



Flakkeese Spuisluis in ere hersteld

Studie naar de effecten van de ingebruikname van de Flakkeese Spuisluis op het Grevelingenmeer

December 2006



RIKZ rapport 2006.022





Flakkeese Spuisluis in ere hersteld

**Studie naar de effecten van de ingebruikname van
de Flakkeese Spuisluis op het Grevelingenmeer**

December 2006

Herman Haas, Pieter van der Linden en
Harriëtte Holzhauer

RIKZ rapport 2006.022

Het Rijksinstituut voor Kust en Zee van Rijkswaterstaat (RWS-RIKZ) heeft de in deze publicatie opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van wetenschap en techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze publicatie voorkomen.

Het Rijk sluit iedere aansprakelijkheid uit voor schade die uit het gebruik van de hierin opgenomen gegevens mocht voortvloeien.

Inhoudsopgave

Samenvatting 4

1 Inleiding 7

- 1.1 Achtergrond 7
- 1.2 Doelstelling 9
- 1.3 Vraagstelling 10

2 Aanpak effectenstudie 11

- 2.1 Deelstudies 11
- 2.2 Stuurknoppen 11
- 2.3 Scenario's 12
- 2.4 Modelstudie 13
- 2.5 Ecologische effecten 14

3 Stratificatie en zuurstofhuishouding 15

- 3.1 Huidige situatie 15
 - 3.1.1. Zuurstofhuishouding 16
- 3.2 Hydrodynamisch model 17
 - 3.2.1. Verblijftijd 21
 - 3.2.2. Resultaten hydrodynamisch model 22
- 3.3 Waterkwaliteit en primaire productie 22

4 Effecten op de ecologie 24

- 4.1 Inleiding 24
- 4.2 Zeesla 24
- 4.3 Zeegras 25
- 4.4 Macrofauna 27
- 4.5 Visfauna 28
- 4.6 Vogels 29

5 Effecten op gebruiksfuncties 30

- 5.1 Recreatie 30
- 5.2 Beroeps- en sportvisserij 30
- 5.3 Mosselhangcultuur Oosterschelde 32

6 Conclusies en aanbevelingen 33

- 6.1 Conclusies 33
- 6.2 Aanbevelingen 34

Literatuur 36

Bijlage A Resultaten modelstudie per scenario 37

Bijlage B Europese richtlijnen en regelgeving 39

Colofon 44

Samenvatting

Grevelingenmeer in beweging

Het Grevelingenmeer staat de afgelopen jaren weer volop in de belangstelling. Mede naar aanleiding van de negatieve ecologische ontwikkelingen en de zuurstofloosheid van de onderlaag in de zomerperiode is er een roep om maatregelen. Ook is er door het Natuur- en Recreatieschap de Grevelingen in samenwerking met andere partijen een ontwikkelingsschets uitgewerkt voor een duurzaam perspectief voor het Grevelingenmeer waarbij de economische en ecologische kwaliteiten van gebied in samenhang worden ontwikkeld. Kern van dit plan is herstel van getij in combinatie met getijcentrales in de Brouwersdam. Hiervoor zijn echter investeringen van honderden miljoenen euro's noodzakelijk zijn.

Inzet hevel als maatregel

Rijkswaterstaat heeft in 2004 een nieuw waterbeheersplan vastgesteld. Op grond van de implementatie van de Kaderrichtlijn Water en het opstellen van stroomgebiedsbeheerplan in 2009 is besloten om het reguliere beheer van het Grevelingenmeer tot 2009 te continueren. Wel is in 2005 op basis van een voorverkenning besloten om de Flakkeese spuisluis (ook wel hevel genoemd) in te zetten als stuurknop voor het waterbeheer waarbij de mogelijkheden voor doorspoelen en uitwisselen van en naar de Oosterschelde mogelijk worden. Rijkswaterstaat Zeeland heeft de ingebruikname van de Flakkeese spuisluis als project aangemeld bij het Programma Herstel & Inrichting en hiervoor is in 2006 financiering toegekend. Hierbij is ook een aanpassing van het peilbeheer voorzien, maar hiervoor moet een wettelijke procedure worden doorlopen dat moet leiden tot een nieuw peilbesluit. Deze procedure zal in 2007 worden gestart.

Studie naar effecten

In deze aanvullende studie zijn de effecten van ingebruikname verder in kaart gebracht waarbij de effecten op de hydrodynamiek en de ecologie nader zijn uitgewerkt. De hydrodynamiek heeft zich vooral gericht op de stratificatieontwikkeling en de zuurstofloosheid die hiervan het gevolg is in de zomermaanden. Hiervoor is een driedimensionaal hydrodynamisch model ontwikkeld waarmee verschillende beheersscenario's voor het Grevelingenmeer zijn doorgerekend. De doorvertaling naar zuurstofhuishouding is gedaan op basis van expert judgement. Voor de ecologische effecten is speciaal gekeken naar zeegras, zeesla, bodemfauna, visfauna en vogels. Ook hier is gebruik gemaakt van bestaande kennis in relatie tot de veranderingen die worden verwacht door inzet van de hevel.

Beheersscenario's

In combinatie met de Brouwerssluis (BS) en de Flakkeese Spuisluis (FS) zijn vier scenario's gedefinieerd: (1) Huidig beheer: BS max in/uit, FS niet, (2) Uitwisseling: BS max in/uit en FS max in/uit (3) Doorspoelen oost-west: BS max uit en FS max in, en (4) Doorspoelen west-oost: BS max in en FS max uit.

Daarnaast is rekening gehouden met een mogelijk verlaagd zoutgehalte van 20% in de Noordelijke tak van de Oosterschelde ter hoogte van de hevel als gevolg van een maatregel t.b.v. de planstudie Volkerak-Zoommeer. Dit heeft geresulteerd in twee extra scenario's waarbij Oosterscheldewater met een verlaagd zoutgehalte in het Grevelingenmeer wordt ingelaten: scenario's 2B en 3B.

Resultaten modelstudie

De modelstudie heeft de volgende algemene conclusies opgeleverd:

1. Zowel uitwisselen als doorspoelen leiden tot meer dynamiek en een kortere verblijftijd in het oostelijk deel. Ook de stratificatie zal in de meeste gevallen minder zijn, per deelgebied kunnen echter wel verschillen optreden. De verwachting is dat het effect op het zuurstofgehalte in de onderlaag beperkt zal zijn.
2. Onder de huidige omstandigheden zijn de zoutgehalteverschillen tussen het Grevelingenmeer en de Noordelijke Tak van de Oosterschelde nagenoeg gelijk (circa 16 g Cl-/l). De huidige zoutgehaltefluctuaties in het meer zijn het gevolg van de fluctuaties in de Voordelta (16 – 18,5 g Cl-/l).
3. In geval van een verlaagd zoutgehalte (circa 20%) in de Noordelijk Tak van de Oosterschelde, zal uitwisseling en doorspoeling van oost naar west leiden tot een versterking van de stratificatie en minder verversing van de onderlaag. Dit verhoogt het risico op toename van de zuurstofloosheid in de zomer.

Effecten waterkwaliteit

De volgende conclusies kunnen worden getrokken t.a.v. de waterkwaliteit:

4. Meer uitwisseling met de Oosterschelde resulteert in een toename van de beschikbaarheid van stikstof, waardoor meer algenbloei kan optreden. Een reële schatting is een toename van 5% meer chlorofyl.
5. Bij een verlaagd zoutgehalte in de Oosterschelde zal dit effect verder toenemen, omdat de nutriëntenconcentraties in dit deel van de Oosterschelde dan proportioneel hoger zullen zijn. De van de chlorofyl toename blijft beperkt tot maximaal 25 %

Ecologische effecten

De volgende conclusies kunnen worden getrokken t.a.v. de ecologie:

6. Alleen bij een verlaagd zoutgehalte in de Noordelijk tak zal de zeesla productie hoger kunnen zijn vanwege een hogere stikstofconcentratie in het meer.
7. Een mogelijke terugkeer is alleen te verwachten door herintroductie en bij een verlaagd zoutgehalte.
8. De geringe zoutgehaltefluctuaties zullen geen invloed hebben op het voorkomen van de bodemdieren. Een verbetering van de zuurstofhuishouding zal positief doorwerken op de bodemdierlevensgemeenschappen.
9. De hevel lijkt geen invloed te hebben op de vismigratie. Alleen bij een verlaagd zoutgehalte kan er mogelijk een lokstroom ontstaan die de migratie kan bevorderen.
10. Het voorkomen van vogels is sterk gekoppeld aan de beschikbaarheid van voedsel en de foerageermogelijkheden. Hierover zijn geen voorspellingen te doen.

Algemene eindconclusie:

De inzet van de Flakkeese spuisluis in de Grevelingendam biedt een mogelijkheid om het Grevelingenmeer te laten uitwisselen met de Oosterschelde, dan wel door te spoelen van oost naar west of omgekeerd. De scenario's hebben een positief effect op de hydrodynamiek van het meer, met name in het oostelijk deel. De effecten op de stratificatie en de zuurstofhuishouding lijken niet erg groot en geven een wisselend beeld. Wel is er een risico op het versterken van de stratificatie bij een verlaagd zoutgehalte in de Oosterschelde als gevolg van mogelijk doorspoelen van het Volkerak-Zoommeer. Dit zal de stratificatie kunnen bevorderen en dat kan leiden tot meer zuurstofproblemen in de onderlaag. Om eventuele negatieve gevolgen te voorkomen kan het beheer van de Flakkeese spuisluis geoptimaliseerd worden (specifiek doorspoelen of uitwisselen). De ecologische respons lijkt vooralsnog beperkt, maar de kwaliteit van het oostelijke deel van het meer zal zeker verbeteren. Bij de uitvoering zullen wel aanvullende maatregelen nodig zijn aan de Grevelingenzijde zoals steenbestortingen, plaatselijk baggeren en een mogelijke leidam voor stroomregulatie. Hiermee kan mogelijk tevens de al jaren durende stankoverlast uit de noordoost hoek worden verminderd. De stroming in de Oosterschelde in de geul ter hoogte van de hevel zal licht toenemen en lijkt voor de mosselhangcultuur vooralsnog positief als gevolg van een verhoogde toevoer van voedsel.

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

Geschiedenis

Het Grevelingenmeer heeft in haar veertigjarige geschiedenis vele ontwikkelingen gekend (zie Tabel 1.1-1). Tot 1964 was de Grevelingen een zeer dynamisch estuarien getijdenlandschap met uitgestrekte schorren, slikken en platen. Na het gereedkomen van de Brouwersdam in 1971 is het Grevelingenmeer ontstaan en heeft het systeem een fundamentele verandering ondergaan naar een geïsoleerd meer met een streefpeil van NAP -0,2 m. Doordat de verbinding met de Noordzee was verbroken daalde het zoutgehalte onder invloed van neerslag en polderwaterlozingen tot circa 12 g Cl⁻/l en steeg het fosfaatgehalte. Met de ingebruikname van de Brouwerssluis in 1978 is weer wateruitwisseling met de Noordzee mogelijk en vanaf 1986 werd het waterbeheer gericht op het handhaven van een hoog zoutgehalte (16 g Cl⁻/l). De infrastructuur is weergegeven in Figuur 1.1-1.

Tabel 1.1-1: Ontwikkeling van de Grevelingen naar het Grevelingenmeer en specifiek beheer.

Fase/ Mijlpaal	Omschrijving	Periode	Toelichting
Fase 0	Estuarium (referentie): zoet-zout met getij	Tot 1964	Estuarien getijdenlandschap met uitgestrekte platen, slikken en schorren. Zoutgehalte > 10 g Cl ⁻ /l en een gem. getijverschil van 2,3m
Mijlpaal1	Grevelingendam met scheepvaartsluis Bruinisse	1964	Secundaire dam, fase 1 in afsluiting van de Grevelingen
Fase 1	Zeearm: zout met getij	1964-1971	Grevelingen is afgesloten van Rijn en Maas en is nu een zeearm met een zoutgehalte van 14 tot 17 Cl ⁻ /l
Mijlpaal 2	Brouwersdam	1971	Primaire dam, afsluiting en ontstaan van Grevelingenmeer
Fase 2	Brak geïsoleerd Grevelingenmeer: langzame verbrakking van het meer met een streefpeil van NAP -0,2m	1971-1979	Grevelingen geheel afgesloten en voeding via regen- en polderwater. Scheepvaartsluis Bruinisse als regelkraan. Langzame verbrakking tot 12 g Cl ⁻ /l en toename fosfaatgehalte.
Mijlpaal 3	Brouwerssluis met een aparte visluis	1978	Uitwisselingssluis met de Noordzee om zoutgehalte op peil te houden. Capaciteit 120-140 m ³ /s
Mijlpaal 4	Flakkeese spuisluis (hevel) Verbinding tussen Grevelingenmeer en Oosterschelde	1984	Zoutgehalte in de Noordelijke tak en Krabbenkreek tijdens de afbouw van de Oosterscheldewerken op peil houden. Slechts incidenteel gebruikt in 1986/87. Capaciteit 80 – 116 m ³ /s
Mijlpaal 5	Grevelingenmeer definitief zout	1984	Definitief besluit van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat voor een zout Grevelingenmeer
Fase 3	Zout Grevelingenmeer met uitwisseling Noordzee:		Beheer Brouwersluis gericht op het handhaven van een zoutgehalte >16 g Cl ⁻ /l, spronglaag op min. 15m diepte en max. 5% van bodemoppervlak zuurstofloos.
Fase 3a	Per. 1 okt. - 1 maart	1978 -1993	
Fase 3b	Per. 1 okt. - 1 april	1993 -1999	
Fase 3b	Permanente uitwisseling	1999 –heden	
Fase 4	Zout dynamisch Grevelingenmeer Nieuw waterbeheerplan	2009	Beheer gericht op implementatie doelen vanuit KRW en VHR

Door de geringe hydrodynamiek en de geometrie van de bodem is het Grevelingenmeer een groot deel van het jaar gestratificeerd. In de zomermaanden leidt deze stratificatie tot zuurstofloosheid van de bodem en de onderlaag van het meer. Het waterbeheer van het Grevelingenmeer heeft zich in de afgelopen jaren vooral gericht op de wateruitwisseling met de Brouwerssluis. Deze was aanvankelijk maar gedurende 6 maanden geopend en vanaf 1999 is de sluis permanent geopend. De sluis wordt alleen gesloten om voor het peilbeheer en voor de palingvissers (de zgn. 30 dagen regeling). In 2003 is het nieuwe waterbeheerplan vastgesteld welke tot 2009 in uitvoering zal zijn. Vanaf 2009 zal het beheersplan in het teken staan van de implementatie van de Kaderrichtlijn Water en de instandhoudingsdoelen vanuit de Vogel- en Habitatrichtlijn (Natura2000)

Problemen

In het recente bekkenrapport 'Grevelingenmeer, van kwetsbaar naar weerbaar?' Hoeksema (2002) geconcludeerde dat de kwaliteit van het meer achteruit gaat. Hoewel de waterkwaliteit van het meer goed is, zijn er trends waarneembaar in levensgemeenschappen die enigszins verontrustend zijn. Ook het doorzicht van het meer is in de laatste 10 jaar gedaald van circa vijf naar twee meter. Een eenduidige oorzaak van deze veranderingen is niet aangegeven. Daarnaast zijn tijdens de zomermaanden grote delen van de onderlaag in het Grevelingenmeer zuurstofloos, vooral een effect van de stratificatie in relatie tot afbraakprocessen door micro-organismen.

Flakkeese Spuisluis

Een tot nu toe onbenutte mogelijkheid voor kwaliteitsverbetering is het gebruik van de bestaande Flakkeese spuisluis, ook wel de hevel genoemd. Door via deze weg, tijdens vloed, water uit de Oosterschelde op het Grevelingenmeer in te laten, ontstaat er een netto doorstroming van oost naar west en zal er meer menging zijn. Bekend is dat de daggemiddelde capaciteit van de hevel 70-80 m³/s is, een factor 2 hoger dan het doorlaatmiddel in de Zandkreekdam. Tijdens het kortstondig gebruik in de laatste fase van de compartimenteringwerken (1986/87) is een maximum spuidebiet gemeten van circa 240 m³/s. Een dergelijke extra verversing van het Grevelingenmeer zou vooral het oostelijk deel ten goede komen zonder risico van nadelige gevolgen voor de Oosterschelde. Omdat tijdens hoogwater zowel via de hevel als via de Brouwerssluis water instroomt in het Grevelingenmeer zal er sprake zijn van een lichte peilschommeling als gevolg van het getij. De hevel biedt dus mogelijkheden om, in combinatie met de Brouwerssluis, verschillende doorstroom- en uitwisselingsscenario's te onderzoeken.

Pre-verkenning

De pré-verkenning heeft geconcludeerd dat de inzet van de hevel de mogelijkheid biedt om de dynamiek in het Grevelingenmeer te verhogen (Haas *et al*, 2005) Vooral de hydrodynamiek van het meer zal worden versterkt waarbij het verlagen van de verblijftijd in de oostelijk deel het sterkst naar voren komt. Ook zal dit kunnen leiden tot een vermindering van het areaal zuurstofarm water. Dit zal de kwaliteit van het meer (aquatisch deel) ten goede komen en tevens leiden tot meer uitwisseling van organismen met de Oosterschelde. Het sturen op een lager peil tijdens het broedseizoen (circa NAP -0,3 m) is mogelijk met

een uitgekiend sluisbeheer. Een afweging zal moeten plaatsvinden in hoeverre de positieve effecten van deze maatregel (meer kustbroedvogels) opweegt tegen de nadelen van deze maatregel (minder uitwisselen/doorspoelen). Inzet van de hevel kan voorsnog gezien worden als een 'no-regret' maatregel voor de Kaderrichtlijn Water en betekent een positieve impuls in het uitvoeringstraject van de integrale visie Deltawateren 'De Delta in Zicht'.

.....
Figuur 1.1-1: Infrastructuur in het Grevelingenmeer



1.2 Doelstelling

Het doel van deze studie is om een breed inzicht te krijgen in de effecten van ingebruikname van de hevel op basis waarvan een gedegen besluit genomen kan worden. Dit onderdeel zal zich richten op de effecten van de ingebruikname van de hevel op de ecologie en de waterkwaliteit van het Grevelingenmeer en Noordelijke tak van de Oosterschelde.

Het huidige peilbeheer (handhaven streefpeil NAP – 20 cm) van het Grevelingenmeer vormt hierbij de randvoorwaarde. De technische aspecten en effecten die bij het opnieuw in gebruik nemen van de Flakkeese Spuisluis en de eventuele aanleg van een stortbed worden in deze studie niet meegenomen.

1.3 Vraagstelling

Op basis van bovenstaande doelstelling kunnen de volgende vragen worden geformuleerd:

1. Welke uitwisselingsdebietsen zijn haalbaar en welke scenario's kunnen worden ingezet bij de hevel in combinatie met de Brouwerssluis?
2. Wat zijn de effecten van de verschillende doorspoelscenario's op de zoutstratificatie, waterkwaliteit en de zuurstofhuishouding van het meer?
3. Wat zijn de ecologische effecten op het Grevelingenmeer van de ingebruikname?
4. Hoe past deze maatregel in de doelen die gesteld zijn voor de Kaderrichtlijn Water en Natura2000?
5. Wat zijn de globale effecten op de Oosterschelde en gebruiksfuncties?

2. Aanpak effectenstudie

2.1 Deelstudies

Op basis van de resultaten van de pre-verkenning is geconcludeerd dat de ecologische effecten van het aquatische milieu nog onvoldoende zijn belicht. Ook de effecten van de hevel op de zuurstofhuishouding dienen nader in kaart gebracht te worden. De volgende deelstudies zijn uitgevoerd:

1. Modelstudie naar de stratificatie en zuurstofhuishouding van het Grevelingenmeer (WL, 2006)
2. Ontwikkeling van de visfauna vanuit het verleden tot heden (Linden, P van der. 2006)
3. Ecologische effecten ingebruikname Flakkeese spuisluis (Linden, P van der. 2006)

Op 18 januari is een workshop georganiseerd met het projectteam en specialisten van RIKZ en WL waarin de globale scenario's zijn vastgesteld alsmede de modelaanpak.

2.2 Stuurknoppen

Bij het uitwerken van de scenario's zijn de volgende stuurknoppen van belang:

- Brouwerssluis
- Flakkeese spuisluis (hevel)

Brouwerssluis

Het beheer van de Brouwerssluis is gericht op maximale uitwisseling met de Noordzee. Het maximale daggemiddelde in- en uitlaatdebiet van de Brouwerssluis is respectievelijk 140 en 120 m³/s. Omdat er in het huidige beheer een streefpeil is van NAP -0,2 wordt de openstand en de in- en uitgaande debieten hierop afgestemd. In periode met een forse neerslag en uitslag van polderwater zal vooral worden gespuid en minder worden ingelaten. Ook een verhoogde waterstand in het kustwater heeft invloed op de inkomende debieten. M.b.v. informatie van het HMC (Hydro-Meteo-Centrum) en een speciaal sturingsprogramma wordt vooraf bepaald hoeveel gespuid, dan wel ingelaten moet worden om het streefpeil zoveel mogelijk te handhaven.

Flakkeese spuisluis

De Flakkeese spuisluis is gelegen in de Grevelingendam en vormt d.m.v zes kokers een verbinding tussen het Grevelingenmeer en de Oosterschelde. De spuisluis had als doel om tijdens de afbouw van de Oosterscheldewerken het zoutgehalte in de noordelijke tak van de Oosterschelde op peil te houden. Na de voltooiing van de Oosterscheldewerken rond 1987, had de spuisluis geen functie meer en is sindsdien niet meer in bedrijf geweest. Bekend is dat het

daggemiddeld debiet van de hevel 70-80 m³/s is (van west naar oost). Dat is een factor 2 hoger dan het doorlaatmiddel in de Zandkreekdam (Veerse meer). Tijdens het kortstondig gebruik van de hevel in de laatste fase van de compartimenteringwerken (1986/87) is een maximum spuidebiet gemeten van circa 240 m³/s.

Om de hevel te laten werken, wordt d.m.v pompen een onderdruk/ vacuum opgebouwd in de hevelknie. Hierdoor zal het water vanuit het Grevelingemeer op de Oosterschelde gaan spuien.

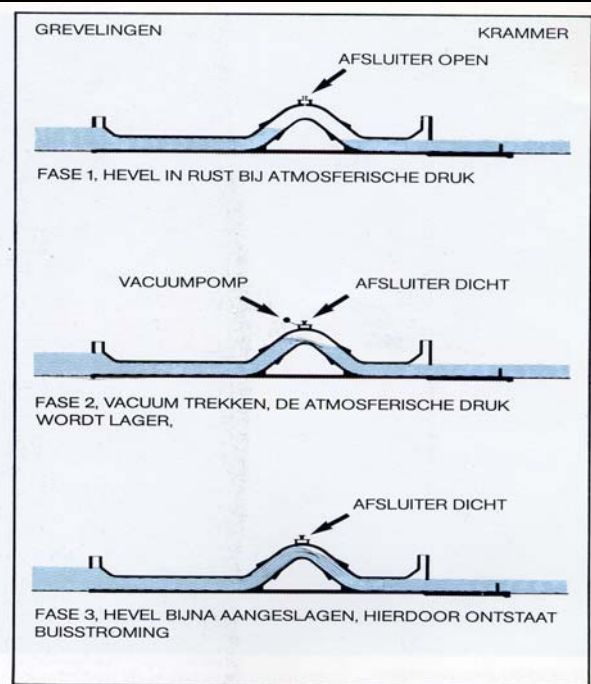
Vervolgens zal het spuien net zo lang doorgaan totdat het waterpeil aan beide zijden gelijk is. Het principe is hetzelfde als het leegpompen van een aquarium met behulp van een slang. Door het ene uiteinde in het aquarium te plaatsen en aan het andere uiteinde te zuigen, zal het water door de slang gaan stromen. De uitgang van de slang moet dan wel op een lager niveau bevinden dan het aquarium.

Om de hevel naar twee kanten te kunnen laten uitwisselen zijn geen aanpassingen aan de hevel zelf nodig. Wel moet een nieuw stortbed aan de kant van het Grevelingemeer worden aangebracht.

Technische specificaties Flakkeese spuisluis

De Flakkeese spuisluis bestaat uit 2 bundels van 3 kokers. Het doorstroomprofiel van elke koker is 10,24 m². De binnenbovenzijde van de kokers ligt op NAP -2,55 m. De binnenonderzijde ligt op NAP -5,75 m. De kruinhoogte van de hevelknie ligt op 3,00 m. NAP De lengte van de kokers bedraagt 69,65 m. De zes kokers monden uit in een woelbak met een lengte van 16,25 m en een breedte aan de Krammerzijde van 58,67 m. De bodem ervan ligt op -5,75 m. NAP.

.....
Figuur 2.2-1: Schematische weergave van de werking van de hevel.



2.3 Scenario's

Bij de definiëring van de scenario's is uitgegaan van de uitwisseldebieten van de Brouwerssluis (BS) en de Flakkeese Spuisluis (FS). De kwaliteit van het Noordzeewater is gebaseerd op meetpunt Goeree 6 en Schouwen 10, voor de Oosterschelde meetpunt Zijpe. In verband met de Planstudie Volkerak-Zoommeer is in een apart scenario rekening gehouden met een mogelijke zoutgehaltedaling in de Noordelijke tak van de Oosterschelde van circa 20 %. Dit is een globale schatting uitgaande van een uitwisselscenario waarbij er netto meer zoet water

op de Oosterschelde komt, onder andere door uitschakeling van de zoet-zoutscheiding in het Krammer-Volkerak. Tabel 2.3-1 geeft een overzicht van de beschouwde beheersscenario's. Bij de verdere presentatie en bespreking van de resultaten zijn alleen de scenario's 1, 2A en 2B, 3A en 3B en 4 beschouwd. De Scenario's 1A en 1B zijn meegenomen om de huidige situatie te verifiëren en om de als gevoeligheid van het model te toetsen. Scenario 5 is een toekomstscenario met een viermaal groter doorlaatmiddel in de Brouwersdam.

Tabel 2.3-1: Overzicht van beheersscenario's en de daggemiddelde debieten door de Brouwerssluis en Flakkeese spuisluis

ID	Omschrijving	Brouwerssluis (m ³ /s)		Flakkeese Spuisluis (m ³ /s)		Streefpeil (cm NAP)	Getijslag (cm) *	Zoutgehalte Oosterschelde (ppt)
		in	uit	in	uit			
1	Huidig beperkt	125	125	0	0	-20	5	n.v.t.
1A	Verificatie (Huidig max)	135	135	0	0	0	6	n.v.t.
1B	Verificatie (Huidig sterk beperkt)	75	75	0	0	-20	3	n.v.t.
2A	Uitwisseling beperkt	125	125	65	65	-20	8	29,8
2B								23,8 (-20%)
3A	Doorspoelen van oost naar west	60	125	65	0	-20	5	29,8
3B								23,8 (-20%)
4	Doorspoelen van west naar oost	125	60	0	65	-20	5	n.v.t.
5	Brouwerssluis sterk vergroot	500	500	65	65	0	23	op basis van meetreeks -20 %

* Dit is het deel van de waterstandvariatie, dat veroorzaakt wordt door het cyclische debiet door de Brouwerssluis en/of de Flakkeese spuisluis. Bijdrage van de wind aan de waterstandvariaties is hierin niet meegenomen. Modelresultaten geven aan dat deze bijdrage een orde van grootte van centimeters heeft. Onder stormcondities kan dit oplopen tot circa 10 cm.

2.4 Modelstudie

Voor het beschrijven van de effecten op de hydrodynamica en zuurstofgehalte is door het Waterloopkundig laboratorium een modelstudie uitgevoerd naar de effecten van de ingebruikname van de Flakkeese spuisluis op de hydrodynamica en waterkwaliteit in het Grevelingenmeer (Zijl et al., 2006). De effecten op hydrodynamica en waterkwaliteit zijn beschreven voor zoutgehalte, mate van stratificatie en verblijftijd. Daarnaast is d.m.v. expert judgement het risico op zuurstofloosheid ingeschat. Dit is gedaan voor de beheersscenario's, beschreven in de voorgaande paragraaf. De scenario's variëren met betrekking tot het debiet door de Brouwerssluis, het debiet door de Flakkeese spuisluis en het zoutgehalte van de Oosterschelde ter hoogte van de Flakkeese spuisluis.

De vragen die in deze modelstudie in het bijzonder beantwoord worden zijn:

-
- Wat is het zoutgehalte en hoe varieert deze in de ruimte en in de tijd?
 - Wat is de kans op stratificatie?
 - Wat is de kans op zuurstofloosheid?

Voor het beantwoorden van deze vragen is gebruik gemaakt van een 3D hydrodynamisch model waarmee het, zoutgehalte, verblijftijd en stratificatie gekwantificeerd wordt.

Stratificatie kan op twee manieren ontstaan als gevolg van temperatuur- of zoutverschillen. Temperatuurstratificatie ontstaat als gevolg van opwarming van de bovenlaag ten opzichte van de onderlaag. Zoutstratificatie ontstaat wanneer er water met een afwijkend zoutgehalte ingelaten wordt en dit water niet of beperkt mengt met het aanwezige water. Beide processen kunnen elkaar versterken. In diepe meren is stratificatie derhalve een natuurlijk proces.

Het 3D hydrodynamisch model is gebaseerd op het 2D SIMONA Grevelingenmodel dat beschikbaar is gesteld door Rijkswaterstaat. Op basis van de uitkomsten van deze berekeningen is een deskundigenoordeel over de effecten op nutriëntenconcentratie, primaire productie en risico op zuurstofloosheid gegeven.

2.5 Ecologische effecten

De effecten van de ingebruikname op het ecologische functioneren van het Grevelingenmeer is gebaseerd op:

1. De resultaten van de modelstudie: welke abiotische veranderingen treden op?
2. Vaststellen van de ecologische onderdelen die nader worden besproken en uitgewerkt: zeesla, zeegras, macrofauna, vissen en vogels (visetende soorten uit Natura2000)
3. Literatuuronderzoek naar het functioneren van de soorten aangevuld met expert judgement.

De hoofdvraag welke is bestudeerd in deze deelstudie is:

Wat zijn de effecten van ingebruikname van de Flakkeese Spuisluis op de ecologie van het Grevelingenmeer uitgaande van de abiotische veranderingen die zullen optreden bij de verschillende scenario's.

3. Stratificatie en zuurstofhuishouding

3.1 Huidige situatie

Stratificatie is een probleem in het Grevelingenmeer. Dit komt doordat het meer zeer diepe putten kent en er weinig getijdynamiek aanwezig is waardoor de waterkolom niet meer continu gemengd wordt. Stratificatie kan op twee manieren ontstaan, als gevolg van temperatuurstratificatie en zoutstratificatie. Temperatuurstratificatie treedt op wanneer de bovenlaag opwarmt ten opzichte van de onderlaag. Zoutstratificatie treedt op als water met een afwijkend zoutgehalte ingelaten wordt en dit water niet of beperkt mengt met het aanwezige water. Beide processen kunnen elkaar versterken. In diepe meren zoals het Grevelingenmeer is stratificatie derhalve een natuurlijk proces.

Figuur 3.1-1: Beschimmelde en dode zone in het oosten van de Grevelingen nabij de hevel.



De wateruitwisseling met de Noordzee door middel van de Brouwerssluis in het westen van de Grevelingen zorgt voor nog enige hydrodynamiek in het systeem. Verder naar het oosten neemt de

dynamiek af. Nabij de Flakkeese spuisluis staat het water vrijwel permanent stil. Windwerking kan nog voor de nodige dynamiek zorgen, maar dit gebeurt alleen als het hard waait (wintermaanden) en het heeft vrijwel alleen effect op de ondiepere plekken in het meer.

Het gebrek aan hydrodynamiek in het meer werkt door op het gehele ecosysteem. Vooral in de zomermaanden zorgen verschil in zout- en temperatuursamenstelling van de waterlagen ervoor dat grote delen van het meer geheel gestratificeerd zijn. Hierdoor neemt de verblijftijd van het water in de onderlaag 's zomers aanzienlijk

toe. Tijdens de zomer is ook de biomassa van de primaire producenten zoals algen en zeesla op zijn hoogst. Wanneer deze primaire producenten afsterven zakken ze naar de bodem en worden ze afgebroken door micro-organismen. Hierbij wordt de nog aanwezige zuurstof uit de omgeving onttrokken en ontstaat er een zuurstofvraag in de onderlaag. Er treedt hierdoor ook zuurstofloosheid op waardoor er geen leven op de bodem meer mogelijk is. Wit beschimmelde lagen op het zwarte



Figuur 3.1-2: Oosterschelde kant van de hevel

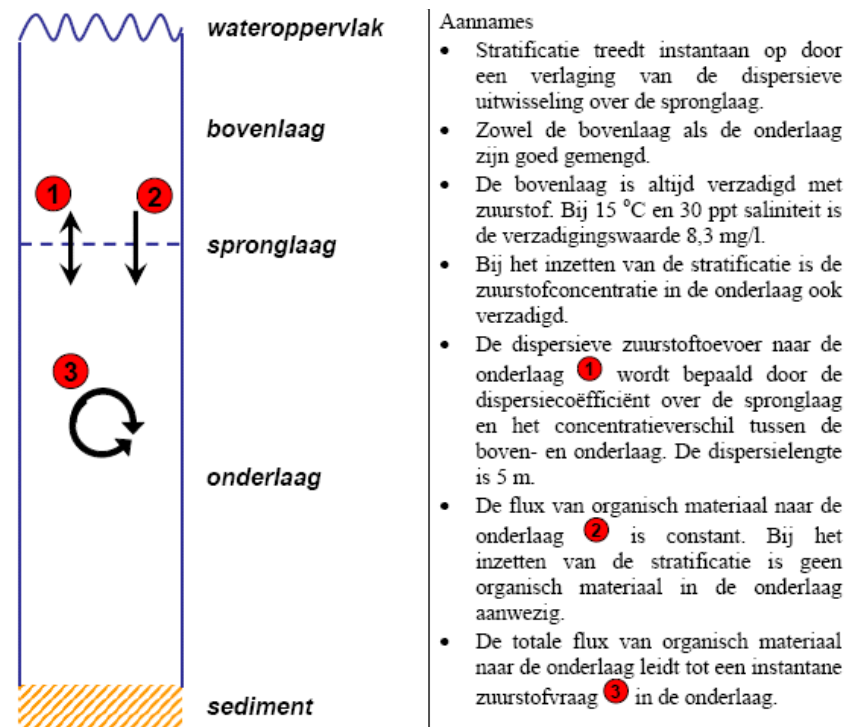
stinkende slib blijven over (zie Figuur 3.1-1). Aan de Oosterschelde kant van de spuisluis is de bodem niet zuurstofloos en bevat veel meer leven (zie Figuur 3.1-2).

3.1.1. Zuurstofhuishouding

Zuurstofloosheid in de onderlaag van het Grevelingenmeer is een jaarlijks terugkerend verschijnsel. De mate van zuurstofloosheid is echter afhankelijk van een aantal specifieke omstandigheden. De sturende factoren voor het ontstaan van zuurstofloosheid zijn het *verticale dichtheidsverschil*, de *flux van organisch materiaal*, de *dikte van de onderlaag* en *verversing*. De flux van organisch materiaal wordt gezien worden als een samengestelde term waar alle zuurstofvragende processen onder vallen. In Figuur 3.1-3 wordt bovenstaande geschematiseerd weergegeven. Zuurstofloosheid treedt eerder op bij:

- een groter verticaal dichtheidsverschil
- een grotere flux van organisch materiaal
- een kleinere onderlaag
- minder verversing (met zuurstofrijk water) ofwel een grotere verblijftijd

Figuur 3.1-3: Schematische voorstelling van een gestratificeerde waterkolom. Processen die relevant zijn voor zuurstofbeperking in de onderlaag en aannames voor een eenvoudig rekenmodel.



Aan de hand van een modelstudie uitgevoerd door WLIDelft Hydraulics zijn de effecten van de hevel op de hydrodynamiek en de zuurstofhuishouding nader uitgewerkt.

Grote oestersterfte in Grevelingen

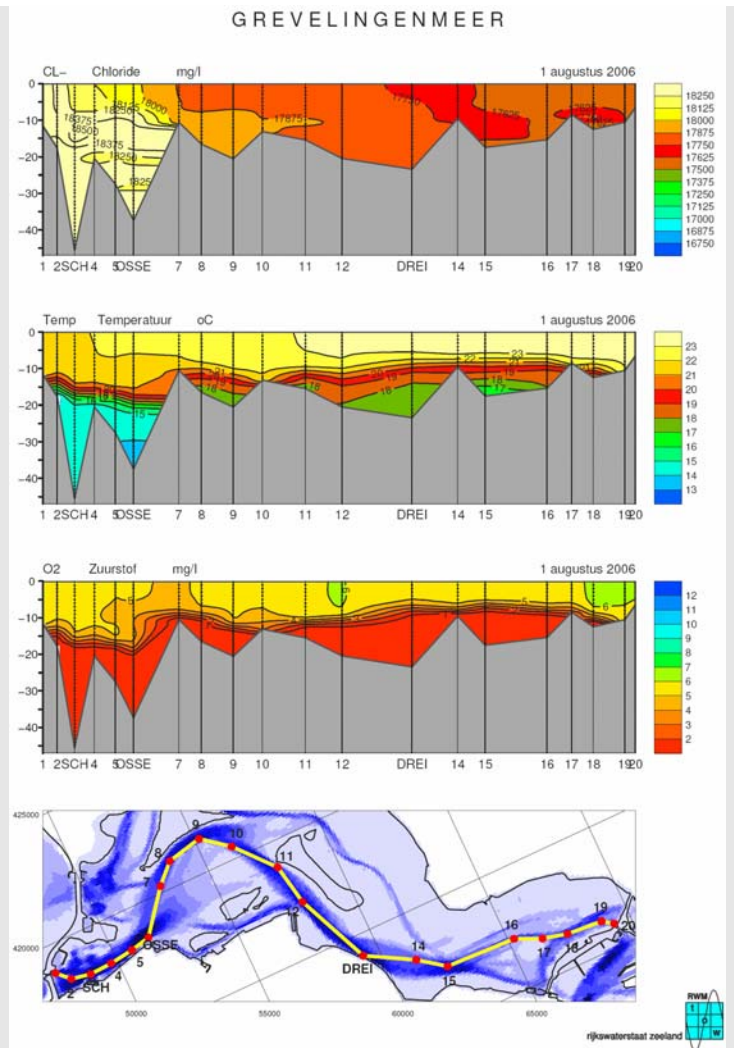
PZC 11-8-2006

YERSEKE - In de visserijwereld is grote verontrusting ontstaan over oestersterfte in de Grevelingen. Vermoedelijk door het warme weer van de afgelopen julimaand is op sommige plekken in het Grevelingen-bekken de totale oestervoorraad gestorven. Ook vissen leggen het loodje door een groot tekort aan zuurstof in het water.

Het ministerie van LNV heeft afgelopen week naar aanleiding van berichten van oesterkwekers onderzoek gedaan op de Grevelingen. Op de plekken met veel dode vissen, schaal- en schelpdieren zijn monsters genomen, die nu worden onderzocht.

„Het gaat er vooral om dat we kunnen uitsluiten dat het door een ziekte wordt veroorzaakt“, zegt Visserijkundig ambtenaar H. Heidekamp. „Bijna iedereen houdt er echter rekening mee dat het door de weersomstandigheden is veroorzaakt.“

De oesterboeren verwachten van de overheid een tegemoetkoming in de vorm van toewijzing van oesterpercelen in de Waddenzee.

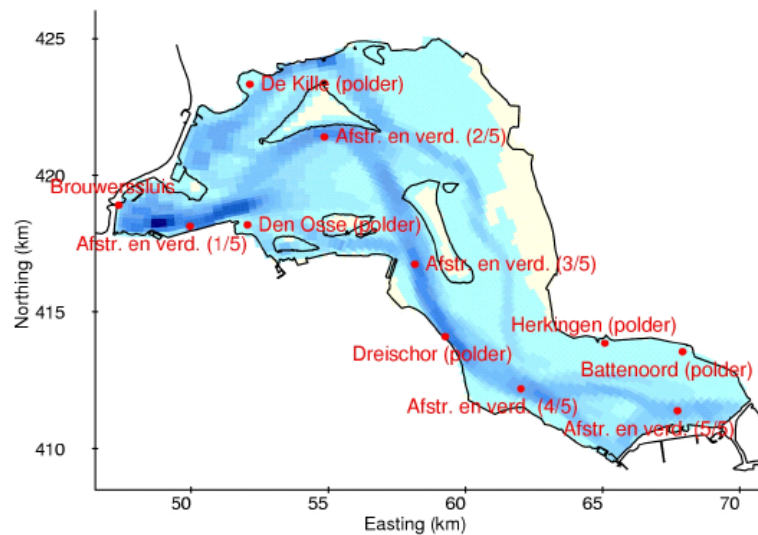


3.2 Hydrodynamisch model

Bij het opzetten van het hydrodynamische model is uitgegaan van een gesloten watersysteem. Dit wil zeggen dat het waterpeil van het Grevelingenmeer bepaald wordt door het verschil tussen de inkomende en uitgaande debieten. Hetzelfde geldt voor het zoutgehalte, dat bepaald wordt door de verhouding tussen het zoutgehalte van het instromende en het uitstromende water (inclusief neerslag en verdamping). Hiermee is de kwaliteit van de invoerdata sterk bepalend voor de kwaliteit en nauwkeurigheid van de berekeningen van het hydrodynamisch model. Voor de temperatuur ligt het iets anders. Daar speelt de warmte-uitwisseling met de atmosfeer een grote rol. Deze wordt door het (temperatuur)model berekend.

De waterbalans is opgesteld aan de hand van de volgende bronnen (ingående debieten) *Brouwerssluis*, *polders* en *afstroming* en putten (uitgaande debieten) *neerslag* en *verdamping*. In Figuur 3.2-1 is een overzicht van de bronnen en putten weergegeven.

Figuur 3.2-1: Overzicht van locaties van puntlozingen. Afstroming en verdamping zijn als puntlozingen over vijf plaatsen in de bovenlaag van het model verdeeld.

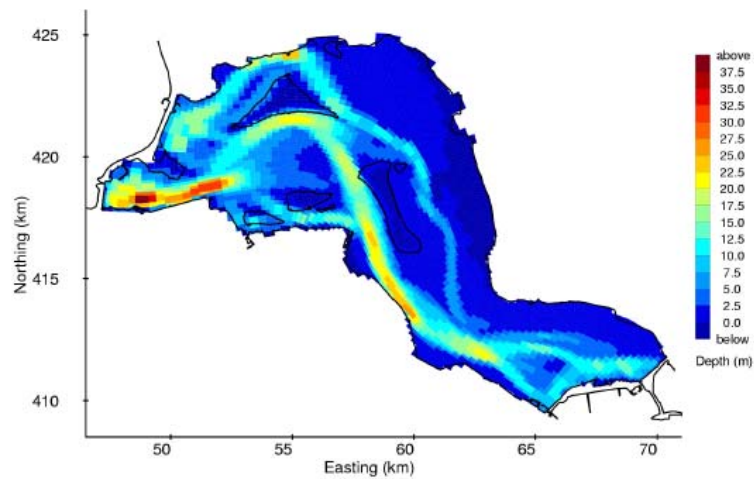


Uit de debietdata bleek dat het waterpeil in het Grevelingenmeer geleidelijk zou stijgen als gevolg van de gegevens die een netto instroming via de Brouwerssluis laten zien. Met de aanname dat het waterpeil over het jaar constant is, de waterbalans te gesloten. In werkelijkheid kan de waterstand over de maanden variëren. Echter kleine variaties in de waterstand zijn hydrodynamisch gezien onbelangrijk.

De bathymetrie is gebaseerd op de bathymetrie gegevens van het SIMONA Grevelingenmodel. In het nieuwe model zijn de dieptes gespecificeerd in de centra van de rekencellen. Deze schematisatie zorgt voor een optimale representatie van geulen op een relatief grof rooster. De celgroottes bedragen 100 tot 250 m, met uitschieters naar 400 m in het uiterste noorden van het model. In de verticale dimensie wordt gewerkt met een z-lagen rooster. Dit houdt in dat verticale roosterlijnen op een vaste diepte liggen en strikt horizontaal lopen. Hierdoor wordt het artificieel opmengen (creeping) van stratificatie sterk verminderd. De gebruikte modelbathymetrie is in Figuur 3.2-2 weergegeven.

Voor de meteorologische aansturing wordt rekening gehouden met wind en temperatuur. De windaansturing is van belang voor de aandrijving van de stroming die menging veroorzaakt en daarmee de stratificatie tegenwerkt in het Grevelingenmeer. De windaansturing wordt uniform over het wateroppervlak toegepast en is gebaseerd op gegevens van het meetstation Vlissingen, afkomstig van het KNMI. De temperatuur is berekend aan de hand van het 'Ocean Heat Flux' Model. Hiervoor zijn de dagwaarden voor de luchttemperatuur, de luchtvochtigheid en de bewolgingsgraad van meetstation Vlissingen gebruikt, afkomstig van het KNMI. Deze aansturing wordt ook uniform over het modeloppervlak toegepast.

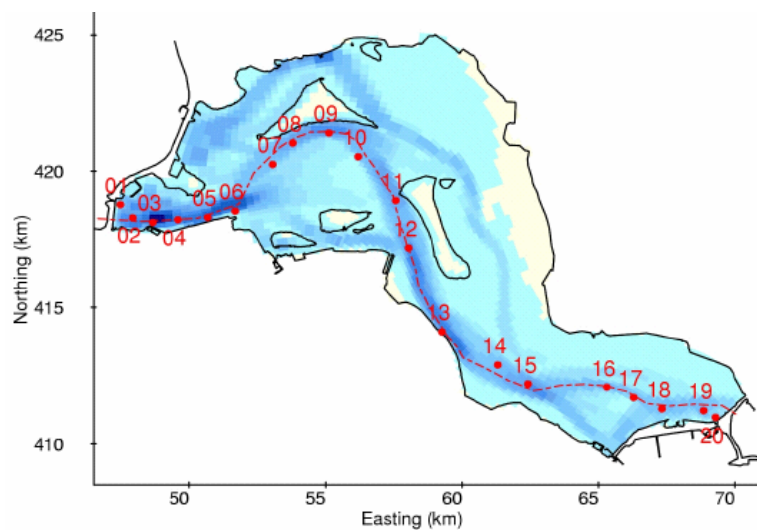
.....
Figuur 3.2-2: Overzicht van de modelbathymetrie



Voor de initiële condities van het hydrodynamische model zijn de modelberekeningen gestart met een uniform zoutgehalte van 27 ppt en een uniforme temperatuur van 5 graden. In alle gevallen is het inspelen op 1 januari 1999 gestart. De gebruikte inspeeltijd bedraagt een jaar. Gezien de basisgemiddelde verblijftijd van orde 2 maanden is het nauwkeuriger vaststellen van de initiële condities overbodig. Er is gerekend met een tijdstap van 2,0 minuten.

De verificatie van het 3D Grevelingen model is uitgevoerd voor het jaar 2000 hierbij is gebruikgemaakt van GTSO metingen met betrekking tot zoutgehalte en temperatuur.

.....
Figuur 3.2-3: Overzicht van de GTSO meetlocaties (rode bollen). Langs de rode stippellijn worden dwarsdoorsneden geplott.



Voor deze metingen worden periodiek op een twintigtal locaties in het Grevelingenmeer verticale profielen van zoutgehalte, temperatuur en zuurstofconcentratie gemeten. De locaties van de GTSO metingen zijn in Figuur 3.2-3 weergegeven.

Het gesimuleerde zoutgehalteverloop en temperatuur in de tijd en komen goed overeen met de GTSO metingen. De verticale verspreiding van het zoutgehalte als functie van de tijd komen goed overeen met de metingen, zowel wat betreft het tijdsverloop als wat betreft de reproductie van stratificatie. Uit de dwarsdoorsneden voor het

zoutgehalte en de temperatuur op verschillende tijdstippen blijkt een goede overeenkomst van het model met de metingen wat betreft stratificatie en de ruimtelijke variatie daarin. Met het geverifieerde hydrodynamisch model zijn vervolgens de scenario's doorgerekend.

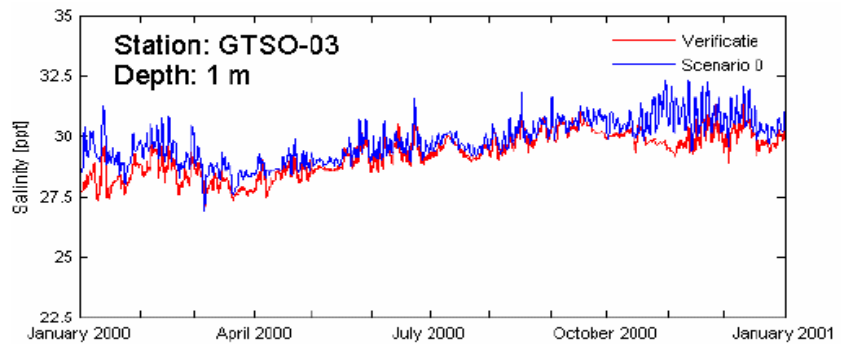
Hierbij is bij het opzetten van de scenario's is het Brouwerssluis debiet geschematiseerd als cyclisch debiet (in en uitgaand) met een dubbeldaags karakter (28,98 °/uur). Tijdelijke sluitingen van de Brouwerssluis zijn daarin niet meegenomen. De in Tabel 2.1 gespecificeerde Brouwerssluis debieten zijn vervolgens gecorrigeerd om de massabalans sluitend te maken.

De hydrodynamische resultaten van de scenarioberekeningen worden voor drie representatieve locaties (west: GTSO03, midden: GTSO13 en oost: GTSO18) aan de hand van tijdreeksen van het zoutgehalte op verschillende diepten (1 m, 5 m en 15 m indien de diepte op de betreffende locatie het toelaat), en tijdreeksen van maximale dichtheidsverschillen over de verticaal besproken. Temperatuur wordt niet besproken omdat deze niet of nauwelijks verandert voor de verschillende scenario's. Dit is te verklaren door het feit dat de temperatuur voornamelijk wordt bepaald door de instraling en het gegeven dat de temperatuur van het instromend water niet anders is dan die van het water in de Grevelingen.

Scenario 0 is de modelweergave van de huidige situatie. De resultaten van de scenario's zijn vergeleken met de resultaten van Scenario 0. Dit Scenario 0 is vergeleken met de verificatieberekening om zo een beeld te krijgen van de effecten van de schematisatie van het Brouwerssluisdebiet. De resultaten van Scenario 0 geven een iets hoger zoutgehalte dan de verificatieberekening, voornamelijk in de winter (Figuur 3.2-4). Deze afwijking is ook te zien op 5m en 15m diepte en wordt veroorzaakt door de schematisatie van het Brouwerssluis debiet, waarbij tijdelijke sluitingen achterwege zijn gelaten. Aangezien er op een vergelijkende manier naar de resultaten van de volgende scenario's gekeken wordt, zal dit kleine verschil geen invloed hebben op de conclusies van deze studie.

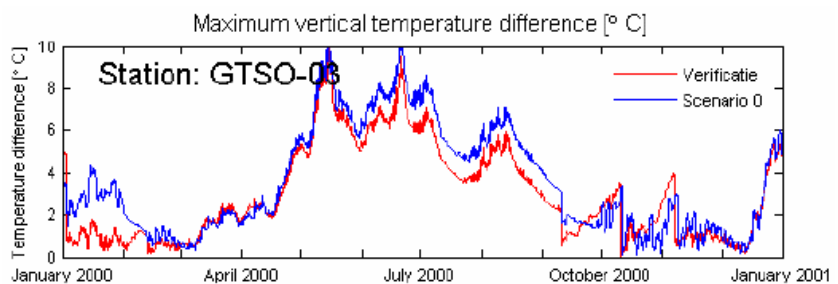
De maat van de opgetreden stratificatie wordt weergegeven aan de hand van de maximale verschillen in zoutgehalte, temperatuur en dichtheid over de verticaal. De resultaten van Scenario 0 geven over het algemeen een ongewijzigde stratificatie ten opzichte van de verificatie berekening.

Figuur 3.2-4: Tijdreeks van het berekende zoutgehalte op 1 m diepte op locatie GTSO03 (blauwe lijn: Scenario 0; rode lijn: verificatie berekening).

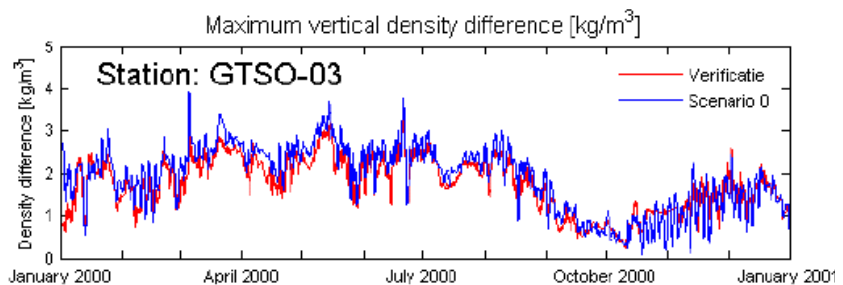


Alleen in station GTSO03 is de temperatuurstratificatie enigszins toegenomen (Figuur 3.2-5). In de dichtheidstratificatie is deze stijging nauwelijks te zien (Figuur 3.2-6). Dit geeft aan dat de zoutstratificatie overheerst.

Figuur 3.2-5: Tijdreeks van het maximale verschil in temperatuur over de verticaal op locatie GTSO03 (blauwe lijn: Scenario 0; rode lijn: verificatie berekening).



Figuur 3.2-6: Tijdreeks van het maximale verschil in dichtheid over de verticaal op locatie GTSO03 (blauwe lijn: Scenario 0; rode lijn: verificatie berekening).



3.2.1. Verblijftijd

Voor het bepalen van de verblijftijd van het water in de diepere delen van het Grevelingenmeer is het meer in 15 horizontale vakken verdeeld en in een bovenlaag en een onderlaag. Met het hydrodynamische model is voor elk vak de verblijftijd berekend. Voor elk vak is de verblijftijd bepaald voor zowel de advectieve¹ als de dispersieve² transporten. In Bijlage A zijn van de verschillende scenario's voor de verblijftijd weergegeven.

Men gaat er intuïtief vanuit dat meer uitwisseling automatisch een kortere verblijftijd betekent maar, uit de resultaten van de verschillende scenario's blijkt dat vooral de beheersscenario's met een minder zoute Oosterschelde leiden tot minder verversing in de onderlaag, waardoor het risico op zuurstofloosheid toeneemt.

¹ Advectief transport kan beschouwd worden als een maat voor de laterale instroming.

² Dispersief (verticaal) transport kan beschouwd worden als representatief voor de mate van stratificatie.

3.2.2. Resultaten hydrodynamisch model

De maximale verschillen in dichtheid over de verticaal wordt gebruikt als maat voor de optredende stratificatie. Het zoutgehalte en de mate van stratificatie van alle scenario's zijn vergeleken met Scenario 0. Een overzicht van de resultaten per scenario zijn weergegeven in Bijlage A. Uit deze resultaten is gebleken dat:

- Het vergroten of verkleinen van de uitwisseling door de Brouwerssluis (Scenario 1A, 1B) geen grote gevolgen heeft op het zoutgehalte en mate van stratificatie in het Grevelingenmeer. De veranderingen in gemiddeld zoutgehalte blijven kleiner dan 1 ppt.
- De inzet van de Flakkeese spuisluis zal, bij een gelijkblijvend zoutgehalte van de Oosterschelde (Scenario 2A, 3A en 4), leiden tot een enigszins kleinere mate van stratificatie en een kortere verblijftijd. De veranderingen in zoutgehalte is in deze gevallen maximaal 1 ppt. Het doorspoelen van west naar oost geeft een wisselend beeld.
- Indien de Flakkeese spuisluis wordt ingezet bij een 20% lager zoutgehalte in de Oosterschelde (Scenario 2B, 3B) zal ook het gemiddelde zoutgehalte in het Grevelingenmeer dalen (met circa 4 ppt in Scenario 3B, doorspoelen van oost naar west). In deze situatie neemt de kans op stratificatie, en dus ook op zuurstofloosheid toe.

3.3 Waterkwaliteit en primaire productie

In mariene en estuariene systemen is de nutriëntenconcentratie vaak omgekeerd evenredig met het zoutgehalte, omdat rivieren en polderwater meer nutriënten bevatten dan zeewater. Vooral in de winter als primaire productie en denitrificatie nagenoeg stil liggen, zal deze relatie opgang doen.

De stikstofconcentratie in het Grevelingenmeer is over het algemeen lager dan in de Noordzee en de Oosterschelde, terwijl het zoutgehalte vergelijkbaar of lager is. De meerjaren maandgemiddelde stikstofconcentraties in de Voordelta, Grevelingenmeer en Noordelijke tak van Oosterschelde zijn respectievelijk 0,63, 0,53 en 0,78 mg N/l. Primaire productie in het Grevelingenmeer is dan ook stikstofgelimiteerd. Een grotere uitwisseling met de Noordzee of de Oosterschelde zal resulteren in een toename van de beschikbaarheid van stikstof en dus in een lagere stikstoflimitatie. Een reële schatting lijkt dat de stikstofconcentratie circa 10% toeneemt, hetgeen kan resulteren in circa 5% meer chlorofyl in het zomerhalfjaar.

In de beheersvarianten met een minder zoute Oosterschelde wordt uitgegaan van een toename de stikstofconcentratie ter hoogte van de Flakkeese Spuisluis, omdat dan met de Rijnafvoer die via het Volkerak-Zoommeer naar de Oosterschelde stroomt, nutriënten aangevoerd worden. Als Rijnwater via het Volkerak-Zoommeer en de Oosterschelde naar de Noordzee stroomt, zal de stikstofconcentratie 25% tot 50% toenemen. De chlorofylconcentratie zal dan waarschijnlijk met circa 25% toenemen. De toename blijft enigszins beperkt, doordat de

limitatie mogelijk omslaat van stikstof naar licht. Een gedetailleerde analyse is echter nodig, om dit effect nauwkeuriger te kwantificeren. Aangezien de spronglaag in alle beheersscenario's aanzienlijk dieper ligt dan de Secchidiepte, wordt het beschikbare licht in de bovenlaag gebruikt voor primaire productie. Het is daarom niet te verwachten dat de algensamenstelling zal wijzigen.

Zoals in paragraaf 3.3 is aangegeven, bepaald het dichtheidsverschil de mate van stratificatie. Aangezien ook in de huidige situatie al zuurstofloosheid voorkomt, zal een grotere mate van stratificatie inhouden dat het risico op zuurstofloosheid toeneemt.

De flux van organisch materiaal is gekoppeld aan de primaire productie die weer aan de nutriëntenbeschikbaarheid is gekoppeld. Met name tijdens de voorjaarsbloei zal een grotere beschikbaarheid van nutriënten leiden tot meer primaire productie en dus tot een grotere flux van organisch materiaal naar de onderlaag. Een grotere beschikbaarheid van nitraat komt dus overeen met een grotere flux van organisch materiaal. Wat dus de kans op zuurstofloosheid vergroot. De resultaten van de scenario's voor de stikstofbeschikbaarheid zijn weergegeven in Bijlage A.

Kaderrichtlijn Water

De chemische toestand van een waterlichaam wordt voor de Kaderrichtlijn Water bepaald aan de hand van ruim 30 prioritaire stoffen. Een waterlichaam verkeert in een goede toestand als geen enkele stof de norm overschrijdt. Zowel het Grevelingenmeer als de Oosterschelde zijn in de huidige situatie 'at risk' (een of meerdere stoffen overschrijden de norm) en vertonen een sterk vergelijkbaar beeld wat betreft de chemische toestand. Inzet van de hevel zal dit beeld niet beïnvloeden en de verwachting is dat situatie in 2015 onveranderd zal zijn. Het betreft hier vooral stoffen die in de anti-fouling worden toegepast en dus sterk gekoppeld zijn aan de recreatievaart.

Aanbeveling

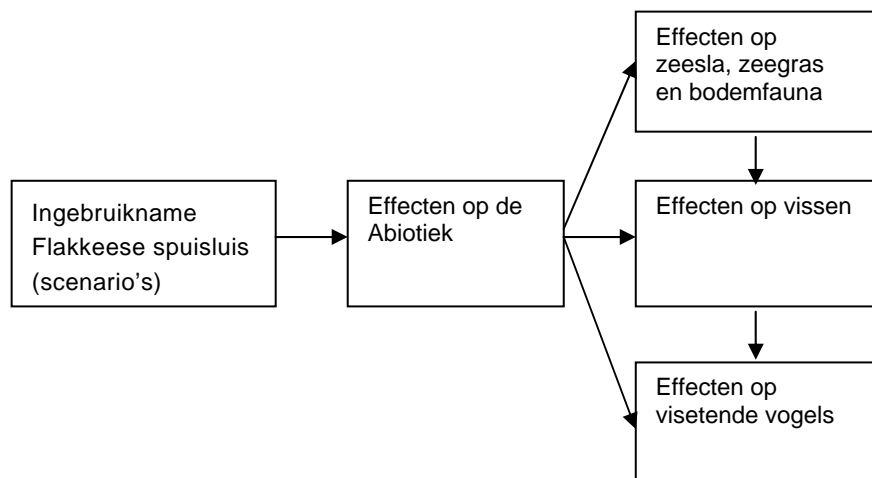
Zowel de Brouwerssluis als de Flakkeese spuisluis moeten gezien worden als twee regelknoppen die, onder andere, de hydrodynamica en waterkwaliteit van het Grevelingenmeer kunnen sturen. In de modelstudie zijn de regelknoppen zeer grof afgesteld om indicatief de grootschalige effecten te bekijken en te vergelijken. Zo staat de Flakkeese spuisluis bijvoorbeeld het hele jaar door op 65 m³/s. Het is goed denkbaar dat optimalisatie mogelijk is door op strategische momenten anders om te gaan met het beheer van de sluisen.

4. Effecten op de ecologie

4.1 Inleiding

De effecten van de ingebruikname van de Flakkeese Spuisluis op de ecologie van het Grevelingenmeer zijn geschat met behulp van gemodelleerde effecten op de abiotiek (hydrodynamiek, zoutgehalte en stikstofgehalte). In onderstaande figuur is deze werkwijze schematisch weergegeven.

Figuur 4.1-1: Effectenketen ingebruikname Flakkeese spuisluis op de abiotiek en ecologie in het Grevelingenmeer.



Beoordelingskader

Het beoordelingskader om de effecten van de ingebruikname van de spuisluis op het aquatisch ecosysteem van het Grevelingenmeer te beoordelen wordt gevormd door de doelen en verplichtingen vanuit de belangrijkste geldende regelgeving: Kaderrichtlijn Water en Natura 2000 (Vogel- en Habitatrictlijn).

Hierbij zijn alleen de doelen beoordeeld die betrekking hebben op het aquatisch milieu van het meer. De volgende soorten zijn beoordeeld:

1. Zeesla
2. Zeegras
3. Bodemfauna
4. Vissen
5. Visetende vogels

4.2 Zeesla

Zeesla (*Ulva sp.*) is een éénjarig, lichtgroen tot donkergroen wier, dat zeer algemeen voorkomt in het Grevelingenmeer. De planten beginnen hun ontwikkeling vastgehecht op dijkglooiingen, mosselbanken, of op losse stenen en schelpfragmenten op slikken en zandplaten, in het

littoraal (< 2 m. waterdiepte). In een later stadium kunnen de planten losraken en gaan zweven in de waterkolom, terwijl de groei bij voldoende licht door blijft gaan. Door windwerking kunnen de losgeraakte planten tot massa's bijeengedreven worden. De bloei van zeesla begint ongeveer medio mei en de maximale biomassa wordt in juli bereikt.

.....
Figuur 4.2-1: Zeesla vastgehecht aan een steen



Ecologisch belang van zeesla

Zeesla heeft een belangrijke ecologische functie. Bodemfauna en vissen vinden hier beschutting en voedsel. Bepaalde soorten bodemfauna als jonge strandkrabben, garnalen en bepaalde borstelwormen begrazen het zeesla, evenals bepaalde vogelsoorten zoals, Rotganzen en Smienten. Vissen gebruiken het zeesla ook om hun hom en kuit af te zetten.

Nadelen van zeesla

De losgeraakte planten kunnen in grote massa's bijeengedreven worden en zo grote delen van de bodem bedekken. Door bedekking kan ook de zuurstofvoorziening in het sediment aangetast worden. Dit kan leiden tot negatieve gevolgen voor o.a. bodemfauna. De massa's bijeengedreven zeesla kunnen gaan rotten wanneer ze in contact komen met zuurstof en zo voor veel stankoverlast zorgen.

Effect ingebruikname Flakkeese spuisluis

De belangrijkste bepalende factor voor de groei van zeesla is het stikstofgehalte. Het huidige jaargemiddelde totaal stikstofgehalte in het meer is vrij laag (ca. 0,53 mg/l). Dit gehalte is lager dan in de Voordelta (ca. 0,63 mg/l) en de Noordelijke tak van de Oosterschelde (ca. 0,78 mg/l). Doorspoelen en uitwisselen met het huidige zoutgehalte in de noordelijke tak van de Oosterschelde zal vrijwel geen effect hebben op het stikstofgehalte en daarmee op de groei van zeesla. Bij doorspoelen en uitwisselen met een verlaagd zoutgehalte op noordelijke tak van de Oosterschelde zal de jaargemiddelde totaal stikstofconcentratie toenemen tot ca. 0,9 mg/l. De kans op een toename van zeesla neemt hierdoor iets toe.

4.3 Zeegras

Zeegrassen zijn planten die zijn aangepast aan het ondergedompelde leven in brakke en zoute wateren. In de Nederlandse zoute wateren

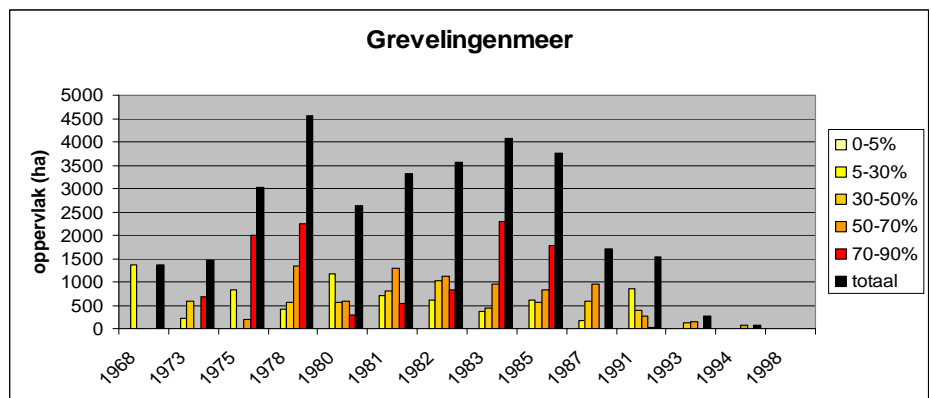
komen twee soorten voor: Groot zeegras (*Zostera marina L.*) en Klein zeegras (*Zostera noltii Hornem*). Groot zeegras is een beschermde plant op grond van de Flora- en Faunawet. Zeegras-gemeenschappen kunnen een rijke algenflora en fauna herbergen.

.....
Figuur 4.3-1: Zeegrasvelden



In het Grevelingenmeer kwam zo'n dertig jaar geleden nog grote hoeveelheden Groot zeegras voor. Klein zeegras is met het verdwijnen van de estuariene dynamiek na de afsluiting uit het meer verdwenen. Na 2000 is ook het Groot zeegras geheel uit het meer verdwenen. De belangrijkste oorzaken hiervan zijn het hoger worden van het zoutgehalte in combinatie met de afname van het doorzicht (ca. 5 naar 2 m.). Het zoutgehalte optimum voor zeegras in het Grevelingenmeer ligt tussen de ca. 10-16,5 g Cl⁻/l. De laatste jaren wordt er niet meer gestuurd op een hoog zoutgehalte (>16 g Cl⁻/l), waardoor het jaargemiddeld zoutgehalte in het meer zo rond de 16 g Cl⁻/l blijft.

.....
Figuur 4.3-2: Ontwikkeling van groot zeegras (arealen en bedekkinggraad) in het Grevelingenmeer



Effect ingebruikname Flakkeese spuisluis

Zeegras komt niet meer voor in het Grevelingenmeer en daarom is het niet mogelijk om het effect van de ingebruikname van de Flakkeese spuisluis op zeegras te beoordelen. Wél is op basis van het gemodelleerde zoutgehalte bepaald of de omstandigheden voor het opnieuw gedijen van zeegras in het Grevelingenmeer gunstig zijn. Het huidige zoutgehalte in het Grevelingenmeer (ca. 16 Cl⁻/l) ligt net onder de bovengrens van de optimumrange voor het zoutgehalte en zou dus geen belemmering moeten zijn voor het gedijen van zeegras. Alleen bij doorspoelen van west naar oost is het zoutgehalte aan de hoge kant (> 16,5 g Cl⁻/l) en valt net buiten de optimale range. Bij doorspoelen en uitwisselen met een verlaagd zoutgehalte in de noordelijke tak van de Oosterschelde zal het zoutgehalte in het Grevelingenmeer met ca. 2 g Cl⁻/l afnemen en is er iets meer speling t.o.v. de optimumbovengrens.

Er kan overigens alleen zelfstandig een populatie zeegras in het meer voorkomen door weer zeegras te herintroduceren.

4.4 Macrofauna

Onder bodemfauna worden alle bodemdieren groter dan 1 mm verstaan. Bodemfauna vormt het middensegment van het ecosysteem, door sediment te eten, kleinere organismen te verorberen en voedsel uit het water te filteren vormen ze een essentiële schakel in de voedselketen. Zijzelf zijn door hun grootte de belangrijkste voedselbron voor hogere organismen, zoals de grotere kreeftachtigen, vogels en vissen. Maar ook de mens weet ze te waarderen. In het Grevelingenmeer gaat het dan met name om oesters, mosselen en kokkels. De hoogst gewaardeerde oestersoort, de Zeeuwse of platte oester (*Ostrea edulis*), komt in Nederland voornamelijk alleen nog in dit meer voor. De grootste biomassa aan bodemfauna in het meer bestaat hoofdzakelijk uit weekdieren (84%) de rest bestaat uit vooral wormen (8%) en geleedpotigen (4%).

.....
Figuur 4.4-1: Noordzeekrab



Het grootste probleem voor de bodemfauna in het huidige Grevelingenmeer is de zuurstofloosheid in- en vlak boven de bodem. Dit speelt vooral in de zomermaanden, waarin ook de ondiepere delen van het meer problemen hebben met de zuurstofhuishouding. Bodemdieren kunnen niet goed in deze omstandigheden leven.

Effect ingebruikname Flakkeese spuisluis

In het huidige Grevelingenmeer is de zuurstofloosheid het grootste probleem voor bodemdieren. Bij doorspoelen en uitwisselen met het huidige zoutgehalte in de noordelijke tak van de Oosterschelde zal de zuurstofhuishouding van de onderlaag in vooral het oostelijke deel van het meer verbeteren. Dit zal leiden tot betere leefomstandigheden voor bodemdieren. Doorspoelen en uitwisselen met een lager zoutgehalte in de noordelijke tak van de Oosterschelde zal leiden tot een verslechterde zuurstofhuishouding en daarmee een verslechterde leefmilieu voor bodemdieren.

4.5 Visfauna

De belangrijkste vissoorten in het Grevelingenmeer zijn soorten die heel hun levenscyclus in het meer volbrengen (estuariene residenten) en soorten die in hun onvolwassen stadium het meer gebruiken als kraamkamer (marien juvenielen). Van de 63 vissoorten die sinds 1960 in het meer zijn waargenomen, bestaat het grootste deel uit estuarien residenten (19 soorten) en marien juvenielen (13 soorten). Deze soorten houden zich vooral op in de nabijheid van de bodem en vinden daar beschutting tussen mossel-, oesterbanken en andere bodemdieren. Hier vinden ze ook hun voedsel (met name kleine schaaldieren).

.....
Figuur 4.5-1: Veelvoorkomende kleine vissoorten in het Grevelingenmeer (estuarien residenten): zwarte grondel, driedoornige stekelbaars en het dikkopje.



Effect ingebruikname Flakkeese spuisluis

Migratiemogelijkheden

In het huidige Grevelingenmeer kunnen migrerende vissen (diadromen) niet via het Grevelingenmeer naar de Oosterschelde migreren. Dat komt omdat de Flakkeese spuisluis niet passeerbaar is en omdat er geen zoete lokstroom is die de vissen kan lokken. Ook bij ingebruikname van de spuisluis zal de sluis niet (bewust) gebruikt worden door migrerende vissoorten (zoals, zeeforel en paling). Dat komt omdat de tegengestelde stroomsnelheden door de sluis te groot zijn voor de vissen om tegenin te zwemmen. Bovendien moeten deze soorten gelokt worden door een tegemoetkomende zoetwaterstroom. Vissen kunnen wel (onbewust) met de stroomrichting méé de spuisluis passeren. Dit zal dan vooral geschieden door vissoorten die zich dicht in de nabijheid van de spuisluis ophouden. Dit zijn met name de kleinere vissoorten: koornaarvis en grondels.

Algemeen

De enige verandering wat effect zou kunnen hebben op vissen is het zoutgehalte. Doorspoelen en uitwisselen met het huidige zoutgehalte in de noordelijke tak van de Oosterschelde zal met name in het oostelijke deel een positief effect kunnen hebben op estuariene residente- en marien juveniele soorten omdat de zuurstofhuishouding in dit deel verbetert en daarmee een belangrijke leefomgeving voor deze vissoorten: de bodemfauna (mossel- en oesterbanken.) Doorspoelen en uitwisselen met een verlaagd zoutgehalte op de noordelijke tak van de Oosterschelde zal een verslechtering zijn voor estuarien residente- en marien juveniele soorten (verslechterde zuurstofhuishouding, ongunstig leefmilieu bodemfauna). Een verlaagd zoutgehalte zal misschien voor een lokstroom kunnen zorgen, maar voor migrerende vissoorten is dit alleen gunstig als ook de Flakkeese spuisluis paseerbaar is.

4.6 Vogels

Het Grevelingenmeer is het belangrijkste gebied voor visetende vogelsoorten in de zoute Delta. De talrijkste viseters zijn: Middelste Zaagbek, Geoorde Fuut, Fuut en Aalscholver. Minder talrijke maar wel relatief belangrijke soorten zijn: Lepelaar, Dodaars, Kleine Zilverreiger en Kuifduiker. Deze soorten eten veelal kleine vissoorten van maximaal rond de 10 cm. Een uitzondering is de Aalscholver. Deze soort eet ook grotere vissen.

De meeste vogels jagen met behulp van hun zicht op vis en in dieper water zijn het vooral de pelagische vissoorten, zoals Haring, Sprot en Koornaarvis waarmee zij zich voeden. Pelagische vissoorten houden zich op in de bovenste waterlaag.

In ondieper water waar de vogels de vissen tot op de bodem kunnen bejagen vormen ook typische kleine bodemvissoorten een prooi. Het betreft dan de veel voorkomende soorten als de Driedoornige Stekelbaars, verschillende grondelsoorten en jonge platvissoorten.

.....
Figuur 4.6-1: Zaagbek eet Paling



Effect ingebruikname Flakkeese spuisluis

Visetende vogels behoren tot de belangrijkste soorten van het Grevelingenmeer, ze staan aan het einde van de voedselketen. Daarom zal een effect op de lagere organismen uiteindelijk doorwerking kunnen hebben op de visetende vogels.

Ingebruikname van de Flakkeese spuisluis zal naar verwachting weinig tot geen effect hebben op de visetende vogelsoorten omdat het effect op vissen ook gering zal zijn.

Doorspoelen en uitwisselen met een lager zoutgehalte in de noordelijke tak van de Oosterschelde kan wellicht kleine diadrome vissoorten, zoals de driedoornige stekelbaars lokken naar de Flakkeese spuisluis (lokstroom). Hierdoor kunnen deze in aantallen toenemen, waardoor het voedselaanbod en het foerageergebied voor de visetende vogels kan toenemen.

5. Effecten op gebruiksfuncties

5.1 Recreatie

De Grevelingendam is een belangrijk recreatiegebied. Aan de Grevelingenzijde is een grootschalig recreatieterrein ingericht voor dagrecreatie. Een deel van de oever ingericht om te zonnebaden en te zwemmen. Verder zijn er jachthavens, openbare aanleg plaatsen en mogelijkheden voor surfers in de buurt.

Ter hoogte van de hevel zijn er geen directe voorzieningen. Bij ingebruikname zullen wel voorzieningen aangebracht moeten worden in overleg met het recreatieschap om de recreanten te waarschuwen voor de hoge stroomsnelheden in de nabijheid van de hevel. Er zal een absoluut zwemverbod moeten zijn en middels boeien en touw zal ook de recreatievaart op gepaste afstand moeten blijven. De ervaringen met de Katse Heule kunnen hiervoor worden benut.

Evenals de Katse Heule zal voor de burger duidelijk gemaakt moeten worden wat de betekenis is van dit doorlaatmiddel. Zeker ook in relatie met de doelen vanuit de Integrale Visie Deltawateren kan dit een aansprekend voorbeeldproject zijn. De plannen om een turbine te plaatsen voor het opwekken van getijenergie geven hiervoor nog meer mogelijkheden. Een aansprekend paneel met informatie over dit project is een goede kans om de burger en recreant hier meer bij te betrekken.

5.2 Beroeps- en sportvisserij

Beroepsvisserij

In het Grevelingenmeer wordt beroepsmatig gevestigd op oesters en op paling. De palingvisserij wordt door ongeveer zeven vissers uitgeoefend, de oestervisserij door ongeveer 16 vissers (Wattel, 1996). In het huidige Grevelingenmeer zijn vooral tijdens de zomermaanden grote delen van de bodem en de laag vlak boven de bodem zuurstofloos. Dit is nadelig voor alle organismen die in, op en nabij de bodem leven, waaronder ook de oester en de paling. Ingebruikname van de Flakkeese spuisluis zal met name in het oostelijke deel van het meer het leefmilieu van deze soorten kunnen verbeteren. De Flakkeese spuisluis zal door paling (en andere vissoorten) niet bewust worden gebruikt om vanuit het Grevelingenmeer naar de Oosterschelde te trekken. Wanneer de spuisluis op het Grevelingenmeer zal spuien zal de tegengestelde stroming door de sluis te groot zijn voor vissen om tegenin te zwemmen. Bovendien is een lokstroom van zoeter water nodig om de paling aan te trekken.

De scenario's met een verlaagd zoutgehalte (huidig -20%) zou voor een lokstroom kunnen zorgen, waardoor meer glasaal vanuit de Noordzee het Grevelingenmeer in kan trekken.

Het nadeel van het inlaten van zoeter water uit de noordelijke tak van de Oosterschelde is dat de verblijftijd van de onderlaag zal toenemen en de mate van zuurstofloosheid in met name het oostelijk deel van het meer juist kan toenemen ten opzichte van de huidige situatie wat ongunstig is voor oesters en paling.

Samenvattend: ingebruikname van de Flakkeese spuisluis zal met doorspoelen en uitwisselen met het huidige zoutgehalte in de noordelijke tak van de Oosterschelde niet nadelig zijn t.o.v. de visserij op paling en oesters, integendeel, het zou juist een positieve uitwerking kunnen hebben.

.....
Figuur 5.2-1: Visser op de Grevelingen



Sportvisserij

Het Grevelingenmeer is een aantrekkelijk viswater waar veel vis gevangen kan worden. In de zomermaanden wordt er vanaf de Brouwerssluis door grote hoeveelheden (sport)vissers op haring gevist. Ook gaan veel sportvissers met een charterboot mee om op het meer te vissen. Er zijn ongeveer 10 charterboten actief die grote delen van het jaar uitvaren. Deze boten zijn veelal bepak met sportvissers. De sportvisserij is dus een belangrijke activiteit in het Grevelingenmeer.

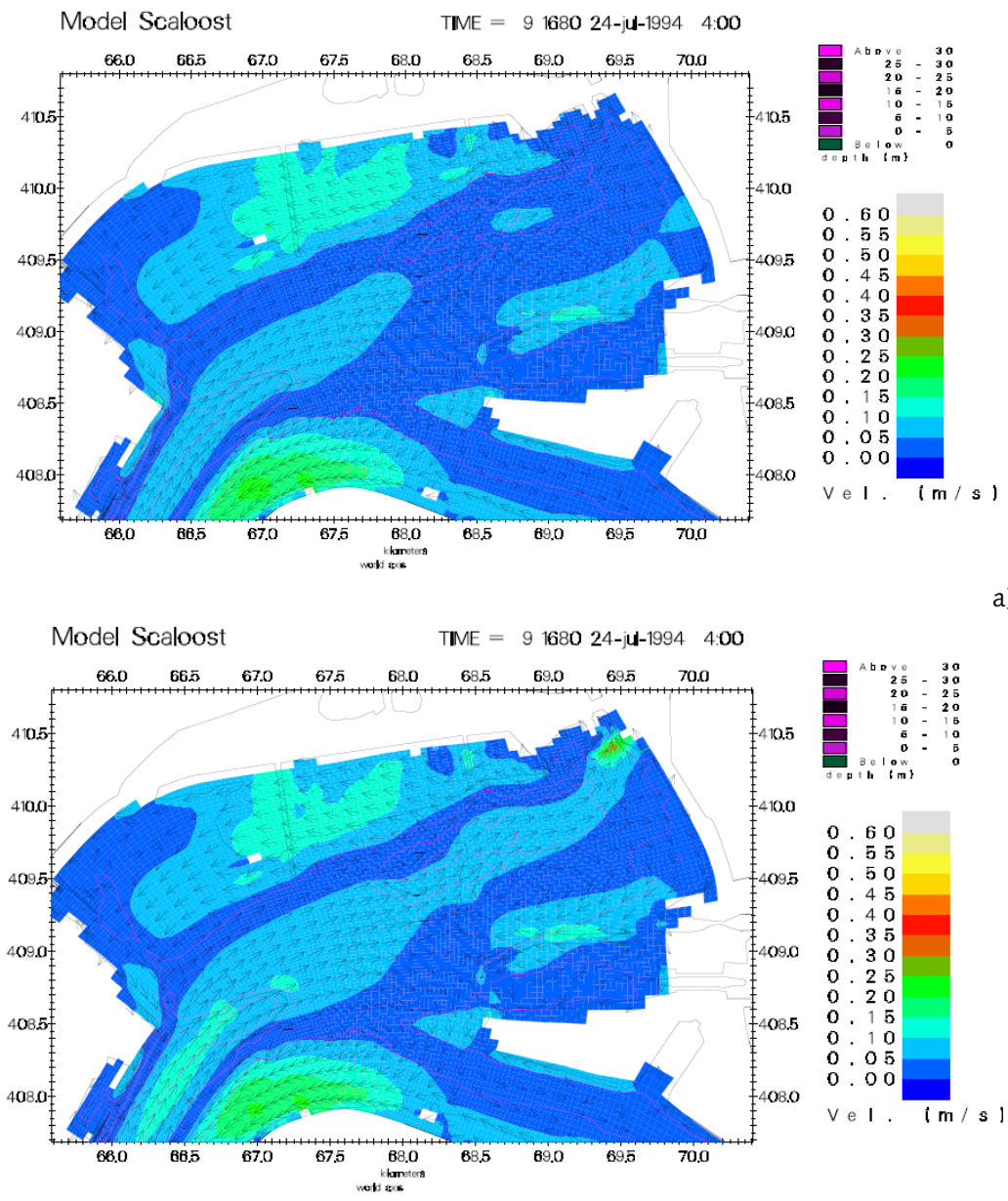
De ingebruikname van de Flakkeese spuisluis zal naar verwachting weinig effect hebben op de sportvisserij. De belangrijkste soorten voor de sportvisserij zijn de wijting, de haring en de platvissoorten schol en bot. Platvissen verblijven een groot deel van hun levenscyclus nabij de bodem van het Grevelingenmeer en eten daar ze allerlei bodemorganismen. Zuurstofloosheid in en nabij de bodem heeft via deze bodemorganismen uiteindelijk ook negatieve uitwerking op de schol en de bot.

Ingebruikname van de Flakkeese spuisluis zal met name in het oostelijk deel een gunstig effect kunnen hebben ten aanzien van deze vissoorten (verbeterde zuurstofhuishouding is gunstig voor bodemorganismen, dus ook voor vis). Of door de ingebruikname van de Flakkeese spuisluis een toename van vissoorten te verwachten zijn is een tweede, een merkbare toename van deze vissoorten voor de sportvisserij, zal wellicht pas na verloop van enkele jaren duidelijk worden.

5.3 Mosselhangcultuur Oosterschelde

De bestaande mosselhangcultures in de Oosterschelde zullen niet of nauwelijks in de invloedssfeer van de hevel komen te liggen. De verwachte maximale stroomsnelheden zijn voorbij de strekdam afgenomen tot minder dan 0,5 m/s. In de nabijheid van de hangcultures zijn de maximale stroomsnelheden nog verder afgenomen tot minder dan 0,2 m/s. Een licht toegenomen stroomsnelheid ten opzichte van de huidige situatie kan mogelijk positief zijn voor de groei van de mosselen vanwege een beter voedselaanbod voor deze filterfeeders. (zie Figuur 5.3-1)

Figuur 5.3-1: Stroomsnelheden in de noordtak van de Oosterschelde. Berekend met Scalooost. a) T₀-situatie. b) Hevel



6. Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Algemeen

1. De Flakkeese Spuisluis is geschikt voor wateruitwisseling tussen de Oosterschelde en het Grevelingenmeer. De capaciteit is daggemiddeld circa 70 m³/s, deze is bijna tweemaal zo groot als de maximale capaciteit van de Katse Heule in de Zandkreekdam. Het volume van het Grevelingenmeer is echter ook een factor 6 groter.
2. In combinatie met de Brouwerssluis (daggemiddeld debiet 125 m³/s) levert de hevel voor het waterbeheer een waardevolle stuurknop mede gericht op een toekomstig aangepast peilbeheer.
3. Het bevorderen van de wateruitwisseling tussen de afzonderlijke waterbekkens in de Delta is in de lijn met de vierde Nota Waterhuishouding en past ook in de gezamenlijke visie op de ontwikkeling van de Zuidwestelijke Delta van de drie Delta-provincies 'De Delta in Zicht'.

Hydrodynamiek, zoutgehalte en stratificatie:

4. Onder de huidige omstandigheden zijn de zoutgehalte verschillen tussen het Grevelingenmeer en de Noordelijke Tak van de Oosterschelde nagenoeg gelijk (circa 16 g Cl-/l). De huidige zoutgehalte fluctuaties in het meer zijn het gevolg van de fluctuaties in de Voordelta (16 – 18,5 g Cl-/l).
5. Het beheer van de Flakkeese Spuisluis in combinatie met de Brouwerssluis kan gericht zijn op uitwisselen of doorspoelen van oost naar west of omgekeerd. Beide scenario's leiden tot meer dynamiek en een kortere verblijftijd in het oostelijk deel. Ook de stratificatie zal in de meeste gevallen minder zijn, per deelgebied kunnen echter wel verschillen optreden.
6. In geval van een verlaagd zoutgehalte (circa 20%) in de Noordelijk Tak van de Oosterschelde, zal uitwisseling en doorspoeling van oost naar west leiden tot een versterking van de stratificatie en minder verversing van de onderlaag. Dit verhoogt het risico op toename van de zuurstofloosheid.

Primaire productie en zuurstofhuishouding

7. De primaire productie in het Grevelingenmeer is stikstofgelimiteerd. Aangezien de stikstofconcentraties in het Grevelingenmeer lager zijn dan in de Oosterschelde en Noordzee, zal meer uitwisseling resulteren in een toename van de beschikbaarheid van stikstof, waardoor meer algenbloei kan optreden. Een reële schatting is een toename van 5% meer chlorofyl. Bij een verlaagd zoutgehalte in de Oosterschelde zal dit effect toenemen, omdat de nutriëntenconcentraties in dit deel van de Oosterschelde dan proportioneel hoger zullen zijn.

-
8. De verwachting is dat het effect op het zuurstofgehalte in de onderlaag beperkt zal zijn. Dit komt omdat enerzijds de hydrodynamiek zal toenemen bij bepaalde scenario's en anderzijds de flux aan organisch materiaal naar de onderlaag evenzeer waardoor het netto resultaat beperkt is.

Ecologie

9. Het voorkomen van zeesla is gekoppeld aan doorzicht en beschikbaarheid van stikstof. Alleen bij een verlaagd zoutgehalte in de Noordelijk tak zal de zeesla productie hoger kunnen zijn vanwege een hogere stikstofconcentratie in het meer.
10. Sinds 2000 is het Zeegras geheel verdwenen uit het Grevelingenmeer als een gevolg van een te hoog zoutgehalte. Een mogelijke terugkeer is alleen te verwachten door herintroductie en bij een verlaagd zoutgehalte.
11. De ontwikkeling van de macrofauna hangt sterk samen met de kwaliteit van de bodem. De geringe zoutgehaltefluctuaties zullen geen invloed hebben. Grote delen van de bodem zijn momenteel zuurstofloos en bevatten geen bodemdieren. Een lichte verbetering van de zuurstofhuishouding zal positief doorwerken op de bodemdierlevensgemeenschappen.
12. De hevel lijkt geen invloed te hebben op de vismigratie. Alleen bij een verlaagd zoutgehalte kan er mogelijk een lokstroom ontstaan die de migratie kan bevorderen.
13. Het voorkomen van vogels is sterk gekoppeld aan de beschikbaarheid van voedsel en de fourageermogelijkheden. Hierover zijn geen voorspellingen te doen.

Gebruiksfuncties

14. Als gevolg van sterke stroomsnelheden zal in de directe nabijheid van de hevel (tussen de uiteinden van de strekdammen) een zwemverbod moeten komen. De markering van deze zone zal met boeien en lijnen plaats moeten vinden. Dit geldt zowel voor de Oosterschelde als de Grevelingenzijde
15. De bestaande mosselhangcultures in de Oosterschelde zullen niet of nauwelijks in de invloedssfeer van de hevel komen te liggen. De verwachte maximale stroomsnelheden zijn voorbij de strekdam al afgenomen tot minder dan 0,5 m/s. In de nabijheid van de hangcultures zijn de maximale stroomsnelheden nog verder afgenomen tot minder dan 0,2 m/s .
16. Een licht toegenomen stroomsnelheid ten opzichte van de huidige situatie kan mogelijk positief zijn voor de groei van de mosselen vanwege een beter voedselaanbod voor deze filterfeeders.

6.2 Aanbevelingen

1. Het beheer van de regelknoppen kan onder bepaalde omstandigheden (algenbloei kustwater, toenemende zuurstofloosheid, tegenhouden blauwalgen vanuit Oosterschelde) worden geoptimaliseerd door een specifiek beheer (stoppen uitwisseling, meer doorspoelen)

-
2. Zinvol is om de ervaringen van de Katse Heule met betrekking tot de stabiliteit van de bodembedekking te benutten voor dit project.
 3. Een nadere analyse van de bodem aan de Grevelingenzijde is noodzakelijk om te bezien welke maatregelen nodig zijn bij de uitvoering, zoals steenbestortingen, een mogelijke leidam en plaatselijk verwijderen van de slibbodem. Mogelijkheden voor het inrichten en deels saneren van de opgehoopte biomassa wierden in de noord-oost hoek van het meer zouden in de nadere uitwerking meegenomen kunnen worden.
 4. Het verdient aanbeveling om de burger en de recreant met een aansprekend paneel te informeren over de functie van het hevel als doorlaatmiddel en de relatie met de omgeving. Zeker als ook sprake zal zijn van het ter plaatse opwekking van getijdenenergie, kan dit project een voorbeeldfunctie vervullen.

Literatuur

.....

Haas, H.A., C. van der Male & E. Snippen, 2005. Het Grevelingenmeer in beweging. Een voorverkenning naar de introductie van meer dynamiek via de hevel. Werkdocument RIKZ/ZDO/2005.801w

Hoeksema, H.J. 2002. Grevelingenmeer: van kwetsbaar naar weerbaar? Rapport RIKZ/2002.033.

Linden van der P. R.A., 2006. Het Grevelingenmeer: een onderzoek naar de effecten van de openstelling van de Flakkeese Spuisluis op het aquatische ecosysteem van het Grevelingenmeer. Afstudeerrapport Hogeschool Zeeland, Opleiding Aquatische Ecotechnologie.

Linden van der P. R.A., 2006. Visfauna in het Grevelingenmeer, ontwikkelingen vanaf 1960. Stagerapport Hogeschool Zeeland, Opleiding Aquatische Ecotechnologie.

Zijl, F., A. Nolte, 2006. Effect ingebruikname Flakkeese spuisluis op de hydrodynamica en waterkwaliteit van het Grevelingenmeer. WL rapport.

Bijlage A Resultaten modelstudie per scenario

De scenario's zijn bekeken ten opzichte van scenario 0. Hierbij is gekeken naar het zoutgehalte en de stratificatie in de tijd op 3 locaties (west: GTSO03, midden: GTSO13 en oost: GTSO18) en op 3 dieptes (1m, 5m en wanneer mogelijk 15m). De stratificatie wordt beschreven aan de hand van de maximale verschillen in dichtheid over de verticaal.

Op basis van de grootte van de uitwisseling met de Noordzee en/of de Oosterschelde en het zoutgehalte op de Oosterschelde zijn de effecten de op nutriënten (nitraat) ten opzichte van de huidige situatie (Scenario 0) kwalitatief beoordeeld.

Tabel 6.2-1

Omschrijving resultaten van het hydrodynamische model voor het zoutgehalte, de stratificatie en de verblijftijd van de verschillende scenario's ten opzichte van Scenario 0. Tevens is het effect op het nitraat weergegeven.

Scenario	Zoutgehalte	Stratificatie	Effect op nitraat	Verblijftijd	
				Advectief	Dispersief
1A	Veranderingen te verwaarlozen.	Verschillen te verwaarlozen.	iets grotere beschikbaarheid	geen significant effect	Soms iets kleiner, soms iets groter
1B	Afname van ongeveer 1 ppt in het gehele Grevelingenmeer. De variatie in zoutgehalte over het jaar blijft gelijk.	Verschillen te verwaarlozen.	lagere beschikbaarheid	Grotere verblijftijd, omdat de doorspoeling van de onderlaag minder wordt door het lagere debiet.	Soms kleiner, soms groter
2A	In het uiterste oosten van het Grevelingenmeer neemt zoutgehalte met maximaal 2 ppt tot ongeveer 30 ppt toe (het zoutgehalte van het instromende Oosterschelde water). Richting het westen wordt het effect van de opening van de Flakkeese Spuisluis op het zoutgehalte steeds kleiner. In het uiterste westen is het zelfs te verwaarlozen.	De verschillen in stratificatie ten gevolge van de opening van de Flakkeese Spuisluis zijn klein (bij een zoutgehalte van 29.8 in de Oosterschelde). Indien verschillen optreden betreft het een verkleining van de mate van stratificatie.	grotere beschikbaarheid	Lagere verblijftijd in het oostelijk deel als gevolg van meer dynamiek door de uitwisseling via de Flakkeese Spuisluis.	Afname in het westelijke en centrale deel. Een toename van mer dan 5% in het oosten.

2B	In het uiterste oosten van het Grevelingenmeer neemt het zoutgehalte af met meer dan 3 ppt tot rond de 25 ppt. Ook neemt de temporele variabiliteit in zoutgehalte toe. Richting het westen wordt het effect van de opening van de Flakkeese Spuisluis op het zoutgehalte en de variatie daarin steeds kleiner. In het uiterste westen is de verlaging van het zoutgehalte ongeveer 1 ppt in de bovenlaag. Op 15 m diepte zijn de verlagingen van het zoutgehalte kleiner.	De stratificatie ten gevolge van de opening van de Flakkeese Spuisluis neemt toe (bij een zoutgehalte van 23,8 in de Oosterschelde). In het uiterste oosten van het Grevelingenmeer zijn er toenames van de verticale dichtheidsverschillen van meer dan 3 kg/m^3 , waar voorheen nauwelijks stratificatie voorkwam. Richting het westen worden de verschillen met Scenario 0 kleiner.	aanzienlijk grotere beschikbaarheid	Toename	Toename. De onderlaag wordt minder snel ververst. De uitwisseling zal meer met de bovenlaag geschieden.
3A	De verschillen zijn meestal kleiner dan 1 ppt. Het jaarverloop dat in Scenario 0 enigszins aanwezig was zwakt af in Scenario 3A.	De stratificatie neemt ten gevolge van de opening van de Flakkeese Spuisluis enigszins af. De afname in dichtheidsverschil over de verticaal is echter vrijwel nergens groter dan 1 kg/m^3 .	grotere beschikbaarheid	Lagere verblijftijd in het oostelijke en centrale deel. Alleen in de onderlaag bij de Brouwerssluis neemt de verblijftijd toe, omdat het debiet door de Brouwerssluis vermindert.	De verblijftijd neemt toe in het oostelijk deel en bij de Brouwerssluis en neemt af in het overige deel.
3B	Het zoutgehalte in bovenlaag daalt met ca. 4 ppt. Op 15 m diepte is de daling enigszins kleiner.	De stratificatie neemt ten gevolge van de opening van de Flakkeese Spuisluis toe. De toename in dichtheidsverschil over de verticaal is ongeveer $1,0 \text{ kg/m}^3$ (gemiddeld).	aanzienlijk grotere beschikbaarheid	Lichte toename	Toename
3C	Het zoutgehalte in bovenlaag daalt met ca. 1ppt. In het zuidoosten van het Grevelingenmeer neemt de temporele variatie in zoutgehalte enigszins toe.	De stratificatie ten gevolge van de opening van de Flakkeese Spuisluis verandert nauwelijks.	grotere beschikbaarheid	Idem 3A	Idem 3A
4	Het zoutgehalte in het Grevelingenmeer stijgt enigszins (met ca. 0,5 ppt).	De stratificatie blijft vrijwel ongewijzigd.	grotere beschikbaarheid	Kleine verlaging	Kortere verblijftijd in het grootste deel van het meer.

Nederland heeft sinds 1967 een Natuurbeschermingswet. Deze wet maakte het onder andere mogelijk om gebieden aan te wijzen als Beschermd- en Staatsnatuurmonumenten. Ook werd door de Natuurbeschermingswet een aantal soorten planten en dieren beschermd, die niet werden beschermd door wetten die al eerder tot stand waren gekomen, zoals de Vogelwet en de Wet bedreigde uitheemse dier- en plantensoorten. In 1998 is er een nieuwe natuurbeschermingswet tot stand gekomen waarin beter aan verplichtingen die in internationale verdragen en Europese verordeningen aan de bescherming van gebieden en soorten gesteld worden, voldaan werd. Deze nieuwe wet richt zich alleen op gebiedsbescherming: *de Natuurbeschermingswet 1998*. De verplichtingen voor soortbescherming zijn overgenomen door de Flora- en faunawet.

De Natuurbeschermingswet 1998 moest de bescherming van natuurgebieden, zoals vastgelegd in de Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn, in nationale wetgeving vastleggen. Al snel bleek dat de omzetting van Europese regels in deze wet onvoldoende was. De wet is gewijzigd en de nieuwe

Natuurbeschermingswet is 1 oktober 2005 in werking getreden.

De soortenbescherming kent naast de passieve wettelijke bescherming (het tegenhouden van verslechtering) met de Flora- en faunawet een actieve soortenbescherming via onder andere de soortenbeschermingsplannen (het Meerjarenprogramma Uitvoering Soortenbeleid 2000-2004) en de rode lijsten.

De natuurwetgeving in Nederland bestaat nu dus uit twee sporen de soortenbescherming en de gebiedsbescherming. Hiertoe zijn twee wetten actief, respectievelijk de **Flora- en faunawet** en de **Natuurbeschermingswet**. In beide wetten als de flora- en faunawet zijn naast het nationaal natuurbeschermingsbeleid ook tal van internationale verdragen en richtlijnen verankerd, zoals: Vogelrichtlijn, Habitatrichtlijn, Wetlands-Conventie, Conventie van Bonn en CITES etc.

Natuurbeschermingswet

De natuurbeschermingswet richt zich alleen op gebiedsbescherming. De kern van de gebiedsbescherming wordt gevormd door het netwerk van Natura2000-gebieden (Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn) die strikt beschermd zijn. Hieronder valt ook de Grevelingen. Er zijn op dit moment 162 Natura2000-gebieden geformuleerd.

De Grevelingen

De Grevelingen wordt in de Natura2000- aanwijzing ondergebracht onder het Natura2000 Landschap: *Noordzee, Waddenzee en Delta*. De status van de Grevelingen is zowel habitatrichtlijngebied (NL4000021)

als vogelrichtlijngebied (NL9802021). De aanwijzingen voor de Vogelrichtlijn en de Habitatrichtlijn worden dus gecombineerd in de Natura 2000- aanwijzingen.

Het ministerie van LNV is momenteel bezig de ontwerp-aanwijzingsbesluiten voor de Natura 2000-gebieden op te stellen. De gebiedendocumenten en kaarten vormen de basis voor een deel van de inhoud van de ontwerp-aanwijzingsbesluiten. Betrokkenen hebben tot 20 januari 2006 de tijd gehad om te reageren op de ontwerp-aanwijzingsbesluiten. Deze reacties worden verwerkt en na de zomer 2006 zal de eerste tranche ontwerp-aanwijzingsbesluiten worden gepubliceerd, gevolgd door een periode van terinzagelegging waarin iedereen zijn zienswijze kenbaar kan maken.

Het beheer van de Grevelingen valt onder, Staatsbosbeheer, Rijkswaterstaat, Zuid-Hollands Landschap en particulieren. Het Natura2000 gebied voor de Grevelingen heeft een oppervlakte van 13.872 ha (Kaart zie bijlage 1). Het gebied De Punt, dat voornamelijk bestaat uit bosaanplant en recreatieve voorzieningen, is uit het Vogel- en Habitatrichtlijngebied gehaald. Ook enkele kleinere verschillen tussen Vogelrichtlijn- en Habitatrichtlijnbegrenzing worden weggewerkt zodat de begrenzing van beide wordt gelijkgetrokken.

Op grond van de Vogelrichtlijn, welke tot doel heeft de instandhouding van alle in het wild levende vogelsoorten op Europees grondgebied, is de Grevelingen aangewezen als Speciale Beschermingszone (SBZ). Dit verplicht de beheerder maatregelen te nemen ter voorkoming van vermindering in kwaliteit/kwantiteit van de leefgebieden voor vogels, alsmede zorg te dragen voor het instandhouden van vogelpopulaties in het gebied. De soorten waarvoor de Grevelingen is gekwalificeerd als Speciale Beschermingszone is weergegeven in bijlage 2. Tevens zijn de belangrijke habitattypen in de Grevelingen en de habitatsoorten voor de habitatrichtlijn weergegeven. De Habitatrichtlijn heeft als doel om specifieke habitats en wilde flora en fauna (behalve vogels) te waarborgen en te versterken. Dit Habitatrichtlijn verplicht de beheerder tot het nemen van maatregelen om de toestand van de kwalificerende habitats en soorten te bevorderen.

Voor de Natura2000- aanwijzing zijn zowel voor de vogel- als de habitatrichtlijn reeds instandhoudingdoelen geformuleerd. Deze zijn ook in bijlage 2 opgenomen. Naast de instandhoudingsdoelen voor alle soorten en habitats uit de vogel- en habitatrichtlijn zijn er vier kernopgaven voor de Grevelingen geformuleerd. Deze kernopgaven komen voort uit de vogel- en habitatrichtlijn.

1. Het behoud van de foerageerfunctie voor visetende vogels in het bijzonder de fuut (A005), geoorde fuut (A008) en de middelste zaagbek (A069).
2. Het herstel en/of behoud van ongestoorde rustplaatsen en een optimaal voortplantingshabitat voor bontbekplevier (A137), strandplevier (A138), kluut (A132), grote stern (A191) en dwergstern (A195), visdief (A193).

-
3. Het behouden van geïsoleerde eilanden als leefgebied voor de noordse woelmuis (*H1340).
 4. Het behouden van platen in de Grevelingen met lage begroeiingen van vochtige duinvalleien (*kalkrijk*) (H2190_B), grijze duinen (*H2130), kruipwilgstruwelen (H2170) en groenknolorchis (H1903).

Habitattoets

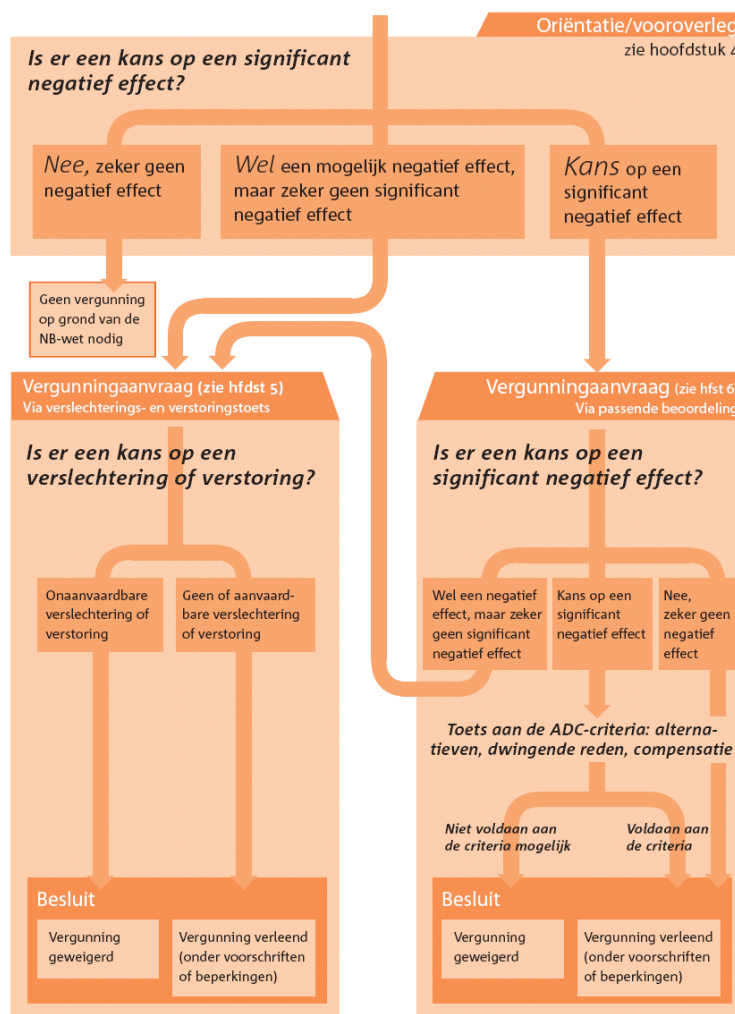
Het in (her)gebruik nemen van de bestaande Flakkeese spuisluis ten behoeve van de versterking van de hydrodynamiek in het Grevelingenmeer is een aanpassing in het gebied. Daarom moet er rekening gehouden worden met de vingerende regelgeving en wetten, waaronder de natuurbeschermingswet. Zoals in de voorgaande paragraaf beschreven, is de Grevelingen als Natura2000-gebied aangewezen. Dit betekent dat vanuit de wet is bepaald dat projecten en andere handelingen die de kwaliteit van de habitats kunnen verslechteren of die een verstrend effect kunnen hebben op de soorten, niet mogen plaatsvinden zonder vergunning. Ook plannen moeten getoetst worden op hun gevolgen voor de Natura2000-gebieden.

De habitattoets dient om vast te stellen of, en zo ja, onder welke voorwaarden een menselijke activiteit in en rondom een Natura2000-gebied kan worden toegelaten. Meer concreet heeft de habitattoets de volgende twee oogmerken:

1. Zekerheid bieden dat de natuurlijke kenmerken van het Natura2000-gebied niet worden aangetast.
2. Zekerheid bieden dat een verslechtering van de kwaliteit van de natuurlijke habitats en de habitats van soorten, dan wel de verstoring van soorten, niet optreedt.

Het in de habitattoets vastgelegde **voorzorgsbeginsel** is heel belangrijk, omdat hiermee aantasting van beschermde gebieden op efficiënte wijze kan worden voorkomen. Dit voorzorgsbeginsel houdt in dat voordat aan een plan of project toestemming wordt verleend, op basis van de beste wetenschappelijke kennis ter zake, alle aspecten daarvan die op zichzelf of in combinatie met andere plannen of projecten de instandhoudingsdoelstellingen van een beschermd gebied in gevaar kunnen brengen, moeten worden onderzocht. Zo kan worden vastgesteld of de kwaliteit van de natuurlijke habitats van soorten verslechtert of dat soorten worden verstoord, of dat de natuurlijke kenmerken worden aangetast.

Project of handeling



Onderdelen van een habitattoets

1. Oriëntatiefase en vooroverleg
2. Vergunningverlening via een 'toets kwaliteitsverslechtering en verstoring van soorten'
3. Vergunningverlening via een 'passende beoordeling' en toetsing aan de ADCvoorwaarden

Deze onderdelen hoeven niet altijd allemaal te worden doorlopen: dit is afhankelijk van de informatie over de mogelijke aantasting van de instandhoudingsdoelstellingen van het Natura2000-gebied.

De habitattoets komt niet in de plaats van de verplichtingen uit de Flora- en faunawet. Wanneer de habitattoets wordt uitgevoerd, dienen ook het gevolg van de voorgenomen ingreep voor de soorten van de Habitatrichtlijn de Flora- en faunawet te worden meegenomen. Er mag geen misverstand over bestaan, dat de bescherming van die soorten binnen de Natura2000-gebieden even groot is als daarbuiten.

Ad 1. Oriëntatiefase:

De activiteiten voor het inwerkingstellen van de hevel in het Grevelingenmeer ter bevordering hydrodynamiek vallen binnen het Natura2000-gebied. In de oriëntatiefase zal moeten blijken of er vergunningen nodig zijn en of deze via een verstorings-verslechtings toets of via een passende beoordeling verkregen zouden kunnen worden. Het bevoegd gezag is in dit geval de provincie. Het aanpassen van de hevel vraagt technische en bouwkundige aanpassingen ter plaatse van de hevel. Het project kan dan ook gezien worden als een nieuw project/handeling.

Flora- en faunawet

De Flora- en faunawet beschermt planten- en diersoorten. Er zijn ongeveer 500 soorten, van de 36.000 soorten die in Nederland voorkomen die onder de bescherming van deze wet vallen. De Flora- en faunawet zegt niet welke concrete activiteiten wel en niet zijn toegestaan. Het uitgangspunt van de wet is dat geen schade mag worden gedaan aan beschermde dieren of planten, tenzij dit uitdrukkelijk is toegestaan (het "nee, tenzij"-principe). Dit betekent in de praktijk dat het gaat om het effect van activiteiten op beschermde soorten. De flora- en faunawet richt zich voornamelijk op het gebied waar de activiteiten plaatsvinden.

Colofon

Deze rapportage is tot stand gekomen met bijdrage van de volgende personen:

Projectteam hevel

Eirc Schuilenburg (projectleider RWS Zeeland)

Marcel Hitzen (RWS Zeeland)

Daan de Kramer (RWS Zeeland)

Guus Vermue (RWS Zeeland)

Piet Lievense (RWS Zeeland)

Bijzondere bijdragen door:

Piet Lievense (RWS Zeeland):

Met betrekking tot formuleren van scenario's, bijdrage aan de begeleiding van het Waterloopkundig Laboratorium en aanvullende stromingsberekeningen.

Joris Geurts van Kessel (RWS RIKZ):

Duikexpeditie hevel, fotografie en duikverslag

Ies de Vries (RWS RIKZ) en Hans van Pagee (RWS RIKZ) voor de bijdrage aan de twee workshops