

Quick Scan Beheersvarianten Volkerak-Zoommeer

Quick Scan Beheersvarianten Volkerak-Zoommeer

RWS Waterdienst
W. Werkman

Deltares
J. van Zetten

September 2008

Inhoudsopgave

1.	Inleiding 5
1.1	Drie belangen, drie planstudies 5
1.2	Doel en afbakening 6
1.3	Leeswijzer 7
2.	Het Delta model 8
2.1	Inleiding 8
2.2	Prestaties model 8
2.3	Stuurknoppen VZM 9
2.4	Randvoorwaarden 10
3.	Scenario's 11
3.1	Inleiding 11
3.2	Keuze van scenario's 11
3.3	Dimensies en sturing kunstwerken 12
3.4	Klimaatverandering 16
3.5	Jaarkeuze 17
4.	Resultaten fase 1 18
4.1	Inleiding 18
4.2	Waterbalans 18
4.3	Waterstanden 21
4.4	Stroomsnelheid 28
4.5	Chlorositeit 30
5.	Resultaten fase 2 32
5.1	Inleiding 32
5.2	Optimalisatie sturing en dimensionering van kunstwerken 32
5.3	Waterbalans 35
5.4	Waterstanden 35
5.5	Chlorositeit 39
5.6	Analyse gecombineerd scenario 41
6.	Conclusies 44
7.	Referenties 46
Bijlage A	Debietverdeling per jaar in het noordelijk deltabekken en rond het Volkerak-Zoommeer 47

1. Inleiding

Het Volkerak-Zoommeer (VZM) staat volop in de belangstelling. Vanuit het oogpunt van veiligheid, scheepvaart en waterkwaliteit wordt gekeken naar mogelijkheden om de huidige situatie te verbeteren. Aangezien ingrepen in de waterhuishouding ten behoeve van een specifiek doeleinde beperkend of zelfs strijdig kunnen zijn met de overige aandachtsvelden kunnen de betreffende studies (Planstudie Waterkwaliteit VZM, Planstudie Waterberging VZM en de studie Rijn-Schelde corridor scheepvaart) niet los van elkaar worden gezien.

In het verleden heeft bij de voorbereiding van de planstudies het directe belang waartoe de studie is opgezet centraal gestaan. De overige aandachtsvelden worden vaak aangehaald maar niet integraal afgewogen. De Planstudie Waterkwaliteit bevindt zich inmiddels in een vergevorderd stadium. Nu ook de planstudie Waterberging en de scheepvaart studie van start zijn gegaan in 2007 heeft de roep om meer afstemming geleid tot een overlegstructuur. Vanuit dit afstemmingsoverleg is de vraag gekomen naar de consequenties voor de waterbeweging bij (combinaties van) ingrepen in de waterhuishouding van het VZM. Deze rapportage gaat in op deze vraag.

1.1 Drie belangen, drie planstudies

De drie betrokken studies worden hieronder kort geschreven.

Planstudie Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer

Het Volkerak-Zoommeer lijdt al jaren onder een blauwalgen probleem. De lange verblijftijd en de overmaat aan voedingsstoffen vanuit de Brabantse rivieren zijn hier debet aan. Blauwalgen veroorzaken overlast en milieuschade doordat ze giftige stoffen in het water brengen. De doelstelling van de planstudie is dat uiterlijk 2015 een goede waterkwaliteit bereikt wordt. In de planstudie zijn naast de huidige beheerspraktijk twee alternatieven onderzocht; een zoete en zoute variant. In beide varianten wordt de verblijftijd aanmerkelijk korter. In de planstudie is geconcludeerd dat de zoete variant niet effectief is. Alleen door het VZM met zout water, afkomstig uit de Oosterschelde, door te spoelen kan de waterkwaliteit zodanig worden verbeterd dat de blauwalgen verdwijnen. Door experts is duidelijk gemaakt dat hierbij voldoende dynamiek op het meer moet worden gecreëerd om geen hinder te ondervinden van andere algensoorten. Echter, ook met deze variant kan niet aan alle vooraf gestelde randvoorwaarden worden voldaan. Vervolgonderzoek, met de zoute variant als uitgangspunt, is dan ook nodig (en inmiddels gestart) voordat een definitieve keuze gemaakt kan worden. (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007).

Planstudie Waterberging Volkerak-Zoommeer

Met de goedkeuring van de PKB Ruimte voor de Rivieren is een nieuwe fase van start gegaan. In de Planstudiefase worden de maatregelen binnen het pakket van de PKB verder uitgewerkt tot projectbesluiten. Deze fase loopt van 2006 tot 2009. De verschillende projecten moeten uiterlijk 2015 worden uitgevoerd. Als onderdeel van het maatregelenpakket uit de PKB wordt de Planstudie Waterberging Volkerak-Zoommeer opgestart. De planstudie onderzoekt de wijze waarop het Volkerak-Zoommeer kan worden ingezet om snelle stijging van waterstanden in de Rijn-Maasmonding te voorkomen. De kans op het daadwerkelijk inzetten van de maatregel is - uitgaande van het huidige zeespiegelniveau en de rivierafvoeren waar voor de korte termijn rekening mee wordt gehouden - eens in de 1400 jaar. De berging van het water op het Volkerak - Zoommeer zal een periode in beslag nemen van twee tot acht dagen. Daarna wordt het water weer afgevoerd.

Rijn-Schelde corridor scheepvaart

De Volkeraksluizen verbinden het Hollandsch Diep en het Volkerak. Het sluisencomplex ligt op de scheepvaartroute Rotterdam-Antwerpen en is de drukste sluis in het beheersgebied van Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland. Als gevolg van het groeiende verkeersvolume en de verdere schaalvergroting van de scheepvaart wordt geconstateerd dat de passeertijden voor de scheepvaart bij de Volkeraksluizen tegen het maximaal geaccepteerde niveau van 45 minuten aanlopen en dat op korte termijn aanvang gemaakt moet worden met het uitbreiden van de doorvaart capaciteit bij de Volkeraksluizen. De ruimte beschikbaar voor uitbreiding van het sluisencomplex is beperkt. Een keersluis is mogelijk ter plaats van de bestaande spuisluizen. Een vierde kolk kan wellicht naast de bestaande schutsluizen worden gesitueerd. Een vierde kolk heeft ten aanzien van de waterbeweging in de zuidwestelijke delta weinig tot geen effect. Een keersluis, waarmee een semi-open verbinding wordt gecreëerd heeft dat echter wel. In 2004 is er vooruitlopend op de Planstudie Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer (met een vergelijkbaar model als in deze Quick Scan) een korte verkenning uitgevoerd naar de mogelijkheden van een (semi) open scheepvaartverbinding (RIZA, 2004). In die studie is de combinatie met de zoute variant van de Planstudie Waterkwaliteit op voorhand afgewezen (en dus verder niet onderzocht) in verband met de aangenomen verzilting van het Hollandsch Diep.

1.2 Doel en afbakening

Het project heeft tot doel om inzicht te verschaffen in consequenties van ingrepen in het beheer van het VZM ten behoeve van de drie planstudies. Dit inzicht moet het verdere proces van de (afstemming tussen) planstudies ondersteunen. De discussie kan worden gevoerd door het basismateriaal dat in deze Quick Scan wordt gepresenteerd.

In eerste instantie was de Quicksan niet opgezet om de haalbaarheid van verschillende beheersvarianten te onderzoeken. In een later stadium is de scope van de studie gewijzigd. Daarom worden twee fases van het onderzoek beschreven. Van de eerste fase wordt gepresenteerd wat de gevolgen zijn van de gekozen varianten. De beschreven gevolgen zijn beperkt tot de water- en zoutbeweging. De gekozen uitgangspunten en randvoorwaarden zijn zeer belangrijk voor de hier beschreven effecten. Optimalisatie van de beheersvarianten heeft in deze fase niet plaatsgevonden. Omdat de resultaten van de 1^e fase wezen op een ernstige verzilting van het Hollandsch Diep bij koppeling van een zout Volkerak en een semi-open verbinding met het Hollandsch Diep werd in de tweede fase gezocht naar een optimale sturing van kunstwerken om dit te voorkomen. Daarnaast zijn in de tweede fase enkele uitgangspunten voor de scenario's gewijzigd.

1.3 Leeswijzer

Voor grofstoffelijke effectbeschrijvingen is een ééndimensionaal hydraulisch model goed bruikbaar. Een dergelijk model van het studiegebied is in eerdere studies reeds opgezet. Hoofdstuk 2 behandelt dit Delta model. In overleg met betrokkenen van de drie studies zijn scenario's opgesteld. In verband met de beperkte doorlooptijd van het project zijn keuzes gemaakt voor de meeste interessante varianten. Hoofdstuk 3 beschrijft de gekozen scenario's. In hoofdstuk 4 en 5 worden de resultaten gepresenteerd van respectievelijk fase 1 en 2. De beschreven resultaten zijn waterbalansen, waterstanden, stroomsnelheden en chlorositeit. Hoofdstuk 6 bevat de conclusie van de studie.

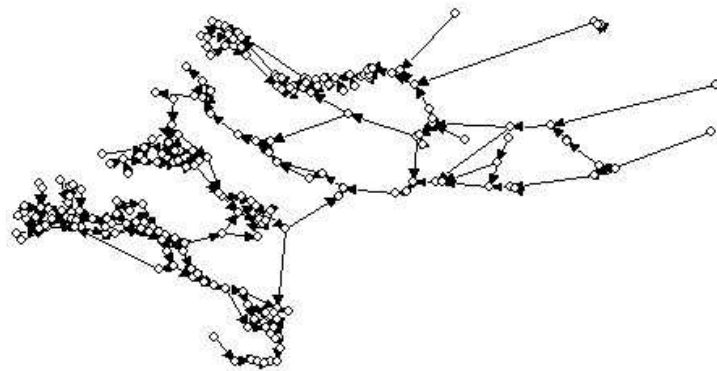
2. Het Delta model

2.1 Inleiding

In deze studie is gebruik gemaakt van een eendimensionaal hydraulisch model op basis van SOBEK. De eerste versie van dit model is opgezet om de waterstandverlagende effecten van een maatregel binnen de PKB Ruimte voor de Rivieren in het benedenrivierengebied te bepalen (Slootjes, 2004). In een later stadium is dit model aangepast en gebruikt om beheersvarianten en effecten van klimaatverandering te bepalen (Jacobs et al., 2006). Aangezien de Quick Scan gericht is op effecten in het Volkerak-Zoommeer is de schematisatie nu wederom aangepast. De Westerschelde is verwijderd uit de schematisatie waardoor de waterstand op de Westerschelde bij Bath nu een opgelegde randvoorwaarde is.

De huidige schematisatie is weergegeven in figuur 1.

Figuur 1
Schematisatie van het Delta model.



2.2 Prestaties model

De prestaties van het model is in deze Quick-Scan niet onderzocht. Hiervoor wordt teruggegrepen op een verificatie in een vorige studie (Jacobs et al., 2006). Daar zijn waterstanden en chlorideconcentraties vergeleken met modeluitkomsten op locaties in het VZM, Oosterschelde en Westerschelde. Geconcludeerd werd dat waterstanden goed worden gemodelleerd. Chlorideconcentraties in het model volgen de trend van de metingen goed, al liggen piekwaarde per getij op Ooster- en Westerschelde te laag. De chlorideconcentratie op het VZM werd in genoemde studie opgelegd aan het model. In de

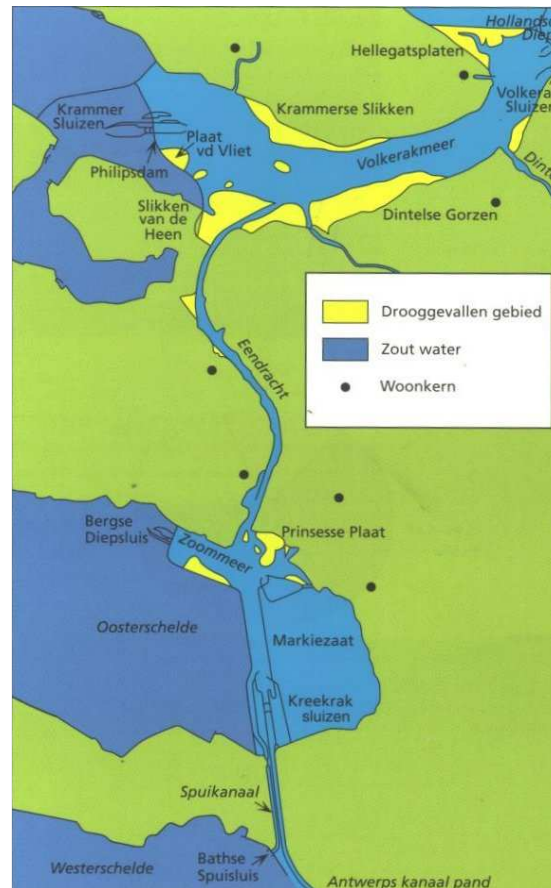
Quick Scan wordt dit echter wel berekend. Daarnaast wordt het VZM peil in deze berekeningen op een andere manier gestuurd. In de eerdere studie (Jacobs et al., 2006) werden gemeten debieten bij de Bathse spuisluis opgelegd, nu worden deze berekend (zie ook paragraaf 2.3).

Het Deltamodel is opgebouwd uit 2 oorspronkelijke model, Het Noordelijk Delta Model model en het model voor de Zuidwestelijke Delta. De hierboven beschreven verificatie betreft het deel van de Zuidwestelijke Delta. Het NDB model wordt veelvuldig voor verziltingsberekeningen en hydraulische berekeningen gebruikt. Het NDB model is uitgebreid gekalibreerd en geverifieerd. De beschrijvingen van de kalibratie en verificatie van het NDB model zijn opgenomen in werkdocumenten (Van Zetten, 2000 en Kraaijeveld, 2003).

2.3 Stuurknoppen VZM

Peil en doorstroming op het VZM wordt gestuurd door een aantal spui- en scheepvaartsluizen en de afvoer van het Mark-Vliet boezemsysteem (zie figuur 2).

Figuur 2
Het Volkerak-Zoommeer.



In het model worden deze stuurknoppen grofweg (in de huidige situatie) als volgt ingezet:

Aanvoer richting VZM via:

- 1) Continue schutverliezen bij de Volkeraksluizen.
- 2) Afvoer van het Mark-Vliet boezemsysteem (de rivieren De Dintel en de Steenbergse Vliet).

Water wordt afgevoerd via:

- 1) schutverliezen bij de Krammersluizen
- 2) terugpompen in overmaat bij de Kreekraksluizen
- 3) Spuisluizen bij Bath

Qua peilbeheer zijn de spuisluizen bij Bath de sluitpost. De afvoer wordt zodanig gestuurd dat het peilvariatie voldoet aan de gestelde normen in het Waterakkoord Volkerak-Zoommeer. Dat wil zeggen een ondergrens van NAP -0.10m en een bovengrens van NAP +0.15m.

Schutverliezen via de Bergsche Diepsluis zijn klein en dus niet meegenomen in het model.

In paragraaf 3.3 wordt nader ingegaan op de sturing van de kunstwerken bij de beheersscenario's.

2.4 Randvoorwaarden

De randen van het model worden gevormd door:

Rivierranden:

- Hollandsche IJssel bij Gouda
- Lek bij Hagestein
- Waal bij Tiel
- Maas bij Lith
- Schelde-Rijn verbinding bij de Kreekraksluizen

Zeeranden:

- Hoek van Holland
- Voordelta Haringvliet (2 locaties)
- Brouwershavense gat (4 locaties)
- Oosterschelde (11 locaties)
- Westerschelde: Bath zuid

Laterale toestroom:

- Mark-Vliet boezemsysteem

Voor de te beschouwen periode (zie paragraaf 3.3) zijn metingen van alle waterstanden en debieten verzameld. De afvoer van de Brabantse rivieren zijn verkregen van Waterschap Brabantse Delta. De tijdreeks van chlorideconcentraties op de Rijntakken en Maas zijn bepaald met relaties (Struijk en Jacobs, 2006) tussen afvoer en chlorideconcentratie in de periode rond het jaar 2000. De concentratie van de lozingen van Brabantse rivieren is op een constante waarden gehouden van 110 mg/l.

3.Scenario's

3.1 Inleiding

In overleg met betrokkenen van de drie studies zijn scenario's opgesteld. In verband met de beperkte doorlooptijd van het project zijn keuzes gemaakt voor de meeste interessante varianten. Bij de keuze van de scenario's is niet primair gekeken naar de haalbaarheid. Doorvaarthoogte, stroomsnelheden, peilfluctuatie, verblijftijd en verzilting zijn niet beperkend geweest t.a.v. de invulling van de scenario's.

3.2 Keuze van scenario's

De lijst van scenario's is weergegeven in tabel 1. Als referentiesituatie wordt de huidige situatie doorgerekend. Hierbij worden de Haringvlietsluizen gestuurd volgens het beheersprogramma van 'de Kier'. Bij het samenstellen van deze lijst is min of meer rekening gehouden met de verwachte tijdslijn. De Planstudie Waterkwaliteit is in een ver gevorderd stadium. De scheepvaart studie moet nog worden opgestart en de verwachting is dat beslissingen t.a.v. de waterkwaliteit in een eerder stadium zullen worden genomen. Dit leidt er toe dat twee varianten voor de 'waterkwaliteit' zijn meegenomen. De semi-open verbinding is daarentegen niet als alleenstaande maatregel bekeken. Waterberging staat niet in deze lijst van varianten. Waterberging kan bij alle hieronder genoemde beheersvarianten worden uitgevoerd. Belangrijker is daarnaast de scope van deze Quick-Scan: gekeken wordt naar de effecten onder dagelijkse beheer. Waterberging op het VZM zal naar verwachting eens per 1400 jaar worden ingezet. Nadelige effecten voor ecologie en scheepvaart zijn onder dergelijke kritieke omstandigheden een stuk minder relevant. Voor onderzoek naar waterstandsverlagende effecten van onderstaande varianten is uitgebreid onderzoek nodig naar de uitgekende sturing van de kunstwerken. Kortom, waterstandsverlagende effecten worden niet beschouwd in deze Quick-Scan.

De scheepvaart corridor is ingevuld met een semi-open verbinding bij de Volkeraksluizen (RIZA, 2004). Dit betekent een open verbinding voor de scheepvaart tussen Hollandsch Diep en het VZM. Om het peil op het VZM te beperken sluit de keersluis indien het peil op het Hollandsch Diep stijgt boven NAP +1.0 m. Deze semi-open verbinding is gecombineerd met de twee varianten vanuit het oogpunt van waterkwaliteit.

De meest waarschijnlijke variant van de Planstudie Waterkwaliteit (hier scenario 3, meest waarschijnlijk omdat hier voldoende peilfluctuatie en doorstroming wordt gecreëerd), gecombineerd met de semi-open

verbinding, is verder uitgewerkt voor de Haringvlietsluizen volgens Getemd Getij en klimaatverandering. I.v.m. de eerder genoemde tijdslijn is dus ook Getemd Getij, dat wordt gezien als een langere termijn maatregel, pas bij gecombineerde beheersscenario's beschouwd. Klimaatverandering zal effect hebben op de zoetwatervoorziening in het Noordelijk Deltabekken. Het KNMI heeft in 2006 een viertal scenario's afgeleid. In het Landelijk Bestuurlijk Overleg Water (LBOW) is bepaald dat het G+ scenario bij bestuurlijke afwegingen als bovenscenario kan worden aangehouden wanneer droogte en verzilting worden beschouwd.

Tabel 1
Beheersvarianten in de Quick-Scan.

Scenario	Beheer Haringvlietsluizen	Doorlaatmiddel Philipsdam	Semi-open verbinding HD-VZM	Klimaat
1	Kier	Nee	Nee	Huidig
2	Kier	Klein	Nee	Huidig
3	Kier	Groot	Nee	Huidig
4	Kier	Klein	Ja	Huidig
5	Kier	Groot	Ja	Huidig
6	Getemd Getij	Groot	Ja	Huidig
7	Kier	Groot	Ja	G+
8	Getemd Getij	Groot	Ja	G+

3.3 Dimensies en sturing kunstwerken

In de voorgaande paragraaf zijn de beheersvarianten beschreven. Hieronder wordt ingegaan op de dimensies van de van belang zijnde kunstwerken in het VZM en daarnaast de wijze waarop de kunstwerken worden ingezet. Ten slotte wordt het beheer van de Haringvlietsluizen kort beschreven.

De hier beschreven studie heeft twee fases doorlopen. In eerste instantie zijn scenario's doorgerekend waarvan achteraf de gekozen uitgangspunten (dimensie en aansturing kunstwerken) ter discussie zijn gesteld. Dit heeft geleid tot een nieuwe rekensessie. Beide fases worden hier gerapporteerd omdat uit beide fases nuttige informatie naar voren is gekomen. De grote verschillen tussen fase 1 en 2 zijn:

- In fase 1 is bij de Philipsdam gekozen voor een doorlaatcapaciteit onafhankelijk van het peil op het VZM. Het gevolg hiervan is dat het VZM peil door inzet van het doorlaatmiddel flink is gestegen. In fase 2 wordt het doorlaatmiddel meer actief gestuurd om het gewenste (lage) VZM peil te bereiken.
- In fase 1 werd bij de combinatie scenario's (zout VZM + semi-open verbinding) gekeken wat de effecten waren bij de gekozen instellingen. In fase 2 is gezocht naar een mogelijke aansturing van de verschillende kunstwerken om een gewenste situatie te bereiken (minimale uitwisseling tussen VZM en Hollandsch Diep).

Een nadere uitleg over de verschillende instellingen volgt hieronder.

Instellingen fase 1.

In tabel 2 zijn voor alle scenario's de instellingen van de kunstwerken weergegeven. Naast de dimensies is voor het overzicht ook het standaard schutverlies weergegeven. Om de gewenste peilfluctuatie te bereiken kan in het model de doorlaatopening, afhankelijk van de stromingsrichting worden aangepast (in werkelijkheid overeenkomend met een aanpassing van kleppen of schuifstanden). Deze sturing is aangegeven in de laatste twee kolommen. Tien procent reductie betekent dat de doorlaatopening tien procent afneemt.

.....
Tabel 2
 Sturing van kunstwerken in de beheersvarianten. Fase 1.

Kunstwerk	Scenario	Schutverlies (m ³ /s)	Drempel (m t.o.v. NAP)	Breedte (m)	Reductie inlaat (%)	Reductie uitlaat (%)
Volkeraksluizen	1	20	nvt	nvt	nvt	nvt
	2,3	30	nvt	nvt	nvt	nvt
	4,5,6,7,8	nvt	-6.25	150	nvt	nvt
Krammersluizen	1	9	nvt	nvt	nvt	nvt
	2 tm 8	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
Dlm Philipsdam	2, 4	nvt	-4.00	15	0%	50%
	3	nvt	-7.50	60	0%	50%
	5,6,7,8	nvt	-7.50	60	10%	45%
Kreekraksluizen	1 tm 8	3	nvt	nvt	nvt	nvt
Bathse Spuisluis	1 tm 8	nvt	-5.00	17	100%	Regelbaar

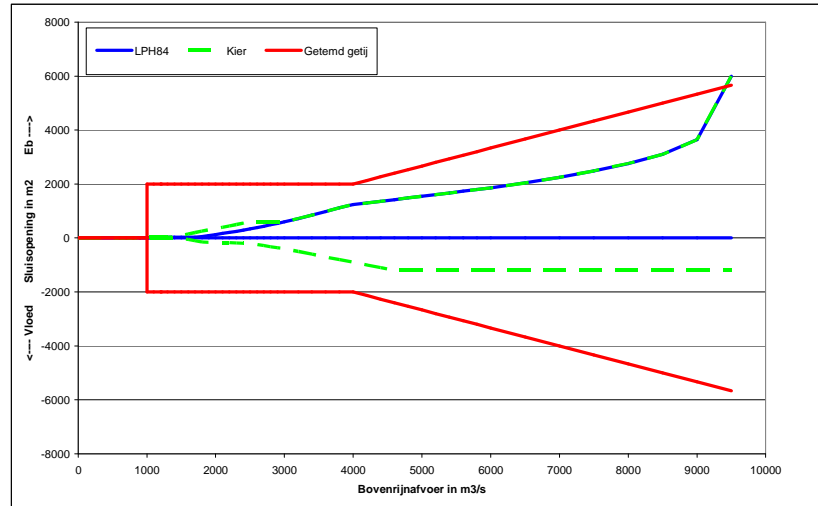
De dimensies van de keersluis zijn afgeleid van de eerdere RIZA studie (2004). De breedte van 150 m is volgens deze studie de maximaal mogelijke breedte. De Bathse spuisluis is in alle varianten de sluitpost. Afvoer vindt plaats indien het peil op de Westerschelde dit toelaat en het peil op het VZM nabij Nieuw-Vossemeer boven NAP +0.05m stijgt. De maximale daggemiddelde afvoer bedraagt hier 125 m³/s.

Het doorlaatmiddel in de Philipsdam wordt in de verschillende scenario's wisselend ingezet. In scenario 2 en 4 is zodanig gestuurd dat het peil op het VZM 50 cm fluctueert. Voortschrijdend inzicht in de planstudie Waterkwaliteit heeft geleerd dat de hier gekozen doorlaatopening (60 m²) te klein is voor voldoende doorstroming in het VZM. Besloten is om in scenario 3 en 5 te streven naar een gemiddelde instroom van 650 m³/s en uitstroom van 600 m³/s. Aangezien er in scenario 3 geen open verbinding met het Hollandsch Diep is maar wel in scenario 5, is de sturing in scenario 5 verder aangepast om grofweg dezelfde debietverdeling voor het doorlaatmiddel in de Philipsdam te verkrijgen. De dimensies en sturing van het doorlaatmiddel in scenario 5 zijn gehandhaafd in scenario's 6 t/m 8.

De Haringvlietsluizen worden in de referentiesituatie gestuurd volgens de Kier. In twee scenario's word dit programma vervangen door Getemd Getij. In onderstaande figuur is de relatie weergegeven tussen afvoerniveau (Lobith) en sluisopening voor het huidige beheer (LPH

84), de Kier en Getemd Getij. Bij de variant Getemd Getij zijn de sluisopeningen tijdens eb en vloed even groot. Bij De Kier is de vloedopening kleiner dan de ebopening. Op jaarbasis zijn bij vloed de sluisen bij LPH'84 nooit geopend. Bij de Kier en Getemd Getij zijn 95% van de tijd de sluisen zowel bij eb als vloed (deels) geopend. In tabel 3 zijn gemiddelde hoog- en laagwaterstanden, getijslag en middenstand weergegeven voor de locatie Moerdijk. De middenstand neemt in deze reeks beheerprogramma's af, de getijslag neemt toe.

Figuur 3
Sluisprogramma Haringvlietsluizen volgens LPH84, de Kier en Getemd Getij. (De Goederen et al. 2006)



Tabel 3
Gemiddelde hoog- en laagwaterstanden, getijslag en middenstand op de locatie Moerdijk voor sluisbeheer volgens LPH'84, de Kier en Getemd Getij (in m t.o.v. NAP).

	Hoogwater	Laagwater	Getijslag	Middenstand
LPH'84	0.70	0.40	0.30	0.55
De Kier	0.70	0.30	0.40	0.50
Getemd Getij	0.85	-0.10	0.90	0.35

Instellingen fase 2

Zoals eerder beschreven bleek naar aanleiding van de resultaten van fase 1 (beschreven in hoofdstuk 4) dat de uitgangspunten onwenselijke resultaten leverde.

Het 'knijpen' van de doorlaatopening in de Philipsdam (met als doel een goede debietverdeling) heeft als neveneffect dat het peil in het VZM toeneemt. De capaciteit van de Bathse Spuisluis is onvoldoende om het peil op het VZM binnen de laagwater periode voldoende naar beneden te krijgen. Dit is in fase 2 verholpen door de doorlaatopening afhankelijk te maken van het peil op het VZM. Ook de aansturing van de Bathse Spuisluis is aangepast al heeft dit minder effect op het VZM peil dan de wijziging bij de Philipsdam.

Daarnaast is de gewenste debietverdeling in fase 1 (bij scenario's 2 t/m 5) niet bereikt in de sommen. Dit is veroorzaakt doordat de rekenperiode waarop het model is afgesteld om een goede debietverdeling te krijgen teveel afweek van de gemiddelde situatie in de drie jaren. In fase 2 is gezocht naar een meer representatieve periode.

Vanwege nieuwe inzichten vanuit de Planstudie Waterkwaliteit VZM zijn nieuwe uitgangspunten gekozen voor scenario 3: een verlaagd streefpeil (NAP -0.10 m), een instroom-uitstroomverdeling bij de Philipsdam van 300/240 m³/s, een verlaagde aanvoer vanuit het Hollandsch Diep en in plaats daarvan doorspoeling via de Brabantse rivieren (totaal 10 m³/s).

Als laatste dus de aansturing bij combinatie van een zout VZM en een semi-open verbinding. Gezocht is naar een sturing waardoor de uitwisseling bij de 150 meter brede opening tussen Hollandsch Diep en VZM beperkt blijft. Gestreefd wordt naar een gemiddelde instroom vanuit Hollandsch Diep (5 m³/s). Ook bij de verschillende getijperiodes dient de uitwisseling beperkt te blijven. Dus geen grote plas zout water richting het Hollandsch Diep of zoet water richting VZM. Deze wens geldt voor alle scenario's met de gecombineerde maatregelen (4 t/m 8).

Tabel 4 toont de gewenste debietverdeling en de streefpeilen van het VZM bij de fase 2 berekeningen. Als velden leeg zijn betekent dit dat hier niet op is gestuurd.

Tabel 4
Gewenste situatie voor de acht scenario's in fase 2.

Scenario	Middenstand VZM t.o.v. NAP	Peilvariatie VZM	Aanvoer uit HD m ³ /s	Aanvoer uit Brabant m ³ /s	Debietverdeling Philipsdam m ³ /s
1	0	NAP -0.10 tot +0.15	20	13	-
2	0	NAP -0.10 tot +0.15	30	13	100 in/55 uit
3	-0.10	30 cm getijslag	5	23	300 in/240 uit
4				13	100 in/55 uit
5				23	300 in/240 uit
6				23	300 in/240 uit
7				23	300 in/240 uit
8				23	300 in/240 uit

De doorlaatopening in de Philipsdam wordt bij deze berekeningen geregeld zoals in tabel 5 is weergegeven. In scenario's 2 en 3 wordt de doorlaatopening afgestemd op het peil in het VZM nabij Steenberg. In scenario 4 wordt de doorlaatopening afgestemd op het debiet vanuit Hollandsch Diep richting VZM. In hoofdstuk 5 zal de hier beschreven keuze worden toegelicht. Vooruitlopend op de resultaten: omdat de gewenste beperkte uitwisseling tussen Hollandsch Diep en VZM in scenario 4 niet kon worden verwezenlijkt zijn scenario's 5 t/m 8 ook niet verder bekeken. Dat is de reden dat de instellingen voor deze scenario's ook niet worden genoemd in tabel 5. Een positief debiet door

de semi-open verbinding bij de Volkeraksluizen (scenario 4) betekent een stroming van Hollandsch Diep naar het VZM. De waarde van 2000 m³/s is willekeurig maar wel zo hoog dat dit debiet niet bereikt wordt.

Tabel 5
Sturing van het doorlaatmiddel in de Philipsdam. Fase 2.

Scenario	Stromings- richting	Breedte m	Drempel (m t.o.v. NAP)	Geheel gesloten (SB = Steenbergen, VS = Volkeraksluizen)	Geheel geopend
2	In	60	-5	Peil SB > 0.10	Peil SB < 0.02
2	Uit	7	-5	Peil SB < -0.11	Peil SB > -0.10
3	In	350	-5	Peil SB > 0.10	Peil SB < -0.20
3	Uit	60	-5	Peil SB < -0.21	Peil SB > -0.10
4	In	130	-5	Debiet VS < 0	Debiet VS > 2000
4	Uit	115	-5	Debiet VS > 0	Debiet VS < -2000

Ook de Bathse Spuisluis wordt anders aangestuurd. In fase 1 werd afgevoerd via deze spuisluis bij een peil op de Eendracht hoger dan NAP +0.05m. In fase 2 is deze drempel verlaagd naar NAP -0.10 bij scenario 2 en 4. In scenario 3 ligt deze drempel op NAP -0.25.

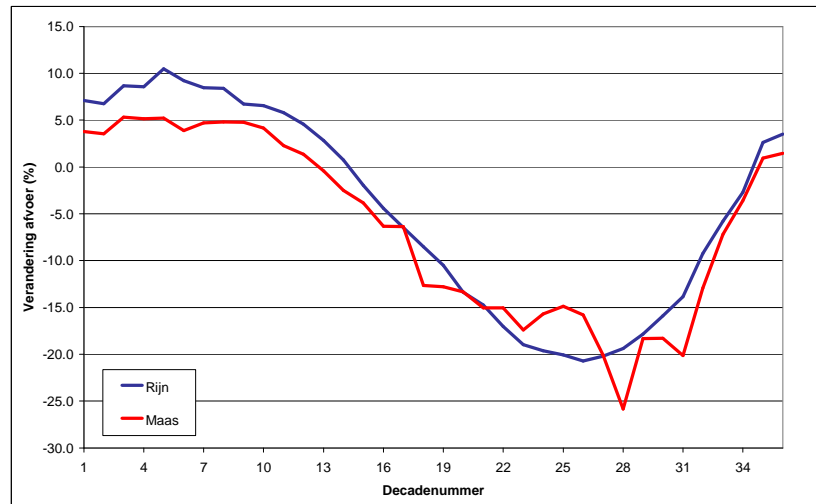
3.4 Klimaatverandering

De voor deze studie belangrijke effecten van het G+ scenario zijn zeespiegelstijging en verandering van rivierafvoer.

KNMI heeft een bandbreedte gegeven voor zeespiegelstijging in 2050 voor de vier scenario's (KNMI, 2006). Voor het G+ scenario is dit 15 tot 25 cm t.o.v. het jaar 1990. In deze studie is ten opzichte van de gemeten zeewaterstanden (scenarios 1 tm 6) 25 cm toegevoegd in de G+ scenario's (7 en 8).

Op basis van de KNMI klimaatscenario's heeft RIZA een doorvertaling gemaakt naar verandering van de rivierafvoeren met Rhineflow en Meuseflow modellen (Van Deursen, 2006). Onderstaande grafiek toont de verandering van de afvoer voor Rijn en Maas per decade (10 daagse tijdstap). De afvoer in de zomer daalt met maximaal 25% ten opzichte van de huidige situatie.

Figuur 4
 Procentuele verandering van Rijn en Maas afvoeren bij het KNMI G+ scenario voor 2050.



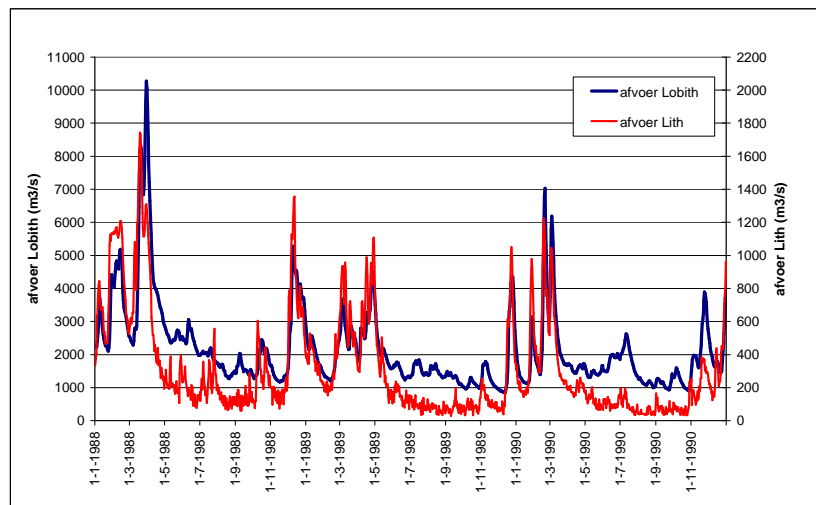
De chlorideconcentraties van de bovenrivieren in de G+ scenario's is onveranderd ten opzichte van de huidige scenario's. Hiervoor is gekozen om de interpretatie van de resultaten te vereenvoudigen.

3.5 Jaarkeuze

De jaren 1988 t/m 1990 worden in deze Quick-Scan geanalyseerd. Deze jaren zijn qua variatie en gemiddelde representatief voor de langjarige hydrologische toestand (Jacobs et al., 2006).

Figuur 5 toont de rivierafvoeren bij Lobith en Lith. De grootste afvoer vindt plaats in maart 1988. In december 1989 daalt de Rijnafvoer tot 855 m³/s. In 1990 is de verzilting van de Rijn-Maasmonding sterk beïnvloed door het grote aantal stormen dat jaar.

Figuur 5
 Verloop van Rijn en Maasafvoer in de periode 1988 t/m 1990.



4. Resultaten fase 1

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de eerste fase resultaten van de modelstudie. De waterbalans van het VZM geeft de gemiddelde situatie weer voor de drie doorgerekende jaren. De effecten van de beheersvarianten op de waterstanden, stroomsnelheden en chlorideconcentraties worden gepresenteerd door te kijken naar de gemiddelde waarde en de variatie middels de 5% en 95% percentielen. Door de keuze voor deze percentielwaarden in plaats van minimale en maximale waarden, wordt een duidelijk beeld gegeven van de variatie zonder dat extreme uitschieters het beeld vertroebelen. Waterstanden en chlorositeiten worden gepresenteerd voor een groot aantal locaties. De stroomsnelheid is voornamelijk interessant daar waar de scheepvaart hinder zou kunnen ondervinden.

4.2 Waterbalans

De gemiddelde inkomende en uitgaande debieten over de drie doorgerekende jaren zijn weergegeven voor alle acht scenario's in figuur 6. De rode cijfers geven de gemiddelde inkomende of uitgaande debieten weer bij locaties waar de stromingsrichting binnen de periode varieert. Het netto debiet staat in alle gevallen binnen de pijlen weergegeven. In Bijlage 1 zijn de hier getoonde balanst termen per jaar uitgesplitst en daarnaast ook de belangrijkste takken in het noordelijk deltabekken toegevoegd.

In alle scenario's zijn de debieten bij de Kreekraksluizen en de Brabantse Rivieren gelijk gebleven. De afvoer van de Brabantse rivieren is in de scenario's met klimaatverandering met dezelfde factor aangepast als de Maas. Gemiddeld over drie jaar rest hiervan na afronding echter geen verschil met de overige scenario's.

In scenario 1 (huidige situatie) zijn alle posten opgelegd, behalve de uitstroom bij de Bathse spuisluis. In scenario 2 is gestuurd op de weergegeven debietverdeling bij het doorlaatmiddel in de Philipsdam. Daarnaast is de doorspoeling/schutverlies vanuit het Hollandsch Diep toegenomen tot 30 m³/s. In scenario 3 is gestuurd op het doorlaatmiddel in de Philipsdam: 650 m³/s aanvoer en 600 m³/s afvoer. Het resultaat van de berekeningen voor scenario 3 geeft een iets ander beeld waardoor netto 77 m³/s binnenstroomt. Het model is op de eerste dagen van de rekenperiode afgesteld. Blijkbaar is deze afregelperiode tekort geweest om te komen tot de gewenste debietverdeling. Ditzelfde geldt voor scenario 5. Hier is het verschil nog

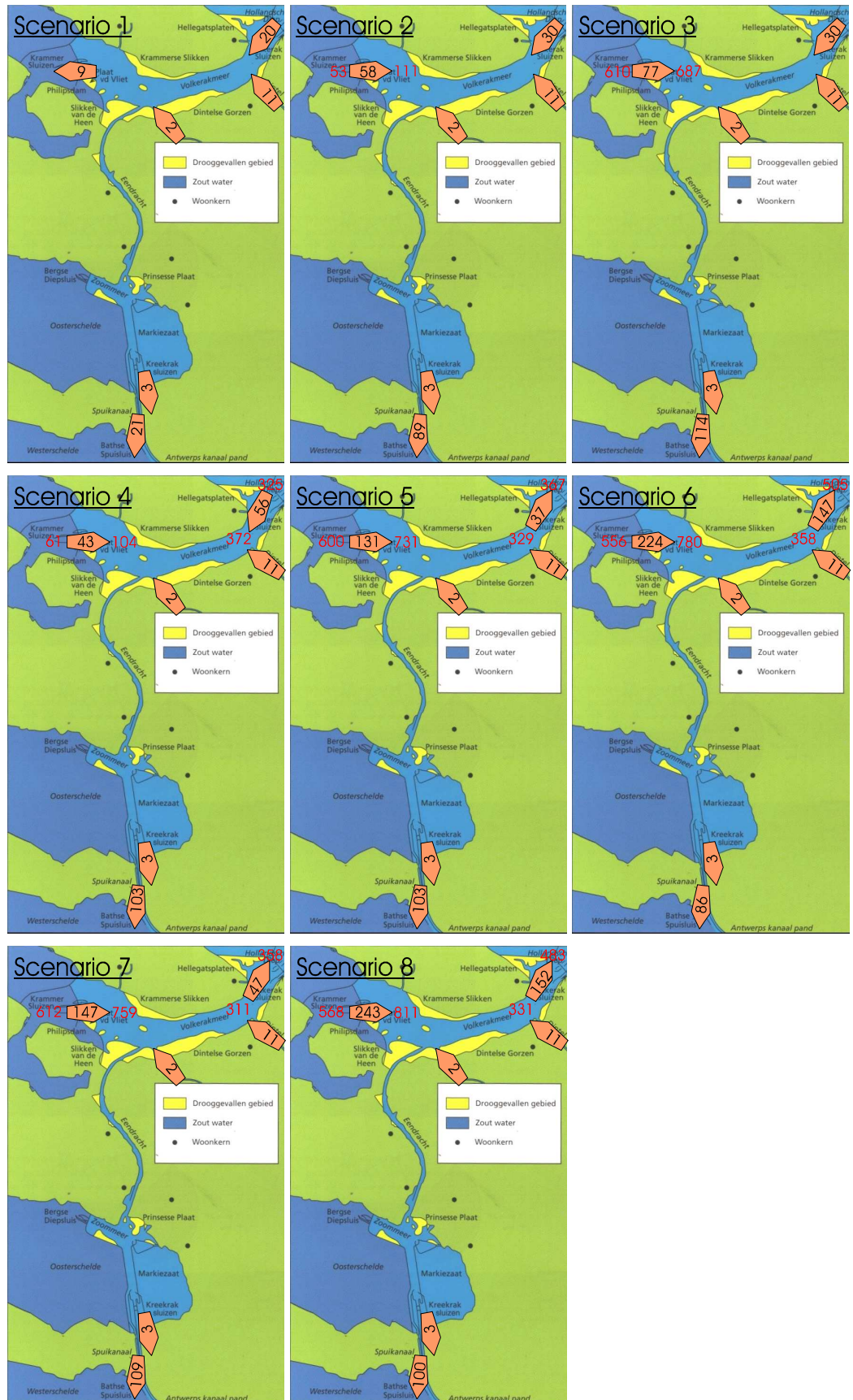
groter; hier stroomt netto 131 m³/s het VZM binnen waar gemikt was op 50 m³/s.

In scenario's 6 t/m 8 is de sturing van het doorlaatmiddel overgenomen van scenario 5. Als gevolg van de grote inlaat vanuit de Oosterschelde stroomt het water bij de Volkeraksluizen vanaf scenario 5 (dus alle scenario's met het vergrote doorlaatmiddel in combinatie met de semi-open verbinding) netto richting het Hollandsch Diep. Bij combinatie met Getemd Getij op het Haringvliet neemt deze noordwaartse stroming sterk toe (scenario 6 en 8). Het netto debiet richting Hollandsch diep neemt toe met 110 m³/s.

Klimaatverandering volgens het G+ scenario heeft op de waterbeweging een veel geringere invloed dan Getemd Getij. Zeespiegelstijging en verandering van rivierafvoer zorgt voor een toename van de netto instroom bij het doorlaatmiddel van 16 m³/s (zonder Getemd Getij) of 19 m³/s (met Getemd Getij). De stroming richting Hollandsch Diep neemt toe met 10 m³/s (zonder Getemd Getij) of 5 m³/s (met Getemd Getij).

De nadere analyse van deze debietverdeling volgt in de volgende paragraaf.

Figuur 6
Waterbalansen van de acht scenario's.



4.3 Waterstanden

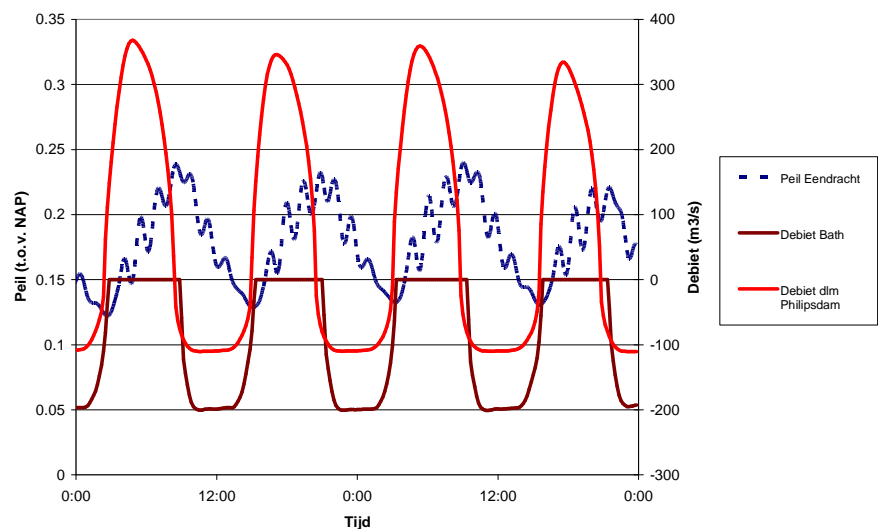
De waterstanden volgens de acht scenario's zijn in figuur 16 weergegeven. In het VZM zijn van noord naar zuid 6 locaties opgenomen; Rak Zuid, Krammersluizen noord, Steenberg, Nieuwe Vossemeer, Bergen op Zoom en Kreekrak Noord. Op het Haringvliet-Hollandsch Diep drie locaties; Koert, Rak-Noord en Moerdijk. Tenslotte op de scheepvaartroute Dordtse Kil-Oude Maas drie locaties; Wioldrecht, Heinenoord en Spijkenisse.

We lopen langs de scenario's, met de focus op de waterstanden in het VZM. Bij elk scenario is een figuur opgenomen om inzicht te krijgen in het verloop van peilen en debieten in de tijd. Dit voor de periode 12 en 13 april 1990. De afvoer bij Lobith bedraagt hier circa 1450 m³/s.

Scenario 2:

Het gemiddelde peil op het VZM gaat t.o.v. de referentiesituatie ongeveer 16 cm omhoog. De belangrijkste oorzaak is de netto instroom vanuit de Oosterschelde. De netto instroom wordt gecreëerd door de uitstroomopening ten tijde van de stromingsrichting VZM->Oosterschelde met 50% te reduceren. Aangezien de maximale afvoer bij de Bathse Spuisluis (circa 200 m³/s) al snel wordt bereikt neemt het gemiddelde peil door dit 'knijpen' dus toe.

Figuur 7
Verloop van peil en debiet op het VZM in scenario 2.



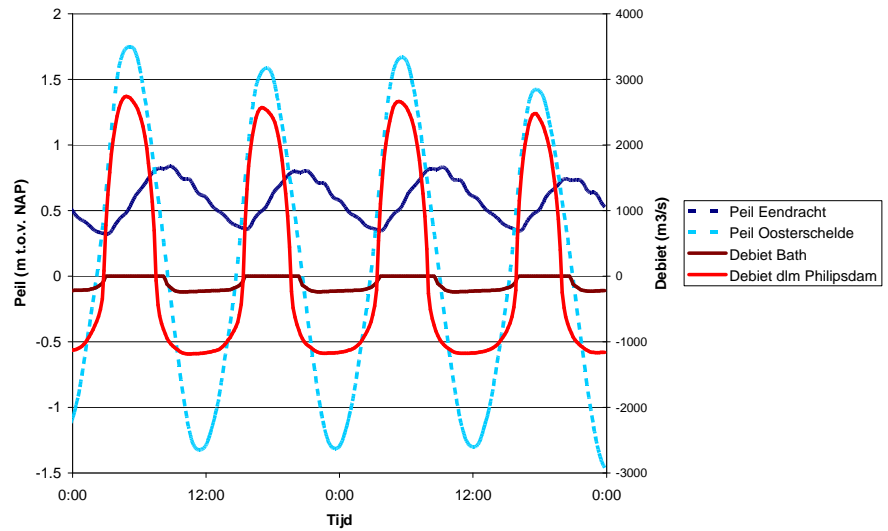
Op het VZM ontstaat van noord naar zuid een gemiddeld verval van 3 cm. Buiten het VZM ontstaan geen noemenswaardige veranderingen.

Scenario 3:

Evenals in scenario 2 wordt het peil op het VZM omhoog gestuwd doordat het doorlaatmiddel in de Philipsdam bij uitstroom richting Oosterschelde wordt geknepen. Figuur 15 laat zien dat het peil op het VZM omhoog gestuwd wordt (t.o.v. van scenario 1 en 2). De tijdsduur van perioden waarin het water op de Oosterschelde hoger staat dan op het VZM wordt kleiner naarmate het peil op het VZM toeneemt. De instroompiek is hoger en korter dan de uitstroompiek. Via het nieuwe doorlaatmiddel stroomt in de getoonde periode maximaal 2700 m³/s

het VZM binnen. Het verhang op het VZM van noord naar zuid neemt toe tot gemiddeld 7 cm.

Figuur 8
Verloop van peil en debiet op het VZM in scenario 3.

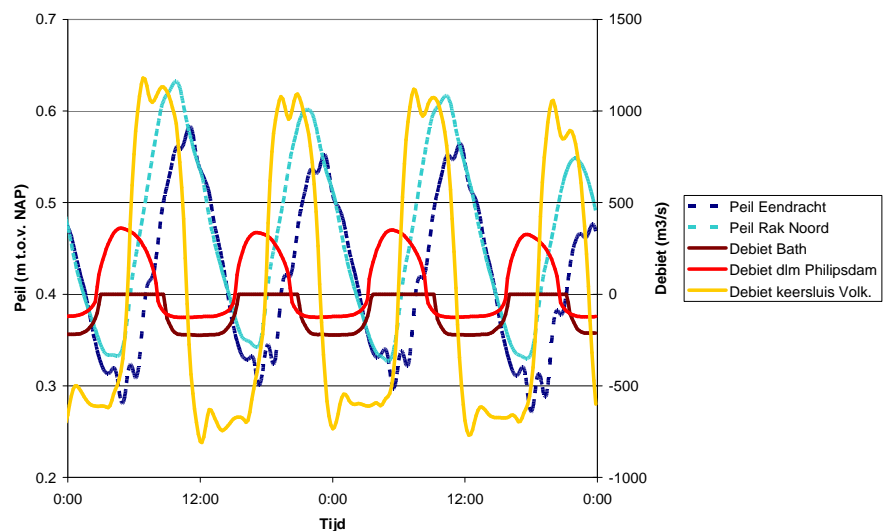


Ook in dit scenario blijft de waterbeweging in het Noordelijk Deltabekken onveranderd.

Scenario 4:

Waar het peil op het VZM in scenario 2 nog werd gedomineerd door instroom vanuit de Oosterschelde wordt door inzet van de keersluis bij de verbinding Hollandsch Diep-Volkerak het peilverloop van het Hollandsch Diep overgenomen, zij het met een vertraging van circa anderhalf uur. De keersluis is voor de waterbeweging dus dominant ten opzichte van het doorlaatmiddel in de Philipsdam. Het gemiddelde peil op het VZM wijkt nauwelijks af van het peil op het Hollandsch Diep.

Figuur 9
Verloop van peil en debiet op het VZM in scenario 4.



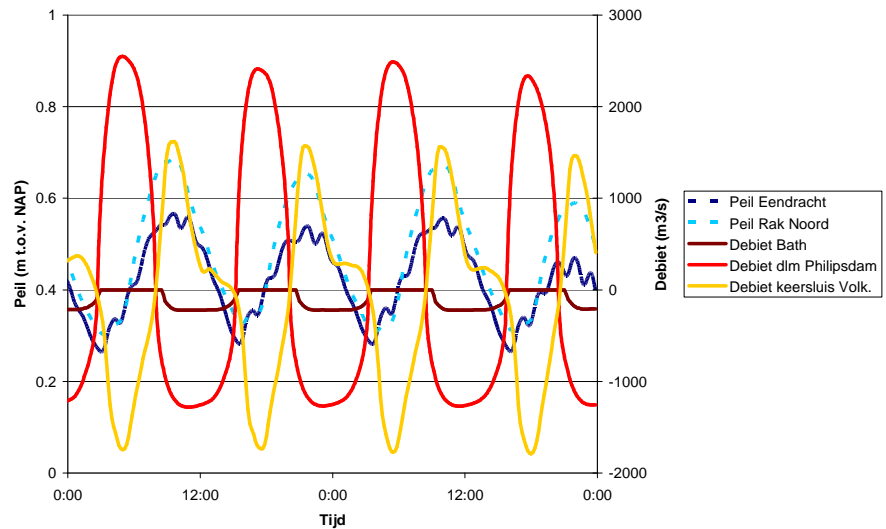
Door de grote uitwisseling met het Hollandsch Diep wordt de getijslag bij Moerdijk gedempt.

Scenario 5:

In dit scenario heeft het doorlaatmiddel door de Philipsdam de overhand. Ten opzicht van scenario 4 is er weinig verschil qua peil op het VZM. Wel vallen de getijpieken eerder in de tijd (zie ook figuur 15). Immers, eb en vloed vallen op de Oosterschelde gemiddeld 5 uur eerder dan op het Hollandsch Diep.

Bij inzet van slechts het doorlaatmiddel (scenario 3) werd het peil op het VZM nog flink verhoogd. Door toevoeging van de semi-open verbinding is dit een stuk minder. Zoals getoond in figuur 10 werken de debieten bij het doorlaatmiddel en de keersluis tegengesteld. Als gevolg van de verhoogde inlaat via de Philipsdam stroomt water vanuit de Oosterschelde het VZM binnen terwijl het water via de keersluis richting Hollandsch Diep verdwijnt. Ook daggemiddeld stroomt het water vanuit het VZM richting Hollandsch Diep.

Figuur 10
Verloop van peil en debiet op het VZM in scenario 5.



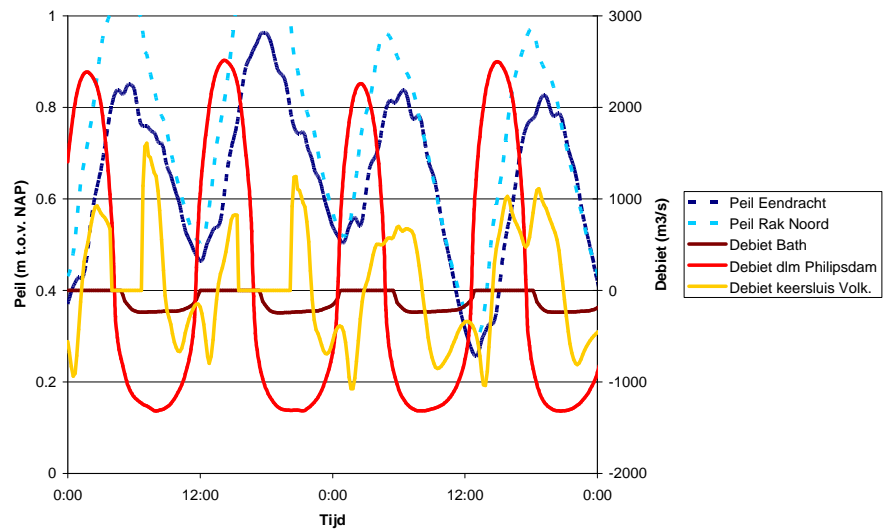
Door de netto stroming richting het Hollandsch Diep neemt het peil op het Hollandsch Diep bij Moerdijk met 3 cm toe.

Bij dit scenario is tevens naar andere karakteristieke perioden gekeken. Zowel een periode waarbij de Haringvlietsluizen gesloten zijn als ook een situatie waarbij de kieropening veel groter is (circa 1200 m² t.o.v. de 300 m² voor de eerder getoonde figuren).

Bij gesloten Haringvlietsluizen is het patroon van peilen en debieten niet erg afwijkend van het patroon uit figuur 10. Bij een grote Rijnafvoer en dus sluisopening ontstaat een situatie zoals getoond in figuur 11. Daar waar het peil bij Moerdijk stijgt boven NAP +1.0 m wordt de keersluis gesloten (gele lijn). De instroom vanuit het Hollandsch Diep is in de tijd naar voren geschoven omdat het getij vanuit zee zich eerder doet gelden op het Hollandsch Diep dan in situatie met een kleinere sluisopening.

Figuur 11

Verloop van peil en debiet op het VZM in scenario 5 in een periode met hoge Rijnaafvoer.



Scenario 6:

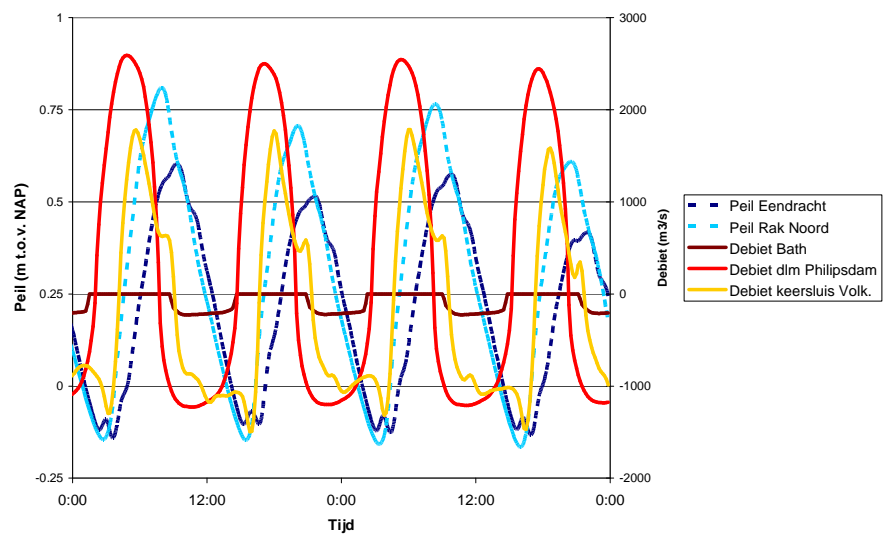
Ten opzichte van scenario 5 is in dit scenario Getemd Getij op het Haringvliet toegevoegd. Bij Moerdijk daalt daardoor de middenstand met 10 cm en ontstaat een getijslag van 90 cm. De faseverschuiving door invoering van Getemd Getij is zo'n anderhalf uur richting de getijfase van de Oosterschelde (hoogwater is er bij Gedempt getij anderhalf uur eerder). Op het VZM is deze aanpassing zichtbaar door een grotere netto aanvoer vanaf de Oosterschelde, verminderde doorvoer richting Bath en vergroting van de netto afvoer naar het Hollandsch Diep. De getijslag op het VZM neemt toe.

Door de faseverschuiving op het Hollandsch Diep overlapt gedurende een flink deel van de tijd de aanvoer vanuit de Oosterschelde en het Hollandsch diep. Dit, terwijl deze stromen in scenario 5 nog veelal tegengesteld waren.

Op het VZM ontstaat van noord naar zuid een gemiddeld verval van 9 cm.

Figuur 12

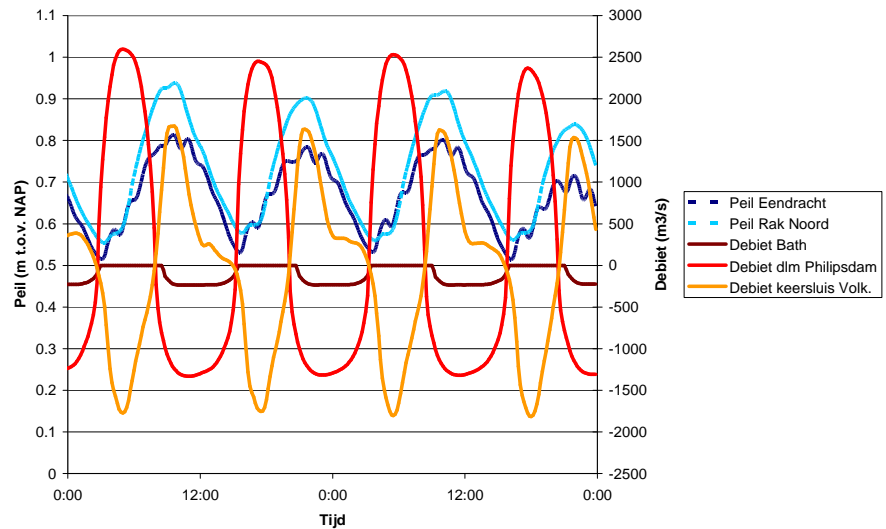
Verloop van peil en debiet op het VZM in scenario 6.



Scenario 7:

Ten opzichte van scenario 5 is hier een zeespiegelstijging van 25 cm verondersteld. Dit is direct zichtbaar in de gemiddelde waterstanden voor getoonde locaties. Op het VZM, Haringvliet en Hollandsch Diep neemt het peil 22 cm toe, in de noordelijker takken 24 cm. De netto aanvoer vanuit de Oosterschelde is licht toegenomen en verdeeld zich over de afvoer richting Bath en Hollandsch Diep. Dat er meer water naar VZM stroomt komt doordat het effect van zeespiegelstijging bij Rak Noord iets achterblijft bij de Oosterschelde.

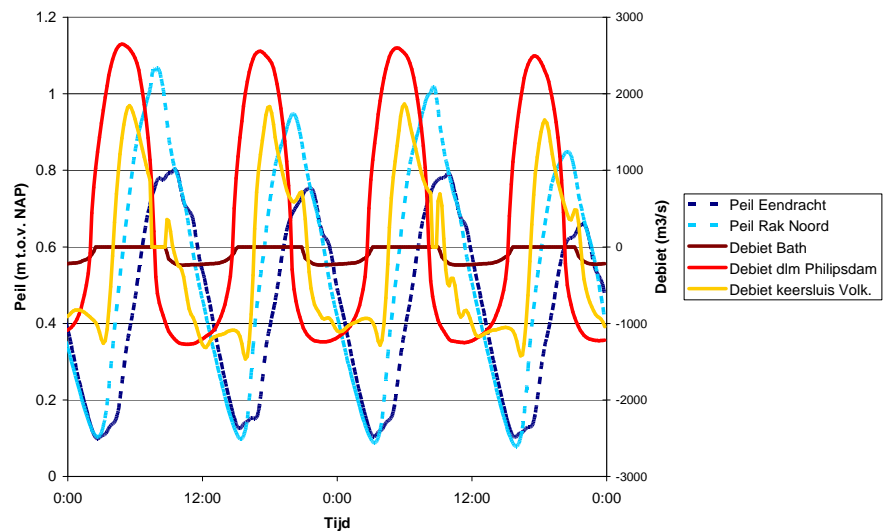
Figuur 13
Verloop van peil en debiet op het VZM in scenario 7.



Scenario 8:

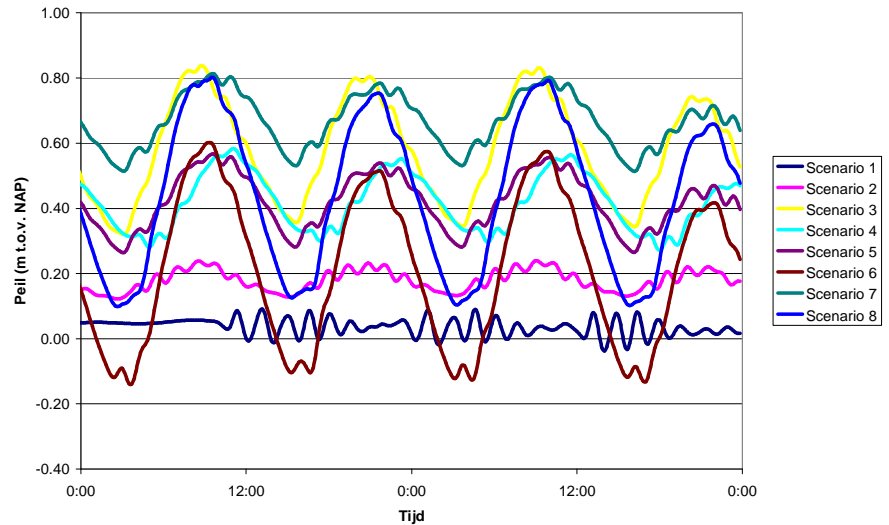
De analyse van scenario 7 kan doorgetrokken worden naar dit scenario. Door het toelaten van Getemd Getij heeft de zeespiegelstijging een iets groter effect op de waterstand bij Rak-noord en dus ook het VZM (vergelijking scenario's 5->7 en 6->8).

Figuur 14
Verloop van peil en debiet op het VZM in scenario 8.



Een overzicht van de peilfluctuatie op het VZM volgens de acht verschillende scenario's is weergegeven in figuur 15. Het schommelen van het peil in scenario 1 wordt veroorzaakt door het vrij plotseling openzetten of sluiten van de spuisluis bij Bath.

Figuur 15
Peilverloop op de Eendracht (Nieuw-Vossemeer) voor acht scenario's.

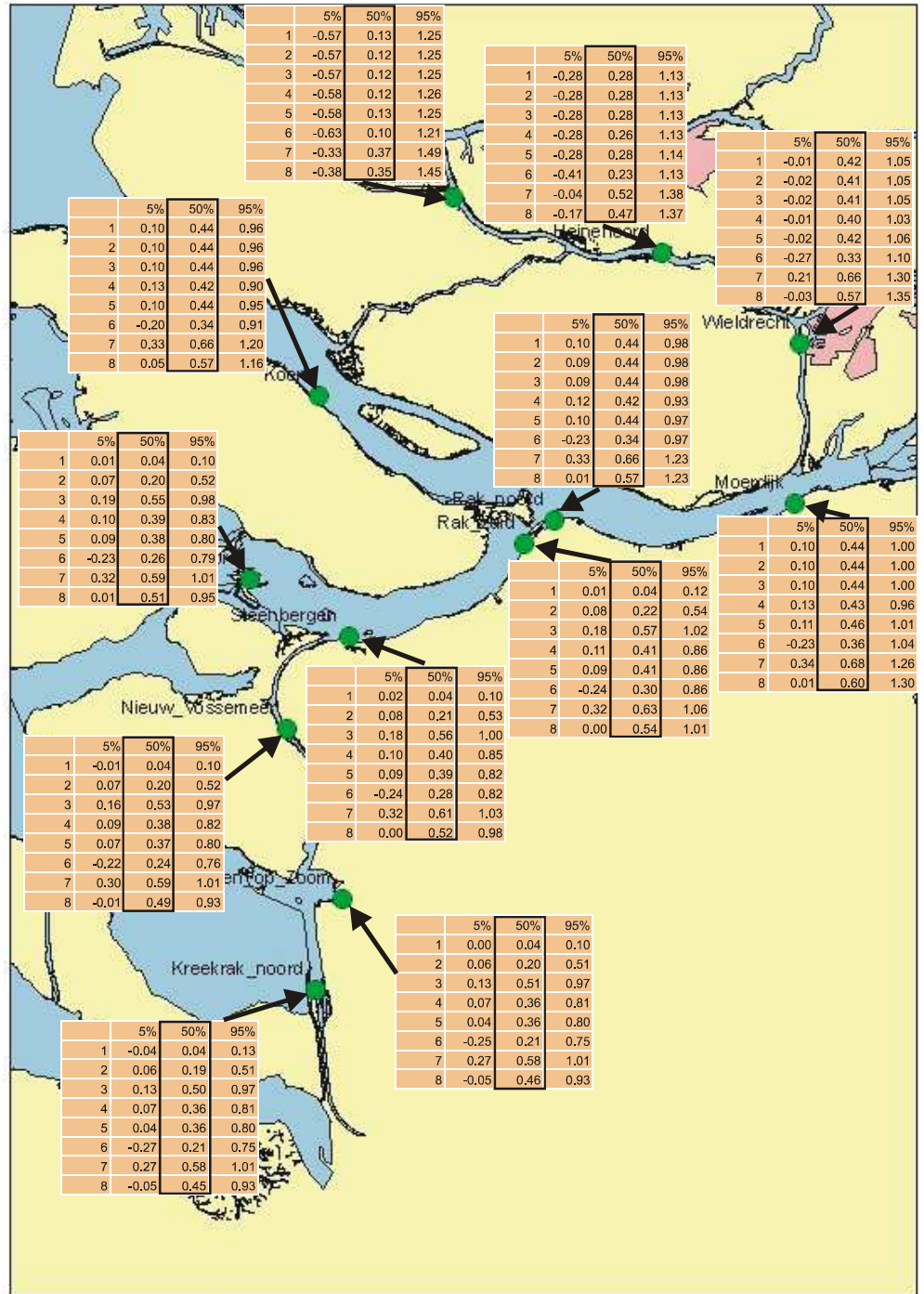


De waterstandfluctuaties in het gebied zijn getoond in figuur 16. De variatie in de tijd is weergegeven middels de 5%, 50% en 95% percentielen. Een 5% percentiel geeft aan dat 5% van de tijd (drie jaar dus) op de bewuste locatie een waterstand is berekend dat lager is dan het bij dit percentiel behorende peil. Het 50% percentiel is hetzelfde als de mediaanwaarde.

Naast de getijslag wordt de variatie onder andere veroorzaakt door windopzet, stormopzet op zee en de hoogte van de rivierafvoer. Gemiddeld hoog- en laagwater komen niet overeen met de 5% en 95% percentielen. Gemiddeld hoog- en laagwater bij locatie Nieuw-Vossemeer vallen voor de verschillende scenarios altijd tussen respectievelijk de 95% en 50% percentielen en de 50% en 5% percentielen. Als voorbeeld is het gemiddelde hoogwater op deze locatie bij scenario 5 NAP+0.22m en gemiddeld laagwater NAP+0.54m.

De gemiddelde getijslag op het VZM nabij Nieuw-Vossemeer is getoond in tabel 4.

Figuur 16
 Waterstandsfluctuatie (m t.o.v. NAP) volgens acht scenario's, uitgedrukt in de onderschrijdingspercentielen 5%, 50% en 95%.



Tabel 4
 Getijslag op het Volkerak-Zoommeer

Scenario	1	2	3	4	5	6	7	8
Getijslag	0.09	0.11	0.46	0.28	0.32	0.61	0.32	0.57

In de referentiesituatie en het scenario met een klein doorlaatmiddel in de Philipsdam is de getijslag 1 decimeter. Bij vergroting van het doorlaatmiddel neemt dit toe tot een halve meter. In combinatie met de semi-open verbinding is de getijslag zowel bij de kleine als grote doorlaatmiddel zo'n 30 cm. De getijslag wordt dus voornamelijk beïnvloed door de getijslag op het Hollandsch Diep. Dit is ook te zien aan scenario's 6 en 8. Daar is de invloed van het Getemd Getij merkbaar in het VZM: 60 cm getijslag.

4.4 Stroomsnelheid

De verandering van de stroomsnelheid op het VZM wordt weergegeven voor de Eendracht en bij de keersluis bij de Volkeraksluizen. Daarnaast is de verandering van de stroomsnelheid inzichtelijk gemaakt voor de scheepvaartroute Oude Maas – Dordtsche Kil en op het Spui nabij de Bernisse inlaat. Voor de nieuwe kunstwerken is een onderscheid gemaakt voor de snelheid van binnenkomende en uitgaande debieten. In figuur 17 zijn de stroomsnelheden weergegeven voor de acht scenario's.

Op de Eendracht is de stromingsrichting in scenario 2 altijd zuidwaarts gericht. In de overige scenario's ligt dat anders. Bij Nieuw Vossemeer stroomt 25% tot 45% van de tijd het water noordwaarts richting Volkerak. De gemiddelde snelheid is vrij laag (tot 0.34 m/s), de maximale snelheden worden bereikt in de scenario's met Getemd Getij.

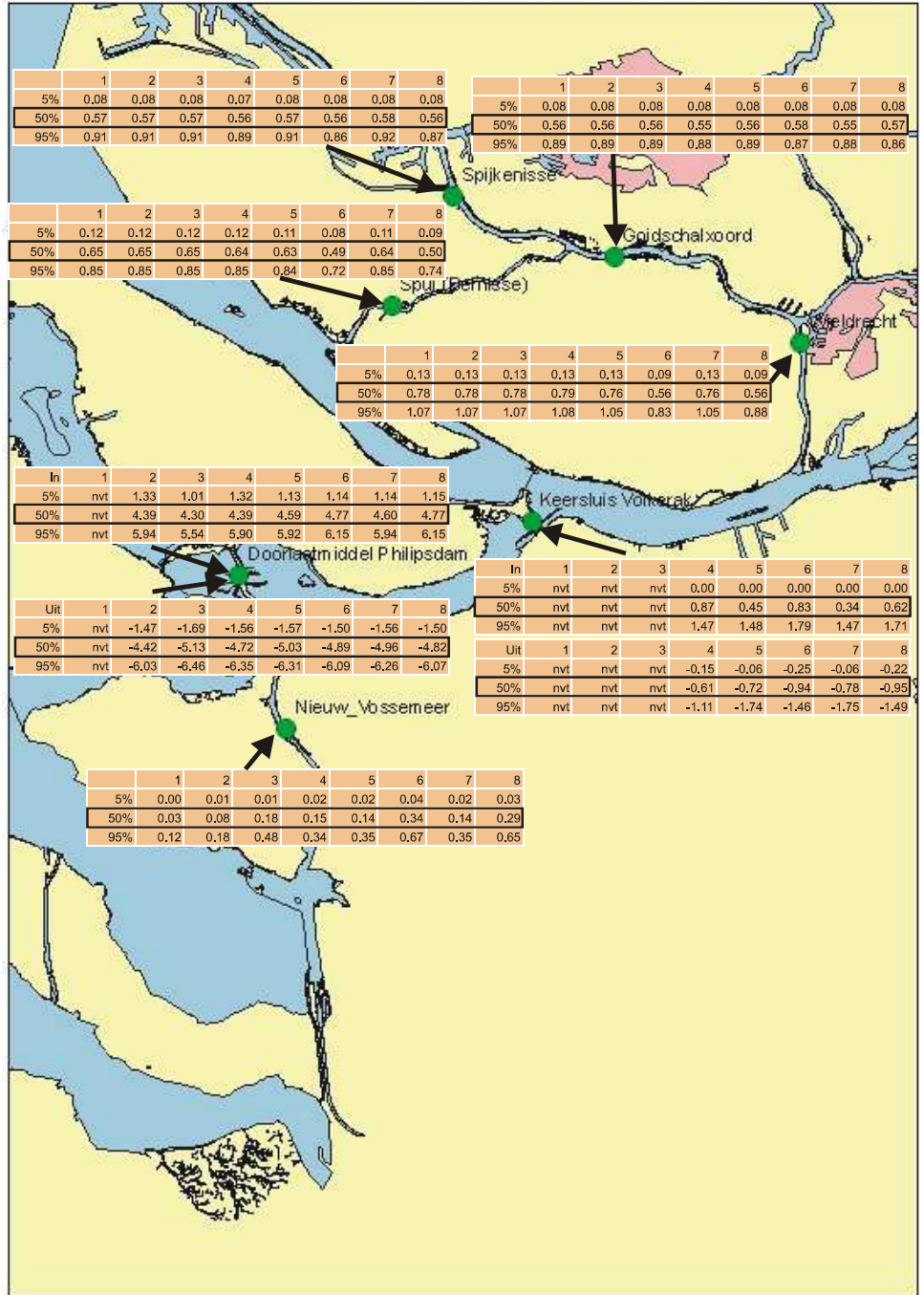
De snelheden in het nieuwe doorlaatmiddel door de Philipsdam zijn voor alle scenario's circa 4 tot 5 m/s. De uitgaande stroom kent een iets hogere snelheid doordat de uitstroomopening geknepen wordt.

In de keersluis van 150 meter breed is de gemiddelde snelheid lager dan 1 m/s. De maximale snelheden (95% percentiel) blijven lager dan 2 m/s. Invoering van Getemd Getij zorgt voor de hoogste gemiddelde snelheden. Dit zijn dan ook de scenario's met de grootste getijslag op het VZM tot gevolg (scenario 6 en 8).

Op het Spui en de Dordtsche Kil daalt de gemiddelde snelheid bij de scenario's met Getemd Getij. Op de locaties in de Oude Maas is dit effect niet meer significant. Door het openen van de Haringvlietsluizen wordt het water niet langer via Spui en Dordtsche Kil gedwongen.

Figuur 17

Variatie van de stroomsnelheid (m/s) volgens acht scenario's, uitgedrukt in de onderschrijdingspercentielen 5%, 50% en 95%.



4.5 Chlorositeit

De chloridegehalte van het oppervlaktewater is voor verscheidene locaties weergegeven in figuur 18. De locaties uit paragraaf 4.3 zijn hier uitgebreid met de locatie inlaat Bernisse op het Spui, de monding van de Hollandsche IJssel en locatie Stavenisse op de Oosterschelde.

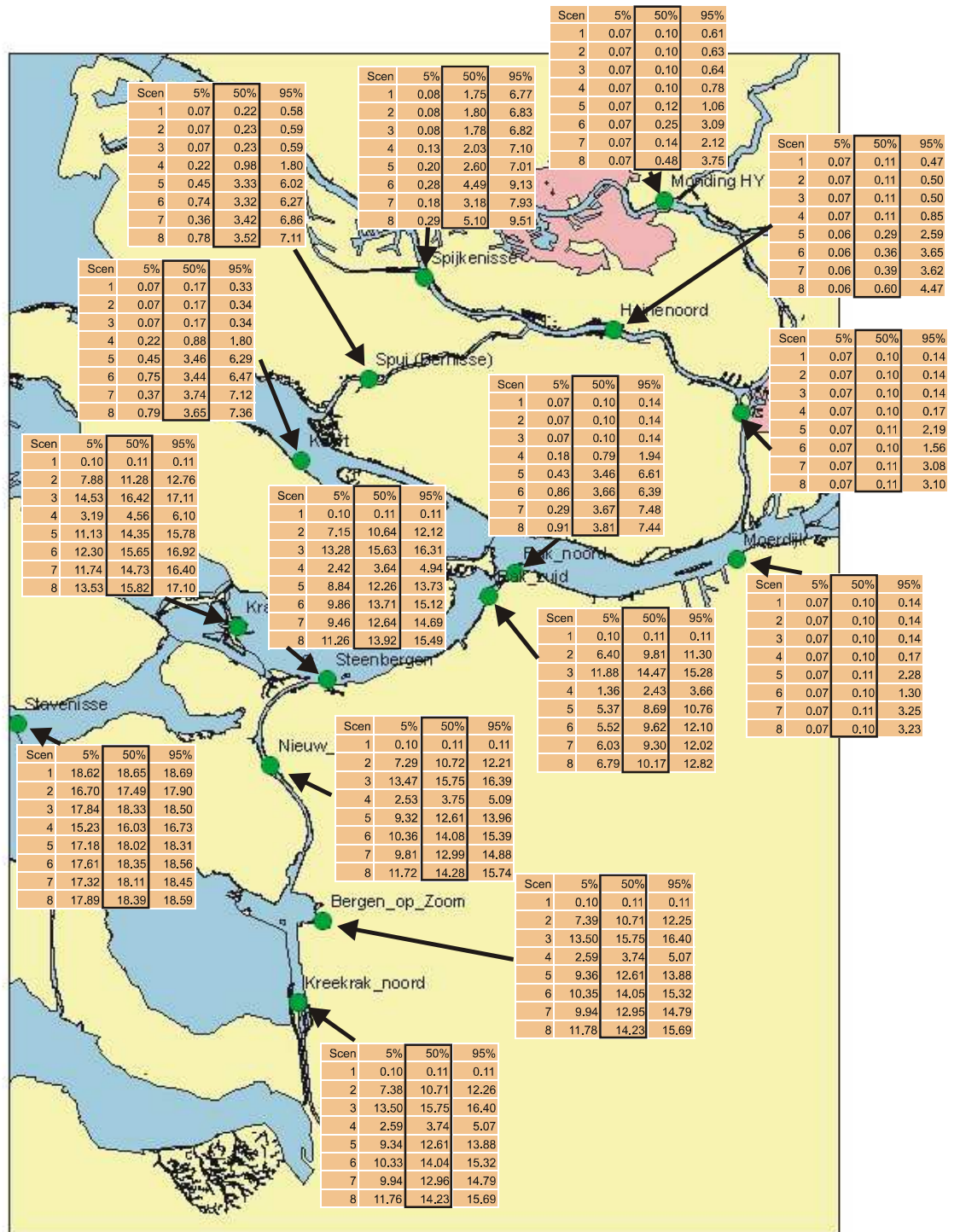
In scenario 2 zorgt het kleine doorlaatmiddel voor voldoende aanvoer van zout water vanuit de Oosterschelde (uitgangconcentratie circa 19 g/l) om overal op het VZM een gemiddelde concentratie van 10 g/l te krijgen. Vergroting van het doorlaatmiddel in scenario 3 resulteert in 15 g/l. De semi-open verbinding met het Hollandsch Diep zorgt in scenario 4 voor een grote daling t.o.v. scenario 2. De uitwisseling met het Hollandsch Diep is hier veel groter dan met de Oosterschelde. In dit scenario is zelfs effect op de Oosterschelde bij Stavenisse berekend. De gemiddelde concentratie neemt daar af tot 16 g/l. Bij de overige scenario's waarbij het grote doorlaatmiddel in de Philipsdam is gecombineerd met de semi-open verbinding neemt het gehalte op het VZM dankzij de grote uitwisseling met de Oosterschelde toe tot 15 g/l. Het noordelijke deel van het VZM blijft daarbij echter achter. Vanwege de nabijheid van het Hollandsch Diep en de grote uitwisseling hiermee blijft het chloridegehalte beperkt tot maximaal 10 g/l.

Bij Moerdijk en op de Dordtsche Kil is extra verzilting slecht in een beperkt aantal dagen (95% percentiel) merkbaar, en dan alleen bij scenario 5 t/m 8. Bij Rak Noord, Koert en Spui is bijna alle dagen van het jaar extra verzilting berekend in de scenario's 4 t/m 8. De uitwisseling met het verzilte water van het VZM is hier dus merkbaar. Het effect van Getemd Getij en ook klimaatverandering is opmerkelijk genoeg op deze locaties zeer beperkt. De keuze van de gecombineerde beheersvarianten zal hier de oorzaak van zijn.

Bij de monding van de Hollandsche IJssel veroorzaakt voornamelijk Getemd Getij toename van de verzilting. Scenario 5 laat zien dat vergroting van de komberging in het zuidelijk deel van het bekken (de semi-open verbinding naar het VZM) slechts enkele dagen voor verhoging van het chloridegehalte zorgt.

Figuur 18

Variatie in de chlorideconcentratie (g/l) volgens acht scenario's, uitgedrukt in de onderschrijdingspercentielen 5%, 50% en 95%.



5. Resultaten fase 2

5.1 Inleiding

In scenario 4 t/m 8 zijn de varianten zout VZM en de semi-open verbinding gecombineerd. Uit de resultaten van de fase 1 berekening bleek een grote uitwisseling tussen Hollands Diep en het Volkerak te ontstaan hetgeen onwenselijk is. In dit hoofdstuk zal ten eerst worden beschreven hoe getracht is om deze uitwisseling te beperken. In de volgende paragrafen worden de resultaten voor deze best-guess beschreven op dezelfde wijze als in hoofdstuk 4. Stroomsnelheden worden echter niet beschouwd omdat deze dezelfde orde grootte zijn als in fase 1. Aansluitend wordt gemotiveerd waarom een robuuste sturing van de kunstwerken, om tot een beperkte uitwisseling tussen Hollandsch Diep en het VZM te komen, niet goed mogelijk is.

Naast deze andere aansturing van de kunstwerken zijn enkele randvoorwaarden voor de scenario's veranderd. Deze aanpassingen zijn beschreven in hoofdstuk 3.

5.2 Optimalisatie sturing en dimensionering van kunstwerken

De uitwisseling tussen Hollandsch Diep en VZM met een open verbinding kan alleen worden beperkt bij een situatie indien het VZM peil gelijke tred houdt met het Hollands Diep. Aanvoer moet dan plaats vinden via de Philipsdam en afvoer via de Philipsdam en de Bathse spuisluis.

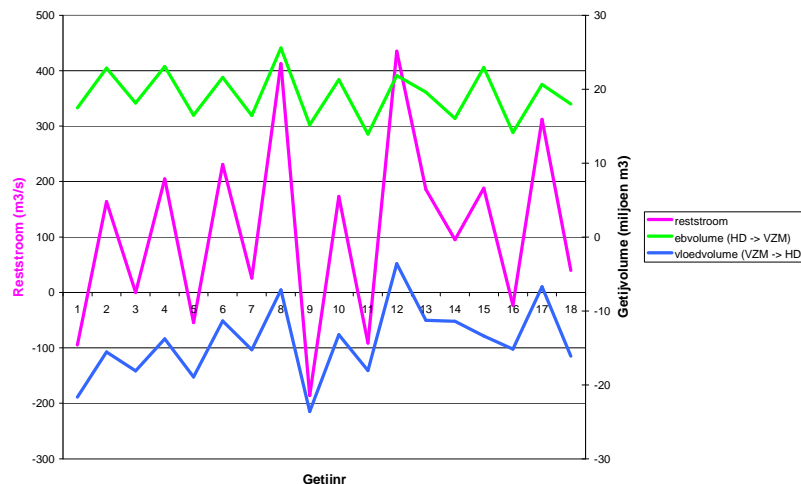
We beginnen bij een situatie van een open verbinding tussen VZM en Hollandsch Diep (zonder doorlaatmiddel in de Philipsdam). Voor een 10 daagse periode toont figuur 19 per getijperiode de reststroom, eb- en vloedvolume. Gemiddeld stroomt 110 m³/s richting het VZM en verdwijnt via de Bathse Spuisluis. De reststroom varieert nogal. Deze variatie ontstaat door windopzet en verschillen tussen de verschillende getijpieken. Daarnaast stromen er flinke hoeveelheden van en naar het Hollandsch Diep. De reststromen zijn mede voor de hieronder genoemde instellingen getoond in tabel 6.

Tabel 6

Reststromen voor verschillende varianten van het doorlaatmiddel in de Philipsdam

Variant Philipsdam	Reststroom Volkerak (m ³ /s)	Reststroom Bathse spuisluis (m ³ /s)	Reststroom Philipsdam (m ³ /s)
Dicht	112	99	-
50/30 m breed	-15	101	125
60/50 m breed	79	100	31
130/115 m breed	110	98	2
130/115 m + sturing	55	100	54

Figuur 19
Reststroom en getijvolumes per
getijperiode door de semi-open
verbinding (zonder doorlaatmiddel
Philipsdam).



Indien nu een doorlaatmiddel in de Philipsdam wordt ingezet (afmetingen 50m breed voor instroom en 30m breed voor uitstroom, drempel op NAP -5.0m) komt er teveel water via de Philipsdam naar binnen (gemiddeld 125 m³/s). Dit water verdwijnt via de semi-open verbinding naar het Hollandsch Diep (gemiddeld 15 m³/s). De uitwisseling met het Hollandsch diep is echter nog groot (ebvolume gemiddeld 12 miljoen m³ en vloedvolume gemiddeld 13 miljoen m³).

Veranderen we de dimensies bij de Philipsdam naar een breedte van 60m voor de instroom en 50m voor de uitstroom dan ontstaat een reststroom vanuit het Hollandsch Diep van 79 m³/s en instroom vanuit de Oosterschelde van 31 m³/s. Wordt de opening nog groter gemaakt dan stijgt de reststroom vanuit het Hollandsch Diep verder en neemt de reststroom vanuit de Oosterschelde af.

In alle gevallen is de uitwisseling tussen VZM en Hollandsch diep groot. Uitwisseling tussen beide watersystemen (Hollandsch Diep en VZM) wordt voorkomen indien de peilen gelijk oplopen. Probleem daarbij is het getij op de Oosterschelde in fase voorloopt op het Hollands Diep. Instroom vanuit de Oosterschelde zal aldus zorgen voor peilverhoging en uitstroom richting Hollandsch Diep. Er is voor gekozen in een extra variant de uitwisseling rond de Philipsdam af te stemmen op de (natuurlijke) uitwisseling bij de keersluis. De instellingen uit tabel 5 zijn meerdere malen aangepast om een optimale (= kleinst mogelijke) uitwisseling te genereren. Instroom vanuit de Oosterschelde wordt toegestaan indien ook water vanuit het Hollandsch Diep richting VZM stroomt. Voor de 10 daagse periode levert dat een gemiddelde instroom op van 55 m³/s vanuit het Hollandsch Diep en 54 m³/s vanuit de Oosterschelde. Het gemiddelde eb- en vloed volume is nu respectievelijk 16 miljoen m³/s en 14 miljoen m³/s.

Het effect van de hierboven genoemde varianten op het chloridegehalte is getoond in tabel 7. Het hoogste zoutgehalte op het VZM wordt bereikt bij de laatste variant.

Tabel 7
Chloridegehalten voor verschillende varianten van het doorlaatmiddel in de Philipsdam

Variant Philipsdam	Chloridegehalte Rak-Noord (g/l)	Chloridegehalte spuikanaal Bath (g/l)
50/30 m breed	0.9	5.1
60/50 m breed	0.3	2.7
130/115 m breed	0.8	3.9
130/115 m +sturing	0.9	5.4
Qvolkerak		

Concluderend:

Een betere benadering van de gewenste situatie (beperkte uitwisseling) kon niet worden bereikt. Scenario 4 wordt in deze fase dan ook met de laatstgenoemde sturing doorgerekend. De resultaten van de berekeningen worden in de volgende paragrafen beschreven. Overige scenario's (5 tm 8) zijn met deze instelling niet doorgerekend.

5.3 Waterbalans

Figuur 20 laat zien dat de gewenste waterverdeling nu wel benaderd is. Benadrukt moet worden dat deze waterverdeling bewust anders is gekozen dan in de 1^e fase. Dit is beschreven in paragraaf 3.3.

Figuur 20
Waterbalansen van vier scenario's in fase 2.



5.4 Waterstanden

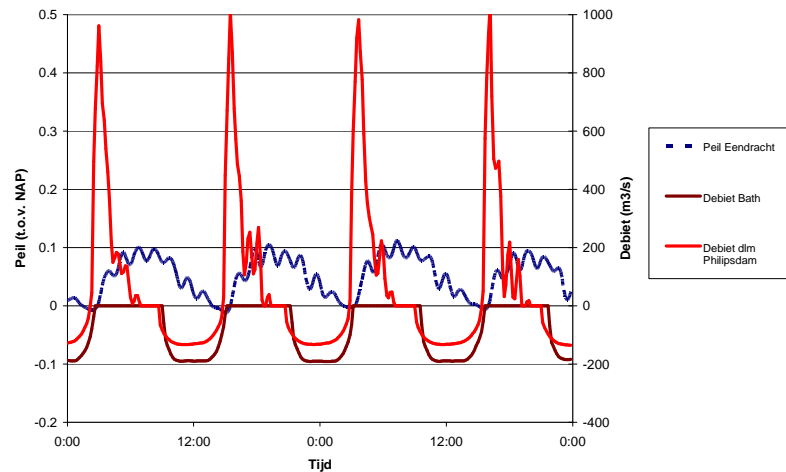
De percentielwaarden van de waterstanden zijn weergegeven in figuur 24. Buiten het VZM zijn er geen wezenlijke verschillen met de fase 1 berekeningen. De gemiddelde waterstanden op het VZM in scenario's 1 t/m 3 zijn enkele cm hoger dan gewenst. Dit kan met de sturingsmiddelen verder worden verbeterd zonder dat dit grote

gevolgen heeft voor de overige beschreven resultaten. Per scenario wordt hieronder de waterbeweging beschreven.

Scenario 2:

De gekozen sturing van het doorlaatmiddel in de Philipsdam leidt tot een verlaagd peil op het VZM ten opzichte van fase 1 (vergelijk figuren 7 en 20). Het debiet in het doorlaatmiddel vertoont een minder gelijkmatig patroon. De piekaanvoer is nu groter dan 1000 m³/s terwijl dit in fase 1 kleiner dan 400 m³/s was. Dit komt voornamelijk door de grotere doorlaatopening is deze berekening. Verder wordt de inlaatcapaciteit verminderd als het peil bij Steenbergens stijgt boven NAP +0.02m (zie tabel 5). Dit vertaalt zich in een sterke afname van de inlaat nadat het peil in eerste instantie snel is gestegen op het VZM.

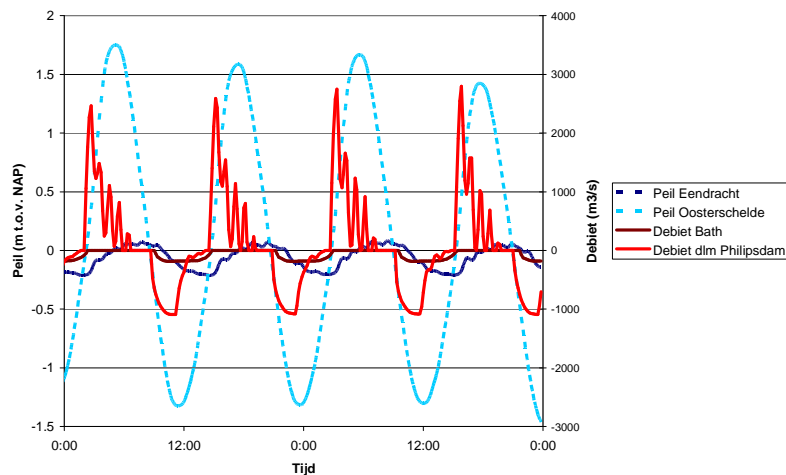
Figuur 21
Verloop van peil en debiet op het VZM in scenario 2.



Scenario 3:

In dit scenario wordt het peil extra verlaagd. De inlaat is evenals in scenario 2 minder vloeiend dan in fase 1. Wederom komt dit door de sterke afname van de inlaatcapaciteit bij een stijging van het peil op het VZM (vergelijk figuren 8 en 21). Een gevolg van de gekozen sturing dus.

Figuur 22
Verloop van peil en debiet op het VZM in scenario 3.

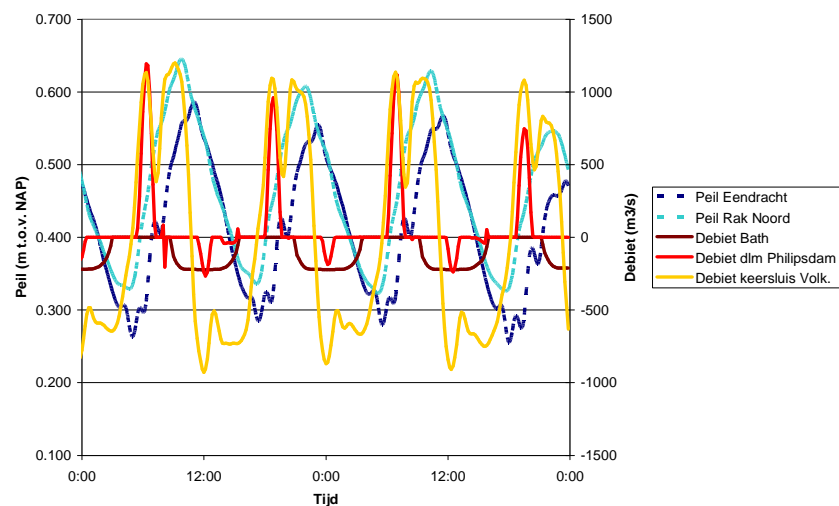


Scenario 4:

Het peil op het VZM loopt in dit scenario mee met het Hollandsch Diep. Instroom naar het VZM via de Philipsdam is slechts mogelijk bij een aanvoer vanuit het Hollandsch Diep. Waar in fase 1 de aanvoer vanuit de Oosterschelde voorliep op de aanvoer vanuit het Hollandsch Diep gebeurt dit nu dus niet meer. Doel van deze sturing is zoals eerder beschreven om de aanvoer vanuit het Hollandsch Diep te beperken. Echter zoals uit de waterbalansen blijkt is met deze sturing dit doel niet bereikt. In onderstaande figuur is te zien dat de aanvoer vanuit het Hollandsch Diep door de piekinstroom vanuit de Oosterschelde tijdelijk sterk verminderd. Echter, nadat het peil op de Oosterschelde daalt onder die van het VZM is aanvoer vanuit de Oosterschelde niet meer mogelijk en stijgt de aanvoer weer vanuit het Hollandsch Diep.

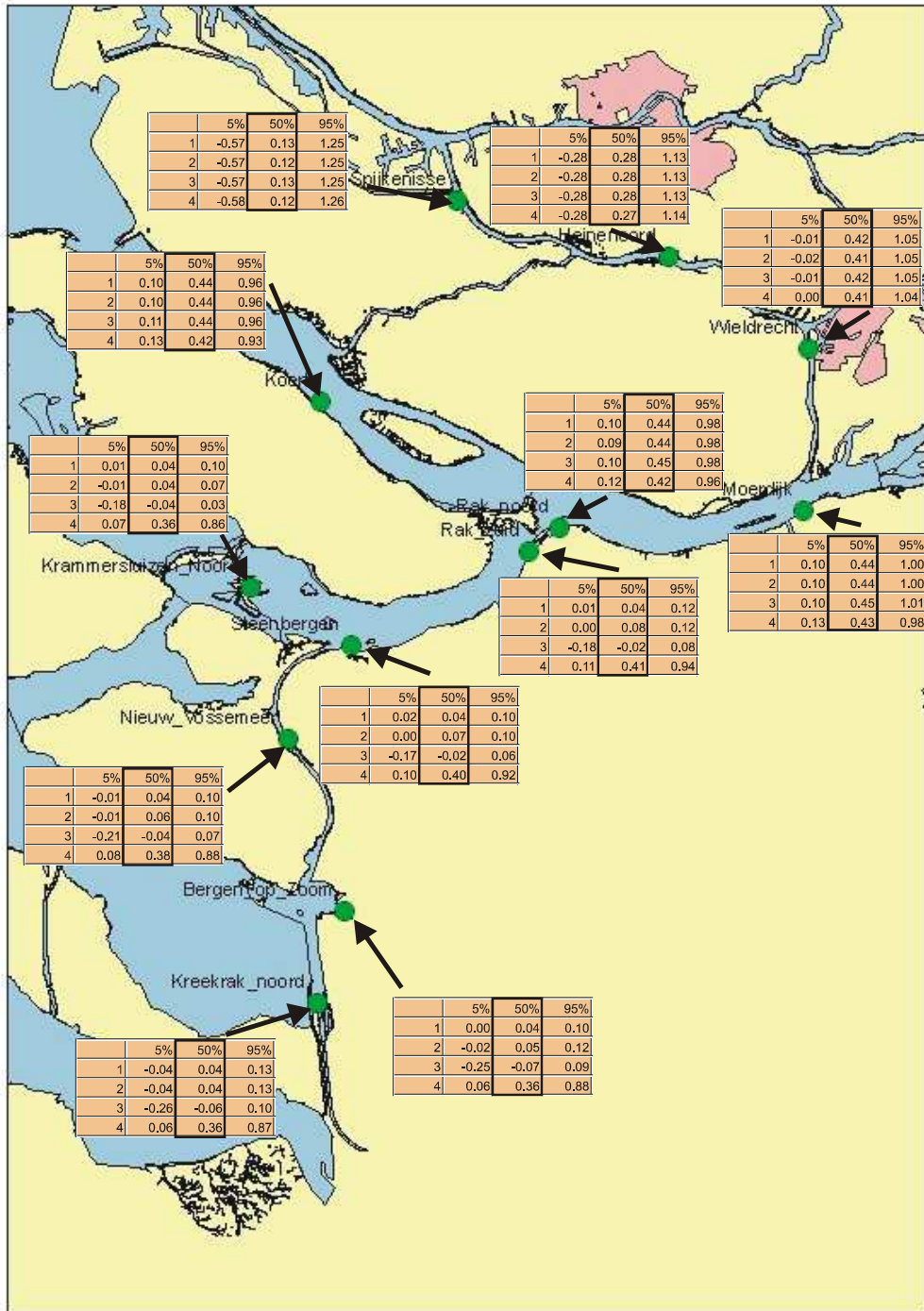
Aangezien juist het beperken van de uitwisseling tussen Hollandsch Diep en het Volkerak het doel was van deze 2^e fase berekeningen worden de overige scenario's verder niet beschouwd. In paragraaf 5.6 zal verder worden gemotiveerd waarom een robuuste sturing om deze uitwisseling te beperken niet goed mogelijk is.

Figuur 23
Verloop van peil en debiet op het VZM
in scenario 4.



Figuur 24

Waterstandsfluctuatie (m t.o.v. NAP) volgens de vier scenario's, uitgedrukt in de onderschrijdingspercentielen 5%, 50% en 95%.



De berekende getijslag is getoond in tabel 8. De peilfluctuatie in scenario 3 is zoals gewenst verminderd t.o.v. fase 1. In scenario 4 is de fluctuatie enkele centimeters vergroot doordat onder meer de instroom en uitstroom vanuit Hollandsch Diep en de Oosterschelde elkaar nu overlappen (een kortere tijdspanne dus) terwijl de daggemiddelde debieten ongeveer gelijk zijn gebleven.

.....
Tabel 8
 Getijslag op het Volkerak-Zoommeer

Scenario	1	2	3	4
Getijslag	0.09	0.11	0.27	0.31

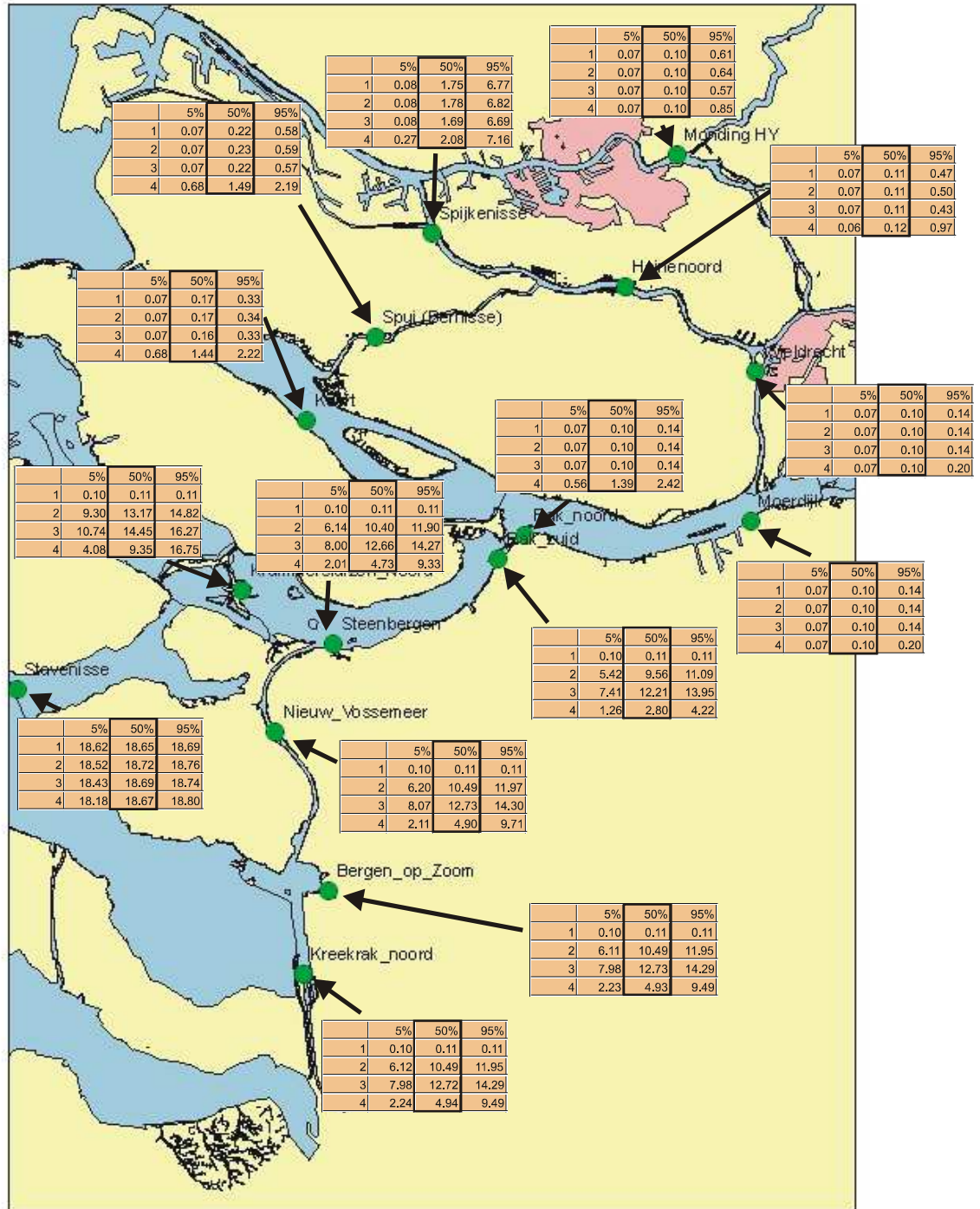
5.5 Chlorositeit

De chlorideconcentraties in scenario 2 liggen, in overeenstemming met de enigszins afgenomen instroom vanuit de Oosterschelde, iets lager dan in fase 1. De grotere uitwisseling met de Oosterschelde in scenario 3 zorgt voor chloridegehalten op het VZM rond 12 g/l. In scenario 4 stijgt het chloridegehalte op het VZM van zo'n 4 g/l naar 5 g/l vanwege de verdubbeling van de netto aanvoer vanuit de Oosterschelde. Het chloridegehalte in scenario 4 op het VZM wordt in sterke mate bepaald door de daggemiddelde instromende en uitstromende debieten. Deze overheersen de reststromen met als gevolg dat het chloridegehalte laag blijft.

Ook het Hollandsch Diep en Haringvliet worden zouter door de verzilting van het VZM en de toegenomen afvoer vanuit VZM naar Hollandsch Diep.

Figuur 25

Variatie in de chlorideconcentratie (g/l) volgens vier scenario's, uitgedrukt in de onderschrijdingspercentielen 5%, 50% en 95%.



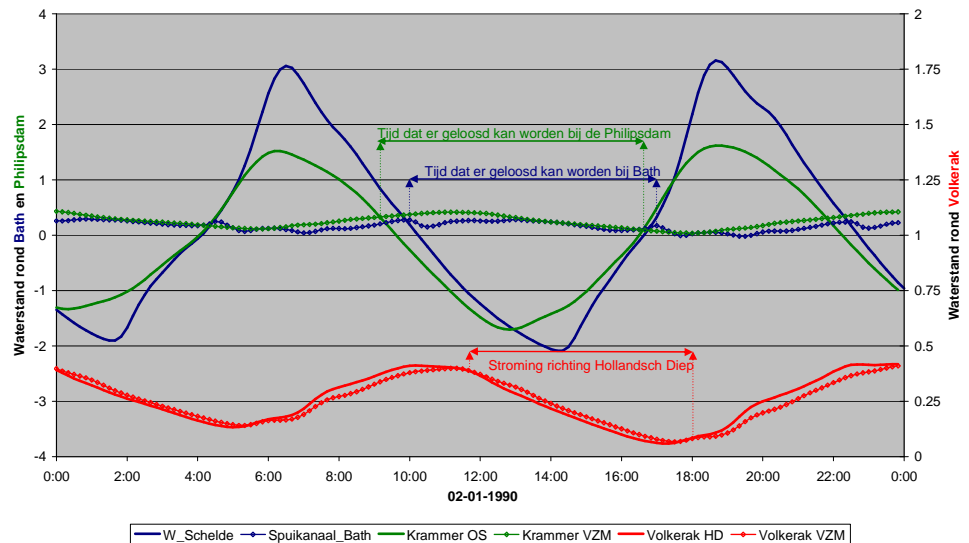
5.6 Analyse gecombineerd scenario

In deze paragraaf wordt beargumenteerd waarom geen robuuste sturing mogelijk is om een zout VZM te creëren in combinatie met een semi-open verbinding naar het Hollands Diep.

Om in te zien wat er gebeurd met de waterbeweging op het VZM bij scenario 4, gaan we even terug naar de variant uit paragraaf 5.2 met alleen de open verbinding naar het Hollandsch Diep. Om het waterstandverloop in detail te kunnen bekijken nemen we één dag uit januari 1990 (02-01-1990). De Bovenrijn afvoer was toen ongeveer gemiddeld (2200 m³/s) en de waterstanden bij Hoek van Holland benaderde de gemiddelde waarden. Bij dit scenario staat de keersluis continue open (breedte 150 m en een drempel op -6.25 m). De Bathse spuisluizen lozen maximaal (dit is per getij een hoeveelheid van ca 100 m³/s).

In figuur 26 zien we het waterstandverloop rond de 3 kunstwerken (Bathse spuisluis, keersluis en rond de Philipsdam). In deze figuur zijn de periodes aangegeven dat de Bathse spuisluis en de keersluis water lozen vanuit het VZM. Tevens is in deze figuur aangegeven wanneer er qua verval geloosd zou kunnen worden met een lozingsmiddel door de Philipsdam.

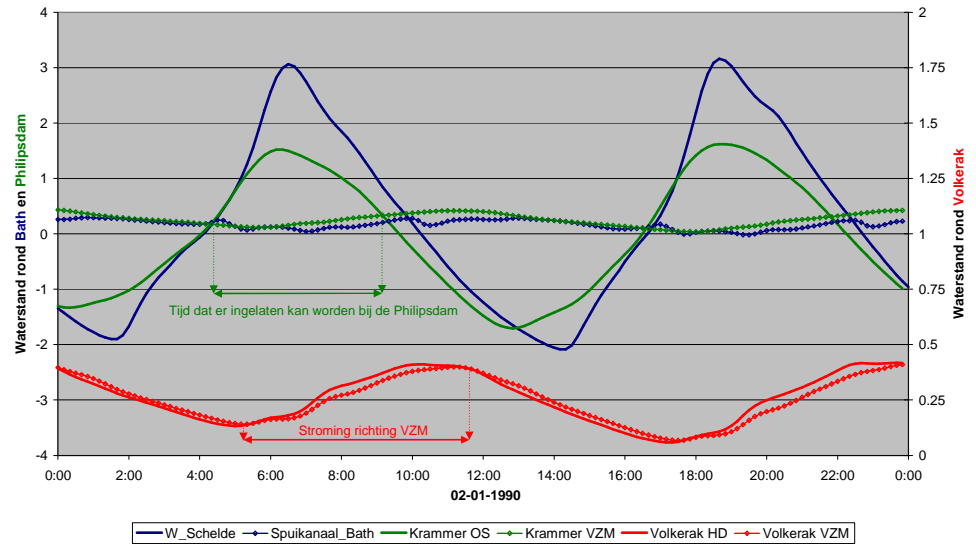
Figuur 26
Perioden van afvoer. Semi-open verbinding, geen uitwisseling met Oosterschelde.



In figuur 27 zien we hetzelfde waterstandverloop rond de 3 kunstwerken. In deze figuur zijn de periodes aangegeven dat via de keersluis water wordt ingelaten vanuit het Hollandsch Diep. Tevens is in deze figuur aangegeven wanneer er qua verval water ingelaten zou kunnen worden met een lozingsmiddel door de Philipsdam.

Figuur 27

Perioden van aanvoer. Semi-open verbinding, geen uitwisseling met Oosterschelde.

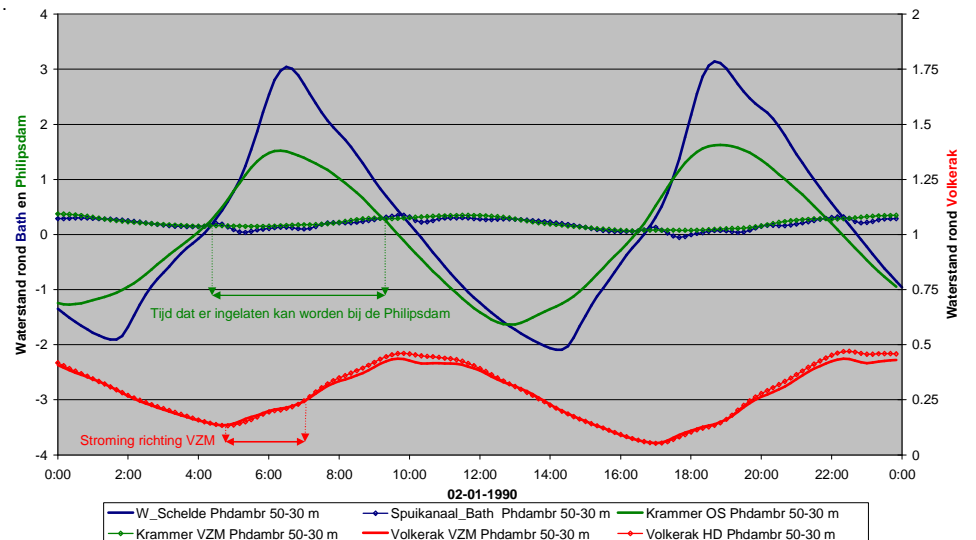


Als we naar het verval kijken over de Volkeraksluizen valt het op dat dit maar enkel cm's bedraagt. De waterstand op het VZM kan de waterstand op Hollandsch Diep zonder al te veel weerstand volgen. De capaciteit van de keersluis is dus groot genoeg om voldoende water af en aan te voeren zonder dat er een groot verval hoeft te worden opgebouwd. Andersom geredeneerd moet het verval miniem zijn om de uitwisseling beperkt te houden.

In figuur 28 zien we hetzelfde waterstandverloop rond de 3 kunstwerken. Er is echter een doorlaatmiddel aangebracht in de Philipsdam. Dit doorlaatmiddel heeft voor het inlaten van water de afmetingen; breedte 50 m, drempel op NAP -5.00m en bij het lozen een breedte van 30 m. In de figuur staan weer de perioden aangegeven dat via de keersluis water ingelaten kan worden vanuit het Hollandsch Diep. Tevens is in deze figuur aangegeven wanneer er water ingelaten wordt door de Philipsdam.

Figuur 28

Perioden van aanvoer. Semi-open verbinding en doorlaatmiddel Philipsdam met breedte 50m/30m.



Door het inlaten van water door het nieuwe doorlaatmiddel wordt de periode dat er water van het Hollandsch Diep kan worden ingelaten beduidend korter of is helemaal niet meer mogelijk. Er ontstaat per getij een reststroom richting Hollandsch Diep. Voor scenario 4 is een zo hoog mogelijk zoutgehalte op het VZM noodzakelijk met een zo klein mogelijke uitwisseling van zout met het Hollandsch Diep. Dit zijn duidelijk twee tegengestelde eisen. Bij een kleinere opening in het inlaatwerk (50m) wordt het zoutgehalte niet voldoende hoog, bij een grotere breedte van het inlaatwerk verzilt het Haringvliet- Hollandsch Diep. Een uitwisseling rond de Philipsdam zoals gewenst in scenario 5 (300 m³/s in, 240 m³/s uit) zal ervoor zorgen dat het zoute water direct richting Hollandsch Diep zal stromen. De Bathse spuisluis is in dat opzicht een bottleneck aangezien daar daggemiddeld maximaal zo'n 100 m³/s kan worden afgevoerd.

De gekozen methode om alleen water in te laten bij de Philipsdam als het water van het Hollandsch Diep naar het VZM stroomt geeft de mogelijkheid om met wat grotere breedtes te werken, zodat er een soort zoutpuls ontstaat. Al zijn de positieve effecten nog marginaal.

De meest ideale situatie zou zijn dat met de Philipsdam en Bathse spuisluis een peil op het VZM kan worden gecreëerd dat constant enkele mm onder die van het het Hollandsch Diep ligt. Er zijn echter perioden dat aanvoer en afvoer via deze kunstwerken niet mogelijk is door hoge of lage buitenwaterstanden terwijl in deze periode het peil op het Hollands Diep verandert. Over een jaar gezien is aanvoer vanuit de Oosterschelde gedurende gemiddeld 2 uur per dag niet mogelijk terwijl het peil op het Hollandsch Diep blijft stijgen (in deze periode gemiddeld 2 cm). Afvoer naar Oosterschelde of Westerschelde is gedurende gemiddeld 3 uur per dag niet mogelijk terwijl het peil op het Hollandsch Diep 6 cm verder daalt. In deze periodes zal in ieder geval een ongewenst stromingsbeeld ontstaan.

6. Conclusies

Vanuit het oogpunt van waterkwaliteit, veiligheid en scheepvaart bestaat de behoefte om de bestaande situatie van het Volkerak Zoommeer aan te passen. De maatregelen vanuit de verschillende aandachtsvelden die momenteel nog onderwerp van studie zijn kunnen niet los van elkaar worden gezien. Om inzicht te krijgen in de effecten van de verschillende maatregelen en klimaatverandering op en rond het Volkerak-Zoommeer op de water- en zoutbeweging, is een modelstudie uitgevoerd. Het resultaat van deze studie vormt basismateriaal voor het verdere proces van de afstemming tussen de drie planstudies.

In de Quick Scan is duidelijk gemaakt wat het effect is van de maatregelen. De berekeningen zijn in twee fases uitgevoerd. In de eerste fase zijn de scenario's doorgerekend met afgesproken sturingsmiddelen. De effecten zijn hier niet afgezet tegen de eisen en doelen vanuit waterkwaliteit, veiligheid en scheepvaart. Optimalisatie heeft niet plaatsgevonden. In de tweede fase is (bij een semi-open verbinding tussen Volkerak-Zoommeer en Hollandsch Diep in combinatie met een zout Volkerak-Zoommeer) bekeken of de kunstwerken zodanig kunnen worden ontworpen of gestuurd dat de onwenselijke verzilting van het Hollandsch Diep-Haringvliet kan worden voorkomen. Een vorm van optimalisatie dus.

Conclusies fase 1:

- de gemaakte keuzes t.a.v de doorgerekende scenarios zijn zeer bepalend. Een voorbeeld hiervan is de dimensionering van het doorlaatmiddel in de Philipsdam. Door deze iets te ruim te kiezen ontstaat een stromingsbeeld (netto doorvoer naar het Hollandsch Diep) dat als ongewenst kan worden beschouwd.
- Combinatie van de semi-open verbinding en een zout VZM zorgt voor grote uitwisselingen in beide richtingen rond de Volkeraksluizen
- De uitwisseling via de keersluis heeft gevolgen voor het chloridegehalte in het gebied:
 - 1) De zouttong in de Nieuwe Maas kan minder worden tegengehouden waardoor de monding van de Hollandse IJssel af en toe verzilt. Dit is negatief voor de zoetwatervoorziening vanuit dit systeem.
 - 2) Het Hollandsch Diep en het Haringvliet verzilten rechtstreeks vanuit het VZM.
- Profielgemiddelde stroomsnelheden in de keersluis zijn 50% van de tijd lager dan 0.90 m/s en 95% van de tijd lager dan 1.70 m/s.

Conclusies fase 2:

- Ook bij sturing van het doorlaatmiddel in de Philipsdam door dit af te stemmen op de uitwisseling bij de keersluis volgt het peil op het VZM het peil van het Hollandsch Diep.
- Een beperkt restdebiet creëren vanuit het Hollandsch Diep richting het VZM is goed mogelijk.
- Het beperken van de eb- en vloedstroom tussen het VZM en Hollandsch Diep bij combinatie van een zout VZM en een semi-open verbinding lijkt niet goed mogelijk. Het debiet is bij een dergelijke grote verbinding niet goed in de hand te houden.
- Een hoog zoutgehalte op het VZM en een beperkte uitwisseling zijn twee tegengestelde eisen.

7.Referenties

Deursen, W. van. (2006). Rapportage Rhineflow/Meuseflow. Nieuwe KNMIscenario's 2050. Carthago Consultancy.

Goederen, S. de, A. Bavelaar, P. Jacobs, M. Kraaijeveld, J. Ligtenberg, T. Visser (2006). Niet te zoet, niet te zout. RIZA werkdocument 2006.045X.

Jacobs, P., N. Slootjes en H. Peeters (2006). Waterbeheer in de Delta onder een veranderend klimaat. RIZA.

Kraaijeveld, M. (2003). Een Sobek-model van het Noordelijk Deltabekken kalibratie en verificatie zoutbeweging Noordrand. RIZA werkdocument 2003.047X.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2007). Planstudie Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer.

Slootjes, N. (2004). Korte verkenning mogelijkheden open scheepvaartverbinding Volkerak-Zoommeer – Hollandsch Diep. RIZA werkdocument 2004.108X.

Slootjes, N. (2004). Hoogwaterberging Volkerak-Zoommeer. Verdiepingsslag voor Ruimte voor de Rivier. RIZA werkdocument 2004.123X.

Struijk, R., P. Jacobs (2006). Aanvoerfrequenties verziltingsjaren t.b.v. Zoetwaterverkenning Midden-West Nederland. RIZA werkdocument 2005.122X.

Zetten, J. van (2000). Een Sobek-model van het Noordelijk Deltabekken kalibratie en verificatie. RIZA werkdocument 2000.128X.

Bijlage A Debietverdeling per jaar in het noordelijk deltabekken en rond het Volkerak-Zoommeer

	Q-Waal	Q-Lek	Q-maas -Maasmond	Q-Haring- vlietsluizen	Q-Volkerak -Philipsdam	Q-Bath	Q-Kreekrak	Q-Mark en Dintel	Q-Steenb. Vliet		
scen1 1988	1865	476	455	1687	1086	20	-9	29	3	18	3
scen1 1989	1289	219	273	1283	481	20	-9	19	3	8	1
scen1 1990	1293	217	224	1240	470	20	-9	15	3	6	1
scen2 1988	1865	476	455	1679	1083	30	54	93	3	18	3
scen2 1989	1289	219	273	1275	480	30	61	89	3	8	1
scen2 1990	1293	217	224	1231	469	30	60	85	3	6	1
scen3 1988	1865	476	455	1679	1083	30	76	115	3	18	3
scen3 1989	1289	219	273	1275	480	30	77	115	3	8	1
scen3 1990	1293	217	224	1231	469	30	79	113	3	6	1
scen4 1988	1865	476	455	1667	1072	54	42	104	3	18	3
scen4 1989	1289	219	273	1252	474	59	46	102	3	8	1
scen4 1990	1293	217	224	1208	464	54	41	103	3	6	1
scen5 1988	1865	476	455	1738	1089	-34	120	104	3	18	3
scen5 1989	1289	219	273	1354	485	-55	151	102	3	8	1
scen5 1990	1293	217	224	1283	470	-23	121	103	3	6	1
scen6 1988	1865	476	455	1356	1564	-128	202	90	3	18	3
scen6 1989	1289	219	273	890	1066	-171	248	83	3	8	1
scen6 1990	1293	217	224	829	1043	-140	221	84	3	6	1
scen7 1988	1850	484	452	1716	1119	-52	144	110	3	18	3
scen7 1989	1260	225	272	1336	491	-67	169	108	3	8	1
scen7 1990	1266	219	222	1250	475	-23	127	108	3	6	1
scen8 1988	1850	484	452	1326	1610	-154	238	101	3	18	3
scen8 1989	1260	225	272	910	1021	-170	263	99	3	8	1
scen8 1990	1266	219	222	832	1003	-132	227	99	3	6	1