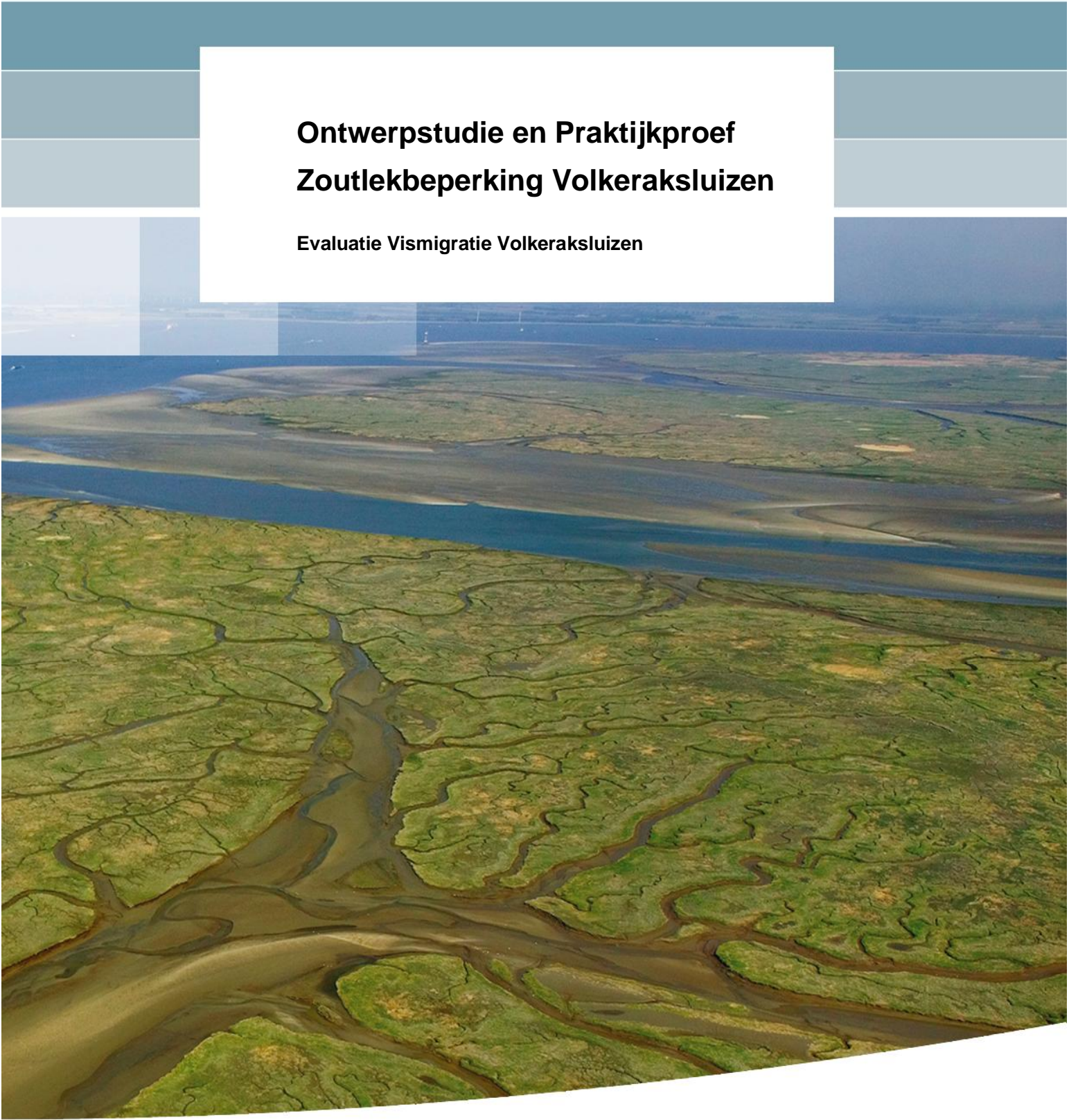


Ontwerpstudie en Praktijkproef Zoutlekbeperving Volkeraksluizen

Evaluatie Vismigratie Volkeraksluizen



EVALUATIE VISMIGRATIE VOLKERAKSLUIZEN

Datum: 21 december 2010
Auteur: Zwanette Jager (ZiltWater Advies)
Studie in opdracht van: Deltares (Nicki Villars)



Project: Ontwerpstudie en Praktijkproef Zoutlekbeperving Volkeraksluizen (zaaknr. 31030032)
Deeltaak 6: Evaluatie middels deskundigenoordeel van de invloed en mogelijkheden van maatregelen ten behoeve van vismigratie (met name intrek)

Titel

Ontwerpstudie en Praktijkproef Zoutlekbeperving Volkeraksluizen

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
RWS Waterdienst	1201226-005	1201226-005-ZKS-0005	28

Classificatie

vertrouwelijk tot juni 2011

Trefwoorden

Volkeraksluizen, vismigratie ZW Delta, diadrome vis, bellenscherm




Samenvatting

Als onderdeel van het "Ontwerpstudie en praktijkproef zoutlekbeperving Volkeraksluizen" is er een bureaustudie uitgevoerd over de mogelijke gevolgen van zoutlekbepervende maatregelen op vismigratie door de Volkeraksluizen. Deltares heeft deze studie uitbesteed aan Ziltwater Advies (dr. Zwanette Jager).

Als onderdeel van de "Ontwerpstudie en praktijkproef zoutlekbeperving Volkeraksluizen" is aandacht besteed aan de mogelijke gevolgen van zoutlekbepervende maatregelen op de vismigratie door de Volkeraksluizen. Onderzochte zoutlekbepervende maatregelen zijn onder andere bellenschermen, lekkende ebdeuren en het eventueel aanbrengen van bodemdrempels.

Op basis van in de wetenschappelijke literatuur gevonden onderzoeksresultaten zijn de voornaamste conclusies dat bellenschermen hooguit een geringe beperking van de vismigratie tot gevolg hebben en dat lekkende ebdeuren een positief effect hebben op vismigratie. Daarnaast dient onderkend te worden dat de Volkeraksluizen niet de zwakste schakel voor vismigratie in de zuidwestelijke delta zijn en dat daarom eventueel geringe effecten van zoutlekbepervende maatregelen in de Volkeraksluizen naar verwachting (zeer) weinig invloed hebben op vismigratie van diadrome soorten in de zuidwestelijke delta.

Deze conclusies kennen enkele onzekerheden omdat de bestudeerde onderzoeken niet zijn uitgevoerd met het specifieke type bellenscherm dat door Deltares wordt toegepast en evenmin gericht zijn op de ter plekke voorkomende inheemse vissoorten.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	dec. 2010	dr. Z. Jager (ZiltWater Advies)		dr. E. Winter (IMARES)		ir. T. Schilperoort <i>i/a bouw</i>	
				drs. A.J. Nolte			

Status

definitief

Inhoudsopgave

1	Introductie	5
1.1	Algemeen	5
1.2	Beknopt overzicht van het project	5
1.3	Activiteiten en deeltaken	7
1.4	Overzicht van producten van het project	8
1.5	Vraagstelling deelstudie evaluatie visintrek	8
1.6	Leeswijzer	8
2	Volkerak-Zoommeer en vismigratie	9
2.1	KRW-doelstellingen ten aanzien van de visfauna	9
2.2	Natura 2000-doelstellingen ten aanzien van de visfauna	11
2.3	Verwachting van het belang van Volkerak-Zoommeer met betrekking tot de visfauna	12
3	Zoutlekbeperkende maatregelen en vismigratie	15
4	Toepasbaarheid op situatie Volkeraksluizen	16
5	Aandachtspunten en Aanbevelingen	17
6	Referenties	19

VOORWOORD

Dit rapport is geschreven door Ziltwater Advies (dr. Zwanette Jager) in opdracht van Deltares in het kader van de Ontwerpstudie en Praktijkproef Zoutlekbeperving Volkeraksluizen die door Deltares in opdracht van RWS Waterdienst wordt uitgevoerd.

Om redenen van consistentie en gelijkvormigheid van de rapporten die als onderdeel van deze studie worden geproduceerd, heeft dit rapport het uiterlijk van een Deltares rapport met als toevoeging het logo van Ziltwater Advies. Binnen het rapport is de lay-out van Ziltwater Advies gehandhaafd en de lay-out wijkt daarmee af van een Deltares rapport. De intellectuele verdienste behoort in zijn geheel Ziltwater Advies toe.

1 INTRODUCTIE

1.1 ALGEMEEN

De Waterdienst van Rijkswaterstaat heeft op 3 november 2009 opdracht gegeven aan Deltares voor de uitvoering van de Ontwerpstudie en Praktijkproef Zoutlekbeperring Volkeraksluizen (zaaknummer 31030032). Deze studie wordt uitgevoerd onder de voorwaarden van de raamovereenkomst met nummer WD-4924 betreffende "Specialistische adviezen van de Stichting Deltares t.b.v. het Ministerie van Verkeer en Waterstaat".

Het (Deltares) onderzoek is ondersteund door een begeleidingsgroep welke is samengesteld uit vertegenwoordigers van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, DG Water en de betrokken diensten van Rijkswaterstaat (Waterdienst, Dienst Infrastructuur, Dienst Zeeland, Dienst Zuid-Holland, en Dienst IJsselmeergebied).

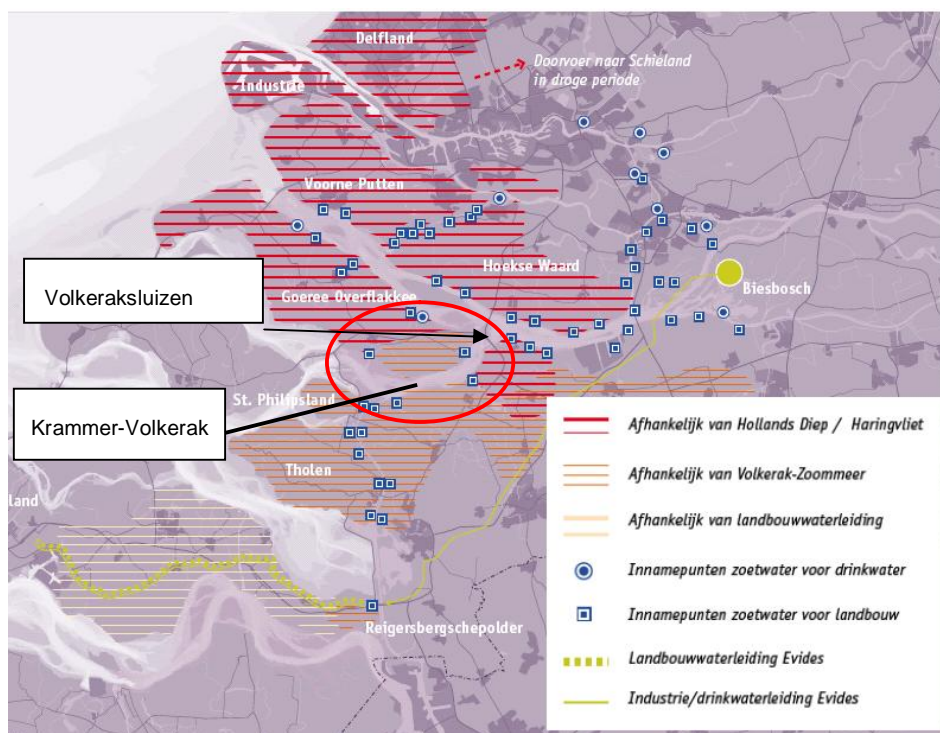
1.2 BEKNOPT OVERZICHT VAN HET PROJECT

Voor het oplossen van het blauwalgenprobleem in het Volkerak-Zoommeer concludeert de planstudie/MER voor dit gebied dat het zoute alternatief de enige effectieve maatregel is, waarbij dit alternatief tevens de basis legt voor een duurzaam en gezond ecologisch systeem. Het toelaten van zout water uit de Oosterschelde in het Volkerak-Zoommeer sluit aan op het advies van de Commissie Veerman en de beleidsvoornemens zoals opgenomen in het Nationaal Waterplan. Een randvoorwaarde betreft het realiseren van maatregelen voor het behoud of de verbetering van de zoetwatervoorziening rondom het Volkerak-Zoommeer en in het Noordelijk Deltabekken. Uit de planstudie/MER komt naar voren dat voor de gebieden die direct grenzen aan het Volkerak-Zoommeer, goede oplossingen aanwezig zijn voor een duurzame zoetwatervoorziening.

Wanneer het Volkerak zout wordt, lekt tijdens het schutten zout water via de Volkeraksluizen vanuit het Volkerak-Zoommeer naar het Hollandsch Diep, waar het zich vervolgens zal verspreiden naar het Haringvliet en Spui (zie Figuur 1.1 en Figuur 1.2). De stroming van zout van het Volkerak-Zoommeer naar het Hollandsch Diep noemen wij in dit rapport: de zoutlek. In het Hollandsch Diep, Haringvliet en Spui bevinden zich meerdere waterinnamepunten voor de drink- en industriewatervoorziening, voor het peil-beheer en voor de watervoorziening ten behoeve van land- en tuinbouw (zie Figuur 1.2). Verkennend onderzoek heeft aangegeven dat indien de zoutlek beperkt blijft tot 60 kg/s, het chloridegehalte bij waterinnamepunten voldoende laag blijft, zodat ingrijpende mitigerende maatregelen dan niet hoeven te worden uitgevoerd.

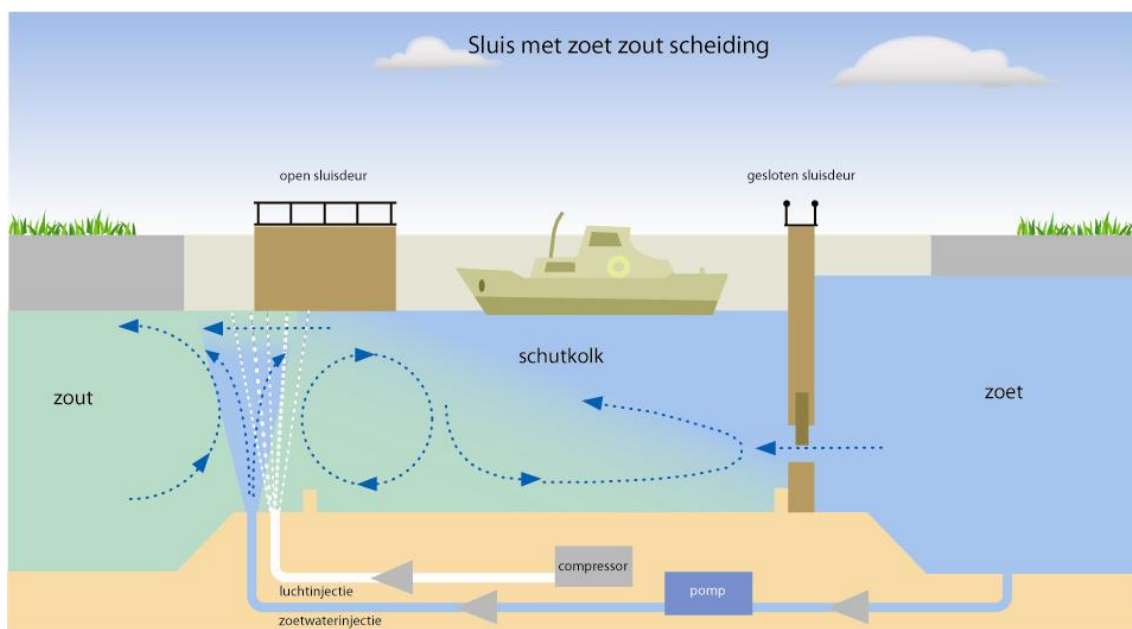


Figuur 1.1 De Volkeraksluizen vormen de verbinding tussen het Volkerak en het Hollandsch Diep. De scheepvaartsluizen bestaan uit 3 beroepsvaartsluizen en 1 jachtensluis. (Bron: Google Earth)



Figuur 1.2 Zoetwater innamepunten in en rondom het Volkerak (Bron: Zoet Water Zuidwestelijke Delta, juni 2009)

In de periode 1970-1987 – toen het Volkerak nog in open verbinding stond met de Oosterschelde – werd de zoutlek van de Volkeraksluizen beperkt door diverse maatregelen. Daarbij bleken luchtbellenschermen en het spuien van zoet water door de kolken (lekkende ebedeuren) zeer effectief te zijn. Uit recente studies is gebleken dat nieuwe (innovatieve) methoden beschikbaar zijn voor een efficiënte beperking van de zoutlek zoals middelen voor een betere en dichtere verdeling van lucht over de volledige breedte van de sluiscolk en het beperken van de zoutdoordringing door de combinatie van lucht- en (zoet)waterinjectie (Figuur 1.3).



Figuur 1.3 Schematische weergave van zoutlekbeperkende maatregelen in een scheepvaartsluis met zoet-zout scheiding: luchtbellenscherm in combinatie met zoetwaterinjectie en zoetwater instroom via de sluisdeuren. (Bron: Rijkswaterstaat)

Het hoofddoel van het onderzoek is om te onderbouwen dat met implementatie van de maatregelen bij de Volkeraksluizen de zoutlek wordt beperkt tot minder dan 60 kg/s, uitgaande van het verwachte scheepsaanbod (vertaald in aantal schuttingen) in 2020. Het onderzoek heeft als kern een serie praktijkproeven, gericht op het bepalen van de effectiviteit van maatregelen die in de Volkeraksluizen kunnen worden geïmplementeerd om de zoutlek te beperken. Daarmee kan het ontwerp daarvan worden gebaseerd op in de praktijk getoetste maatregelen.

Na een verkenning door Rijkswaterstaat en Deltares is de Stevinsluis in de Afsluitdijk bij Den Oever gekozen als locatie voor de praktijkproef. De Stevinsluis is als geschikt aangemerkt vanwege de daar aanwezige zoet-zout overgang, de afmetingen van de sluis en de beschikbare infrastructuur en voorzieningen ter plaatse. In vergelijking met de Volkeraksluizen geeft de combinatie van geringere diepte en hoger zoutgehalte in de Stevinsluis een nagenoeg gelijke voortplanting van de zouttong. De overige aan dichtheid gerelateerde effecten en de werking van het luchtbellenscherm kunnen over en weer goed worden vertaald. Verder wordt de Stevinsluis op identieke manier gevuld als de Volkeraksluizen, namelijk via rinkschuiven in de sluisdeuren.

Om de zoutlek en het effect van zoutlekbeperkende maatregelen zo nauwkeurig mogelijk te kunnen bepalen wordt een combinatie van numerieke modellering, laboratoriumproeven en veldmetingen gehanteerd:

- 1 Numerieke modellering, onder te verdelen in
 - Gedetailleerde modellering van uitwisselingsstromingen in de Stevinsluis;
 - Berekening van de zoutlek door de Stevinsluis en de Volkeraksluizen met behulp van het zogenaamde Zoutvrachtmodel (Uittenbogaard, 2010);
 - Modellering van zoutverspreiding in het Noordelijk Deltabekken;
- 2 Laboratoriumproeven van de combinatie uitwisselingsstroming, luchtbellenscherm en waterinjectie op kleine schaal; en
- 3 Praktijkproeven in de Stevinsluis.

1.3 ACTIVITEITEN EN DEELTAKEN

Om het onderzoek goed te organiseren en uit te voeren is een aantal activiteiten in de vorm van deeltaken gedefinieerd. Dit betreft:

- 1 Verkenning Stevinsluis door middel van detailsimulaties met CFX model en SPH model;
- 2 Verkenning maatregelen in laboratoriumproeven;
- 3 Voorbereiden, uitvoeren en verwerken meetgegevens van de praktijkproeven Stevinsluis;
- 4 Evaluatie en optimalisatie maatregelen met behulp van het Zoutvrachtmodel voor (a.) Stevinsluis en (b.) Volkeraksluizen inclusief bijbehorende specificaties (effectiviteit, kosten, e.d.);
- 5 Opstellen protocol met richtlijnen voor sluis- en maatregelenbeheer;
- 6 Evaluatie door middel van deskundigenoordeel van de invloed en mogelijkheden van maatregelen ten behoeve van vismigratie (met name intrek);
- 7 Opzet en kalibratie/validatie 3D Noordelijk Deltabekken model voor zoutverspreiding inclusief scenarioberekeningen zoutlek;
- 8 Evaluatie mogelijke maatregelen voor andere sluisen;
- 9 Ontwikkeling en oplevering generiek Zoutvrachtmodel voor vergelijkbare sluisen.

1.4 OVERZICHT VAN PRODUCTEN VAN HET PROJECT

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de producten welke in het kader van het onderzoek zijn of nog zullen worden opgeleverd. Deze producten bestaan uit verslagen, rapporten, gegevensbestanden en een simulatiemodel. De voorliggende rapportage betreft Deeltaak 6, Product 13: Rapport evaluatie visintrek.

Product	Deeltaak
1. Bespreekverslag van startoverleg met de opdrachtgever	
2. Rapport detailsimulaties Stevinsluis inclusief vergelijking labproef	1
3. 1e versie Zoutvrachtmodel	1
4. Rapport labproeven	2
5. Digitale datasets meetgegevens labproeven	2
6. Meetplan en meetprotocol voor het uitvoeren van de praktijkproeven Stevinsluis	1 & 2
7a. Verslag tussenresultaten praktijkproeven Stevinsluis	3
7b. Rapport beschrijving en resultaten praktijkproeven Stevinsluis	3
8. Digitale datasets meetgegevens praktijkproeven	3
9. Rapport evaluatie maatregelen Stevinsluis	4a
10. Rapport evaluatie maatregelen Volkeraksluizen	4b
11a. Concept Eindrapport	alle
11b. (Definitief) Eindrapport	alle
12. Richtlijnen operationeel beheer Volkeraksluizen	5
13. Rapport evaluatie visintrek	6
14. Rapport kalibratie 3D zoutmodellering Noordelijk Deltabekken	7
15. Rapport scenarioberekeningen zoutverspreiding zoutlek Volkeraksluizen	7
16. Rapport mogelijkheden andere sluizen	8
17. Model zoutvracht sluizen inclusief handleiding	9

1.5 VRAAGSTELLING DEELSTUDIE EVALUATIE VISINTREK

Deltares heeft ZiltWater Advies verzocht om in een korte studie de mogelijke effecten van de zoutlekbeperkende maatregelen op de vismigratie door de Volkeraksluizen te onderzoeken. Zoutlekbeperkende maatregelen die Deltares onderzoekt zijn onder andere een luchtbellenscherm en eventueel een waterjet om zoutindringing door de scheepvaartsluizen te beperken. Aanbevelingen om de impact van zoutlekbeperkende maatregelen voor de Volkeraksluizen op vismigratie te minimaliseren of zelfs de vismigratie te bevorderen zijn eveneens in deze studie opgenomen. Het product is een rapport over de bevindingen en een verwachting van en advies voor de Volkeraksluizen met betrekking tot vismigratie.

1.6 LEESWIJZER

Hoewel de hoofdvraag het mogelijke effect van zoutlekbeperkende maatregelen betreft, kan de vraag niet geheel los gezien worden van het belang van het Volkerak-Zoommeer en de Volkeraksluizen voor de vismigratie in de Zuidwestelijke Delta. Het rapport geeft daarom allereerst een overzicht van welke vispopulaties typisch in de watersystemen voorkomen, welke vissoorten willen migreren en welke migratieroutes in de Zuidwestelijke Delta daarbij van belang zijn. Vervolgens wordt uit een beknopte literatuurinventarisatie een inschatting gemaakt of c.q. in hoeverre zoutlekbeperkende maatregelen belemmerend of stimulerend kunnen werken op de migratie van vissoorten. Tenslotte worden de verwachte effecten van de toepassing van zoutlekbeperkende maatregelen bij de Volkeraksluizen beschreven en worden aandachtspunten en aanbevelingen geformuleerd.

2 VOLKERAK-ZOOMMEER EN VISMIGRATIE

Het zoetwaterbekken Volkerak-Zoommeer is ontstaan door de aanleg van de Oesterdam (1986) en de Philipsdam (1987) (Figuur 1); voor die tijd was het Krammer-Volkerak zout. Enkele jaren is de waterkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer problematisch geweest vanwege een overmaat aan blauwalgenontwikkeling. Om de blauwalgenbloei te verminderen is nu het voornemen om het Volkerak-Zoommeer weer brak/zout te maken. Een milieueffectstudie (MER, 2009) behandelt uiteenlopende milieu-aspecten van de varianten P300 (voorkeursvariant) en P700 (meest milieuvriendelijk alternatief). Vanwege diverse gebruiksfuncties (drinkwater, landbouw) mag er niet te veel zout water in het Haringvliet/Hollands Diep terecht komen. Daarom wordt onderzocht hoe de zoutlek door de Volkeraksluizen te beperken is.

Het Volkerak-Zoommeer vormt een intensief bevaren scheepvaartverbinding tussen de Antwerpse havens en het Hollands Diep (Schelde-Rijn verbinding). Met het schutten van schepen verplaatst ook water van het ene naar het andere waterlichaam. Na verzilting van het Volkerak-Zoommeer zal in dat geval zout water naar het Haringvliet/Hollands Diep uitwisselen. Op basis van voorgaand onderzoek is bepaald dat de zoutlast niet groter mag zijn dan 60 kg/s (chloride) vanwege de inname van zoetwater voor drinkwater en landbouw uit het Haringvliet/ Hollands Diep.

Door in de sluisen zoutlekbepurende maatregelen toe te passen in de vorm van innovatieve bellen-schermen, eventueel in combinatie met waterinjectie, kan een effectieve zoet/zoutscheiding gerealiseerd worden (Deltares, 2010a, 2010b). De huidige zoutscheiding die wordt toegepast in de Krammersluizen kan in de toekomst komen te vervallen. Echter in de Brabantse wateren (Dintel en Steenbergse Vliet) zullen aanvullende voorzieningen moeten worden toegepast om ook hier de indringing van zout tegen te gaan. In de huidige situatie staan de sluisen Dintelsas en Benedensas grotendeels open en vormen op dit moment geen hindernis voor vismigratie. Dit kan dus in de nieuwe situatie veranderen en is een aandachtspunt, waarop in dit rapport verder niet wordt ingegaan.

Er zijn vissen die hun hele levenscyclus in een estuarium kunnen volbrengen, dit zijn de estuarien residente soorten. Sommige mariene soorten gebruiken het estuarium als kinderkamer. Daarnaast is er een aantal soorten dat het estuarium gebruikt als doortrekgebied tussen zee en rivier (en ten dele ook als opgroei gebied). Dit zijn de katadrome en anadrome (verzamelterm: diadrome) soorten, afhankelijk of de voortplanting plaatsvindt in zout water of op de rivier in zoet water. Het overgangswater wordt verder bevolkt door seizoensgasten, dwaalgasten vanuit zee of vanuit zoet water. Deze zogenaamde ecologische gilden komen veelal in relatief vaste onderlinge verhoudingen voor. De soortensamenstelling en abundantie van de estuariene visfauna kent van nature een sterke seizoensdynamiek.

Vanwege de Benelux-beschikking (M(2009)1) en KRW-doelstellingen (2015) heeft Nederland een verplichting om trekroutes en onbelemmerde migratie van diadrome vissen in stand te houden. Er is daarom bij de waterbeheerders een zorg of de zoutscheiding bij de Volkeraksluizen niet een (nieuwe) belemmering zal opwerpen voor de migratie van diadrome vissoorten. In de huidige inventarisatie wordt verkend of er door de zoutscheiding (nieuwe) problemen kunnen ontstaan voor migrerende vissoorten en worden aanbevelingen gegeven voor eventuele mitigerende maatregelen.

2.1 KRW-DOELSTELLINGEN TEN AANZIEN VAN DE VISFAUNA

De waterlichamen die relevant zijn in deze studie zijn het Volkerak-Zoommeer (huidig: KRW-type M20, matig grote diepe gebufferde meren) en het Haringvliet/Hollands Diep (R8, zoet getijdenwater (uitlopers rivier) op zand/klei). Daarnaast is er verbinding met de Oosterschelde (KRW-type K2, kustwater, beschermt en polyhalien; vis is geen biologisch kwaliteitselement in dit watertype). Bij doorgevoerde verzilting verandert het Volkerak-Zoommeer in KRW-watertype M32 (grote brakke tot zoute meren). Het Kierbesluit, waardoor de sluisen in de Haringvlietdam vaker zullen worden opengesteld en in het Haringvliet weer een overgangsgebied tussen zout en zoetwater ontstaat, is tot op heden niet uitgevoerd. Door recente politieke ontwikkelingen is zelfs sprake van het intrekken van het eerder genomen besluit. Op 13 december 2010 heeft een Commissievergadering voor Infrastructuur en Milieu plaatsgevonden. Eén van de onderwerpen was het Kierbesluit Haringvlietssluisen. De regeringspartijen hielden ondanks tegenwerpingen vast aan het regeerakkoord waarin de intrekking van het Kierbesluit wordt aangekondigd. De regering wacht met het definitieve besluit over de Haringvlietssluisen totdat de juridische consequenties van het dichthouden van de Kier duidelijk in beeld zijn gebracht. Eventuele consequenties hiervan voor de vismigratie in de Rijn-Maasmonding worden in dit rapport niet behandeld.

De zoute meren (Type M32) hebben een open verbinding via een of meer spuisluisen met omringende getijdenwateren (Type K1 of K2) waardoor er sprake is van een constante uitwisseling van water. Daarnaast wordt er polderwater op de meren afgelaten. De grote zoute meren hebben een stabiel peil met

kleine schommelingen (0.1-0.2 m) en een redelijk stabiel zoutgehalte met enige seizoensinvloeden. In de voormalige stroomgeulen treedt regelmatig stratificatie op door een diepe zouttong of temperatuurverschillen.



Overzicht studiegebied

- | | |
|---|---|
| 1 Volkerakdam met scheepvaart- en spuisluizen | 8 Binnenschelde |
| 2 Philipsdam met Krammersluizen | 9 Markiezaatsmeer |
| 3 Oosterdam met Bergsediep-luis | 10 Haringvlietdam met scheepvaart- en spuisluizen |
| 4 Markiezaatskade | 11 Brouwersdam |
| 5 Kreekraksluizen | 12 Grevelingendam |
| 6 Bathse spuikanaal met spuisluis | 13 Stormvloedkering Oosterschelde |
| 7 Zoommeer | |

Figuur 1. Overzicht van het studiegebied voor het project Volkerak-Zoommeer in de huidige situatie.

Voor een referentie van de visfauna voor watertype M32 is met een scheef oog gekeken naar de 'fjorden' aan de Deense oostkust, waarbij er veel onzekerheden zijn bij de kwantitatieve invulling van de referentie en maatlat M32 (Jaarsma et al., 2007). In de sterk brakke wateren (zoals M32) komen echte zoetwater vissoorten niet voor. Doortrekkende soorten als zalm, zeeforel en zeeprick kunnen worden waargenomen. Het gaat dan meestal om korte verblijfsperioden. Daarnaast zijn grondels, paling, grote koornaarvis en driedoornige stekelbaars belangrijk (Van der Molen & Pot, 2007).

De volgende indicatoren worden genoemd voor watertype M32: aantal soorten van de ecologische gilden CA (diadrome soorten), ER (estuariën residente soorten), MJ+MS (mariene juveniele soorten en mariene seizoensgasten), Z1+Z2 (laagtolerante en brakwatertolerante zoetwatersoorten). Abundantie wordt beoordeeld in termen van % biomassa van de gilden CA, ER, MJ+MS, Z1+Z2.

In onderstaande tabel worden de KRW-indicatorsoorten voor M32 per ecologisch gilde vermeld (Tabel 1).

Tabel 1. Indeling van vissoorten in groepen of ecologische gildes in de grote brakke meren (M32). CA: diadrome soorten, ER: estuarien residente soorten, MJ: marien juveniele soorten; MS: mariene seizoensgasten; Z1-MBRAK: brakwatertolerante zoetwatersoorten; Z2-LBRAK: laagtolerante zoetwatersoorten.

CA	ER	MJ	MS	Z1-MBRAK	Z2-LBRAK
Driedoornige stekelbaars	Bot ¹	Griet	Ansjovis	Baars	Alver
Elft	Botervis	Haring	Diklipharder	Kolblei	Blankvoorn
Fint	Brakwatergrondel	Kabeljauw	Geep	Snoekbaars	Brasem
Paling	Dikkopje	Koornaarvis	Snotolf	Tienddoornige stekelbaars	Giebel
Rivierprik	Glasgrondel	Rode poon	Sprot		Karper
Spiering	Grote zeenaald	Schar	Vijfdradige meun		Pos
Steur	Harnasman	Schol			Vetje
Zalm	Houting ¹	Steenbolk			
Zeeforel	Kleine zeenaald	Tarbot			
Zeeprik	Puitaal	Tong			
	Slakdolf	Wijting			
	Zandspiering	Zeebaars			
	Zeedonderpad				
	Zwarte grondel				

Het Expertteam geeft de volgende overwegingen bij de visfauna van KRW-watertype brakke meren M32 (Jaarsma et al., 2007):

- brakke wateren zijn geen overgangswateren (geen rivier); voor diadrome soorten als zalm, zeeforel en rivierprik vormen ze dus ook geen waarschijnlijke migratieroute. Spiering, paling en driedoornige stekelbaars worden juist wel verwacht
- de meeste soorten van de groep ER worden met name in brakke-zoute wateren verwacht, veelal zijn het kleine soorten met een lage biomassa (per individu)
- de groep mariene soorten vormt alleen in brakke tot zoute wateren een belangrijk deel van de biomassa
- beide groepen brakwatertolerante zoetwatersoorten kunnen in zwak-brakke wateren voorkomen, in brakke-zoute wateren vrijwel alleen soorten van Z1
- laagtolerante zoetwatersoorten komen alleen in de zwak-brakke wateren voor

2.2 NATURA 2000-DOELSTELLINGEN TEN AANZIEN VAN DE VISFAUNA

Voor Natura 2000 zijn de volgende wateren, die betrekking hebben op het huidige vraagstuk, als speciale beschermingszone aangewezen: Grevelingenmeer, Haringvliet, Hollands Diep, Krammer-Volkerak, Oosterschelde, Zoommeer. Slechts voor Haringvliet en Hollands Diep zijn er instandhoudingsdoelstellingen geformuleerd die betrekking hebben op de vissoorten die deel uitmaken van de Habitatrichtlijn.

Voor het Haringvliet betreft het de soorten Zeeprik, Rivierprik, Elft, Fint, Zalm, Bittervoorn en Rivierdonderpad. Voor de laatste twee soorten is een behoudsdoelstelling geformuleerd; voor de overige genoemde soorten is het doel een uitbreiding/verbetering van omvang en kwaliteit van het leefgebied en de populaties. De wateropgave voor Haringvliet is omschreven als “herstel zoutinvloed in het Haringvliet, vooral voor trekvisen zoals Zeeprik, Elft en Zalm”.

Bij Hollands Diep gaat het om de soorten Zeeprik, Rivierprik, Elft, Fint, Zalm waarvoor het doel is: “behoud omvang en kwaliteit van het leefgebied” met “uitbreiding van de populatie”. De geformuleerde wateropgave is een kwaliteitsverbetering van het zoetwatergetijdengebied ten gunste van de Fint, inclusief paaiplaatsen. Anderzijds is het streven: “geen barrières in de trekroute voor Zalm, Zeeprik, Rivierprik en Elft”.

¹ Bot en Houting worden ook wel ingedeeld in het diadrome ecologisch gilde.

2.3 VERWACHTING VAN HET BELANG VAN VOLKERAK-ZOOMMEER MET BETREKKING TOT DE VISFAUNA

Via de Krammersluizen in de Philipsdam staat het Volkerak-Zoommeer in verbinding met de noordelijke tak van de Oosterschelde, terwijl de verbinding met de zuidelijke Oosterschelde wordt gevormd door de Bergsediepsluis in de Oesterdam. De spuisluis bij Bath geeft een waterverbinding naar de Westerschelde. Via Steenbergse Vliet en Dintel wordt het Volkerak-Zoommeer gevoed met afstromend zoetwater.

Het Haringvliet kent in de huidige situatie een getijverschil van 20 cm (doordringend via het Spui), resulterend in een gemiddeld hoogwaterpeil van NAP +0,50 - +0,70 m en een gemiddeld laagwaterpeil van NAP -0,45 - +0,40 m. Omdat het waterpeil van het Haringvliet/ Hollands Diep gemiddeld hoger is dan dat in het Volkerak-Zoommeer, is de netto waterbeweging van noord naar zuid gericht.

Het waterpeil in Oosterschelde en Westerschelde varieert met het getij. De grootste tijverschillen in Nederland (gemiddeld 4.83 m) treden op bij Bath (RIKZ, 2006). Het gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) peil is als volgt:

- Bath: GHW NAP +2,72 m, GLW NAP -2,11 m
- Bergsediepsluis west: GHW +1,86 m, GLW -1,60 m
- Krammersluizen west: GHW +1,63 m, GLW -1,45 m

Tot 1987 werd het Volkerak gekenmerkt door een overwegend mariene visfauna, met vertegenwoordigers van het diadrome gilde, estuarien residente en marien juveniele soorten en mariene seizoensgasten, naast brakwatertolerante zoetwatersoorten. De visfauna in het voormalige Volkerak bestond uit 9 diadrome vissoorten, 23 mariene soorten en 9 soorten zoetwater vis (Meijer & Van der Horst, 1993). Van de genoemde diadrome soorten komen na de verzoeting alleen nog de bot, driedoornige stekelbaars, paling, spiering en rivierprik in het Volkerak-Zoommeer voor; de fint, grote marene, zeeprik en zeeforel/zalm werden nog slechts incidenteel gevangen in lage aantallen (Meijer & Van der Horst, 1993).

Wanneer weer zoutwater wordt toegelaten zal de huidige zoetwater visfauna grotendeels verdwijnen uit het Volkerak-Zoommeer, terwijl de ontwikkeling van de zoutwater visfauna sterk zal worden bepaald door de uitwisseling met de aangrenzende waterlichamen (Figuur 1). Om meer zout en dynamiek in het systeem te krijgen is een groot doorlaatmiddel nodig in de Philipsdam. De huidige voorkeursvariant is 'P300', waarbij het doorlaatmiddel 300 m² is en een daggemiddeld debiet van 270 m³/s inlaat met een getijslag van 30 cm. Het grootste deel van dit debiet wordt ook weer uitgelaten via het doorlaatmiddel in de Philipsdam, maar daarbij zorgt de Bathse spuisluis voor een vrijwel continue afvoer van water naar de Westerschelde (Figuur 2). In de toekomstige situatie heeft het Volkerak-Zoommeer een gemiddeld peil van NAP -0.10 m met een getijverschil van 30 cm (NAP -0.25 m tot NAP +0.05 m; variant P300) of NAP +0 m met een getijverschil van 55 cm (variant P700).

Bij de Bergsediepsluis en de Krammersluizen is in 2010 (februari – juni) geëxperimenteerd met een visvriendelijk sluisbeheer om vismigratie te bevorderen, door het onder vrij verval spuien van zoet water bij laag water op de Oosterschelde en het bij opkomend tij langer openhouden van de openingen in de sluisen (Wanningen & Van Herk, 2010). Tussen zout en zoetwater migrerende soorten zoals bot, aal en driedoornige stekelbaars werden aan beide kanten van de sluisen gevangen. Diadrome soorten als de zeeprik en zeeforel werden aan de zoete kant aangetroffen. Van mariene soorten zoals koornaarvis, groene zeedonderpad en zeedonderpad zijn enkele exemplaren gevangen aan weerszijden van de sluisen. Met verschillende methoden zijn 12 vissoorten waargenomen die tijdens aangepast sluisbeheer de sluisen zijn gepasseerd. Diadrome vissoorten zoals Driedoornige stekelbaars, Dunlipharder, Bot, Paling, Zeeprik, Zeeforel en Glasaal zijn in de sluis aangetroffen, evenals soorten die een voorkeur hebben voor brak water zoals Koornaarvis, Haring en incidenteel ook Spiering. Dit zijn aanwijzingen dat bij uitvoering van visvriendelijk sluisbeheer mariene vissoorten via deze route het Volkerak-Zoommeer kunnen bereiken en herbevolken. Tijdens het monitoren zijn er diverse zichtwaarnemingen gedaan van vissen en scholen vis voor de sluis terwijl de migratie door de sluis vervolgens zeer beperkt was. Dit geeft aan dat de zoetwater lokstroom functioneert maar dat de migratievoorziening (door de vis) nog niet als optimaal wordt beoordeeld (Wanningen & Van Herk, 2010).

De omstandigheden in het Volkerak-Zoommeer zijn in principe geschikt voor het instandhouden van een aalpopulatie, maar de aalstand staat of valt met de glasaalaanvoer via een meer natuurlijke getijde-uitwisseling tussen Volkerak-Zoommeer en zee (Schneider et al., 2006). Intrek van glasaal vindt plaats via de Krammersluizen, Bergsediepsluis en de spuisluis van Bath. Het aanbod van glasaal bij Stellendam (in de monding van het Haringvliet) is sinds begin jaren '80 sterk teruggelopen (Figuur 3) en weerspiegelt daarmee een trend die in heel Europa gaande is. De kortere tijdreeksen van de glasaalindex bij Bath en Krammer volgen een vergelijkbaar patroon, met veel hogere aantallen bij Bath (linker Y-as) dan bij Krammer (rechter Y-as). Dit duidt erop dat voor glasaal de aanvoer via de Westerschelde een belangrijke route vormt.

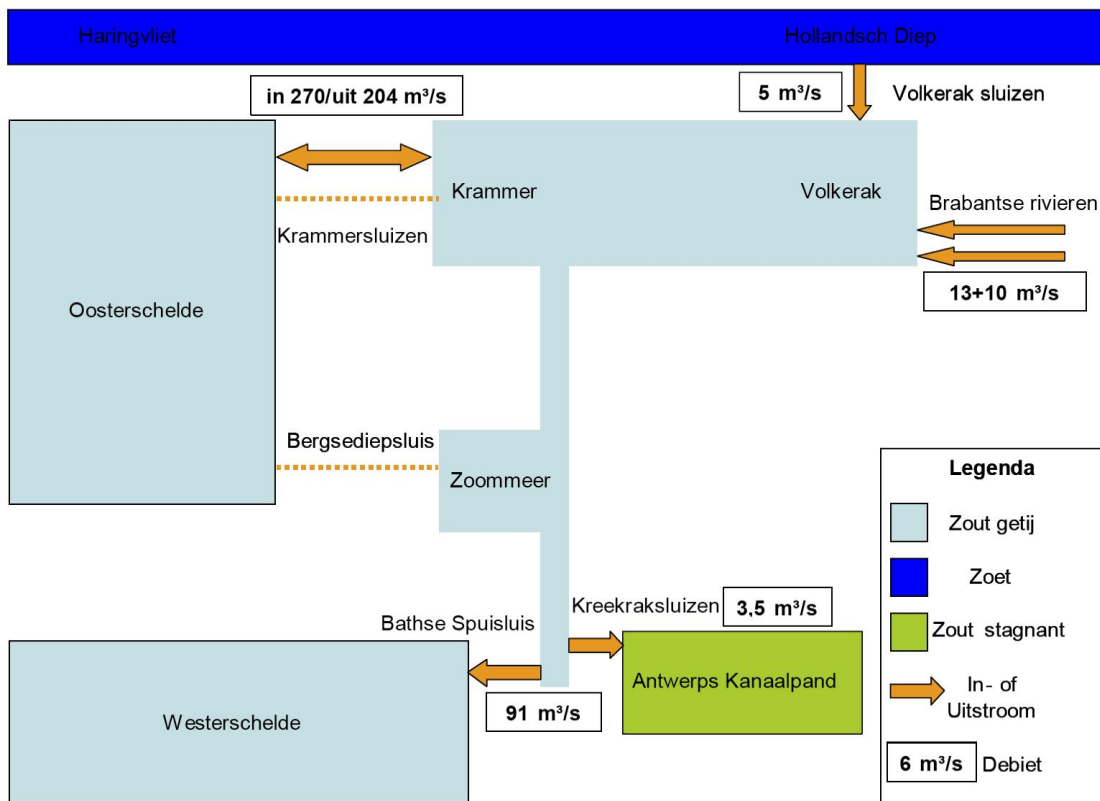
De verwachting is dat genoemde intrekpunten in de nieuwe situatie minder attractief worden voor glasaal omdat de zoete lokstroom en de zoutgradiënt afnemen. In het scenario met toevoer van zoutwater vanuit de Oosterschelde en afvoer via de Bathse Spuisluis is geen significant transport van paling met de eb- en vloedstroom naar het Volkerak-Zoommeer te verwachten. Instroom via de Bathse Spuisluis zal beperkt zijn omdat de stroomsnelheden in de sluisen te hoog zijn voor succesvolle actieve migratie van glasaal bij afwezigheid van een ingaande waterbeweging (Schneider et al., 2006) en het aanbod van glasaal is bij de Krammersluisen veel lager dan bij Bath. De uitwisseling via Bergsediepsluis is beperkt van omvang.

Wanneer een meer natuurlijke getijde-uitwisseling tussen Westerschelde, respectievelijk Oosterschelde en het Volkerak-Zoommeer gerealiseerd wordt dan zullen meerdere diadrome en mariene soorten (driedoornige stekelbaars, bot, zalm, zeeforel, harders, fint en elft) hiervan profiteren. De visfauna in de Oosterschelde is soortenrijk, met in totaal 56 geregistreerde mariene vissoorten in de monitoringperiode 1999-2001 (zie Bijlage 1; Meijer, 2002).

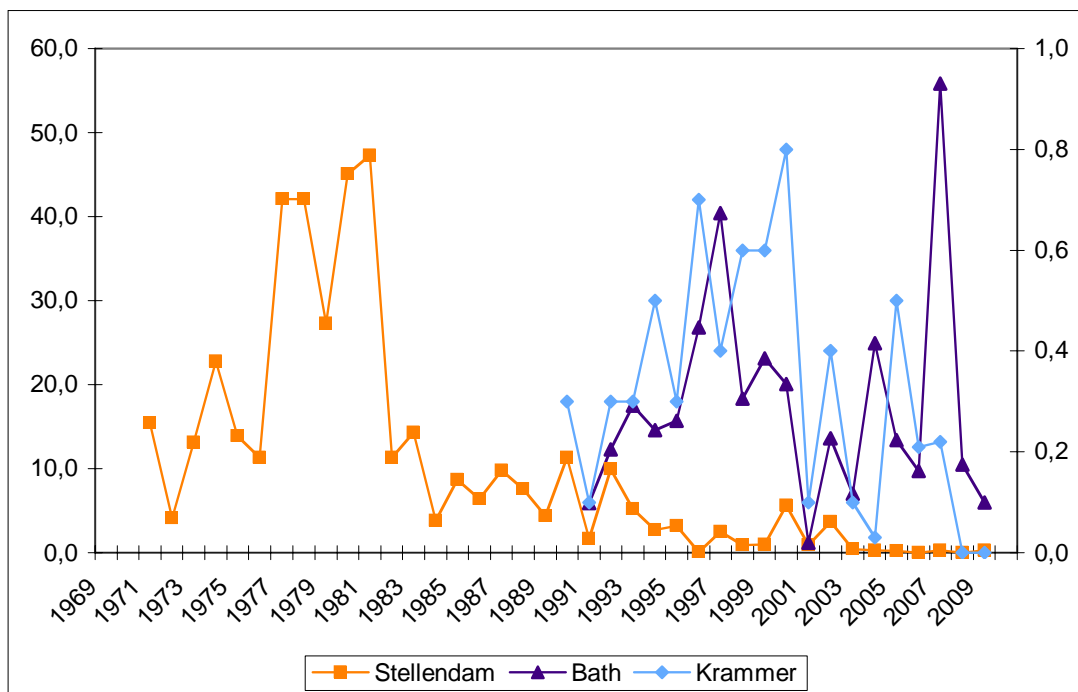
In potentie kan het Volkerak-Zoommeer daarom dienen als migratieroute voor diadrome vissen die via de Westerschelde of de Oosterschelde naar Brabantse beken of het Rijn-stroomgebied willen optrekken (in aanvulling op de route vanaf de Noordzee via de Haringvlietsluisen en de Nieuwe Waterweg). Door intrekken van het Kierbesluit wordt het relatieve belang van de migratieroute via het Volkerak-Zoommeer groter. Het Volkerak-Zoommeer kan ook weer functioneren als opgroei- en leefgebied voor estuarien residente soorten en mariene seizoensgasten, zoals ook in het verleden het geval was.

Onderstaand schema geeft het geschatte belang van de migratieroute via de Volkeraksluisen voor verschillende groepen vis (op basis van deskundigen-oordeel, met inbreng van Erwin Winter, IMARES).

Ecologisch gilde	Stroomafwaarts Hollands Diep → Volkerak-Zoommeer	Stroomopwaarts Volkerak → Hollands Diep
Diadrome vissoorten (Volkerak-Zoommeer gebruikt als 'transit'): zalm, forel, zeeprík, rivierprík, elft	Volkeraksluisen zeer gering belang Stroomafwaarts migrerende vis kan vrij uittrekken via Haringvliet of Nieuwe Waterweg. Vanwege het geringe debiet van de Volkeraksluisen ten opzichte van de afvoeren via Haringvliet of Nieuwe Waterweg zal hooguit een uiterst kleine fractie van de diverse populaties in het Volkerak-Zoommeer terechtkomen. Wanneer dit eventueel minder goed mogelijk wordt door een bellenscherm dan is dit geen enkel probleem.	Volkeraksluisen gering belang Het kan hierbij gaan om vis die in de Westerschelde niet verder stroomopwaarts migreert, maar de 'verkeerde' afslag neemt bij Bath. De kans hierop wordt met een zouter Zoommeer kleiner dan in de huidige situatie omdat de zoete lokstroom wegvalt. Iets dergelijks geldt voor diadrome vis die via het doorlaatmiddel Philipsdam of de Bergsediepsluis optrekt vanuit de Oosterschelde, die als trekroute voor diadrome vis nu al een zeer geringe rol speelt. De enkele diadrome vis die in het Volkerak-Zoommeer terecht komt is gebaat bij intrek naar het Hollands Diep, maar op populatieniveau zal dit een uiterst klein aandeel zijn. Als het Kierbesluit voor de Haringvlietsluisen vervalt, vormt de route via Scheldes en Volkerak-Zoommeer een alternatief voor de vis.
Diadrome vissoorten '+' (Doortrekkers die het Volkerak-Zoommeer als 'transit' en ook als opgroei-gebied gebruiken): paling, driedoornige stekelbaars, spiering, houting, steur	Volkeraksluisen wellicht enig belang Het is minder logisch dat deze soorten, die vanuit zee komend eerst in het zoete Hollands Diep belanden, in tweede instantie alsnog het zoutere Volkerak zullen verkiezen. Toch zou dit voor driedoornige stekelbaars, spiering, houting en paling een route kunnen zijn om het Volkerak te 'koloniseren'. Of het een veelgebruikte trekroute voor deze diadrome soorten gaat worden is maar zeer de vraag.	Volkeraksluisen wellicht enig belang, vooral bij toename van de zoete lokstroom vanuit het Hollands Diep. Het voorkomen van driedoornige stekelbaars, spiering en paling in het Volkerak-Zoommeer zal vooral afhangen van de intrekbaarheid vanuit Ooster- en Westerschelde (al zal dit bij wegvallen van de zoete lokstroom een minder aantrekkelijke route worden). Voor deze soorten (m.u.v. houting en steur) is ook de optrek naar de Brabantse beken relevant.
Estuariene vissoorten die het brakke Volkerak-Zoommeer benutten als paai- en/of opgroei-gebied	Volkeraksluisen niet van belang Wellicht dat enkel de bot vanuit het Hollands Diep in het Volkerak-Zoommeer belandt. De andere soorten zullen vanuit de aangrenzende zoute wateren komen (Ooster-, Westerschelde).	Volkeraksluisen niet van belang De zoete lokstroom zal alleen voor bot(larven) eventueel van belang kunnen zijn.
Zoetwatervis	Migratie via Volkeraksluisen ongewenst De 'uitspoeling' zal beperkt zijn gezien het geringe debiet en daarmee lijkt het probleem klein.	Volkeraksluisen enig belang Eventueel uitgespoelde zoetwatervis kan via deze route terugkeren. Het gaat waarschijnlijk om geringe aantallen.



Figuur 2. Waterbalans Volkerak-Zoommeer in relatie tot de omringende wateren, toekomstige situatie bij variant P300 (bron: MER).



Figuur 3. Glasaal-index bij Stellendam, Bath (linker Y-as) en Kramer (rechter Y-as). Bron: De Graaf & Bierman, 2010.

3 ZOUTLEKBEPERKENDE MAATREGELLEN EN VISMIGRATIE

Om de zoutlek via de Volkeraksluizen naar het Hollands Diep zoveel mogelijk te beperken wordt een aantal maatregelen door Deltares onderzocht:

- het plaatsen van water- en luchtbellenschermen
- lekkende ebdeuren (het spoelen van de schutkolk met zoet water)
- het aanbrengen van drempels (zout water is zwaarder dan zoet water, drempels beperken het uitstromen van zout water)

Bellenschermen

Er zijn verschillende onderzoeken gedaan naar de werking van bellenschermen in relatie tot het gedrag van vis, vooral vanuit de mogelijke toepassing van bellenschermen als middel om vis te weren uit de koelwaterinlaat van energiecentrales. Een bellenscherm wordt in die context beschouwd als een op gedrag gebaseerde afschrikmethode die selectief werkt, afhankelijk van de vissoort.

Drie onderzochte estuariene vissoorten, *Morone americana* ("white perch"), *Leiostomus xanthurus* ("croaker", Sciaenidae) en *Brevoortia tyrannus* ("menhaden", een haringachtige die voorkomt langs de Amerikaanse oostkust), vertoonden in een experimentele opstelling weinig vermijding van een bellenscherm. Eén van de soorten (white perch) werd zelfs aangetrokken door het bellenscherm. In combinatie met licht en geluid werd een hogere vermijding van het bellenscherm geconstateerd (Sager et al., 1987).

Drie Amerikaanse zoetwater vissoorten (*Alosa pseudoharengus*, *Osmerus mordax*, *Dorosoma cepedianum*) vertoonden vermijdingsgedrag ten opzichte van een bellenscherm, afhankelijk van de verlichting en de ruimte tussen de belletjes. In troebele omstandigheden of 's nachts zijn bellenschermen niet of minder effectief (Patrick et al., 1985; Solomon, 1992).

Ook de stroomsnelheid is een factor die van invloed is op de effectiviteit van een bellenscherm; bij hogere stroomsnelheid of turbulentie waaieren de belletjes uit en vormen geen gesloten scherm, waardoor de vis ertussendoor kan glippen. Rondvis werd in een veldexperiment in enige mate bijeen gehouden, maar een bellenscherm werkte niet bij platvis (Stewart 1981).

Pos (*Gymnocephalus cernuus*) vertoonde wel een gedragsreactie op bellenscherm, maar er was in de experimentele situatie geen verschil met de controle met betrekking tot het aantal passages van het bellenscherm (Dawson et al., 2006).

Dawson et al. (2006) vergeleken in een experiment het effect op de vissoort pos van een bellenscherm met gaatjes van 0.4 mm of 1 mm gecombineerd met twee dichtheden van gaatjes (elke 6.25 mm of elke 12.5 mm). De grootte en dichtheid van de bellen werden niet als een significante factor beoordeeld (Dawson et al., 2006).

Bellenschermen zijn minder effectief in langzaam stromend water met residente populaties; na enige tijd treedt bij de vissen gewenning op waardoor de aanvankelijke barrièrewerking verloren gaat (Turnpenny et al., 1998). De effectiviteit van het bellenscherm als afschrikmiddel voor vis is in het algemeen laag (0-25%), waardoor het nauwelijks of niet wordt toegepast als visafweer bij koelwaterinname (Bruijs, 2007).

Lekkende ebdeuren

De methode van lekkende ebdeuren beperkt het zoutlek door het creëren van een retourstroming van zout uit de kolk naar de zoute zijde, verzoeting van de zoute voorhaven en door een lager zoutgehalte van het kolkwater (bron: Deltares conceptrapport "beschrijving en resultaten praktijkproef Stevinsluis", *in prep.*). Voor diadrome vissoorten is een zoete lokstroom sturend bij de stroomopwaartse migratie. Het toepassen van lekkende ebdeuren in combinatie met een bellenscherm draagt bij aan een goede lokstroomwerking en werkt daarom naar verwachting bevorderend voor de vismigratie van diadrome soorten van Volkerak naar Haringvliet/Hollands Diep. Zie bijlage 2 voor nadere uitleg van de mogelijkheden om visvriendelijk beheer van de sluizen toe te passen. Vooral in de migratieperiode van diadrome vis (zie bijlage 3 voor een beknopte toelichting) is het belangrijk om deze maatregel toe te passen. De grootte van deze lokstroom wordt gedicteerd door het maximaal toegestane zoetwaterverlies vanuit Hollands Diep.

Bodemdrempels

Een bodemdrempel hoeft niet nadelig te zijn voor vismigratie; integendeel, het kan stroomsnelheden aan de bodem verlagen en een variatie aan stroomsnelheden creëren waardoor vissen makkelijker tegen de stroom in kunnen migreren. Over de precieze uitvoering van bodemdrempels in de Volkeraksluizen zijn nog geen details bekend, daarom wordt hier verder niet op ingegaan.

4 TOEPASBAARHEID OP SITUATIE VOLKERAKSLUIZEN

De onderzochte vissoorten zijn deels andere dan in de Nederlandse wateren voorkomen, maar sommige zijn qua ecologie en gedrag wel te vergelijken met soorten die in het Volkerak-Zoommeer worden verwacht (*Osmerus mordax* versus *Osmerus eperlanus*, *Alosa pseudoharengus* versus *Alosa fallax*, *Brevoortia tyrannus* versus *Clupea harengus*; zie ook www.fishbase.org). Gebaseerd op diverse soort-specifieke bevindingen in de diverse onderzoeken (zie voorgaande paragraaf) en de algemene conclusie gebaseerd op meerdere onderzoeken dat bellenschermen op zichzelf weinig effectief zijn om vissen te weren is de verwachting dat de toepassing van een bellenscherm in de Volkeraksluizen geen onoverkomelijke barrière zal opwerpen voor vismigratie.

Het type bellenscherm dat door Deltares wordt toegepast bestaat uit zig-zag geplaatste 'douchekoppen' waarmee een dicht bellenscherm wordt geproduceerd dat opstijgt vanaf de bodem. Dit specifieke type bellenscherm is niet onderzocht op de barrièrewerking voor vissoorten.

Een bellenscherm kan in combinatie met licht, geluid of elektrische velden een grotere barrièrewerking krijgen dan afzonderlijk. Hoewel de effectiviteit van bellenschermen als hindernis voor vis gering lijkt te zijn, moet dus gewaakt worden voor een combinatie met andere factoren die de eventuele barrièrewerking zouden kunnen versterken. De toepassing van licht en geluid of elektrische velden is bij de Volkeraksluizen vanuit zoutlekbeperving niet aan de orde.

Een hogere stroomsnelheid of turbulentie van het water kunnen de integriteit van een bellenscherm verstoren (Patrick et al., 1985). De barrièrewerking van bellenschermen is ook minder in het donker of in troebele omstandigheden, zoals in het Volkerak-Zoommeer vaak het geval is. De Volkeraksluizen zijn druk bevaren; bij het binnengaan en verlaten van de sluizen ontstaat turbulente waterbeweging door de scheepsschroeven. Hierdoor vermindert de eventuele barrièrewerking van het bellenscherm voor vissoorten.

Over de combinatiewerking met een waterjet (één van drie voorgestelde combinaties om het zoutlek te beperken) is geen literatuur gevonden. Een waterjet veroorzaakt sterke waterstromingen in de sluiskolk. Het is algemeen bekend dat de migratiemogelijkheden van vissen sterk worden bepaald door hydraulische condities. De zwemcapaciteit van vissen varieert per grootte en soort, maar de stroomsnelheden mogen niet te hoog zijn (<1 m/s) als een vis ertegenin moet zwemmen. Sommige vissoorten en levensstadia vertonen een gedrag waarbij zij tegen de stroom in willen zwemmen, andere maken gebruik van selectief getijdentransport waarbij juist van de inkomende vloedstroom gebruik wordt gemaakt (met de stroom mee). De glasaal en botlarven zijn een voorbeeld van deze getijdemigranten. Deze groep heeft baat bij een "zoute slok" waarbij kleine hoeveelheden zout water naar zoet mogen stromen en waarop zij kunnen meeliften. Diadrome soorten als zalm, zeeforel, fint, elft, schieraal, rivierprik en zeeprink en adulte spiering zijn gewend om gebruik te maken van stroming maar kunnen ook actief zwemmend tegenstrooms verder stroomopwaarts migreren.

Voor scheepvaartsluizen geldt dat vismigratie bij het schutten in theorie mogelijk is. De ervaringen met het gebruik van sluizen als vispassage door migrerende vissen lopen echter sterk uiteen en lijken afhankelijk te zijn van verschillende factoren, zoals het aantal schuttingen, de ligging/locatie van de sluis in een watersysteem, de afmetingen van de sluis etc. Er wordt aangenomen dat scheepvaartsluizen niet optimaal zijn voor vismigratie, met name door de afwezigheid van een lokstroom (Arntz et al., 2009). In de Volkeraksluizen is in de toekomstige situatie echter een zoetwater lokstroom aanwezig door instromend water uit het Haringvliet/Hollands Diep (debiet naar schatting 25 m³/s) en door de toepassing van de methode van lekkende ebdeuren. Intensief scheepvaartverkeer door de sluizen kan een belemmering vormen voor vismigratie. Dat is mogelijk ook al het geval in de huidige situatie en dat verandert niet door zoutlekbepervende maatregelen.

De stroomafwaartse migratie van diadrome vissoorten volgt primair de waterlichamen die de grootste zoetwaterafvoer hebben (Westerschelde, Hollands Diep–Haringvliet, Nieuwe Waterweg, IJsselmeer), eerder dan de Volkeraksluizen en het Volkerak-Zoommeer. Ook bij de stroomopwaartse migratie volgen diadrome vispopulaties in het stroomgebied van Schelde, Maas en Rijn overwegend andere routes dan het Volkerak-Zoommeer.

Het nu nog tamelijk ondergeschikte belang van de Volkeraksluizen voor diadrome vis kan toenemen wanneer het Kierbesluit niet wordt uitgevoerd en als de vismigratie vanaf Westerschelde of Oosterschelde via Volkerak-Zoommeer naar Haringvliet door betere uitwisseling toeneemt.

5 AANDACHTSPUNTEN, AANBEVELINGEN EN CONCLUSIES

De “evaluatie door middel van deskundigenoordeel van de invloed en mogelijkheden van maatregelen ten behoeve van vismigratie (met name intrek)” (formulering uit de projectbeschrijving van Deltares) kent meerdere niveaus, maar betreft primair een inschatting van de gevolgen voor vismigratie van de zoutlekbeperkende maatregelen bij de Volkeraksluis, met als kanttekening dat de vismigratie via de Volkeraksluizen vermoedelijk momenteel al niet optimaal is vanwege het drukke scheepvaartverkeer.

Aandachtspunten en aanbevelingen

De in de literatuur beschreven onderzoeken zijn niet uitgevoerd met het specifieke innovatieve bellenscherm dat door Deltares wordt toegepast en zijn evenmin gericht op de vissoorten die bij ons inheems zijn of die behoren tot de diadrome migranten die relevant zijn voor het behalen van de beheersdoelen. Een aandachtspunt is dat de innovatieve bellenschermen niet getest zijn op vispassage, terwijl verwacht wordt dat de hoge bellendichtheid van dit type scherm de barrièrewerking vergroot. Om de hierdoor resterende onzekerheden weg te nemen wordt aanbevolen om de introductie van zoutlekbeperkende maatregelen te begeleiden met monitoring om de (veranderingen in) vismigratie door de Volkeraksluizen te meten. Wanneer effecten geconstateerd worden is mitigatie van de zoutlekbeperkende maatregelen nodig en mogelijk door aanvullende maatregelen te nemen die de vismigratie optimaliseren.

De aanwezigheid in het Volkerak-Zoommeer van estuarien residente soorten en het toekomstig functioneren als vismigratieroute voor diadrome vissoorten hangt in hoge mate af van een goede uitwisseling met de Westerschelde en Oosterschelde; er zal geen aanbod van migrerende vis bij de Volkeraksluizen zijn wanneer de aangrenzende waterlichamen via de respectievelijke sluisen niet passeerbaar zijn. De stroomsnelheden over de Bathse spuisluis zijn te hoog voor glasaalintrek; de toevoer van glasaal via deze route is belangrijk en verdient optimalisatie. De passeerbaarheid van Bergsediepsuis en Krammersluizen is in de huidige situatie niet optimaal maar kan verbeterd worden door toepassing van visvriendelijk sluisbeheer (Wanningen & Van Herk, 2010).

Geredeneerd vanuit de watersystemen van de Brabantse beken is de aanvoerroute van vis via het Volkerak-Zoommeer van groot belang. De meest aannemelijke route loopt in de toekomstige situatie, en bij het niet uitvoeren van het Kierbesluit, via Wester- en Oosterschelde en dus niet via de Volkeraksluizen.

Voor paling, spiering, driedoornige stekelbaars en mogelijk ook de rivierprik is de optrekbaarheid van de Brabantse beken relevant en wellicht zelfs belangrijker dan de migratie via Volkeraksluizen naar Hollands Diep. De optrek van de Dintel en Steenbergse Vliet is daarom eveneens een aandachtspunt. In de huidige situatie staan de sluisen meestal open (pers. meded. Marco Beers, Waterschap Brabantse Delta), waardoor op deze locatie nu geen belemmering van stroomopwaartse of stroomafwaartse vismigratie aanwezig is. Bij het inrichten van het toekomstig sluisbeheer van Dintelsas en Benedensas als gevolg van de veranderingen in het Volkerak moet rekening gehouden worden met vismigratie en is een evaluatie aan de orde hoe eventuele maatregelen doorwerken op de migratie van de diadrome vissoorten en of aanvullende mitigatie of optimalisatie van het sluisbeheer aldaar nodig is.

Mogelijkheden voor mitigatie

Voor eventuele mitigatie zijn meerdere oplossingsrichtingen voorhanden. Op het complex Volkeraksluizen zijn meerdere schutsluizen en spuisluisen aanwezig die ingezet kunnen worden ter bevordering van vismigratie. De spuisluisen hebben als voordeel dat zij een ruime (300 m², 4 openingen) doorgang bieden aan migrerende vis; de keerzijde is dat zelfs bij openen van slechts 1 spuikoker meer zoetwater van Haringvliet naar Volkerak stroomt dan is toegestaan (max. 25 m³/s). Wanneer het ‘verlies’ van zoetwater via de spuisluisen te groot is komen de schutsluisen in beeld. Hiervoor wordt aan de zoute zijde een zoete lokstroom opgebouwd waarbij de vis zich voor-verzamelt. Deze zoete lokstroom wordt door de zoutlekbeperkende maatregel van de lekkende ebdeuren gecreëerd. Vervolgens wordt de aangetrokken en verzamelde vis van zout naar zoet geschut. Dit kan het best gebeuren via zogenaamde loze schuttingen, en met name ‘s nachts en in de voor vis relevante migratieperiodes, waarbij geen schepen passeren maar de kolk uitsluitend voor vis wordt omgezet. Daarbij is vanuit de scheepvaartfunctie de inzet van de jachtensluis te verkiezen boven de zeer intensief benutte beroepssluisen waar loze schuttingen de transportcapaciteit van de sluisen verminderen.

Vanuit het perspectief van de beheerder is naast het optimaliseren van de passeerbaarheid van de Volkeraksluizen ook het bredere kader van belang, waarbij verplichtingen vanuit de Benelux-beschikking, KRW en Natura 2000 leidend zijn. Voor het bereiken van de KRW- en Natura 2000-doelstellingen van het biologisch kwaliteitselement ‘vis’ in het Volkerak-Zoommeer is het zinvol om te investeren in goede visintrekmogelijkheden via de Bergsediepsuis en vooral ook de Bathse spuisluis.

Conclusies

Op basis van de beknopte literatuurinventarisatie worden de volgende conclusies getrokken ten aanzien van het effect van zoutlekbeperkende maatregelen op vismigratie door de Volkeraksluizen:

- Bellenschermen leiden mogelijk tot een hooguit geringe beperking van de vismigratie
- Lekkende ebdeuren versterken een zoete lokstroom en hebben een positief effect op vismigratie
- Bodemdrempels hebben, enigzins afhankelijk van de uitvoering, waarschijnlijk geen effect op vismigratie
- Voor het effect van waterjets zijn geen literatuurverwijzingen gevonden
- Het passeren van de Volkeraksluizen is niet de zwakste schakel voor de vismigratie in de Rijn-Maasmonding. Een eventueel gering effect van zoutlekbeperkende maatregelen in de Volkeraksluizen zal daarom weinig invloed hebben op de migratie van diadrome vissoorten in de Zuidwestelijke Delta.

6 REFERENTIES

- Arntz, J., R. Schreuders & B. Bakker, 2009. Ruim baan voor vis in Rivierenland. Projectnummer 4562578 in opdracht van Waterschap Rivierenland.
- Bruijs, M.C.M., 2007. Bureaustudie naar technische en operationele maatregelen bij koelwaterinlaten om de effecten van visinzuiging te reduceren. Studie in opdracht van Rijkswaterstaat, Waterdienst. KEMA Rapport 50763027-TOS/MEC 07-9183.
- Dawson, H.A., G. Ulrich, G. Reinhardt & J.F. Savino. Use of Electric or Bubble Barriers to Limit the Movement of Eurasian Ruffe (*Gymnocephalus cernuus*). J. Great Lakes Res. 32:40–49 Internat. Assoc. Great Lakes Res., 2006.
- De Graaf, M. & S. Bierman, 2010. Report on the eel stock and fishery in the Netherlands 2010. Country Report.
- Deltares, 2010a. Beschrijving en resultaten praktijkproef Stevinsluis, R.E. Uittenbogaard en J.M. Cornelisse, Rapport 1201226-005, definitief concept, 3 november 2010.
- Deltares, 2010b. Ontwerpstudie en praktijkproef Zoutlekbeperving Volkeraksluizen - Evaluatie maatregelen Volkeraksluizen; R.E. Uittenbogaard, J.M. Cornelisse, G.H. Keetels en D.R. Mastbergen; Rapport 1201226-006, concept, 1 december 2010.
- Jaarsma, N., M. Klinge & R. Pot (red.) 2007. Achtergronddocument Referenties en Maatlatten Vissen ten behoeve van de Kaderrichtlijn Water. Expertteams, 2007; bijgewerkt april 2008.
- Meijer, A.J.M., 2002. Monitoringonderzoek aan de visfauna van de Oosterschelde. Rapportage resultaten 1999 t/m 2001. Studie in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland. Bureau Waardenburg rapport 02-028.
- Meijer, A.J.M. & J. van der Horst, 1993. Monitoring-onderzoek aan de visfauna van het Volkerak/Zoommeer. Resultaten periode januari 1992 – juni 1003 en overzicht 1987 – 1993. Studie in opdracht van Rijkswaterstaat RIZA. Bureau Waardenburg rapport 93.11.
- Milieueffectrapportage Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer. Bestuurlijk Overleg Krammer-Volkerak. Ontwerp-MER, November 2009.
- Patrick, P.H., Christie, A.E., Sager, D., Hocutt, C. and Stauffer, J., Jr., 1985. Responses of fish to a strobe light/air-bubble barrier. Fish Res., 3: 157--172.
- Sager, D.R., Hocutt, C.H. and Stauffer, J.R., Jr., 1987. Estuarine fish responses to strobe light, bubble curtains and strobe light/bubble-curtain combinations as influenced by water flow rate and flash frequencies. Fish. Res., 5: 383-399.
- Schneider, O., J. Wijsman, J. Steenbergen & A. Smaal, 2006. Vissen in het zout... Een quickscan naar de gevolgen van het alternatief "zout" voor de visserij en schelpdiercultuur in het Volkerak Zoommeer. IMARES Rapport nr. C069/06.
- Solomon, D.J., 1992. Diversion and entrapment of fish at water intakes and outfalls. R&D Report No. 1, National Rivers Authority, Bristol, 51 p.
- Stewart, P.A.M. 1981. An investigation into the reactions of fish to electrified barriers and bubble curtains. Fish. Res. (Amst.) 1: 3–22.
- Turnpenny, A.W.H., G. Struthers & K.P. Hanson, 1998. A UK guide to intake fish-screening regulations, policy and best practice. ETSU H/06/00052/00/00.
- Van der Molen, D.T. van der & R. Pot, 2007. (Red.)– Referenties en Maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water. STOWA Rapport 2007-32. ISBN 978.90.5773.383.3.
- Wanningen, H. & J. van Herk, 2010. Proef natuurlijk sluisbeheer: de resultaten, conclusies en aanbevelingen. Eindconcept, november 2010.
- Winter, H.V., 2009. Voorkomen en gedrag van trekvis nabij kunstwerken en consequenties voor de vangkans met vistuigen. IMARES Rapport C076/09.

Bijlage 1. Vissoorten aangetroffen in de Oosterschelde vismonitoring (1999-2001).

Bron: Meijer, 2002.

rang nr.	vissoort	aantal vangsten	% van 160 vangsten
1	Bot	148	93%
2	Zeebaars	125	78%
3	Paling	120	75%
4	Puitaal	114	71%
5	Steenbolk	110	69%
6	Vijfdradige meun	106	66%
7	Koornaarvis	102	64%
8	Zeedonderpad	92	58%
9	Kabeljauw	89	56%
10	Tong	88	55%
11	Pollak	88	55%
12	Schol	86	54%
13	Grote zeenaald	83	52%
14	Botervis	82	51%
15	Geep	75	47%
16	Horsmakreel	66	41%
17	Haring	64	40%
18	Wijting	56	35%
19	Makreel	52	33%
20	Schar	50	31%
21	Gevlekte lipvis	47	29%
22	Zwarte grondel	45	28%
23	Diklipharder	44	28%
24	Fint	41	26%
25	Zandspiering	36	23%
26	Rode poon	33	21%
27	Pitvis	33	21%
28	Vorskwab	32	20%
29	Ansjovis	32	20%
30	Adderzeenaald	29	18%
31	Snotolf	25	16%
32	Harnasman	22	14%
33	Sprot	20	13%
34	Goudharder	17	11%
35	Mul	8	5%
36	Ruwe haai	6	4%
37	Dikkopje	6	4%
38	Pijlstaartrog	5	3%
39	Groene zeedonderpad	5	3%
40	Tarbot	4	3%
41	Sardien	3	2%
42	Griet	3	2%
43	Zalm	2	1%
44	Spiering	2	1%
45	Kleine zeenaald	2	1%
46	Grote pieterman	2	1%
47	Zeeforel	1	1%
48	Regenboogforel	1	1%
49	Zeekarper	1	1%
50	Trekkervis	1	1%
51	Slakdolf	1	1%
52	Rivierprik	1	1%
53	Dried. stekelbaars	1	1%
54	Dunlipharder	x	x
55	Driedradige meun	x	x
56	Dwergbolk	BW	BW

getal = waargenomen in periodieke vangstregistratie(s)

x = waargenomen in andere vangst

BW = waargenomen door medewerker Bureau Waardenburg

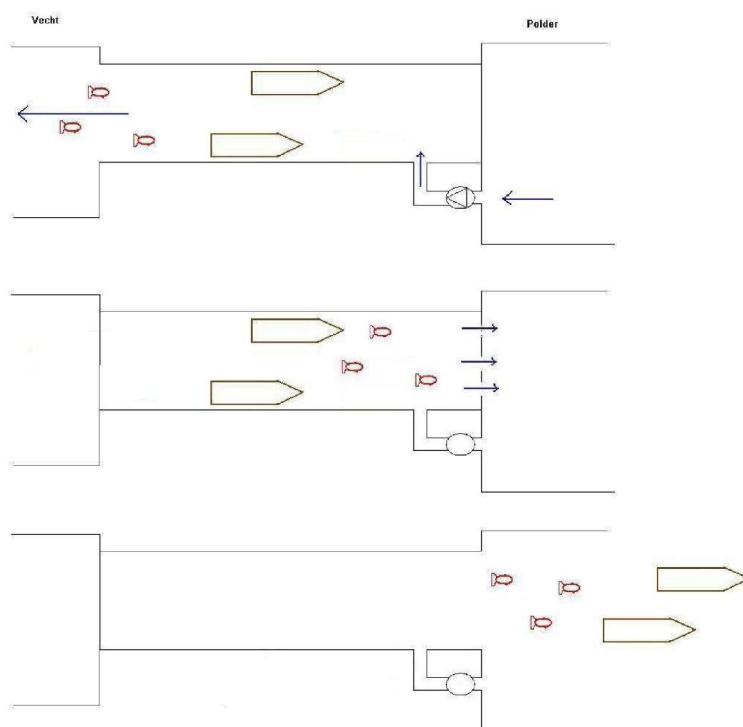
Bijlage 2. Vismigratie via sluisen (overgenomen uit Arntz et al., 2009).**Rinketten**

Door in de schut/spui/inlaatsluisdeuren zelf afsluitbare openingen te maken (zie figuur D), kan zonder al teveel waterverlies een doorgang worden gecreëerd op tijden dat de sluis dicht zit. Omdat spui/inlaatsluizen vaak werken met verticaal bewegende schuiven, kan het bij deze kunstwerken ook een verbetering betekenen voor de migratie van vissen in de waterkolom (aanvullend op het minimaal openzetten van de waterkerende schuif zelf). Rekening houdend met de afmeting van verschillende vissoorten dient een rinket minimaal 0,3 meter breed te zijn.

Visvriendelijk schutsluisbeheer

Wanneer er een schutting plaatsvindt, kan een vis moeiteloos migreren. Wanneer er geen schepen geschut moeten worden, kan worden gekozen voor het uitvoeren van dummieschuttingen (zonder schepen). Dit aangepaste schutprogramma zal met name in de migratieperiode vele vissen tegemoet komen. Uit verschillende monitoringsresultaten blijkt de migratie door middel van schuttingen echter niet op iedere locatie even succesvol. Een afwezigheid van lokstroom lijkt hierbij het grootste probleem. Een lokstroom kan gecreëerd worden op drie manieren:

- Het peil in de sluis wordt hoger gezet dan het peil benedenstrooms en vervolgens wordt er water aan benedenstroomse zijde uitgelaten via rinketten of een kier, alvorens de schutting plaats gaat vinden
- De sluisdeuren worden aan weerszijden op een kier gezet op momenten dat het waterniveau aan weerszijden nagenoeg gelijk is. Zo wordt de vis vrije doorgang geboden. De sluis fungeert hierbij als een bekken, zoals bij een bekkervispassage. Voorwaarde daarbij is dat het peil aan bovenstroomse zijde hoger is dan het peil aan benedenstroomse zijde. Om de stroomsnelheden in de kieren laag te houden, dient het peilverschil niet groter te zijn dan 0,10 meter. Het op een kier zetten van sluisdeuren is echter vanwege constructieve redenen niet bij iedere sluis mogelijk
- Met een pomp wordt water vanuit het bovenstroomse (lager gelegen) pand gepompt en uitgelaten in de sluiskolk. De sluisdeuren aan benedenstroomse zijde dienen volledig te worden opengezet, zodat de lokstroom voelbaar is in het buitenwater en de vis de mogelijkheid heeft tot intrekken van de sluiskolk (zie onderstaand figuur P).



Figuur P. Visvriendelijk schutsluisbeheer stroomopwaarts

Bijlage 3. Seizoenspatronen in migratie van diadrome vissoorten (Winter, 2009).

