Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

Balanceren tussen zoet en zout

Ruimte voor veerkracht en veiligheid in de Delta

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

jklmnopq

Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

Balanceren tussen zoet en zout

Ruimte voor veerkracht en veiligheid in de Delta

Rapport RIKZ/2001.18
Rapport RIZA/2001.014
ISBN 90-369-3445-1

H.A. Haas (RIKZ) en M. Tosserams (RIZA)

April, 2001

Inhoudsopgave

SAMENVATTING.....6

1 INLEIDING..... 11

1.1 AANLEIDING 11
1.2 VRAAGSTELLING 12
1.3 DOELSTELLING 12
1.4 UITGANGSPUNTEN 12
1.5 RELATIE MET ANDERE PROJECTEN 13

2 VAN VERLEDEN NAAR HEDEN..... 14

2.1 DE DELTA VAN TOEN: TRUGKIEKE..... 14
2.2 DE DELTA BEHEERSEN..... 14
2.3 DE DELTA BEHEREN 16

3 WERKWIJZE..... 19

3.1 FASERING 19
3.2 MODELSTUDIE 20
3.2.1 Inleiding 20
3.2.2 Het DELTA model..... 21
3.3 WATERKWALITEIT 22
3.3.1 De bemonsteringslokaties 23
3.3.2 De beschouwde stoffen..... 23
3.4 ECOLOGISCHE BEOORDELING..... 24
3.5 VEERKRACHT ALS STRATEGIE..... 25

4 WATERAFVOEROMSTANDIGHEDEN 27

4.1 WATERAFVOER VOOR DE DELTAWERKEN..... 27
4.2 WATERAFVOER IN DE PERIODE 1969 -1985 27
4.3 HUIDIGE SITUATIE..... 28
4.3.1 Gevolgen West-Brabant 28
4.3.2 Gevolgen benedenrivierengebied..... 29
4.4 TOEKOMSTIGE VERANDERINGEN..... 29
4.5 WATERBEHEER IN DE 21E EEUW 30
4.5.1 CWB21 30
4.5.2 Integrale Verkenning Benedenrivieren (IVB) 31
4.6 PERSPECTIEF VOOR DE BLAUWE DELTA..... 31
4.7 WATERAFVOEROMSTANDIGHEDEN 32
4.7.1 Lage afvoer 32
4.7.2 Gemiddelde afvoer..... 32
4.7.3 Hoge afvoer..... 32
4.7.4 Extreme afvoer..... 32
4.7.5 Extreem plus..... 33

5 HERSTELPROJECTEN EN ALTERNATIEVEN 35

5.1 GEBIEDSINDELING 35
5.2 HERSTELPROJECTEN 35
5.3 (BEHEER)ALTERNATIEVEN..... 39
5.3.1 RIVIERDYNAMIEK..... 39
5.3.2 ESTUARIENE DYNAMIEK 39

5.3.3 Extreme omstandigheden ... *40*

6 HYDRAULISCHE MODELSTUDIE ... **41**

6.1 INLEIDING ... 41
6.2 DIMENSIONERINGEN DOORLAATMIDDELEN ... 41
6.3 VOLKERAKSLUIZEN ALS HOOFDKRAAN ... 44
6.4 MODELRESULTATEN ALTERNATIEF ESTUARIENE DYNAMIEK ... 44
6.4.1 Gedempt getij ... *44*
6.4.2 Stroomsnelheden ... *45*
6.4.3 Zoet-zoutgradiënten ... *45*
6.4.4 Effecten Oosterschelde ... *45*
6.4.5 Uitbreiding areaal intergetijdengebied ... *46*
6.4.6 Extreme afvoeren ... *46*
6.5 MODELRESULTATEN ALTERNATIEF RIVIERDYNAMIEK ... 47
6.5.1 Lage afvoer ... *47*
6.5.2 Hoge afvoer ... *47*
6.5.3 Extreme afvoer ... *47*
6.6 EFFECTEN OP HET BENEDENRIVIERENGEBIED ... 48
6.6.1 Waterstanden ... *48*
6.6.2 Zoutconcentraties ... *48*
6.7 WATERAFVOER BRABANTSE RIVIEREN ... 49

7 WATERKWALITEIT: HUIDIGE SITUATIE EN TRENDS ... **51**

7.1 INLEIDING ... 51
7.2 TRENDS IN DE PERIODE 1970 - 2000 ... 51
7.3 PROGNOSES VOOR 2030 ... 54
7.4 CONCLUSIES ... 54

8 EFFECTEN OP DE NATUUR ... **56**

8.1 INLEIDING ... 56
8.2 ONTWIKKELINGEN IN HET VOLKERAK-ZOOMMEER SINDS 1987 ... 56
8.2.1 Inleiding ... *56*
8.2.2 Het watersysteem ... *58*
8.2.3 De eilanden ... *58*
8.2.4 De oeverzone ... *59*
8.2.5 De buitendijkse gronden ... *59*
8.2.6 Knelpunten in de huidige ontwikkeling ... *59*
8.3 ONTWIKKELING VOLKERAK-ZOOMMEER BIJ HET ALTERNATIEF RIVIERDYNAMIEK ... 60
8.3.1 Processen ... *60*
8.3.2 Patronen ... *63*
8.3.3 Soorten ... *64*
8.4 ONTWIKKELING VOLKERAK-ZOOMMEER BIJ ALTERNATIEF ESTUARIENE DYNAMIEK ... 66
8.4.1 Processen ... *66*
8.4.2 Patronen ... *68*
8.4.3 Soorten ... *69*
8.5 ONTWIKKELING OOSTERSCHELDE SINDS DE DELTAWERKEN ... 72
8.5.1 Gevolgen van de Deltawerken ... *72*
8.5.2 Zandhonger ... *73*
8.5.3 Waterkwaliteit en ecologie ... *73*
8.5.4 Watervogels ... *73*
8.6 ONTWIKKELING OOSTERSCHELDE BIJ HET ALTERNATIEF RIVIERDYNAMIEK 74
8.6.1 Processen ... *74*
8.6.2 Patronen ... *75*
8.6.3 Soorten ... *76*

8.7 ONTWIKKELING OOSTERSCHELDE BIJ HET ALTERNATIEF ESTUARIENE DYNAMIEK 79
8.7.1 Processen *79*
8.7.2 Patronen *81*
8.7.3 Soorten *82*
8.8 TENSLOTTE 85
8.8.1 Aandachtspunten *85*

9 GEVOLGEN VOOR DE GEBRUIKSFUNCTIES 86

9.1 INLEIDING 86
9.2 VEILIGHEID BENEDENRIVIERENGEBIED 86
9.3 WATERAFVOER BRABANTSE RIVIEREN 86
9.4 BEROEPSSCHEEPVAART 87
9.5 LANDBOUWWATER 88
9.6 RECREATIE 89
9.7 VISSERIJ 90
9.8 VEERKRACHT ALS GIDSPRINCIPE 93

10 KOSTEN EN BATEN VAN DE ALTERNATIEVEN 97

10.1 INLEIDING 97
10.2 KOSTEN WATERBOUWKUNDIGE INFRASTRUCTUUR 97
10.3 OVERIGE INFRASTRUCTUUR 99
10.3.1 Brabantse rivieren en havens *99*
10.3.2 Dijken en oevers. *99*
10.3.3 Bruggen Schelde-Rijnverbinding *99*
10.4 BATEN 100

11 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN 102

11.1 CONCLUSIES 102
11.2 AANBEVELINGEN 106

LITERATUUR

BIJLAGEN

COLOFON

Samenvatting

De Delta van Zuid-West Nederland heeft in de afgelopen 30 jaar ingrijpende veranderingen ondergaan. De Deltawerken hebben geleid tot een stelsel van dammen en sluizen die bescherming bieden tegen overstromingen vanuit zee. Ook is hierdoor nieuwe infrastructuur tot stand gekomen en zijn afzonderlijke zoet-, zout- en brakwaterbekkens gevormd en is er een sterke mate van waterbeheersing. De afvoer van Rijn-Maas water via het Krammer Volkerak naar de Oosterschelde en de Grevelingen is hierdoor verdwenen. Het eens zo dynamische milieu van estuariene overgangen met een hoge mate van natuurlijke dynamiek en productiviteit heeft moeten plaatsmaken voor geïsoleerde bekkens. De belangen vanuit veiligheid, scheepvaart, landbouw, visserij en ecologie hebben geleid tot een politiek compromis waarin ‘ruimte’ was voor alle functies. Nederland was en is trots op zijn Deltawerken, een technisch hoogstaand project met een wereldwijde uitstraling.

De afgesloten zeearmen zijn veranderd in unieke maar kwetsbare ecosystemen. Daarom is in de Vierde Nota waterhuishouding voor het Deltagebied een beleid ingezet op herstel en versterking van de natuurlijke processen. Dit zal moeten leiden tot meer uitwisseling tussen de verschillende compartimenten waardoor overgangen zijn hersteld en de peilfluctuaties een natuurlijk verloop hebben.De bescherming tegen overstromingen blijft uiteraard gehandhaafd. Ook de Commissie Waterbeheer 21^{e} eeuw geeft aan dat een omslag in het waterbeheer noodzakelijk is om Nederland de komende eeuw veilig, leefbaar en aantrekkelijk te houden voor bewoners en investeerders. Ruimte voor water is hierbij de belangrijkste boodschap. Inmiddels heeft het kabinet hierover een standpunt ingenomen: Anders omgaan met water: Waterbeleid in de 21^{e} eeuw.

Ook in het Deltagebied bezint men zich op de toekomst. In het traject Integrale Visie Deltawateren van de provincies Zeeland, Zuid-Holland en Noord-Brabant zal een langetermijnvisie opgesteld worden voor de hele regio. Als onderdeel van deze visievorming is Rijkswaterstaat directie Zeeland bezig met verkenningen voor de Deltawateren, het project ‘Onderzoeksspoor Blauwe Delta’. Dit rapport maakt deel uit van dit project en behandelt de volgende vragen:

1. Wat zijn de mogelijkheden om de uitwisseling tussen de afzonderlijke bekkens in het Deltagebied te vergroten, zodanig dat de estuariene dynamiek wordt vergroot en de regulatiefuncties (zoals zelfreinigend vermogen, kraamkamer, geleiding van waterstromen) van de natuur worden hersteld?
2. Wat zijn de effecten van deze maatregelen op de gebruiksfuncties?
3. Kan het herstel van uitwisseling een bijdrage leveren om de effecten van zeespiegelstijging, verhoogde rivierafvoeren en bodemdaling op de lange termijn in de gehele regio op te vangen?

Als uitgangspunt voor dit rapport wordt uitgegaan van een gedeeltelijk herstel van afvoer van Rijn-Maas water via de Volkerakspuisluizen, de ‘zoetwaterhoofdkraan’ voor de zuidelijke

Delta. In de uitwerking hiervan zijn twee (beheers)alternatieven beschreven: ESTUARIENE DYNAMIEK en RIVIERDYNAMIEK. Beide alternatieven gaan uit van de volledige benutting van de spuicapaciteit van de huidige Volkerakspuisluizen bij extreme rivierafvoer en de bouw van een groot doorlaatmiddel in zowel de Philipsdam als de Oesterdam. De capaciteit van deze doorlaatmiddelen is gedimensioneerd om deze hoeveelheid rivierwater via de Oosterschelde af te voeren naar de Noordzee. Onder gemiddelde omstandigheden zorgen deze doorlaatmiddelen voor uitwisseling tussen het Volkerak-Zoommeer en de Oosterschelde. Bij ESTUARIENE DYNAMIEK hebben deze doorlaatmiddelen een tweezijdige uitwisseling waarbij een gedempt getij ontstaat in het Volkerak-Zoommeer alsmede zoutdoordringing. Bij het alternatief RIVIERDYNAMIEK is sprake van een eenzijdige spui waardoor het Volkerak-Zoommeer zoet blijft. De peildynamiek in dit deel van de Delta volgt de waterstanden in het benedenrivierengebied binnen de bandbreedte NAP -0,30 m. en NAP + 0,50 m. In beide alternatieven is de scheiding tussen het Markiezaatsmeer en het Zoommeer deels opgeheven, zodat een aaneengesloten gebied ontstaat. Tevens is een doorlaatmiddel in de Grevelingendam opgenomen vanaf het Volkerakmeer met eenzelfde capaciteit als de Brouwersspuisluis. In bijlage ?? is een kaart opgenomen met de plaatsaanduidingen van deze infrastructuur.

De alternatieven zijn beoordeeld op veiligheid, natuur, waterkwaliteit en overige gebruiksfuncties. Op basis van het ééndimensionaal Deltamodel zijn de hydraulische aspecten (debieten, waterstanden, zoet-zoutgradiën-ten en stroomsnelheden) verkend van verschillende afvoeromstandigheden via de Volkerakspuisluizen naar de zuidelijke Delta. Uiteraard betreft het hier een zeer voorlopige verkenning, waarbij de resultaten gezien moeten worden als bouwstenen voor de discussie in het traject Integrale Visie Deltawateren.

Conclusies

Het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK *biedt het meeste perspectief op herstel van de natuurwaarden in het Volkerak-Zoommeer en de Oosterschelde.*

Herstel van de oorspronkelijke estuariene gradiënten in het Volkerak-Zoommeer en de Oosterschelde, zoals is uitgewerkt in het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK, biedt het meeste perspectief voor een duurzame ontwikkeling van het gebied. Dit alternatief zal leiden tot een doorgaande zoet-zoutgradiënt via de noordelijke tak van de Oosterschelde naar het Volkerakmeer, waar onder invloed van de Oosterschelde een gedempt getij ontstaat. Het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK leidt, bij de huidige modelinstellingen, tot een gedempt getij van maximaal 50 cm waarbij circa 380 ha estuarien intergetijdengebied in het Volkerakmeer ontstaat. De waterstanden fluctueren hierbij vooralsnog tussen NAP en NAP +50 cm met uitschieters naar NAP +70 cm bij sprintij. Het Zoommeer en Markiezaatsmeer vormen bij dit alternatief weer een aaneengesloten gebied (Scheldezoom) en staan onder invloed van het zoute Oosterschelde water. Bij een gedempt getij van 50 cm ontstaat in dit gebied circa 350 ha intergetijdengebied. De afname van de getijslag in de Oosterschelde is alleen merkbaar in de oostelijk deel en blijft beperkt tot minder dan 5%. De Binnenschelde blijft een afzonderlijk compartiment, maar kan worden doorgespoeld met schoon zout

water. De variatie in ruimte en tijd van de land-water en zoet-zoutgradiënten kan worden gestuurd door het spuibeheer van de Volkerakspuisluizen en de afmetingen van de doorlaatmiddelen. Voor instandhouding van minimale zoet-zoutgradiënten en voorkoming van zoutdoordringing naar het Hollandsch Diep is een minimum debiet nodig van circa 50 m^3/s. Vooral bij lage rivierafvoeren kan dit debiet naar de zuidelijke Delta effecten hebben op de zoutindringing via het Haringvliet en de Nieuwe Waterweg. Er zullen daarom landelijke afwegingen gemaakt moeten worden over de verdeling van rivierwater bij lage afvoeren.

In beide alternatieven zullen de huidige functie-eisen die aan het Volkerak-Zoommeer zijn gesteld ingrijpend moeten veranderen. Vanwege de huidige boezemfunctie van het Volkerak-Zoommeer ondervindt de afwatering van de Brabantse rivieren grote problemen bij waterstanden boven NAP + 50 cm.
Uit een functie-analyse blijkt dat er twee grote knelpunten zijn: (1) de vrije afvoer van Brabants rivierwater bij zowel RIVIERDYNAMIEK als ESTUARIENE DYNAMIEK en (2) de beschikbaarheid van zoet water voor de landbouw bij ESTUARIENE DYNAMIEK. De huidige marges van de peildynamiek in het Volkerak-Zoommeer bieden onvoldoende mogelijkheden voor een verdere vergroting. Forse aanpassingen zijn nodig in de Mark/Vliet-boezem van de West-Brabantse rivieren om water langer te kunnen vasthouden en te bergen. Bij het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK is sprake van een sterke zoutindringing in het Volkerak-Zoommeer en komt de beschikbaarheid van zoet landbouwwater voor de direct aangrenzende polders in gevaar. Uit onderzoek blijkt dat er mogelijkheden zijn om alternatieve zoetwaterbronnen beter te benutten. Wanneer de 'gidsprincipes voor gebruik' worden toegepast, heeft het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK een duidelijk positieve invloed op de veerkracht van het gebied. Bij dit alternatief zal de doorvaarthoogte van drie bruggen over de Schelde-Rijnverbinding verhoogd moeten worden. Uit onderzoek blijkt dat de doorvaarthoogte ook in de huidige situatie al kritiek is. Door het overbodig worden van de zoet-zoutscheiding nemen de wachttijden bij de sluizen af. De overige functies (recreatie, visserij) zullen overwegend positief worden beïnvloed.

De water- en zwevendstofkwaliteit in de huidige Deltawateren zullen in 2030 voor een groot aantal stoffen nog niet aan de streefwaarden voldoen. Bij het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK zal de waterkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer aanzienlijk verbeteren vanwege te overheersende invloed van de schone Oosterschelde.
Uitgaande van het scenario GEBRUIK uit de Water Systeem Verkenningen en de daaraan gekoppelde gemiddelde reductiepercentages, zijn op basis van actuele toetswaarden schattingen gemaakt van de water- en zwevendstofkwaliteit in 2030. Deze schattingen zijn getoetst aan de streefwaarden uit de Vierde Nota waterhuishouding. Hieruit blijkt dat binnen de huidige inrichting van de watersystemen een groot aantal streefwaarden nog zullen worden overschreden. Dit is vooral zichtbaar in de Westerschelde, het Volkerak-Zoommeer en het Hollandsch Diep. De waterkwaliteit van de Oosterschelde, het Grevelingenmeer en het Veerse Meer is in alle gevallen beter. Herstel van verbindingen zou dus in principe kunnen leiden tot een verslechtering van de waterkwaliteit van de ontvangende watersystemen. Bij het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK

zal vooral de waterkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer aanzienlijk verbeteren door de invloed van de Oosterschelde. Ook is de verwachting dat fysische, chemische en biologische processen in deze estuariene overgangszone een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan de natuurlijke zuivering van rivierwater. Aandachtspunt blijft de kans op zoutstratificatie bij onvoldoende menging en de gevolgen daarvan in de diepe delen van de watersystemen, en de aanvoer van microverontreinigingen vanuit het Hollandsch Diep.

Herstel van de rivierafvoer via het Volkerakmeer naar de zuidelijke Delta kan bij extreme rivierafvoer een belangrijke bijdrage leveren aan de veiligheid in het benedenrivierengebied. Hierbij kan echter een situatie ontstaan die tijdelijk leidt tot sterk verhoogde waterstanden in het Volkerak-Zoommeer waardoor de natuurlijke afwatering van de West-Brabantse rivieren niet meer mogelijk is. Indien dit samenvalt met een hoog wateroverschot in West-Brabant, kan ernstige wateroverlast in deze regio ontstaan. Extra afvoer via grote gemalen is hierbij noodzakelijk. Indicatieve modelberekeningen laten zien dat bij de maatgevende extreme rivierafvoer van Rijn en Maas van 16.000 m^3/s het afvoeren van water via de Volkeraksluizen naar de Oosterschelde en eventueel naar het Grevelingenmeer, kan leiden tot een plaatselijke verlaging van de hoogwaterstand tot 50 cm in het Benedenrivierengebied. Het debiet dat via de Volkerakspuisluizen wordt afgevoerd neemt hierbij toe tot gemiddeld 2000 m^3/s. De waterstanden in het Volkerak-Zoommeer stijgen in deze extreme situatie in circa drie dagen tot maximaal NAP + 2,50 m. Indien de extreme afvoer van Rijn en Maas samenvalt met extreme waterstandsverhogingen voor de kust, waarbij de Oosterscheldekering moet worden gesloten, is het gedeeltelijke afleiden van rivierwater via de Volkerakspuisluizen alleen mogelijk indien de afwatering van de West Brabantse rivieren op het Volkerak-Zoommeer tijdelijk kan worden gestaakt en de afwateringssluizen kunnen worden gesloten. In dat geval zou het Volkerak-Zoommeer, in combinatie met de Oosterschelde en het Grevelingenmeer, gebruikt kunnen worden als tijdelijk opvangbekken voor de hoge afvoer van Rijn en Maas. In geval van extreme rivierafvoer en gesloten stormvloedkeringen heeft de Delta een potentieel totaal bergingsareaal van zo'n 75.000 ha. Bij een meerdaagse sluiting zullen de waterstanden in de Oosterschelde en het Volkerak-Zoommeer stabiliseren rond de NAP + 3,0 m. Met de huidige infrastructuur voor afwatering van West-Brabant en de verwachting dat in een dergelijke situatie ook de afvoer van de West-Brabantse rivieren hoog zal zijn, zal dit leiden tot grote wateroverlast en veiligheidsproblemen in deze regio. In deze situatie is extra afvoer door middel van grote gemalen noodzakelijk. Het gaat hierbij echter om een globale verkenning van een theoretische situatie onder zeer extreme omstandigheden.

Deze studie heeft aangetoond dat er kansen zijn om de veerkracht en de veiligheid in de gehele regio te verbeteren door de compartimentering van watersystemen deels te 'doorbreken'. Door de afvoerfunctie van rivierwater via de zuidelijke Delta te herstellen is een duurzaam herstel mogelijk van het estuariene karakter van de Delta, waardoor een deel van de ecologische knelpunten kunnen worden opgelost. Het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK biedt hierbij het meeste perspectief op herstel. Dit alternatief betekent echter een fundamentele omslag in het huidige beheer en gebruik van het

Volkerak-Zoommeer. Vooral de zoetwaterfunctie voor de landbouw en de afwateringsproblematiek van de Brabantse rivieren komen hierbij in grote problemen. Er zullen onder gemiddelde omstandigheden forse aanpassingen nodig zijn om de zoetwater- en de boezemfunctie te compenseren. Onder extreme afvoeromstandigheden is berging in West-Brabant onttoereikend en zijn verdergaande maatregelen noodzakelijk om de waterafvoer te garanderen. In de studie naar de landelijke waterverdeling zowel bij hoge als bij lage afvoer is het noodzakelijk om de 'zoetwatervraag' van de verschillende regio's en gebruikers beter op elkaar af te stemmen.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het waterbeheer in Nederland staat in de komende eeuw voor grootscheepse aanpassingen. De grenzen van het beheersen en beheren van watersystemen komen steeds duidelijker in beeld. De ruimtelijke inrichting van Nederland zal meer moeten aansluiten bij de wezenlijke elementen van de natuurlijke processen. Het waarborgen van duurzame veiligheid en het herstel van de veerkracht vormen hierbij de uitgangspunten. De ruimtelijke vertaling hiervan staat landelijk volop in de belangstelling waarbij vooral het rivierengebied en het IJsselmeer middels integrale verkenningen in beschouwing worden genomen. Op basis van de adviezen van de Commissie Waterbeheer 21e Eeuw heeft het kabinet onlangs een standpunt ingenomen over een aantal moeilijke dilemma's (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2000c).

De Delta van Zuid-West-Nederland vormt een essentiële schakel tussen het rivierengebied en de kustzone en bezit een veelheid aan economische en ecologische functies. De Deltawerken hebben geleid tot veiligheid bij overstromingen, goede infrastructuur, zoetwater voor de landbouw en recreatievoorzieningen. De keerzijde is dat hierdoor het contact tussen de rivieren en de zee is verbroken, waardoor de afvoerfunctie en het estuariene karakter zijn verdwenen. Veiligheid en gebruik hebben onmiskenbaar een stempel gedrukt op de natuurkwaliteit van zoet-zout overgangen in de Delta (RIVM, 2000). De harde grenzen tussen zoet en zout vormen een belangrijke ecologische barrière voor tal van organismen. Met het verdwijnen van zoet-zout-overgangen zijn voor een delta als de Nederland karakteristieke, en op onze breedtegraad unieke, gebieden verloren gegaan. Daarvoor in de plaats zijn geïsoleerde bekkens gecreëerd. Deze systemen zijn kwetsbaar en hebben een gering vermogen tot herstel (veerkracht). Vooral de ontwikkelingen in het Volkerak-Zoommeer zijn zorgwekkend en de perspectieven voor dit bekken zijn bij de huidige functie-eisen en de huidige wijze van beheer negatief.

In 1998 is Rijkswaterstaat directie Zeeland gestart met verkenningen voor de Deltawateren in het 'Onderzoeksspoor Blauwe Delta'. Dit project heeft als doel een bijdrage te leveren aan het traject Integrale Visie Deltawateren van de provincies Zeeland, Zuid-Holland en Noord-Brabant. Het onderzoeksspoor is gestart in 1999 op basis van de resultaten van het eerste atelier Blauwe Delta (Rotmensen, 1999). Als onderdeel van het onderzoeksspoor heeft de directie Zeeland medio 1999 opdracht verleend aan de specialistische diensten RIKZ, RIZA, DWW en AVV van Rijkswaterstaat om opties te ontwikkelen voor de toekomstige inrichting van de Delta, met een tijdshorizon tot 2030. Dit product zal een bouwsteen vormen voor de Integrale Visie Deltawateren. Volgens de voorlopige planning zal deze visie na een communicatietraject vastgesteld moeten worden in februari 2003 (Stuurgroep Delta Inzicht, 2001).

1.2 Vraagstelling

Op basis van het projectplan (Boogerd, 1999) is voor deze studie de volgende **vraagstelling** geformuleerd:

1. Wat zijn de mogelijkheden om de uitwisseling tussen de afzonderlijke bekkens in het Deltagebied te vergroten, zodanig dat de estuariene dynamiek wordt vergroot en de regulatiefuncties (zoals zelfreinigend vermogen, kraamkamer, geleiding van waterstromen) van de natuur worden hersteld?
2. Wat zijn de effecten van deze maatregelen op de gebruiksfuncties?
3. Kan het herstel van uitwisseling een bijdrage leveren om de effecten van zeespiegelstijging, verhoogde rivierafvoeren en bodemdaling op de lange termijn in de gehele regio op te vangen?

1.3 Doelstelling

In de Vierde Nota waterhuishouding (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1998) staat de volgende doelstelling geformuleerd voor de zuidelijke Delta:

De natuurlijke processen in de Delta zijn hersteld en versterkt. Er is meer uitwisseling van water tussen de verschillende compartimenten. Natuurlijke, geleidelijke overgangen zijn hersteld en de peilfluctuaties hebben een natuurlijk verloop. De veiligheid tegen overstromingen blijft gehandhaafd.

De lange termijn strategie voor het bereiken van deze doelen is:
- *herstel natuurlijke processen;*
- *stroomgebiedbenadering.*

Doelstelling van deze studie:

Een overzicht van de gehele zuidelijke Delta met daarin de mogelijkheden voor het creëren van gradiënten en herstellen van estuariene ecotopen en de gevolgen hiervan voor de waterverdeling en de peildynamiek. Er zullen verschillende alternatieven worden gepresenteerd met daarbij de noodzakelijke aanpassingen voor de infrastructuur en een globale kostenraming. Daarbij worden de mogelijkheden voor multifunctioneel gebruik aangegeven en wordt rekening gehouden met duurzaamheid en met de lange termijn ontwikkelingen van de zuidelijke Delta als geheel.

1.4 Uitgangspunten

- veiligheid blijft gehandhaafd;
- herstel van uitwisseling kan leiden tot extra belastingen van verontreinigende stoffen; in deze studie wordt aangegeven welke stoffen onderdeel zijn van deze extra belasting; deze belastingen zullen zo gering mogelijk moeten zijn;
- bestaande ideeën omtrent grote beheersmaatregelen erbij betrekken; voorbeelden zijn (1) doorlaatmiddel Veerse Meer (2) getemd getij alternatief Haringvlietsluizen (3) herstellen estuariene gradiënten in de Oosterschelde (4) herstellen van de uitwisseling tussen het Grevelingenmeer en de zee (5) natuurlijke

peilfluctuaties in het Volkerak-Zoommeer en (6) Integrale Verkenning Benedenrivieren;
- de zoetwaterbehoefte voor de landbouw zoveel mogelijk reguleren door middel van waterconservering op het land en/of wateraanvoer van buiten de provincie;
- multifunctioneel gebruik blijft gehandhaafd;
- landelijke waterverdeling is randvoorwaardenscheppend. .

1.5 Relatie met andere projecten

Herstel van estuariene overgangen is een onderwerp waar veel aandacht aan wordt geschonken binnen de verschillende regio's in Nederland. Deze aandacht vloeit voort uit de Vierde Nota waterhuishouding (NW4) waarin wordt gepleit voor het herstel van verbindingen tussen watersystemen en herstel van zout-zoetgradiënten (zie 1.3).
Relatie met verwante projecten:
1. Kansen voor herstel zout-zoetovergangen in Nederland. Lenselink & Gerits, (2000). WVK rapport. RIZA rapport 2000.032.
2. Naar een herstel van estuariene gradiënten in Nederland. De Leeuw & Backx, (2000) Onderzoek in het kader van WONS*Inrichting. Verschijnt voorjaar 2001.
3. MER beheer Haringvlietsluizen. (RWS, directie Zuid-Holland, 1999)
4. Verkenningen van een natuurlijke zoet-zoutovergang rond de Afsluitdijk. Najaar 2001 definitieve ontwerp van de inrichtingsmaatregelen voor het creëren van de brakwaterzone.
5. Samen slim met water. Ontwerp waterhuishoudingsplan 2001-2006. Provincie Zeeland.

Daarnaast is er een sterke relatie met projecten die zich bezighouden met de waterkwantiteit en de waterafvoerproblematiek in Nederland.
1. Integrale Verkenning Benedenrivieren. (Min.V&W, RWS, directie Zuid-Holland, 2000a) Bestuurlijk advies aangeboden aan de staatssecretaris van V&W.
2. Waterbeleid voor de 21^{e} eeuw. Advies van de Commissie Waterbeheer 21^{e} eeuw.(Min.V&W, 2000c)
3. Langetermijnvisie Schelde-estuarium. Onderdeel veiligheid. (Min.V&W et al, 2001)

2 Van verleden naar heden

2.1 De Delta van toen: trugkieke

Er zijn maar weinig kustgebieden in West-Europa die zo sterk zijn veranderd in de laatste eeuwen als de Nederlandse delta. Gevormd door Rijn, Maas en Schelde heeft het gebied duizenden jaren blootgestaan aan complexe hydrodynamische processen, aangestuurd vanuit de Noordzee en de rivieren. De vorm van de Delta is hierdoor voortdurend veranderd. Veranderende rivierregimes en eb- en vloedstromen hebben grote hoeveelheden sediment verplaatst en gezorgd voor een dynamisch milieu van getijgeulen, slikken, schorren en platen. Deze geomorfologische processen vonden plaats in een estuarien milieu, de overgang tussen zoet en zout.
Door opslibbing van sediment in dit uitgestrekte getijdengebied zijn grote delen van de Westhoek van Brabant en vele eilanden in de Zeeuwse en Zuid-Hollandse delta boven het gemiddelde zeeniveau gekomen. Waarschijnlijk is de mens al vanaf halverwege de twaalfde eeuw bezig land te winnen van de zee. Vooral in de zestiende eeuw kreeg het bouwen van dijken een impuls door de toegenomen kennis van techniek en wetenschap en in de eeuwen daarna is dit proces doorgegaan en zijn honderden hectaren intergetijdengebied afgedamd, ingepolderd en ontgonnen voor de landbouw. De Delta kreeg langzaam maar zeker zijn huidige vorm. Stormvloeden en overstromingen zorgden echter regelmatig voor het terugwinnen van land door de zee. De geschiedenis van Zuid-West-Nederland staat hierdoor voortdurend in het teken van strijd tegen het water. Op 1 februari 1953 zorgde een stormvloed voor de watersnoodramp. Hierbij is ongeveer 180 km dijk doorgebroken, waardoor 160.000 ha land overstroomde. Hierbij verloren1853 mensen het leven.

2.2 De Delta beheersen

In 1957 heeft het Nederlandse parlement het Deltaplan aangenomen, wat als doel had de lage delen van Nederland te beschermen tegen stormvloeden. De aanpak was het sluiten van alle zeegaten in Zuid-West-Nederland. De enige uitzondering hierop was de Westerschelde, die open moest blijven vanwege de bereikbaarheid van de Antwerpse haven. In een periode van 30 jaar hebben grootschalige waterbouwkundige werken geleid tot fundamentele veranderingen in de zuidelijke Delta, zowel hydraulisch, morfologisch als ecologisch. Het Haringvliet, het Grevelingenmeer en het Veerse Meer veranderden in respectievelijk zoete, zoute en brakke wateren met een sterk gereguleerd peil. Door de compartimentering van de Oosterschelde ontstonden het zoete Volkerak-Zoommeer en het Markiezaatsmeer. Door het opspuiten van de Begseplaat is de Binnenschelde is aangelegd, een recreatieplas van de gemeente Bergen op Zoom. De Oosterschelde veranderde van een estuarium in een half open zeearm met een gedempt getij. Samengevat kan gesteld worden dat de Delta veiliger is geworden maar veel van zijn dynamiek heeft verloren. De open verbindingen tussen de rivier en de

zee met de daarbij horende estuariene kenmerken zijn veranderd in geïsoleerde meren en zeearmen. Gradiënten zijn verdwenen en hebben plaatsgemaakt voor harde overgangen; deze vormen barrières voor diverse migrerende organismen (de Vries *et al,* 1996). In dertig jaar tijd is het Deltagebied getransformeerd van een dynamisch gebied met open verbindingen tussen de rivieren en de zee met een natuurlijke veerkracht, tot een verzameling van niet samenhangende en ecologisch 'kwetsbare' watersystemen. De fundamentele invloed van zoet, voedsel- en slibrijk rivierwater in het ontstaan van dynamische estuariene gradiënten is hierbij verdwenen. Tabel 2.1 geeft een totaaloverzicht van de veranderingen ten gevolge van de Deltawerken. In bijlage?? is een kaart opgenomen met de belangrijkste topografische en de bestaande dammen en sluizen in het Deltagebied.

Tabel 2.1
Belangrijkste abiotische veranderingen in de Deltawateren en areaal veranderingen als gevolg van de Deltawerken (Smaal & van der Hoek, 1999)

	Haringvliet	Grevelingenmeer	Oosterschelde	Volkerak-Zoommeer	Veerse Meer	Westerschelde[c]	Totaal
totaal areaal (km^2)							
-voor	170	140	452[b]	65	40	300	1102[b]
-na	146[a]	108[a]	351	47	21[a]	300	926[a]
areaal intergetijden-gebied (km^2)							
-voor	38	63	183[b]	24	22	43	369
-na	2	0	118	0	0	33	153
areaal schorren (km^2)	31	4	17[b]	6,5	7,5	35	94,5
-voor	0	0	6	0	0	25	31
-na							
verblijftijd (dagen)							
-voor	ND	ND	30	60	ND	60	
-na	1-> 60	270	60	200	180	80	
wateraanvoer ($m^3\ s^{-1}$)							
-voor	880	ND	70	50	ND	120	
-na	0- >1300	1	25	30	2	120	
gemiddelde getijslag (m)							
-voor	1	3	3,7	4	3	4	
-na	0,2	0	3,3	0	0	4	
gemiddelde diepte (m)	5	5,4	7,8	5,2	4,2	ND	

ND = No Data
[a] = Exclusief drooggevallen gebieden

[b] = Inclusief Volkerak
[c] = Veranderingen niet het gevolg van Deltawerken, alleen enig verlies als gevolg van dijkversterking

In tabel 2.2 zijn de huidige oppervlakten van de Deltawateren weergegeven alsmede het areaal drooggevallen gebied in de afgesloten bekkens en in het intergetijdengebied in de Oosterschelde.

Tabel 2.2
Huidige binnendijks en buitendijks oppervlakte (ha) van de Deltawateren (excl. Westerschelde en Haringvliet)

Watersysteem	oppervlakte (ha)	buitendijks drooggevallen	intergetijden-gebied	schor	Totaal
Volkerakmeer	4670	1780			6450
Zoommeer	1580	270			1850
Markiezaatsmeer	1100	700			1800
Grevelingenmeer	10800	2800			13600
Veerse Meer	2030	1960			3990
Oosterschelde	35100		11400	640	47140
Totaal Deltawateren	**55280**	**5550**	**11400**	**640**	**74830**

2.3 De Delta beheren

In het kader van integraal waterbeheer zijn door Rijkswaterstaat voor alle afzonderlijke watersystemen beleids- en beheersplannen opgesteld in samenspraak met de verschillende gebruikers en rekening houdend met maatschappelijke belangen. In tabel 2.3 staan de functies met de prioritering weergegeven die zijn toegekend aan de verschillende watersystemen na de totstandkoming van de Deltawerken.
Uiteraard is handhaving van de veiligheid bij alle watersystemen het uitgangspunt. De functie-eisen die vanuit de verschillende gebruiksfuncties worden gesteld hebben geleid tot een afname van de dynamiek met daardoor negatieve trends in ecologische ontwikkelingen. Voorbeelden hiervan zijn, onder andere: Zeeslaproblemen door hoge nutriëntenbelasting in het Veerse Meer, zandhonger en versnelde erosie in de Oosterschelde en eutrofiëring en slecht tot ontwikkeling komen van de oeverbegroeiing in het Volkerak Zoommeer. Er is in de afgelopen jaren veel geld geïnvesteerd in het ecologisch herstel van de afzonderlijke watersystemen. Desondanks blijven de watersystemen kwetsbaar en zijn de problemen nog steeds niet opgelost. Oosterschelde, Grevelingenmeer, Veerse Meer, Westerschelde, Volkerak-Zoommeer en Haringvliet-Hollandsch Diep, alle watersystemen staan onder druk en kampen met specifieke problemen. In het rapport Delta 2000 (Withagen, 2000) wordt een uitgebreide beschrijving gegeven van de huidige situatie. Ook hoofdstuk 8 in dit rapport geeft meer specifieke informatie over de ontwikkelingen in het Volkerak-Zoommeer en de Oosterschelde. Kikkert (2000a) heeft in fase 1 van dit project een

specifieke inventarisatie en analyse gemaakt van de peildynamiek in de zuidelijke Delta.

In de Vierde Nota Waterhuishouding is de verwachting uitgesproken dat het (gedeeltelijke) herstel van de natuurlijke processen in de watersystemen mogelijkheden biedt om de kwetsbaarheid te verkleinen. Er wordt van uitgegaan dat zodoende ook de bestaande natuurwaarde wordt versterkt. Natuurlijke processen kunnen vooral worden hersteld door de verbindingen en uitwisseling tussen de watersystemen weer mogelijk te maken of te vergroten. Bij natuurlijke processen in estuaria ontstaan vanzelf gradiënten, en de natuurwaarde van het estuarium is als gevolg daarvan hoger dan die van 'kunstmatige' watersystemen, zonder gradiënten.
In het kader van de Waterverkenningen van het ministerie van Verkeer en Waterstaat is een landelijke inventarisatie uitgevoerd van herstelprojecten van zoet-zout overgangen (Lenselink & Gerits, 2000). Doel van deze inventarisatie was om een beeld te krijgen of het beleidsvoornemen zoals geformuleerd in de Vierde Nota waterhuishouding (NW4) ook daadwerkelijk heeft geleid tot uitvoering van herstelprojecten. Daarnaast besteedt het rapport aandacht aan de ecologische en maatschappelijke onderbouwing van deze voor Nederland zo karakteristieke overgangen tussen zoet en zout. Ook wordt er gepleit voor een verdere verankering van herstel van zoet-zout overgangen in zowel natuurbeleid, als waterbeleid (onder andere in de 3e kustnota). Herstel van zoet-zout overgangen speelt een belangrijke rol in het tot stand brengen van gezonde en veerkrachtige watersystemen (natuurlijke overgangen en gezonde visstand, verbetering van de waterkwaliteit) en een duurzame veiligheidsbenadering. Ook is een heroverweging nodig van de zoetwaterverdeling en bestrijding van verzilting in Nederland in de 21e eeuw. Estuariene gradiënten verdienen ook een plek hierin (Lenselink & Gerits, 2000).

Tabel 2.3
Functietoekenning en prioritering Deltawateren. Het aantal plusjes geeft de prioritering aan van de functie t.o.v. de andere functies in het betreffende watersysteem. Tussen haakjes het jaar waarin afzonderlijk watersysteem is ontstaan. (Smaal & van der Hoek, 1999)

Functie	Haringvliet (1970)	Grevelingen-meer (1971)	Oosterschelde (1987)	Volkerak-Zoommeer (1987)	Veerse meer (1961)	Westerschelde (n.v.t..)
Drinkwater	+++					
Landbouw (zoet water)	+++			++	++[1]	
Recreatie	++	+++	+		+++	
Schelpdiervisserij		+	++			+

natuurbehoud en ontwikkeling	+[3]	++	+++	+++[2]		+++[2]
Scheepvaartroute			+	+++	+	+++

[1] peilbeheer afgestemd op optimale afwatering van de gemalen
[2] natuurfunctie voor ondiep water, oevergebieden en intergetijdengebieden en
scheepvaartfunctie voor de vaargeul
[3] Alternatief beheer Haringvlietsluizen zal op termijn de natuurfunctie versterken

3 Werkwijze

3.1 Fasering

De uitvoering van het deelproject Gradiënten staat beschreven in het plan van aanpak fase één (Haas & Holland, 1999a) en fase twee (Haas & Holland, 2000b) en in de offerte extra modelstudies gradiënten (Feenstra, 2000). In figuur 3.1 is de werkwijze schematisch weergegeven.

Fase 0: Probleemanalyse
Fase 1: Inventarisatie
Fase 2: Uitvoering en integratie
Fase 3: Aanvullende vragen

Fase 0:
Voorafgaand aan de uitvoering van het project is een probleemanalyse uitgevoerd. Deze heeft geleid tot de probleemschets Gradiënten Blauwe Delta (Haas & Holland, 1999b). Dit is een uitgebreide analyse van het begrip gradiënten en de relatie met lopende projecten. Deze probleemschets is verder sturend geweest voor de uitvoering van fase 1 en fase 2 van het project.

Fase 1:
In fase één van het project zijn inventarisaties gemaakt van de volgende onderdelen:
- Waterbalansen: voor alle afzonderlijke bekkens zijn globale waterbalansen opgesteld voor een gemiddeld jaar, een droog jaar, een nat jaar en een extreem jaar.
- Waterkwaliteit: voor alle bekkens zijn voor één of meer representatieve lokaties de waterkwaliteitsgegevens verzameld, verwerkt en getoetst.
- Projecten: voor de zuidelijke Delta is een inventarisatie gemaakt van alle potentiële lokaties voor het herstel van zoet-zout overgangen.
- Formuleren van waterafvoeromstandigheden.

Fase één is afgesloten met een inventarisatierapport (Haas & Holland, 2000a)

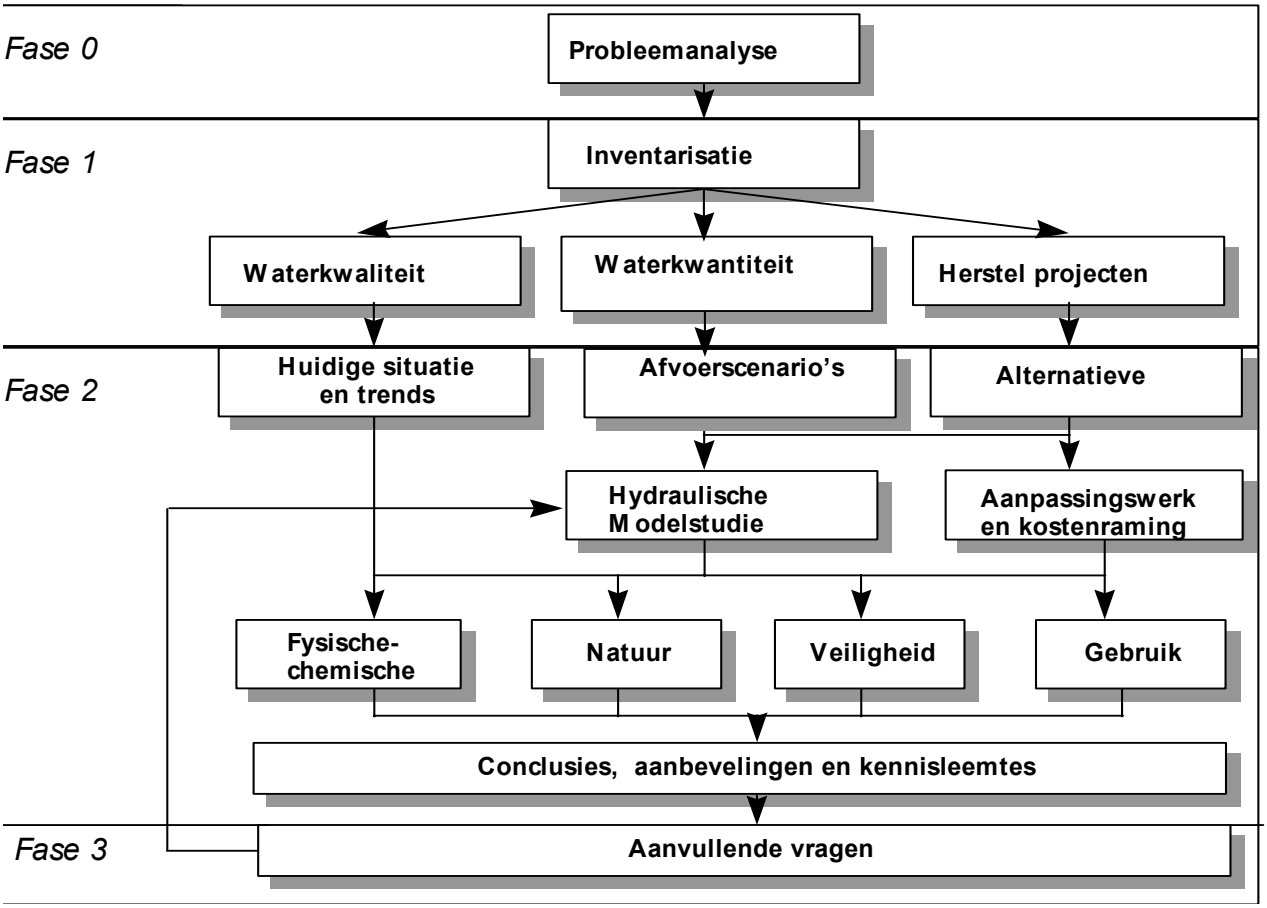
Fase 2:
Op basis van de resultaten van fase 1 zijn in fase 2 de volgende onderdelen uitgevoerd:
- Aanvullen van projecten die kunnen leiden tot herstel van overgangen.
- Uitwerken van een waterkwaliteitsrapport.
- Modelmatige uitwerking van waterverdelingsscenario's met ééndimensionaal hydraulisch model voor de gehele zuidelijke Delta.

- Uitwerking van twee alternatieven waarbij de fysische, chemische alsmede de ecologische effecten in beeld worden gebracht, alsmede de effecten op de gebruiksfuncties en de veiligheid.
- Globale beschrijving van de benodigde aanpassingswerken van de infrastructuur met kostenraming.

Deze rapportage is het resultaat van fase 2, waarin tevens de belangrijkste resultaten van fase 1 zijn opgenomen.

Fase 3:
Dit is een extra fase waarin nog enkele aanvullende vragen onderzocht zijn naar aanleiding van de hydraulische modelstudie met het Deltamodel.

Figuur 3.1
Werkwijze en fasering deelproject Gradiënten



3.2 Modelstudie

3.2.1 Inleiding

Gezien de complexiteit van de fysische processen die een rol spelen bij de herverdeling van het zoete water in de Delta, is een modelstudie noodzakelijk. Vanwege het verkennende karakter van

deze studie is gekozen voor een aanpak met een ééndimensionaal model. Bureau Svasek bv (2000a+b) heeft in opdracht van het RIKZ twee modelstudies uitgevoerd. De basis voor deze modelstudies waren de twee alternatieven die in deze studie zijn uitgewerkt en de verschillende waterafvoeromstandigheden. De studie heeft zich in eerste instantie alleen gericht op het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK (SVASEK, 2000a). Het alternatief RIVIERDYNAMIEK is in een aanvullende modelstudie nader uitgewerkt (Svasek, 2000b). Dit alternatief heeft in een aantal opzichten grote overeenkomsten met de verkennende studie 'Zoet water naar de Oosterschelde' (Haas, 1998).

De volgende vragen stonden in de verkennende studie centraal voor het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK:

1. Wat is de getijslag in het Volkerak-Zoommeer die gedurende een getijperiode is te realiseren? Hoe is de uitdemping van het gedempt getij tot aan de Volkeraksluizen?
2. Wat zijn de effecten van de verschillende afvoeromstandigheden op de minimum- en maximum waterstanden, de zoet-zout gradiënten en de stroomsnelheden in het Volkerak-Zoommeer (VZM)?
3. Wat zijn de effecten van de afvoeromstandigheden op de getijslag, de zoet-zoutgradiënt en de stroomsnelheden in de Oosterschelde?
4. Hoe groot is het areaal intergetijdengebied binnen het huidige Volkerak-Zoommeer dat zal ontstaan binnen de verschillende afvoeromstandigheden?

En voor het alternatief RIVIERDYNAMIEK:

1. Hoe is het spuiregime (duur en debiet) in de doorlaatmiddelen Philipsdam en Oesterdam onder de verschillende afvoeromstandigheden om een peil op het Volkerak-Zoommeer te realiseren zoals gedefinieerd bij dit alternatief?
2. Wat zijn de effecten van de verschillende afvoeromstandigheden op de zoet-zout gradiënten in de Oosterschelde?
3. Hoe groot is het droogvallend areaal buitendijks gebied in het Volkerak-Zoommeer (incl. Markiezaatsmeer) bij de genoemde streefpeilen in het Volkerak-Zoommeer?
4. Hoe groot is de komberging van de Delta bij extreme rivierafvoer en een stormvloed in het kustwater, rekening houdend met het lekdebiet door de Oosterscheldekering?
5. Wat is de invloed van de verschillende afvoeromstandigheden op de waterstanden in het benedenrivierengebied? Deze vraag heeft ook betrekking op het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK.

3.2.2 Het DELTA model

De bouw van het DELTA model is in twee fasen verlopen: (1) de bouw van OOSTZWEN en (2) de bouw van het DELTA model. OOSTZWEN is een reconstructie van het 'klassieke' ééndimensionale IMPLIC model van de Oosterschelde en het Volkerakmeer (Svasek, 2000a). Dit model is destijds opgezet voor de operationele begeleiding van de bouw van de Oosterscheldekering. Het is herzien, uitgebreid en opnieuw gekalibreerd in 1983 voor de laatste fasen van de bouw van de Oosterscheldekering en de aanleg van de compartimenteringsdammen. Sinds de afronding van de bouw van de Oosterscheldewerken is het model toegepast door het Hydro Meteo Centrum in Middelburg voor de voorspelling van de hydraulica

in het Oosterscheldebekken. Hierbij is het gedeelte ten oosten van de compartimenteringsdammen (Volkerak-Zoommeer) afgekoppeld. Omdat de zoutgradiënten in het Oosterschelde-bekken in de huidige situatie zeer gering zijn, kan voor dit gebied homogeen (met een vaste dichtheid) worden gerekend. Eén van de doelen van het project Blauwe Delta is echter om de zoet-zoutgradiënten in de Zeeuwse Delta terug te brengen. De effecten van de verschillende afvoeromstandigheden op de zoutgradiënten worden met een ééndimensionaal model berekend. Omdat IMPLIC geen zoutgradiënten kan berekenen is gebruik gemaakt van het model ZWENDL. Dit model is in staat de zoutgradiënten te berekenen gekoppeld met de waterbeweging. In de aanvullende studie (fase 2) is het model OOSTZWEN gekoppeld aan het eveneens ééndimensionale model van het Benedenrivierengebied ZWENDL. Hiermee is een modelmatige koppeling gemaakt tussen het noordelijke Deltabekken (benedenrivierengebied) en de zuidelijke Delta wat heeft geresulteerd in het ééndimensionale hydraulische DELTA model voor het gehele gebied, zie figuur 3.2 (Svasek, 2000b). Bij de modelberekeningen is met een speciale versie van ZWENDL gerekend waarbij het GETEMD GETIJ alternatief voor het Haringvliet-Hollandsch Diep is opgenomen.

3.3 Waterkwaliteit

Het waterkwaliteitsbeheer in Nederland is gericht op het behalen van de MTR-waarden (Maximaal Toelaatbaar Risico Niveau) en op langere termijn de streefwaarden van een groot aantal parameters. Om de vijf jaar wordt de waterkwaliteit van alle rijkswateren

beoordeeld en gerapporteerd in het 'Beheersplan voor de Rijkswateren'. Ten behoeve van deze studie is op een vergelijkbare manier een toetsing uitgevoerd op basis van data van de periode 1994–1998. Hiervoor zijn alle beschikbare data uit DONAR gehaald voor de compartimenten water en zwevend stof. Deze gegevens zijn, voor zover nodig, gestandaardiseerd. Hieruit zijn voor elk watersysteem zogenaamde kentallen berekend. Deze zijn getoetst aan de doelstellingen uit de 4e Nota Waterhuishouding (NW4) voor oppervlaktewater en voor zwevend stof. Er is zowel aan de MTR waarden als aan Streefwaarden getoetst.
Om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van de waterkwaliteit zijn over de laatste 20-30 jaar trends bepaald. De huidige situatie is in beeld gebracht door voor elke parameter een toetswaarde te berekenen op basis van de gegevens van 1998. De toekomstige waterkwaliteit is ingeschat door gebruik te maken van informatie over lozingsreducties, die in het project Watersysteemverkenningen is samengesteld. Hiervoor zijn gegevens gebruikt die ten behoeve van de ontwikkelingsrichting '**GEBRUIK**' zijn geformuleerd (Lefèvre, 1996). Door deze informatie te superponeren op de gegevens van de waterkwaliteit in de huidige situatie kan een beeld worden geschetst van de waterkwaliteit, die in de toekomst kan worden verwacht. Omdat de gebruikte reductiepercentages afkomstig zijn van een 'gemiddelde' ontwikkelingsrichting, zal het hier gepresenteerde toekomstperspectief ook als 'gemiddeld' moeten worden bestempeld (Lefèvre, 2000).

3.3.1 De bemonsteringslokaties

De kwaliteit van het water wordt weergegeven aan de hand van analyseresultaten van water- en zwevend stof monsters, die bij de volgende bemonsteringslokaties zijn genomen:

Westerschelde	: Schaar van Ouden Doel (Grenslokatie)
Oosterschelde	: Roompot noordwestelijk van Zeelandbrug
Veerse Meer	: De Piet tussen Walcheren en N-Beveland
Grevelingenmeer	: ten noorden van Kabeljauwplaat
Volkerak Zoommeer	: Steenbergen nabij Noordplaat
Hollandsch Diep	: Bovensluis
Markiezaatsmeer	: midden op het meer
Binnenschelde	: midden op het meer
Haringvliet	: Haringvlietsluis

3.3.2 De beschouwde stoffen

Voor de beschrijving van de ontwikkeling van de waterkwaliteit zijn voor een aantal stoffen trends bepaald. Hiervoor is de set stoffen aangehouden, die in het Beheersplan Rijkswateren is gehanteerd. Tevens is bij de presentatie van de resultaten dezelfde clustering van stoffen aangehouden. Van het compartiment water is informatie gebruikt van 29 stoffen en waterkwaliteitsparameters. Deze zijn ten behoeve van de presentatie als volgt geclusterd:

- kleur, geur, schuim, vuil, oliefilm, temperatuur, doorzicht;
- zuurstof, zuurgraad, totaal fosfaat, chloride, totaal stikstof, chlorofyl-a, ammoniak, sulfaat;
- cadmium, kwik, koper, nikkel, lood, zink, chroom;
- thermotol.coli's, fluorantheen, VOX , a-endosulfan, γ-HCH, pentachloorfenol, cholinesterase remmers.

Van het compartiment zwevend stof is informatie gebruikt van 27 stoffen en waterkwaliteitsparameters. Deze zijn als volgt geclusterd:

- arseen, cadmium, kwik, koper, nikkel, lood, zink, chroom;
- benzo(ghi)peryleen, benzo(a)pyreen, indeno(123)pyreen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, fluorantheen, Σ-PAK's (6-Borneff);
- PCB's 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180;
- hexachloorbenzeen, a-endosulfan/-sulfaat, γ-HCH, pentachloorfenol, minerale olie.

Voor meer toelichting over de gebruikte methodiek zie Lefèvre (2000).

3.4 Ecologische beoordeling

Om de ecologische effecten van de alternatieven RIVIERDYNAMIEK en ESTUARIENE DYNAMIEK te kunnen beoordelen, is aangesloten bij de systematiek zoals die ook voor het project MER Haringvliet is gevolgd. Uitgangspunt is dat beide alternatieven van invloed zijn op de abiotische processen (zie figuur 3.3). Veranderingen in deze processen zijn mede bepalend voor het ontstaan van ecotopen en specifieke habitats voor soorten. Dit heeft gevolgen voor de relaties tussen en de samenstelling van trofische niveaus en soortgroepen. Vervolgens zijn voor elk van deze parameters beoordelingscriteria geselecteerd op basis waarvan een (vooralsnog sterk kwalitatieve) inschatting wordt gemaakt van de mogelijke veranderingen in het ecologisch functioneren van beide watersystemen voor de alternatieven op basis van expert judgement. De ecologische ontwikkeling wordt voor beide alternatieven vergeleken met de huidige situatie.

Figuur 3.3
Vereenvoudigde weergave van de doorwerking van de verschillende alternatieven op het ecologisch functioneren van watersystemen. Hoewel de figuur éénrichtingsverkeer suggereert, moet worden bedacht dat de werkelijke relaties in een estuarium vanwege interacties en terugkoppelingen vele malen complexer zijn.

3.5 Veerkracht als strategie

Naast de meer klassieke methode bij de ecologische beoordeling van de alternatieven is in deze studie ook het begrip veerkracht geïntroduceerd als toetsingskader. In het rapport 'Werken met water: veerkracht als strategie' (Remmelzwaal & Vroon, 2000) zijn gidsprincipes geformuleerd die kunnen helpen bij het zoeken naar maatregelen ter versterking van de veerkracht. Het doel van deze benadering is het denken over het waterbeheer te stimuleren en een bewustwordingsproces over hoe nieuwe wegen ingeslagen moeten worden op gang te brengen. Het zal daarom hier gebruikt worden als ondersteuning in het waarderen van de verschillende alternatieven die in dit rapport zijn uitgewerkt. De definitie van veerkracht kan als volgt worden geformuleerd:

Veerkracht is het vermogen van systemen of onderdelen daarvan, om zodanig te reageren op veranderende omstandigheden of verstoringen dat de essentiële kenmerken hersteld worden (Knaapen et al, 1999).

Herstel van veerkracht is alleen mogelijk als de mens bereid is zich meer aan te passen aan de dynamiek van watersystemen. De gidsprincipes hebben daarom niet alleen betrekking op veerkracht voor watersystemen, maar ook op de aanpassingen van de gebruiksfuncties. In tabel 3.2 zijn de gidsprincipes geformuleerd voor

de versterkingen van de veerkracht voor watersystemen. In de toelichting zijn de onderliggende begrippen vertaald naar aspecten die in de Delta van belang zijn.

Tabel 3.2
Toelichting van de gidsprincipes voor herstel veerkracht voor watersystemen (Remmelzwaal & Vroon, 2000)

	Toelichting	**Herstel Veerkracht door**
1. Natuurlijke dynamiek	Herstel natuurlijke processen en dynamiek horen bij veerkracht. Veel afgesloten bekkens zijn 'verstard' door het ontbreken van peildynamiek.	Toelaten morfodynamiek, sedimentatie en erosie als gevolg van natuurlijke peildynamiek en stroming.
2. Ruimte	'Ruimte voor water' en ' water als ordenend principe' worden uitgangspunt. Watersystemen met een natuurlijke dynamiek hebben ruimte nodig om waterstandsverschillen te kunnen opvangen als gevolg van het getij, de rivierafvoer of neerslag en verdamping.	Toelaten peildynamiek en het ruimte geven aan peilfluctuaties als gevolg van getij, rivierafvoer of neerslag/verdamping
3. Netwerken	Decompartimentering en ontsnippering kunnen bijdragen aan herstel natuurlijke processen.	Verbinden van watersystemen tot grotere aaneengesloten watersystemen met ruimte voor migratie voor organismen.
4. Differentiatie	Eénvormige systemen hebben weinig veerkracht en hebben geleid tot verarming van de natuur.	Herstel van systeemeigen kenmerken bij verstoorde watersystemen op basis van natuurlijke referentie.
5. Gradiënten	Harde grenzen beperken de veerkracht. Dammen en sluizen beperken de migratiemogelijkheden van vis en het verdwijnen van karakteristieke ecotopen als brakwaterzones, plas-dras en overstromingszones.	Herstel van geleidelijke overgangen zoals: zoet-zout, land-water, zand-slib, voedselrijk-voedselarm.

4 Waterafvoeromstandigheden

4.1 Waterafvoer voor de Deltawerken

Voor de afsluiting van de Kreekrak in 1867 was de rivierwateraanvoer in de Delta afkomstig van de Rijn, de Maas, Brabantse rivieren en de Schelde. Door de ondiepe Kreekrak werden per getij enkele tientallen miljoenen m^3 Scheldewater naar de Oosterschelde afgevoerd en deze zorgden voor grote fluctuaties van de zoutgehalten (Pieters, 1998). Door de afdamming van de Kreekrak werd de zoetwateraanvoer naar de Oosterschelde tenminste gehalveerd. Vanaf die tijd werden de fluctuaties in zoutgehalten geringer en is de oestercultuur tot ontwikkeling gekomen. Na 1867 werd de rivieraanvoer vanaf de Rijn, de Maas en Brabantse rivieren dominant. Behalve in bijzondere omstandigheden ging er maar een klein gedeelte van de afvoer van de grote rivieren door Hellegat en Volkerakmeer naar de Oosterschelde en/of de Grevelingen. Volgens Anonymus I 1966(in: Pieters 1998) ging “als regel” 90% van de rivierafvoeren via het Haringvliet en de Nieuwe Waterweg naar de Noordzee, in een verdeling 60 : 40, zodat rond 10% naar het zuiden moet zijn gegaan. In de latere literatuur (Anonymus II 1968; Anonymus V, 1979; beide in: Pieters 1998) komt sterker naar voren dat de afvoer van zoet water naar het zuiden vrijwel alleen optrad bij hogere afvoeren. Bekend is dat de afvoeren naar het Volkerak in extreme situaties, hoge afvoeren en/of bijzondere getijomstandigheden, sterk konden toenemen. Onder gemiddelde omstandigheden trad er een vloedoverschot op van Volkerak naar de Haringvliet. Dit vloedoverschot was de oorzaak van de zogenoemde achterwaartse verzilting van dit deel van het Haringvliet.Deze achterwaartse verzilting trad vooral op bij een lage rivierafvoer en was belangrijker was dan de zoutindringing via de mond van het Haringvliet. Volgens Peelen (1967) bedroeg de zoetwateraanvoer via het Volkerakmeer gemiddeld 50 m^3/s. Wolff (1973) concludeert, mede gebaseerd op Peelen (1967), dat er dan, met de 15 · 20 m^3/s van de Brabantse rivieren, vóór 1964 via Grevelingen en Oosterschelde en na 1964 uitsluitend via de Oosterschelde 65 · 70 m^3/s zoet rivierwater uit het noorden naar de Noordzee werd afgevoerd. De afsluiting van de Grevelingen heeft weinig invloed gehad op de omvang van de aanvoer en de afvoer via de Oosterschelde, wat zou betekenen dat voor 1964 ook al het grootste deel via de Oosterschelde werd afgevoerd (Pieters, 1998). Als gevolg van deze afvoerfluctuaties en de open verbindingen in de zeegaten waren er grote verschillen in zoutgehalten in de Delta (figuur 4.1). Figuur 4.2a is een schematische weergave van de Delta in samenhang met het rivierengebied voor de uitvoering van de Deltawerken in 1960 en de globale posities van de zoet-zoutovergangen.

4.2 Waterafvoer in de periode 1969 -1985

Na de stormvloedramp van 1953 is het Deltaplan uitgevoerd om het zuidwesten van Nederland te beschermen tegen (extreem) hoge waterstanden vanuit de zee. Als onderdeel van dit plan zijn in 1969

de Volkerakdam en -sluizen en in 1970 de Haringvlietdam en -sluizen gereed gekomen. Tegelijkertijd zijn ook de stuwen in de Nederrijn/Lek aangelegd, waarmee de waterhuishouding van Nederland was aangepast aan de toen geldende eisen. De voltooiing van de Volkerakdam en -sluizen in 1969 is zeer ingrijpend voor de zoetwateraanvoer naar de zuidelijke Delta. De variaties in de rivierafvoeren werken nu niet meer door in de aanvoer vanaf de landzijde. De afvoer van de grote rivieren heeft nu alleen nog invloed via het zoutgehalte van het kustwater. De binnen de totale zoetwaterbelasting nog steeds dominante aanvoer vanuit het noorden wordt nu geregeld met de Volkeraksluizen. Omdat het geïnstalleerde zout-zoetscheidingssysteem niet volledig voldeed, werd het spuibeheer vanaf het begin van de zeventiger jaren geheel gericht op het beperken van het zoutindringing op het Haringvliet. Hiertoe werd door spuien aan de Volkerakzijde van de sluizen een 'zoetwaterbel' onderhouden. Na een aantal jaren experimenteren met wisselende spuidebieten komt men in het midden van de zeventiger jaren uit op een noodzakelijke omvang van rond de 25 m^3/s. De zoetwaterbelasting vanaf het Volkerak op de Oosterschelde varieert nog wel, hoewel aanzienlijk minder dan voorheen, door de wisselende afvoeren van de Brabantse rivieren. Vanaf 1977 werd gestreefd de zoetwaterbelasting op het Krammer/Volkerak van Volkeraksluizen en Brabantse rivieren samen gemiddeld in de tijd op een ongeveer constant niveau van 50 m^3/s te houden. Dit gebeurde door het spuidebiet van de Volkeraksluizen als sluitpost of correctie achteraf te hanteren op voorspelde of opgetreden afvoeren van de Brabantse rivieren. Relatief kort durende, soms substantiële afwijkingen bleven echter optreden, vanwege de nooit volledige voorspelbaarheid van de afvoeren. Als proef werd van november 1979 tot april 1980 de nagestreefde belasting verhoogd van 50 naar 100 m^3/s. Als de schattingen van de jaargemiddelde belasting vóór de ingebruikneming van de Volkeraksluizen van 65 · 70 m^3/s ongeveer juist zijn, is de omvang van de zoetwaterbelasting op jaarbasis niet substantieel veranderd. Essentieel verschillend is de dosering: voorheen werd de totale jaarbelasting aangevoerd gedurende een beperkt aantal kortere perioden met hoge afvoeren, terwijl de aanvoer nu relatief geleidelijk verdeeld over het jaar plaatsvindt. Figuur 4.2b geeft een overzicht van de waterhuishoudkundige hoofdstructuur na de afronding van de Deltawerken. Behalve in de Westerschelde zijn de zoet-zoutgradiënten grotendeels verdwenen, evenals de afvoerfunctie van de zuidelijke Delta.

4.3 Huidige situatie

Na de voltooiing van de Oosterscheldewerken in 1987 is de huidige situatie ontstaan. In Haas (1998) en Pieters (1998) is een chronologisch overzicht gegeven van alle veranderingen in de Delta en de gevolgen voor de zoetwaterafvoer en de zoet-zoutgradiënten. Het belangrijkste in deze fase was het ontstaan van het Volkerak-Zoommeer in 1987 door de compartimenteringswerken.

4.3.1 Gevolgen West-Brabant

Het Krammer-Volkerak vormt al eeuwenlang het afwateringsgebied van de Brabantse rivieren de Dintel en de Steenbergsche Vliet en zijn daarom onlosmakelijk met elkaar verbonden. Voor de Deltawerken was er voldoende spuicapaciteit tijdens de laagwaterperioden in de

Oosterschelde met waterstanden tot circa NAP -1,5 m. Tijdens hoogwater stonden de sluizen in de monding van de Dintel en de Steenbergsche Vliet dicht. Het riviersysteem had voldoende buffercapaciteit in de Mark-Vlietboezem om het rivierwater tijdelijk te bergen. Na het gereedkomen van het Volkerak-Zoommeer is de waterhuishouding in dit gebied totaal veranderd. Het Volkerak-Zoommeer heeft de boezemfunctie overgenomen en de Brabantse rivieren zijn in het kader van de aanpassing gedimensioneerd op waterstanden op NAP. De Dintel en de Vliet zijn gedimensioneerd op maximale waterstanden van NAP + 0,5 m. Het huidige peilbeheer van het Volkerak-Zoommeer ligt tussen de NAP -0,10 m en NAP + 0,15 m. Door de open verbinding hebben hogere of lagere peilen direct consequenties voor het waterbeheer in West-Brabant. Bij waterstanden van NAP +50 cm treedt wateroverlast op in Breda. Peilen onder de NAP -10 cm hebben gevolgen voor de bevaarbaarheid van de Dintel. Rijkswaterstaat directie Zeeland en het Hoogheemraadschap van West-Brabant hebben in het kader van de evaluatie van het peilbeheer intensief contact met elkaar.

4.3.2 Gevolgen benedenrivierengebied

Ook het benedenrivierengebied is sterk beïnvloed door de Deltawerken. Door de afsluiting van het Volkerak en het Haringvliet zijn de maatgevende waterstanden langs de zuidrand van het benedenrivierengebied lager geworden. Immers de invloed van de zee werd uit het gebied geweerd, alleen in de Nieuwe Waterweg is de open verbinding gebleven. Als sluitstuk van het Deltaplan is begin jaren negentig de Maeslantkering in de Nieuwe Waterweg gebouwd. In combinatie met de Hartelkering wordt gestuurd op de dreigende overschrijding van peilen in Rotterdam en Dordrecht. De inzet van deze keringen waarborgt de veiligheid in het totale gebied ten oosten van deze kunstwerken, waaronder met name de stedelijke gebieden Rotterdam en Dordrecht. Al deze menselijke invloeden hebben niet alleen gevolgen voor de waterstanden, zij beïnvloeden ook het proces van aanzandingen en verdieping in het gebied. Vooral de afsluiting van het Volkerak en het Haringvliet hebben tot gevolg gehad dat de zuidrand van het benedenrivierengebied ondieper werd. Ook deze ‘natuurlijke’ ontwikkeling, als reactie op menselijke ingrepen, heeft invloed op de (maatgevende) waterstanden in het gebied.

4.4 Toekomstige veranderingen

De geschetste natuurlijke bodemontwikkelingen in het gebied hebben nog lang niet tot een evenwichtssituatie geleid. De komende decennia zal de verondieping van de zuidrand zeker doorgaan, waarbij het zwaartepunt van het proces langzaam opschuift van oost naar west. Door de hoge rivierafvoeren van de Rijn en de Maas in 1993 en 1995 is de statistisch bepaalde maatgevende afvoer toegenomen van 15.000 m^3/s naar 16.000 m^3/s voor de Rijn en van 3650 m^3/s naar 3800 m^3/s voor de Maas. De verwachting is dat ten gevolge van klimatologische veranderingen deze afvoeren nog verder zullen stijgen. Men verwacht maatgevende afvoer van de Rijn van 18.000 m^3/s en voor de Maas van 4350 m^3/s.
Als gevolg van klimatologische veranderingen zal ook de zeespiegel de komende decennia stijgen. Hierbij wordt van verschillende scenario’s uitgegaan:

- het optimistische scenario met een stijging van de zeespiegel met 20 cm per 100 jaar;
- het gemiddelde scenario waarbij de zeespiegel stijgt met 50 cm per 100 jaar;
- het pessimistische scenario, dat uitgaat van een stijging van 90 cm per 100 jaar.

De hier genoemde ontwikkelingen zullen tot gevolg hebben dat de (maatgevende) waterstanden in de toekomst hoger worden. De mate waarin is sterk afhankelijk van de omvang van de veranderingen. De aangegeven veranderingen zijn schattingen, gemaakt op basis van de huidige inzichten en dus per definitie met een marge omgeven, zoals te lezen in het Advies Integrale verkenning Benedenrivieren (Min.V&W, 2000a)

4.5 Waterbeheer in de 21e eeuw

4.5.1 CWB21

Commissie bepleit rigoureuze omslag in strijd tegen water (ANP 31/8/00)

DEN HAAG (ANP) - Om Nederland te behoeden voor overstromingen is tot 2050 jaarlijks een half miljard gulden extra nodig. Tot 2050 is 60.000 hectare grond nodig voor het vasthouden en bergen van water om bij grote aanvoer en extreme regenval droge voeten te kunnen houden.....

De commissie verwacht dat voor het hoofdsysteem (grote rivieren, IJsselmeer, kust en Deltagebied) tot 2015 ongeveer 40.000 hectare extra ruimte nodig is voor de opvang en afvoer van water.....

De commissie achtte het noodzakelijk dat er op korte termijn een nationaal plan komt voor het stroomgebied van de Rijn met zijtakken en het IJsselmeer.....

De commissie onderkent dat dijken verhogen niet meer voldoende is. Eind 2000 zal het kabinet zijn plannen presenteren voor het waterbeheer in de 21e eeuw.

De discussie omtrent de landelijke waterverdeling en de ruimteclaims vanuit het advies van de Commissie 'Waterbeheer in de 21e eeuw' hebben in het najaar van 2000 geleid tot een kabinetsbesluit (Min. V&W, 2000c). Nu al worden maatregelen voorbereid om de waterhuishouding in Nederland in de komende decennia aan te kunnen. Hierbij zal vooral gewerkt worden aan vergroting van spui- of gemaalcapaciteit, de zogenaamde 'Geen-spijt' maatregelen. Voor meer duurzame oplossingen zal er veel meer ruimte moeten komen voor water.
Vooral in het rivierengebied wordt volop gezocht naar mogelijkheden om de rivier meer ruimte te geven. Het gaat hierbij globaal om extra ruimte om een verhoging van 2000 m^3/s van de maatgevende rivierafvoer te kunnen opvangen..

De commissie is bij de formulering van haar advies uitgegaan van drie principes:

A. ***Anders omgaan met waterbeheer***, de commissie heeft gekozen voor de volgende drietrapsstrategie:
1. overtollig water zoveel mogelijk bovenstrooms *vasthouden* in de bodem en in het oppervlaktewater;
2. zonodig water tijdelijk *bergen* in retentiegebieden langs de waterlopen, waarvoor ruimte moet worden gecreëerd;
3. pas als 1 en 2 te weinig opleveren, water *afvoeren* naar elders.

B. ***Mogelijkheden benutten van water***, uitgangspunten hierbij zijn:
1. vanaf nu geen nieuwe ruimte onttrekken aan watersystemen;
2. water als sturend principe in de ruimtelijke ordening;
3. het ruimtelijk beleid stelt waar nodig ruimte beschikbaar voor tijdelijke berging van water.

C. ***Meervoudig ruimtegebruik*** in relatie tot wonen, natuur, recreatie en landbouw.

4.5.2 Integrale Verkenning Benedenrivieren (IVB)

In het advies vanuit de IVB is opgenomen dat op de lange termijn de Zeeuwse Delta een belangrijke rol kan vervullen bij het afleiden van hoge rivierafvoeren. De Volkerakspuisluizen zijn oorspronkelijk ontworpen voor het spuien van grote hoeveelheden rivierwater naar de Zeeuwse Delta. Het huidige beheer is er echter op gericht dit minimaal te doen, vanwege de nadelige beïnvloeding van de water- en bodemkwaliteit in het Volkerak-Zoommeer. Doordat de Brabantse rivieren momenteel in open verbinding staan met het Volkerak-Zoommeer functioneert dit meer als boezem voor West-Brabant. Ook het binnendijkse waterbeheer in West-Brabant is volledig afgestemd op het peilbeheer in het Volkerak-Zoommeer. Als perspectief voor 2100 formuleert het Integrale verkenning Benedenrivieren advies dat de Zeeuwse Delta weer gedeeltelijk kan meedoen in de afvoer van hoogwater, als de waterstand op zee zo hoog is dat de Zuid-Hollandse stormvloedkeringen zijn gesloten. Uit resultaten van verkennende berekeningen blijkt dat met het inzetten van de Volkeraksluizen, eventueel gekoppeld aan het al dan niet sluiten van de Maeaslant-/Hartelkering, forse waterstandsdalingen zijn te behalen in het benedenrivierengebied. Als tevens water wordt doorgevoerd naar de Oosterschelde en het Grevelingenmeer zijn volgens de IVB zelfs waterstandsdalingen te bereiken van circa 0,30 m bij Dordrecht. In combinatie met een uitgekiend beheer van de Oosterscheldekering kunnen wellicht nog grotere waterstandsdalingen worden bereikt. Dit zou nader onderzocht moeten worden (Min.V&W, 2000a).

4.6 Perspectief voor de Blauwe Delta

Herstel van veerkracht in de zuidelijke Delta is onlosmakelijk verbonden met het herstel van gradiënten en peildynamiek in de afgesloten bekkens. Vooral het Volkerak-Zoommeer speelt hierin een belangrijke rol. Met het huidige beheer vormt dit compartiment de barrière tussen het benedenrivierengebied en de Delta waarbij overtollig zoet water naar de Westerschelde wordt afgevoerd via het Bathse spuikanaal.
Veerkracht en veiligheid lijken dus bondgenoten van elkaar, mits de watersystemen ruimte krijgen voor peildynamiek. Voorwaarde is dan wel dat het contact tussen de Oosterschelde en het Volkerak-Zoommeer alsmede tussen het Volkerak-Zoommeer en het Hollandsch Diep is hersteld. Ook dit past binnen het concept van

veerkracht, omdat er nieuwe netwerken ontstaan met daarin zowel zoet-zout- als land-watergradiënten. Dit concept heeft grote gevolgen voor de functietoekenning van dit bekken. Vooral de zoetwater- en de boezemfunctie van het Volkerak-Zoommeer zullen aan een nadere analyse onderworpen moeten worden. Afstemming van waterbeheer en ruimtelijk beleid is hiervoor essentieel. Dit geldt met name voor de Mark-Vliet boezem in West-Brabant. Het Hoogheemraadschap van West-Brabant heeft in dit kader een strategische ontwikkelingsvisie opgesteld 'Water op de Kaart', RO-visie West-Brabantse Waterschappen 2000 (Brunner *et al*, 2000). Dit plan moet de basis gaan vormen voor de ruimtelijke planning van gemeentes en provincie en de waterbeheersplannen van de waterschappen.

4.7 Waterafvoeromstandigheden

Om tot een beoordeling te kunnen komen van een combinatie van verschillende projecten en de samenhang hierin, zowel regionaal als waterhuishoudkundig, zijn verschillende waterafvoeromstandigheden beschreven. Het belangrijkste aspect in de keuze van deze omstandigheden is de verdeling van het rivierwater. De omstandigheden hebben daardoor vooral betrekking op Delta-Noord. Het beheer van de Volkerakspuisluis speelt hierin een belangrijke rol. Deze sluis kan gesymboliseerd worden als de 'hoofdkraan' voor de Delta. In totaal zijn er vijf afvoeromstandigheden geformuleerd:

4.7.1 Lage afvoer

Situatie waarbij de Rijn een debiet heeft van maximaal 1000 m^3/s, In dit modelscenario wordt vooralsnog 10 m^3/s vanuit het Hollandsch Diep via de Volkerakspuisluis afgevoerd naar de zuidelijke Delta. De hoofdkraan staat hierbij op de 'druppelstand'. Deze minimale hoeveelheden zijn nodig om het estuariene karakter van de Delta in stand te houden. Dit is van belang omdat bij het volledig wegvallen van de zoetwateraanvoer de zoutgehalten in korte tijd weer op zeewaterniveau komen. Hierdoor ontstaan er opnieuw harde overgangen waardoor vooral de estuariene soorten uit het systeem zullen verdwijnen. Onder deze omstandigheden zijn de Haringvlietsluizen geheel gesloten, ook bij het toekomstig beheer volgens 'De Kier' en het Getemd Getij.

4.7.2 Gemiddelde afvoer

Situatie waarbij de Rijn een afvoer heeft van 2400 m^3/s. In dit modelscenario wordt 50 m^3/s afgevoerd via de Volkeraksluizen naar de zuidelijke Delta. De Brabantse rivieren hebben onder deze omstandigheden een afvoer van circa 12 m^3/s.

4.7.3 Hoge afvoer

Situatie waarbij de Rijn een debiet heeft van 6000 m^3/s. In dit modelscenario wordt circa 100 m^3/s afgevoerd naar de zuidelijke Delta. Tezamen met het debiet van de Brabantse rivieren worden deze hoeveelheden verdeeld over de Delta. In deze situatie is de beschikbaarheid van rivierwater geen belemmerende factor. Vooralsnog is gekozen voor 100 m^3/s.

4.7.4 Extreme afvoer

Situatie waarbij de Rijn een debiet heeft van 16.000 m^3/s. Deze situatie komt nu theoretisch eens in de 1250 jaar voor. Met

ingebruikname van alle potentiële spuikokers in de Volkerakdam zou in deze extreme situatie de zuidelijke Delta 2500 m^3/s (voorlopige schatting) kunnen verwerken om overstromingen te voorkomen in het benedenrivierengebied. De capaciteit van de Krammersluizen is in deze situatie volstrekt onvoldoende. Deze hoge debieten kunnen bijvoorbeeld verwerkt worden met een grootschalig doorlaatmiddel tussen het Volkerakmeer en de Oosterschelde over het noordelijk deel van de Philipsdam. De Oosterschelde heeft bij laagwater voldoende capaciteit voor afvoer naar zee. Ook in de Oesterdam is in deze situatie een forse spuicapaciteit gewenst.

4.7.5 Extreem plus

Situatie waarbij de Rijn een debiet heeft van 16.000 m^3/s en een gesloten Maeslant- en Hartel- en Oosterscheldekering. Dit is een tzeer heoretisch situatie waarbij alle maatregelen van het EXTREME AFVOER modelscenario van kracht zijn in combinatie met een stormvloed (1:4000). Omdat de afvoer naar zee onder deze omstandigheden niet mogelijk is zal de berging van de gehele zuidelijke Delta gemaximaliseerd moeten worden, gebruikmakend van de aangepaste infrastructuur. De bergingscapaciteit van de Delta is in deze situatie bepalend voor hoe lang de situatie kan duren, de veiligheid is hierbij de randvoorwaarde.

In het kader van de Integrale Verkenning Benedenrivierengebied (IVB) zijn voor het Volkerak-Zoommeer diverse alternatieven onderzocht. De meest effectieve inzet wordt bereikt als de bediening van de Volkeraksluizen wordt gekoppeld aan het sluiten van de stormvloedkeringen. Om de berging te maximaliseren zal ook bij een lager peil gesloten moeten worden. In de IVB is er van uitgegaan dat de spuicapaciteit naar het Volkerakmeer, het Grevelingenmeer en de Oosterschelde geen beperking vormt (de Goederen, 2000).

In tabel 4.1 staat per deelgebied de waterverdeling beschreven. Deze waterverdeling is vooraf globaal ingeschat. In de modelstudie zijn deze verdelingen als streefwaarden gehanteerd. In de omstandigheden is uitgegaan van:

- spuicapaciteit Volkeraksluizen tot 2500 m^3/s (met 4 spuikokers);
- doorlaatmiddel in de Grevelingendam van 140 m^3/s;
- Zoommeer en Markiezaatsmeer vormen één systeem: de 'Scheldezoom', de Binnenschelde blijft een apart compartiment;
- aanleg van een doorlaatmiddel tussen het Volkerakmeer en de Oosterschelde in het noordelijk deel van de Philipsdam met een capaciteit van circa 1600 m^3/s;
- aanleg van een doorlaatmiddel in de Oesterdam ten noorden van de Bergsediepsluis aansluitend op het Tholensche gat met een maximale capaciteit van 900 m^3/s.

Een doorlaatmiddel is in dit verband een wel of niet regelbare opening in een dam. Modelmatig hebben de doorlaatmiddelen meer de vorm van een spuikoker. In hoofdstuk 10 wordt hier nader op ingegaan.

Tabel 4.1a
Globale schatting voor waterafvoer en verdeling in m^3/s (Hollandsch Diep inclusief Brabantse rivieren) in de **Delta-Noord** bij de verschillende waterafvoeromstandigheden

Waterafvoer-omstandigheden	Rijnafvoer	Volkerakspui-sluis	Brabantse rivieren	Krammer-sluizen	Grevelingen spuisluis	Via Eendracht naar de Kom van de Oosterschelde
Lage afvoer	1000	10	6	10	4	2
Gem. Afvoer	2400	50	12	40	12	10
Hoge afvoer	6800	100	22	75	25	22
Extreme afvoer	16.800	2500	150	1610	140	900
Extreem plus (incl. stormvloed)	16.800	2500	150	1610	140	900
toelichting	Maatgevende afvoeren	Ingebruikname 4 spuikokers (maximale debieten zijn schatting)	extreme afvoeren zijn maximale debieten tijdens nat jaar (Wattel, 2000)	Bouw door-laatmiddel in Philipsdam	Bouw spuisluis Grevelingen-dam	Maximale debieten door de Eendracht bij stroomsnelheid van 1 m/s

Tabel 4.1b
Globale schatting voor waterafvoer en verdeling in m^3/s in de **DELTA-ZUID** bij de verschillende waterafvoeromstandigheden.

Water afvoer-omstandigheden	Eendracht	Bathse Spuisluis	Spuisluis Oesterdam	opmerking
Lage afvoer	2	0	2	Doorlaatmiddel Oesterdam op druppelstand.
Hoge afvoer	22	0	22	Beschikbare debiet naar de Oosterschelde
Extreme afvoer	1000	100	900	Maximale debieten door de spuisluizen
Extreem plus	1000	0	1000	Vanwege hoge waterstanden in de Westerschelde is spuien niet mogelijk. In Oosterschelde staat SVK dicht en is berging en peilstijging bepalend voor de spuiduur.
Toelichting		Bathse spuisluis kan gebruikt worden als noodventiel.	Nog te realiseren	

5 Herstelprojecten en alternatieven

5.1 Gebiedsindeling

De zuidelijke Delta is ingedeeld in 3 deelgebieden: Noord, Zuid en West. Deze indeling is gebaseerd op fysische barrières en mogelijke beïnvloeding door rivierwater.
Delta-Noord staat direct onder invloed van rivierwater afkomstig van het Hollandsch Diep en de Brabantse rivieren.
Delta-Zuid staat via de Eendracht indirect onder invloed van rivierwater (Zoommeer). Een deel is op dit moment nagenoeg geïsoleerd (Binnenschelde en Markiezaatsmeer). Ook het oostelijk deel van de Westerschelde en het oostelijk deel van de Oosterschelde horen hier geografisch bij.
Delta-West omvat het Veerse Meer als centrum en staat dus los van rivierwater en wordtveel meer gedomineerd door polderwater. Door mogelijke verbindingen horen hier ook het westelijk deel van Oosterschelde en het westelijk deel van Westerschelde bij.

Samenvattend:

DELTA-NOORD:
Haringvliet-Hollandsch Diep, Het Volkerakmeer incl. de Eendracht tot halverwege Tholen, de Noordelijke tak van de Oosterschelde en het Grevelingenmeer.

DELTA-ZUID:
Het oostelijk deel van de Westerschelde, de Kom van de Oosterschelde, het Zoommeer inclusief de Eendracht tot halverwege Tholen, de Binnenschelde en het Markiezaatsmeer.

DELTA-WEST
Het westelijk deel van de Westerschelde, het middendeel en het westelijk deel van de Oosterschelde, het Veerse Meer en de binnendijkse kreken.

5.2 Herstelprojecten

In tabel 5.1a,b,c is een overzicht gegeven van projecten in de Rijkswateren van de zuidelijke Delta die een bijdrage kunnen leveren aan het herstel van de veerkracht en veiligheid. In bijlage 1?? zijn de mogelijke projecten in de overzichtskaart van de Delta weergegeven. In bijlage 2?? worden deze projecten verder toegelicht. Per mogelijk project is een algemene kwalitatieve beschrijving gegeven van de volgende aspecten:

a. Algemene omschrijving
Elk project is voorzien van een nummer waarbij het eerste getal staat voor het deelgebied (1= Delta-Noord, 2= Delta-West en 3=Delta-Zuid) en het tweede getal het volgnummer per gebied. De algemene beschrijving geeft een korte schets van het project.

b. Omschrijving van de maatregel
Geeft globaal aan welke maatregelen er uitgevoerd moeten worden voor de realisatie van het project.

c. Waterkwaliteit van het aanvoerwater
Omdat er altijd sprake is van het vermengen van twee verschillende watertypen, worden in de tabel de toetswaarden gegeven van de parameters: chloride, tot-N, tot-P en één of twee probleemstoffen. Door middel van cursief of vet is aangegeven of de betreffende waarde voldoet aan de waterkwaliteitsnorm (MTR).

d. Waterkwaliteit ontvangend watersysteem
Hier staan de toetswaarden genoemd van het ontvangende waterbekken. In vergelijking met c krijgt men een idee van de waterkwaliteitsverschillen.

e. Waterkwantiteit
In deze kolom staat kort beschreven in hoeverre de beschikbaarheid van water een probleem is.

f. Peilverschillen
In dit onderdeel staan de waterpeilen genoemd van de twee watersystemen die betrokken zijn bij het beschreven project. Deze peilverschillen betreffen de huidige situatie.

g. Gewenste peildynamiek
Uitgangspunten zijn: (1) natuurlijke peilfluctuaties, (2) streven naar maximale verschillen tussen minimum en maximum peil.

h. Type gradiënt
Hier wordt een omschrijving gegeven van de gradiënt. Er is nog geen systematiek voor de gradiënten ontwikkeld.

i. Effecten op de natuur
In dit onderdeel is een voorlopige kwalitatieve indicatie gegeven in welke richting de natuur zich kan ontwikkelen bij de realisatie van het project: 0= geen verbetering, +/-= geringe verbetering, += grote verbetering en ++= zeer grote verbetering. De onderdelen betreffen:
- *areaal*: hierbij gaat het om een uitbreiding van een specifiek estuarien ecotoop,
- *peildynamiek*: een verbetering staat gelijk aan een toename van peilverschillen,
- *estuariene dynamiek*: toename van de getijslag en de morfodynamiek,
- *zelfreinigend vermogen*: het zelfreinigend vermogen zal toenemen als de weg die het rivierwater moet afleggen naar de zee toeneemt. Ook peildynamiek en getij zorgen voor zelfreinigende processen door sedimentatie, opname en vastlegging in sediment.
- *vismigratie*: verbindingen tussen watersystemen en zoet-zout overgangen zijn van groot belang voor diadrome vissen. Bij constructies dient goed rekening gehouden te worden met de specifieke eisen die deze vissen stellen aan de passeerbaarheid. In principe kan elke barrière passeerbaar gemaakt worden. Geleidelijke overgangen scoren echter het hoogst.

j. Relatie met veiligheid

Als randvoorwaarde is in deze studie opgenomen dat de veiligheid in de Delta gehandhaafd moet blijven.

k. Relatie met gebruiksfuncties
In dit onderdeel wordt kort aangegeven welke gebruiksfuncties beïnvloed zullen worden door het beschreven project.

Tabel 5.1a
Overzicht van mogelijke projecten in de Delta Noord.

Projectnr.	Omschrijving	Toelichting
	Deelgebied: DELTA-NOORD	*Omvat het Hollandsch Diep/Haringvliet, het Volkerakmeer incl. de Eendracht tot halverwege Tholen, de Noordelijke tak van de Oosterschelde en het Grevelingenmeer.*
1.1	Inlaat Hollandsch Diep-water naar de zuidelijke Delta.	Ander sluisbeheer van de Volkeraksluizen. Relatie met MER Haringvlietsluizen. Momenteel zijn de voorbereidingen voor het tussen alternatief 'de Kier' in uitvoering.
1.2	Zoet water vanuit het Volkerak-Zoommeer naar de Oosterschelde met zoet-zoutscheiding.	Ander sluisbeheer Krammersluizen. Is in verkennende studie (OZZO) al uitgewerkt (Haas, 1998).
1.3	Wateruitwisseling tussen het Volkerak-Zoommeer en de Oosterschelde zonder zoet-zout scheiding.	Ander sluisbeheer van de Krammersluizen zonder zoet/zout scheiding. Volledige zoet/zout gradiënt tot in Volkerakmeer.
1.3a	Doorlaatmiddel Philipsdam.	In aanvulling op 1.3 aanleg van een grootschalig doorlaatmiddel voor een- of tweezijdige uitwisseling van grote hoeveelheden water.
1.4	Gradiënt Krabbenkreek.	Verbinding tussen de Krabbenkreek en de Eendracht via het Rammegors en doorlaatmiddel Krabbenkreekdam.
1.5	Herstel estuarien karakter Grevelingenmeer via hevel.	Omleiden van de hevel naar het Volkerakmeer.
1.5a	Idem 1.5.	Hevel op huidige plaats en inname van Oosterschelde- water met een verlaagd zoutgehalte na uitvoering van project 1.2 of 1.4.
1.6	Herstel estuarien karakter Grevelingenmeer via doorlaatmiddel.	Aanleg van een doorlaatmiddel in de Grevelingendam naar het Volkerakmeer.

Tabel 5.1b
Overzicht van mogelijke projecten in de Delta West.

	Deelgebied: DELTA-WEST	*Omvat het westelijk deel van de Westerschelde, het middendeel en het westelijk deel van de Oosterschelde, het Veerse Meer en de binnendijkse kreken.*
2.1	Verbinding tussen Oosterschelde en Veerse Meer: doorlaatmiddel Zandkreekdam.	Aanleg van een doorlaatmiddel volgens bestaande plannen.
2.2	Verbinding tussen Oosterschelde en Veerse Meer: doorlaatmiddel en doorspoelen via 'Jacobakanaal'.	Zie 2.1 incl. het aanleggen van een zoute kreek langs de N57 (Noord·Bevenland) naar Jacobahaven voor meer doorspoeling Veerse Meer.
2.3	Verbindingszone Veerse Meer · Schenge · Oosterschelde.	In combinatie met 2.1 het creëren van een verbindingszone naar het Goese Kanaal voor meer doorspoeling Veerse meer.
2.4	Veerse Meer · Sloedam · Westerschelde.	Het koppelen van het Veerse Meer en de Westerschelde via de Sloekreek voor meer doorspoeling Veerse Meer.

Tabel 5.1c
Overzicht van mogelijke projecten in de Delta Noord.

	Deelgebied: DELTA-ZUID	*Het oostelijk deel van de Westerschelde, de kom van de Oosterschelde, het Zoommeer incl. de Eendracht tot halverwege Tholen, de Binnenschelde en het Markiezaatsmeer.*
3.1	Overschelde/Kreekrakoverlaat.	Het creëren van een overlaat tussen de Oosterschelde en de Westerschelde in de Kreekrakpolder langs het Bathse Spuikanaal.
3.2	Integratie Zoommeer, Binnenschelde en Markiezaatsmeer: 'Scheldezoom'.	Door het verwijderen van een deel van de Markiezaatskade ontstaat één watersysteem : de 'Scheldezoom'. De Binnenschelde blijft een afzonderlijk compartiment.
3.3	Doorlaatmiddel Oesterdam.	Het inlaten van zout Oosterscheldewater via een doorlaatmiddel voor het doorspoelen van 'Scheldezoom'.

5.3 (Beheer)alternatieven

Op basis van de doelstelling van de studie en het overzicht van mogelijke herstelprojecten zijn twee alternatieven geformuleerd, die een bijdrage leveren aan herstel van veerkracht en veiligheid. De benodigde infrastructuur is voor beide alternatieven gelijk en de doorlaatmiddelen zijn gedimensioneerd op het verwerken van de debieten onder extreme omstandigheden. Het onderscheid van beide alternatieven heeft alleen betrekking op één- dan wel tweezijdige uitwisseling bij de grote doorlaatwerken in de compartimenteringsdammen. Er zou dus ook gesproken kunnen worden van beheersalternatieven vergelijkbaar met die van de MER procedure ten aanzien van het beheer van de Haringvlietsluizen. In deze studie is het accent gelegd op mogelijke projecten in het gebied Delta Noord en Delta Zuid. De optie van de Kreekrakoverlaat is in deze studie buiten beschouwing gelaten. Deze mogelijke verbinding wordt in een aparte studie nader uitgewerkt in het kader van de Langetermijnvisie Schelde-estuarium. Aan de projecten in het gebied rondom het Veerse Meer is ook geen aandacht besteed. Uiteraard zijn dit ontwikkelingen die bij de totale afweging een rol zullen gaan spelen.

5.3.1 Rivierdynamiek

- Volkerak-Zoommeer (VZM) met een peildynamiek gekoppeld aan de waterafvoer in het benedenrivierengebied. Het VZM blijft in dit alernatief geheel zoet en het peilbeheer wordt geregeld door waterafvoer naar de Oosterschelde en in mindere mate naar het Grevelingenmeer. De streefpeilen zijn bij lage afvoer NAP - 30 cm, bij gemiddelde afvoer NAP + 10 cm en bij een hoge afvoer NAP + 50 cm. Het Markiezaatsmeer is verbonden met het Zoommeer en heeft dus vergelijkbare waterstanden.
- De Oosterschelde krijgt een hoeveelheid zoet water welke netto beschikbaar is vanuit het VZM rekening houdend met de streefpeilen in het VZM.
- Het Grevelingenmeer krijgt een hoeveelheid zoet water vanuit het VZM volgens tabel 4a. Het doorlaatmiddel in de Brouwersdam staat permanent open en zorgt voor een continue uitwisseling met de Voordelta. Er is een peildynamiek in het meer van circa 50 cm..
- Opgenomen herstelprojecten: Delta-Noord 1.1, 1.2, 1.3a, 1.6,
  Delta-Zuid 3.2, 3.3

5.3.2 Estuariene dynamiek

- Volkerak-Zoommeer met een gedempt getij aangestuurd vanuit de Oosterschelde. De zoet-zoutgradiënt dringt ver door in het VZM en de getijslag bedraagt maximaal 1 meter. Uitwisseling van water gaat via grote doorlaten in de Philipsdam en de Oesterdam met een maximale capaciteit van resp. 1600 en 1000 m^3/s. Het Markiezaatsmeer is verbonden met het Zoommeer.
- De waterstanden in het VZM kunnen onder normale omstandigheden fluctueren als gevolg van het gedempt getij van 50 cm tot 100 cm.
- Het Grevelingenmeer krijgt een hoeveelheid brak tot zout water vanuit het VZM volgens tabel 4.1a. Het doorlaatmiddel in de Brouwersdam staat permanent open en zorgt voor een continue

uitwisseling met de Voordelta. Er is een peildynamiek in het meer van circa 50 cm..

- Opgenomen herstelprojecten: Delta-Noord 1.1, 1.3, 1.3a, 1.6,
  Delta-Zuid 3.2, 3.3

Figuren 5.1a en b geven een schematisch overzicht van de waterverdeling bij een gemiddelde rivierafvoer en de verwachte globale posities van de zoet-zout gradiënten van beide alternatieven.

5.3.3 Extreme omstandigheden

Onder extreme afvoeromstandigheden (EXTREME AFVOER en EXTREEM PLUS) zijn beide beheeralternatieven gericht op de afvoer van rivierwater. De Volkerakspuisluizen staan hierbij volledig geopend. Bij EXTREEM PLUS zullen het Volkerak-Zoommeer, de Oosterschelde en in beperkte mate het Grevelingenmeer dienst doen als bergingsbekken voor rivierwater. De waterstanden zullen onder deze omstandigheden in het Volkerak-Zoommeer fors kunnen stijgen. Vooralsnog zijn in deze fase van de verkenningen geen randvoorwaarden hiervoor geformuleerd.

6 Hydraulische modelstudie

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd van de hydraulische modelstudie met het DELTA model. In eerste instantie is alleen het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK uitgewerkt. Het alternatief RIVIERDYNAMIEK is in een aanvullende modelstudie nader uitgewerkt. Nadrukkelijk moet gesteld worden dat de resultaten van deze studie een verkennend karakter hebben en dienen als een denkmodel voor verdere uitwerking.

6.2 Dimensioneringen doorlaatmiddelen

Een belangrijk aspect bij de modelschematisatie was het afregelen en de dimensionering van de doorlaatmiddelen in de Philipsdam, de Oesterdam en in de Markiezaatskade. De berekeningen zijn door bureau Svasek (2000a) gefaseerd uitgevoerd:

- Als eerste zijn voor de extreme situatie de afmetingen van de doorlaatmiddelen bepaald. Hierbij is uitgegaan van op volle kracht spuiende Volkerakspuisluizen met de bij de extreme fase horende waterstand op het Hollandsch Diep. De afmetingen van de Volkerak-spuisluizen zijn vastgesteld op 4 sluizen van 30 m breed en een drempel op NAP – 4.25 m. Afgeregeld is op de afvoerverdeling genoemd in de tabel 6.1. Voor de extreme situatie zijn dit de maximum debieten, waarop het kunstwerk wordt gedimensioneerd. Bij het bepalen van de afmetingen van de doorlaatmiddelen in de Oesterdam en de Markiezaatskade is in eerste instantie uitgegaan van de afmetingen zoals genoemd in Kikkert (2000b).
- Nadat de afmetingen van de kunstwerken (m.u.v. de Volkerakspuisluizen) in de voorgaande fase zijn bepaald (Svasek, 2000a) zijn, uitgaande van de waterstand op het Hollandsch Diep en de overige randvoorwaarden per modelscenario, de debieten door de kunstwerken zodanig bepaald dat deze overeenkomen met de debieten in tabel 6.1. In deze gevallen zijn de debieten in deze tabel geen maximum debieten maar resulterende (gemiddelde) debieten.

Op basis van dit iteratief proces zijn de dimensies van de doorlaatmiddelen in het model gedefinieerd. Deze doorlaten vormen cruciale knooppunten in het model, omdat de wateruitwisseling en de maximale debieten hierover worden gerealiseerd. In tabel 6.1 zijn de debieten en afmetingen van de doorlaatmiddelen (overlaten en spuisluizen) samengevat. Geaccentueerd in grijs worden de ‘gewenste’ en de gerealiseerde gemiddelde debieten met elkaar vergeleken. De ‘gewenste’ debieten zijn van tevoren globaal ingeschat en gebaseerd op een verdeling van het maximale debiet dat door de Volkeraksluizen heen kan. Dit is sterk afhankelijk van de

waterstanden in het Hollandsch Diep en het Volkerakmeer en de grootte van de overlaten in de Philipsdam en de Oesterdam.

Tabel 6.1
Overzicht afmetingen en maximum en gemiddelde debieten (m^3/s) door de kustwerken op basis van het DELTA model bij de verschillende afvoeromstandigheden bij het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK

Naam kunstwerk	**Berekende debiet (m^3) + afmetingen (m)**	**EXTREME AFVOER**		**EXTREEM PLUS**	**HOGE AFVOER**		**GEMIDDELDE AFVOER**		**LAGE AFVOER**	
		Gewenst	Berekend	Berekend	Gewenst	Berekend	Gewenst	Berekend	Gewenst	Berekend
Volkerak-sluizen[1]	max/min gemiddeld dr / br / hh	nvt	(-2500)/0 -1940 -425/120/99	(-2500)/0 -2010 -4.25/120/99	-100	-110/0 -100 -4.25/30/0.66	-50	-130/0 -50 -4.25/30/1.50	-10	-35/0 -10 -4.25/30/0.43
Doorlaat Philipsdam[2]	maximum gemiddeld dr / br / hh	1610	-1600/1200 -1180 -4/57/99	-1600/1300 -1250	-75	-1000/1500 -72	-35	-950/1500 -38	-10	-950/1500 -12
Doorlaat Oesterdam[3]	maximum gemiddeld dr / br / hh	900	-800/900 -560 -3/40/99	-800/900 -620	22	-450/800 -19	12	-450/800 -1.5	2	-450/800 20
Markiezaat Overlaat[4]	maxima gemiddeld dr / br / hh	nvt	-600/1000 33 -5/200/99	-600/1100 43	nvt	-400/600 -0.2	nvt	-400/550 -0.8	nvt	-400/500 -0.8
Grevelingen Spuisluis[5]	min/max gemiddeld dr / br / hh	140	0/150 140 -3/7/99	0/150 140	25	0/69 29	15	0/63 23	4	0/60 20 id
Brouwers spuisluis[6]	maxima gemiddeld dr / br / hh	140	-150/100 50 -6/8/4	-150/100 50	25	-120/120 23	15	-120/120 22	4	-120/120 20

[1] eenzijdige spui richting Volkerakmeer
[2] tweezijdige uitwisseling: - richting Oosterschelde, + richting Volkerakmeer
[3] tweezijdige uitwisseling: - richting Oosterschelde, + richting Zoommeer
[4] tweezijdige uitwisseling: - richting Zoommeer, + richting Markiezaatsmeer
[5] eenzijdige spui richting Grevelingenmeer

[6] tweezijdige uitwisseling: + richting Noordzee, - richting Grevelingenmeer

6.3 Volkeraksluizen als hoofdkraan

Als belangrijkste conclusie van het modelonderzoek moet gewezen worden op de overheersende invloed van de debieten door de Volkerakspuisluizen. Bij het extreme modelscenario is het berekende gemiddelde debiet bij de huidige randvoorwaarden circa 2000 m^3/s. Afhankelijk van de waterstanden in het Hollandsch Diep en het Volkerakmeer kunnen deze debieten, binnen de modelrandvoorwaarden, oplopen tot maximaal 3000 m^3/s . Hierbij is uitgegaan van gebruik van vier spuikokers van elk 30 m breed en een drempel op NAP - 4,25 m. De totale breedte van dit complex is dus 120 m. Deze spuisluizen fungeren als zoetwaterkraan waarmee de zoutconcentraties en waterstanden in het hele gebied bepaald worden. Het verschil in zoutconcentraties tussen een 'druppelstand' (circa 10 m^3/s), zoals bij lage afvoer, of een groter debiet, zoals bij gemiddelde en hoge afvoer is groot. Door de opening te vergroten of te verkleinen kunnen de estuariene gradiënten en het zoutgehalte op het Volkerak-Zoommeer goed worden gestuurd. Een debiet van 10 m^3/s bij lage afvoer leidt tot hoge zoutgehalten tot aan de Volkerakspuisluizen en het verdwijnen van de zoet-zoutgradiënt. Dit is niet alleen ongewenst voor de duurzaamheid van de overgangszone, maar leidt ook tot een ongewenste zoutbelasting op het Hollandsch Diep door lek- en spuiverliezen via de sluizen. Een debiet van 50 m^3/s lijkt noodzakelijk om deze ongewenste effecten tegen te gaan.

6.4 Modelresultaten alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK

6.4.1 Gedempt getij

Onder normale omstandigheden (afvoeromstandigheden Lage, Gemiddelde en Hoge afvoer) wordt de getijslag op het Volkerakmeer 0,35 m en op het Zoommeer ongeveer 0,40 m. De getijslag neemt naar het zuid-oosten toe. De getijslag op het traject Philipsdam naar Volkerakspuisluizen neemt in geringe mate toe met 0,03 m. Over het traject Bergsediep naar Markiezaatsmeer overlaat neemt de getijslag toe met ongeveer 0,05 m. In een gevoeligheidsonderzoek is vastgesteld dat de getijslag zeer sterk bepaald wordt door de grootte van de doorlaatmiddelen. Indien de opening van het doorlaatmiddel in de Oesterdam wordt vergroot van 40 m tot 120 m zal de getijslag op het Zoommeer-Markiezaatsmeer toenemen tot ongeveer 1 m (Svasek, 2000a). De resulterende waterstanden (gedempt getij) die in dit gebied zullen optreden worden bepaald door de grootte en de sturing van de Volkerakspuisluizen en de doorlaatmiddelen in de compartimenteringsdammen. In dit gebied zou dus een menging ontstaan van rivierdynamiek en getijdynamiek. Deze situatie is vergelijkbaar met de Brabantse Biesbosch volgens de berekeningen van het GETEMD GETIJ alternatief in de Haringvlietsluizen. Alle waterstanden zijn in meters boven NAP. De maximale en minimale waterstanden zijn in het noordelijk deel van het Volkerak-Zoommeer circa NAP 0,10 m hoger dan in het zuidelijk deel. In figuur 6.1 in bijlage ?? zijn de modelresultaten weergegeven van de waterstanden bij een gemiddelde afvoer.

6.4.2 Stroomsnelheden

De stroomsnelheden in de Eendracht nemen toe van nihil in de huidige situatie naar 0,10 m/s onder gemiddelde omstandigheden met een maximum van 0.30 m/s. Onder extreme omstandigheden nemen de stroomsnelheden toe tot 0.80 m/s. De stroming door de doorlaatopeningen is veelal superkritisch (maximaal) en komt voor bij alle afvoeromstandigheden. De maximale stroomsnelheden zijn daarom meer afhankelijk van de drempelhoogte dan van het verhang over de sluizen en bedragen tussen de 5 en 6 m/s. Gezien deze extreme stroomsnelheden zijn aparte voorzieningen nodig om de passeerbaarheid voor trekvissen te waarborgen.

6.4.3 Zoet-zoutgradiënten

Door het openstellen van het Volkerak-Zoommeer voor zout water uit de Oosterschelde ontstaan er weer gradiënten op het Volkerak-Zoommeer. Bij een gemiddelde afvoer lopen de zoutconcentraties in het Volkerakmeer op tot circa 5 g/l bij de Volkerakspuisluizen tot 10 g/l bij de Philipsdam. Bij een lage afvoer, aanvoer van slechts 10 m^3/s rivierwater, lopen de zoutconcentraties zelfs op tot 10 g/l bij de Volkerakspuisluizen. Hierbij vormt zich opnieuw een harde zoet-zoutovergang, wat nadelig is voor het estuariene milieu. Een minimum spuidebiet van 50 m^3/s (gemiddelde afvoer) lijkt noodzakelijk voor het instandhouden van een minimale zoet-zoutgradiënt in het Volkerakmeer. Deze zoetwaterzone vlak voor de Volkerakspuisluizen is ook noodzakelijk om een zoutbelasting op het Hollandsch Diep te voorkomen. Deze zoutlast is het gevolg van schut- en lekverliezen via de scheepvaartsluizen. Ook voor 1987 was hiervan sprake en hiervoor is destijds een spuidebiet ingesteld van 50 m^3/s. De mate van zoutdoordringing in de gehele Delta vormt uiteraard een belangrijke randvoorwaarde bij aanvullende modelberekeningen. Afstemming over de verdeling van zoet water bij een lage rivier vormt hierbij het belangrijkste knelpunt (zie 6.6.2).
In het Zoommeer en het Markiezaatsmeer nemen de zoutconcentraties toe tot gemiddeld 16 g/l. Vanwege de geringe zoetwaterinvloed in dit gebied is de variatie gedurende het getij klein (max 1 g/l).

6.4.4 Effecten Oosterschelde

Door het instellen van een gedempt getij in het Volkerak-Zoommeer neemt de getijslag in het oostelijk deel van de Oosterschelde af met 0,07 m onder gemiddelde omstandigheden. Bij een grotere opening in de Oesterdam is de afname nabij deze opening 0,15 m. Dit betekent dat de getijslag in de Oosterschelde nog steeds ruim boven de randvoorwaarden blijft die bij de bouw van de Oosterscheldekering is vastgesteld.
De zoutconcentraties dalen in de hele Oosterschelde, maar vooral in de nabijheid van de doorlaten. De grootste daling vindt plaats bij de Krammer- doorlaat waar de zoutconcentratie van 16,5 g/l daalt naar 12 g/l. Bij Marollegat is er een daling van 18,4 g/l naar 17,0 g/l. De daling bij de Oosterscheldekering is klein (max 0,1 g/l). In extreme situaties dalen de zoutconcentraties fors naar minder dan 3 g/l bij de Krammeroverlaat en 14 g/l bij het Marollegat in de Kom van de Oosterschelde. De ruimtelijke variatie van de zoutconcentratie bij lage afvoer, hoge afvoer en bij een gemiddelde afvoer is gepresenteerd in bijlage 3??.

6.4.5 Uitbreiding areaal intergetijdengebied

Het areaal intergetijdengebied in het Volkerak-Zoommeer loopt op van 635 hectare bij lage afvoer naar 724 hectare bij hoge afvoer. Het areaal op het Volkerakmeer is bij lage en hoge afvoer iets groter dan op het Zoommeer (20%). Wanneer een langere periode wordt beschouwd (heel 1990) is het gemiddeld intergetijdenareaal op het Volkerakmeer en Zoommeer (incl. Markiezaat) resp. 378 ha. en 354 ha (op basis van GLW en GHW). Dit is 7% en 13% van het totale natte oppervlak. Als gevolg van sterke waterstandsverhoging in het kustwater en de daaraan gekoppelde peilstijgingen in het Volkerak-Zoommeer kan het areaal intergetijdengebied nog fors toenemen. In de modelstudie was het resultaat van de Krokusstorm van 25 februari 1990 een verhoging van de waterstanden van circa 1,5 m. Afhankelijk van de waterstanden die worden toegelaten in het Volkerak-Zoommeer kan het areaal intergetijdengebied onder deze situaties toenemen tot circa 2156 hectare, circa 80% van de buitendijkse gronden in het Volkerak-Zoommeer en het Markiezaatsmeer.

6.4.6 Extreme afvoeren

Uit de modelberekeningen is gebleken dat de extreme rivierafvoeren, bij de huidige randvoorwaarden en dimensies van de doorlaatmiddelen, afgevoerd kunnen worden naar de Noordzee. Zelfs onder omstandigheden met sterk verhoogde waterstanden als gevolg van stormen (circa NAP + 1,5 m tijdens Krokusstorm 25/2/1990) kunnen deze debieten worden afgevoerd. De waterstanden in het Volkerak-Zoommeer stijgen onder deze omstandigheden in het model tot circa NAP + 2,5 m, ongeveer gelijk aan die in het Hollandsch Diep. Deze hoge waterstanden leveren in de huidige situatie grote problemen op voor de afwatering van de Brabantse rivieren. Onder deze hypothetische omstandigheden nemen de zoutconcentraties in het gehele VZM af tot waarden van 0,5 g/l in het Volkerakmeer tot circa 2,5 g/l in het Zoommeer (zie bijlage 3??).

In het modelscenario waarbij naast het optreden van extreme rivierafvoeren ook de stormvloedkeringen in de Nieuwe Waterweg en de Oosterschelde gesloten zijn (EXTREEM PLUS) zou de Delta als berging kunnen dienen voor rivierwater. Hierbij is uitgegaan van een sluitpeil van de stormvloedkering bij een waterstand in de Oosterschelde van NAP 0 m. In de modelsimulatie is de Oosterscheldekering blijvend gesloten. Op de Noordzee varieert de waterstand gedurende een aantal dagen tussen NAP + 0,5 m en NAP + 4,0 m. Uit de modelstudie blijkt dat er blijvend gespuid kan worden naar de Oosterschelde, omdat zich een evenwicht instelt op de Oosterschelde. Het lekdebiet tijdens laagwater op de Noordzee komt dan overeen met het getijgemiddelde debiet door de Volkerakspuisluizen (circa 1400 m^3/s getijgemiddeld). De waterstand op de Oosterschelde komt dan rond de NAP + 3,0 m te liggen met een gedempt getij van circa 20-25 cm. De waterstanden In het Volkerak-Zoommeer stijgen onder deze extreme omstandigheden in circa drie dagen tijd naar maximaal NAP + 3,5 m. De verwachting is echter dat binnen twee dagen de spui naar de Noordzee weer plaats kan vinden, omdat de waterstanden in het kustwater weer voldoende laag worden. Dit zijn uiteraard onacceptabele waterstanden waarbij grote problemen ontstaan in het afwateringsgebied van de Brabantse rivieren. De veiligheid in West-

Brabant kan onder deze omstandigheden alleen gegarandeerd worden door de inzet van grote gemalen voor de afvoer van overtollig rivierwater. Het is aannemelijk dat bij kortdurende spui via de stormvloedkeringen tijdens de sterk verhoogde laagwaterstand in het kustwater (NAP +0,5 m) de waterstanden in het Volkerak-Zoommeer minder hoog zullen oplopen.

6.5 Modelresultaten alternatief RIVIERDYNAMIEK

De doorlaatopeningen op het Volkerak-Zoommeer (VZM) worden in dit alternatief dusdanig gestuurd dat de waterstanden rond de streefpeilen komen te liggen. Deze streefpeilen zijn gerelateerd aan de afvoer van de Rijn en variëren van NAP -0,3 m tot NAP + 0,5 m. Om zoutindringing op het VZM te voorkomen kan alleen bij laagwater worden gespuid naar de Oosterschelde. De wateraanvoer vanuit het Hollandsch Diep volgens tabel 6.1.

6.5.1 Lage afvoer

Dit scenario is modelmatig niet gesimuleerd, omdat de hydraulische situatie redelijk voorspelbaar is. Ook in het vooronderzoek (Haas, 1998) is al aangetoond dat vooral in de zomerperiode onvoldoende zoet water beschikbaar is vanuit het VZM. M.a.w. het streefpeil in het Volkerak-Zoommeer is NAP - 0,3 m en er is geen zoet water beschikbaar voor de Oosterschelde en het Grevelingenmeer. De zoet-zoutovergangen zijn vergelijkbaar met de huidige situatie. Omdat de zoetwatervraag vanuit de landbouw in deze periode maximaal is, zal aanvoer van zoetwater noodzakelijk blijven voor peilhandhaving. Bij een langdurige lage afvoer zal het zoet houden van het VZM problematisch kunnen worden door een gebrek aan zoet water.

6.5.2 Hoge afvoer

Bij een hoge afvoer liggen de peilen in het Volkerak-Zoommeer tussen de NAP + 0,40 en NAP + 0,50 m. Omdat er alleen bij laagwater gespuid kan worden op de Oosterschelde ontstaan er dagelijkse schommelingen in het peil van circa 0,05 m tot 0,10 m. De waterstanden op de Oosterschelde worden niet beïnvloed. De zoutconcentraties op de Oosterschelde dalen het sterkst bij Philipsdam-west, nabij het doorlaatmiddel. Bij een hoge afvoer is hier een daling van circa 5 g Cl^-/l naar gemiddeld 12 g Cl^-/l. In het Marollegat dalen de zoutconcentraties gemiddeld met slechts 1 g Cl^-/l naar gemiddeld 17,5 g Cl^-/l. Bij dit alternatief is er dus nauwelijks sprake van herstel van een zoet-zoutgradiënt in de Oosterschelde.

6.5.3 Extreme afvoer

In de modelstudie is alleen het modelscenario extreem + onderzocht. Dit betekent de maximale aanvoer vanuit het Hollandsch Diep en een gesloten stormvloedkering. De berekende waterstanden zijn onder deze omstandigheden vergelijkbaar met het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK (zie 6.4). De zoutconcentratie bij Philipsdam-west daalt tot circa 0,5 g Cl^-/l, bij de Zeelandbrug is de zoutconcentratie weer gestegen tot 14,5 g Cl^-/l.
In bijlage 3?? is de ruimtelijke verdeling van de zoutconcentratie voor een aantal afvoeromstandigheden weergegeven.

6.6 Effecten op het benedenrivierengebied

6.6.1 Waterstanden

Zoals verwacht dalen de waterstanden in het Noordelijk Deltabekken als gevolg van extra afvoer via de Volkerakspuisluizen. De maximum waterstanden bij extreme afvoer dalen op het Haringvliet van ongeveer 0,13 m tot 0,27 m en op de bovenrivieren 0,10 m. Tijdens het oplopen van de waterstanden in het benedenrivierengebied lopen de verschillen op van 0,40 m tot 0,50 m in het Hollandsch Diep-Haringvliet. Op de bovenrivieren, bij zowel Heisden als Werkendam, is de maximale daling 0,20 m. Omdat in de berekeningen met een constante Rijnafvoer van 16.000 m^3/s is gerekend en in werkelijkheid sprake zal zijn van een afvoergolf, geven de maximale verschillen een beter beeld van de te verwachten waterstandsdalingen bij een maatgevende hoogwaterafvoer (Svasek, 2000b).

Tabel 6.2
Maximale waterstandsdaling volgens berekeningen met het DELTA model op lokaties in benedenrivierengebied bij extreme rivierafvoer (Svasek, 2000b)

lokatie	maximale waterstandsdaling (cm)
Haringvlietsluizen binnen	50
Hellegatsplein	53
Moerdijk	51
'Maas Heusden	26
Kop van 't Land	35
Werkendam	22
Lek	20
Hoek van Holland	37

6.6.2 Zoutconcentraties

Doordat extra water aan het Hollandsch Diep wordt onttrokken dringt het zoute water vanaf de Haringvlietsluizen verder door in het Haringvliet en het Hollandsch Diep. De zoutconcentraties stijgen bij het Hellegatsplein onder gemiddelde omstandigheden naar circa 0,6 g Cl^-/l. Vanuit de MER Haringvlietsluizen is gesteld dat de zouttong niet verder mag reiken dan de mond van het Spui. Deze zoutdoordringing is uiteraard een voorlopig modelresultaat. Deze concentraties betekenen dat de drinkwatervoorziening en de landbouwwatervoorziening van de Hoekse Waard en Voorne-Putten beïnvloed kunnen worden. Dit toont aan dat afstemming van het

toekomstig waterbeheer in het Noordelijk en het Zuidelijk Deltabekken noodzakelijk is.

6.7 Waterafvoer Brabantse rivieren

In Hoofdstuk 4.3 is beschreven hoe afhankelijk de afwateringsfunctie van de Brabantse rivieren is van het Volkerak-Zoommeer en de smalle marges van de waterstanden in de huidige situatie. Toename van de peildynamiek levert grote problemen op in het waterbeheer van West-Brabant. Herstel van de afvoerfunctie van rivierwater vanuit het benedenrivierengebied biedt kansen en bedreigingen voor de totale Delta, inclusief West-Brabant. Gezien de uitgangspunten van deze studie is de nadruk gelegd op de aanvoer van rivierwater voor het herstel van zoet-zoutovergangen alsmede het herstel van peildynamiek in het Volkerak-Zoommeer. Het hydraulisch Deltamodel omvat vooralsnog niet de Brabantse rivieren. De gevolgen van de alternatieven voor West-Brabant zijn in deze fase van de verkenningen dan ook nog onvoldoende in beeld gebracht. Evenals afstemming met het benedenrivierengebied is verdere afstemming met West-Brabant essentieel. De effecten van de alternatieven zijn daarom in grote lijnen beschreven, belangrijk is dat dit nader wordt uitgewerkt.

Samenvattend kan gesteld worden dat onder de huidige omstandigheden een minimum waterstand van NAP - 0,3 m problemen oplevert voor de bevaarbaarheid van de Dintel. Waterstanden boven de NAP + 0,50 m leveren in combinatie met een hoge afvoer van de Dintel wateroverlast op in Breda. Het gebruik van de sluizen in de monding van de Brabantse rivieren levert vooral bij hoge rivierafvoeren problemen op. Bij een hoge rivierafvoer van Rijn en Maas zullen de Brabantse rivieren over het algemeen ook een hoge afvoer hebben. Om het overtollige water te kunnen opvangen is een forse bergingscapaciteit nodig. Hier komt bij dat een afvoergolf in een riviersysteem zeker meerdere dagen kan duren.
De waterstanden die optreden bij de extreme omstandigheden zijn nog nijpender. De waterstanden in het Volkerak-Zoommeer lopen dan in drie dagen op tot circa NAP + 2,5 m. Als deze waterstand meerdere dagen duurt, zal alleen bemaling een oplossing kunnen bieden.

Intermezzo Scheldezoom

7 Waterkwaliteit: huidige situatie en trends

7.1 Inleiding

De waterkwaliteit heeft zich in de diverse watersystemen in de zuidelijke Delta zeer gedifferentieerd ontwikkeld. De kwaliteit van water en bodem is in belangrijke mate beïnvloed door ontwikkelingen in de lozingen door de industrie, het effluent van de rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) en de uitslag van polderwater. De neerslag speelt, vooral wanneer de zijdelingse lozingen klein zijn, een vrij grote rol. De invloed van het rivierwater is nagenoeg verdwenen. Ook de scheepvaart, zowel de beroeps- als de pleziervaart, heeft in enkele gevallen een belangrijk aandeel in bepaalde concentraties. Tenslotte bepalen de mate van uitwisseling met de Noordzee en de aanvoer uit aanliggende bekkens, kanalen en rivieren in enkele gevallen, bijvoorbeeld de Westerschelde, voor een belangrijk deel de waterkwaliteit.

In de loop van de tijd hebben beleidsmaatregelen (inclusief uitvoering en handhaving) ervoor gezorgd dat, ondanks een enorme toename van de productie, de lozingen zijn verminderd. Hierdoor is de waterkwaliteit na jaren van verslechtering weer aanmerkelijk verbeterd. Desondanks blijven vele lozingen te hoog. Daarbij zorgt de nalevering van verontreinigingen uit de bodem voor een extra 'bron' en blijft ook de aanvoer van verontreinigingen door kanalen en rivieren te hoog. Het gevolg is dat de waterkwaliteit niet of nauwelijks meer verbetert en in enkele gevallen zelfs weer verslechtert, zoals in het Volkerak-Zoommeer.
Tot slot zijn de vele door de mens aangebrachte, soms ingrijpende, veranderingen in de vorm en de aard van de meeste watersystemen in de Delta van invloed op de waterkwaliteit.

Dit hoofdstuk is een samenvatting van het werk van Lefèvre (2000). De getoonde resultaten hebben alleen betrekking op de waterkwaliteit. In de conclusies wordt ook ingegaan op de toetsing van de zwevendstofkwaliteit. De methode en toelichting op de parameters staat beschreven in hoofdstuk 3.2.

7.2 Trends in de periode 1970 - 2000

Een uitgebreide beschrijving van de ontwikkelingen per watersysteem in deze periode is beschreven in Lefèvre (2000) en Withagen (2000). In tabel 7.1 zijn de ontwikkelingen in de waterkwaliteit, die zich in de periode 1970 -2000 hebben voorgedaan, in algemene termen weergegeven. De meest opmerkelijke ontwikkelingen zijn:

- sterke eutrofiëring van het Volkerak-Zoommeer, de Binnenschelde en het Markiezaatsmeer;
- sterk dalende trend van het fosfaatgehalte in de Oosterschelde, het Grevelingenmeer en het Veerse Meer;
- lichte toename van zoutgehalte en doorzicht in de Oosterschelde en het Grevelingenmeer;

- sterke daling van ammonium in bijna alle watersystemen.

Tabel 7.1

Overzicht ontwikkeling waterkwaliteit van de Deltawateren in de periode 1970 - 1998.
DOC= Opgelost organisch koolstof, POC=Particulair organisch koolstof, TOC=Totaal organisch koolstof, HCH=organische microverontreinigingen

STOF C.Q. PARAMETER	WESTER-SCHELDE	VEERSE MEER	OOSTER-SCHELDE	GREVELING ENMEER	HARING-VLIET	VOLKERAK ZOOMMEER	BINNEN-SCHELDE	HOLLANDS CH DIEP	MARKIEZAATSME ER
CHLORIDE	0	0	+	+	0	-	-	-	-
DOORZICHT[1]	+	0	+	+	0	-	- -	0	- -
DOC	-	-	-	-	-	+	X	X	X
POC	X	-	- -	-	X	-	X	X	X
TOC	-	-	-	-	-	0	0	X	X
ZUURSTOF [1]	+ +	+	0	-	0	+	-	-	+
ZUURSTOF %[1]	+ +	0	0	0	0	+	X	--	+
ZUURGRAAD	0	0	0	0	+	0	0	+	+
ZWEVEND STOF	-	-	- -	-	0	-	+	x	+
AMMONIUM	- -	- -	- -	- -	--	-	+	-	-
NITRAAT	+	-	- -	0	-	+ +	+	-	X
NITRIET	-	-	-	-	-	-	→ DL	-	0
TOTAAL STIKSTOF	-	-	-	-	-	+ +	+ +	-	+ +
ORTHO-FOSFAAT	-	- -	- -	- -	--	-	+	-	
TOTAAL FOSFAAT	-	- -	- -	- -	--	0	+ +	-	+
SILICAAT	-	0	- -	-	-	+ +	X	X	X
CHLOROFYL-A	-	0	0	+	-	0	+ +	-	+ +
ARSEEN	-	-	-	-	--	X	X	X	X
CADMIUM	-	→ DL	→ DL	→ DL	→ DL	→ DL	DL	-	DL
CHROOM	-	DL	→ DL	→ DL	→ DL	-	DL	-	DL
KOPER	-	- -	→ DL	- -	-	+	DL	+	DL
KWIK	-	DL	→ DL	DL	→ DL	0	DL	-	DL
LOOD	-	DL	→ DL	DL	-	0	DL	+	DL
ZINK	-	→ DL	→ DL	→ DL	-	+	DL	-	DL
NIKKEL	-	-	→ DL	→ DL	-	0	DL	-	DL
HCH-A	-	0	-	-	-	X	DL	X	DL
HCH-B	-	→ DL	-	-	→ DL	X	DL	X	DL
HCH-C	-	+	+	+	-	X	DL	X	DL

[1]

Toelichting:
Voor doorzicht en zuurstof geldt dat een stijging positief is, voor andere parameters is dit negatief.

De tendens is:

++	(vrij) sterk stijgend
+	(licht) stijgend
0	geen trend c.q. weinig verandering
·	(licht) dalend
··	(vrij) sterk dalend
→ DL	trend/tendens daalt tot detectielimiet
DL	reeks bevat veel (slechts) detectielimieten
X	geen analyseresultaten beschikbaar

Tabel 7.2
Overzicht toetswaarden (90-percentielen) voor de waterkwaliteit op basis van gegevens uit 1998

Parameter	Wester-schelde	Ooster-Schelde	Veerse Meer	Grevelingen-meer	Haringvliet	Volkerak - Zoommeer	Hollandsch Diep	Markiezaats-meer	Binnen-schelde
temperatuur (^{0}C)	20,5	19,1	15,4	19,2		18,5	20,2	20,1	20,2
doorzicht (dm)	3,7	22,2	21,5	25,1		13,1	6,9	4,0	7,2
zuurstof (mg/l)	3,1	7,2				8,9	8,0	9,6	6,0
zuurgraad	7,3/7,7	7,8/8,6	7,6/8,6	7,9/8,4		8/9	7,8/8,3	8,9	8,3
sulfaat (mg/l)	915,6	-	-	-		117,6	68,1	500	150
ammoniak (mg/l)	0,003	0,004	0,005	0,004		0,03	0,006	0,07	12,0
chlorofyl (ug/l)	5,8	6,2	6,5	5,8		9,2	8,6	103,4	63,9
fosfor tot (mg/l)	0,47	0,03	0,27	0,07		0,164	0,19	0,56	0,13
stikstof tot (mg/l)	5,9	0,38	1,09	0,29		7,46	3,85	3,32	2,3
cadmium (ug/l)	5,5	0,021	0,021	0,021		0,107	0,381	0,1	-
kwik (ug/l)	0,047	0,068	0,542	0,068		0,023	0,068	0,04	-
koper (ug/l)	5,93	1,67	5,17	1,67		16,5	21,0	1,0	-
nikkel (ug/l)	8,74	1,15	2,30	1,15		9,57	5,17	2,0	-
Lood (ug/l)	6,26	2,73	2,73	2,73		3,0	6,6	1,0	-
Zink (ug/l)	23,55	2,05	2,05	2,05		34,8	40,32	15,0	-
Chroom (ug/l)	5,21	24,87	24,87	24,87		4,23	7,13	1,0	-
Termocoli's (n per l)	91.304	-	100	100		-	-	-	-
Fla (ug/l)	0,063	-	-	-		-	-	0,01	-
Vox (ug/l)	6	-	-	-		3	1	1	-
a-endo (ug/l)	0,001	-	-	-		-	-	0,01	-
c-HCH (ug/l)	0,019	0,03	0,004	0,03		-	-	0,07	-
PCP (ug/l)	0,02	-	-	-		0,03	0,01	0,01	-
Cholinest (ug/l)	0,77	-	-	-		0,41	0,47	0,25	-

Tabel 7.3
Overzicht van overschrijdingen MTR- en streefwaarden (sw) van de waterkwaliteit op basis van toetswaarden voor 2030 geschat door toepassing van de WSV reductiepercentages uit scenario GEBRUIK
(■ = parameter voldoet niet aan mtr/sw, - = geen toetsing kunnen uitvoeren, blanco cel = parameter voldoet wel aan mtr/sw)

Parameter	Wester-schelde		Ooster-schelde		Veerse Meer		Greve-lingenmeer		Haringvliet		Volkerak-Zoom-meer		Hollandsch Diep		Markie-zaatsmeer		Binnen-schelde	
	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw
Ammoniak		-		-		-		-	-	-	■	-		-	■	-	■	-
Fosfor totaal	■	■				■			-	-		■		■	■	■		■
Stikstof totaal	■	■							-	-	■	■	■	■	■	■		■
Cadmium	■	■							-	-							-	-
Kwik		■							-	-							-	-
Koper	■	■		■		■		■	-	-	■	■	■	■		■	-	-
Nikkel		■							-	-	■	■					-	-
Lood									-	-							-	-
Zink									-	-		■		■			-	-
Chroom				■		■		■	-	-		■		■			-	-
Flu		■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			-	-
c-hch		■		■				■	-	-	-	-	-	-		■	-	-

7.3 Prognoses voor 2030

Voor het berekenen van de toekomstige waterkwaliteit in de zuidelijke Delta zijn geen computermodellen beschikbaar. Alleen voor de Westerschelde is een waterkwaliteitsmodel gebouwd. Daarom is de toekomstige waterkwaliteit in de Delta geschat. Hiervoor is informatie gebruikt van lozingsreducties die, uitgaande van een bepaald beleid, in de toekomst kunnen worden bereikt. Deze lozingsreducties zijn afgeleid van het project Water Systeem Verkenningen (WSV). Voor de inschatting van de water- en zwevendstofkwaliteit in de toekomst zijn gemiddelde lozingsreducties gekozen (Min. V&W, 1996).
Door deze lozingsreducties, die zijn uitgedrukt in reductiepercentages, op de huidige concentraties in het water en in het zwevend stof te superponeren, is een vrij globale inschatting gemaakt van de waterkwaliteit in de toekomst. Als basis hiervoor zijn de toetswaarden voor de waterkwaliteit gebruikt van 1998 (tabel 7.2). In combinatie met de lozingsreducties is een vrij globale inschatting gemaakt van de waterkwaliteit in de toekomst. Bij deze schatting is er van uitgegaan dat door het aangepaste beleid ook de concentraties in het water en in de bodem in evenwicht zijn; het proces van nalevering uit de bodem speelt hier dus niet.
De Westerschelde heeft extra aandacht gekregen, omdat daar de invloed van lozingsreducties, die in het stroomgebied van de Schelde worden bereikt, duidelijk merkbaar zullen zijn. Aangenomen wordt dat in dit gebied hogere reducties zullen worden bereikt dan in Nederland. Bijvoorbeeld doordat de nu nog ongezuiverde lozingen in Brussel, die via de Zenne en de Rupel uiteindelijk in de Westerschelde terechtkomen, in 2030 gezuiverd plaats zullen vinden. Daarom zijn de beschikbare lozingsreducties wat verder aangescherpt, waardoor deze representatiever zijn geworden voor de Westerschelde.
Tabel 7.3 geeft de resultaten van de overschrijdingen MTR- en streefwaarden van de waterkwaliteit op basis van toetswaarden voor 2030, geschat door toepassing van de WSV reductiepercentages. In figuur 7.1 a, b, c en d in bijlage ??is de toetsing van de waterkwaliteit ruimtelijk weergegeven en in figuur 7.2 a, b, c en d in bijlage ??de toetsing van het zwevend stof.

7.4 Conclusies

Waterkwaliteit:
1. In de Oosterschelde, het Veerse Meer en in het Grevelingenmeer liggen alle toetsresultaten voor 2030 beneden de MTR-waarden. In de andere bekkens worden niet alle MTR-waarden gehaald. De MTR-waarden voor ammoniak, stikstof en koper worden in meerdere bekkens overschreden.
2. De streefwaarden worden veel vaker overschreden. Vooral voor de nutriënten fosfor en stikstof en de zware metalen koper en chroom en het bestrijdingsmiddel lindaan worden de streefwaarden in een aantal bekkens overschreden.

Zwevend stofkwaliteit (niet getoond)

1. De MTR-waarden voor PCB's worden in de Westerschelde, Volkerak-Zoommeer en Hollandsch Diep nagenoeg overal overschreden. Ook zijn de metalen koper en nikkel nog een probleem in het Volkerak-Zoommeer. De streefwaarden worden bijna allemaal overschreden. Alleen lood en chroom vormen in dit bekken geen probleem. De streefwaarde voor nikkel wordt in het Volkerak-Zoommeer niet gehaald, evenmin als de streefwaarde voor cadmium in de Westerschelde.
2. Alleen de Oosterschelde, het Grevelingenmeer en het Veerse Meer voldoen anno 2030 aan de MTR waarden, uitgaande van de WSV-reductiepercentages.

Algemene conclusie

Na het superponeren van reductiepercentages op de waterkwaliteitsgegevens blijkt dat een groot aantal streefwaarden in de Deltawateren in 2030 nog niet zal worden gehaald. Het herstel van verbindingen kan in een aantal gevallen leiden tot een verslechtering van de waterkwaliteit van de Oosterschelde en het Grevelingenmeer. Hierbij is wel uitgegaan van een conservatief gedrag van de stoffen. Er zijn sterke aanwijzingen dat natuurlijke zuivering (ook wel filterwerking of zelfreinigend vermogen genoemd) in gebieden met natuurlijke overgangen en peildynamiek een belangrijke rol kan spelen. Het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK leidt tot een duidelijk herstel van de estuariene dynamiek in de zuidelijke Delta. Dit heeft een positief effect op de natuurlijke zuivering van het rivierwater als gevolg van een verhoogde productiviteit en omzettingssnelheden van nutriënten. Zo zal de toekomstige waterkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer bij dit alternatief aanzienlijk verbeteren. Ook het Markiezaatsmeer en de Binnenschelde kunnen hiervan profiteren.
De microverontreinigingen blijven een bron van zorg, zeker in het Hollandsch Diep. Het alternatief RIVIERDYNAMIEK zal als gevolg van de aanvoer van zwevend stof uit het Hollandsch Diep bij de huidige concentraties leiden tot een verslechtering van de water(bodem)kwaliteit in het Volkerak-Zoommeer. Hierbij moet wel rekening worden gehouden met het feit dat veel stoffen slibgebonden zijn. Het slibgehalte in het Hollandsch Diep zal door aanvoer van rivierslib altijd hoger liggen dan in het Volkerak-Zoommeer, waardoor in de waterfase vrijwel altijd hogere waarden worden aangetroffen (zie ook tabel 8.2)

8 Effecten op de natuur

8.1 Inleiding

Aangezien de alternatieven RIVIERDYNAMIEK en ESTUARIENE DYNAMIEK, voornamelijk van invloed zullen zijn op het Volkerak-Zoommeer en de Oosterschelde, zullen de gevolgen met betrekking tot de functie natuur alleen voor deze watersystemen worden besproken. Allereerst volgt een korte samenvatting van de belangrijkste ontwikkelingen in het Volkerak-Zoommeer (vanaf de afsluiting; Tosserams *et al*., 2000) en de Oosterschelde (sinds Deltawerken; Bisseling *et al*., 1994; Withagen, 2000). Vervolgens zal voor beide alternatieven de verwachte ecologische ontwikkeling globaal worden beschreven. Het betreft vooralsnog een op hoofdlijnen kwalitatieve beschrijving van de te verwachten ecologische ontwikkeling op basis van expert judgement.
Daarnaast wordt een case uitgewerkt die als voorbeeldproject zou kunnen dienen om te illustreren wat herstel van gradiënten kan betekenen voor het ecologisch functioneren van dit deel van de Zeeuwse Delta. Vooraf aan deze studie heeft Kikkert (2000a) een inventarisatie en analyse gemaakt van de peildynamiek in de Zuidelijke Delta.

8.2 Ontwikkelingen in het Volkerak-Zoommeer sinds 1987

8.2.1 Inleiding

Het Volkerak-Zoommeer is ontstaan door de voltooiing van de Oesterdam en de Philipsdam in 1987. Door de afsluiting veranderde dit gebied binnen één jaar in een zoetwatermeer met een vast waterpeil op NAP 0 m. Dat het Volkerak-Zoommeer van oorsprong een getijdengebied is geweest, is nog altijd goed te zien aan de morfologie van het Volkerakmeer. Het meer bestaat uit een geul met een relatief steil talud. Deze geul wordt omgeven door een ondiepere zone met een geleidelijker verlopend talud, de vooroever. Het totale oppervlak van het Volkerakmeer bedraagt 6450 ha. Na de afscheiding van de Oosterschelde neemt het totale wateroppervlak, als gevolg van het nieuw ingestelde peilbeheer, met 1210 ha toe. Dit areaal ondiep water maakte voorheen deel uit van het intergetijdengebied. Een kwart van het totale oppervlak bestaat uit de voormalige schorren en de na afsluiting permanent drooggevallen voormalige slikken en platen. De gemiddelde waterdiepte bedraagt 5,2 m met een maximale diepte van 24 m.
Door de aanleg van de Oesterdam werd het Zoommeer in 1986 afgescheiden van de Oosterschelde, maar bleef tot 1987 via de Eendracht nog wel in verbinding met het getijregime van de Oosterschelde. Het totale oppervlak van het Zoommeer en de Eendracht bedraagt momenteel 1850 ha. Het totale wateroppervlak van het Zoommeer en de Eendracht nam door de afsluiting met 1090 ha toe. Ook dit areaal ondiep water maakte voor de afsluiting deel uit van het intergetijdengebied. Ongeveer zeven procent van het totale

oppervlak bestaat uit drooggevallen gronden. Het Zoommeer heeft een gemiddelde diepte van 6 m bij een maximale diepte van 20 m. Direct na de afsluiting van het Volkerak-Zoommeer trad er als gevolg van het stagnante waterpeil op grote schaal oeverafslag van de buitendijkse gronden op. Om de hoeveelheid landverlies als gevolg van de erosie te beperken en de land-waterovergang optimaal te ontwikkelen, werden vooroeververdedigingen aangelegd en eilandjes opgespoten.

Een aantal Brabantse rivieren mondt uit in het Volkerak-Zoommeer (figuur 8.1). De Mark/Dintel en de Steenbergsche Vliet voeren hun water af op het Volkerakmeer en de Zoom op het Zoommeer. Het stroomgebied van deze rivieren beslaat een totaal oppervlak van 165.000 ha, waarvan het overgrote deel bestaat uit landbouwgebied.

Figuur 8.1
Stroomgebied van de Brabantse rivieren en het Volkerak-Zoommeer. Bron: Tosserams *et al*., 2000

De belangrijkste functies van het Volkerak-Zoommeer zijn scheepvaart en natuur. De functie natuur is met name toegekend aan de oevergebieden en het ondiepe water en de functie scheepvaart aan het diepe water.

8.2.2 Het watersysteem

Het spreekt voor zich dat de afsluiting van dit oorspronkelijk estuariene gebied belangrijke effecten had op de ontwikkeling van het ecosysteem. Ten aanzien van de ecologische ontwikkeling van het watersysteem kunnen grofweg drie perioden onderscheiden worden.
De eerste periode, van 1987 tot 1990, kan gekarakteriseerd worden als een kolonisatiefase waarin de echte zoute dier- en plantensoorten verdwijnen en plaatsmaken voor 'zoete' soorten. Opvallend gedurende deze periode was het hoge doorzicht van het water. Door het hoge doorzicht was het lichtklimaat voor waterplanten optimaal en het totale areaal waterplanten breidde zich dan ook voorspoedig uit. De verandering in de samenstelling van de vogelpopulatie die in deze beginperiode optrad, weerspiegelde in grote lijnen de ontwikkelingen die in het watersysteem plaatsvonden.
Gedurende de tweede fase, de periode van 1990 tot 1996, nam het gemiddelde doorzicht geleidelijk af. Vanaf 1994 treedt blauwalgenbloei op gedurende de zomerperiode. De visstand in het Volkerak-Zoommeer wordt vanaf 1990 meer en meer gedomineerd door bodemwoelende vis met als belangrijkste soort de Brasem. De populatie roofvis bleef sterk achter, waardoor de verhouding tussen roofvis en de overige vissoorten sterk afnam. Door het verminderde doorzicht nam het totale areaal waterplanten af. De aantallen vis- en macrofauna-etende watervogels namen gedurende deze fase verder toe.
De laatste fase in de ontwikkeling van het watersysteem in het Volkerak-Zoommeer startte in 1996. Gedurende de laatste jaren wordt een versnelde vertroebeling van het watersysteem waargenomen. Het totaal fosfaatgehalte stijgt weer en de jaarlijks terugkerende periode met blauwalgenbloei houdt langer aan. De ontwikkeling naar een door bodemwoelende soorten gedomineerde visstand zet door, terwijl de ontwikkeling van de roofvispopulatie sterk achter blijft.

Voor de afsluiting was het Krammer-Volkerak van internationale betekenis voor diverse vogelsoorten. Ook na de afsluiting hield het Volkerak-Zoommeer deze betekenis. In 1995 is het Volkerakmeer dan ook opgenomen in de lijst van 'wetlands' en is het aangewezen als speciale beschermingszone in het kader van de EU-Vogelrichtlijn. In maart 2000 is ook het Zoommeer in dit kader aangewezen.

8.2.3 De eilanden

In de periode 1989 tot 1999 is een veertigtal eilandjes aangelegd in het Volkerak-Zoommeer met een totaal oppervlak van 120 ha. De eilanden werden aangelegd om de erosie van de buitendijkse gronden tegen te gaan en het ecologisch potentieel voor het gehele Volkerak-Zoommeer te versterken. Ondanks een verdubbeling van de zachte oeverlengte is de ontwikkeling van oeverplanten in de omgeving van de eilanden achtergebleven bij de verwachting. In het ondiepe water rond de eilanden vond wel al snel ontwikkeling en uitbreiding van het areaal waterplanten plaats. De ondiep watergebieden rond de eilanden

vormen mede hierdoor een belangrijk rust- en foerageergebied voor verschillende vogelsoorten (Remmelzwaal *et al.*, 1998).
De eerste jaren na aanleg worden gedomineerd door pionierstadia van flora en fauna. Zo ontstaan er door de geringe, laag blijvende, open begroeiing en de afwezigheid van predatoren -uitgezonderd roofvogels- ideale omstandigheden voor kustvogels die op kale grond broeden. Na deze pionierfase vindt er als gevolg van de vegetatiesuccessie een verschuiving plaats van typische pioniersoorten naar koloniebroedende meeuwen. Uiteindelijk vindt op de eilanden struweel- en bosvorming plaats en worden met name typische bossoorten aangetroffen.

8.2.4 De oeverzone

De ontwikkeling van de zandige delen van de oeverzone wordt gekenmerkt door een relatief snelle ontzilting van de bodem. Hierdoor werd de vegetatie, met name op de grofzandige delen, al in 1988 gedomineerd door zoete pioniersoorten. Vervolgens verliep de vegetatiesuccessie op deze delen via grasland naar duinrietvegetatie en afhankelijk van het gevoerde beheer vond plaatselijk struweel- en bosvorming plaats in de oeverzone. De ontwikkeling van de vogelstand was in grote lijnen een afspiegeling van de vegetatieontwikkeling.
Op de laaggelegen, vlakke slikkige gebieden vond aanvankelijk op uitgebreide schaal oeverafslag plaats, maar na aanleg van de eilanden en vooroeververdedigingen stopte de erosie vrijwel geheel (Remmelzwaal *et al.*, 1998). De ontwikkeling van oevervegetatie verloopt zeer traag. Het merendeel van de oevers is begroeid met een hoog opgaande ruigtevegetatie. Inmiddels is duidelijk dat vooral het gebrek aan waterpeildynamiek in combinatie met begrazing door vee en/of watervogels en het vaak nog hoge zoutgehalte van de bodem, belemmerende factoren zijn voor de ontwikkeling van oevervegetatie.

8.2.5 De buitendijkse gronden

Het totaal areaal buitendijkse gronden bedraagt ongeveer 2000 ha. De ontwikkeling van de vegetatie op de voormalige schorgebieden wordt na de afsluiting sterk gestuurd door de ontziltingssnelheid van de bodem en het gevoerde beheer. Op de noordelijk gelegen gebieden met klei diep in het profiel is de ontziltingssnelheid van de bodem, in tegenstelling tot de zuidelijke gebieden met klei op zand, relatief gering en worden nog op vrij grote schaal zilte pioniersituaties aangetroffen (Tosserams *et al.*, 2000).
De floristische waarden van de voormalige schorgebieden behoren plaatselijk tot het hoog -duinvalleigemeenschap. Waar geen begrazing plaatsvindt, kan hier en daar bos- en struweelvorming plaatsvinden. De ontwikkeling van de vogel- en kleine zoogdierpopulatie is afhankelijk van de vegetatiesuccessie.

De samenhang van de verschillende buitendijkse gebieden binnen het Volkerak-Zoommeer is goed, maar de gebieden liggen wel geïsoleerd ten opzichte van het achterland, wat de kolonisatiesnelheid van sommige soorten plant en dier beïnvloedt.

8.2.6 Knelpunten in de huidige ontwikkeling

De twee belangrijkste knelpunten met betrekking tot de huidige ecologische ontwikkeling van het watersysteem zijn de slechte

waterkwaliteit en het gebrek aan hydrodynamiek (Tosserams *et al.*, 2000). Het meest belangrijk is ongetwijfeld de waterkwaliteit. De voortgaande belasting met nutriënten is de belangrijkste oorzaak van de ontwikkeling van het watersysteem in de richting van een stabiele troebele situatie. Daarnaast vormt ook de belasting met microverontreinigingen in toenemende mate een bedreiging voor de gewenste duurzame ontwikkeling van het watersysteem.
Een tweede knelpunt in de ontwikkeling van het watersysteem en de oevergebieden vormt het gebrek aan waterpeildynamiek. Mede als gevolg van de abrupte overgang van water naar land, die is ontstaan ten gevolge van het min of meer stagnante waterpeil, blijft de ontwikkeling van oevervegetatie achter. Als gevolg van de sterk verminderde overstromingsfrequentie en -duur maken de ecologisch waardevolle pioniersituaties geleidelijk plaats voor algemener voorkomende, hoog opgaande ruigtevegetatie.

8.3 Ontwikkeling Volkerak-Zoommeer bij het alternatief RIVIERDYNAMIEK

8.3.1 Processen

Hydrodynamiek, morfodynamiek en waterkwaliteit (tabel 8.3) zijn belangrijk voor de ecologische ontwikkeling van het Volkerak-Zoommeer (figuur 3.3??). RIVIERDYNAMIEK zal leiden tot veranderingen in deze parameters, wat consequenties heeft voor het ecologisch functioneren van het Volkerak-Zoommeer.

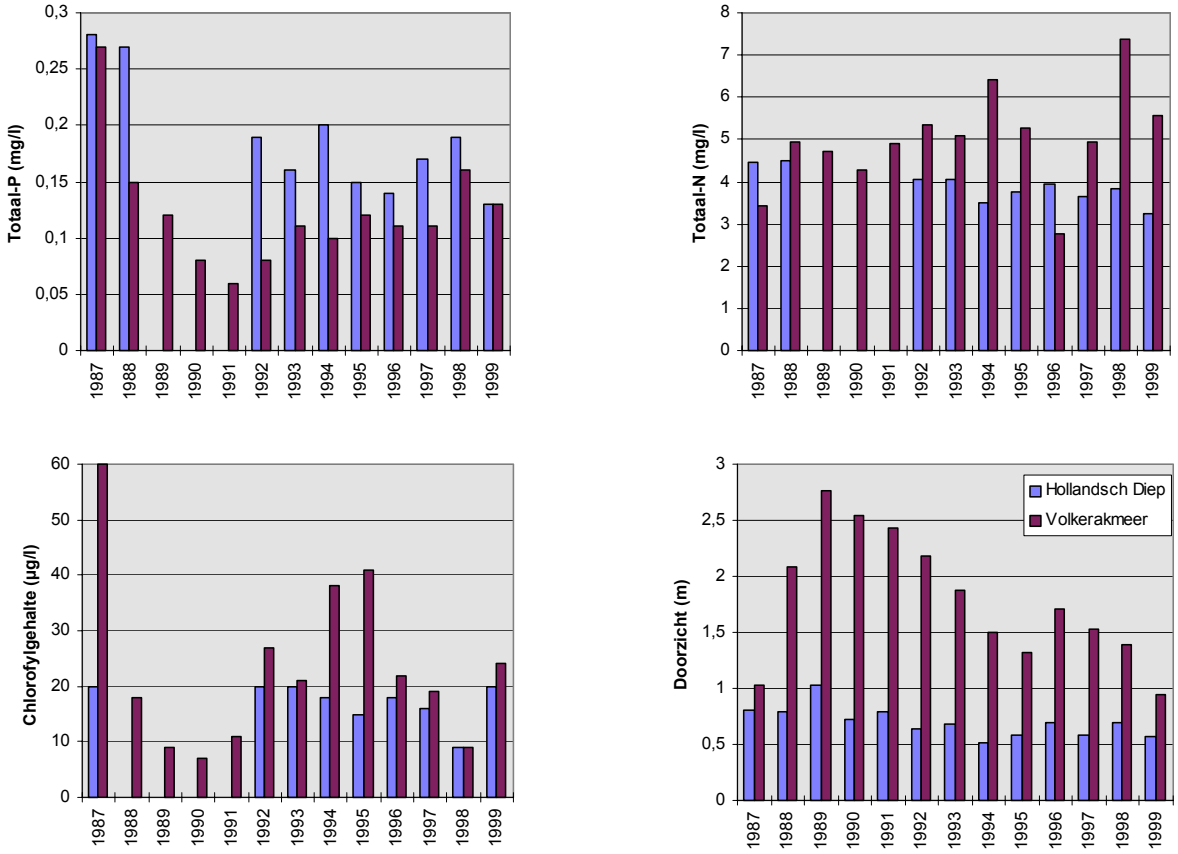
Hydrodynamiek

Veranderingen in hydrodynamiek betreffen met name de waterpeildynamiek en de verblijftijden. Ten gevolge van de verschillende afvoerregimes zal de waterpeildynamiek vergeleken met de huidige situatie, zowel qua amplitude als verloop, aanzienlijke veranderingen ondergaan. Een lage gemiddelde waterstand van ongeveer NAP - 0,30 m kan gerealiseerd worden bij lage rivierafvoer. Bij gemiddelde rivierafvoer bedraagt de waterstand ongeveer NAP + 0,10 m en bij hoge rivierafvoer ligt de hoogste waterstand gemiddeld op ongeveer NAP + 0,50 m. De jaarlijkse peilamplitude neemt ten opzichte van de huidige situatie dan toe met ongeveer 0,55 m. Overigens moet worden opgemerkt dat het bij het alternatief RIVIERDYNAMIEK in principe mogelijk blijft het peilverloop in het Volkerak-Zoommeer naar wens te beheren. Doordat er slechts bij lage waterstanden kan worden gespuid op de Oosterschelde zal er, vooral bij hoge afvoer, ook een dagelijkse peilvariatie optreden in het Volkerak-Zoommeer. Deze dagelijkse peilvariatie zal bij een afvoer van 100 m^3/s naar schatting ongeveer 0,10 tot 0,15 m bedragen.
Overstromingsduur en overstromingsfrequentie ten opzichte van NAP zijn sterk afhankelijk van het gevoerde beheer, maar zullen in vergelijking met de huidige situatie naar verwachting toenemen. Tegelijkertijd zal de verblijftijd van het water in het meer gedurende het jaar sterk variëren. Bij lage afvoer zijn de verblijftijden vergelijkbaar met die in de huidige situatie (ongeveer 100-200 dagen). Bij hogere afvoer zal de verblijftijd echter aanzienlijk afnemen.

Morfodynamiek

Als gevolg van de verhoogde aanvoer van water (en sediment) uit het Hollandsch Diep en de toename van de waterpeildynamiek is de verwachting dat de morfodynamiek in het Volkerak-Zoommeer licht zal toenemen bij het alternatief RIVIERDYNAMIEK. Vooralsnog is de inschatting dat er netto erosie zal plaatsvinden in de ondiepe zone en netto sedimentatie zal plaatsvinden op de lage delen van de schorren en in de diepe geulen.

Waterkwaliteit
Bij het alternatief RIVIERDYNAMIEK zal de waterkwaliteit in het Volkerakmeer sterk gaan lijken op de waterkwaliteit van de aanvoerende rivieren en het Hollandsch Diep. De waterkwaliteit van het Hollandsch Diep komt momenteel qua eutrofiëringstoestand redelijk overeen met die van het Volkerakmeer (figuur 8.1). De zomergemiddelde gehaltes totaal-P en chlorofyl zijn de laatste jaren vergelijkbaar. De totale hoeveelheid N is in het Volkerakmeer aanmerkelijk hoger dan in het Hollandsch Diep, terwijl het zomergemiddelde doorzicht in het Volkerak
nog altijd hoger ligt dan in het Hollandsch Diep.



Figuur 8.2
Eutrofiëringstoestand Hollandsch Diep en Volkerakmeer (exclusief Zoommeer) Bron: RIZA, 1999.

De eutrofiëringstoestand van het Volkerak-Zoommeer zal onder invloed van het alternatief RIVIERDYNAMIEK naar verwachting slechts in geringe mate worden beïnvloed. Uitgaande van de huidige situatie kan voor wat betreft totaal-N worden gesteld dat het gehalte zal

dalen. Het doorzicht zal ten opzichte van de huidige toestand afnemen tot de waarde van het Hollandsch Diep.

Voor wat betreft de microverontreinigingen is het beeld enigszins anders. Al voor de sluiting van het Volkerak-Zoommeer vond er aanvoer plaats van verontreinigd slib uit het Hollandsch Diep en de Dintel. De waterbodem van het Volkerak-Zoommeer is plaatselijk dan ook sterk vervuild. Met name bij de aanvoerbronnen in het noordoosten van het Volkerak-Zoommeer is de verontreiniging groot, doordat hier sedimentatie van de aangevoerde slibdeeltjes plaatsvindt. In het westelijk deel en in de richting van het Zoommeer neemt de verontreiniging van de waterbodem geleidelijk af.
In de periode na de afsluiting is aan deze situatie weinig veranderd. Bijna de gehele bodem van het Volkerak-Zoommeer is matig verontreinigd met PAK's en PCB's (klasse 2). Direct achter de Volkeraksluizen is de bodem vervuild met PCB's en DDT.
Het huidige waterbeheer in het Volkerak-Zoommeer is er onder meer op gericht zo min mogelijk water uit het Hollandsch Diep in te laten om verdere verontreiniging van het Volkerak-Zoommeer met microverontreinigingen zoveel mogelijk tegen te gaan. Met name de gehaltes PCB's, PAK's en HCB in het zwevende stof van het Hollandsch Diep zijn nog altijd aanzienlijk hoger dan in het Volkerak-Zoommeer. Dit geldt ook voor de zware metalen cadmium, koper, kwik, en zink (tabel 8.2). De getallen van 1998 geven aan dat voor sommige stoffen (som PAK) de concentraties in het Hollandsch Diep inmiddels lager zijn geworden dan in het Volkerakmeer.

Tabel 8.2
Gemiddelde kwaliteit van het zwevende stof in het Hollandsch Diep, de Dintel en het Volkerak-Zoommeer in 1992, 1995 en 1998 (niet-gestandaardiseerd). Bron: Tosserams *et al.,* 2000)

parmeter	eenheid	Hollandsch Diep			Dintel		
		1992	1995	1998	1992	1995	1998
Cd	mg/kg	3.0	5.9	4.4	1.5	4.1	3.8
Cu	mg/kg	93	79	94	68	65	86
Hg	mg/kg	1.03	1.04	0.91	0.32	0.27	0.34
Ni	mg/kg	53	50	51	72	64	74
Zn	mg/kg	805	751	696	612	629	789
som PCB	µg/kg	109	68	102	28	29	45
som DDT	µg/kg	21.3	7.9	4.2	22	13	8.8
HCB	µg/kg	9.8	8.8	9.3	1.4	0.64	0.75
som PAK	mg/kg	6.9	5.8	6.7	5.0	3.1	2.8
		Volkerakmeer			Zoommeer		
		1992	1995	1998	1992	1995	1998
Cd	mg/kg	0.86	1.45	1.33	0.85	1.07	0.60
Cu	mg/kg	27	31	38	28	25	23
Hg	mg/kg	0.49	0.66	0.62	0.28	0.20	0.17
Ni	mg/kg	48	51	48	33	38	47
Zn	mg/kg	328	349	385	205	190	191
som PCB[1]	µg/kg	31	22	53	12	10	7
som DDT[1]	µg/kg	4.8	7.2	9.1	6.4	2.9	1.6
HCB	µg/kg	1.1	3.4	3.3	0.83	0.71	0.75
som PAK[1]	mg/kg	3.9	2.8	9.9	7.5	1.7	7.3

[1] som PCB omvat PCB-28, -52, -101, -118, -138, -153, -180; som DDT omvat DDD44, DDE44, DDT24 en DDT44; som PAK's omvat ANT, FEN, FLU, PYR, BaA, CHRYS, BbF, BkF, BaP, DBahA, BghiP en INP.

Voor wat betreft de microverontreinigingen zal het alternatief RIVIERDYNAMIEK als gevolg van de aanvoer van zwevend stof leiden tot een verslechtering van de water(bodem)kwaliteit in het Volkerak-Zoommeer.
Het chloridegehalte zal bij het alternatief RIVIERDYNAMIEK, vanwege de gemiddeld grotere aanvoer van zoet water uit het Hollandsch Diep dalen ten opzichte van de huidige situatie.
Ten aanzien van het zelfreinigend vermogen wordt vooralsnog ingeschat dat, mede als gevolg van de toename in waterpeildynamiek, het zelfreinigend vermogen van het systeem in potentie zal toenemen.

Tabel 8.3
Kwalitatieve beoordeling van de verwachte verandering in processen ten opzichte van de huidige situatie in het Volkerak-Zoommeer bij het alternatief RIVIERDYNAMIEK. Afname ten opzichte van de huidige situatie (-, --, ---); geen verandering ten opzichte van de huidige situatie (0); toename ten opzichte van de huidige situatie (+, ++, +++).

Processen	Verandering ten opzichte van de huidige situatie
Hydrodynamiek	
- maximale amplitude	0,80 m
- GHW (m t.o.v NAP)	0,50
- GLW (m t.o.v. NAP)	-0,30
- overstromingsduur	++[1]
- overstromingsfrequentie	++[1]
- verblijftijd water	--
Morfodynamiek	
- erosie	+
- sedimentatie	+
- aanvoer/afvoer sediment	0
Waterkwaliteit	
- nutriënten	• nauwelijks verandering totaal-P en chlorofyl • vermindering totaal-N
- doorzicht	0/-
- microverontreinigingen	--
- chloridegehalte (mg/l)	-
Zelfreinigend vermogen	+(?)

[1] Afhankelijk van het gevoerde beheer

8.3.2 Patronen
De veranderingen in hydrodynamiek, morfodynamiek en waterkwaliteit als gevolg van het alternatief RIVIERDYNAMIEK zullen, mede afhankelijk van het gevoerde natuurbeheer, gevolgen hebben voor de huidige ecotopensamenstelling in het Volkerak-Zoommeer (tabel 8.4).
De grootste veranderingen zullen plaatsvinden in de oeverzone. Vanwege de toename van de maximale peilamplitude zal een groter deel van de oeverzone onder directe invloed komen te staan van het oppervlaktewater. Bij de gemiddelde laagste waterstand van NAP - 0,30 m valt ongeveer 315 ha droog (exclusief bijdrage Markiezaat).

Bij de hoogste gemiddelde waterstand van NAP + 0,50 m overstroomt ten opzichte van het maaiveld (NAP) ongeveer 460 ha. Welke ecotooptypen in de oeverzone zullen ontstaan, is sterk afhankelijk van de stroomsnelheid van het water, de overstromingsfrequentie en de overstromingsduur. Bij een hogere stroomsnelheid zal met name in de lager gelegen delen van de oever de kans op het voorkomen van kale of zeer schraal begroeide ecotopen toenemen. Onder meer beschutte omstandigheden ontstaan kansen voor de vestiging en uitbreiding van oeverplanten. Op de hoger gelegen delen van de oever die minder frequent overspoeld raken ontstaan, afhankelijk van het gevoerde beheer, grazige of ruigte vegetaties en op de minst frequent overstroomde delen kan ook struweel- of bosvorming plaatsvinden. Het totale areaal terrestrische ecotopen zal vanwege de hoger gelegen hoogste gemiddelde waterstand afnemen.
Aangezien de laagste gemiddelde waterstand bij het alternatief RIVIERDYNAMIEK lager is dan de huidige, zal het totale areaal ondiep water afnemen. Door de veranderingen in hydrodynamiek (toename stroomsnelheden, afname verblijftijden) zullen ook de ecotooptypen van het matige en diep water van karakter veranderen en het totaalplaatje aan aquatische ecotopen zal een sterkere gelijkenis gaan krijgen met de huidige ecotooptypen uit het Hollandsch Diep.

Tabel 8.4
Kwalitatieve beoordeling van de verwachte verandering in patronen ten opzichte van de huidige situatie in het Volkerak-Zoommeer bij het alternatief RIVIERDYNAMIEK. Afname ten opzichte van de huidige situatie (-, --, ---); geen verandering ten opzichte van de huidige situatie (0); toename ten opzichte van de huidige situatie (+, ++, +++)

Patronen	Verandering t.o.v. huidige situatie
Aquatische ecotopen	0/-
Oeverecotopen	++
Terrestrische ecotopen	0/-

8.3.3 Soorten

De veranderingen in processen en patronen beïnvloeden de samenstelling van flora en fauna (tabel 8.5). Door de veranderingen in abiotische omstandigheden verdwijnen bepaalde biotopen en ontstaan andere. Daarnaast beïnvloeden deze veranderingen ook de voedselwebrelaties.

De kans op blauwalgenbloei zal door de RIVIERDYNAMIEK waarschijnlijk afnemen, vanwege de gemiddeld hogere stroomsnelheden en de geringere verblijftijd van het water. Daarnaast zal gedurende de winterperiode een deel van het overwinterende blauwalgenmateriaal uit het Volkerak-Zoommeer worden gespoeld wat de kans op ontwikkeling van een grote populatie blauwalgen in de zomerperiode verkleint. De kans op blauwalgenbloei in de nazomer neemt wel weer toe bij langdurige perioden van lage waterafvoer.
De omstandigheden voor driehoeksmosselen zullen, door de gemiddeld hogere aanvoer van zwevend organisch materiaal en de

afname van het aandeel (toxische) blauwalgen in het voedsel, mogelijkerwijs licht kunnen verbeteren bij het alternatief RIVIERDYNAMIEK. De uitbreiding van driehoeksmossel wordt in de huidige situatie echter voornamelijk beperkt door de afwezigheid van voldoende groeisubstraat. Aan deze situatie zal niets veranderen onder invloed van RIVIERDYNAMIEK, zodat het de vraag blijft of de populatie driehoeksmosselen zich onder dit alternatief zal gaan uitbreiden.
Voor de vispopulatie zullen de veranderingen ten opzichte van de huidige situatie naar verwachting licht veranderen. De witvispopulatie zal blijven domineren met dominante vissoorten als brasem, blankvoorn, pos, aal, snoekbaars en winde. Er ontstaan betere paaimogelijkheden door het overstromen van delen van de buitendijkse gebieden in het voorjaar. Doordat ook de verbindingen tussen de verschillende watersystemen gedeeltelijk worden hersteld, ontstaat wellicht een betere passeerbaarheid van de inlaat- en uitlaatpunten, waardoor de migratie van vis tussen de verschillende watersystemen mogelijk kan toenemen.
De internationale betekenis van het Volkerak-Zoommeer voor vogels zal naar verwachting niet negatief worden beïnvloed door het alternatief RIVIERDYNAMIEK. De toegenomen dynamiek in de oeverzone maakt het gebied weer aantrekkelijker voor op macrofauna foeragerende vogels waaronder eenden, steltlopers en plevieren.
Door het alternatief RIVIERDYNAMIEK zullen de mogelijkheden voor de vestiging en uitbreiding van oevervegetatie, als gevolg van meer peildynamiek toenemen. Aan de andere kant zal het totale areaal waterplanten waarschijnlijk afnemen, vanwege het verminderde doorzicht.

Tabel 8.5
Kwalitatieve beoordeling van de verwachte verandering in soorten ten opzichte van de huidige situatie in het Volkerak-Zoommeer bij het alternatief RIVIERDYNAMIEK. Afname ten opzichte van de huidige situatie (-, --, ---); geen verandering ten opzichte van de huidige situatie (0); toename ten opzichte van de huidige situatie (+, ++, +++).

Soorten	Verandering t.o.v. huidige situatie
Primaire productie/producenten	· fytoplankton, · waterplanten (·) · oevervegetatie (+?)
Biodiversiteit	0/+
Kans blauwalgenbloei	·
Biotoop Driehoeksmossel (ha)	+(?)
Kansen voor vis	+
· migratie	+
· paai en opgroeigebied	+
Internationale betekenis vogels	0/+

8.4 Ontwikkeling Volkerak-Zoommeer bij alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK

8.4.1 Processen

Net als de veranderingen die optraden bij de afsluiting in 1987, zal het weer toelaten van zeewater en getij, als beschreven in het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK, ingrijpende gevolgen hebben voor het ecologisch functioneren van het Volkerak-Zoommeer (tabel 8.6).

Hydrodynamiek

Met name de waterpeildynamiek en stromingskarakteristieken zullen veranderen. De waterpeildynamiek zal vergeleken met de huidige situatie, zowel qua amplitude als verloop, aanzienlijke veranderingen ondergaan. De getijslag bij de Krammer- en de Volkeraksluizen bedraagt bij het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK ongeveer 0,35 tot 0,5 m, de getijslag neemt toe naar het zuidoosten. Tijdens vloed ligt de maximale waterstand op ongeveer NAP + 0,50 m en bij eb is de minimum waterstand ongeveer NAP + 0,00 m. Als gevolg van springtij kunnen deze waterstanden periodiek 20 cm hoger komen te liggen. De invloed van de getijdynamiek zal onder normale omstandigheden overheersen, waardoor de laagste en hoogste waterstanden in principe onafhankelijk zijn van de rivierafvoer.
De overstromingsduur en overstromingsfrequentie van de lager gelegen oevergebieden zal onder invloed van ESTUARIENE DYNAMIEK toenemen ten opzichte van de huidige situatie. In feite wordt een deel van de laaggelegen oevergebieden weer intergetijdengebied. De verblijftijd van het water in het Volkerak-Zoommeer zal ten opzichte van de huidige situatie afnemen. Door ESTUARIENE DYNAMIEK zal de verversing en uitwisseling van het water toenemen.

Morfodynamiek

Als gevolg van de gedempte getijbeweging zal de morfodynamiek in het Volkerak-Zoommeer stijgen. De inschatting is dat er netto sedimenttransport zal optreden van de ondiepe gebiedsdelen naar de diepe geulen. Daarnaast wordt er op de schorgebieden netto sedimentatie verwacht vanwege het invangen van sediment door de vegetatie tijdens overspoeling. Door de getijdynamiek ontstaat weer een dynamisch intergetijdengebied met als gevolg dat de huidige harde overgang van water naar land weer zachter wordt. Daarnaast ontstaan weer slikken en platen en wordt de functie van de voormalige krekenstelsels op de buitendijkse gronden weer gedeeltelijk hersteld.

Zoutdynamiek

Door het toelaten van ESTUARIENE DYNAMIEK in het Volkerak-Zoommeer zal het zoutgehalte sterk stijgen. Het verloop van het zoutgehalte, de kans op stratificatie, het ontstaan van een zoutgradiënt en de lengte van deze zoutgradiënt zijn sterk afhankelijk van de rivierafvoer. Gemiddeld ligt het zoutgehalte in het Volkerak-Zoommeer tussen 5 en 10 g/l. In het Zoommeer zal het zoutgehalte ongeveer gelijk zijn aan dat van de Oosterschelde. Met name gedurende periodes van gemiddelde en hoge rivierafvoer is de kans op het ontstaan van een geleidelijke zoet-zout overgang van enige omvang groot. Bij lage rivierafvoer zal het zoutgehalte in het Volkerakmeer toenemen en zal bij de Volkeraksluizen naar verwachting een redelijk harde overgang van zoet naar zout ontstaan tussen het Hollandsch Diep en het

Volkerakmeer. Een minimum zoetwateraanvoer van circa 50 m3/s is daarom noodzakelijk om een minimale zoet-zoutovergang in stand te houden.

Waterkwaliteit
Aangezien bij het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK oligotroof Oosterschelde water met eutroof rivierwater zal worden gemengd, zal de nutriëntenconcentratie in het Volkerak-Zoommeer ten opzichte van de huidige situatie afnemen. Ondanks deze afname in de nutriëntenbelasting zal het doorzicht waarschijnlijk gelijk blijven of verder afnemen, vanwege de toegenomen bijdragen van het zwevendstofgehalte en opgeloste stoffen die bij het toelaten van ESTUARIENE DYNAMIEK met name in de overgangszone van rivier naar zee mogen worden verwacht.
De kwaliteit van de waterbodem in het Hollandsch Diep voor wat betreft de hoeveelheid microverontreinigingen is slechter dan in het Volkerakmeer. Hierdoor zal net als bij het alternatief RIVIERDYNAMIEK de belasting van het watersysteem in Volkerakmeer ten gevolge van de import van aan zwevend stof gebonden microverontreinigingen ook toenemen bij het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK.
De kans op zoet/zout stratificatie is mede bepalend voor het optreden van zuurstofloosheid in het watersysteem van het Volkerakmeer onder ESTUARIENE DYNAMIEK. De kans op stratificatie is afhankelijk van de stroomsnelheid en de verticale menging in de waterkolom. Met name bij hogere rivierafvoer zal de menging van zout en zoet water niet optimaal verlopen en is er kans op stratificatie. Of dit ook leidt tot plaatselijke zuurstofloosheid hangt sterk af van hoe lang de stratificatie in stand blijft en de mate van aanvoer en afbraak van organisch materiaal in de onderlaag.
Door het toestaan van getijdendynamiek en het daarmee gepaard gaande herstel van het intergetijdengebied zal het zelfreinigend vermogen van het Volkerakmeer ten opzichte van de huidige situatie toenemen.

Tabel 8.6
Kwalitatieve beoordeling van de verwachte verandering in processen ten opzichte van de huidige situatie in het Volkerak-Zoommeer bij het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK. Afname ten opzichte van de huidige situatie (-, --, ---); geen verandering ten opzichte van de huidige situatie (0); toename ten opzichte van de huidige situatie (+, ++, +++).

Processen	Verandering t.o.v. huidige situatie
Hydrodynamiek	
- getijslag Volkeraksluizen	0,50 m
- getijslag Krammersluizen	0,50 m
- overstromingsduur	+
- overstromingsfrequentie	++
- verblijftijd water	-
Morfodynamiek	
- erosie	+
- sedimentatie	+
- kans op geleidelijke overgang land-water	++

Zoutdynamiek	
· chloridegehalte (g/l)	• Volkerakmeer gemiddeld 5-10 g/l • Zoommeer 16 g/l
· min/max zoutgradiënt (km)	+++[1)]
· stratificatie zoet/zout	+[1)]
· kans op geleidelijke overgang zoet/zout	++[1)]
Waterkwaliteit	
· nutriënten	-
· microverontreinigingen	+
· doorzicht	0/-
· kans zuurstofloosheid	0/+
Zelfreinigend vermogen	++

[1)] Afhankelijk van de rivierafvoer

8.4.2 Patronen

De veranderingen in de abiotische processen, en met name het toelaten van getijdedynamiek en zoutdynamiek, zullen grote gevolgen hebben voor de huidige ecotopensamenstelling in het Volkerak-Zoommeer (figuur 8.2).
De veranderingen die optreden zullen ingrijpender zijn dan voor het alternatief RIVIERDYNAMIEK, waarbij met name de oeverzone werd beïnvloed. Het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK daarentegen zal grote gevolgen hebben voor het gehele systeem.
Door de getijdynamiek zal een deel van het voormalige intergetijdengebied worden hersteld. Voor het Volkerakmeer en het Zoommeer zal de littorale zone gemiddeld respectievelijk 378 en 354 ha bedragen, wat neerkomt op 7 en 13% van het totale natte oppervlak.
Ook de zoutdynamiek zal ingrijpende veranderingen in de ecotopensamenstelling ten gevolge hebben. Er zal een verschuiving plaatsvinden van typische zoetwater-ecotooptypen naar de estuariene en zoute ecotooptypen. Het gaat hierbij zowel om de aquatische als de terrestrische ecotooptypen (tabel 8.7).
Aan de aquatische kant zullen de ecotooptypen diepe en ondiepe brakke getijdewateren ontstaan. Daarnaast ontstaan weer intergetijdengebied met ecotooptypen als zandplaten, slikken en pioniergemeenschappen.
De zoete terrestrische ecotooptypen zullen met name aan de westzijde van het Volkerakmeer, vanwege de voortdurende zoute invloed, al relatief snel vervangen worden door typische zoute ecotooptypen. Meer naar het oostelijk deel en met name in de nabijheid van de Volkeraksluizen zullen de zoete ecotooptypen zich nog enige tijd kunnen handhaven, maar aangezien in periodes van lage afvoer het zoutgehalte in dit deel van het Volkerakmeer ook aanzienlijk stijgt, zullen de zoete ecotooptypen hier uiteindelijk ook door estuariene en zoute ecotooptypen vervangen worden.
In het Zoommeer is het zoutgehalte vergelijkbaar met de Oosterschelde en hier zullen de zoete ecotooptypen dan ook het snelst verdwenen zijn. Ook hier wordt de functie van de na de afsluiting permanent drooggevallen platen en slikken deels hersteld.

Tabel 8.7

Kwalitatieve beoordeling van de verwachte verandering in patronen ten opzichte van de huidige situatie in het Volkerak-Zoommeer bij het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK. Afname ten opzichte van de huidige situatie (-, --, ---); geen verandering ten opzichte van de huidige situatie (0); toename ten opzichte van de huidige situatie (+, ++, +++).

Patronen	Verandering t.o.v. de huidige situatie
Aquatische ecotopen	
- Diep/ondiep water zoet	-
- Diep/ondiep water brak	++
Intergetijdengebied ecotopen	+++
- Periodiek droogvallend zoet	+++
- Periodiek droogvallend brak	++
- Zoete slikken en platen	+
- Zoute slikken en platen	+
- Pioniergemeenschappen	+
Terrestrische ecotopen	
- Zoute en brakke schorren	++
- Bos en struweel	-
- Brandnetel-Harig wilgenroosje ruigte	--
- Zilte ruigte	++

8.4.3 Soorten

Het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK zal grote veranderingen teweeg brengen in de samenstelling van flora en fauna in het Volkerak-Zoommeer (tabel 8.8). Door de ingrijpende veranderingen die plaatsvinden in de abiotische omstandigheden zullen de typische zoetwatersoorten al relatief snel uit het watersysteem verdwijnen en vervangen worden door soorten van het zoute water. Dit geldt zowel voor de flora als voor de fauna. Het spreekt voor zich dat dergelijke ingrijpende veranderingen in de samenstelling van soorten zullen resulteren in een radicale verandering van de voedselwebrelaties.

Fytoplankton

Vanwege de toegenomen verversing van het systeem en de hogere zoutgehaltes zal de kans op blauwalgenbloei (*Microcystis*) door de ESTUARIENE DYNAMIEK afnemen. Voor de meer zouttolerante ('schadelijke') algen als *Phaeocystis* sp. verbeteren de omstandigheden wellicht.

Macrofauna

De omstandigheden voor estuariene soorten als de gewone garnaal, de zeeduizendpoot en het getijdeslakje zullen door de ESTUARIENE DYNAMIEK verbeteren. De verspreiding van de garnaal zal sterk afhangen van de rivierafvoer. Hoe lager de rivierafvoer des te groter de verspreiding. Door de hoge mobiliteit van de garnaal zal deze met de saliniteitsgradiënt meebewegen. Door de toename van de getijslag en het ontstaan van geleidelijke overgangen tussen water en land treedt herstel op van de oorspronkelijke vegetatiezonering, die het voorkomen van het getijdeslakje bepaalt.
De driehoeksmossel zal, wellicht met uitzondering van het gebied in de omgeving van de Volkeraksluizen waar zoet rivierwater wordt

aangevoerd, uit het Volkerak-Zoommeer verdwijnen. Er ontstaan betere omstandigheden voor andere schelpdieren als mossel, kokkel en oester die de rol van de driehoeksmossel overnemen.

Delen van het Volkekerak-Zoommeer worden onder invloed van de ESTUARIENE DYNAMIEK ook weer aantrekkelijker voor soorten als de alikruik, strandkrab, zeekreeft en zeester.

Vissen
Door de brakwaterzone die ontstaat ten gevolge van de ESTUARIENE DYNAMIEK wordt het Volkerak-Zoommeer aantrekkelijk voor brakwatervissoorten als de brakwatergrondel, spiering, bot en driedoornige stekelbaars. Daarnaast zullen verschillende typische mariene vissoorten regelmatig het westelijk deel van het Volkerakmeer binnentrekken. De uitbreiding van het areaal ondiep water en intergetijdengebied heeft voor de juveniele stadia van verschillende soorten een positief effect. Ook kan het gebied dienst doen als paaigebied en kinderkamer voor larvale en postlarvale stadia van platvis.
De kansen voor trekvissen als zalm en zeeforel nemen toe, maar dan moeten de overige optrekbelemmeringen in het stroomgebied (beginnend bij de Volkeraksluizen) worden opgeheven en bovenstrooms gelegen paaiplaatsen hersteld moeten worden.

Vogels
Een aantal vogelsoorten zal profiteren van de omstandigheden die ontstaan onder invloed van het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK, de populaties van een aantal andere soorten zullen daarentegen afnemen. De kansen voor een soort als de lepelaar zullen toenemen, net als die van andere visetende soorten als fuut, aalscholver, nonnetje en zaagbekken. De aantallen knobbelzwanen zullen naar verwachting afnemen als gevolg van de verwachte afname van het areaal waterplanten.
Door het verminderde aanbod van driehoeksmosselen zullen de meerkoet, kuifeend en tafeleend in aantal gaan afnemen.
Grondeleenden (met name smient, pijlstaart en wintertaling) en verschillende soorten steltlopers zullen profiteren van de toename van het areaal intergetijdengebied. Door het opnieuw ontstaan van kale platen en pioniersituaties op de eilanden zullen de omstandigheden voor broedvogels van de kale grond weer verbeteren. Daar tegenover staat dat door de verwachte afname van het areaal struweel en bos de aantallen bosvogels sterk zullen afnemen.
De internationale betekenis van het Volkerak-Zoommeer voor vogels zal onveranderd hoog blijven.

Tabel 8.8
Kwalitatieve beoordeling van de verwachte verandering in soorten ten opzichte van de huidige situatie in het Volkerak-Zoommeer bij het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK. Afname ten opzichte van de huidige situatie (-, --, ---); geen verandering ten opzichte van de huidige situatie (0); toename ten opzichte van de huidige situatie (+, ++, +++).

Soorten	Verandering t.o.v. huidige situatie

Primaire productie/producenten	fytoplankton microfytobenthos wieren zeegras
Biodiversiteit (SOORTEN)	+
Kansen voor brakwatersoorten	++
Kans op algenbloei	-/0
Biotoop schelpdieren (ha)	
· driehoeksmossel	--
· kokkel	+
· mossel	+
Biotoop garnaal (ha)	++
Kansen voor vis	
· migratie	++
· paai- en opgroeifunctie	++
Internationale betekenis vogels	0/+
Estuariene vegetatietypen	+

Vegetatie
Ten aanzien van de aquatische vegetatie ontstaan er mogelijk kansen voor de uitbreiding van het areaal zeegras. De achteruitgang van het areaal zeegras in de Oosterschelde wordt toegeschreven aan het verhoogde zoutgehalte sinds 1986. Verschillende fases van de levenscyclus worden hierdoor verstoord. Zeegrassoorten gedijen in Nederland het best in een situatie waarbij het zoutgehalte ligt tussen 10 en 16 g/l. Naast het zoutgehalte is ook het doorzicht van belang. Zeegrasvelden hebben een grote ecologische betekenis en vormen daardoor een bijzondere biotoop. Ze bieden voedsel en/of beschutting aan vele soorten bodemdieren. Rotganzen en enkele eendensoorten consumeren de bladeren en zaden van het zeegras. Vooral de lage en sublitorale zeegrasvelden spelen een belangrijke rol als paai- en opgroeigebied voor vissen. Hierin kunnen ook karakteristieke vissoorten als enkele soorten zeenaalden voorkomen (de Jonge *et al.,* 1997).
Naast een eventuele toename van zeegrassen zullen ook typische groenwieren als darmwier, zeesla, blaaswieren en knoopwier voor kunnen komen. Door de invloed van de ESTUARIENE DYNAMIEK zullen er verschuivingen gaan optreden in de sessiele gemeenschappen op de verharde oevers en vooroeververdedigingen van het Volkerak-Zoommeer. De zoete gemeenschappen zullen vervangen worden door brakke gemeenschappen.

Door de getijdeninvloed ontstaat er opnieuw ruimte voor estuariene vegetatietypen. Gezien de omstandigheden die ontstaan zullen de zoute en brakke vegetatietypen domineren en zal het areaal zoete vegetatietypen geleidelijk afnemen en uiteindelijk verdwijnen. Voorbeelden van estuariene vegetatietypen zijn zeekraal, zilte zeebiesgemeenschap en een complex van ruwe bies gemeenschap/kale slikken.
Ook de voormalige schorgebieden zullen weer meer onder zoute invloed komen, doordat oude krekenstelsels weer gedeeltelijk hun oude functie terugkrijgen. Ook op de hoger gelegen gebiedsdelen zal,

als gevolg van overspoeling, geleidelijk de aanwezige zoete vegetatie vervangen worden door schorbegroeiing. Ook de struweel en bosontwikkeling zal op deze oeverdelen worden teruggedrongen. Wel dient nog opgemerkt te worden dat bij hogere rivierafvoeren de kans op stratificatie toeneemt, waardoor oevergebieden met zoet water en niet met brak water worden overspoeld. Dit kan belangrijke consequenties hebben voor de hiervoor geschetste vegetatie-ontwikkeling van de buitendijkse gebieden.

8.5 Ontwikkeling Oosterschelde sinds de Deltawerken

De Oosterschelde is een zeearm met een oppervlak van ongeveer 35.000 ha. Via de stormvloedkering staat de mond van de Oosterschelde in open verbinding met de Noordzee. In het westelijk deel zijn, door invloed van het getij, diepe geulen ontstaan met steil aflopende oevers. De kom, het oostelijk deel van de Oosterschelde, is gemiddeld ondieper en heeft grote oppervlaktes platen, slikken en schorren. De noordelijke tak bestaat uit de geul 'Keeten-Mastgat-Zijpe', die voorheen het Volkerakmeer (toen nog Krammer Volkerak) met de Oosterschelde verbond en wordt geflankeerd door slik- en schorgebieden. Het zoutgehalte is hier, door het praktisch ontbreken van toestroom van zoet water, vrijwel overal hoog.
De Oosterschelde is een grootschalig getijdenlandschap met een grote mate van natuurlijkheid. Het schone water, de schorren en de intergetijdengebieden vormen het leefmilieu voor een rijke flora en fauna. Er is een grote diversiteit aan milieutypen en -soorten. Het milieu heeft een zeer dynamisch karakter.

In het beleidsplan Oosterschelde is een hiërarchie in de functies vastgelegd naar aflopend belang: ecologie en waterkwaliteit, beroepsvisserij, recreatievaart, oeverrecreatie, sportvisserij en beroepsvaart.

In 1990 zijn delen van de Oosterschelde in het kader van de Natuurbeschermingswet aangewezen als natuurmonument.

8.5.1 Gevolgen van de Deltawerken

De uitvoering van de Deltawerken heeft in de Oosterschelde ingrijpende veranderingen teweeg gebracht. Het getijvolume is na de bouw van de stormvloedkering met ongeveer dertig procent afgenomen. Dit heeft tot gevolg gehad dat het getijverschil met ongeveer 13% is afgenomen tot 3,25 m en dat de stroomsnelheden in het hele bekken met 30 tot 40% zijn teruggelopen. In de noordelijke tak is de afname nog groter.
Vermindering van getijvolume en stroomsnelheid heeft geleid tot een vertraging in de verversing van de Oosterschelde met Noordzeewater. Van west naar oost neemt de verblijftijd van het water toe van enkele dagen tot meer dan drie maanden. Door de aanleg van de compartimenteringsdammen die het Volkerak-Zoommeer en het Markiezaat hebben afgesnoerd is de oppervlakte van de Oosterschelde circa 100 km^2 kleiner geworden. In totaal verdween 33% van het intergetijdengebied (resteert 11.800 ha) en de oppervlakte aan schorren liep zelfs terug van 1725 ha naar 630 ha.

8.5.2 Zandhonger

In de nieuwe hydrologische situatie zijn enkele ecologische problemen ontstaan. Het belangrijkste is dat erosie de overhand heeft gekregen op sedimentatie. Doordat de oude geulen te ruim zijn voor de hoeveelheid water die er nu nog doorstroomt, zoekt het systeem naar een nieuw evenwicht. Deze 'zandhonger' blijft voorlopig groot, omdat zandimport vanuit de Voordelta te verwaarlozen is. Waarschijnlijk duurt het enkele honderden jaren voordat een nieuw evenwicht is ontstaan. De permanente erosie in de Oosterschelde heeft vanaf 1986 jaarlijks al ongeveer 40 ha intergetijdengebied doen verdwijnen. Dit cijfer zal naar verwachting oplopen tot 1500 ha in de eerste dertig jaar na de afsluiting.

De erosie heeft ook tot gevolg gehad dat hogere plaatdelen zijn afgevlakt en in perioden van laagwater minder lang droog liggen. Hoewel de veranderingen in de Oosterschelde steeds langzamer zullen verlopen, zal op zeer lange termijn circa eenderde van de oppervlakte aan slikken en platen in de geulen verdwijnen.

Verslibbing in de Oosterschelde treedt plaatselijk op in de diepste delen van de geulen en op enkele oevers, met name in het westelijk deel. In vergelijking met de situatie van vóór de aanleg van de stormvloedkering is er hierdoor sprake van lokatieverschuiving onder de bodemdieren. De diepe geulen waarin nu slib sedimenteert, waren overigens zeer arm aan bodemleven als gevolg van de natuurlijke erosieve omstandigheden.

8.5.3 Waterkwaliteit en ecologie

De Oosterschelde is sinds de compartimentering afgesloten van de aanvoer van vervuild rivierwater (Rijn en Maas). De waterkwaliteit wordt hierdoor in belangrijke mate bepaald door het relatief schone Noordzeewater. De concentraties aan microverontreinigingen zijn laag en benaderen de natuurlijke achtergrondniveaus. Het water van de Oosterschelde is helder en schoon. De primaire productie is na de bouw van de Oosterscheldekering gelijk gebleven, alleen in de noordelijke tak is de primaire productie toegenomen. Het schone water wordt weerspiegeld door een grote soortenrijkdom. Dit is met name zichtbaar bij de vissen. De platen en slikken bevatten een hoge biomassa aan schelpdieren. Deze vormen het voedsel voor vissen, garnalen en vogels.
Groot en klein zeegras komen beide voor, maar gedurende de laatste 20 jaar is het totale areaal wel afgenomen. Een mogelijke oorzaak van deze achteruitgang zou de lage zoetwatertoevoer kunnen zijn. De afname van zeegras leidt ertoe dat er minder rotganzen in het gebied voorkomen.
De harde substraten (pijlers van de stormvloedkering en dijkbedekking) vormen een vestigingsplaats voor uiteenlopende sessiele (vastzittende) planten- en diersoorten. Deze flora en fauna, die kenmerkend zijn voor natuurlijke rotskusten, hebben een voor Nederland uitheems karakter.

8.5.4 Watervogels

Watervogels die voor hun voedsel afhankelijk zijn van slikken en platen bereiken in de Oosterschelde de hoogste dichtheden en grootste absolute aantallen (binnen het Deltagebied). Sinds de afsluiting van de Grevelingen wordt het intergetijdengebied door

watervogels maximaal benut. Een verkleining van het intergetijdengebied, zoals de komende decennia verwacht wordt, zal tot een verdere afname van de daarvan afhankelijke vogels leiden. Naar verwachting zal dit verlies noch binnen de Oosterschelde noch elders kunnen worden opgevangen. Omdat het doorzicht van het water groter is geworden, is het aantal visetende watervogels (aalscholver, fuut, middelste zaagbek) sinds 1990 toegenomen. Met uitzondering van de afgenomen aantallen scholeksters is het aantal steltlopers gelijk gebleven. De afname van de scholeksters is het gevolg van voedseltekort, het kokkelbestand is in de jaren 1985-1999 met bijna 80% afgenomen. Het aantal ganzen en eenden is de laatste decennia toegenomen. De voedselgebieden liggen weliswaar voornamelijk binnendijks, maar de Oosterschelde biedt voor deze vogels een veilige slaapplaats.
Net als in de overige zoute getijdengebieden binnen de Delta zijn natuurlijke en veilige broedplaatsen voor broedvogels in het Oosterscheldegebied relatief schaars. Slechts enkele schorren vormen geschikte broedplaatsen voor kleine aantallen van deze vogels. Binnendijks, langs de rand van de Oosterschelde ligt een randzone die voor de watervogels van de Oosterschelde belangrijk is. Het gaat hier om zogenaamde 'karrevelden' en 'inlagen' die voor watervogels een functie vervullen als broedgebied, hoogwatervluchtplaats en slaapplaats.

Omdat de draagkracht van het intergetijdengebied voor watervogels al lang bereikt is, is het gebied extra gevoelig voor voedselconcurrentie door schelpdiervisserij. Om dezelfde reden is het gebied ook bijzonder kwetsbaar voor verstoring door recreanten. De afnemende aantallen ruiende steltlopers in de Oosterschelde worden hieraan toegeschreven.

8.6 Ontwikkeling Oosterschelde bij het alternatief RIVIERDYNAMIEK

Het alternatief RIVIERDYNAMIEK houdt in principe in dat zoet water uit het Volkerak-Zoommeer op de noordelijke tak van de Oosterschelde wordt gespuid. Indien dit gebeurt ontstaan er wellicht mogelijkheden om een brakke overgangszone in de Oosterschelde te realiseren. Een verkenning van de mogelijkheden en de effecten van een dergelijke waterhuishouding op het ecologisch functioneren van het Oosterschelde systeem is recentelijk uitgevoerd (Haas, 1998). De hierna volgende beschrijving van de ecologische effecten van het alternatief RIVIERDYNAMIEK op de Oosterschelde is een beknopte samenvatting van deze studie.

8.6.1 Processen

Hydrodynamiek
Onder normale omstandigheden heeft de spui van zoetwater uit het Volkerak-Zoommeer geen/weinig effect op de getijdendynamiek in de Oosterschelde (tabel 8.9).
De duur en het tijdstip van de spui hangt, net als de hoeveelheid gespuid rivierwater, sterk af van de rivierafvoer. In de praktijk zal dit betekenen dat in najaar en winter de spui relatief hoog is en gedurende de zomerperiode lager. De kans op een geleidelijke overgang van zoet naar zout neemt ten opzichte van de huidige situatie toe, maar is afhankelijk van de rivierafvoer. In najaar en winter is de kans op een geleidelijke overgang van zoet naar zout

groter dan in de zomerperiode. In de toekomst, met naar verwachting lagere rivierafvoeren in de zomer en hogere in de winter, wordt dit contrast sterker.

Morfodynamiek
Ook de morfodynamiek zal onder normale omstandigheden (lage tot hoge afvoer) geen grote veranderingen ondergaan. Alleen in de directe omgeving van het spuimiddel zal er enige invloed merkbaar zijn.

Zoutdynamiek
Het verloop van het chloridegehalte, de lengte van de zoet/zout gradiënt en de kans op stratificatie zijn sterk afhankelijk van de rivierafvoer. Bij een gemiddelde afvoer kan het zoutgehalte in de Noordelijke Tak aanzienlijk dalen (tot 5 g/l). De zoutgradiënt is dan tot in het Middengebied van de Oosterschelde merkbaar. De schommelingen in het zoutgehalte door het jaar zijn erg groot, zeker in een nat jaar. Wel is het zo dat de mogelijkheid bestaat de inlaat van zoetwater volledig te sturen via het inlaatpunt.
De kans op stratificatie neemt met name bij hoge rivierafvoer toe. In de Noordelijke Tak is het gebied waar kans op stratificatie relatief groot, vanwege de geringe breedte en de lagere getijsnelheid.

Concluderend kan gesteld worden dat de genoemde abiotische knelpunten (bijvoorbeeld het verdwijnen van intergetijdengebied onder invloed van zandhonger) niet opgelost worden onder invloed van het alternatief RIVIERDYNAMIEK.

Waterkwaliteit
De waterkwaliteit van de Oosterschelde zal worden beïnvloed door de inlaat van zoet water uit het Volkerakmeer. Het aangevoerde water is veel nutriëntenrijker dan het water van de Oosterschelde. Daarnaast kan de verontreiniging met microverontreinigingen toenemen. Dit is met name het geval bij hoge afvoeren, wanneer het gehalte zwevend stof in het aangevoerde water toeneemt. In de brakke overgangszone zal het gemiddelde doorzicht lager zijn dan in de huidige situatie. De kans op zuurstofloosheid hangt sterk samen met de kans op stratificatie, dit wil zeggen dat de kans op zuurstofloosheid waarschijnlijk groter is bij hogere rivierafvoeren.
Het zelfreinigend potentieel zal als gevolg van een verhoogde productiviteit en turn-oversnelheid toenemen in vergelijking tot de huidige situatie.

8.6.2 Patronen

Voor wat betreft de ecotopensamenstelling vindt uitbreiding plaats van de aquatische ecotooptypen. In aanvulling op de bestaande zoute ecotooptypen ontstaan brakke ecotopen. Hetzelfde geldt voor het intergetijdengebied en de hoger gelegen schorgebieden in de nabijheid van het inlaatpunt. Vanaf het inlaatpunt zal aan de terrestrische kant een gradiënt zichtbaar zijn van brakke ecotopen (voorheen zilte ecotopen) naar zilte ecotopen.

Tabel 8.9
Kwalitatieve beoordeling van de verwachte verandering in processen ten opzichte van de huidige situatie in de Oosterschelde bij het alternatief RIVIERDYNAMIEK. Afname ten opzichte van de huidige situatie (-, --, ---); geen verandering ten opzichte van de huidige situatie (0); toename ten opzichte van de huidige situatie (+, ++, +++).

Processen	Verandering t.o.v. huidige situatie
Hydrodynamiek	
· getijslag (m)	0
· GHW (m t.o.v. NAP)	0
· GLW (m t.o.v. NAP)	0
· hoeveelheid zoet water (m^3/sec)	+[1)]
· duur en tijdstip spui	+[1)]
· kans op geleidelijke zoet/zout overgang	++
Morfodynamiek	
· erosie	0
· sedimentatie	0
Zoutdynamiek	
· chloridegehalte	5-20 g/l [1)]
· min/max lengte zoutgradiënt (km)	+[1)]
· stratificatie zoet/zout	+
Waterkwaliteit	
· nutriënten	++
· microverontreinigingen	0/+
· doorzicht	-
· kans zuurstofloosheid (n dagen per jaar)	+
Zelfreinigend vermogen	+

[1)] Afhankelijk van de rivierafvoer

Tabel 8.10
Kwalitatieve beoordeling van de verwachte verandering in patronen ten opzichte van de huidige situatie in de Oosterschelde bij het alternatief RIVIERDYNAMIEK. Afname ten opzichte van de huidige situatie (-, --, ---); geen verandering ten opzichte van de huidige situatie (0); toename ten opzichte van de huidige situatie (+, ++, +++).

Patronen	Verandering t.o.v. huidige situatie
Aquatische ecotopen (aantal)	+
· diep/ondiep water brak	++
Intergetijdengebied (ha)	0
· periodiek droogvallend brak	+
· zoute slikken en platen	-
· pioniergemeenschappen	0
Terrestrische ecotopen (aantal)	+
· brakke schorren	+

8.6.3 Soorten

Vanwege de verhoogde nutriëntenbelasting wordt verwacht dat de primaire productie van het fytoplankton en het microfytobenthos zal toenemen (tabel 8.11). Daarnaast kan de verhoogde

nutriëntenbelasting leiden tot een verhoogde productie van groenwieren als darmwier en zeesla maar ook van hogere planten als zeegras.
Door deze toename van de primaire productie neemt de draagkracht van het systeem in principe toe. Grazers kunnen profiteren van het hogere voedselaanbod. Dit zal tot uiting komen door een vermeerdering van de populaties schelpdieren en/of zoöplankton. De verwachting is dat de biodiversiteit voor de Oosterschelde als geheel in geringe mate zal toenemen. De meeste soorten in de Oosterschelde zijn euryhalien, dat wil zeggen mariene soorten die kunnen voorkomen tot een zoutgehalte van 10-12 g Cl^-/l. In het ontstane brakwatergebied zullen, afhankelijk van het zoutgehalte, mariene soorten in biomassa en dichtheden achteruitgaan of eventueel verdwijnen.

Wieren
In de getijdenzone van de Oosterschelde komen in het zachtsubstraat met name zeesla en darmwier voor. Het afgelopen decennium zijn deze wieren enigszins toegenomen op de slikken en platen, vooral als gevolg van het rustiger en helderder water. Een toename van de zoetwatertoevoer heeft waarschijnlijk geringe effecten op het voorkomen van de groenwieren. Op de ondiepe delen zouden de groenwieren kunnen profiteren van een verhoogd nutriëntenaanbod. De andere wieren, met name blaaswier en knoopwier zullen hiervan weinig effect ondervinden.

Bodemdieren zachtsubstraat
Een overgroot deel van de bodem van de Oosterschelde wordt gevormd door zogenaamd zachtsubstraat, de zandige tot slibrijke platen en slikken. Hierin leven vele bodemdieren die een belangrijke schakel in het totale ecosysteem van de Oosterschelde vormen. Uit deze deelstudie is gebleken dat bij een gedeeltelijk herstel van de zoutgradiënt in de Noordelijke Tak en/of de Kom van de Oosterschelde, met ondergrenzen van respectievelijk 10 en 13 g Cl^-/l, er hooguit een geringe verschuiving in de samenstelling van de bodemdieren zal optreden. Voor een beperkt aantal bodemdieren die op het moment niet aanwezig zijn, zullen de omstandigheden verbeteren: de brakwaterkokkel, de aasgarnaal, het brakwaterkrabbetje en de worm *Marenzelleria viridis*.

Hardsubstraat organismen
Vooral door natuurlijke omstandigheden ter plaatse is de flora en fauna op dijken in de Noordelijke Tak relatief arm aan soorten. De hardsubstraatbegroeiing onder de laagwaterlijn wordt momenteel getypeerd door filtrerende organismen. Mogelijk zullen deze organismen toenemen wanneer meer voedsel beschikbaar komt. Een aantal mariene soorten dat zich hier de laatste jaren heeft uitgebreid door het hogere zoutgehalte, zal bij een afname van het zoutgehalte onder circa 13 g Cl^-/l weer verdwijnen. De meeste soorten verdragen echter zoutgehalten tot circa 10 g Cl^-/l. De gehele levensgemeenschap blijft een marien karakter behouden, maar de soortenrijkdom in het oostelijk deel kan wel enigszins afnemen. De gevolgen van zoetwaterinlaat voor de biodiversiteit van de gehele Oosterschelde zullen gering zijn.

Vissen

Verwacht wordt dat bij het creëren van een estuariene gradiënt in de Oosterschelde typisch mariene vissoorten verdwijnen uit de nieuw gecreëerde brakwaterzones, terwijl estuariene residente soorten in aantallen toenemen. De diversiteit van de visgemeenschap van de Oosterschelde zou hierdoor als geheel kunnen toenemen. Door een toename van het voedselaanbod kan de kraam- en kinderkamerfunctie van de Oosterschelde belangrijker worden. Afhankelijk van de zoetwateraanvoer en de passeerbaarheid van de verschillende sluizen en dammen zullen migrerende vissen naar dit gebied gelokt worden. De kans ten aanzien van vismigratie meer stroomopwaarts is nog klein vanwege de fysieke obstakels naar het zoete achterland.

Vogels

Brakke getijdengebieden zijn over het algemeen zeer vogelrijk. Uit eerdere studies blijkt dat een brak getijdengebied vooral wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een combinatie van eenden en steltlopers. Een vergelijkbare vogelbevolking werd tot de afsluiting van het Markiezaat in de Kom van de Oosterschelde aangetroffen. De meest kenmerkende eendensoort is de wintertaling, daarnaast overwinterden in de brakke(re) gebieden van Zuidwest-Nederland ook grotere aantallen slobeenden en pijlstaarten. Het voedsel van deze soorten bestaat vooral uit plantaardig, maar ook dierlijk materiaal dat slobberend van het slikoppervlak wordt verzameld. Daar waar onderzoek is gedaan, bleek dit vooral te gaan om zaden van diverse waterplanten (vooral voor wintertaling en eventueel pijlstaart), mogelijk dat ook oligochaeten (kleine wormen) een rol spelen. De steltloperbevolking werd gekenmerkt door soorten als kluten, tureluurs, zwarte ruiter en bonte strandloper. Deze soorten, alsmede de bergeend, leven van zoöbenthos. Vooral wormen als oligochaeten en *Nereis*, slakken als *Hydrobia* en crustacea als *Corophium* worden veel gegeten.

Het is nog maar de vraag of deze situatie met een extra zoetwatertoevoer terug zal keren. De rijke delen van brakke getijdenwateren zijn over het algemeen de gebieden waar rivierwater en zeewater elkaar ontmoeten. In deze gebieden treedt een sterke sedimentatie op van zowel slib, detritus (dood organisch materiaal) als aangevoerde zaden. Deze situatie doet zich bij het alternatief RIVIERDYNAMIEK echter niet voor. De zaden en detritus die door de rivieren worden aangevoerd bezinken al op plaatsen in de Biesbosch of het Hollandsch Diep, waar de stroming afneemt. Hier worden dan ook zeer grote hoeveelheden oligochaeten op de bodem aangetroffen, die als voedsel dienen voor duikeenden. Zaden zullen nooit in grote hoeveelheden de sluizen kunnen passeren. Wanneer zeegrassen toenemen kunnen alleen de zaden hiervan een extra voedselbron voor talingen vormen. Het zeegras zelf zal door smienten en rotganzen worden gegeten.

Door de aanvoer van zoet water kan er wel een verschuiving in de bodemdierbevolking optreden, waardoor de situatie voor hierop foeragerende soorten zou kunnen verbeteren. Of dit ook veel extra biomassa met zich mee zal brengen, is vooralsnog onduidelijk, omdat het namelijk de vraag is in hoeverre deze bodemdieren ook afhankelijk zijn van een detritus-kringloop. Extra detritus zal nauwelijks worden aangevoerd, het kan wel ontstaan bij toename van de productie door fytoplankton, zeegras en door veranderingen van schorrenvegetatie (ontwikkeling van riet). Vooral tijdens de

najaarstrek zouden vogels hiervan kunnen profiteren. Samengevat is de verwachting dat het inlaten van extra zoet water weinig effecten zal hebben op de vogelpopulaties.

Vegetatie
De omstandigheden voor zeegras zullen in de gecreëerde brakwatergebieden verbeteren. De laaggelegen zeegrasvelden spelen ook een belangrijke rol als paai- en opgroeigebied voor verschillende soorten vissen.
In de terrestrische vegetatie zal een verschuiving optreden van zoute naar meer brakke vegetatietypen, maar waarschijnlijk slechts in een beperkte zone vanaf de spuilokatie.

Tabel 8.11
Kwalitatieve beoordeling van de verwachte verandering in soorten ten opzichte van de huidige situatie in de Oosterschelde bij het alternatief RIVIERDYNAMIEK. Afname ten opzichte van de huidige situatie (-, --, ---); geen verandering ten opzichte van de huidige situatie (0); toename ten opzichte van de huidige situatie (+, ++, +++).

Soorten	Verandering t.o.v. huidige situatie
Primaire productie	+
Biodiversiteit	+
Kansen voor brakwatersoorten	+
Kans op algenbloei	0
Biotoop kokkel/mossel (ha)	0
Biotoop garnaal (ha)	+
Kansen voor vis	+
- migratie	0
- paai- en opgroeifunctie	+
Internationale betekenis vogels	0
Vegetatietypen	+

8.7 Ontwikkeling Oosterschelde bij het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK

8.7.1 Processen
Het verschil tussen de alternatieven RIVIERDYNAMIEK en ESTUARIENE DYNAMIEK is gelegen in het feit dat bij de ESTUARIENE DYNAMIEK een open verbinding bestaat tussen de Oosterschelde en het Volkerak-Zoommeer in de vorm van een overlaat. De inlaat van zoet water kan bij dit modelscenario alleen gestuurd worden bij de Volkeraksluizen en niet meer bij de Krammersluizen zoals bij RIVIERDYNAMIEK.

Hydrodynamiek
De open verbinding met het Volkerak-Zoommeer leidt niet tot veranderingen in de getijslag ter hoogte van de Oosterscheldekering. Ter hoogte van de Krammersluizen treedt een lichte daling van de getijslag (0,07 m) op (tabel 8.12).

Morfodynamiek

De morfodynamiek zal naar verwachting iets toenemen in de Oosterschelde, maar dit is in sterke mate afhankelijk van de rivierafvoer (tabel 8.12). Bij toename van de rivierinvloed zal de morfodynamiek in de Noordelijke Tak van de Oosterschelde waarschijnlijk iets toenemen.

Zoutdynamiek
Als gevolg van de open verbinding met het Volkerak-Zoommeer zal het zoutgehalte op de hele Oosterschelde dalen. De grootste daling vindt plaats ter hoogte van de Krammer Overlaat (van 16,5 g/l naar 12 g/l). De daling ter hoogte van het Marollegat en de Oosterscheldekering is kleiner en bedraagt respectievelijk 1,4 en 0,1 g/l. Door de open verbinding met het Volkerak-Zoommeer ontstaan er dus goede omstandigheden voor een geleidelijke zoutgradiënt in de Oosterschelde, waarbij de kans op stratificatie toeneemt naarmate de aangevoerde hoeveelheid zoetwater stijgt.

Waterkwaliteit
Door de open verbinding tussen de Oosterschelde en het Volkerak-Zoommeer, zal het nutriëntengehalte van de Oosterschelde stijgen (tabel 8.12). In de Noordelijke tak zal de waterkwaliteit, afhankelijk van de rivierafvoer, in meer of mindere mate vergelijkbaar zijn met die van het Hollandsch Diep. In de richting van de Oosterscheldekering zullen de nutriëntenconcentraties afnemen en meer overeenkomen met het relatief voedselarme Noordzeewater. Er ontstaat dus naast de zoutgradiënt, tevens een gradiënt in voedselrijkdom van het water. De lengte van deze gradiënt is voor een groot deel afhankelijk van de rivierafvoer en dus variabel in de seizoenen.
Door de toegenomen dynamiek in het Volkerak-Zoommeer en de open verbinding kan sedimenttransport plaatsvinden in de richting van de Oosterschelde. Vanwege de slechtere waterbodemkwalitiet van het Volkerak-Zoommeer (microverontreinigingen) in vergelijking met die van de Oosterschelde, zal de belasting van microverontreinigingen in de Oosterschelde groter zijn dan in de huidige situatie.
Vanwege de verhoogde aanvoer van nutriënten in combinatie met een toename van de hoeveelheid zwevend materiaal en opgeloste stof zal het doorzicht in de Noordelijke Tak van de Oosterschelde afnemen.
De kans op zuurstofloosheid in de Oosterschelde zal ten opzichte van de huidige situatie toenemen, maar is sterk afhankelijk van de aanvoer van rivierwater. Het zelfreinigend vermogen van de Oosterschelde zal in potentieel groter worden, omdat door de aanvoer van nutriënten de turn-oversnelheid zal toenemen.

Tabel 8.12
Kwalitatieve beoordeling van de verwachte verandering in processen ten opzichte van de huidige situatie in de Oosterschelde bij het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK. Afname ten opzichte van de huidige situatie (-, --, ---); geen verandering ten opzichte van de huidige situatie (0); toename ten opzichte van de huidige situatie (+, ++, +++)

Processen	Verandering t.o.v. huidige situatie
Hydrodynamiek	
- getijslag mondingsgebied	0

· getijslag Krammersluizen	·
Morfodynamiek	
· erosie	0/+[1)]
· sedimentatie	0/+[1)]
Zoutdynamiek	
· chloridegehalte (mg/l)	·
· min/max zoutgradiënt (km)	+[1)]
· stratificatie zoet/zout	+[1)]
· kans op geleidelijke zoet/zout overgang	+++
Waterkwaliteit	
· nutriënten	++
· microverontreinigingen	+(?)[2)]
· doorzicht	·
· kans zuurstofloosheid (n dagen per jaar)	+
Zelfreinigend vermogen	+

[1)] Afhankelijk van de rivierafvoer en gevoerde spuibeheer
[2)] .....

8.7.2 Patronen

Naar verwachting zal het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK, vergeleken met het alternatief RIVIERDYNAMIEK, relatief minder veranderingen teweeg brengen in de aanwezige ecotopensamenstelling. De grootste veranderingen zullen zich voordoen in de Noordelijke Tak van de Oosterschelde, waar de invloed van het rivierwater het grootst zal zijn. Wanneer er al veranderingen in de ecotopensamenstelling optreden, zal dit met name in het watersysteem gebeuren. Naast de zoute ecotooptypen zullen nu ook meer dynamische estuariene ecotopen ontstaan (tabel 8.13). De kans dat deze veranderingen zullen optreden, is sterk afhankelijk van fluctuaties in de rivierafvoer. Hetzelfde geldt waarschijnlijk ook voor de periodiek droogvallende intergetijdengebieden in de directe omgeving van de Krammer Overlaat. Met name gedurende najaar en winter, wanneer de rivierafvoer hoog is, kunnen deze platen een brak karakter hebben. Ten opzichte van de huidige situatie zullen de veranderingen op de hoger gelegen terrestrische delen relatief klein zijn. De hoger gelegen delen zullen een zout karakter blijven houden en de brakke schorgebieden zullen voornamelijk in het Volkerak-Zoommeer te vinden zijn, aangezien de invloed van het zoete rivierwater hier het grootst is.

Tabel 8.13
Kwalitatieve beoordeling van de verwachte verandering in patronen ten opzichte van de huidige situatie in de Oosterschelde bij het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK. Afname ten opzichte van de huidige situatie (-, --, ---); geen verandering ten opzichte van de huidige situatie (0); toename ten opzichte van de huidige situatie (+, ++, +++).

Patronen	Verandering t.o.v. huidige situatie
Aquatische ecotopen	
· diep/ondiep water brak	++
Intergetijdengebied ecotopen	
· periodiek droogvallend brak	+

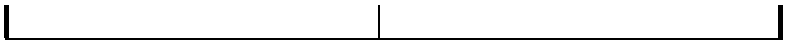
· zoute slikken en platen	0/·
· pioniergemeenschappen	0
Terrestrische ecotopen	
· brakke schorren	0/+

8.7.3 Soorten

Door de verhoogde nutriëntenbelasting wordt, net als bij het alternatief RIVIERDYNAMIEK, verwacht dat de primaire productie van het fytoplankton en het microfytobenthos zal toenemen (tabel 8.14). Daarnaast kan de verhoogde nutriëntenbelasting leiden tot een verhoogde productie van groenwieren maar ook van hogere planten als zeegras.
Door deze toename van de primaire productie neemt de draagkracht van het systeem in principe toe. Dit zal tot uiting komen in een toename van de populaties schelpdieren en/of zoöplankton. De verwachting is dat de biodiversiteit vergeleken met de huidige situatie iets zal toenemen.
Ten aanzien van de verschillende functionele groepen zullen de veranderingen die optreden op hoofdlijnen vergelijkbaar zijn met de veranderingen die beschreven zijn voor het alternatief RIVIERDYNAMIEK (zie 8.5.3). Vergeleken met de RIVIERDYNAMIEK ontstaan wellicht wel betere kansen voor vismigratie, mits het knelpunt van de fysieke barrière bij de Volkeraksluizen kan worden opgelost.
Een belangrijke consequentie van de bouw van de Oosterscheldekering was dat de zoutgehaltes in de Oosterscheldetoenamen. Zoals al eerder genoemd, heeft dit er mede toe geleid dat het areaal zeegras is afgenomen. Aangezien het chloridegehalte, met name in de omgeving van de Krammer Overlaat, zal dalen ten gevolge van het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK is de verwachting dat zeegrassen van deze veranderde omstandigheden kunnen profiteren. Wanneer een grootschalige uitbreiding van zeegrassen optreedt, kan dit belangrijke gevolgen hebben voor het ecologisch functioneren van (delen van) de Oosterschelde.

Tabel 8.14
Kwalitatieve beoordeling van de verwachte verandering in soorten ten opzichte van de huidige situatie in de Oosterschelde bij het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK. Afname ten opzichte van de huidige situatie (·, ··, ···); geen verandering ten opzichte van de huidige situatie (0); toename ten opzichte van de huidige situatie (+, ++, +++)

Soorten	Verandering t.o.v. huidige situatie
Primaire productie	++
Biodiversiteit	+
Kansen voor brakwatersoorten	+
Kans op algenbloei	0
Biotoop kokkels/mossel (ha)	0
Biotoop garnaal (ha)	+
Kansen voor vis	
· migratie	+
· paai- en opgroeifunctie	+
Internationale betekenis vogels	0/+
Vegetatietypen	0/+



Intermezzo met voorbeeldproject Rammegors (PM)

8.8 Tenslotte

Concluderend kan worden gesteld dat beide alternatieven kansen bieden voor het herstel van estuariene gradiënten in de Zeeuwse Delta. Bestaande knelpunten in de ontwikkeling van beide watersystemen worden deels of geheel opgeheven. Bijvoorbeeld de blauwalgenbloei in het huidige Volkerak-Zoommeer en de afname van het areaal zeegras in de Oosterschelde. Daarnaast ontstaan er weer zachtere overgangen tussen zoet-zout, droog-nat en voedselrijk-voedselarm en wordt de verbinding tussen de verschillende watersystemen in de Delta weer deels hersteld. Het herstel van de overgang tussen buiten- en binnendijkse natuur en de verschillende zeearmen kan ook plaatsvinden via (verdergaande) natuurontwikkeling in de binnendijks gelegen randzones van de verschillende watersystemen in de Delta.
Wanneer de ecologische ontwikkelingen die het gevolg zullen zijn van beide alternatieven kwalitatief met elkaar worden vergeleken, heeft het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK de voorkeur (tabel 8.15).

Tabel 8.15
Beoordeling van de ecologische ontwikkeling van Volkerak-Zoommeer en Oosterschelde bij de verschillende alternatieven ten opzichte van de huidige situatie. (-- sterk negatief, -negatief, 0 neutraal, + positief, ++ zeer positief).

	RIVIER-DYNAMIEK	ESTUARIENE DYNAMIEK
Processen	+	++
Patronen	+	++
Soorten	0	+

8.8.1 Aandachtspunten

De beschrijving van de effecten van de verschillende alternatieven voor het Volkerak-Zoommeer en de Oosterschelde geldt voor gemiddelde situaties. Het spreekt voor zich dat het extreme modelscenario grote gevolgen zal hebben voor het ecologisch functioneren van met name het Volkerak-Zoommeer. Een extreem modelscenario met waterstanden van boven NAP + 2,0 m zal naar verwachting slechts weinig optreden en kan dan ook gezien worden als een ('natuurlijke') catastrofe, waarbij de ecologische ontwikkelingen en successie weer voor een deel worden teruggezet. Daarnaast is in de beschrijving niet ingegaan op de effecten van de verschillende alternatieven op het ecologisch functioneren van het Grevelingenmeer. Bij een meer gedetailleerde analyse van de effecten van de verschillende alternatieven moet hieraan zeker aandacht worden besteed.

9 Gevolgen voor de gebruiksfuncties

9.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de effecten beschreven van de alternatieven RIVIERDYNAMIEK en ESTUARIENE DYNAMIEK op de gebruiksfuncties die momenteel van toepassing zijn. Gezien het verkennende karakter van deze studie betreft het een globale omschrijving, zeker gezien de grote gevolgen van beide alternatieven op een aantal gebruiksfuncties. Dit geldt niet alleen voor de Deltawateren maar ook voor de afwatering van de Brabantse rivieren.
De volgende functies worden hierbij onderscheiden:
1. veiligheid benedenrivierengebied
2. waterafvoer Brabantse rivieren
3. beroepsscheepvaart
4. landbouwwater
5. recreatie
6. visserij

9.2 Veiligheid benedenrivierengebied

De uitkomsten van de modelstudie geven aan dat onder extreme omstandigheden een aanzienlijke waterstandsdaling gerealiseerd kan worden in het gehele gebied oplopend tot 50 cm. Ook de beschikbare bergingscapaciteit in de Delta biedt onder extreme omstandigheden veel ruimte voor opvang van rivierwater. Uitgaande van de drietrapsstrategie (vasthouden, bergen en afvoeren) is hier wel sprake van afvoeren en in principe van een afwenteling van een veiligheidsprobleem naar de zuidelijke Delta.

9.3 Waterafvoer Brabantse rivieren

In voorgaande paragrafen is al ingegaan op de problemen die ontstaan bij de berekende waterstanden voor de afvoer van de Brabantse rivieren. Als we ook hier uitgaan van de driestapsstrategie dan betekent afvoeren en/of bergen van rivierwater uit het Hollandsch Diep een afwenteling van de problemen op West-Brabant. Gezien de complexe hydraulische situatie betekent de huidige situatie van het Volkerak-Zoommeer echter ook een afwenteling van het waterbeheer van West-Brabant naar het Volkerak-Zoommeer. In het recente verleden was de Mark-Vlietboezem ingesteld en ingericht op waterberging, omdat er alleen gespuid kon worden bij laag water in de Oosterschelde. Door kanalisatie en rivierversmalling is de huidige bergingscapaciteit onvoldoende om rivierwater tijdelijk op te slaan, zeker bij hoge rivierafvoeren. Het Hoogheemraadschap West-Brabant is in samenwerking met de lokale overheden bezig met het ontwikkelen van een visie op ruimtelijke ontwikkelingen, die bij waterbeheerders als basis zal dienen om pro-actief mee te denken bij ruimtelijke ordening: ‘Water op de kaart’, RO-visie West-Brabantse Waterschappen (2000). De drietrapsstrategie (bergen, vasthouden, afvoeren) zal hier als uitgangspunt moeten dienen. Ook Staatsbosbeheer is actief in de verwerving van gronden in het

boezemgebied van de Benedenmark. Op termijn moet dit gebied veranderen in één aaneengesloten gebied 'wetland' van ongeveer 1000 hectare (van Haperen *et al*, 1999). Zie ook brochure West-Brabant Rivierenland, deze brochure is een gezamenlijke uitgave van Staatsbosbeheer en de West-Brabantse waterschappen.

9.4 Beroepsscheepvaart

Het Volkerak-Zoommeer maakt deel uit van een belangrijke scheepvaartroute, de Schelde-Rijnverbinding. Dit is een van de drukst bevaarde scheepvaartroutes in Nederland (Brolsma, 2000). In 1998 waren hier 63.400 passages. De Schelde-Rijnverbinding is een directe verbinding tussen de havens van Antwerpen, Gent en Terneuzen in het zuiden en de havens in het Rijnmondgebied en Rotterdam en de Rijn in het noorden. In mei 1963 is een verdrag getekend tussen Nederland en België betreffende de verbinding tussen de Schelde en de Rijn. Hierin is opgenomen dat de waterstand op het Zoommeer na afsluiting van de Oosterschelde niet daalt beneden NAP -100 cm en niet stijgt boven NAP + 50 cm (RIZA, 1999). De bovengrens wordt bepaald door de doorvaarthoogte onder de twee bruggen over de Eendracht die Tholen en Sint Philipsland met West-Brabant verbinden.

Er bevinden zich twee sluiscomplexen die van belang zijn voor het zoet houden van het Volkerak-Zoommeer, de Krammersluizen in het noorden en de Kreekraksluizen in het zuiden. De Kreekraksluizen vormen de zuidelijke grens van het huidige Zoommeer. Beide sluizen hebben een systeem voor het scheiden van zoet en zout water. De zoet-zoutscheiding van de Kreekraksluizen is echter buiten werking gesteld vanwege de geringe zoutverschillen voor en na de sluis. Ook de Bergsediepsluis is voorzien van een zoet-zoutscheiding. Het scheidingssysteem werkt op basis van waterdichtheid. De dichtheid van zout water is groter dan die van zoet water, waardoor het zwaarder is. Hierdoor zal het zoute water onder het zoete water schuiven. Deze zoute onderlaag wordt naar een bassin gepompt totdat er alleen nog maar zoet water in de sluiskolk aanwezig is. Hierdoor wordt de zoutbelasting via de sluizen beperkt tot lekverliezen.

RIVIERDYNAMIEK

De bevaarbaarheid van de Schelde-Rijnverbinding wordt bij waterstanden van NAP + 0,50 m kritiek. De peildynamiek valt net binnen de range van het traktaat. De zoet-zoutscheiding in de sluizencomplexen blijft operationeel. De stroomsnelheden zullen bij een hoge rivierafvoer wel toenemen naar maximaal 0,30 m/s van noord naar zuid, maar zijn niet extreem.

ESTUARIENE DYNAMIEK

Dit alternatief biedt voor de bevaarbaarheid van de Schelde-Rijnverbinding voor- en nadelen. Door het instellen van een gedempt getij nemen de stroomsnelheden toe tot maximaal 0,30 m/s in beide richtingen. De waterstanden in dit alternatief fluctueren bij de huidige modelberekeningen tussen de NAP + 20 cm en + 70 cm. Dit kan problemen veroorzaken met de doorvaarthoogte onder de drie bruggen over de Eendracht. Brolsma (2000) constateert dat de drie bruggen over de Schelde-Rijnverbinding op dit moment al nauwelijks

voldoen aan de eisen en dat een marge om waterstandschommelingen op te vangen ontbreekt. Een verhoging van de doorvaarthoogte is dus ook in de huidige situatie op langere termijn nodig.
Het stoppen van de zoet-zoutscheiding levert voor de scheepvaart een tijdwinst op van circa 20 minuten bij het passeren van de sluizencomplexen met zoet-zoutscheiding (Woltering, 2000b). Bij de Kreekraksluizen is de zoet-zoutscheiding al buiten werking omdat het zoutverschil te klein is. Er wordt wel een zoetwaterbel gehandhaafd in het Antwerps Kanaalpand om het brakke verontreinigde havenwater op afstand te houden. Het peil staat hier op circa NAP +1,90 m. In beide alternatieven blijft schutten noodzakelijk gezien de hoge waterstand in het Kanaalpand. De peilverschillen tussen het Kanaalpand en het Zoommeer zijn bij ESTUARIENE DYNAMIEK wel kleiner dan bij RIVIERDYNAMIEK.

In geval van extreme rivierafvoer mag verondersteld worden dat de belangen van veiligheid boven die van scheepvaart gesteld worden. Door de hoge waterstanden en stroomsnelheden zal scheepvaart onder die omstandigheden onmogelijk zijn.

9.5 Landbouwwater

De beschikbaarheid van zoet water voor de landbouw is één van de belangrijkste redenen geweest voor de afdamming van het huidige Volkerak-Zoommeer. Deze functie is een belangrijk uitgangspunt voor het beheer van het huidige watersysteem. Dit betekent een doorspoelbeheer gericht op het handhaven in de zomer van een chloridegehalte onder de 450 mg Cl^-/l. Daarnaast is er een peilbeheer gericht op handhaving van de peilen tussen NAP - 0,15 cm en NAP + 0,10 cm. Om deze functie goed te kunnen beoordelen is door Woltering (2000a) een inventarisatie en kwantitatieve en kwalitatieve analyse uitgevoerd van de zoetwateronttrekking rondom het Volkerak-Zoommeer. Op basis van deze analyse is door Woltering (2000b) een kosten-batenanalyse uitgevoerd van deze zoetwaterfunctie. De kosten zijn: (1) wachttijden van de beroepsscheepvaart bij de zoet-zoutscheiding, en (2) onderhoud enafschrijving van de zoet-zoutscheiding. Deze kosten zijn geschat op circa 8 miljoen gulden per jaar. De baten van het zoete water zijn hogere opbrengsten van gewassen en intensivering van het bouwplan. Voor de huidige traditionele landbouw is aangenomen dat tijdens vochttekort een opbrengstverlies van 20% zal optreden door droogteschade. Op basis hiervan is berekend dat de baten voor de landbouw circa 9 miljoen gulden per jaar bedragen (Woltering, 2000b).

Binnen de landbouwsector wordt een discussie gevoerd over de gevolgen van het waterbeheer in de komende decennia (LTO-Nederland, 2000). In deze discussienota concludeert LTO-Nederland onder andere mogelijkheden te zien voor de land- en tuinbouw om vorm te geven aan de ‘nieuwe waarde van water’. Hierbij worden genoemd: wateropvang, waterproductie, waterconservering, waternatuur, combinaties met natuur etc.

RIVIERDYNAMIEK

De zoetwaterfunctie van het bekken blijft gehandhaafd. In perioden met een hoge rivierafvoer komen de peilen tot circa NAP + 50 cm. Bij de afvoer van overtollig binnendijks polderwater is in deze situatie wellicht meer pompcapaciteit nodig. In geval van binnendijkse natuurontwikkeling vervalt dit nadeel, omdat overtollig water dan vastgehouden kan worden in de laaggelegen gebieden.

ESTUARIENE DYNAMIEK

Door de introductie van een gedempt getij en indringing van zout Oosterscheldewater komt de zoetwaterfunctie van het Volkerak-Zoommeer te vervallen door verzilting bij de innamepunten. Ook de afvoer van overtollig polderwater verloopt bij dit alternatief moeilijker door de iets hogere maximale peilen. Uit onderzoek van IWACO (2000) blijkt dat er op provinciale schaal goede mogelijkheden liggen om de landbouw in de zomer van zoet water te voorzien. Hierbij is gekeken naar (1) berging en gebruik van neerslagoverschot, (2) aanvoer vanuit de Biesbosch, (3) gebruik van zoete kwel duinranden, (4) zoet water vanuit kreekruggen en (5) gebruik effluent RWZI's. Vanuit het Zoommeer wordt op dit moment alleen zoet water onttrokken voor de Reigersbergsche Polder. Tholen en St. Philipsland maken geen gebruik van deze zoetwatervoorziening, omdat een verdichtingsplan voor de verdeling van het zoete water nooit is uitgevoerd. Wel wordt in dit gebied water ingelaten voor peilhandhaving. Uit kostenoverwegingen is de NV Deltanuts al enige jaren geleden gestopt met het onttrekken van zoet water uit het Zoommeer vanwege problemen met verstopte filters en stankoverlast als gevolg van de slechte waterkwaliteit van het Zoommeer (Woltering, 2000a).
Alhoewel de zoetwaterfunctie in dit alternatief komt te vervallen blijven er nog wel beperkte mogelijkheden over voor met name Goeree-Overflakkee en West-Brabant. Goeree-Overflakkee door inlaat uit het Hollandsch Diep en West-Brabant door een betere benutting van de wateraanvoer via de Brabantse rivieren.

9.6 Recreatie

Recreatief medegebruik van de Deltawateren is bij de inrichting van de verschillende afzonderlijke bekkens van grote invloed geweest op het beheer. Pleziervaart, oeverrecreatie, sportvisserij, duiksport, surfstranden en recreatiehavens met vakantiewoningen zijn hier voorbeelden van. Vooral de stagnante bekkens (Veerse Meer, Grevelingenmeer en Zoommeer, Binnenschelde) hebben een sterk accent op deze recreatievoorzieningen. In het kader van integraal waterbeheer probeert de beheerder zoveel mogelijk rekening te houden met de wensen vanuit de recreatiesector. Door eutrofiëring kampen het Veerse Meer, het Zoommeer en de Binnenschelde al jaren met problemen met betrekking tot de zwemwaterkwaliteit. Binnen het huidige beheer is enig perspectief op verbetering nihil. De recreatiefunctie van het Grevelingenmeer is sterk ontwikkeld en functioneert naar wens, maar zit aan zijn grenzen.
Een grotere peildynamiek kan voor de recreatievaart mogelijk problemen veroorzaken, doordat steigers hiervoor aangepast moeten worden.

RIVIERDYNAMIEK

Beide alternatieven leveren voordelen voor de recreatie in vergelijking met de huidige situatie. Bij RIVIERDYNAMIEK zal de verblijftijd in het Volkerak-Zoommeer dusdanig verkort kunnen worden dat de blauwalgenbloei kan worden bestreden. Ook de Binnenschelde kan hiervan profiteren door extra door te spoelen met water vanuit het Zoommeer.

ESTUARIENE DYNAMIEK
Ook dit alternatief biedt uitstekende perspectieven voor de recreatie. De recreatiefunctie van het Zoommeer kan hierdoor weer een impuls krijgen, waardoor de recreatiedruk op de Oosterschelde kan worden verlicht. Door de beschikbaarheid van schoon zout water kan ook de Binnenschelde permanent worden doorgespoeld en weer kunnen voldoen aan de recreatie-eisen.

9.7 Visserij

Het belang van de visserij in de Delta is geconcentreerd in de Oosterschelde. De teelt van mosselen en oesters en de visserij op kokkels zijn in commercieel opzicht verreweg de belangrijkste visserijactiviteit (van Berchum & Wattel, 1997). De platte oester en de mossel worden al meer dan een eeuw gekweekt. De laatste jaren is de teelt van de platte oester echter sterk achteruitgegaan door de ziekte bonamiasis. De mosselkweek gedijt daarentegen goed in de Oosterschelde, ook na de voltooiing van de Deltawerken. Momenteel is circa 2500 ha kweek- en verwaterplaatsen in gebruik (Schuiling & Smaal, 1998) en de aanvoer van mosselen bedroeg in 1995/1996 circa 52 ton met een opbrengst van circa 77 miljoen gulden.
Voor kokkels geldt dat er als gevolg van sterk wisselende omstandigheden (o.a. wintersterfte en achterblijvende broedval) een sterke fluctuatie van de jaarlijkse aanvoer van kokkels uit de Oosterschelde is. In 1995 was er een aanvoer van circa 1 miljoen kg met een geschatte opbrengst van circa 5 miljoen gulden (van Berchum & Wattel, 1997).
In plaats van de platte oester is de oesterkweek tegenwoordig gericht op de Japanse oester. De jaarlijkse aanvoer hiervan bedraagt circa 15 miljoen exemplaren, van de platte oesters nog maar één miljoen exemplaren. De totale omzet is circa 8,8 miljoen gulden.
De economische waarde van de beroepsvisserij in het Volkerak-Zoommeer en het Grevelingenmeer is moeilijk in te schatten, hierover is nauwelijks kwantitatieve informatie beschikbaar. In het Volkerak-Zoommeer zijn slechts vijf beroepsvissers actief, die uitsluitend op aal vissen. Ook in het Grevelingenmeer is paling commercieel de belangrijkste vissoort; in het meer zijn zeven beroepsvissers actief. Daarnaast is het Grevelingenmeer ook van belang voor de oesterteelt, er zijn ongeveer 16 oestervissers actief.
Uit een vooronderzoek is gebleken dat extra zoet water naar de Oosterschelde positief zou kunnen uitwerken voor de schelpdiervisserij (Haas, 1998). Het RIVO-DLO heeft een literatuurstudie uitgevoerd naar de zouttolerantie van commercieel belangrijke soorten in de Oosterschelde (Schuiling & Smaal, 1998). Deze tolerantiegrenzen geven aan in welke zoutrange een organisme kan groeien en reproduceren. Uit deze studie blijkt dat de tolerantie tussen de geselecteerde soorten aanzienlijk verschilt. De ondergrens van de zouttolerantie van de kreeft, platte en kromme oester, mossel, mesheft en alikruik ligt bij circa 11 g Cl^-/l. Voor de kokkel en garnaal

is dit circa 10 g Cl^-/l. De zeester en de strandkrab zijn het minst gevoelig met een ondergrens tot circa 8,5 g Cl^-/l.
Voor de larven- en broedstadia van commerciële soorten is de tolerantie geringer dan voor oudere stadia. De jonge stadia van de kreeft zijn het meest gevoelig met een ondergrens van 15,5 g Cl^-/l. Bij de platte oester, de kokkel en de mossel ligt deze grens bij circa 14 g Cl^-/l. Jonge stadia van de Japanse oester en de strandkrab zijn duidelijk toleranter met een ondergrens van circa 11 g Cl^-/l.
Voor de mosselteelt worden in mei en juni jonge mosselen van het voorgaande jaar opgevist, het zogenaamde mosselzaad. Aangezien er in de Oosterschelde sinds 1984 nauwelijks meer broedval plaatsvindt, zijn de mosselkwekers voor de zaadvisserij volledig aangewezen op de Waddenzee. Waarom deze broedval in de Oosterschelde niet meer plaatsvindt is onbekend (van Berchum & Wattel, 1997). Er wordt verondersteld dat een verlaagd zoutgehalte een positief effect op de broedval van schelpdieren heeft. Dit fenomeen is geconstateerd in de Krammer-Volkerak rond 1975 nadat de Volkeraksluizen een vast zoetwaterdebiet gingen spuien. Recentelijk is dit ook waargenomen in de monding van de Haringvliet en bij spuilokaties in de Waddenzee (mondelinge mededeling M. van Stralen). Ook blijkt uit recent onderzoek dat er veel broedval is op de hangcultures in de Noordelijke Tak maar op de hangcultures in de monding (Neeltje Jans) nauwelijks (mondelinge mededeling A. Smaal). Dit zou kunnen betekenen dat in de huidige situatie wel degelijk broedval op de bodem plaatsvindt, maar dat hierop sterk wordt gepredeerd door zeesterren en krabben. De broedval op hangende constructies is voor deze predatoren onbereikbaar. Deze voorlopige waarneming zou erop kunnen wijzen dat de lichte verlaging van het zoutgehalte in de Noordelijke Tak de broedval zal bevorderen.

RIVIERDYNAMIEK
De effecten op de schelpdiervisserij in de Oosterschelde staan hierboven beschreven. In het zoete Volkerak-Zoommeer kan de beroepsvisserij blijven functioneren binnen de grenzen van het systeem.

ESTUARIENE DYNAMIEK
De kansen voor de visserij bij herstel van zoet-zout overgangen lijken niet ongunstig. In het vooronderzoek is geconcludeerd dat er voor de visserij ruimte is om het zoutgehalte te verlagen. Er zijn sterke aanwijzingen dat herstel van het estuariene karakter van de Oosterschelde de broedval positief kan beïnvloeden, alsmede de productiviteit .

Tabel 9.1
Globale kwalitatieve beoordeling van de ontwikkeling van de gebruiksfuncties bij de verschillende alternatieven ten opzichte van de huidige situatie. (++ = zeer positief, + = positief, 0 = neutraal, - = negatief, -- = zeer negatief). ED=ESTUARIENE DYNAMIEK, RD=RIVIERDYNAMIEK

	RIVIER-DYNAMIEK	ESTUARIENE DYNAMIEK	TOELICHTING
Waterafvoer -Hollandsch Diep -Dintel en Steenbergsche Vliet	 ++ --	 ++ -	De rivierafvoer wordt hersteld, waterafvoer van de Brabantse rivieren geeft problemen.

Beroepsscheepvaart	0	+	Zoet-zoutscheiding verdwijnt bij ED, minder oponthoud. Verhoging bruggen noodzakelijk voor beide alternatieven, maar is ook in huidige situatie op termijn noodzakelijk.
Landbouwwater	0	--	Bij ED verdwijnt zoetwaterfunctie, bij RD niet.
Recreatie	+	++	Vooral in het Zoommeer kan recreatie een impuls krijgen, Binnenschelde bij ED herstelt.
Visserij	+	+	Beide alternatieven zullen positief zijn voor de visserij.

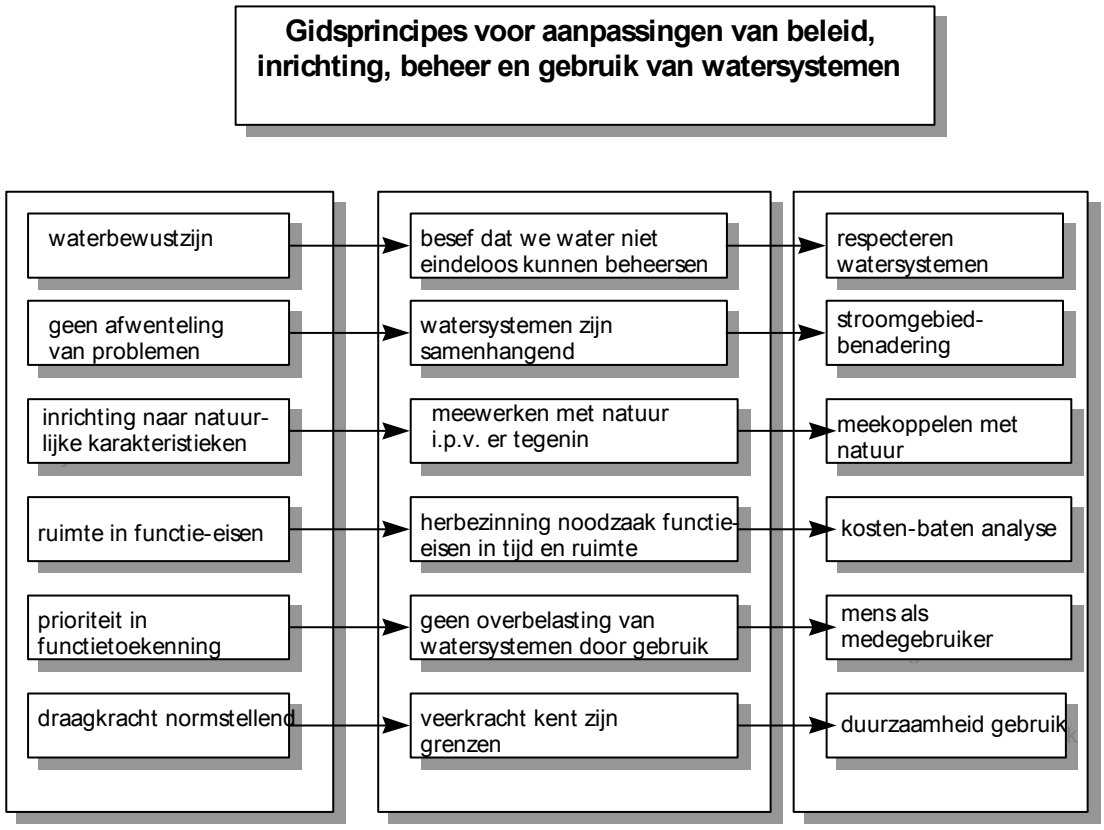
9.8 Veerkracht als gidsprincipe

In het rapport 'Veerkracht als strategie' (Remmelzwaal & Vroon, 2000) staan gidsprincipes beschreven voor aanpassing van beleid, inrichting, beheer en gebruik van watersystemen. Leidraad bij gebruik van watersystemen is:

1. Waterbewustzijn: ruimte voor natuurlijke dynamiek.
2. Geen afwenteling van problemen: stroomgebiedbenadering.
3. Prioritering in functietoekenning: meekoppelen met natuur.
4. Ruimte in functie-eisen: kosten-baten analyse gebruiksfuncties.
5. Draagkracht normstellend: duurzaamheid.

Per onderdeel zal een korte toelichting worden gegeven en een beoordeling van de alternatieven ten opzichte van de huidige situatie. Figuur 9.1 geeft een schematische samenvatting.

Figuur 9.1
Samenvatting gidsprincipes voor aanpassing van inrichting, beheer en gebruik van watersystemen op basis van Remmelzwaal en Vroon (2000).



ad 1.
De fundamentele kenmerken van delta's zijn door de afdammingen volledig verdwenen. In de huidige Delta staat beheersing centraal, alsmede verziltingsbestrijding in de voormalige estuariene overgangsgebieden. Waterbewustzijn houdt in dat vaste peilen,

zoetwaterbekkens en harde zoet-zoutovergangen in een deltagebied onnatuurlijk zijn en veel natuurlijke dynamiek hebben weggenomen.

ad 2.
Delta's zijn van origine riviermondingen waar sedimentatie- en erosieprocessen zeer bepalend zijn. Menging van zoet rivierwater met het zoute zeewater zorgt voor allerlei gradiënten met een grote ruimtelijke en temporele variatie. Afhankelijk van het jaargetijde neemt de invloed van de zee of de rivier toe of af. Deze kenmerken zijn in de huidige Delta volledig verdwenen. Een stroomgebiedbenadering betekent herstel van de rivierinvloed, zoet-zoutgradiënten en natuurlijke peilfluctuaties.

ad 3.
Integraal waterbeheer gaat uit van multifunctionaliteit van watersystemen en prioritering in functietoekenning. Het Volkerak-Zoommeer is duidelijk het slachtoffer van een veelheid aan functies met tegenstrijdige eisen. De zoetwaterfunctie voor de landbouw en het isolatiebeheer hebben geleid tot een ontwricht systeem met een geringe veerkracht. Het zoute Grevelingenmeer functioneert al veel beter vanwege een betere afstemming tussen functies en zonering van natuur en recreatie.

ad 4.
Gebruiksfuncties stellen functie-eisen die tegenstrijdig kunnen zijn met natuurlijke processen. Een permanent zoet Volkerak-Zoommeer is een functie-eis die haaks staat op de natuurlijke processen. De bodem is verzadigd met zout en er is een permanente zoute kwel vanuit de omgeving. Gezien de autonome ontwikkeling wordt het zoet houden van het Volkerak-Zoommeer op lange termijn een steeds groter probleem, vooral vanwege de verwachte verminderde aanvoer van zoet water in de zomerperiode. De maatschappelijke kosten voor deze zoetwaterfunctie zullen in de komende decennia toenemen. Voor het ontwikkelen van alternatieve zoetwateraanvoer is door IWACO (2000) een studie verricht waaruit blijkt dat hiervoor goede mogelijkheden zijn. De beperkte ruimte in peildynamiek komt voort uit de boezemfunctie die het Volkerak-Zoommeer vervult voor de Brabantse rivieren. Ook de scheepvaartfunctie stelt eisen aan de bevaarbaarheid en de bereikbaarheid van havens.

ad 5.
Als de draagkracht van een systeem wordt overschreden, verdwijnt de veerkracht. Voor de Deltawateren kan gesteld worden dat in het Volkerak-Zoommeer, het Veerse Meer en het huidige Hollandsch Diep de veerkracht is verdwenen. Het Grevelingenmeer is kwetsbaar, maar bezit nog wel veerkracht. De Oosterschelde en de Westerschelde zijn beide robuust en bezitten nog veerkracht, maar de druk door menselijk gebruik neemt ook in deze systemen sterk toe.

Samenvattend kan worden gesteld dat deze toetsing uiteraard een zeer kwalitatieve invulling is van het begrip veerkracht en daarom meer gezien moet worden als ingang om de bewustwording rond dit thema op gang te brengen. Tabel 9.2 moet in dit licht gezien worden als een meer of minder kansrijke ontwikkelingsrichting van de alternatieven ten opzichte van de huidige situatie. ESTUARIENE

DYNAMIEK geeft hierbij een beter resultaat, maar heeft grote gevolgen voor de landbouwatervoorziening.

Tabel 9.2
Toetsing van de alternatieven aan de gidsprincipes voor aanpassing beleid, inrichting, beheer en gebruik van watersystemen. De alternatieven zijn getoetst ten opzichte van de huidige situatie. Op basis van het rapport 'Veerkracht als strategie' (Remmelzwaal & Vroon, 2000), (-- sterk negatief, -negatief, 0 neutraal, + positief, ++ zeer positief)

	RIVIER-DYNAMIEK	ESTUARIENE DYNAMIEK
Waterbewustzijn	+	++
Stroomgebiedbenadering	+	++
Meekoppelen met natuur	+	++
Kosten-baten analyse gebruik	0	+/-
Duurzaamheid	+	++

10 Kosten en baten van de alternatieven

10.1 Inleiding

De in deze studie uitgewerkte alternatieven ESTUARIENE DYNAMIEK en RIVIERDYNAMIEK gaan beide uit van het herstel van rivierwaterinvloed in de zuidelijke Delta. De huidige waterstaatkundige infrastructuur, gerealiseerd tijdens de Deltawerken, is destijds volledig gericht op bescherming tegen stormvloeden vanuit de zee. De Volkerakdam en -sluizen hebben geleid tot regulering van de waterhuishouding in het benedenrivierengebied en een betere verziltingsbestrijding in de Nieuwe Waterweg. Uitgangspunten bij de Oosterscheldewerken en de bouw van de compartimenteringdammen waren: (1) instandhouding van voldoende getijverschil in de Oosterschelde, (2) een getijvrije doorvaart van Antwerpen naar het Noorden en (3) een zoetwaterbekken voor de landbouw. Dit heeft geresulteerd in het Volkerak-Zoommeer, begrensd door de compartimenteringsdammen en een permanent open verbinding met de Brabantse rivieren waarvoor het VZM een boezemfunctie vervult. Het beheer van het Volkerak-Zoommeer is momenteel nog gericht op minimale beïnvloeding vanuit het Hollandsch Diep, verziltingsbestrijding tijdens het groeiseizoen en peilhandhaving. De Markiezaatskade vormt de scheiding tussen het Zoommeer en het Markiezaatsmeer.

In dit hoofdstuk wordt een globale kostenraming gegeven van de benodigde nieuwe infrastructuur en aanpassingswerken bij de verschillende alternatieven. De kosten voor de verschillende doorlaatmiddelen zijn gebaseerd op de dimensies van de doorlaatmiddelen waarmee is gerekend in het DELTAmodel. In hoofdstuk 10.2 wordt een overzicht gegeven van de waterstaatkundige infrastructuur bij de verschillende alternatieven, zoals die in de modelberekeningen is verondersteld. Dit alles heeft een schetsmatig karakter en is nog niet beoordeeld op haalbaarheid. Ook de kostenramingen zijn uiterst globaal.
Naast de kosten is ook aandacht besteed aan de baten. Ook deze analyse is zeer globaal en alleen kwalitatief. Kosten voor compenserende maatregelen in West-Brabant, Hollandsch Diep alsmede voor de landbouw zijn vooralsnog niet uitgewerkt.

10.2 Kosten waterbouwkundige infrastructuur

Er kan onderscheid gemaakt worden in de volgende posten:
1. herstel en operationeel maken van 4 spuikokers in de Volkerakdam,
2. bouw doorlaatmiddel in Philipsdam en Oesterdam,
3. bouw spuisluis Grevelingendam en eventueel aanpassing Flakkeese spuisluis,
4. verwijdering deel Markiezaatskade,
5. kosten voor afwatering Brabantse rivieren,
6. aanpassingswerken havens, dijken en oevers,
7. verhogen doorvaarthoogten bruggen over Schelde-Rijnverbinding.

Bij de bouw van de doorlaatmiddelen zullen de dimensies gebaseerd zijn op de maximale debieten die verwerkt moeten kunnen worden. De kosten voor deze nieuw te maken doorlaatsluizen zijn gebaseerd op informatie van de Bouwdienst van RWS, afdeling Constructieve Waterbouw. De Bouwdienst werkt met kental gegevens en rekent voor grote doorlaatwerken met een prijs van 0,45 mfl per m^2 nat oppervlak van het doorlaatmiddel. Voor het berekenen van de kostprijs is het natte oppervlak aangehouden zoals dat uiteindelijk is toegepast in het DELTAmodel. Dat is 228 m^2 voor de doorlaatsluis in de Philipsdam en 120 m^2 voor de doorlaatsluis in de Oesterdam. Hieruit volgen voor deze doorlaatmiddelen de afgeronde bedragen van respectievelijk 100 en 55 miljoen gulden.
De kosten die bij de Volkerakspuisluis moeten worden gemaakt bestaan uit het operationeel maken van de nu niet gebruikte kokers en een stortebed bij de spuikokers tegen erosie.
De kosten voor de Flakkeese spuisluis (hevel) bestaan uit het in open verbinding brengen van deze hevel met het Volkerakmeer. Zonder dat dit technisch is beoordeeld, lijkt dat mogelijk te zijn door direct aan de westzijde van de hevel een verbindingsdam te maken tussen de Grevelingendam en de Philipsdam. Het contact met de Oosterschelde vervalt daarmee. Het contact met het Volkerak-Zoommeer kan worden gemaakt door een doorbraak in de Philipsdam direct oostelijk van de hevel. In de Markiezaatskade moet een doorlaatopening van 200 m breed worden gemaakt door een deel van de kade weg te baggeren tot NAP - 5 m. Aan de Bathse spuisluis hoeven geen kosten te worden gemaakt. Die is ingericht om op de Westerschelde te lozen en kan als noodventiel blijven functioneren. In tabel 10.1 wordt een overzicht van de karakteristieken van de doorlaatmiddelen gegeven. De totale kosten zijn geschat op 180 mfl.

Tabel 10.1
Aan te leggen nieuwe infrastructuur ten behoeve van beide alternatieven. Bij RIVIERDYNAMIEK hebben alle doorlaatmiddelen een eenzijdige spui. Bij ESTUARIENE DYNAMIEK hebben nr. 2 , 3 en 5 een tweezijdige uitwisseling

Infrastructuur	afmetingen (m) (breedte en drempeldiepte)	kosten (mfl)	max. debiet (m^3/s)	Omschrijving
1. Volkerakspuisluis	120 / -4,25	5	3000	- Debiet afhankelijk van dimensies doorlaatmiddelen. - Operationeel maken bestaande kokers + aanleggen stortebed.
2. Doorlaat Philipsdam	57 / -4	100	1600	Nieuw doorlaatmiddel ten noorden van de Krammersluizen.
3. Doorlaat Oesterdam	40 / -3	55	1000	Nieuw doorlaatmiddel ten noorden van de Bergsediepsluis.
4. Spuisluis Grevelingendam	7 / -3	15	140	Nieuw doorlaatmiddel evt. aanpassing Flakkeese spuisluis.
5. Markiezaatsmeer overlaat	200/ -5	5	n.v.t	Verwijderen van de Markiezaatskade over een lengte van 200 m aan de noordzijde.

10.3 Overige infrastructuur

10.3.1 Brabantse rivieren en havens

De afwatering van de Brabantse rivieren en de nieuwe infrastructuur (na 1987 gebouwd) in het Volkerak-Zoommeer is ingesteld op het huidige peilbeheer van het Volkerak-Zoommeer met een peildynamiek tussen circa NAP - 0,10 m en NAP + 0,15 cm. Binnen deze grenzen is er een vrije afvoer van de Brabantse rivieren. Beide alternatieven hebben grote gevolgen voor de peildynamiek voor het Volkerak-Zoommeer. Alternatief RIVIERDYNAMIEK heeft een maximale amplitude van 80 cm met een minimum peil van NAP - 30 cm en een maximum peil van NAP + 50 cm. In het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK is sprake van een gedempt getij van circa 50 cm met waterstanden tussen gemiddeld NAP tot NAP + 50 cm, met uitschieters naar NAP + 70 cm bij springtij. Deze sterke peilfluctuaties stellen hoge eisen aan de bergingsfunctie van de Mark/Vlietboezem in West-Brabant. Mogelijk is ingebruikname van de sluizen in de monding van de Dintel en de Steenbergsche Vliet hierbij noodzakelijk. De consequenties voor de havens zullen wellicht beperkt blijven tot enkele aanpassingen. Bij het modelscenario extreem plus is er sprake van een noodsituatie, waarbij de stormvloedkering dicht staat en het Volkerak-Zoommeer, de Oosterschelde en het Grevelingenmeer rivierwater blijven opvangen uit het Hollandsch Diep. Volgens de modelstudie zullen de waterstanden dan tijdelijk oplopen tot circa NAP + 3,5 m in het Volkerak-Zoommeer en circa NAP + 1,0 m in het Grevelingenmeer. Onder deze omstandigheden is de afvoer van overtollig rivierwater vanuit West-Brabant een groot probleem en is extra afvoer door middel van grote gemalen noodzakelijk voor de veiligeid in deze regio.

10.3.2 Dijken en oevers.

De dijken langs het Volkerak-Zoommeer hebben niet meer de waterkerende functie van voor de afsluiting in 1987. Maar overeenkomstig de Wet op de Waterkering zijn het nog steeds primaire waterkeringen. Dat houdt in dat de norm voor de sterkte niet is veranderd, maar de kans op falen mag wel veranderen. Met andere woorden: de dijk behoudt bij normaal onderhoud in hoge mate zijn waterkerende functie en bij wijzigende omstandigheden moet de invloed op de veiligheid worden aangegeven. Een voorbeeld hiervan is als er kabels en/of leidingen in de dijk worden aangebracht. Het zal derhalve geen groot probleem voor de waterkerende functie van de dijk zijn om kortdurend een waterstand van NAP + 2,5 m toe te laten.

10.3.3 Bruggen Schelde-Rijnverbinding

De doorvaarthoogte van de vaste bruggen over de Schelde-Rijnverbinding is formeel vastgelegd in het traktaat dat op 13 mei 1963 met België is gesloten. Ten aanzien van de waterstand is in lid 2 van art. 15 bepaald dat de waterstand na de toen nog voorziene afsluiting van de Oosterschelde tussen NAP - 1,00 m en NAP + 0,50 m dient te liggen. De doorvaarthoogte van de bruggen is vastgelegd

in bijlage 1 van het desbetreffende traktaat. Daar staat dat er vaste bruggen gebouwd zullen worden met een vrije doorvaarthoogte van 9,10 m. (Woltering, 2000b). Het laagste punt van de bruggen over het Eendrachtgedeelte ligt op NAP + 9,85 m. Nederland voldoet dus niet aan zijn verplichting als de waterstand boven NAP + 0,50 m komt, omdat dan de vrije doorvaarthoogte van 9,10 m in het geding komt. In het alternatief RIVIERDYNAMIEK is het maximum peil NAP + 0,50 m waarmee het peil binnen de grens van het traktaat blijft. In het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK kunnen de waterstanden onder normale omstandigheden bij de gedimensioneerde doorlaatmiddelen oplopen tot circa NAP + 0,75 m. Bij iets grotere doorlaatmiddelen zullen de maximale waterstanden kunnen toenemen tot NAP + 1,0 m. Hier is dus een potentieel knelpunt met betrekking tot de doorvaarthoogten onder de bruggen van de Schelde-Rijnverbinding. Brolsma (2000) heeft geconstateerd dat de doorvaarthoogte van de drie bruggen bij de huidige ontwikkelingen in de scheepvaart al kritiek begint te worden. Investeringen om de doorvaarthoogte te vergroten zijn op middellange termijn dus onvermijdelijk, ook bij de huidige ontwikkelingen.

Tabel 10.2
Kwalitatieve inschatting van de kosten voor aanpassingen aan de overige infrastructuur. (-- = zeer aanzienlijke kosten, - = aanzienlijke kosten, 0 = geen of beperkte kosten, + opbrengsten/baten).

Kosten	RIVIER DYNAMIEK	ESTUARIENE DYNAMIEK	Toelichting
Brabantse rivieren	--	--	In beide alternatieven operationeel maken sluizen in monding Dintel en Steenbergsche Vliet.
Havens	-	-	In beide gevallen aanpassingen infrastructuur in havens teneinde peildynamiek te kunnen opvangen.
Dijken en oevers	0	0	In beide alternatieven moeten waterkeringen kortstondig een waterstand van NAP + 2,5 m kunnen keren.
Bruggen Schelde-Rijnverbinding	0	0	Investeringen in verhoging doorvaarthoogte zijn bij de huidige ontwikkelingen ook onvermijdelijk.
Zoet-zoutscheiding	--	+	Kosten voor onderhoud en afschrijving bestaande zoet-zoutscheidingen. (zie ook tabel 10.3)
Alternatieve zoetwaterbronnen voor de landbouw	0	--	Zie IWACO rapport (2000)

10.4 Baten

Zoals in hoofdstuk 6.6 al aan de orde is geweest, levert een fundamenteel herstel van de afvoerfunctie van de zuidelijke Delta voor rivierwater een belangrijke bijdrage aan de waterstandsverlaging

in het benedenrivierengebied tijdens extreme rivierafvoeren. In het 'Advies Integrale Verkenning Benedenrivieren' is aangeven dat de totale kosten voor dijkversterking plus de bijkomende kosten zonder waterstandsverlagende maatregelen op de lange termijn (2050) circa 2,1 miljard gulden bedragen om te kunnen voldoen aan de veiligheidsnorm. De economische baten betreffen voor beide alternatieven een besparing met betrekking tot dijkverhoging en/of landverwerving in het benedenrivierengebied.
In het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK is de zoet-zoutscheiding in de Krammersluizen overbodig. Dit levert baten op met betrekking tot het onderhoud van de sluizen en de tijdwinst voor de beroepsscheepvaart.
De ecologische baten voor de gehele zuidelijke Delta zijn vooralsnog niet in geld uit te drukken, maar vooral in het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK is er sprake van een grootschalig, duurzaam herstel van internationaal hoog gewaardeerde estuariene natuur.

Voor de Binnenschelde is geconcludeerd dat alleen het zoute alternatief de zekerheid biedt tot een stabiel heldere situatie, die op alle punten voldoet aan de wettelijke eisen. De investeringen die hiervoor nodig zijn in de huidige situatie zijn geraamd op circa 11 miljoen gulden met exploitatiekosten van circa 1,1 miljoen gulden (Witteveen + Bos in: Withagen, 2000). Het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK maakt deze investeringen overbodig, omdat het meer doorgespoeld kan worden met water uit het zoute Zoommeer.
Ook voor de recreatie zal er sprake zijn van baten omdat het Zoommeer gedurende de zomermaanden veelal te maken heeft met blauwalgenbloeien waardoor er een zwemverbod voor de recreanten heerst. Dit leidt weer tot een toenemende recreatiedruk in de Oosterschelde.

Tabel 10.3
Kwalitatief overzicht van de economische baten van de alternatieven ESTUARIENE DYNAMIEK en RIVIERDYNAMIEK. (+++ = zeer aanzienlijk, ++ = aanzienlijk, + = groot, 0 = geen)

Baten	RIVIERDYNAMIEK.	ESTUARIENE DYNAMIEK	toelichting
Waterstandsverlaging benedenrivierengebied	+++	+++	Waterstandsverlaging bij extreme afvoer van 20·50 cm
Zoet-zoutscheiding	0	++	pm
Wachttijden sluizen	0	+	pm
Herstel Binnenschelde	0	++	geraamd op 11 milj. gulden
Recreatie	0	+	pm

11 Conclusies en aanbevelingen

11.1 Conclusies

Vraagstelling voor deze studie:
1. Wat zijn de mogelijkheden om de uitwisseling tussen de afzonderlijke bekkens in het Deltagebied te vergroten, zodanig dat de estuariene dynamiek wordt vergroot en de regulatiefuncties (zoals zelfreinigend vermogen, kraamkamer, geleiding van waterstromen) van de natuur worden hersteld?
2. Wat zijn de effecten van deze maatregelen op de gebruiksfuncties?
3. Kan het herstel van uitwisseling een bijdrage leveren om de effecten van zeespiegelstijging, verhoogde rivierafvoeren en bodemdaling op de lange termijn in de gehele regio op te vangen?

Aanvullende vragen:
4. Wat zijn de globale kosten voor de aan te leggen doorlaatmiddelen en aanpassingswerken?
5. Wat zijn de globale economische baten van de verschillende alternatieven?

Vraag 1.
Wat zijn de mogelijkheden en de effecten om de uitwisseling tussen de afzonderlijke bekkens in het Deltagebied te vergroten, zodanig dat de estuariene dynamiek wordt vergroot en de regulatiefuncties (zoals zelfreinigend vermogen, kraamkamer, geleiding van waterstromen) van de natuur worden hersteld?

a) Het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK *biedt het meeste perspectief op herstel van de natuurwaarden in het Volkerakmeer en de Oosterschelde.*

Herstel van de oorspronkelijke estuariene gradiënten in het Volkerak-Zoommeer en de Oosterschelde, zoals is uitgewerkt in het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK, biedt het meeste perspectief voor een duurzame ontwikkeling van het gebied. Dit alternatief resulteert in een doorgaande zoet-zoutgradiënt via de Noordelijke Tak van de Oosterschelde naar het Volkerak en sluit aan bij natuurlijke processen in het gebied. De variatie in ruimte en tijd van de land-water- en zoet-zoutgradiënten kan worden gestuurd door het spuibeheer van de Volkerakspuisluizen. Voor het instandhouden van zoet-zoutgradiënten en is een minimum debiet nodig van circa 50 m^3/s, dit is circa 5% van de Bovenrijnafvoer tijdens perioden met lage afvoeren. Deze zoetwaterbelasting is ook ingesteld in de periode na 1977 voor de compartimenteringswerken ondermeer om de zoutindringing naar het Hollandsch Diep te voorkomen. Het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK leidt, bij een gedempt getij van slechts 50 cm, tot herstel van circa 380 ha estuarien intergetijdengebied in het Volkerakmeer. Ook ontstaat meer ruimte voor estuariene dynamiek in het Grevelingenmeer. Dit systeem

functioneert momenteel redelijk, maar is gebaat bij een vergroting van de peildynamiek en toevoer van zoet/brak water vanuit het Volkerakmeer via een doorlaatmiddel in de Grevelingendam. Hiermee kan in het oostelijk deel van dit bekken het estuariene karakter worden versterkt.
Het Zoommeer en het Markiezaatsmeer vormen bij dit alternatief weer een aaneengesloten gebied (Scheldezoom) en staan onder invloed van het zoute Oosterschelde water. Bij een gedempt getij van 50 cm ontstaat hier circa 350 ha intergetijdengebied. De Binnenschelde blijft een afzonderlijk compartiment, maar kan worden doorgespoeld met schoon zout water.

b) De water- en zwevendstofkwaliteit in de huidige Deltawateren zal in 2030 voor een groot aantal stoffen nog niet aan de streefwaarden voldoen.

Uitgaande van het scenario GEBRUIK uit de Water Systeem Verkenningen (WSV) en de daaraan gekoppelde gemiddelde reductiepercentages zijn op basis van actuele toetswaarden (1998) schattingen gemaakt van de water- en zwevendstofkwaliteit in 2030. Deze schattingen zijn getoetst aan de streefwaarden en MTR (Maximaal Toeltaabaar Risico) uit de Vierde Nota waterhuidhouding (NW4). Hieruit blijkt dat binnen de huidige inrichting van de watersystemen een groot aantal streefwaarden, maar ook MTR normen, nog zullen worden overschreden. Dit is vooral zichtbaar in de Westerschelde, het Volkerak-Zoommeer en het Hollandsch Diep. De waterkwaliteit van de Oosterschelde, het Grevelingenmeer en het Veerse Meer is in alle gevallen beter. Herstel van verbindingen zou dus in principe kunnen leiden tot een verslechtering van de waterkwaliteit van de ontvangende watersystemen. Daar tegenover staat dat het herstel van estuariene gradiënten en een vergroting van de peildynamiek leidt tot een toename van de natuurlijke zuivering, doordat de Delta fungeert als fysisch, chemisch en biologisch filter. Het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK zal leiden tot een fundamentele omslag van het waterbeheer in de zuidelijke Delta en biedt voor het Volkerak-Zoommeer, het Markiezaatsmeer en de Binnenschelde nieuwe perspectieven op het gebied van de waterkwaliteit. Aandachtspunt blijft de kans op zoutstratificatie bij onvoldoende menging en de gevolgen daarvan in de diepe delen van deze watersystemen. De aanvoer van microverontreinignigen vanuit het Hollandsch Diep blijft een punt van zorg.

Vraag 2.
Wat zijn de effecten van deze maatregelen op de gebruiksfuncties?

In beide alternatieven zullen de huidige functie-eisen die aan het Volkerak-Zoommeer zijn gesteld ingrijpend moeten veranderen. Vanwege de huidige boezemfunctie van het Volkerak-Zoommeer ondervindt de afwatering van de Brabantse rivieren grote problemen bij waterstanden boven NAP + 50 cm.
Uit een functie-analyse blijkt dat er twee grote knelpunten zijn: ten eerste de vrije afvoer van Brabants rivierwater bij zowel RIVIERDYNAMIEK als bij ESTUARIENE DYNAMIEK en ten tweede de beschikbaarheid van zoet water voor de landbouw bij ESTUARIENE DYNAMIEK. De huidige marges van de peildynamiek in het Volkerak-Zoommeer bieden onvoldoende mogelijkheden voor een verdere vergroting. Onder gemiddelde omstandigheden zijn forse

aanpassingen zijn nodig in de Mark/Vliet-boezem van de West-Brabantse rivieren om water langer te kunnen vasthouden en te bergen. Bij het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK is sprake van een sterke zoutindringing in het Volkerak-Zoommeer en komt de beschikbaarheid van zoet landbouwwater voor de direct aangrenzende polders in gevaar. Uit onderzoek blijkt dat er mogelijkheden zijn om alternatieve zoetwaterbronnen beter te benutten. Alle overige functies zullen hoofdzakelijk positief worden beïnvloed. Wanneer de 'gidsprincipes voor gebruik' worden toegepast, heeft het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK een duidelijk positieve invloed op de veerkracht van het gebied.
Aangezien de bevaarbaarheid van de Schelde-Rijnverbinding gegarandeerd moet blijven, zal bij het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK de doorvaarthoogte van drie bruggen over de Schelde-Rijnverbinding verhoogd moeten worden. Uit onderzoek blijkt dat de doorvaarthoogte op dit moment al kritiek is en op termijn toch al verhoogd dient te worden. Door het overbodig worden van de zoet-zoutscheiding nemen de wachttijden bij de sluizen af.

Vraag 3.
Kan het herstel van uitwisseling een bijdrage leveren om de effecten van zeespiegelstijging, verhoogde rivierafvoeren en bodemdaling op de lange termijn in de gehele regio op te vangen?

a) *Herstel van de rivierafvoer via het Volkerakmeer naar de zuidelijke Delta kan bij extreme rivierafvoer een belangrijke bijdrage leveren aan de veiligheid in het benedenrivierengebied. Dit zal echter leiden tot verhoogde waterstanden in het Volkerak-Zoommeer. In de huidige situatie kan dit leiden tot ernstige wateroverlast in West-Brabant.*

Het Deltagebied vormde voor 1960 een essentiële schakel in de afvoer van rivierwater van zowel de Rijn, de Maas, de Schelde als de Brabantse rivieren. Menging van rivierwater en zeewater aangestuurd door getij en wisselende rivierregimes leidde tot het natuurlijke dynamische estuariene karakter van de Delta met een hoge mate van veerkracht. De Deltawerken hebben weliswaar geleid tot bescherming tegen stormvloeden, maar de waterafvoer- en bergingsfunctie voor rivierwater is tegelijkertijd volledig verstoord. Circa 37% (27.640 ha) van de Zeeuwse Delta is door compartimentering veranderd in een stagnant zoet of zout meer zonder waterafvoer- en bergingsfunctie voor rivierwater.
Indicatieve modelberekeningen met het hydraulisch DELTAmodel laten zien dat bij de maatgevende extreme rivierafvoer van Rijn en Maas van 16000 m^3/s het afvoeren van water via de Volkeraksluizen naar de Oosterschelde en eventueel naar het Grevelingenmeer, kan leiden tot een plaatselijke verlaging van de hoogwaterstand tot 50 cm in het benedenrivierengebied. Het debiet dat via de Volkerakspuisluizen wordt afgevoerd neemt hierbij toe tot gemiddeld 2000 m^3/s. De waterstanden in het Volkerak-Zoommeer stijgen in deze extreme situatie in circa drie dagen tot maximaal NAP + 2,50 m. Indien de extreme afvoer van de Rijn en de Maas samenvalt met extreme waterstandsverhogingen voor de kust, waarbij de Oosterscheldekering moet worden gesloten, is het gedeeltelijk afleiden van rivierwater via de Volkerakspuisluizen alleen mogelijk indien de afwatering van de West Brabantse rivieren op het Volkerak-Zoommeer tijdelijk kan worden gestaakt en de afwateringssluizen kunnen worden gesloten. In dat geval zou het Volkerak-Zoommeer, in

combinatie met de Oosterschelde en het Grevelingenmeer, kunnen worden gebruikt als tijdelijk opvangbekken voor de hoge afvoer van de Rijn en de Maas. In geval van extreme rivierafvoer en gesloten stormvloedkeringen heeft de Delta een potentieel totaal bergingsareaal van zo'n 75.000 ha. Bij een meerdaagse sluiting zullen de waterstanden in de Oosterschelde en het Volkerak-Zoommeer stabiliseren rond de NAP + 3,0 m. Met de huidige infrastructuur voor afwatering van West-Brabant en de verwachting dat in een dergelijke situatie ook de afvoer van de West-Brabantse rivieren hoog zal zijn, zal dit leiden tot grote wateroverlast en veiligheidsproblemen in deze regio. Onder deze omstandigheden is extra afvoer door middel van grote gemalen noodzakelijk. Het gaat hierbij echter om een globale verkenning van een theoretische situatie onder extreme omstandigheden waarbij in het gehele rivierengebied grote problemen met wateroverlast zullen voorkomen. De zuidelijke Delta fungeert dan tijdelijk als bergingsgebied voor rivierwater.

b) *De Volkeraksluizen vormen de 'zoetwaterhoofdkraan' naar de zuidelijke Delta.*

In het verleden werd bij hoge afvoeren circa 10% van het rivierwater via het Volkerak afgevoerd naar de Zeeuwse Delta. Deze afvoercapaciteit is nu volledig verdwenen. De Volkerakspuisluizen bestaan uit 4 spuikolken met een totale breedte van 120 meter. In combinatie met de bouw van grootschalige doorlaatmiddelen in zowel de Philips- als de Oesterdam biedt dit sluizencomplex voldoende capaciteit om opnieuw aan deze functie te voldoen.

c) *Herstel van de verbinding tussen het benedenrivierengebied en de zuidelijke Delta geeft invulling aan de stroomgebiedsbenadering van de Europese Kaderrichtlijn Water en geeft ruimte voor rivierwater bij extreme afvoeren.*

Herstel van de waterafvoerfunctie van de zuidelijke Delta geeft invulling aan de stroomgebiedsbenadering van de Europese Kaderrichtlijn Water. De indicatieve modelberekeningen laten zien dat onder extreme omstandigheden de debieten door de Volkeraksluizen kunnen oplopen tot 3000 m^3/s met een gemiddelde van circa 2000 m^3/s. Deze debieten sluiten aan bij de conclusies van de Commissie Waterbeheer 21 Eeuw, waar ruimte voor 2000 m^3/s wordt gezocht. Tevens sluit het aan bij conclusies van '*Ruimte voor de Rivier*', waarin is geconstateerd dat afvoer van extreem veel rivierwater via de Waal en de zuidelijke Delta op langere termijn veel meer perspectief biedt dan via de IJssel, het IJsselmeer en de Afsluitdijk naar de Waddenzee
Aanvoer van voldoende zoet rivierwater kan bij extreem lage rivierafvoeren conflicteren met andere belangen. Een belangrijk aspect hierbij is de mogelijk toenemende zoutindringing via het Haringvliet en de Nieuwe Waterweg.

Aanvullende vragen:

Vraag 4.
Wat zijn de globale kosten voor de aan te leggen doorlaatmiddelen en aanpassingswerken?

De globale kosten voor de infrastuctuur voor het herstel van de uitwisseling tussen de watersystemen is geschat op 180 miljoen gulden. Aanvullende aanpassingswerken en compenserende maateregelen zijn alleen kwalitatief in beeld gebriacht.
Voor zowel het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK als RIVIERDYNAMIEK zijn nodig: (1) aanpassing van de Volkerakspuisluizen, (2) bouw van een grootschalig doorlaatmiddel in de Philipsdam en de Oesterdam, (3) bouw van de Grevelingenspuisluis (eventueel aanpassing Flakkeese spuisluis) en (4) verwijdering deel van de Markiezaatskade. De aanlegkosten van deze infrastructuur is geschat op 180 miljoen gulden. De aanpassingswerken voor havens, dijken en oevers en compenserende maatregelen voor de landbouw en West-Brabant zijn alleen kwalitatief in beeld gebracht.

Vraag 5.
Wat zijn de globale economische baten van de verschillende alternatieven?

De economische baten in het benedenrivierengebied metbetrekking tot veiligheid kunnen aanzienlijk zijn. Een verkennende economische kosten-batenanalyse van de zoetwaterfunctie van het Volkerak-Zoommeer laat zien dat de baten voor de landbouw ongeveer in balans zijn met de kosten.
In het 'Advies Integrale Verkenningen Benedenrivieren' is aangeven dat de totale kosten voor dijkversterking plus de bijkomende kosten zonder waterstandsverlagende maatregelen op lange termijn (2050) circa 2,1 miljard gulden zullen gaan bedragen om te kunnen voldoen aan de veiligheidsnorm. De economische baten betreffen voor beide alternatieven een besparing met betrekking tot dijkverhoging en/of landverwerving in het benedenrivierengebied. In het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK is tevens de zoet-zoutscheiding in de Krammersluizen overbodig. Dit levert baten met Betrekking tot het onderhoud en tijdwinst voor de beroepsscheepvaart. De ecologische baten voor de gehele zuidelijke Delta zijn vooralsnog niet in geld uit te drukken, maar vooral in het alternatief ESTUARIENE DYNAMIEK is er sprake van een grootschalig, duurzaam herstel van internationaal hoog gewaardeerde estuariene natuur.

Een verkennende economische kosten-batenanalyse is uitgevoerd naar de zoetwaterfunctie van het Volkerak-Zoommeer in de huidige situatie. De kosten zijn: (1) wachttijden van de beroepsscheepvaart bij de zoet-zoutscheiding en (2) het onderhoud en de afschrijving van de zoet-zoutscheiding. Deze kosten zijn geschat op circa 8 miljoen gulden per jaar. De baten van het zoete water zijn hogere opbrengsten van gewassen en intensivering van het bouwplan. Voor de huidige traditionele landbouw is aangenomen dat tijdens vochttekort in een gemiddeld jaar een opbrengstverlies van 20% zal optreden door droogteschade bij afwezigheid van zoet water. Op basis hiervan is berekend dat de baten voor de landbouw circa 9 miljoen gulden per jaar bedragen.

11.2 Aanbevelingen

1. Het Volkerak-Zoommeer vormt momenteel een essentiële schakel in de waterafvoer van de Brabantse rivieren. Aanvullend onderzoek, in samenwerking met het Hoogheemraadschap voor

West-Brabant, naar de consequenties van de verschillende alternatieven voor de afvoer- en boezemfunctie in het stroomgebied van de Brabantse rivieren is noodzakelijk. Het Deltamodel zou hiervoor uitgebreid kunnen worden met de Brabantse rivieren.

2. Een nadere integrale studie is noodzakelijk voor een betere onderbouwing van de effecten van inlaat van rivierwater naar de zuidelijke Delta en de effecten hiervan op de waterstanden in het benedenrivierengebied, inclusief het toekomstig GETEMD GETIJ in het Haringvliet-Hollandsch Diep.
3. De landelijke waterverdeling vormt een essentiële schakel in het herstel van zoet-zoutgradiënten. Vooral bij lage afvoeren treedt er een schaarste aan zoet water op, wat nadelig kan zijn voor de instandhouding van de gradiënten. Een landelijke afweging van de waterverdeling onder verschillende afvoeromstandigheden is noodzakelijk om de 'zoetwatervraag' van de verschillende regio's en gebruikers beter op elkaar af te stemmen.
4. De kans op stratificatie en een betere schatting van de ruimtelijke en temporele dynamiek van de zoet-zoutgradiënten en waterstanden kunnen nauwkeuriger uitgezocht worden door toepassing van 3-D modellen.
5. De effecten van de beschreven alternatieven op het ecologisch functioneren van het Grevelingenmeer dienen nader uitgewerkt te worden.
6. Het Rammegors leent zich uitstekend voor een integrale pilotstudy voor herstel en inrichting in samenwerking met Staatsbosbeheer, de Provincie Zeeland en Het Waterschap Zeeuwse Eilanden. Dit project kan als boegbeeld fungeren voor herstel en inrichting in de Delta.
7. In beide alternatieven zal de natuurlijke zuivering een belangrijke stimulans krijgen door fysische, chemische en biologische processen. Nader onderzoek kan meer kwantitatieve resultaten opleveren.
8. De effecten op de productiviteit zijn in deze studie niet aan de orde gekomen. Nader experimenteel onderzoek is gewenst naar de effecten van herstel van zoet-zoutgradiënten op de productiviteit van het gebied. De mesocosm faciliteiten van het RIKZ op Jacobahaven zijn hiervoor geschikt.

Literatuur

Berchum A.M. van & Wattel G., De Oosterschelde, van estuarium naar zeearm. Bekkenrapportage 1991-1996, RIKZ rapport 97.034, 1997

Bisseling, C.M., Draaijer, L.J. & Klein, M., Ecosysteemvisie Delta. IKCNatuurbeheer, Ministerie van LNV, 1994

Boogerd J.L.M., Plan van aanpak Blauwe Delta, Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Middelburg, 1999

Brolsma J.U., Scheepvaart in de Blauwe Delta, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, 2000

Brunner C.M., Dijk P.F.M. van, Oers R.E.M. van, Wielen H. van der & Witter J.V., Waterschapsbrede visie op de relatie waterbeheer - ruimtelijk beleid. In: Het Waterschap, nr. 6, p. 304 t/m 309, 2000

Eertman, R.M.N., Veranderingen in estuariene ecotopen in de Delta. NIOO-CEMO rapport 1997-01. Werkdocument RIKZ/AB-90.803x, 1997

Goederen S. de, Spuidebiet Volkeraksluizen in IVB. Werkdocument RIZA/WST 2000.023, 2000

Haas H.A. & Holland A.M.B., De Delta in de overgang. Herstel van gradiënten in de Blauwe Delta: inventarisatierapport. Werkdocument RIKZ/AB-2000.805x, (concept 2), 2000

Haas H.A. & Holland A.M.B., Plan van aanpak ZEEVISIE*gradiënten. Werkdocument RIKZ/OS-99.833x, 1999

Haas H.A., Plan van aanpak fase 2 ZEEVISIE*gradiënten. Werkdocument
RIKZ/AB/2000.871x, 2000

Haas H.A. & Holland A.M.B., Probleemschets Gradiënten Blauwe Delta.
Werkdocument RIKZ/AB-99.828x, 1999

Haas H.A., Zoet water naar de Oosterschelde: een verkenning naar de effecten op natuur en visserij. RIKZ rapport 98.036, 1998

Haperen A.M.M. van, Kraker K. de, Neut J. van der & Reest P.J. van der, Aan de monding van Maas en Schelde. Staatsbosbeheer, 1999

IWACO, Zoetwatervoorziening Zeeuwse Landbouw. Provincie Zeeland-RMW. 2000

Jonge V.J. de, Bergs J. van den & Jong D.J. de, Zeegras in de Waddenzee, eentoekomstperspectief. RIKZ rapport 97.016, 1997

Kikkert J.E., Peildynamiek in de Zuidelijke Delta; een inventarisatie en analyse. RIKZ werkdocument OS-2000.838x, 2000a

Kikkert J.E., De Scheldezoom. Een verkennende studie naar herstel van peildynamiek in het Zoommeer, Markiezaatsmeer en de Binnenschelde. RIKZ werkdocument OS-2000.839x, 2000b

Knaapen J.P., Klijn J., & Eupen M. van, Veerkracht van zoete en brakke wateren. Een benadering vanuit ecologie en ruimte. RWS, RIZA werkdocument 99.137x, 1999

Leeuw C.C. de & Backx J.J.G.M., Naar een herstel van estuariene gradiënten in Nederland; een literatuurstudie naar de algemene ecologische principes van estuariene gradiënten, ten behoeve van herstelmaatregelen langs de Nederrlandse kust. RIKZ rapport 2000.044, RIZA rapport 2000.034, 2000

Lefèvre F.O.B., Model(systeem)keuzes en aannames voor het BOS-LIFE ten behoeve van het doorrekenen van WSV-ontwikkelingsrichting gebruik, systeem in trendbreuk. Werkdocument RIKZ/AB-96.834x, 1996

Lefèvre F.O.B., De waterkwaliteit in de zuidelijke Delta. RIKZ/AB-2000, 2000

Lenselink G. & Gerits R., Kansen voor herstel van zout-zoet overgangen in Nederland, Waterverkenningen, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, RIZA rapport 2000.032, 2000

LTO Nederland, Nieuwe Waarde van Water. Discussienota. 2000

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Advies Integrale Verkenning Benedenrivieren, 2000

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Anders omgaan met water. Waterbeleid in de 21^{e} eeuw, 2000

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Beheersplan voor de Rijkswateren. Programma voor het beheer in de periode 1997 t/m 2000, 1997

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directie Zuid-Holland, MER Beheer Haringvlietsluizen. Over de grens van zout naar zoet. Deelrapport De sluizen op een Kier, notanummer apv 98/102, 1998

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directie Zuid-Holland, MER Beheer Haringvlietsluizen. Over de grens van zout naar zoet. Deelrapport 'Ecologie en Landschap', notanummer apv 98/103, 1998

RIZA, MER Beheer Haringvlietsluizen: over de grens van zout en zoet. Deelrapport Ecologie en Landschap. RIZA rapport 98.051, 1998

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Vierde Nota waterhuishouding. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Regeringsbeslissing, 1998

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Waterbeleid voor de 21e eeuw. Advies van de Commissie Waterbeheer 21e eeuw, 2000

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directie Zeeland & Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, departement Leefmilieu en Infrastructuur, administratie Waterwegen en Zeewezen, Langetermijnvisie Schelde-estuarium, Projectbureau TV, RA/00-445, 2001

Peelen R., Isohalines in the Delta Area of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt. Netherlands Journal of Sea Research, no. 5, 1-19, 1967

Pieters T., Overgangen zoet-zout in de Oosterschelde in het verleden. Een historische analyse op basis van beschikbare literatuur. Bureau Getijdewateren BGW - 98.1, 1998

Provincie Zeeland, Samen Slim met Water. Waterhuishoudingsplan 2001-2006 Ontwerp, 2000

Reest P.J. van der, Het Rammegors 1971-1994. Twee decennia natuurontwikkeling in een zout watergetijdegebied na de bedijking. Staatsbosbeheer regio Delatgebied, 1994

Reest P.J. van der & Haperen A.M.M. van, Het Rammegors; zoet, zout of brak? In: De levende Natuur, 97ste jaargang nr. 4, p. 139-145, juli 1996

Remmelzwaal A.J., Platteeuw M., Lenselink G. & Oosterberg W., Evaluatie van de oeverinrichting van het Volkerak-Zoommeer. RIZA rapport 98.061, Lelystad, 1998

Remmelzwaal A. & Vroon J., Werken met water: veerkracht als strategie. RIZA rapport 2000.021, 2000

RIVM, Natuurbalans 2000, Bilthoven, 2000

RIZA, Eutrofiëringsbericht. RIZA Werkdocument 2000.111X, Lelystad,
1999

Rotmensen G.J. Onderzoeksvoorstellen, ten behoeve van het project Blauwe Delta; een uitwerking van de workshop op 8 juni 1999 te Rotterdam. Werkdocument RIKZ/AB-99.840x

Schuiling E. & Smaal A.C., Het zoet in de pap. Een literatuurstudie naar de effecten van verhoogde zoetwatertoevoer op commercieel belangrijke soorten in de Oosterschelde. RIVO-DLO rapportC041/98, 1998

Smaal A.C. & Hoek A. van der, Managing the Ecology and Economy of Modified Estuaries: The Delta Project in The Netherlands. In:

Large-scale constructions in coastal environments: conflict resolution strategies. M. Vollmer & H. Grann (eds) Springer-Verlag, 1999

Stuurgroep Delta InZicht, Delta InZicht, een integrale visie op de Deltawateren, Projectplan, 2001

Svasek, Verkennende modelstudie project Blauwe Delta met Oostzwen. Bureau Svasek in opdracht van RIKZ, 2000a

Svasek, Aanvullende berekeningen Project Blauwe Delta met het Delta model. Rivierdynamiek en extreme afvoeren. Bureau Svasek in opdracht van RIKZ, 2000b

Tosserams M., Lammens E.H.R.R. & Platteeuw M., Het Volkerak-Zoommeer.De ecologische ontwikkeling van een afgesloten zeearm. RIZA rapport 2000.024, Lelystad, 2000

Vries de I., Smaal A.C., Nienhuis P.H. & Joordens J.C.A., Estuarine management strategies and the predictability of ecosystem changes. Journal of Coastal Conservation 2:139-148, 1996

Withagen L., Delta 2000. Inventarisatie huidige situatie Deltawateren. RIKZ rapport 2000.047, 2000

Wattel G., Waterkwantiteit (balansen) Deltawateren 1975 t/m 1998, RIKZ rapport AB-99.854x

Wolff W.J., The estuary as a habitat. An analysis of data on the soft-bottom macrofauna of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse, and Scheldt. Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek DIHO, Leiden, 1973

Woltering C.M., Zoetwateronttekking rondom het Volkerak/Zoommeer. Inventarisatie locaties inlaatpunten met kwantitatieve en kwalitatieve analyse. RIKZ Werkdocument OS-2000.840x, 2000a

Woltering C.M., De kosten en baten van de zoetwaterfunctie van het Volkerak/Zoommeer. Een eerste verkenning. RIKZ Werkdocument OS-2000.841x, 2000b

Bijlagen 1 Overzichtskaart van het Deltagebied

Bijlagen 2 Overzicht mogelijke projecten

Bijlagen 3 Zoutverdeling bij verschillende afvoeromstandigheden

Colofon

Uitgave:
RIKZ en RIZA
project ZEEVISIE

Opdracht:
Deze opdracht werd uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat directie Zeeland in het kader van de Integrale Visie Deltawateren "'Onderzoeksspoor Blauwe Delta" .

Werkgroep gradiënten:
Herman Haas
Albert Holland
Cees van der Male
Frits Lefèvre
Gillis Wattel
Tobias Walhout

Auteurs:
Herman Haas en Marcel Tosserams (RIZA)

Eindredactie:
Ineke de Groot

Uitbesteding:
Bureau Svasek

Oplage:
150 exemplaren

Datum:
Middelburg, mei 2001

Informatie:
Herman Haas
RIKZ
Postbus 8039
4330 EA Middelburg
telefoon: 0118-672307
email: h.a.haas@rikz.rws.minvenw.nl

Marcel Tosserams
RIZA
Postbus 17
8200 AA Lelystad
telefoon: 0320-297087
email: m.tosserams@riza.rws.minvenw.nl

ISBN 90-369-3443-1