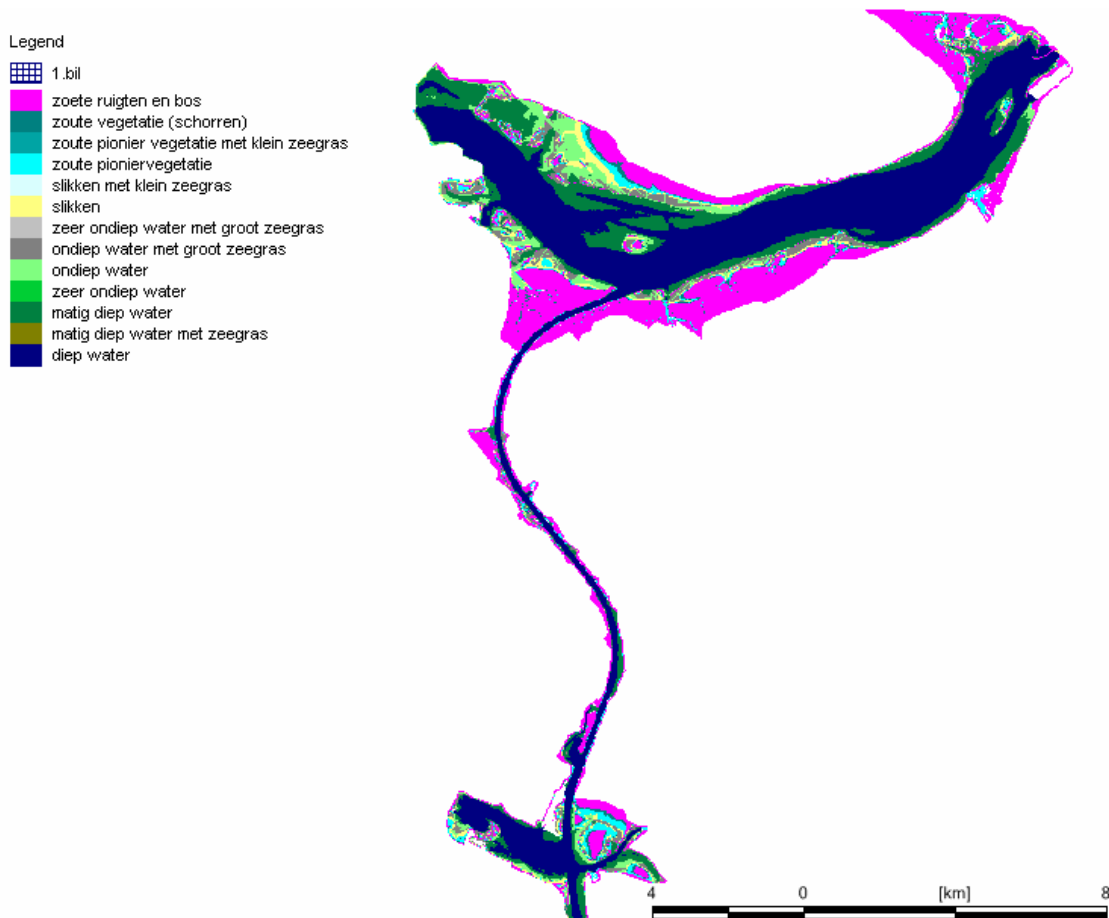
T13, diep water (dieper dan 3 meter). Hier komen vooral soorten voor uit het mariene milieu.

5.3 Voorkomen ecotooptypen met 55 cm getijverschil

Figuur 5.2 geeft aan waar de verschillende ecotooptypen aangetroffen kunnen worden in een zout Volkerak-Zoommeer met een getijverschil van ongeveer 55 cm (variant P700). In Tabel 5.1 is aangegeven hoeveel hectare van elk ecotooptype in totaal voorkomt.

Tabel 5.1 Totaal oppervlak van elk ecotooptype bij een getijverschil van 55 cm.

Ecotooptype	Oppervlakte (hectare)
1	1891
2	142
3	0,5
4	296
5	0,03
6	242
7	0
8	327
9	417
10	0
11	1191
12	0
13	3151



Figuur 5.2 Kaart met voòrkomen van de verschillende ecotopten bij een getijverschil van 55 cm.

De typen die het meeste worden aangetroffen zijn diep water (T13), matig diep water (T11) en gebied dat nooit overstroomt door zout water (T1). Het totale areaal dat nooit overstroomt bedraagt 1891 hectare. Het totale gebied dat altijd onder water ligt is veruit het grootste en omvat 5086 hectare. Er zou in totaal 680 hectare aan intergetijdengebied ontstaan.

In Figuur 5.2 staat de verdeling van de verschillende ecotooptypen. Dit lijkt aardig te kloppen met de verdeling van dit soort ecotopen in werkelijkheid in de zin dat voor hogere schorren randen met een zoute pioniersvegetatie zijn te vinden en dat hiervoor meestal kale slikken liggen.

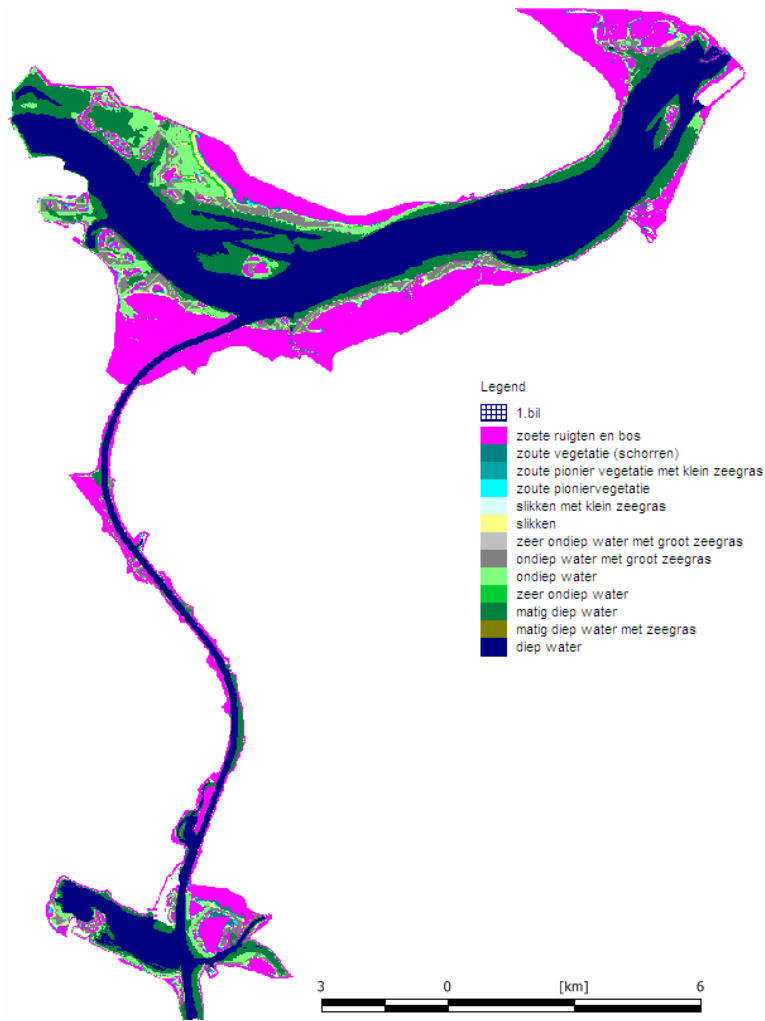
5.4 Voorkomen ecotooptypen met 30 cm getijverschil (variant P300)

Figuur 5.3 geeft de verdeling van de ecotooptypen aan met een getijverschil van 30 cm en een middenstandsverlaging tot NAP-10cm (variant P300). Tabel 5.2 geeft het aantal hectares voor elk ecotooptype weer voor dit scenario.

De typen die het meeste worden aangetroffen zijn nog steeds type 13, diep water, matig diep water (T11) en gebied dat nooit overstroomt door zout water (T1). Voor type 1 is het areaal ook iets groter geworden. Bij een kleinere getijslag en een lagere middenstand overstroomt er een kleiner gebied. Het totale areaal aan intergetijdengebied dat in dit geval ontstaat bedraagt 286 hectare, tegenover 680 hectare bij een tweemaal zo groot getijverschil. Het subtidale gebied is maar weinig groter dan bij variant P700, omdat de laagwaterlijn door de middenstandsverlaging op nagenoeg hetzelfde niveau ligt als bij variant P700 (namelijk NAP-27,5 cm bij P700 en NAP-25 cm bij variant P300).

Tabel 5.2 Totaal oppervlak van elk ecotooptype bij een getijverschil van 30 cm.

Ecotooptype	Oppervlakte (hectare)
1	2203
2	92
3	0,07
4	69
5	0
6	125
7	41
8	365
9	451
10	30
11	1148
12	0
13	3133



Figuur 5.3 Kaart met vòrkomen van de verschillende ecoptotypen bij een getijverschil van 30 cm.

6 Discussie en conclusies

In dit project zijn aanvullende modelsimulaties uitgevoerd om de effecten van meer getijdenwerking op het Volkerak-Zoommeer op algenbloei en natuurontwikkeling. Hiertoe is het modelinstrumentarium aangevuld met de beschrijving van een tweetal zoute plaagalgen, en zijn vervolgens drie reeksen berekeningen uitgevoerd:

- 1 Het oorspronkelijke alternatief Zout-30 is opnieuw doorgerekend om vergelijking met de aangepaste zoute alternatieven mogelijk te maken;
- 2 In de eerste aangepaste zoute variant is gekeken naar een getijverschil op het Volkerak-Zoommeer van circa 0,5 meter, verkregen via een enkel doorlaatmiddel in de Philipsdam en vervolgens ook via doorlaatmiddelen in zowel de Philipsdam als de Oesterdam;
- 3 Bij de tweede aangepaste zoute variant is een getijverschil ingesteld van ongeveer 0,3 meter, waarbij de gemiddelde waterstand is verlaagd van NAP naar NAP-0,10 meter. Ook bij deze variant is gerekend met een doorlaatmiddel alleen in de Philipsdam en een berekening met doorlaatmiddelen in zowel de Philipsdam als de Oesterdam.

6.1 Waterkwaliteit en algengroei

Geconcludeerd wordt dat bij een uitwisselingsdebiet van 300 m³/s en een daaraan gerelateerd getijverschil van 0,3 meter, een duidelijke verbetering kan worden behaald van de waterkwaliteit ten opzichte van het oorspronkelijke zoute alternatief met een min of meer stagnant peil. Verdere vergroting van het uitwisselingsdebiet en getijdendynamiek biedt geen significant betere waterkwaliteit.

De varianten van het aangepaste alternatief laten een verminderde algenbloei zien ten opzichte van het oorspronkelijke zoute alternatief. De biomassa aan zoute plaagalgen is bij alle varianten laag, hoewel het oorspronkelijke zoute alternatief een redelijke kans op het voorkomen van picoplankton geeft.

Vanwege de voedselrijkdom van het aangevoerde water via de Brabantse rivieren, blijft begrazing van algen door zogenaamde filterfeeders, zoals mosselen, noodzakelijk om het gehalte aan algen op een aanvaardbaar niveau te krijgen en te houden. De condities voor begrazing zijn beter bij het aangepaste zoute alternatieven, omdat in dat geval het water in het Volkerak-Zoommeer een hoger zoutgehalte heeft dan bij het oorspronkelijke zoute alternatief (Zout-30).

Vanuit het oogmerk van waterkwaliteit lijkt er geen noodzaak om ook een wateruitwisseling met de Oosterschelde via een doorlaatmiddel in de Oesterdam aan te brengen. Met een doorlaatmiddel in de Philipsdam wordt ook in het Zoommeer een vergelijkbare goede waterkwaliteit verkregen. De stroomsnelheden die optreden als gevolg van de circulatiestroming vanaf de Philipsdam naar de Bathse Spuisluis blijven zodanig laag dat de scheepvaart hiervan geen hinder hoeft te ondervinden.

Belangrijk aandachtspunt voor de werking van de varianten is het eventueel optreden van zuurstofdeficiëntie in diepere lagen. De cruciale factor voor zuurstofproblemen in de onderlaag onder gestratificeerde omstandigheden is de looptijd van het aangevoerde Oosterschelde water. Na een looptijd langer dan twee weken kan zuurstofuitputting worden verwacht. In het Krammer-Volkerak is de looptijd van het Oosterschelde water vanaf de Philipsdam naar de ingang van de Eendracht ongeveer twee weken en naar de Volkerakdam ongeveer één maand. Het verschil in looptijd tussen de verschillende zoute varianten is gering. Zowel de lange looptijd als de stratificatie zijn eigenschappen die horen bij dit toekomstige zoute watersysteem. Zuurstofloze condities in de onderlaag van het Volkerak-deel van het Krammer-Volkerak-Zoommeer zijn daarmee dan ook een eigenschap die onlosmakelijk verbonden is met dit toekomstige zoute meer. Op de Eendracht en in het Zoommeer zullen, door de betere verticale menging, naar verwachting geen zuurstofproblemen ontstaan.

6.2 Habitatanalyse en ecotopen in een zout Volkerak-Zoommeer

Deze studie geeft een globale inschatting van de ecotooptypen die zullen ontstaan bij een verzouting van het Volkerak-Zoommeer en de introductie van een beperkt getij van ongeveer 30 cm of ongeveer 55 cm. Geconcludeerd kan worden dat voor beide scenario's het grootste gedeelte van het gebied nog steeds zal bestaan uit gebied dat altijd onder water ligt en uit gebied dat nooit onder water staat. Het totale areaal aan intergetijdengebied dat ontstaat is beperkt van omvang.

De ecotooptypen die het meest dominant aanwezig zullen zijn in een zout Volkerak-Zoommeer met een beperkt getij zijn de subtidale typen en de typen die nooit onder water staan. Voor de laatste worden weinig veranderingen verwacht. De bossen en ruigten die boven het hoogste waterpeil liggen staan voornamelijk onder invloed van regenwater en dit zal bij een verzouting van het meer zo blijven. Het is dus het meest waarschijnlijk dat de aanwezige bossen en ruigten min of meer in dezelfde staat zullen blijven.

Voor de subtidale gebieden zullen de veranderingen wel groot zijn. Deze gebieden worden zout in plaats van zoet en daarmee zal de gehele soortengemeenschap veranderen. In het Veerse Meer is gebleken dat deze veranderingen snel kunnen verlopen omdat veel zoute soorten vanzelf meekomen met het inlaten van het zoute water uit de Oosterschelde. Het grote areaal aan subtidaal gebied biedt in een zout Volkerak-Zoommeer ongetwijfeld kansen voor de kweek van mosselen en oesters. Beperking van de algengroei door middel van begrazing door schelpdieren is zelfs noodzakelijk om de algenbiomassa in toom te houden. Wel is het risico aanwezig van zuurstofarme condities aan de bodem en in het water onder de spronglaag. Waarschijnlijk zal het bodemoppervlak onder de spronglaag daardoor ongeschikt zijn voor vestiging en overleving van bodemfauna. Dit risico lijkt bij alle zoute varianten (zout-30, P300 en P700) ongeveer even groot te zijn. De mogelijkheden voor de natuurlijke ontwikkeling en/of de kweek van mosselen en oesters in een zout Volkerak-Zoommeer dienen goed geëvalueerd te worden in relatie tot doorstroming en voedselcondities.

Hoewel een zout VZM potentieel helder is en het zoutgehalte optimaal zal zijn voor het voorkómen van zeegrassen, worden de ontwikkelkansen voor zeegrassen toch laag ingeschat. De oorzaak is het eutrofe karakter van het zoute meer, cq de relatief hoge

nutriëntenconcentraties. De winterconcentratie van stikstof zal ruim boven 1 mg/l uitkomen, waardoor zeesla competitief voordeel heeft boven zeegras.

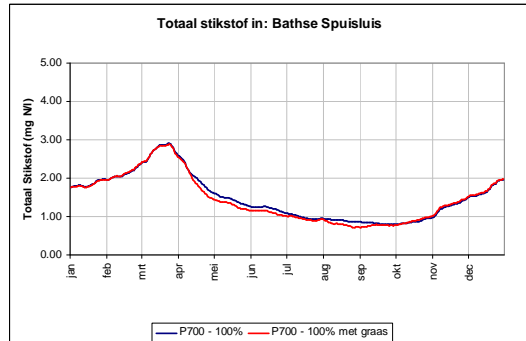
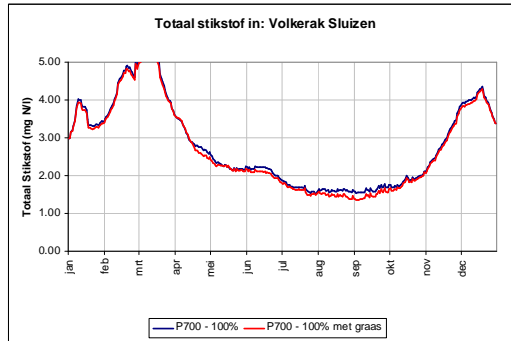
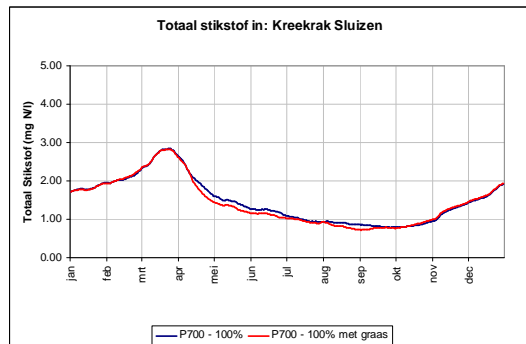
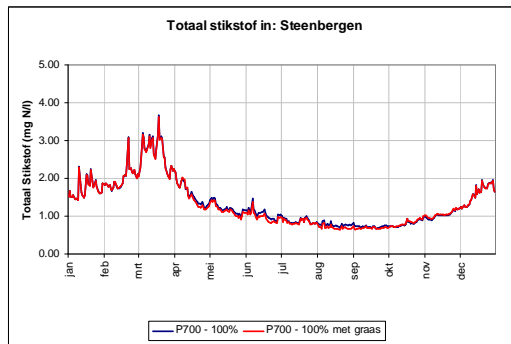
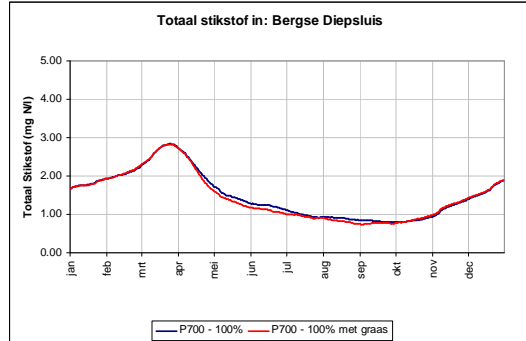
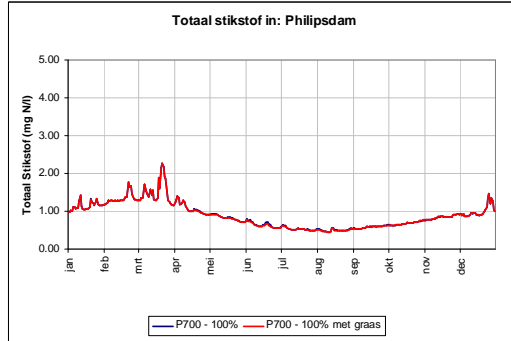
Het areaal aan intergetijdengebied dat ontstaat bij een getij van ongeveer 55 cm omvat zo'n 680 ha. Bij een getij van 30 cm zal het intergetijdengebied 286 ha beslaan. Voor beide varianten lijkt binnen deze oppervlakte wel potentie te zijn tot de ontwikkeling van diverse ecotooptypen, karakteristiek voor intergetijdennatuur. Echter, bij een getijverschil van 30 cm is vooral het oppervlak aan pioniersvegetatie en slik kleiner dan bij een getijverschil van 55 cm. Deze habitattypen zijn juist erg waardevol en het behoud hiervan is terug te vinden in Europese doelstellingen. Het beperkte areaal aan intergetijdengebied hangt vanzelfsprekend samen met de beperkte getijslag die wordt geïntroduceerd. De berekende arealen intergetijdengebied zijn maximum schattingen. Door ontbrekende dieptegegevens zijn de toekomstige arealen intergetijdengebied wellicht wat kleiner dan berekend.

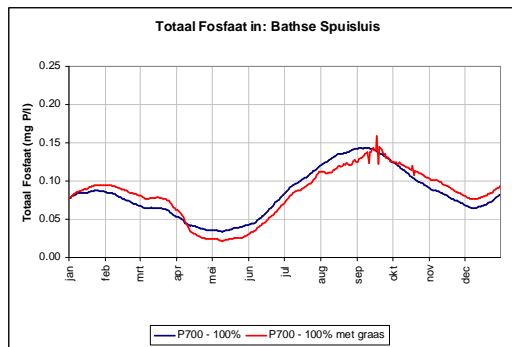
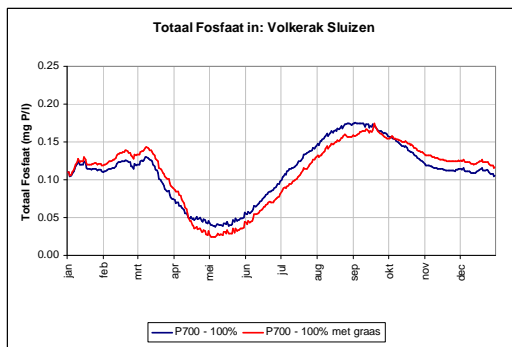
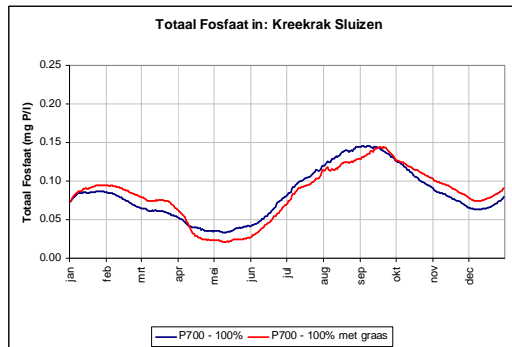
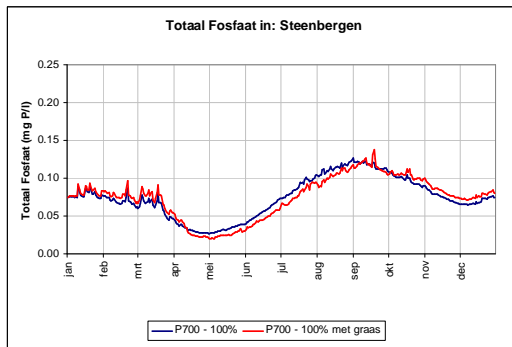
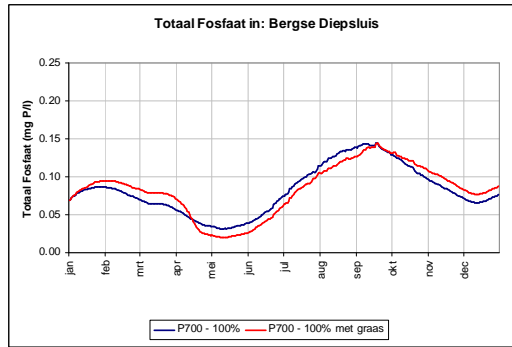
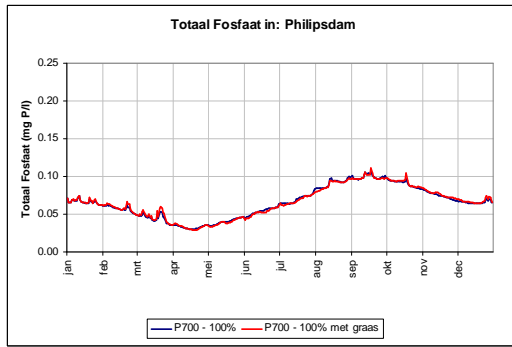
7 Literatuur

- Duren, L.A. van, P. Boers, and I. de Vries (2006). Is there a green solution for a blue-green problem leading to clear blue water? RIKZ/2006.025. Middelburg, Rijkswaterstaat.
- Los, F.J. & Wijsman, W.J.M. (2007). Application of a validated primary production model (BLOOM) as a screening tool for marine, coastal and transitional waters. *Journal of Marine Systems*, volume 64, issue 1-4, page 201-215. January 2007.
- WL | Delft Hydraulics (2006). Resultaten scenario berekeningen met het 2D en 3D-blauwalgenmodel voor het Volkerak, Krammer en Zoommeer. Boderie, Groot, Hulsbergen, Los en Meijers. Q4015. December 2006.
- WL | Delft Hydraulics (2007). Habitat analyse in het kader van de Planstudie/MER voor Krammer, Volkerak en Zoommeer. Haasnoot en van de Wolfshaar. Q4015. February 2007.
- WL | Delft Hydraulics (2007). Deltamodel: Eéndimensionaal stofstromenmodel voor de zuidwestelijke Delta. Meijers en Groot. Q4435. December 2007.

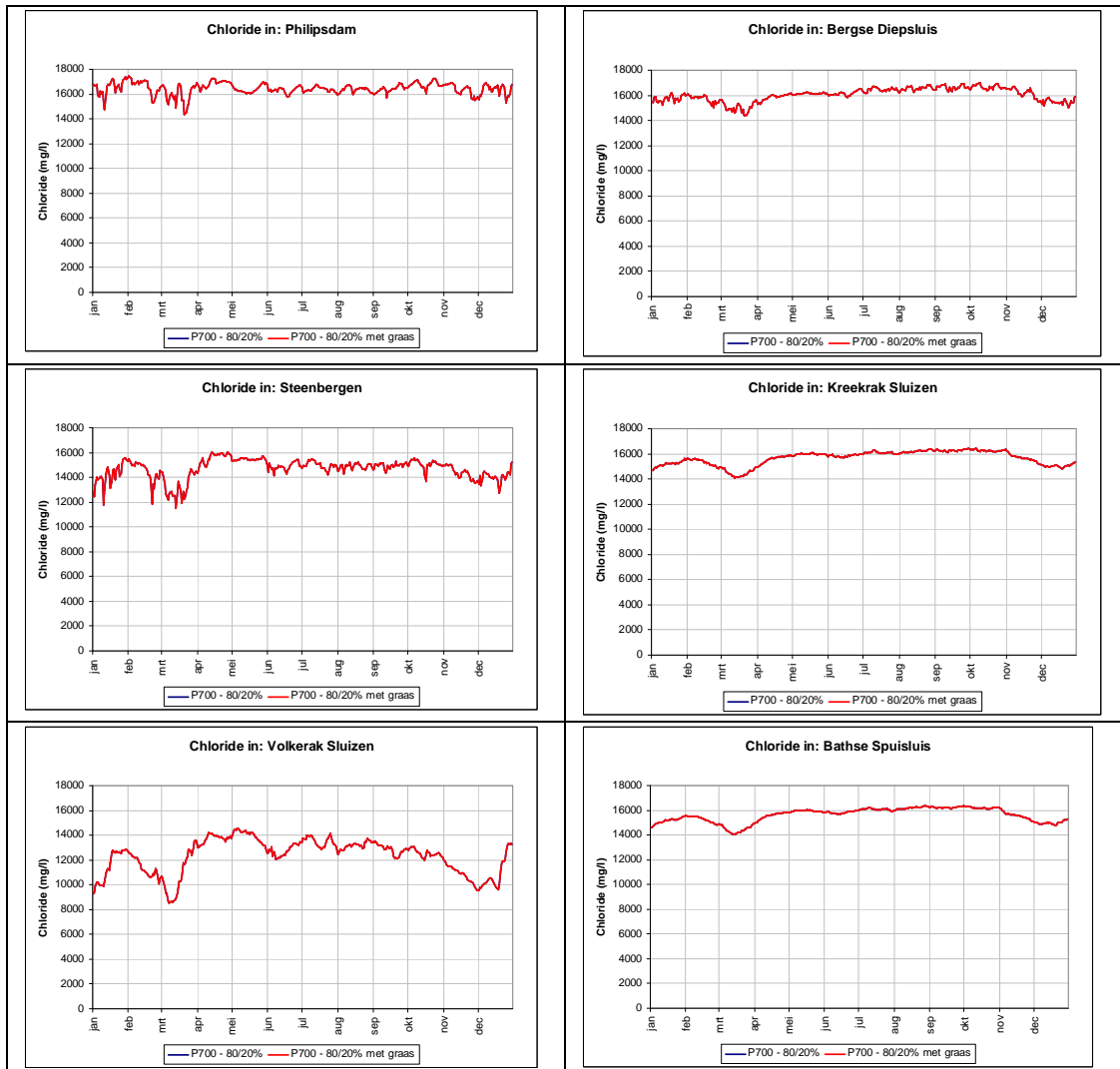
A Berekeningsresultaten

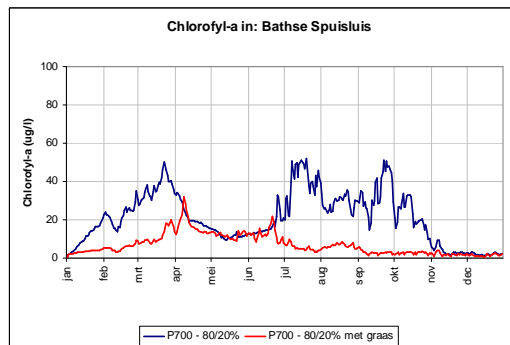
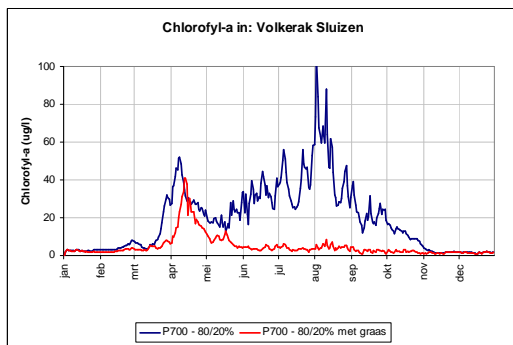
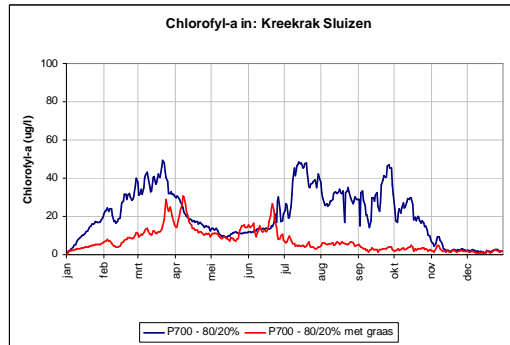
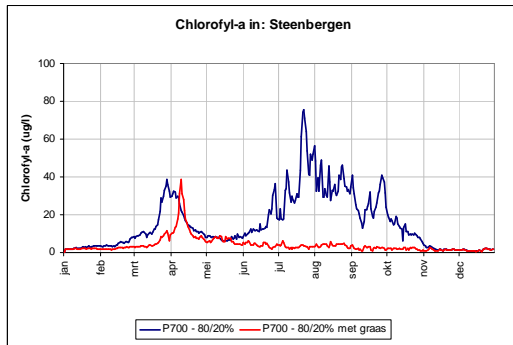
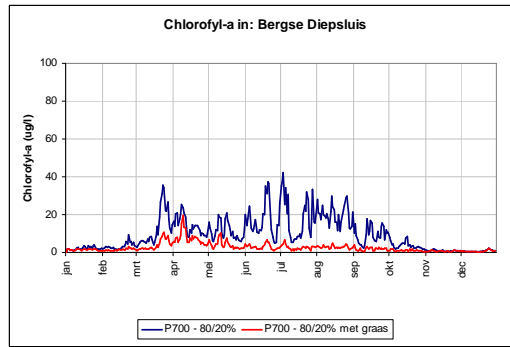
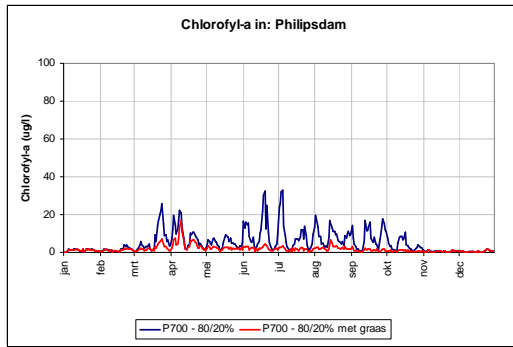
A.1 Philipsdam 700 m³/s (100% variant)

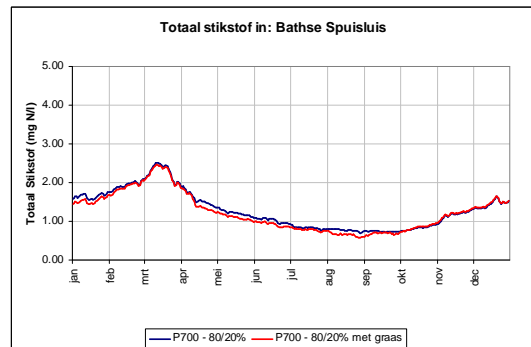
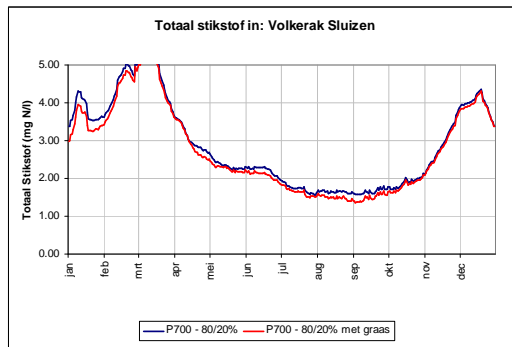
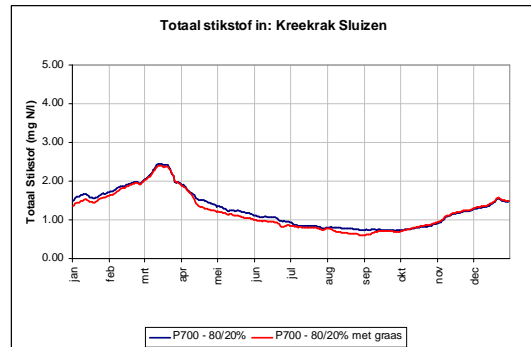
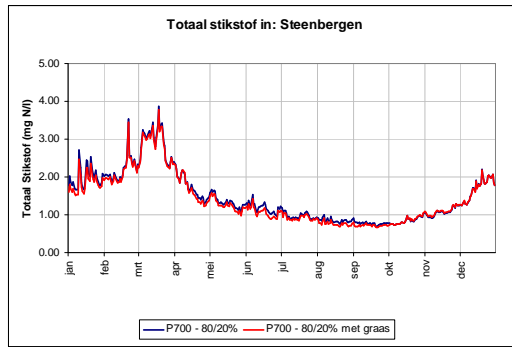
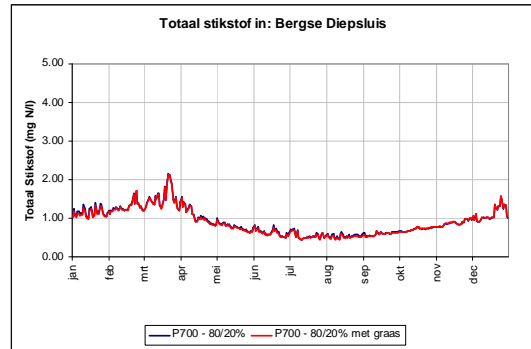
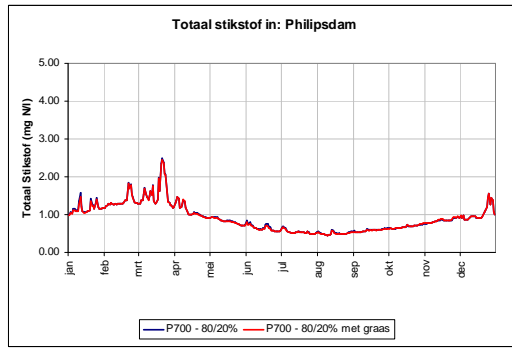


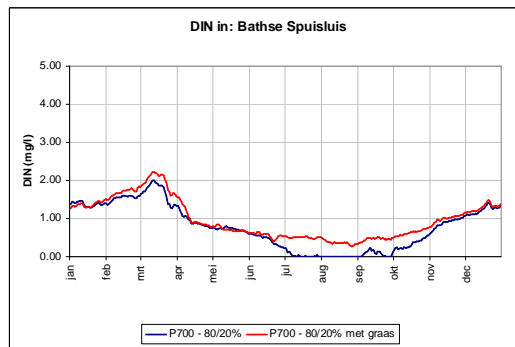
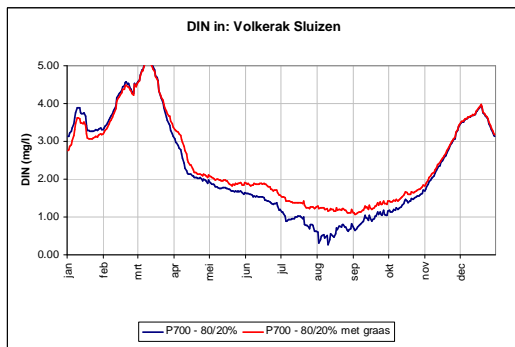
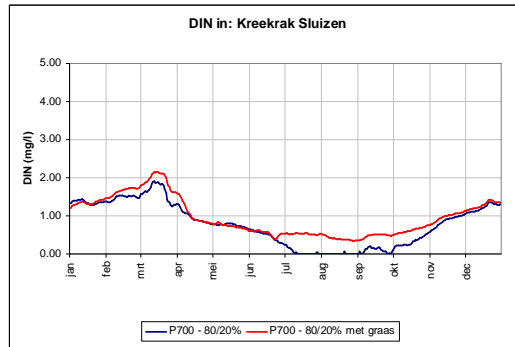
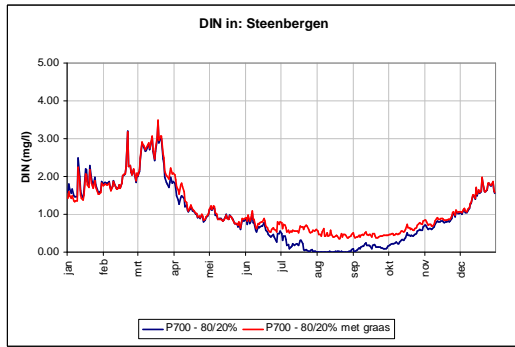
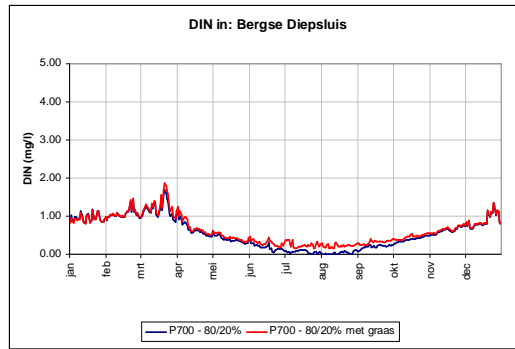
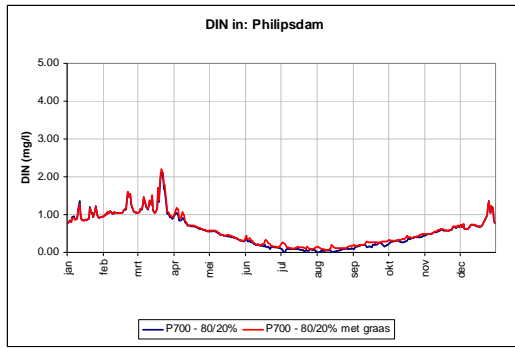


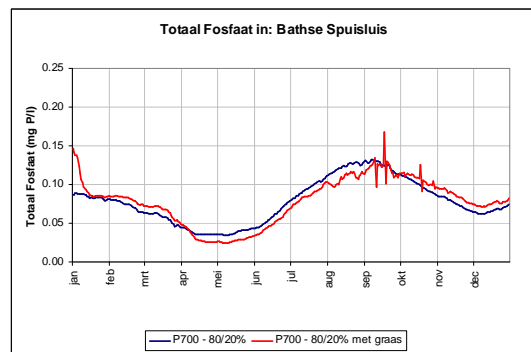
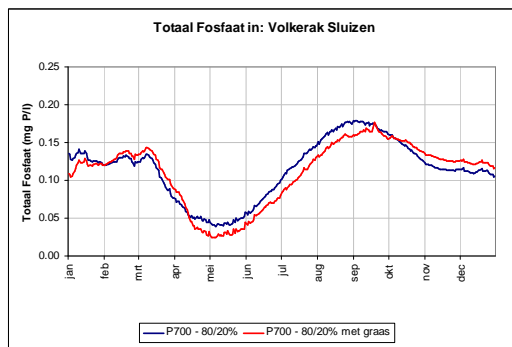
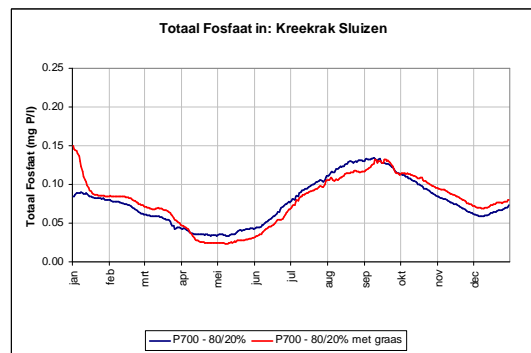
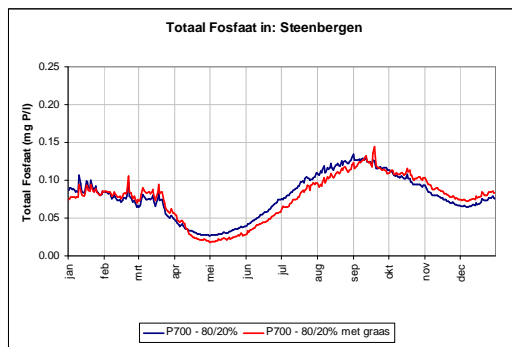
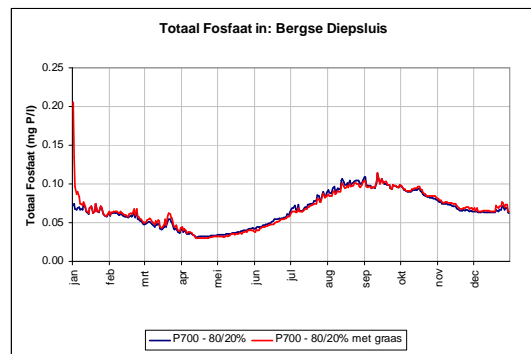
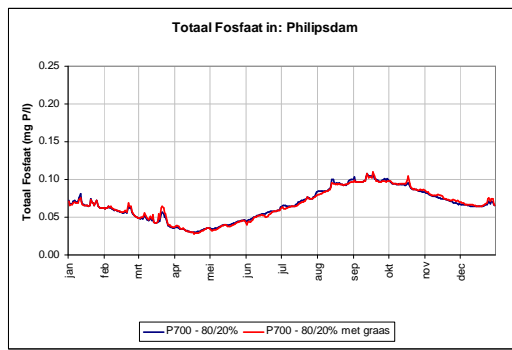
A.2 Philipsdam+Oesterdam 700 m³/s (80%-20% variant)

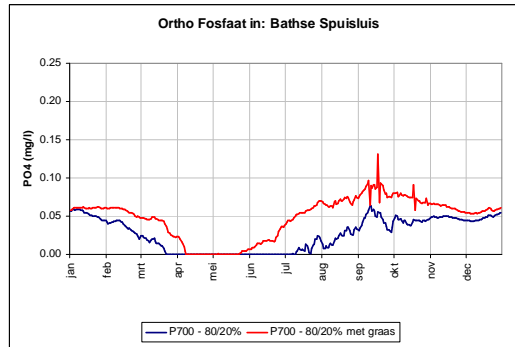
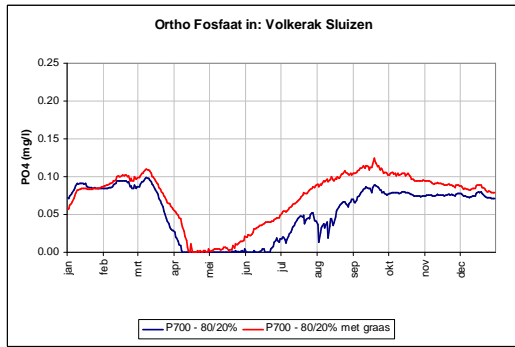
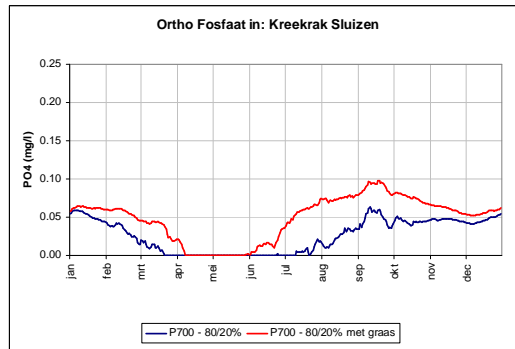
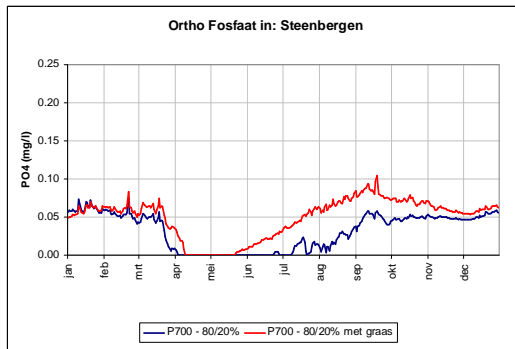
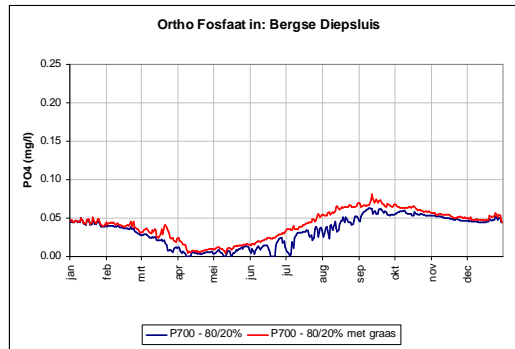
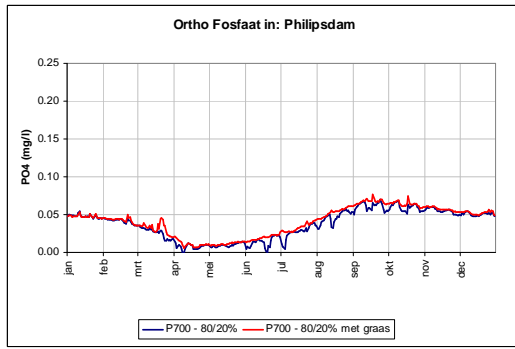




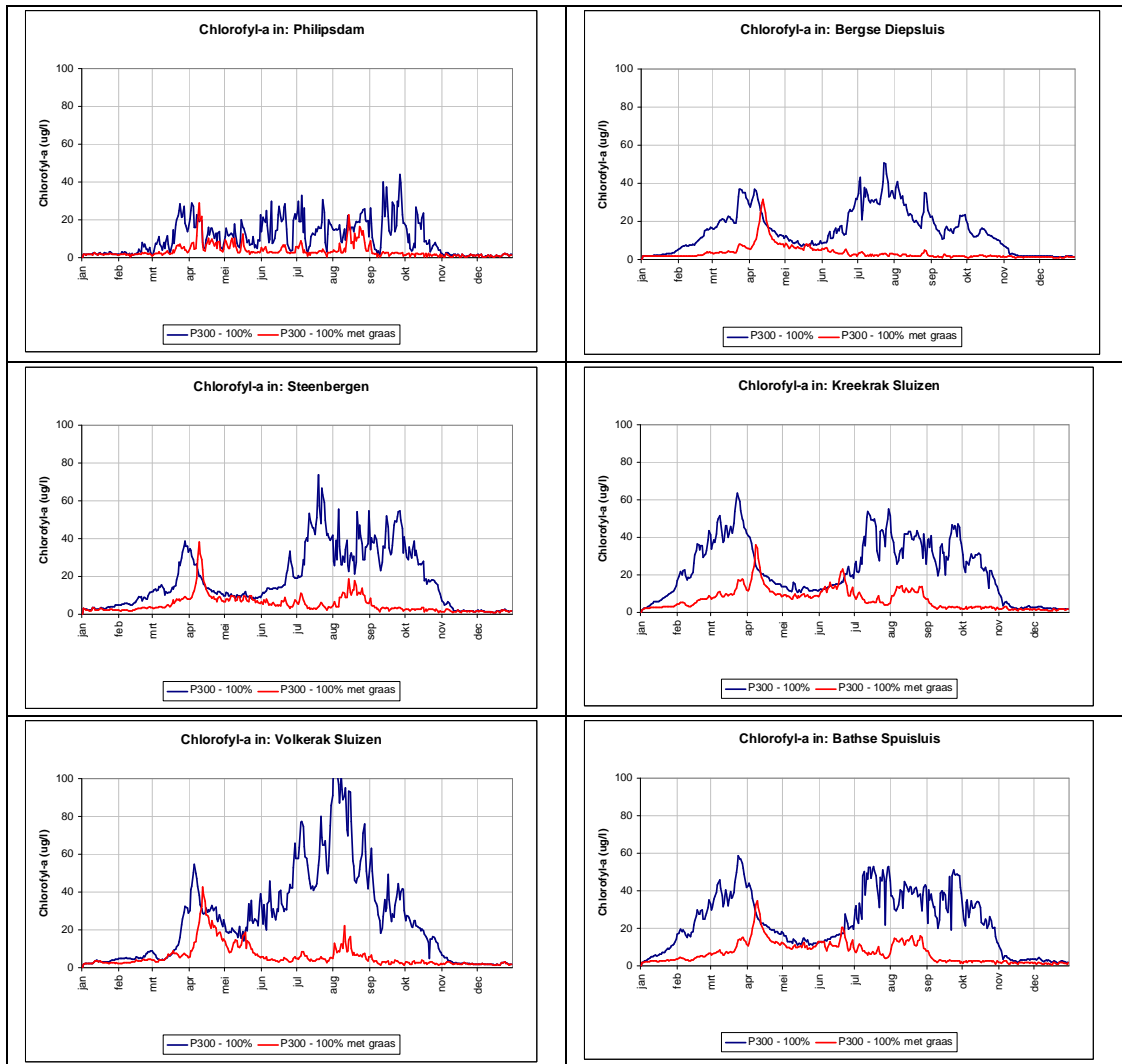


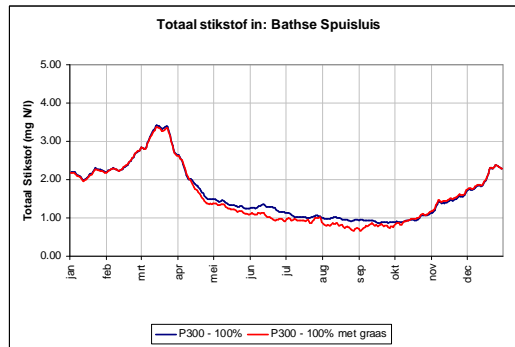
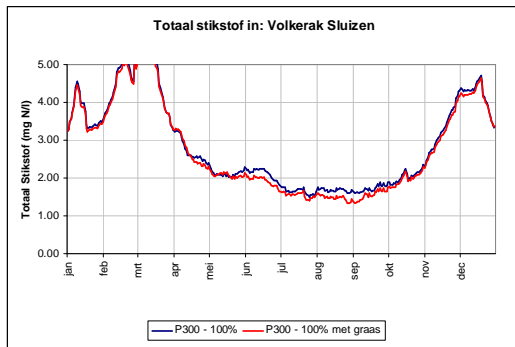
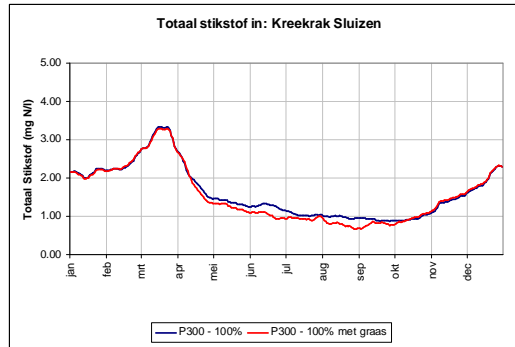
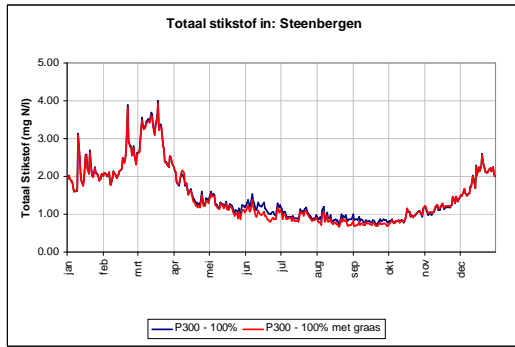
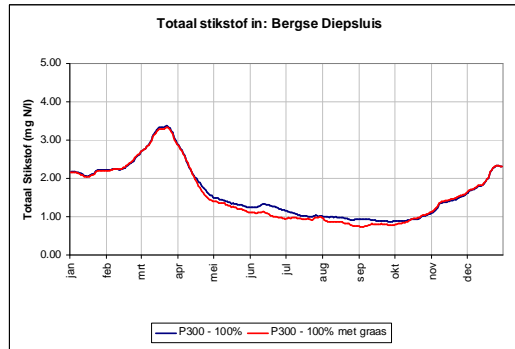
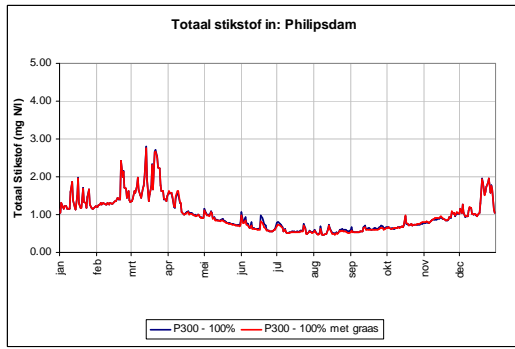


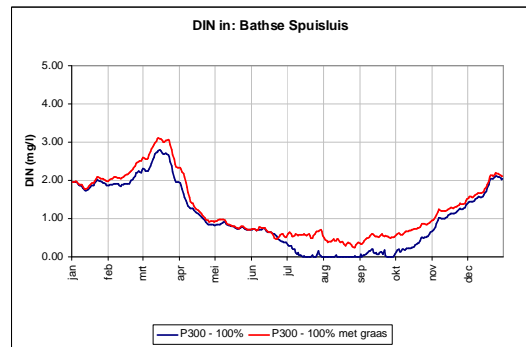
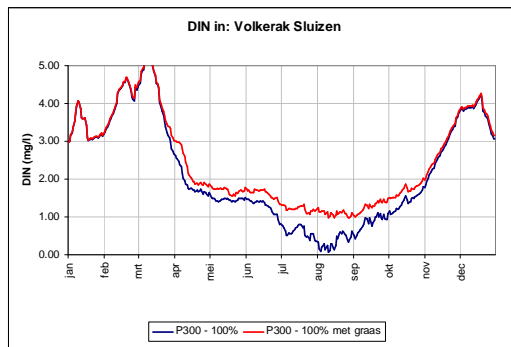
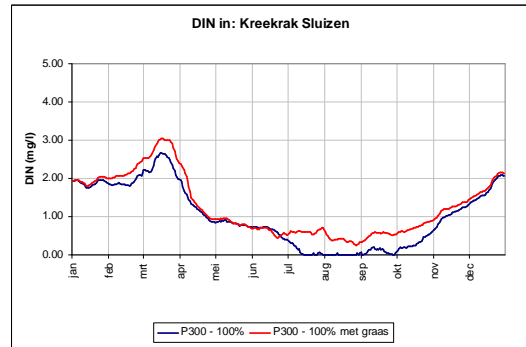
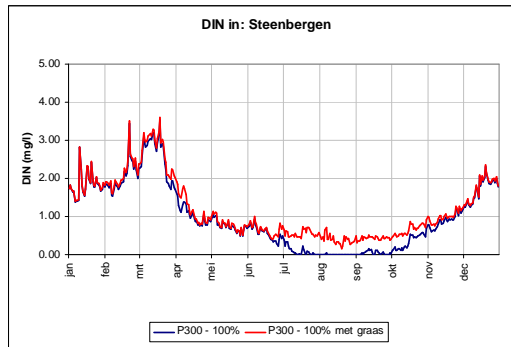
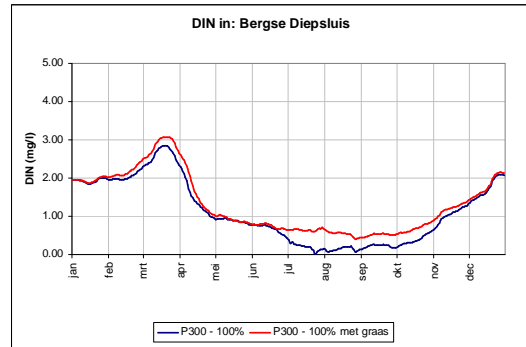
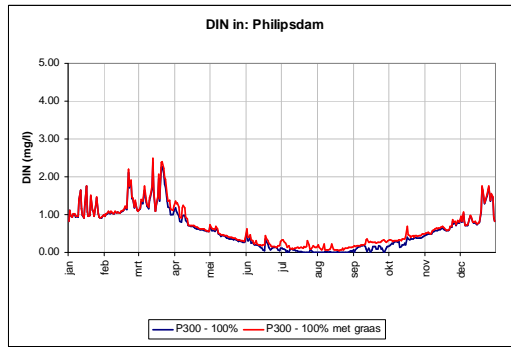


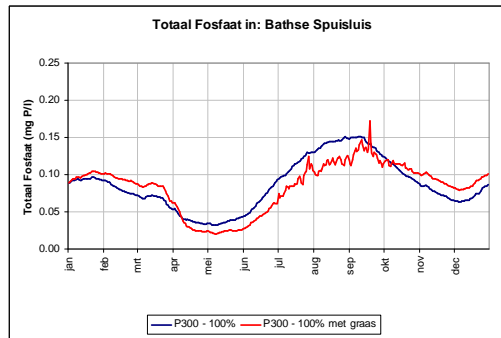
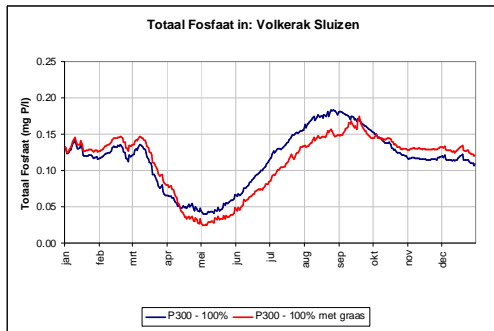
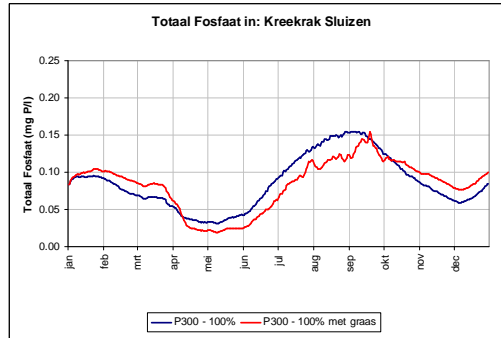
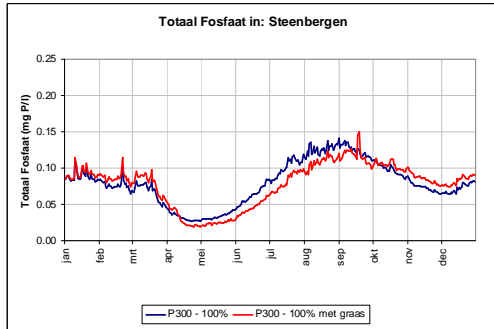
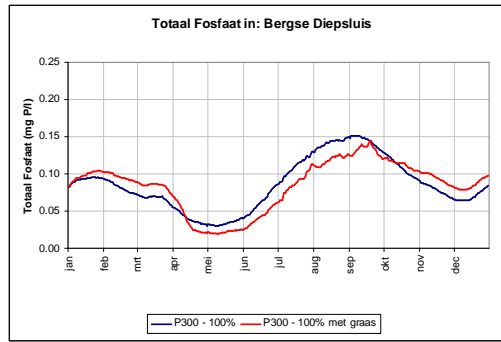
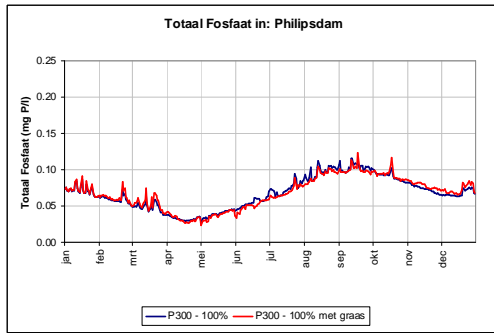


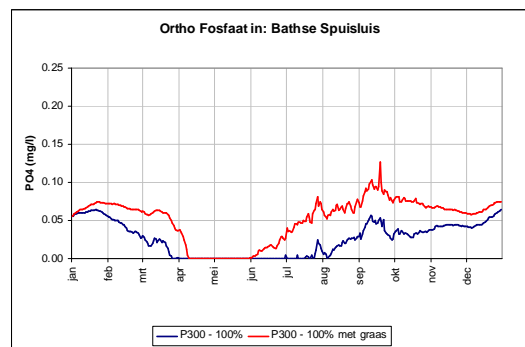
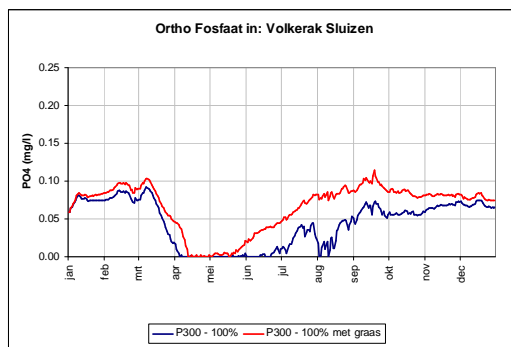
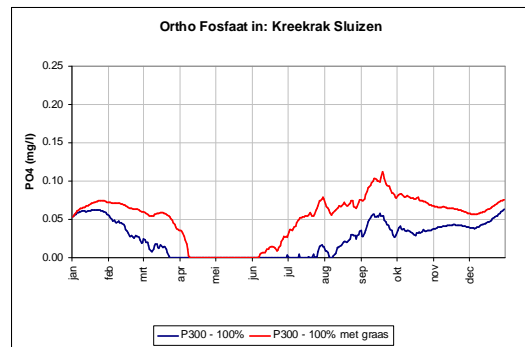
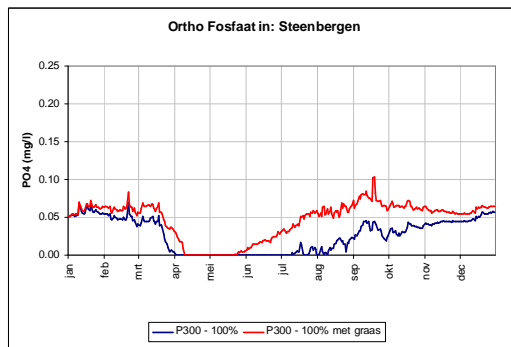
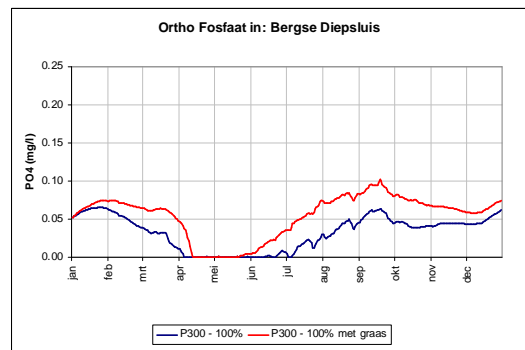
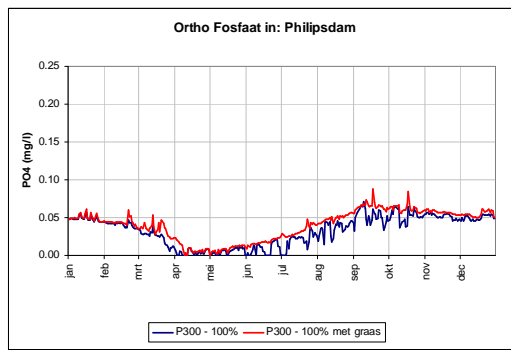
A.3 Philipsdam 300 m³/s (100% variant)



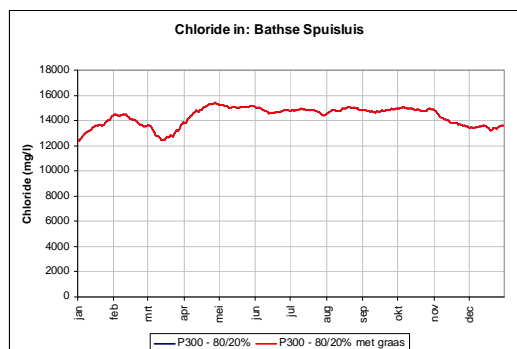
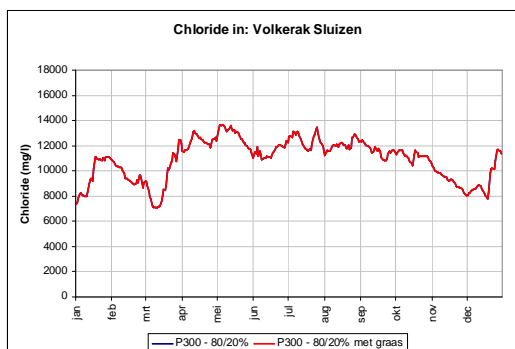
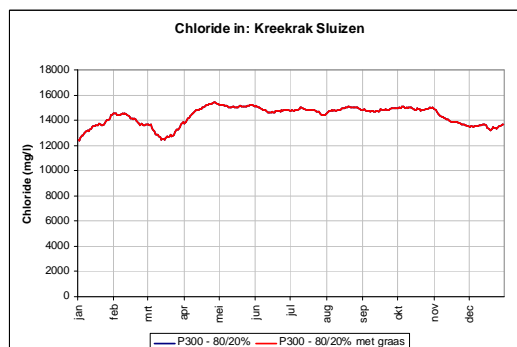
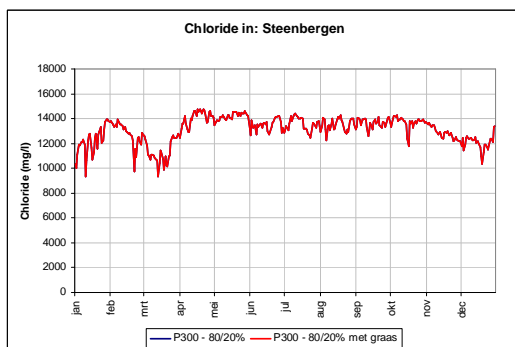
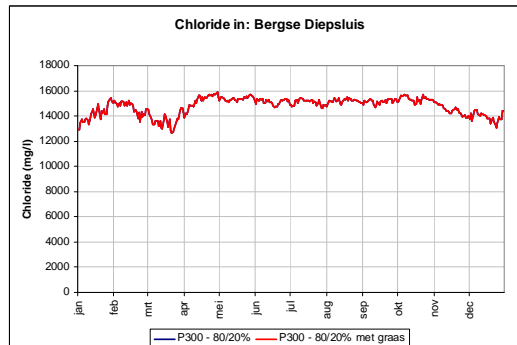
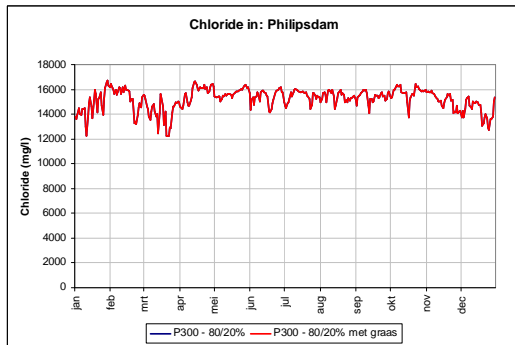


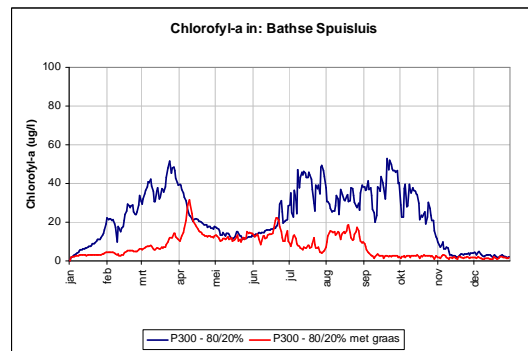
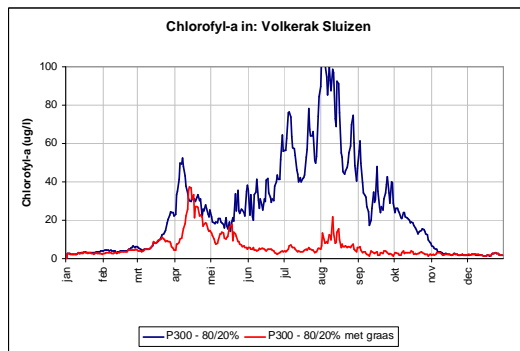
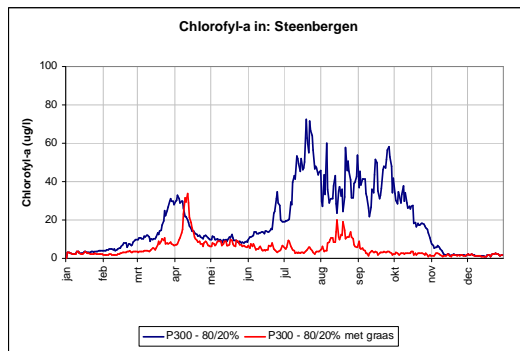
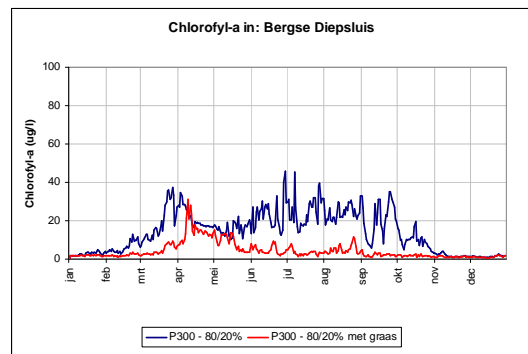
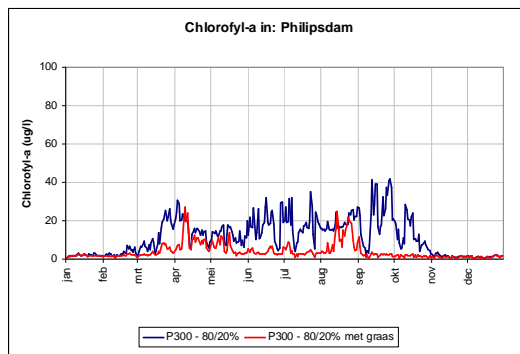


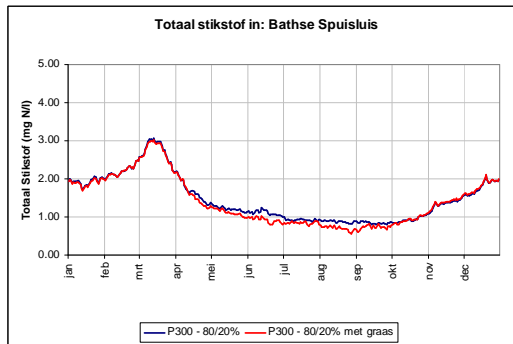
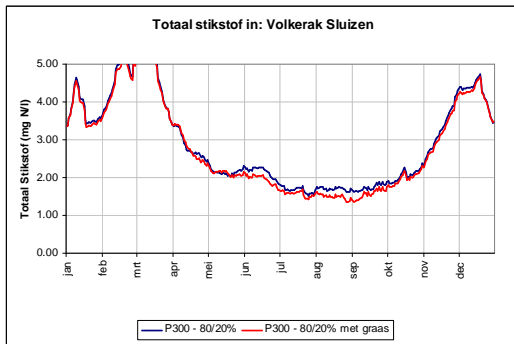
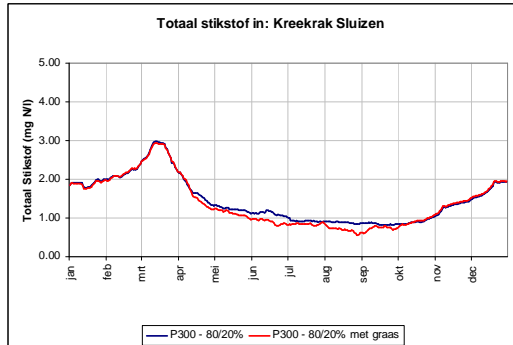
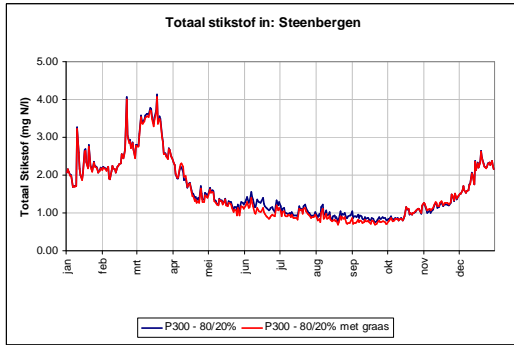
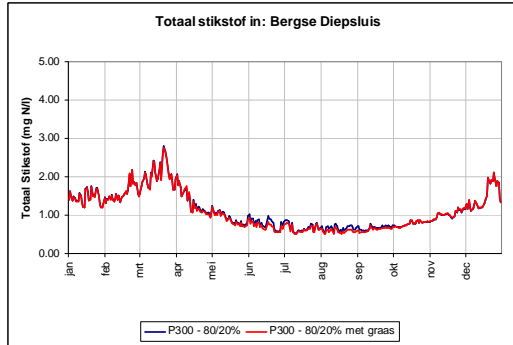
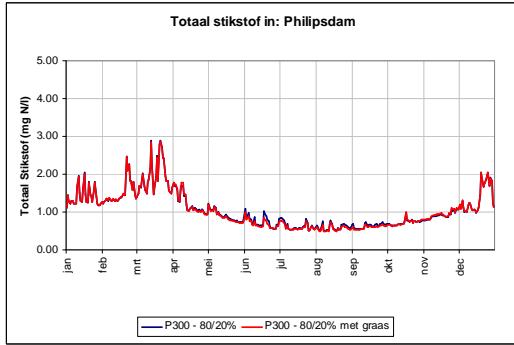


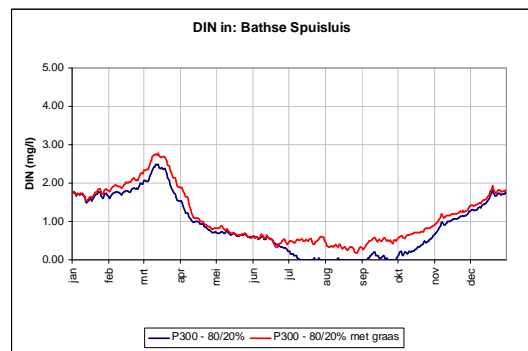
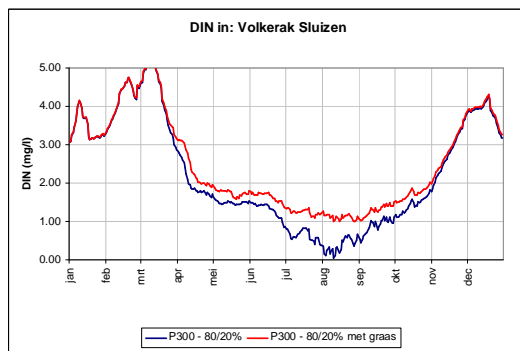
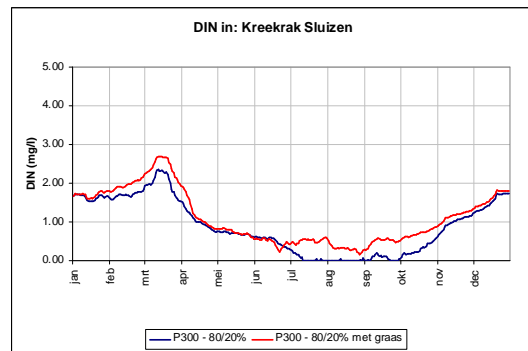
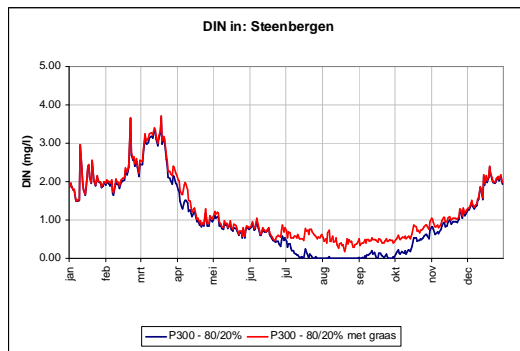
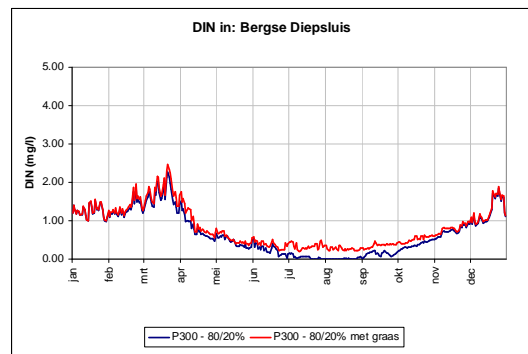
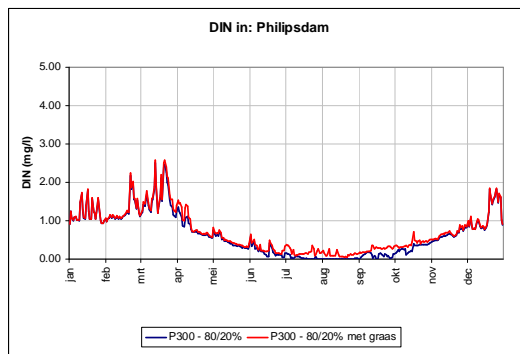


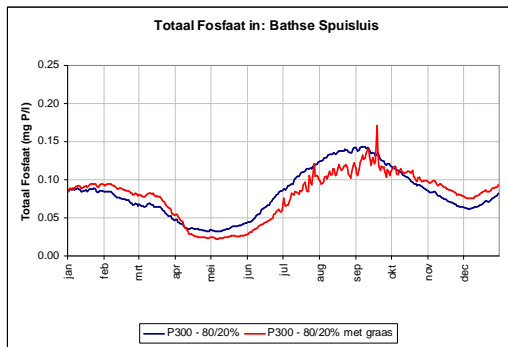
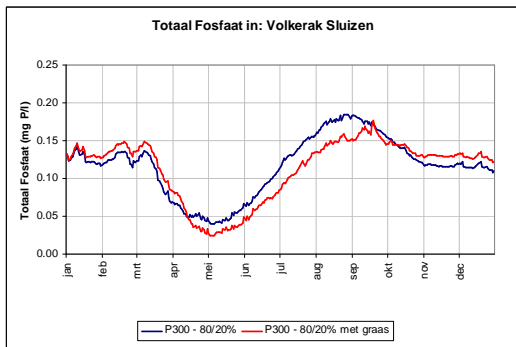
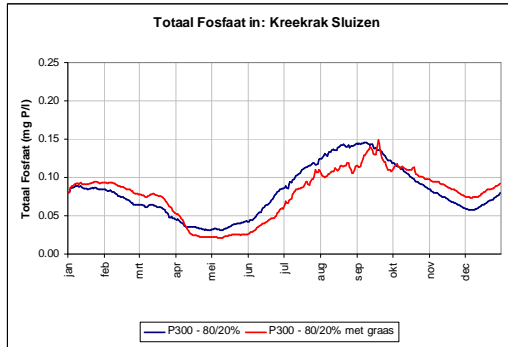
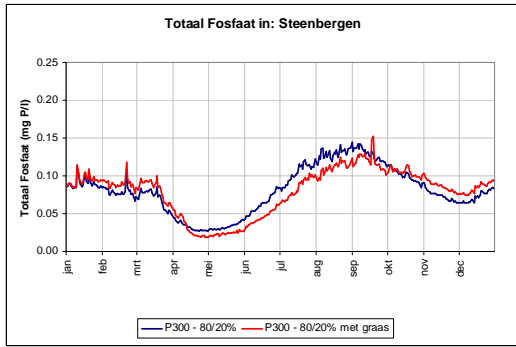
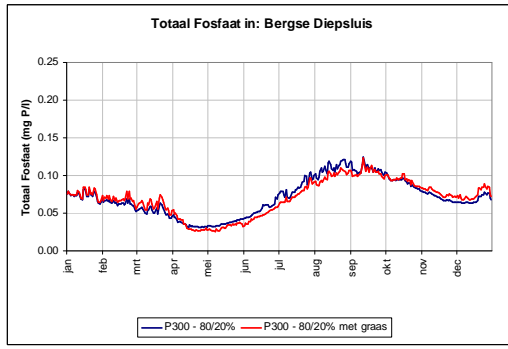
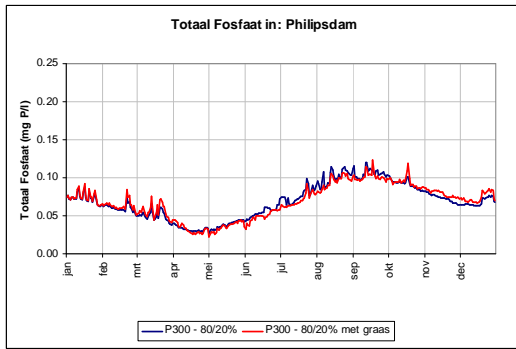
A.4 Philipsdam+Oesterdam 300 m³/s (80%-20% variant)

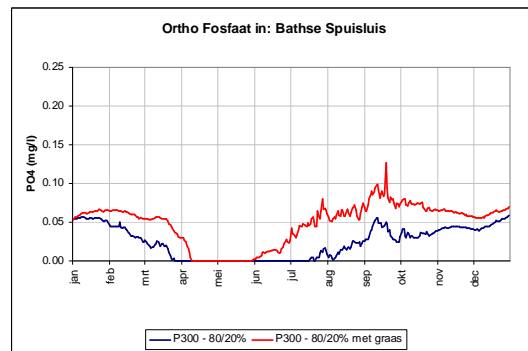
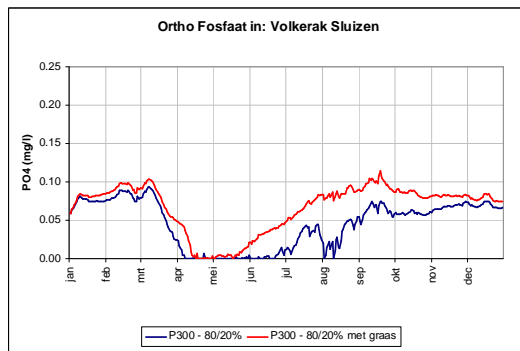
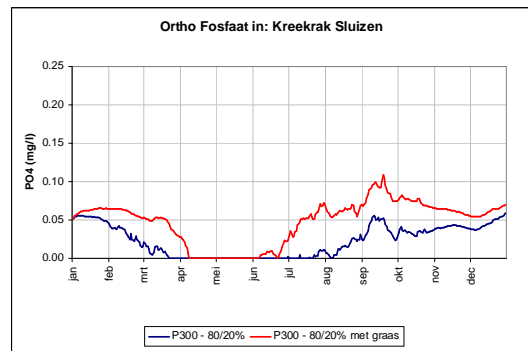
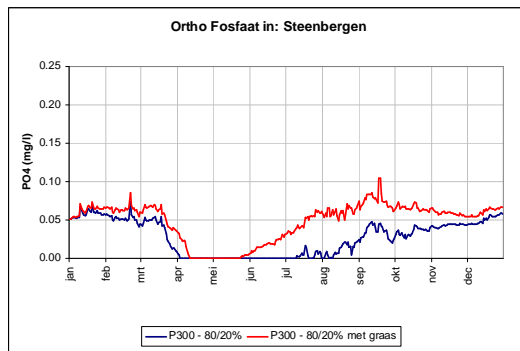
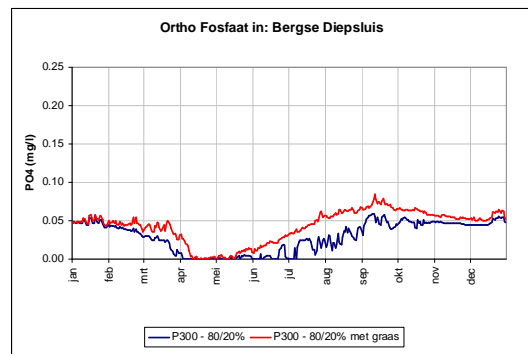
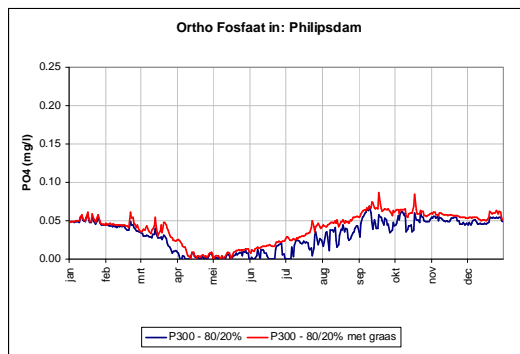




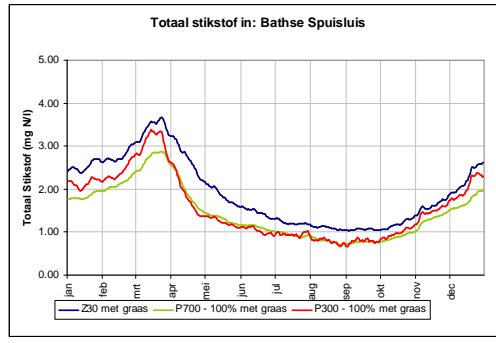
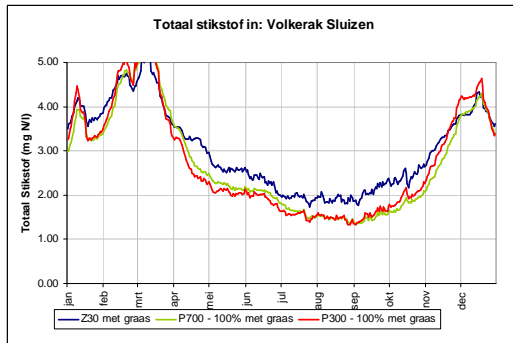
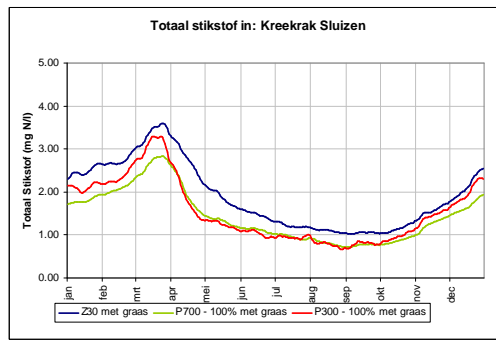
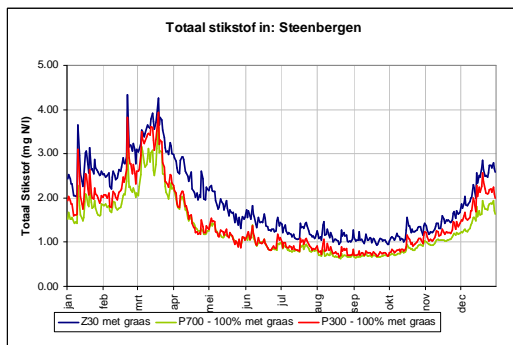
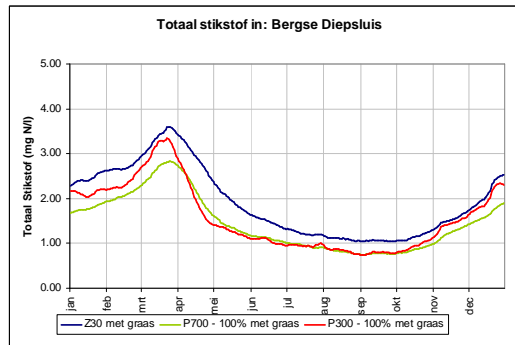
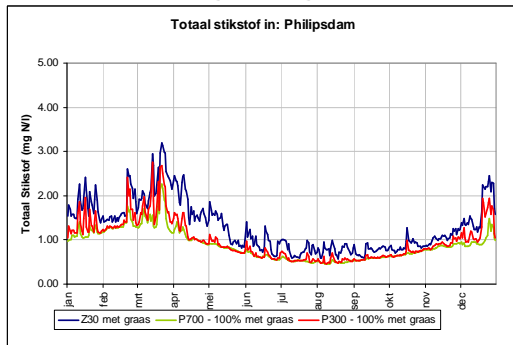


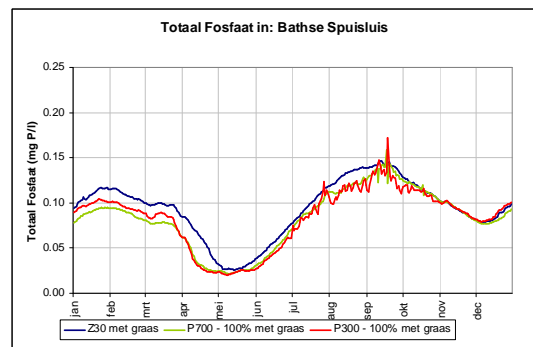
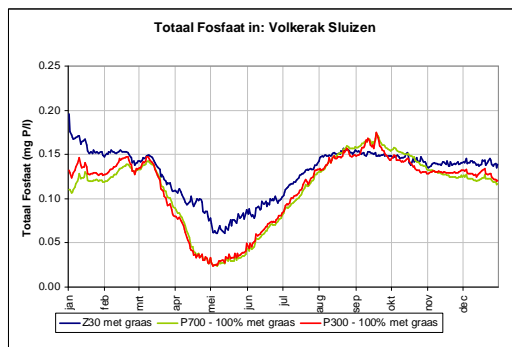
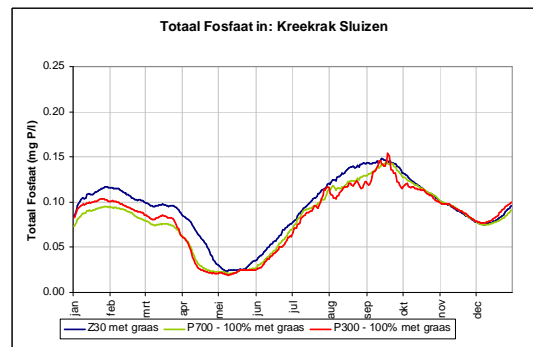
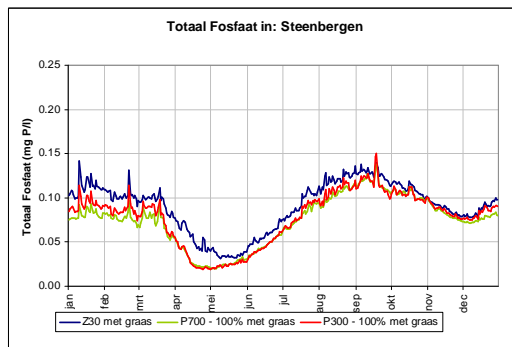
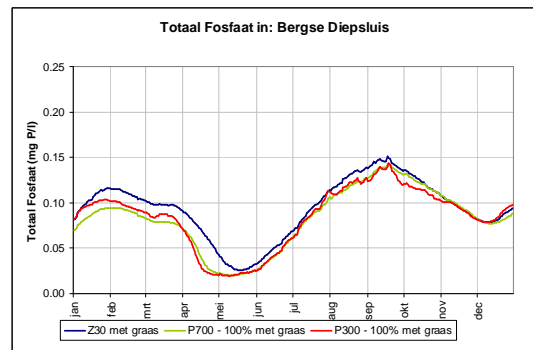
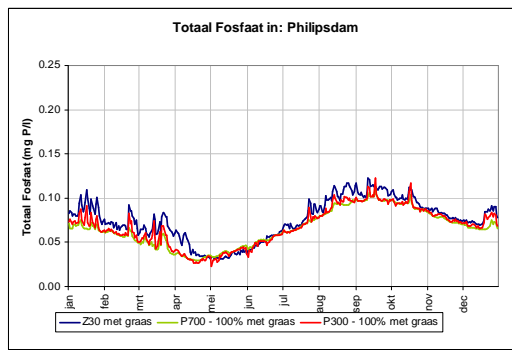


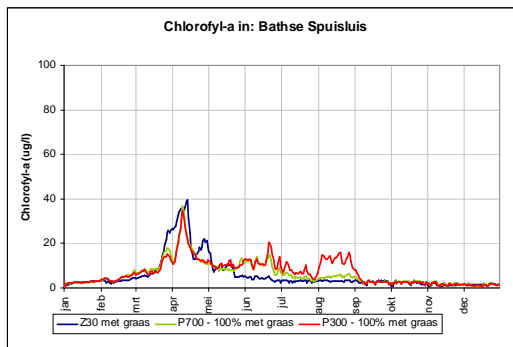
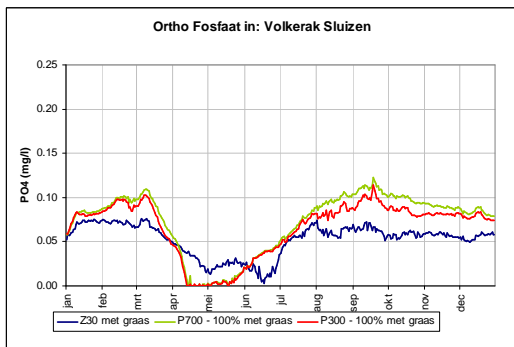
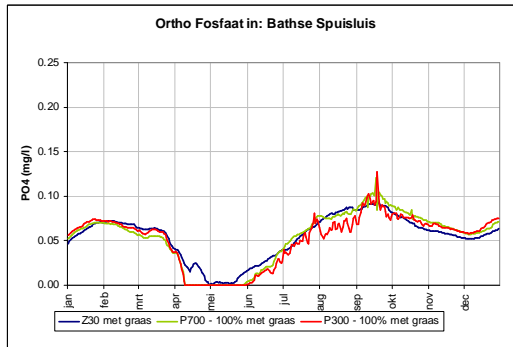
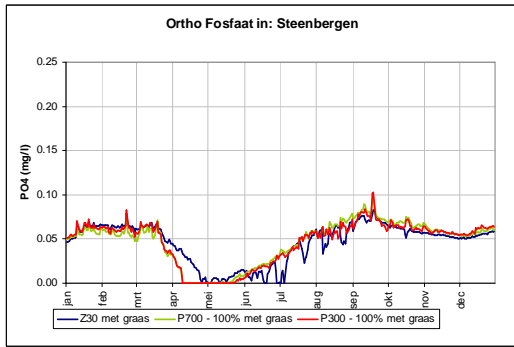
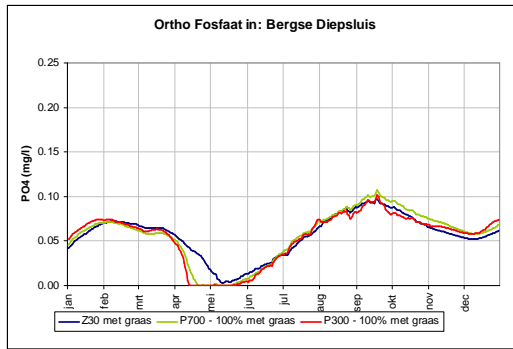
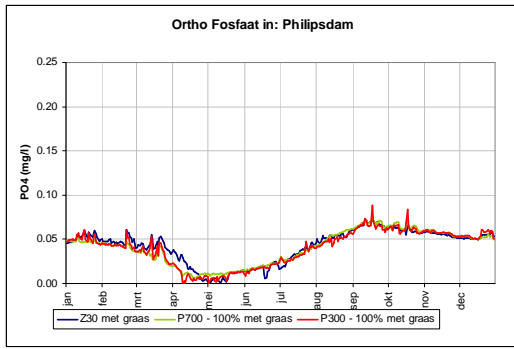




A.5 Vergelijking Zout-30, Philipsdam 700 m³/s en Philipsdam 300 m³/s onderling, met gras.

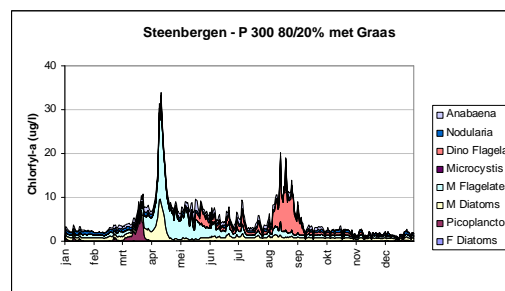
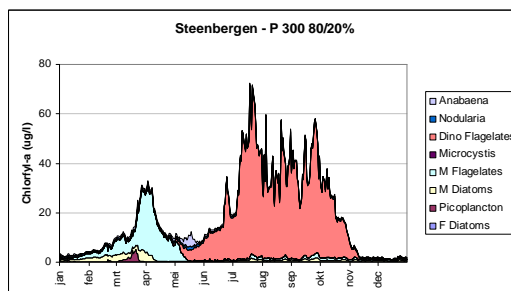
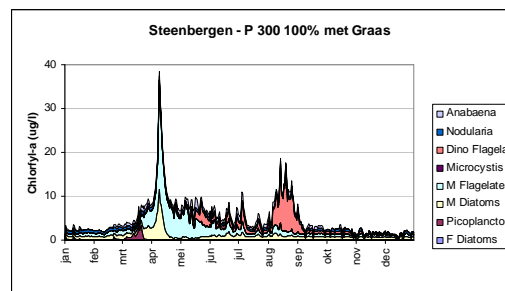
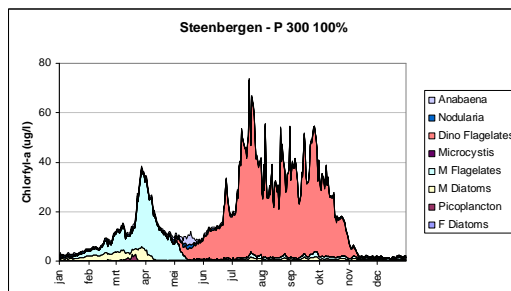
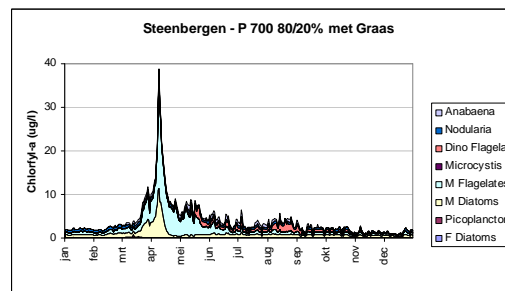
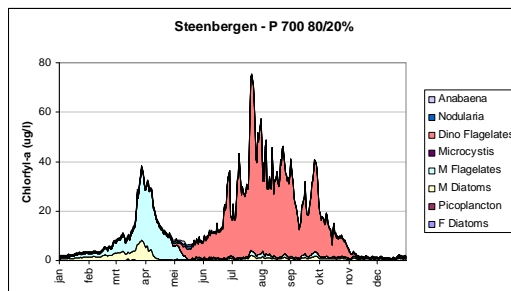
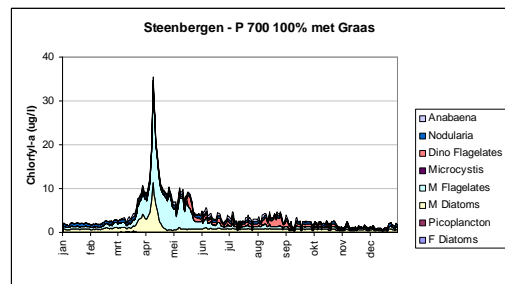
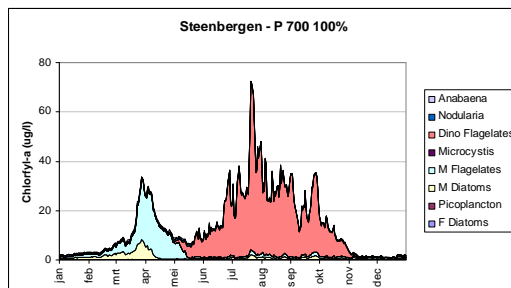
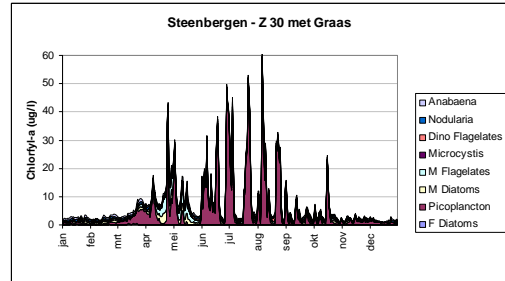
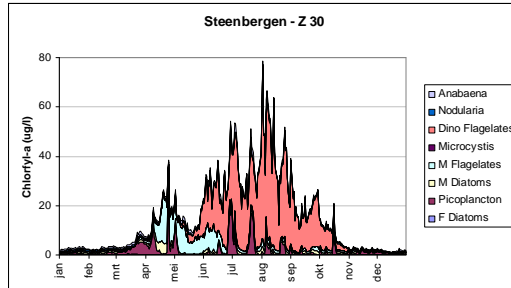






B Algensamenstelling

B.1 Locatie Steenberg



B.2 Locatie Zoommeer

