

55106565.005-TOS/ECC 10-CONCEPT
10-07-09 MBr/
MIRT Verkenning Grevelingen VIS

Notitie aan	: Jacob van Berkel Lennert Langerak	MIRT Grevelingen Verkenning G.Z.H.
van	: Maarten Bruijs	unit/gebouw
kopie	: F.H. Schulze	TOS/M05
Betreft	: Effecten getijdencentrale op fauna in de grevelingen	

Geachte heer van Berkel,

INHOUDSOPGAVE

INHOUDSOPGAVE	2
1 Inleiding	5
2 Relevante wet- en regelgeving	6
2.1 Kaderrichtlijn Water, Natura2000 en het Aalbeheerplan.....	6
2.1.1 Kaderrichtlijn Water	6
2.1.2 Natura 2000 gebieden.....	7
2.1.3 Aalbeheerplan	9
2.1.4 Benelux-Beschikking voor vrije vismigratie	10
2.2 Relevantie voor de getijdencentrale	11
3 Relevante soorten: zeezoogdieren en vissoorten	12
3.1 Zeezoogdieren	12
3.2 Vissoorten in de Grevelingen.....	12
3.3 Te verwachten migratie van vis en zeezoogdiersoorten door aanwezigheid getij	16
3.3.1 Vismigratie.....	16
3.3.2 Migratie zeezoogdieren.....	20
3.4 Samenvatting	24
4 Effecten van de getijdencentrale.....	25
4.1 Kenmerken turbine varianten getijdencentrale Brouwersdam	28
4.2 Visschade door turbinepassage.....	29
4.2.1 Mechanische schade	30
4.2.2 Schade door drukverschillen.....	31
4.2.3 Shear stress	35
4.2.4 Cavitatie.....	35
4.2.5 Effecten door oververzadiging tijdens passage van de syphon (lucht-turbine)	35
4.2.6 Praktijkvoorbeelden bij bestaande getijdencentrales	36
4.3 Te verwachten mortaliteit bij de getijdencentrale Brouwersdam.....	38
4.3.1 Aal.....	39
4.3.2 Effect lengte aal.....	40
4.3.3 Schubvis	42
4.3.4 Schade aan aal, salmoniden en riviertrekvis	45
4.4 Samenvatting	46

5	Een norm voor visschade.....	47
5.1	Maatschappelijke acceptatie vismortaliteit: normering vismortaliteit getijdencentrale Brouwersdam	47
5.1.1	Een maat voor risico en effecten	48
5.1.2	Vaststellen significante effecten.....	48
5.2	Samengevat	50
6	Maatregelen om effecten te reduceren.....	52
6.1	Reductie vissterfte door passage van de getijdencentrale.....	52
6.1.1	Visvriendelijke turbines	53
6.1.2	Bypasses	54
6.2	Bescherming van zeezoogdieren.....	54
7	Discussie	55
7.1	Visschade als gevolg van passage van de getijdencentrale.....	55
7.2	Ecologische effecten door de getijdencentrale.....	55
7.3	Te verwachten effecten door de getijdencentrale op vispopulaties	56
7.4	Verandering levensomstandigheden als gevolg van de getijdencentrale.....	58
8	Conclusies	59
9	Aanbevelingen.....	61
	REFERENTIES	63
Bijlage A	Beschrijving Natura2000 gebied Grevelingen (LNV).....	64
Bijlage B	Fysische en hydraulische karakteristieken en gemiddelde vismortaliteit bij Noord Amerikaanse waterkrachtcentrales uitgerust met Kaplan turbines (* bulb turbine) (Franke, 1997).....	66
Bijlage C	Overzicht van vissoorten die waargenomen zijn in het grevelingenmeer in de periode 1980-1988 (Waardenburg, 1998)	68
Bijlage D	Relevante vissoorten voor specifieke bescherming in de Grevelingen	70
Bijlage E	Natura2000 doelen habitatsoorten Voordelta.....	72
Bijlage F	Modelbenadering vismortaliteit	75

-4- 55106565.005-TOS/ECC 10-CONCEPT

1 INLEIDING

In de MIRT-Verkenning Grevelingen wordt de herintroductie van getij in het Grevelingenmeer onderzocht ten behoeve van een verbetering van de waterkwaliteit, met name de zuurstofhuishouding en versterking van de natuurwaarden. Om het getij terug te brengen, zal een waterdoorlaat in de Brouwersdam moeten worden aangebracht. In de verkenning zijn combinatiemogelijkheden onderzocht van het vergroten van de doorlaatcapaciteit van de Brouwersdam met het winnen van energie uit de verplaatsing van het water gedurende zowel eb als vloed.

Een belangrijk aspect in de MIRT-Verkenning Grevelingen, alsmede voor de later uit te voeren m.e.r. procedure, is studie naar de mogelijke effecten op de ecologie door toepassing van een getijdencentrale. G.Z.H. heeft KEMA opdracht verleend voor het opstellen van een notitie over de eisen ten aanzien van vispasseerbaarheid, alsook de mogelijkheden om visschade te voorkomen. Bescherming van zeezoogdieren die gebruik maken van het gebied is tevens een relevant item.

Met betrekking tot passage van vis door de getijdencentrale is op basis van bestaande, relevante gegevens (voor zover beschikbaar voor de vastgestelde varianten) vastgesteld wat een *acceptabele mortaliteit* is (maatschappelijke acceptatie). Tevens is, op basis van de mogelijke ontwerpen en toe te passen technieken, de *haalbare mortaliteit* ingeschat. Deze laatste is afhankelijk van de toegepaste techniek (type turbines en bedrijfsvoering, debiet, etc), alsook van de vissoorten die passeren.

Het doel van de notitie is om het inzicht te vergroten, zowel kwantitatief als kwalitatief. Gezien beschikbare tijd, middelen en scope zijn in deze notitie antwoorden op adequaat detailniveau nagestreefd. Het is evenwel van belang geacht voldoende achtergrondinformatie weer te geven om de acceptabele en haalbare mortaliteit afdoende te kunnen onderbouwen.

Met opmaak: Niet Markeren

2 RELEVANTE WET- EN REGELGEVING

2.1 Kaderrichtlijn Water, Natura2000 en het Aalbeheerplan

De volgende richtlijnen zijn relevant voor vispassage van de getijdencentrale.

- Kaderrichtlijn Water (KRW)
- Natura2000
- Aalbeheerplan
- Benelux-Beschikking vismigratie

In de navolgende paragrafen worden de relevante aspecten van deze richtlijnen aangegeven.

2.1.1 Kaderrichtlijn Water

Met de komst van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) (Europese Unie, 2000) heeft de waterbeheerder er een nieuwe taak bij gekregen: de verantwoordelijkheid om de visstand te monitoren en te beheren. Waterbeheerders zijn op grond van de KRW verantwoordelijk voor het behalen van een 'goede ecologische toestand' van hun wateren. De visstand is cruciaal onderdeel daarvan. De KRW draagt de waterbeheerders op maatregelen te nemen die het water leefbaar te houden voor vissen. Er is onderzoek nodig om te kunnen nagaan of de huidige toestand beantwoordt aan de gestelde doelen en welke maatregelen nodig zijn wanneer dat niet het geval is. Ook de visstand speelt daarom een rol bij de ecologische beoordeling van oppervlaktewateren. Aan de hand hiervan beoordeelt de Europese Unie of een water al dan niet voldoet aan de gestelde doelen. Waterbeheerders zijn verplicht om de visstand te onderzoeken aan de hand van de soortensamenstelling, leeftijdsopbouw en aantallen.

Europese Kaderrichtlijn Water heeft als doel dat de wateren in Europa een Goede Ecologische Toestand (GET) of Goed Ecologische Potentieel (BEP) bereiken. Deze toestand wordt mede aan de hand van de visstand gedefinieerd. Omdat vissen migreren over korte tot zeer lange afstanden, spelen de migratiemogelijkheden **spelen** een rol bij de te bereiken toestand. Dit houdt in de bereikbaarheid van waterlichamen en de migratiemogelijkheden tussen waterlichamen. De KRW vraagt dus om aanpak vismigratie. In maart 2007 zijn concept KRW doelen voor het Grevelingenmeer voorgesteld. De Grevelingen is getypeerd als wateren van het type M32: grote en diepe zoute of sterk brakke wateren met geen of weinig getij.

Met opmaak: Niet Markeren

2.1.2 Natura 2000 gebieden

Deltawateren - Grevelingen

Het beheerplan Natura 2000 Deltawateren omvat negen Natura 2000-gebieden; Hollands Diep, Haringvliet, Oude Maas, Grevelingen, Krammer-Volkerak, Zoommeer, Oosterschelde, Veerse Meer en Westerschelde & Saefthinghe. Deze Natura 2000-gebieden zijn qua natuur min of meer met elkaar verbonden. Daarom zijn enkele natuurdoelen in de Delta regio overstijgend vastgelegd. Er wordt in één proces gewerkt aan één beheerplan Natura 2000-Deltawateren. Als uiteindelijk toch aparte beheerplannen nodig zijn, kan hier later (alsnog) toe besloten worden.

Natura 2000 landschap: Noordzee, Waddenzee en Delta

Status: Habitatrichtlijn + Vogelrichtlijn

Beheerder: Staatsbosbeheer, Rijkswaterstaat, Zuidhollands Landschap, particulieren

Provincie: Zuid-Holland en Zeeland

Gemeenten: Dirksland, Goedereede, Middelharnis, Oostflakkee, Schouwen-Duiveland

Oppervlakte: 13.872 ha

De Grevelingen is een voormalige zeearm gelegen tussen Goeree-Overflakkee en Schouwen-Duiveland. Het is sinds de afsluiting door de Deltawerken het grootste zoutwatermeer van Europa en bevat een aantal eilanden waar uitgestrekte, soortenrijke duinvalleibegroeiingen en zilte pioniergemeenschappen voorkomen alsmede uitgestrekte oeverlanden (onder meer de Slikken van Flakkee) met zilte begroeiingen, graslanden, ruigten, struwelen en bos.

Als belangrijke kernopgaven voor de Grevelingen zijn in het concept aanwijzingsbesluit voor het Natura 2000 gebied 115-Grevelingen onder andere genoemd:

- het behoud van de foerageerfunctie van visetende vogels (in het bijzonder fuut, geoorde fuut en middelste zaagbek);
- het behoud van ongestoorde rustplaatsen en optimaal voortplantingsgebied voor bontbekplevier, strandplevier, kluut, grote stern, dwergstern, visdief en grijze zeehond;
- het behoud van de platen met lage begroeiingen van vochtige (kalkrijke) duinvalleien, grijze duinen, kruipwilgstruwelen en groenknolorchis;
- het behoud van leefgebied voor de Noordse woelmuis.

In het Natura2000 worden dus geen specifieke vissoorten voor de Grevelingen aangegeven.

Voordelta

Aan de buitenzijde van de Brouwersdam ligt het Natura2000 gebied 'Voordelta'.

Natura 2000 Landschap:	Noordzee, Waddenzee en Delta
Status:	Habitatrichtlijn + Vogelrichtlijn
Site code:	NL4000017 (Voordelta) + NL9802017 (Voordelta) Beschermde natuurmonument-Wetland (Wetlands-Conventie)Voordelta
Beheerder:	Rijkswaterstaat, Zuid-Hollands Landschap, Natuurmonumenten
Provincie:	Zuid-Holland, Zeeland
Gemeente:	Goedereede, Hellevoetsluis, Noord-Beveland, Rotterdam, Schouwen-Duiveland, Veere, Vlissingen, Westvoorne
Oppervlakte	92.367 ha

De Voordelta omhelst het ondiepe zeegedeelte van de Zeeuwse en Zuid-Hollandse Delta. Het gebied wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een gevarieerd en dynamisch milieu van kustwateren (zout), intergetijdengebied en stranden, dat een relatief beschutte overgangszone vormt tussen de (voormalige) estuaria en volle zee. Na de afsluiting van de Deltawerken is dit kustgedeelte sterk aan veranderingen onderhevig geweest, waarbij een uitgebreid stelsel van droogvallende en diepere zandbanken is ontstaan met daartussen diepere geulen. Door erosie- en sedimentatieprocessen treden verschuivingen op in de omvang van de intergetijdengebieden. Daarbij heeft o.a. de "zandhonger" van de Oosterschelde, maar ook de uitbreiding van de arealen door aanslibbing in de Kwade Hoek effect op de Voordelta (Westplaat). De waterkwaliteit wordt beïnvloed door met name de uitstroming van Rijn en Maas via de Haringvlietsluizen. Mede door deze aanvoer van voedingsstoffen kent de Voordelta een hoge voedselrijkdom. In de randen van het gebied bij Voorne en Goeree liggen een aantal schorren en meer slikkige platen. Verder horen ook de stranden van de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden, waar plaatselijk duinvorming optreedt, tot het gebied.

De volgende habitatsoorten zijn opgenomen in bijlage II van Richtlijn 92/43/EEG:

- H1095 Zeeprik
- H1099 Rivierprik
- H1102 Elft
- H1103 Fint
- H1364 Grijze zeehond
- H1365 Gewone zeehond

2.1.3 Aalbeheerplan

Het Nederlandse Aalbeheerplan is gebaseerd op twee wetenschappelijke onderzoeken, de beoordeling van de resultaten van die twee onderzoeken door een onafhankelijke commissie van deskundigen en de beoordeling van dit geheel door ICES. Op grond van de onderzoeksresultaten gaat het Nederlandse Aalbeheerplan uit van een uittrek van schieraal naar zee die momenteel 400 ton per jaar bedraagt. De doelstelling van het Aalbeheerplan is om op de lange termijn een uittrek van 5.200 ton schieraal per jaar te realiseren. Dit streefbeeld is gebaseerd op de bovengenoemde onderzoeken en het advies van ICES.

Om op termijn (omstreeks 2090) het streefbeeld te halen, zijn in het Nederlandse Aalbeheerplan de volgende maatregelen opgenomen:

- a. vermindering van aalsterfte bij gemalen, door tot 2027 alle belangrijke barrières voor aalmigratie weg te nemen. Deze maatregel valt samen met de uitvoering van de Kaderrichtlijn water. Op grond van de Kaderrichtlijn water is voor elk stroomgebied in Nederland een stroomgebiedbeheerplan opgesteld waarin is voorzien in de verwijdering van stuwen en het vispasseerbaar maken van kunstwerken die vismigratie bemoeilijken. Binnen de eerste planperiode van 2010-2015 worden landelijk 635 kunstwerken aangepast.
- b. vermindering van de aalsterfte met 35 procent bij de drie grote waterkrachtcentrales. Bij één van de grote waterkrachtcentrales is met dit doel begin 2009 een experimenteel visgeleidingssysteem voor de stroomafwaartse migratie geïnstalleerd. Bij de andere twee grote waterkrachtcentrales kan de vermindering van de aalsterfte gerealiseerd worden door middel van aangepast turbinebeheer.
- c. instelling van visserijvrije zones vanaf 2010, op locaties die van belang zijn voor aalmigratie;
- d. een terugzetverplichting voor aal voor de sportvisserij in kust- en zeegebieden;
- e. beëindiging van de recreatieve visserij met beroepsvistuigen in de Waddenzee, Eems/Dollard, Ooster- en Westerschelde en de buitenhavens van Delfzijl. Vergunningen hiervoor, op grond van de Uitvoeringsregeling visserij, lopen tot eind 2010 en zullen niet opnieuw worden afgegeven;
- f. een algeheel verbod op aalvisserij in de maanden september, oktober en november;
- g. stopzetting van de vernieuwing van jaarlijkse privaatrechtelijke peurtoestemmingen in staatswateren, die door de Staat worden uitgegeven.

Daarnaast geeft het Aalbeheerplan aan dat Sportvisserij Nederland vrijwillig een terugzetverplichting heeft opgelegd aan de bij haar aangesloten organisaties. Deze organisaties hebben het visrecht op het merendeel van de Nederlandse binnenwateren. Zij geven schriftelijke toestemmingen uit aan sportvissers om in de wateren waarvan zij de visrechten hebben te vissen. Deze schriftelijke toestemming is de zogenaamde Vispas. Sportvisserij Nederland heeft nu als voorwaarde aan de Vispas verbonden dat gevangen aal onmiddellijk levend in hetzelfde water wordt teruggezet.

Tot slot vermeldt het Aalbeheerplan dat de Nederlandse Staat financieel bijdraagt aan de uitzet van glas- en pootaal en aan wetenschappelijk onderzoek naar de kunstmatige voortplanting van aal.

2.1.4 Benelux-Beschikking voor vrije vismigratie

In de Beneluxbeschikking vismigratie (1996) hebben de verdragspartijen afgesproken dat vissoorten zoals paling, zalm, zeeforel en bot, vrij moeten kunnen migreren in de wateren van het stroomgebied van de Maas, de Schelde en de Rijn. De verschillende landen verplichten zich niet alleen de paaitrek van de volwassen dieren naar de paaigronden veilig te stellen, maar eveneens de stroomafwaartse trek (migratie) van jonge vis. Om de vismigratie te bevorderen zijn diverse maatregelen getroffen, zoals vangstverboden voor vissen onder een minimum afmeting, gesloten vangstseizoenen, herintroductie van vissoorten, maatregelen voor het welzijn van vissen en maatregelen bij kunstwerken.

De Beneluxbeschikking is in 1996 door Minister van Mierlo ondertekend. De beschikking bestond uit twee onderdelen:

- In 2002 moest de Maas optrekbaar zijn tot aan de Ourthe
- In 2010 moesten alle wateren optrekbaar zijn in het gehele Beneluxgebied.

In artikel 1 van deze beschikking staat het volgende aangegeven:

1. Vrije migratie: verplaatsing van vissen die een groot deel van de populatie dan wel één of meer leeftijdsklassen van een bepaalde soort betreffen. De verplaatsingen vinden met een voorspelbare periodiciteit gedurende de levenscyclus van de soort plaats. Hierbij worden twee of meer ruimtelijke gescheiden habitats gebruikt.
2. Anadrome trekvis: vissen die vanuit zee naar de paaiplassen in zoetwater optrekken. In deze beschikking betreft het de grote anadrome trekvis zoals nl. Atlantische zalm (*Salmo salar* Linnaeus, 1758) en zeeforel (*Salmo trutta trutta* Linnaeus, 1758).

3. Katadrome trekvisen: vissen die naar in zee gelegen paaiplassen trekken. In deze beschikking betreft het soorten zoals de paling (*Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)) en de bot (*Platichthys flesus* (Linnaeus, 1758)).

Destijds was onbekend wat men precies had ondertekend en pas met de komst van de KRW werd duidelijk dat het om zeer veel knelpunten ging. Een herziening was dus nodig. De geactualiseerde versie speelt in op de ontwikkelingen rond de KRW en de Aalverordening en zal tegelijk met de Stroomgebiedsbeheerplannen worden opgeleverd/ klaar zijn.

Echter, met de komst van de KRW en de Aalverordening en Aalbeheerplan kan de vraag worden gesteld of een Beneluxbeschikking nog wel toegevoegde waarde heeft. Echter de beschikking heeft een duidelijk agenderende werking.

2.2 Relevantie voor de getijdencentrale

Kaderrichtlijn Water (KRW)

Geen specifieke relevantie voor vissoorten en zeezoogdieren genoemd, maar in het algemeen dient binnen de KRW rekening gehouden te worden met de migratie van soorten ten behoeve van het behalen van het ecologisch potentieel. Derhalve speelt de toepassing van maatregelen ter bevordering van vismigratie, alsmede de bescherming van soorten (reductie schade aan populatie) een belangrijke rol.

Met opmaak: Niet Markeren

Met opmaak: Niet Markeren

Natura2000

Relevantie voor de genoemde habitatsoorten, welke extra bescherming genieten. Het is voor de verdere fasen van het project belangrijk om specifiek voor deze soorten de voorafgenomen gepaste (mitigerende) maatregelen te benoemen waarmee de doelen per soort niet in gevaar komen.

Aalbeheerplan

Alleen relevant voor de paling. De uittrek zal door de toename van het totaaldebiet dat de Grevelingen in en uit stroomt toenemen. Het is belangrijk een (theoretische) 0-situatie vast te stellen en aan te geven op welke wijze aan de doelen wordt voldaan, met name de vermindering van de aalsterfte met 35 procent zoals reeds genoemd voor de drie grote waterkrachtcentrales, *i.e.* het is te verwachten dat deze regel ook zal gelden voor de getijdencentrale. NB, voor nieuw te bouwen waterkrachtcentrales bestaat een verplichting om een zogenoemd visgeleidingssysteem aan te leggen.

Benelux-Beschikking

De relevantie betreft dat voor de migratie van anadrome en katadrome soorten maatregelen moeten worden genomen om een vrije migratie te voorzien.

3 RELEVANTE SOORTEN: ZEEZOOGDIEREN EN VISSOORTEN

3.1 Zeezoogdieren

Betreft zeezoogdieren zijn op basis van voorkomen de volgende soorten van belang in de Noordzee (*pers. comm.* Ron Kastelijn, SEAMARCO, juli 2010):

- Gewone zeehond
- Grijze zeehonden
- Bruinvis
- Witsnuitdolfijn

Het zijn deze soorten, voornamelijk, die als de dam weer opengaat de Grevelingen in zouden willen/kunnen migreren.

Er komen grofroosters voor de inlaten (spijlafstand nog niet vastgesteld, waarschijnlijk ~10 cm), dus ze zullen waarschijnlijk niet fysiek in de turbines terecht kunnen komen. Verzwakte of heel jonge dierenbeesten kunnen wellicht wel effect hebben van de verhoogde stroomsnelheden naar de centrale toe tijdens het turbineren, waardoor dier-en in de buurt van de inlaten toch problemen ondervinden.

De omtrek van een volwassen bruinvis is 80 cm. De omtrek van zeehonden is afhankelijk van het seizoen. De omtrek van een juveniele witsnuitdolfijn is ~80 cm.

3.2 Vissoorten in de Grevelingen

Recente gegevens van de visstand in de Grevelingen zijn niet beschikbaar vanwege het ontbreken van een langjarige monitoring. In het verleden zijn wel een aantal (beperkte) visbestandopnames gedaan. Een historisch overzicht van de vissoorten in de Grevelingen, en veranderingen in aanwezigheid als gevolg van maatregelen, wordt gegeven door Van der Linden (2006). Hieronder worden de conclusies van dit rapport weergegeven, alsook een overzichtstabel. In het algemeen zijn bij de Brouwerssluis meer vissoorten aangetroffen dan in het oostelijk deel.

Gevolgen afdamming

1. De afdamming van de Grevelingen heeft negatieve gevolgen gehad op de diversiteit aan vissoorten in het nieuwgevormde Grevelingenmeer.

- Het aantal soorten liep terug van ongeveer 31 soorten tot 18 in 1975.
- Pitvis, Vijfdradige meun. Harnasmannetje, Kabeljauw, Steenbolk, Ansjovis, Spiering, Tong, Grote zeenaald, Zeebaars, Horsmakreel, Fint en Geep verdwenen vrijwel meteen na de afsluiting. Deze vissen zijn afhankelijk van de Noordzee en/of achterliggende rivieren als paaigebied en gebruikte de Grevelingen als migratieroute, foerageergebied en/of opgroeigebied.

2. Na de afdamming is er een duidelijke verschuiving te zien in de meest voorkomende vissoorten in het meer.

- De 12 meest voorkomende soorten in deze volgorde voor de afdamming waren: Schol, Schar, Bot, Dikkopje, Paling, Sprot, Haring, Puitaal, Tong, Spiering, Zeedonderpad en Wijting. Na de afdamming zijn 8 van de 12 meest voorkomende soorten gebleven. De andere vier soorten: Tong, Spiering, Zeedonderpad en Wijting werden na de afsluiting vervangen door het Dikkopje, Zwarte grondel, Koornaarvis en 3d. Stekelbaars.
- De Zwarte grondel is in 1976 voor het eerst gevangen in het Grevelingenmeer en is sindsdien explosief in aantal toegenomen.

Effecten beheer Brouwerssluis en Flakkeese spuisluis

1. De uitwisseling met de Noordzee door de ingebruikname van de Brouwerssluis eind 1978 heeft positieve gevolgen gehad op de diversiteit aan vissoorten in het meer.

- In 1979 heeft de Brouwerssluis het hele jaar opengestaan. Als gevolg daarvan zijn in 1979 26 vissoorten waargenomen, terwijl voor de ingebruikname van de Brouwerssluis nog ongeveer 20 soorten werden waargenomen.
- Onder de soorten die weer terug te vinden zijn, vinden we o.a. Glasgrondel, Botervis, Grote zeenaald, Slakdolf, Kabeljauw, Snotolf en zomergasten zoals Geep, Horsmakreel en Harder.

2. De mate van uitwisseling met de Noordzee heeft effect op de visfauna.

- In 1979 heeft de Brouwerssluis het hele jaar opengestaan, terwijl in de periode 1980 tot 1993 de sluis opengestaan heeft in de periode tussen oktober en maart. Dit had tot gevolg dat het aantal waargenomen vissoorten daalde van ongeveer 26 in 1979 tot 22 soorten in 1980, 19 soorten in 1982 en 18 soorten in 1988.

- In de periode 1994 tot 1999 heeft de sluis een maand langer opengestaan. Deze extra maand uitwisseling heeft positieve gevolgen gehad voor de intrek van Schollarven in het meer. Er is meer jonge platvis waargenomen.
- In het voorjaar van 1984 is de Flakkeese spuisluis in gebruik geweest. Hierdoor heeft de Brouwerssluis een maand langer opengestaan dan normaal en dit had positieve gevolgen op de intrek van Schollarven via de Brouwerssluis.
- In de dagen dat de sluis gesloten is t.b.v. de 30-dagen regeling, wordt weinig tot niets gevangen door sportvisserij. Pas een week na de openstelling gaan de vangsten weer omhoog (n.a.v. interview)

3. De jaarrondopenstelling van de Brouwerssluis in 1999 heeft waarschijnlijk positieve gevolgen gehad op de visfauna

- Na de jaarrondopenstelling worden steeds meer typische Noordzee soorten zoals, Makreel, Geep, Wijting, Steenbolk, jonge Kabeljauw, Rode poot en Rog gevangen door sportvisserij (n.a.v. interview).
- Sportvisserij vangen veel meer Wijting dan voor de jaarrondopenstelling. Hierdoor is de sportvisserij enorm toegenomen. Wijting komt in het najaar massaal naar de kust en de sluiting van de sluis vormt geen belemmering meer (n.a.v. interview).
- Sportduikers constateren steeds vaker typische Noordzee soorten. Niet alleen is er een verandering te zien in vissoorten, ook worden vaker verschillende schaaldieren en slakken waargenomen.
- De Paling die na de jaarrondopenstelling wordt gevangen door sportvisserij is dikker dan de Paling die voor de jaarrondopenstelling wordt gevangen. Dit suggereert een toename van voedsel voor de Paling (n.a.v. interview).

4. In het westelijke gedeelte van het Grevelingenmeer is de diversiteit aan vissoorten en de dichtheid aan vis het grootst. Dit zal nauw samenhangen met de mate van uitwisseling met de Noordzee. Naar het oosten toe neemt de diversiteit aan vissoorten af.

In tabel 1 wordt een totaaloverzicht weergegeven van de vissoorten die in de Grevelingen zijn aangetroffen van 1900 – 2001 (Van der Linden, 2006). Bronnen: bron 1 = onbekend; bron 2 = boomkor; bron 3 = boomkor; bron 4 = combinatie van bemonsteringen met hokfinken, lichtvisserij, waarnemingen duikers en proefbevissingen met fijnmazig net; bron 5 = boomkor/kuil; bron 6 = waarnemingen sportduikers.

Met opmaak: Niet Markeren

Tabel 1. Overzicht van de waargenomen vissoorten in de periode 1900-2001 per bron, inclusief de onderzoeksmethoden (Van der Linden, 2006).

Bron	1	2	3	4	5	6	Bron	1	2	3	4	5	6
Vissoort							Vissoort						
1 Adderzeenaald	-	B	-	A	-	-	34 Puitaal	-	B	B	A	B	D
2 Ansjovis	-	B	-	A	K	-	35 Pijlstaartrog	-	-	-	A	-	-
3 Bot	-	B	B	A	B	D	36 Regenboogforel	-	-	-	A	-	-
4 Botervis	-	B	B	A	B	D	37 Rivierprik	-	-	-	A	-	-
5 Brakwatergrondel	-	B	B	A	B	-	38 Rode poon	-	B	-	A	-	-
6 Dikkopje	-	B	B	A	B	-	39 Ruwe Haai	-	-	-	A	-	-
7 Diklippharder	-	B	-	A	-	?	40 Sardien	-	-	-	A	-	-
8 Driedoornige stekelbaars	-	B	B	A	B	D	41 Schar	-	B	B	A	B	D
9 Dunlippharder	-	-	B	A	-	?	42 Schelvis	-	-	-	A	-	-
10 Dwergbolk	-	-	-	-	-	D	43 Schol	-	B	B	A	B	D
11 Dwergtong	-	B	-	-	-	-	44 Slakdolf	-	B	B	A	B	D
12 Fint	-	B	-	A	-	-	45 Smelt	-	-	-	A	-	-
13 Geep	-	B	B	A	B/K	-	46 Snotolf	-	-	-	A	-	-
14 Gevlekte Grondel	-	-	B	A	-	-	47 Spiering	-	B	-	A	-	-
15 Glasgrondel	-	B	B	A	B/K	-	48 Sprot	-	B	B	A	B/K	?
16 Grauwe Poon	-	-	-	A	-	-	49 Steenbolk	-	B	-	A	B	D
17 Griet	-	B	B	A	B	-	50 Tarbot	-	B	B	A	B	-
18 Groene Zeedonderpad	-	-	B	A	B	D	51 Tong	-	B	B	A	B	D
19 Grote Zeenaald	-	B	B	A	B	?	52 Tongschar	-	B	-	A	-	-
20 Haring	-	B	B	A	B	-	53 Vorskwab	-	B	B	A	B	D
21 Harnasman	-	B	-	A	-	-	54 Vijfdradige meun	-	B	-	A	B	D
22 Hondshaai	-	-	-	A	-	-	55 Wijting	-	B	B	A	B	D
23 Horsmakreel	-	B	B	A	K	-	56 Zalm	-	-	-	A	-	-
24 Kabeljauw	-	B	B	A	-	D	57 Zandspiering	-	B	-	A	-	-
25 Kleine Zeenaald	-	B	B	A	B	?	58 Zeebaars	-	B	-	A	-	D
26 Koelvis	-	-	-	A	-	-	59 Zeedonderpad	-	B	B	A	B	D
27 Koornaarvis	-	B	B	A	B	D	60 Zeeforel	-	-	-	A	-	-
28 Lozano's grondel	-	-	-	-	B	-	61 Zeepaling	-	-	-	A	-	-
29 Makreel	-	-	-	A	-	-	62 Zeeprik	-	-	-	A	-	-
30 Mul	-	-	-	A	-	-	63 Zwarte grondel	-	B	B	A	B	D
31 Paling	-	B	B	A	B	D							
32 Pitvis	-	B	-	A	B	D							
33 Pollak	-	-	-	A	-	D							
							Totaal aantal waargenomen soorten	63	40	29	58*	31	26**

B waargenomen d.m.v het bemonsteren met de boomkor.

A waargenomen d.m.v het bemonsteren met hokfuisen, lichtvisserij, waarnemingen duikers en en proefbevissingen met een fijnmazig net.

K waargenomen d.m.v het bemonsteren met de boomkuil.

B/K zowel waargenomen d.m.v het bemonsteren met de boomkor als met de boomkuil.

D waargenomen d.m.v duikers.

? Niet te onderscheiden soort.

* er is geen onderscheid gemaakt tussen Diklippharder en Dunlippharder respectievelijk Zalm en Zeeforel .

** er is geen onderscheid gemaakt tussen kleine- en grote Zeenaald, dun- en Diklippharder en tussen Haring en Sprot.

Note: Deze tabel bevat niet de bronverwijzing naar www.anemoon.org. De vissoorten die waargenomen zijn d.m.v. sportduikers zijn niet in deze tabel opgenomen.

3.3 Te verwachten migratie van vis en zeezoogdiersoorten door aanwezigheid getij

3.3.1 Vismigratie

Over de migratie van vis in en uit de Grevelingen is door Waardenburg 1998 een overzicht gegeven. In de onderstaande tabel 2 staan deze migratiegegevens beknopt samengevat, met bijbehorende relevante informatie, waaronder gebied/locatie van brongegevens. Het betreft gegevens over de huidige situatie. Mogelijk zijn er (duidelijke) verschillen in gedrag bij verschillende lay out van de doorlaat in de Brouwersdam, soorten reageren anders op een kleine opening met veel stroming dan op een brede ononderbroken doorgang zoals in de oorspronkelijke situatie toen de Brouwersdam nog niet bestond. Deze gegevens over migratiegedrag zijn dus een indicatie, maar wel van belang voor de evaluatie van mogelijke effecten door turbinemortaliteit voor de relevante vissoorten. Voor deze notitie wordt geen nadere analyse van de mogelijke verschillen in migratiegedrag per soort gemaakt in de situatie met een getijdencentrale, maar wordt ervan uitgegaan dat alle soorten de getijdencentrale zullen passeren in de mate waarin ze van nature, zonder kunstwerk, de Grevelingen in zullen zwemmen.

Met opmaak: Niet Markeren

Tabel 2. Migratiegedrag per vissoort (Waardenburg, 1998)

Soort	Intrek	Uittrek	Opmerkingen
Adderzeenaald	-	-	Geen gegevens bekend Info Brouwersdam
Ansjovis	Voorjaar / zomer; paaitrek adulten	Zomer / najaar; juvenielen en adulten	Vgl Oosterschelde
Bot	April- mei; larven Januari / februari maart; paaitrek adulten en larvan van Noordzee	September / half oktober (tot begin december?); adulten	Vgl Oosterschelde Standvis in Grevelingen
Dikkopje	-	-	Mogelijk trekgedrag
Diklipharder/ Dunlipharder	Voorzomer / zomer; adulten	Vroege najaar; adulten, juvenielen	Geleidelijke intrek in voorjaar, geconcentreerde uittrek najaar Info Brouwersdam
Fint	Voorjaar; paaitrek	Najaar; adulten 40 – 45	Info Brouwersdam

Soort	Intrek	Uittrek	Opmerkingen
	adulten	cm	
Geep	April / mei; paaitrek adulten 50 – 80 cm (paai: mei/juni – september)	Najaar - december; uittrek juvenielen 20 – 40 cm	Info Brouwersdam
Griet	-	-	Algemene soort, standvis Info Grevelingen
Haring	Voorjaar; halfwas 14 – 20 cm en adulten 25 – 30 cm	Najaar; juvenielen 8 – 10 cm	Algemene soort, geen bewijzen voor voortplanting in Grevelingen Info Brouwersdam
Horsmakreel	Najaar; adulten 32 – 44 cm	-	Info Brouwersdam
Kabeljauw	Voorjaar zomer; juvenielen 10 – 17 cm, soms >30 cm	Najaar	Met name jonge exemplaren Info Brouwersdam
Koornaarvis	-	-	Zeer algemene soort, standvis
Makreel	Najaar	Najaar	Vrij zeldzaam Info Brouwersdam
Vijfdradige meun	-	-	Vrij algemeen, standvis
Paling	-	September / november: oktober / november hoogste vangsten	Verspreid over gehele Grevelingen
Pollak	Najaar; alleen jonge exemplaren 17 – 23 cm	Najaar; alleen jonge exemplaren 17 – 23 cm	Info Brouwersdam
Rode poon	Voorjaar/najaar? Mogelijk intrek juvenielen zodra dam open staat	Najaar?	Jaarlijks Info Brouwersdam
Puitaal	-	-	Zeer algemene soort, standvis
Schar	November (najaar); adult	Nawinter (voorjaar?)	Info Oosterschelde Vermoedelijk standvis
Schol	Voorjaar; passieve intrek eieren en larven	November; adulten	Geen voortplanting in Grevelingen Info Brouwersdam/ Grevelingen
Snotolf	Wintermaanden; adulten	?	Vrij algemene soort, met name vangst jonge

Soort	Intrek	Uittrek	Opmerkingen
			exemplaren Info Brouwerssluis en sluis bij Bruinisse
Spiering	Februari – april; adulten	?	Info Oosterschelde
Steenbolk	?	?	Vrij zeldzaam Verspreiding gehele Grevelingen, geen verschil voor en najaar
Driedoornige stekelbaars	Voorjaar; paaitrek adulten	Najaar	Anadrome vis Standvis Info Grevelingen
Tarbot	-	-	Algemene soort, standvis Info algemeen + Grevelingen
Tong	? alleen intrek van juvenielen	Najaar	Algemene soort, gehele jaar aanwezig Info Grevelingen
Vorskwab	-	-	Geen gegevens
Wijting	-	-	Algemene soort, geen verschil voor- en najaar Geen gegevens over trekgedrag
Zeebaars	Mei / juni (zomer); paaitrek adulten	Najaar (nazomer) geconcentreerde uittrek	Info Oosterschelde Zeer zeldzaam in Grevelingen
Gewone zeedonderpad	-	-	Zeer algemene soort, standvis
Groene zeedonderpad	-	-	Waarschijnlijk standvis
Zeeforel	Julie – Augustus (zomer / najaar); adulten, paaiseizoen in zoete water november - december	Voorjaar; juvenielen (parr, 3 jaar oud) Einde winter; adulten	Zeker intrek via sluizen Info Haringvliet
Zwarte grondel	-	-	Standvis

Prioritering vissoorten

Een belangrijk aspect is de prioritering van vissoorten. Een aantal soorten worden door hun situatie extra beschermd en dit is vastgelegd in onder andere de Flora-&Faunawet. Er zijn soorten die niet in de Flora-&Faunawet staan maar wel beschermd worden door andere verdragen/wetten. Het betreft soorten (tabel 3):

- waarvoor Natura 2000 gebieden zijn aangewezen;
- genoemd in het OSPAR-verdrag dat geldt voor de landen langs de Noordoost Atlantische Oceaan;
- als de aal, waarvoor de "Europese Aalrichtlijn in werking is getreden.

Tabel 3. Overzicht van beschermde vissoorten en in welk kader ze beschermd zijn (van de OSPAR-lijst zijn alleen die soorten opgenomen die ooit in Nederland zijn waargenomen). Alleen mariene soorten en soorten die migreren tussen zoet/zout zijn weergegeven.

Vissoort	Kader			
	Nbw	FFw	OSPAR	Anders
Aal				x
Elft	x		x	
Fint	x			
Gevlekte rog			x	
Houting		x	x	
Kabeljauw			x	
Reuzenhaai			x	
Rivierprik	x	x		
Tonijn			x	
Vleet			x	
Zalm	x		x	
Zeeprik	x		x	

|

3.3.2 Migratie zeezoogdieren

Informatie uit:

- Meininger P.L., Witte R.H. en Graveland J. 2003. Zeezoogdieren in de Westerschelde: knelpunten en kansen Rapport RIKZ/2003.041.
- Website IMARES
- Website www.noordzee.nl

Gewone zeehond

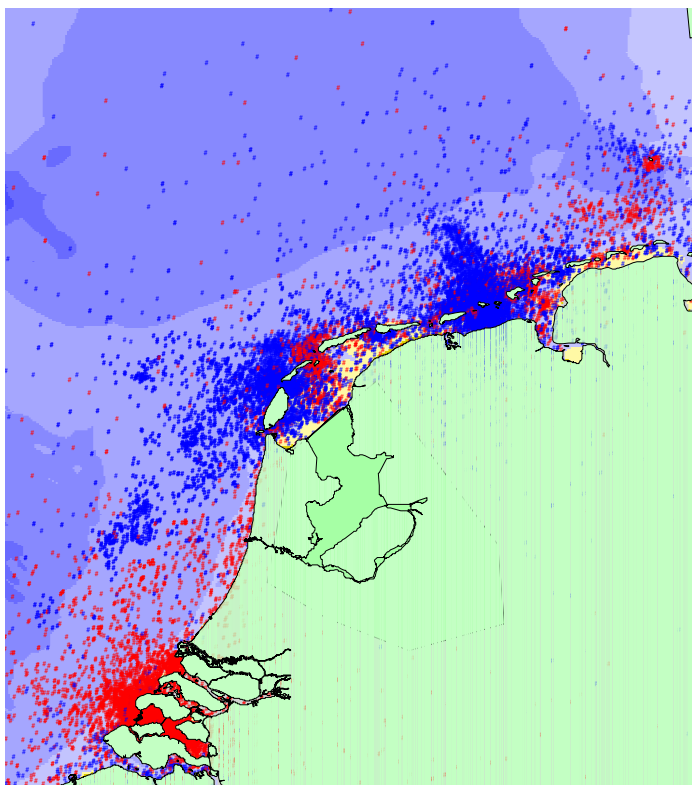
Het voorkomen van Gewone Zeehonden in Nederland wordt bepaald door de beschikbaarheid van droogvallende zandbanken, waarop ze tijdens laagwater kunnen rusten. De aanwezigheid van andere zeehonden, de afstand tot het foerageergebied, beschutting tegen extreme weersinvloeden en rust zijn van invloed op de keuze van een Gewone Zeehond om een zandbank al dan niet als ligplaats te gebruiken.

Gewone Zeehonden gebruiken het water rondom de zandbanken, indien niet dieper dan 30 m, voor het vangen van hun voedsel. De duikdiepte tijdens het foerageren wordt veelal bepaald door de locatie van prooien (bijvoorbeeld bodemvis) en niet door de duikcapaciteit van de zeehond, aangezien zeehonden veel dieper kunnen duiken (Härkönen 1987b). Nabij de ligplaatsen vinden tevens de meeste sociale interacties, zoals de paring, plaats (Werner et al. 1995).

Gewone Zeehonden voeden zich in het algemeen met bodemvissen. Met hun gevoelige snorharen zijn ze in staat 'blindelings' hun prooi op te sporen en te vangen (Kastelein 1998, Dehnhardt et al. 1999). Dit betekent dat ze uitstekend 'uit de vinnen' kunnen in troebel kustwater. Tijdens het foerageren maken Gewone Zeehonden daarom meerdere duiken naar de bodem. Hoewel uit een onderzoek met gezenderde Gewone Zeehonden in het Oliegeulgebied nabij de Roggenplaat in de Oosterschelde bleek, dat ze gemiddeld minder dan 20% van hun totale tijdsbesteding dieper duiken dan 10 m (Reijnders et al. 2000), zijn de dieren goed in staat om ook het diepste deel van de Westerschelde te bereiken. In de Waddenzee en de Noordzee duiken Gewone Zeehonden namelijk meer dan 40% van hun totale tijdsbesteding dieper dan 10 m. Het aantal duiken in het voorjaar kan oplopen tot 400 – 500 per dag (Reijnders et al. 2000). Aan de hand van het onderzoek met gezenderde Gewone Zeehonden in de Oosterschelde werd duidelijk, dat 20% van de gezenderde Gewone Zeehonden binnen een straal van 1,3 km van hun ligplaats blijft, 50% blijft binnen een straal van 3,3 km en 95% binnen 16,9 km (Reijnders et al. 2000). Ze kunnen echter ook foerageertochten maken tot ongeveer 75 km van hun rustplaats (Reijnders et al. 2000). De

afstanden die Gewone Zeehonden afleggen om te foerageren hangen mede af van de lichaamsgrootte en het levensstadium (Thompson et al. 2000).

Over het habitatgebruik van Bruinvissen is relatief weinig bekend. De verspreiding van de Bruinvis is beperkt tot het noordelijk halfrond. Bruinvissen blijken veelal 'kustgebonden' en worden zelden waargenomen in water dieper dan 200 m (Tregenza et al. 1996). Ook is de verspreiding van de Bruinvis over het algemeen beperkt tot water van 15 °C of kouder (Westgate et al. 2000).



Figuur 1. Waarnemingen van satelliet gezenderde dieren, uitgevoerd tussen 1990 en 2007. Rode punten: dieren die in de Delta werden gezenderd, blauwe in de Waddenzee (rond Texel en Rottumerog).

De status van de populatie in de Waddenzee is gunstig te noemen, maar die in het Deltagebied dient als ongunstig te worden betiteld. In het Deltagebied, blijft een klein aantal bestaan dankzij emigratie uit andere gebieden. In het Deltagebied heeft een samenspel van jacht, vervuiling, verstoring en gebiedsvernietiging (Deltawerken) de zeehonden doen verdwijnen.

Grijze zeehond

Over de verspreiding van de Grijze zeehond is minder bekend. De Grijze zeehond was in een ver verleden waarschijnlijk algemener in de Noordzee dan de Gewone zeehond. In de Middeleeuwen werden ze in de Waddenzee door de mens uitgeroeid. Sinds de soort in Groot-Brittannië beter werd beschermd, werden weer langzaamerhand grotere aantallen in de Waddenzee waargenomen. Tegenwoordig bedraagt de Nederlandse populatie ruim 1100 dieren. Ze verblijven vooral op hoge zandplaten in het westen van de Waddenzee zoals de Richel (ten oosten van Vlieland), de Engelse Hoek (ten westen van Terschelling) de Vliehors (ten westen van Vlieland) en op de Razend Bol (ten zuid-westen van Texel). De soort wordt slechts sporadisch in het Deltagebiedesignaleerd.

Ligplaatsen van de grijze zeehond vindt men vooral in het westelijk deel van de Waddenzee. De meeste jongen wordt op de Richel tussen Vlieland en Terschelling geboren. Op de Vliehors en de Noorderhaaks worden slechts enkele jongen geboren. Al deze ligplaatsen zijn niet ideaal voor de reproductie van de grijze zeehonden omdat ze, zeker bij slecht weer, over kunnen stromen ten koste van de jongen die in het begin niet kunnen zwemmen. Buiten het reproductieseizoen in de zomer verspreiden de zeehonden zich enigszins. Naar schatting worden de aantallen onderschat omdat kleine aantallen tussen grote groepen gewone zeehonden kunnen liggen waarbij vooral de jongere dieren dan moeilijk kunnen worden onderscheiden.

In het Deltagebied zijn ook ligplaatsen die aan een enkele grijze zeehond een rustplek biedt. Interessant zijn waarnemingen van dieren op de stranden op de Wadden eilanden, en langs de Noord-Hollandse kust.

Grijze zeehonden die in andere gebieden gezenderd werden, vertoonde soms migraties over enkele honderden kilometers. In principe kunnen de zeehonden zich dus over het gehele NCP zich verplaatsen, er zijn aanwijzingen dat een deel van de waargenomen groei in Nederland een gevolg is van een influx uit Groot-Brittannië (m.n. de Farne eilanden). Er zijn nog geen verspreidingsgegevens van dieren uit de Nederlandse kolonies.

Zeehonden in de Grevelingen

In de Grevelingen zijn ook regelmatig waarnemingen van zeehonden. In juli 2010 is melding gemaakt van de geboorte van een aantal zeehonden in de Grevelingen voor het derde achtereenvolgende jaar. De dieren bevinden zich aan een van de strekdammen waar ze zich ophouden bij gebrek aan zandplaten of strand. In het Grevelingenmeer leven nu 22 gewone zeehonden en vier grijze zeehonden (melding door Staatsbosbeheer). De zeehonden liggen niet allemaal bij elkaar. Bij de Stampersplaat liggen twaalf plus twee jongen, bij de Veermansplaat vijf en bij de Kabbelaarsbank liggen drie of vier. Ieder groepje heeft z'n eigen leefgebied. Zeehonden eten vis. In de winter zit er volop wijting en dit jaar zat er zelfs kabeljauw. In de zomer jagen de zeehonden vooral op haring en bot. Dat er volop vis zit, is mede te danken aan het feit dat de sluis in de Brouwersdam nu permanent openstaat.

Naast de gewone zeehonden leven in het Grevelingenmeer ook vier grijze zeehonden. Die zijn veel groter dan de 'gewone'. „Die grijze zeehond zien we nooit rusten. Die komen we alleen zwemmend tegen. Ze zitten vooral bij de sluis. Daar is vorig jaar ook dat zieke jong gevonden. Het dier is naar Pieterburen gebracht en heeft het overleefd.”

Ook bij de Veermansplaat laten de zeehonden zich niet van hun luie kant zien. Een dier steekt nieuwsgierig z'n kop boven water, maar verdwijnt spoedig weer de diepte in en dat is dan ook alles wat we zien. Zelfs de bruinvis, die normaliter vaak met de boot meezwemt, laat zich niet zien. "We moeten het hiermee doen", zegt Van der Hulle. „Dat is de natuur”.

Bruinvissen

Grote dichtheden aan Bruinvissen worden waargenomen op plaatsen met fronten. Hier vindt meestal accumulatie van voedsel plaats (Weir & O'Brien 2000). In het Duits-Nederlandse deel van de Noordzee gaat het daarbij vaak om estuariene fronten die onder invloed staan van uitstroom van zoet water vanuit rivieren in de kustzone (Skov et al. 2000). Locaties met een hoge dichtheden aan pasgeboren Bruinvissen worden in Noordwest-Europa aangetroffen in Wales (Baines & Earl 2000), ter hoogte van de eilanden Laesø (Kattegat), Fyn (Denmark) en twee waddeneilanden op de Duits-Deense grens: Rømø en Sylt (Sonntag et al. 1999). Jongen worden ook op open zee geboren, maar vermoedelijk is er een voorkeur voor ondiep water beschut tegen harde wind en stroming. De sonar van de Bruinvis stelt ze in staat zich prima te oriënteren in vlak hellende, zandige kustgebieden zonder een groot risico te lopen om te stranden. Aangezien pasgeboren jongen minder goed kunnen zwemmen, mag in het geboortegebied geen sterke stroming in de richting van een nabij gelegen flauw hellend, zandig strand voorkomen.

In diepere wateren foerageren Bruinvissen op pelagische vis in de waterkolom. In de relatief ondiepe wateren van de Noordzee duiken Bruinvissen ook regelmatig naar de bodem om de daar voorkomende vissen te vangen. Een jonge Bruinvis in de (ondiepe) Deense wateren besteedde bijvoorbeeld 34% van zijn tijd in de bovenste 2 m van de waterkolom, 36% van zijn tijd op de bodem en 30% in de rest van de waterkolom. De gemiddelde duikdiepte was 10.5 m en het water was maximaal 22 m diep (Teilmann et al. 1997). Bruinvissen blijken in staat om zelfs vis die zich ingegraven heeft in het zand op te sporen en te vangen. Ook is waargenomen dat Bruinvissen foerageerden op vis die zich verborg in holten van hard substraat (Kastelein et al. 1997b). Bruinvissen maken daarbij gebruik van sonar om hun prooi op te sporen (Kastelein et al. 1997a).

Het dieet van Bruinvissen in Nederland vertoont seizoensvariaties. In het najaar is vooral Haring belangrijk, in de winter worden veel meer verschillende soorten gegeten (Palka & Read 1996), waar bij individuele Bruinvissen overigens slechts een beperkt aantal soorten in de maag is aangetroffen (Martin 1995, Palka & Read 1996). Naast seizoensvariaties in de beschikbaarheid van prooidieren is, net als bij de Gewone Zeehond, ook het geslacht, de leeftijd, het reproductiestadium, de omgevingstemperatuur en de benodigde foerageertijd van invloed op het dieet (Kastelein 1998).

Witsnuitdolfijn

Over de verspreiding van de Witsnuitdolfijn in het Deltagebied is minder bekend. De witsnuitdolfijn is de meest algemene dolfijnensoort van de Noordzee. In het Nederlandse deel van de Noordzee is het zelfs de meest waargenomen walvisachtige na de bruinvis. In tegenstelling tot de bruinvis wordt de witsnuitdolfijn maar zelden vanaf de kust gezien.

Uit een in het midden van de jaren negentig uitgevoerd onderzoek blijkt dat er in de Noordzee ongeveer 7000-8000 exemplaren leven. Binnen het Noordzeegebied komen de meeste witsnuitdolfijnen voor in het westelijke, noordelijke en centrale gedeelte van de Noordzee. In het Nederlandse deel van de Noordzee zijn witsnuitdolfijnen zeldzaam, maar worden zo nu en dan wel gezien. Dit is vaak vanaf boten die een (klein) stuk uit de kust varen. Op 22 april 2004 bijvoorbeeld zag een groep Noordzeeduikers voor de kust van Goeree een groep van minstens 10 witsnuitdolfijnen.

3.4 Samenvatting

Er zijn een veeltal vissoorten en een aantal zeezoogdieren die gebruik (kunnen) maken van de Grevelingen, waarbij de mogelijkheid tot migratie tussen de Noordzee en de Grevelingen

van belang is. Onder deze soorten zijn een aantal soorten die vanwege wetgeving striktere bescherming genieten. Hiertoe zal in het ontwerp van de getijdencentrale afdoende maatregelen worden getroffen om schade tijdens passage te reduceren, zodat effecten op populatieniveau binnen de nog vast te stellen eisen blijven.

4 EFFECTEN VAN DE GETIJDENCENTRALE

Er zijn wereldwijd nog maar weinig gerealiseerde getijdencentrales. Het effect op de ecologie als gevolg van de mortaliteit door draaiende turbines is dan ook maar beperkt onderzocht. Uit ervaringen met waterkrachtcentrales in riviersystemen is bekend dat er vooral problemen op kunnen treden met sterfte van vis die door de turbines heen zwemmen of worden gezogen. De turbines in de voorgestelde varianten voor de getijdencentrale in de Grevelingen draaien relatief langzaam (type horizontale bulb-turbines) met in vergelijking met andere typen turbines (68 rpm ten opzichte van 93 rpm bij bijvoorbeeld La Rance). Het is daardoor aannemelijk dat de sterftekans van vissen die een langzaam draaiende turbine passeren lager is, in ieder geval kleiner dan bij andere typen waterkrachtturbines. Echter, deze sterftekans is, voor zover bekend voor getijdencentrales en de daarbij relevante condities en mariene soorten, nog niet daadwerkelijk in voldoende mate gemeten. Het feitelijk vaststellen van de werkelijke schade kan ~~daarom~~ alleen worden gedaan door middel van praktijkonderzoek op de locatie. Een mogelijkheid is om in de bestaande sluis een test-turbine te plaatsen (tidal centre) en de schade bij passage gedurende verschillende getijden en condities, o.a. verschillende toerentallen, te onderzoeken.

Voordat ingegaan wordt op een maatschappelijk acceptabel mortaliteitsniveau voor vis die de getijdencentrale zal passeren, is het belangrijk inzicht te hebben in het mortaliteitsniveau dat überhaupt op kan treden / verwacht kan worden. Aan de hand van bestaande gegevens over vissterfte bij vergelijkbare turbines/situaties, wordt per variant aangegeven wat schade kan zijn. Deze theoretische waarde zal worden aangegeven per lengteklasse van de vis. De mortaliteit onder vis is afhankelijk van het type turbine die uiteindelijk gekozen wordt, de omvang van de getijdencentrale (aantal turbines) alsook het totaaldebiet dat door de centrale zal gaan tijdens zowel eb als vloed. De uiteindelijke omvang van de vissterfte als gevolg van passage door de turbines van de getijdencentrale zal van de volgende factoren afhangen:

- het werkelijke sterftepercentage bij passage
- het aantal vissen dat de centrale in de toekomst zal passeren
- het wel of niet aanbrengen van visbeschermende maatregelen zoals visafleidings-systemen en/of bypasses

-26- 55106565.005-TOS/ECC 10-CONCEPT

|

Alvorens de theoretische waarde wordt ingeschat, wordt een overzicht gegeven van de verschillende mogelijke varianten van de getijdencentrale (bron Haskoning, 2010). De relevante vissoorten en hun bijbehorende migratieperioden zijn reeds in voorgaande hoofdstuk weergegeven.

Het overzicht van de varianten houdt geen rekening met de bouwwijze omdat dit niet is gerelateerd aan de mogelijke visschade. Daarna wordt een overzicht gegeven van visschade bij vergelijkbare turbines als worden toegepast bij de getijdencentrale. Waar mogelijk wordt beschikbare informatie van bestaande getijdencentrales gegeven.

Met opmaak: Niet Markeren

4.1 Kenmerken turbine varianten getijdencentrale Brouwersdam

Tabel 4. Overzicht karakteristieken van de mogelijke varianten (Gr = Grevelingen, NZ = Noordzee).

Variant	Wijze van energie opwekking	Oppervlak intake zijde Noordzee (m ²)	Oppervlak intake zijde Grevelingen	Debiet per turbine (m ³ /s)	aanstroom-snelheid (Va) intake (m/s) *	Aantal turbines	Totaal Debiet (m ³ /s)	Rotor-diameter (m)	draai-snelheid (rpm)	Tabel met opmaak
Bulb-turbine	Keerbare Kaplan	B x H = 7,7 x 7 Opp. = 53,9	B x H = 6,3 x 6,3 Opp. = 39,7	45,8	Va Gr = 1,15 Va NZ = 0,85	106	4.961	3,5	6870	Met opmaak: Noors, Bokmål (Noorwegen)
Siphon	Keerbare Kaplan	B x H = 7,7 x 7 Diameter 5 m Opp. = 53,9 πr^2 $= \pi 2,5^2 = 19,6 \text{ m}^2$	B x H = 6,3 x 6,3 Diameter 5 m Opp. = 39,7 πr^2 $= \pi 2,5^2 = 19,6 \text{ m}^2$	45,8	Va Gr = 1,15 Va NZ = 0,85	106	4.961	3,5	70	Met opmaak: Noors, Bokmål (Noorwegen)
	Hydro-pneumatisch	B x H = 7,7 x 7 Diameter 5 m Opp. = 53,9 πr^2 $= \pi 2,5^2 = 19,6 \text{ m}^2$	B x H = 6,3 x 6,3 Diameter 5 m Opp. = 39,7 πr^2 $= \pi 2,5^2 = 19,6 \text{ m}^2$	45,8	Va Gr = 1,15 Va NZ = 0,85	106	4.961	3,5	70	Met opmaak: Noors, Bokmål (Noorwegen)
	*Keerbare Kaplan	B x H = 7,7 x 7 Diameter 5 m Opp. = 53,9 πr^2 $= \pi 2,5^2 = 19,6 \text{ m}^2$	B x H = 6,3 x 6,3 Diameter 5 m Opp. = 39,7 πr^2 $= \pi 2,5^2 = 19,6 \text{ m}^2$	45,8	Va Gr = 1,15 Va NZ = 0,85	106	4.961	3,5	70	Met opmaak: Noors, Bokmål (Noorwegen)
	Hydro-pneumatisch *			11,7		135	1.580	n.v.t.	n.v.t.	Met opmaak: Noors, Bokmål (Noorwegen)

* bij hydro-pneumatische energieopwekking komt de vis niet in contact met draaiende delen

** met de aanstroomsnelheid wordt bedoeld de snelheid bij de intake op 10 cm voor het grofrooster

4.2 Visschade door turbinepassage

Alle vissen die de turbines van waterkrachtcentrales passeren, hebben kans beschadigd te raken. De omvang van de schade hangt echter af van diverse factoren zoals de lengte van de vis, het turbinedebiet, het migratiegedrag en de migratieafstand. De genoemde percentages gelden voor het totaal aan vis dat de turbines passeert. Uit de resultaten van 'herhalende' studies naar visschade is vast te stellen dat de gevonden sterftepercentages, per turbinedebiet, binnen een zekere marge vallen. Dit gevonden percentage kan gezien worden als een 'technisch' gegeven of karakterisering van het toegepaste type turbine en is afhankelijk van zowel operationele factoren en omstandigheden met betrekking tot ecologie, biologie, seizoenen, hydraulica en rivierdynamiek. Het daadwerkelijke effect op een vissoort moet gemeten (berekend) en beoordeeld worden op populatieniveau van langs de locatie gepasseerde vissoorten (passage WKC, stuw en vistrap). De genoemde sterftepercentages betreffen directe sterfte bij passage van turbines van waterkrachtcentrales.

De werkelijke mortaliteit ligt waarschijnlijk hoger vanwege uitgestelde (indirecte) sterfte. Sommige vissen overleven de passage, maar sterven later alsnog als gevolg van opgelopen beschadigingen tijdens de turbinepassage. De uitgestelde mortaliteit is echter moeilijk vast te stellen en betrouwbare gegevens in de literatuur ontbreken (Kranenbarg & Bakker, 2002). Er is in de wetenschappelijke literatuur nagenoeg geen onderzoek terug te vinden welke eenduidig uitgestelde sterfte in een specifieke situatie vaststelt. Verder zijn er verschillen in schade per type turbine. De voornaamste reden is dat de sterfte onder de na turbinepassage opgevangen vis over een langere periode gevolgd moeten worden. Dit wordt gedaan door de vis in bassins of drijvende kooien uit te zetten en op gezette tijdstippen de sterfte vast te stellen. Het opvangen van de vis gebeurt met netten. Door deze fysieke opvangmethode raakt vis eveneens beschadigd, o.a. fysieke stress en ontschubbing. Ontschubbing verstoort de osmoregulatie. Doordat de vissen in een testbassin/kooi dicht op elkaar zitten en onder beschadigde vis snel ziektes (infecties) optreden, verspreidt dit zich snel onder de testpopulatie. Hierdoor treedt er onder deze testpopulaties snel een hoge mortaliteit op, welke niet duidelijk is toe te schrijven aan alleen de turbinepassage.

Vissen die de turbines van waterkrachtcentrales passeren, kunnen te maken krijgen met een aantal omstandigheden die beschadigingen respectievelijk sterfte kunnen veroorzaken. Deze omstandigheden zijn onder te verdelen in de volgende categorieën: mechanische oorzaken, druk, "shear" en cavitatie. Deze omstandigheden en de daarbij typerende beschadigingen zijn te vinden in reviews van Davies (1988), Eicher (1987) en Wittinger *et al.* (1995).

Davies (1988) heeft een review uitgevoerd van veld- en laboratoriumstudies naar de passage van adulte en juveniele vis door waterkrachtturbines, met speciale aandacht voor mogelijke getijdeeffecten op de bedrijfsvoeringen. Ondanks dat alhoewel de verschillende typen beschadigingen die vis ondervinden, en de mate waarin deze voorkomen goed zijn gedocumenteerd, is er weinig bekend over de specifieke hydraulische condities in de turbine

Met opmaak: Niet Markeren

Met opmaak: Niet Markeren

Met opmaak: Niet Markeren

Met opmaak: Niet Markeren

die daadwerkelijk de beschadigingen veroorzaken. De volgende, ondanks het feit dat de vier oorzaken zijn echter wel als de voornaamste oorzaken voor beschadiging vastgesteld:

- abrupte veranderingen in druk
- turbulentie
- shear stromingen
- en mechanisch contact met de turbinebladen.

Factoren van vismortaliteit vallen in twee hoofdcategorieën:

1. 1) hydraulische condities van drukveranderingen, cavitatie, shear en turbulentie, welke direct karakteristieke beschadigingen veroorzaken, en
2. 2) condities die de kans op botsing met fysieke delen van de turbine beïnvloeden (Cada, 1990).

Deze factoren kunnen worden verbeterd / gereduceerd door aanpassingen van de bedrijfsvoering van de turbine en mogelijk door het ontwerp.

Het belang van visgedrag en ecologie met betrekking tot de voorspelling van het aantal vis dat door de installatie zal passeren, plus criteria die de werkelijke mortaliteit bepalen zijn voor de getijdencentrale nog onbekend.

Voor de te verwachten mortaliteit zal daarom indicatieve informatie verzameld moeten worden van gelijke centrales (getijdencentrales en waterkrachtcentrales) die betreft omvang en debiet overeenkomen. Een evaluatie moet dan plaatsvinden op basis van vislengte, omdat de vissoorten verschillen.

In de navolgende paragrafen wordt nader ingegaan op de verschillende oorzaken van mortaliteit onder vis die turbines passeren.

4.2.1 Mechanische schade

De belangrijkste mechanische oorzaak van verwondingen en sterfte bij passage door turbines is de directe botsing van vissen met de bewegende loopschoepen van de turbine. Volgens Franke *et al.* (1997) hebben mechanische oorzaken het grootste aandeel in de schade. De typen schade welke door mechanische oorzaken optreden zijn: schaafwonden, insnijdingen, wervelbreuk en decapitatie (scheiding van kop en romp).

Cada (1990) gaat in op de gevolgen van turbinepassage voor jonge jaarklassen. Er zijn relatief weinig studies uitgevoerd naar de mortaliteit van ichtyoplankton (viseieren en –

Met opmaak: Niet Markeren

Met opmaak: Niet Markeren

Met opmaak: Niet Markeren

Met opmaak: Niet Markeren

Met opmaak: Niet Markeren

Met opmaak: Met opsommingstekens
+ Niveau: 1 + Uitgelijnd op: 0 cm +
Tab na: 0,63 cm + Inspringen op:
0,63 cm

Met opmaak: Niet Markeren

Met opmaak: Niet Markeren

larven), maar er is wel veel bekend over de verschillende oorzaken van mortaliteit, zoals druk, fysieke beschadiging, shear, etc), die de overleving van eieren en larven kunnen beïnvloeden. Een review van deze studies door Cada gaf aan dat de mortaliteit bij turbinepassage voor deze jaarklassen relatief laag zal zijn bij low-head, propellor-type turbines, zoals Kaplan bulb-turbines of Straflo turbines. Het is niet waarschijnlijk dat de shear krachten en drukverschillen in low-head bulb-turbines, zoals toegepast bij de getijdencentrale, mortaliteit veroorzaken. De kans op contact met de turbinebladen is gerelateerd aan de vislengte, en ichtyoplankton heeft een kans <5% om effect te ondervinden. Overige potentiële oorzaken van mortaliteit zijn gerelateerd aan het design en bedrijfsvoering en zijn dus in principe te mitigeren.

4.2.2 Schade door drukverschillen

Bij de passage van de turbines zullen vissen drukveranderingen ondervinden. De hoogste druk bevindt zich net voor de loopschoepen en de laagste druk na de loopschoepen. De hoogste druk hangt af van het niveauverschil tussen het opgestuwde water en de plaats van de turbine. De absolute drukverandering bij de vissen hangt af van de acclimatiedruk, de druk waaraan de vis gewend was voordat de turbine inlaat wordt bereikt. Effecten van drukveranderingen zijn: bloedingen van kieuwen en inwendige organen, uitpuilende ogen en gescheurde zwemblazen. Ten aanzien van schade aan zwemblazen zijn vissen met een open zwemblaas (physostomen zoals karperachtigen, snoek, aal en salmoniden) minder gevoelig voor schade omdat ze in staat zijn de druk in de zwemblaas snel aan te passen in tegenstelling tot vissoorten met een gesloten zwemblaas (physoclisten, zoals baarsachtigen).

Bij passage door turbines ondervinden vissen drukveranderingen. Vissen blijken gevoelig te zijn voor drukveranderingen, vooral wanneer ze binnen korte tijd optreden. Normaliter is een vis aangepast aan de druk die op hem wordt uitgeoefend: de zwemblaas heeft dan een normaal volume waardoor de vis een neutraal drijfvermogen heeft. Bij veranderingen van de druk wordt het volume van de zwemblaas groter (bij drukverlaging) of kleiner (bij drukverhoging). De relatie tussen volume en druk bij een zwemblaas vertoont grote overeenkomst met de wet van Boyle waarin het product van druk en volume constant blijft $p \times v = c$. bij veranderingen van de druk, bijvoorbeeld wanneer een vis naar een andere waterdiepte zwemt, verandert het volume van de zwemblaas, maar wordt door gasregulatie weer naar het normale niveau gebracht. Bij natuurlijk zwemgedrag van vis geeft dit geen problemen.

Bij snelle drukveranderingen, bijvoorbeeld bij passage door turbines, kan onvoldoende tijd beschikbaar zijn voor aanpassing aan de nieuwe druk. Dit hangt sterk af van het soort regulatiemechanisme van de vis. Ten aanzien van de regulatie zijn 2 groepen vissen te onderscheiden: physoclisten en physostomen. Physoclisten hebben een gesloten zwemblaas en reguleren het volume hiervan door middel van gassecretie en gasabsorptie. Het betreft een langzaam regulatieproces omdat de gasuitwisseling via het bloed plaatsvindt. Physostomen hebben een zwemblaas met verbindingen naar buiten (bek en anus), waardoor regulatie relatief snel kan plaatsvinden. Voordat physostomen naar beneden zwemmen (hogere druk), slikken ze aan het oppervlak lucht om het volume van de zwemblaas op peil te kunnen houden.

De reacties van vis op drukverandering zijn uitgebreid onderzocht, zowel in verband met de fysiologie en gedrag als met betrekking tot passage van waterkrachtcentrales. De tolerantie van vis voor **drukverhoging** kan aanzienlijk zijn. Rowley (1955) experimenteerde met regenboogforel van 20 cm en vond geen sterfte binnen twee weken bij druktoename tot ~14 atm binnen 48 seconden. Blaxter (1980) citeert verschillende onderzoeken waarbij een 24Hr LD50 van ~100 atm en hoger werd gevonden bij verschillende vissoorten.

Met opmaak: Lettertype: Vet

Effecten van **drukverlaging** zijn onder andere waargenomen bij baarzen (physoclisten), die snel vanuit diep water naar het oppervlak worden gehaald. Barus et al. (1984) vonden een sterfte van 73% na 13 uur bij baarzen van 6 cm lengte afkomstig van een diepte van 20 – 25 m. bij 80% van de baarzen werd een gebarsten zwemblaas geconstateerd.

Met opmaak: Lettertype: Vet

Uit laboratorium onderzoek door Harden Jones (1951) is gekeken naar het effect van drukverlaging op de zwemblaas bij baarzen. Bij exemplaren van 10 cm, geïmponeerd aan 77 cm Hg, bleek de zwemblaas te barsten bij een gemiddeld 33 cm Hg, dus bij een drukafname van 44 cm HG (= relatieve afname 57%). Dit resultaat komt redelijk overeen met veldexperimenten. Vervolgproeven lieten zien dat een relatieve drukafname van 28 – 33% veilig is voor een baars. Tsvetkov (1974) vond 32% voor baarzen en 32% voor 10-doornige stekelbaarzen.

Uit de verschillende onderzoeken zijn de verschillen in effecten tussen physoclisten en physostomen duidelijk. Belangrijkste conclusies zijn:

- de snelheid van drukverandering en het niveau van de druk bepalen in sterke mate het effect
- physostomen zijn minder gevoelig voor drukverlaging dan physoclisten
- jonge vissen zijn gevoeliger voor drukverandering dan grotere vissen

-33- 55106565.005-TOS/ECC 10-@@@

|

Bovenstaande onderzoeken en de meeste andere zijn uitgevoerd aan zoetwatervissoorten omdat waterkrachtcentrales in nagenoeg alle gevallen in rivieren is gesitueerd. Er zijn echter ook onderzoeken aan enkele zeevissoorten bekend, o.a. in relatie tot passage van vis (larvale stadia) door koelwatersystemen aan zee.

Hoss & Blaxter (1981) onderzochten haringlarven (11 – 39 cm totale lengte) aan verschillende series van drukveranderingen om de passage door het koelwatersysteem te simuleren. De resultaten lieten zien dat de effecten van grote, snelle drukveranderingen nihil bleken, totdat de bulla, een met gas gevulde holte in het gehoorsysteem van haring, ontwikkeld is. Bij koelwatersystemen zijn alleen exemplaren van 40 mm onderhevig aan passage van het fijnrooster en pompen. Bij een getijdencentrale kunnen alle leeftijdsklassen passeren. Haring komt in gevaar als de druk toeneemt waardoor het bulla membraan kan beschadigen als er niet tijdig adaptatie plaatsvindt. Haring kan geen gas in het bulla of zwemblaas brengen, dus er zal waarschijnlijk geen overmaat aan gas zijn dat het bulla membraan zal beschadigen als de druk afneemt. Zowel toename als afname van druk kunnen echter effect hebben door het veroorzaken van hyperactiviteit.

Hogan (1941) heeft het effect van drukveranderingen in siphons op vis onderzocht in een installatie met drie grote siphonbuizen in de St Francis River (Arkansas, USA). De siphons werkten met een negatieve druk van 18 – 26 inch Hg. Aanvullende experimenten met vis die onder negatieve druk zijn gehouden in aquaria voor de duur van de passage lieten voor sommige soorten duidelijke schade zien. Physostomen bleken in staat zich beter aan de plotselinge drukverandering aan te passen, terwijl physoclisten dit niet konden en bloedingen kregen.

Nestler et al. (1998) hebben een overzicht gegeven van studies om de mortaliteit te voorspellen onder juveniele 'blueback herring' (*Alosa aestivalis*) en American shad (*A. sapidissima*) als gevolg van drukverlaging tijdens passage van een voorgenomen siphon water lift systeem aan de S. Stephen Dam, South Carolina, USA. De primaire functie van de siphon is om een betere lokstroom te creëren om de stroomopwaartse migratie van adulten van beide soorten naar de vislift te verbeteren. De siphon zelf werd ook gezien als alternatieve route, i.e. bypass, voor stroomafwaartse juveniele en adulte vis. Een testsysteem is gebruikt om het effect van de bijbehorende drukverlaging te onderzoeken, tot een laagste druk van 4,1 psi, echter, sommige alternatieve siphon ontwerpen gingen tot een minimale druk van 0,0 psi. De resultaten lieten zien dat de mortaliteit waarschijnlijk rond de 20% ligt, en een nadere analyse gaf aan dat een mortaliteit boven de 30% niet waarschijnlijk

is. Er werd aanbevolen aanvullend onderzoek te doen om eventueel mitigerende maatregelen te kunnen nemen indien de mortaliteit te hoog zou zijn.

De effecten van druk op vis tijdens de passage van de 12 inch bijgetijdencentrale aan de Brouwersdam zullen minder waarschijnlijk zijn omdat de drukopbouw daar lager is dan bij genoemde onderzoek, dit vanwege het relatief kleine verval van 0.9 tot 1 m (soms 1.5 m bij springtij). De drukopbouw zal bij de getijdencentrale ongeveer 12 inch Hg bedragen (pers. comm. H. van Duivendijk, 2010)

Met opmaak: Niet Markeren

4.2.3 Shear stress

'Shear' ontstaat op plaatsen waar twee waterstromen met verschillende snelheid bij elkaar komen. Typerende schadebeelden zijn gescheurde of omgevouwen kieuwdeksels, schade aan kieuwweefsel, maar ook beschadigingen zoals kop- / rompscheidingen en ontbrekende ogen, beschadigingen die ook andere oorzaken kunnen hebben.

4.2.4 Cavitatie

Cavitatie is het gevolg van een waterstroom die een gebied van lage druk bereikt en waar een luchtbel ontstaat, gevolgd door een zone van hoge druk. Het gevolg is het uiteenklappen van de luchtbel en het weer inklappen, waardoor de volgende vis schade kan optreden: kneuzingen, gescheurde zwemblazen en scheuren in het lichaam.

4.2.5 Effecten door oververzadiging tijdens passage van de syphon (lucht-turbine)

Eén van de opties in de syphon variant is toepassing van een lucht turbine. Door de onderdruk in de syphon (venturi) wordt via een buis aan de buitenlucht lucht aangezogen via een turbine. De verplaatsing van de grote hoeveelheden lucht laten de turbine draaien. De lucht komt uiteindelijk in het water waar het bubbels vormt. Dit zorgt voor een zeer sterke beluchting van het water, waardoor oververzadiging van het water met gas (zuurstof, stikstof) kan optreden. Dit kan in vis leiden tot gasblaasjesziekte, of Gas Bubble Disease (GBD).

Het teveel aan gas dat is opgelost in het water wil ontsnappen en doet dat naar elk medium dat een lager zuurstofgehalte heeft, bijvoorbeeld het bloed van vis. Meestal wordt dit

Met opmaak: Niet Markeren

waargenomen in de dooierzak, kieuwen en ogen omdat deze de meest gaspermeabele membranen hebben. Zuurstofoververzadiging van meer dan 140-150% kan al problemen voor vissen opleveren en dodelijk zijn, alhoewel bij 105 – 140% oververzadiging ook al effecten zijn waargenomen bij kleine vis, effect bij grote vis vindt alleen plaats bij hoge oververzadiging.. Kleine vis is gevoeliger voor gasbelziekte omdat de membranen dunner zijn. Het effect is de vorming van gasbelletjes aan het uiteinde van de bloedvaten, bijvoorbeeld in de vinnen, onder de huid en kieuwen, die de bloedstroom kunnen blokkeren en zelfs tot bloedingen kunnen leiden. Daarnaast kunnen ook gasbellen ontstaan in lichaamsholten, zoals achter de ogen (exophthalmia). De vissen krijgen namelijk zoveel zuurstof binnen dat ze daardoor langzamer gaan ademen. Door de lage ademhalingsfrequentie wordt echter de CO₂ ook slechter afgevoerd en zal het CO₂ gehalte in het bloed van de vis toenemen, en de pH lager worden.

De mate van oververzadiging bij de siphon zoals mogelijk toegepast bij de getijdencentrale Brouwershaven is niet bekend. Hier zou nader naar gekeken moeten worden aan de hand van designgegevens over drukken en hoeveelheden menging van lucht en water.

Een sterke oververzadiging vindt Oververzadiging bij alleen plaats bij een sterke onderdruk. Deze situatie zal bij toepassing van de siphon in de getijdencentrale niet extreem groot zijn, waardoor een sterke oververzadiging naar verwachting niet snel zal optreden. Enig effect is mogelijk, maar dit zou nader onderzocht moeten worden indien deze variant toegepast gaat worden.

Met opmaak: Niet Markeren

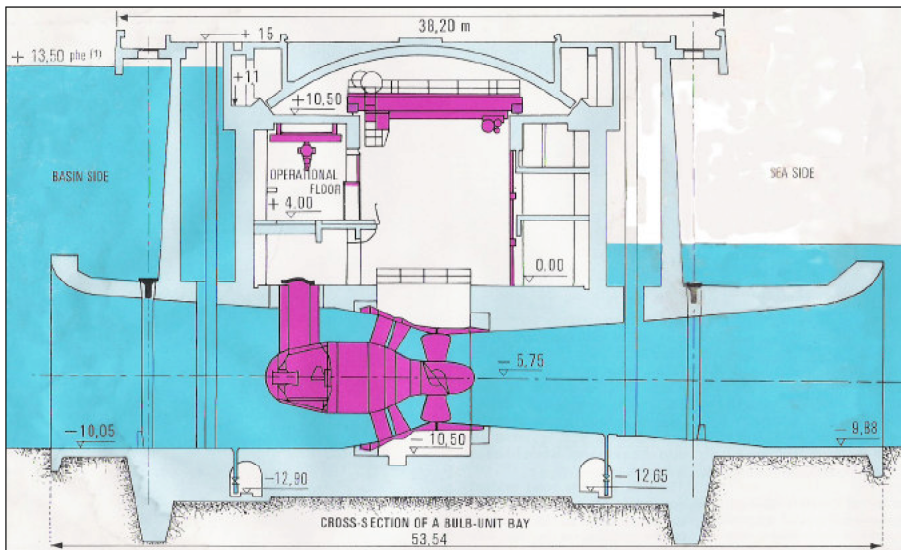
Met opmaak: Niet Markeren

4.2.6 Praktijkvoorbeelden bij bestaande getijdencentrales

La Rance, Frankrijk

Er zijn maar enkele impact studies bekend van de La Rance getijdencentrale in Frankrijk en deze betreffen de ecologie in het stroomopwaartse gebied. Er zijn geen onderzoeken gedaan aan de vismortaliteit door passage van de turbines. De La Rance getijdencentrale (zie figuur 2) heeft 24 keerbare bulb turbines, welke tevens als pomp dienst kunnen doen. De specificaties zijn:

- diameter: 5,35 m
- draaisnelheid 94 rpm
- aantal turbinebladen 4
- maximale debiet 275 m³/s
- verval 11 tot 4,5 m, afhankelijk van getijde (minimum 3 m en het maximum 11 m afhankelijk van dood tij en springtij).



Figuur 2. Doorsnede La Rance getijdencentrale.

Enige jaren geleden zijn er studies uitgevoerd voor een getijdencentrale aan de Severn rivier (Engeland) door de ETSU (Energy Technology Support Unit), een technische groep die ook onderzoek wilde doen aan de mortaliteit tijdens passage bij de La Rance getijdencentrale, maar deze zijn nooit uitgevoerd (*pers. comm.* F. Travade, EdF, juni 2010).

Annapolis Royal tidal power plant: low-head, tidal turbine, Bay of Fundy, USA

Annapolis was gekozen als locatie voor de eerste Noord-Amerikaanse demonstratieproject voor een getijdencentrale door de aanwezigheid van een bestaande barrière met sluispoorten (2 sluispoorten van 9,2 m breed x 7,3 m hoog en 1 vispassage van 3 m breed en 7,3 m hoog, waardoor de installatiekosten sterk verlaagd waren. De centrale is ~46 m lang en heeft een 15,5 m² intake opening. De 7,6 m diameter Straflo turbine (20MW; 50GWh gemiddelde output) is ontworpen voor alleen eb-gedreven bedrijfsvoering. Bij Annapolis variëren de maximale vervallen per getij tussen 4 m (dood tij) en 8,2 m (springtij). Het gemiddelde maximale verval tijdens een getij is 6 m.

Dadswell & Rulifson (1994) geven een overzicht van de effecten van deze getijdencentrale, wat een belangrijke migratieroute is voor veel vissoorten en zeezoogdieren. De migraties zijn

van groot belang in de levenscyclus van de soorten en worden bepaald door de waterbeweging door oceanische stroming in de kustzone. Onderzoek aan de passage van vis door de 'Annapolis getijdenturbine liet zien dat de turbinegerelateerde mortaliteit tussen 20 – 80% lag per passage en afhankelijk is van de vissoort, lengte en de efficiëntie van de turbine efficiëntie (i.e. debiet en stand schoepen). Ze concluderen dat het toepassen van getijdenturbines in open zeesystemen een brede impact kan hebben op soorten.

Stokesbury & Dadswell (1991) hebben de passage van migrerende juveniele haringachtigen door de getijdencentrale (low-head) aan de Annapolis river, Nova Scotia, gemonitord gedurende de herfst van 1985 en 1986. Alhoewel er 2 vispassages aanwezig waren aan beide zijden van de turbineinlaat, passeerde 98% van de haringen de turbine. De totale mortaliteit werd ingeschat op 46,3% voor beide jaren. Beschadigingen bestonden uit drukeffecten (64.5%), mechanische schade turbinebladen (33.9%) en hydraulische shearing (1.7%).

4.3 Te verwachten mortaliteit bij de getijdencentrale Brouwersdam

Vissen kunnen schade ondervinden tijdens passage van waterkrachtcentrales. De schade bij getijdencentrales treedt op als gevolg van vispassage in beide richtingen tijdens eb en vloed.

Gezien de perioden van migratie (tabel 2) van de mogelijk aanwezige soorten in de Grevelingen, vindt de migratie in principe het gehele jaar plaats. Naast obligate migratie is er sowieso een continue (natuurlijke) uitwisseling te verwachten tussen het nabij buitengaats kustgebied en de Grevelingen. Deze uitwisseling varieert van dagelijks migratiepatronen (foerageren) tot een seizoensafhankelijk migratiepatroon (migratie van verschillende levensstadia voor opgroei in het gebied). Omdat in principe al het eb en vloeddebet door de getijdencentrale zal passeren vanwege het (vooralsnog) ontbreken van alternatieve routes zoals vispassages, ter plaatse van de turbines aan de noordkant, is alleen passage door de turbines van de centrale van belang voor de evaluatie van de mortaliteit.

Met opmaak: Niet Markeren

Met opmaak: Niet Markeren

Met opmaak: Niet Markeren

Met opmaak: Niet Markeren

Met opmaak: Niet Markeren

Visschade als gevolg van passage door turbines van waterkrachtcentrales is in Europa reeds bekend vanaf het begin van de vorige eeuw, toen het aantal waterkrachtcentrales sterk toenam. Vanaf de vijftiger jaren tot op de huidige dag is veel onderzoek gedaan naar visschade bij waterkrachtcentrales. Het onderzoek heeft zich voornamelijk beperkt tot de meest gangbare typen turbines: Kaplan turbines en Francis turbines. Kaplan turbines worden meestal toegepast bij geringere valhoogtes en Francis turbines bij grotere valhoogtes. Interessant is de wiskundige benadering van visschade als gevolg van contact van de vis met de loopschoepen door Von Raben (1957). Kaplan turbines zijn uitgerust met een krans

van leidschoepen (circa 16) en een aantal loopschoepen (drie tot vijf). Door de stand van de leid- en loopschoepen te verstellen wordt de hoeveelheid water die de turbine passeert geregeld. Bij bulbturbines zijn de tandwieloverbrenging en de generator in de bulb geplaatst; de aanstroming van het water is steeds horizontaal gericht.

In Nederland is onderzoek naar visschade uitgevoerd bij de waterkrachtcentrales in Linne aan de Maas (Hadderingh & Bakker, 1996, KEMA, 2000) en bij De Haandrik aan de Overijsselse Vecht. In Duitsland is dit onder andere gedaan bij waterkrachtcentrales aan de Neckar (Berg, 1986) en aan de Main (Holzner, 1999). Belangrijke reviews van onderzoeksresultaten van visschade bij turbines zijn gepubliceerd door Montén (1985), Eicher (1987), Davies (1988) en Larinier & Dartiguelongue (1989).

Migratie door de turbines en op te lopen schade is in riviersituaties in eerste instantie te verwachten bij obligaat migrerende vissoorten. In de Grevelingen gaat het in principe om alle soorten, maar is niet van alle soorten bekend in welke mate deze zullen migreren.

Hieronder wordt een analyse gegeven van onderzoeksresultaten van visschade bij Kaplan turbines met horizontale as (bulbturbines). Aan de hand van deze analyse wordt een inschatting gemaakt (range) van de te verwachten visschade bij de getijdencentrale. Deze inschatting wordt gericht op aal en schubvis (zoetwatersoorten). Aangezien de getijdencentrale zal worden uitgerust met bulb-turbines, zullen de literatuurgegevens gebaseerd op dit type turbine worden gebruikt voor een inschatting van de sterfte.

Omdat de gegevens zijn gebaseerd op zoetwatervissoorten, zijn de percentages puur indicatief voor de lengteklassen. Van de mariene vissoorten is per soort de gevoeligheid voor passage en de daarbij voorkomende condities niet bekend. Voor de mogelijke effecten door passage van de siphon zijn geen percentages af te geven vanwege het ontbreken van afdoende indicatieve referentiegegevens.

4.3.1 Aal

Gegevens over aalschade als gevolg van passage door Kaplan turbines staan vermeld in tabel 5. Het betreft gegevens uit onderzoek bij bulbturbines, Kaplan turbines met een horizontale as. De meeste gegevens hebben betrekking op Europese waterkrachtcentrales met Europese aal (*Anguilla anguilla*). Onderzoeksgegevens bij de Noord Amerikaanse centrales Raymondville en Beauharnois betreft Amerikaanse aal (*Anguilla rostrata*) welke qua lichaamsbouw en gedrag geheel overeenkomt met de Europese aal.

Met opmaak: Niet Markeren

De vermelde sterftepercentages hebben betrekking op directe schade welke binnen enkele uren na de vangst is vastgesteld. Karakteristieke letale beschadigingen bij aal zijn volledige en gedeeltelijke doorsnijdingen en wervelschade welke zichtbaar is aan uitwendige bloed-uitstortingen en/of een knik in het lichaam. De wervelschade komt ook vaak tot uiting door een afwijkend gedrag bij de voortbeweging. Behalve vissen met deze letale schade zijn er nog twee categorieën over: aal met lichte schade in de vorm van rode vinnen en/of striemen en aal zonder uitwendig herkenbare schade. Uit onderzoek blijkt dat bij deze twee laatste categorieën aal op langere termijn alsnog sterfte kan optreden (Hadderingh & Bakker, 1998; Holzner, 1999). Deze zogenaamde uitgestelde sterfte kan een omvang hebben van 5 - 15 %. De betrouwbaarheid hiervan is echter beperkt onder andere doordat de vissen elkaar kunnen infecteren met schimmelziekten die deze sterfte mede kunnen veroorzaken.

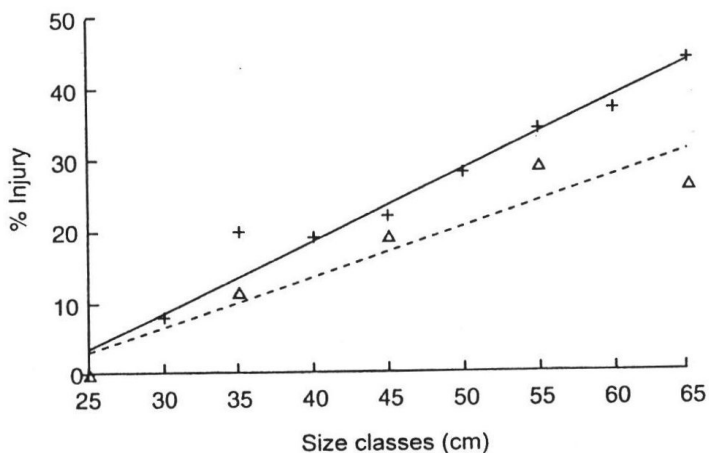
Tabel 5. Overzicht schade bij (schier)aal als gevolg van passage door Kaplan turbines met horizontale as.

auteur	locatie	type turbine	turbine diam (m)	rotatie (R.min ⁻¹)	debiet (m ³ .s ⁻²)	lengte aal (cm)	sterfte (%)
KEMA, 2003b	Linne, NL	Bulb	4	88	30 - 100	64,4	24
Hadderingh & Bakker, 1998	Linne, NL	Bulb	4	88	30 - 100	59	13
KEMA, 2000	Linne, NL	Bulb	4	88	30 - 100	64,6	15,9
<i>totaal Linne</i>							17,6 ± 5,7
opgave beroepsvisser (1990)	Alphen, NL	Bulb	4	94	-	± 55	19
Berg, 1994	Guttenbach Dld.	Bulb	3,4	130	-	60	27,3
Berg, 1987	Am Letzter Heller, Dld.	Straflo	2,4	142	27	45	8,6
gemiddelde sterfte Kaplan turbines horizontale as							18,1 ± 5,2

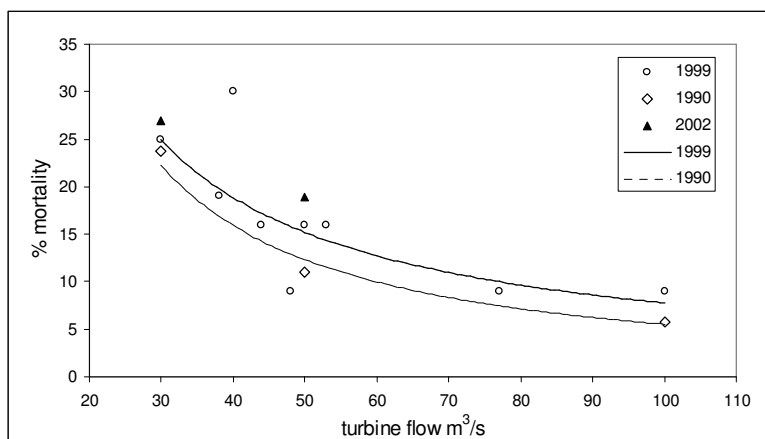
Het sterftepercentage van aal bij bulb turbines blijkt tussen 8,6 en 27,3% te liggen en is gemiddeld 18,1%.

4.3.2 Effect lengte aal

In eerdere praktijkonderzoekingen bij zowel bij WKC De Haandrik als bij EKC Linne is een positieve relatie gevonden tussen de lengte van de aal en het sterfteniveau. Het sterfteniveau is bij een lengte van 65 cm circa 4 maal hoger dan bij 30 cm (figuur 35). Het effect van de lengte is het grootst bij De Haandrik, dit heeft waarschijnlijk te maken met de kleinere turbine diameter van 1,6 m en daardoor kleinere openingen tussen de turbinebladen. Bij Linne is de turbine diameter aanzienlijk groter (4 m) waardoor het lengte effect geringer is. Een verdere aanwijzing van het belang van de grootte van de opening tussen de turbinebladen is de minder sterke relatie tussen lengte en turbinedebiet bij debieten van 50 en 100 m³/s, zoals dit bij Linne werd geconstateerd, zie figuur 4 (Hadderingh & Bakker, 1998; [Bruijs et al., 2003](#)).



Figuur 3.2 Relatie tussen het sterftepercentage en lengte bij schieraal bij De Haandrik (+, debiet 7 m³·s⁻¹) en Linne (Δ, debiet 30 m³·s⁻¹)



Figuur 43. Mortaliteit (%) van aal in 1990, 1999 and 2002 bij verschillende turbinedebieten bij de waterkrachtcentrale Linne.

4.3.3 Schubvis

In onderstaande tabellen staan gegevens van de gemiddelde sterfte bij Europese en Noord Amerikaanse waterkrachtcentrales uitgerust met Kaplan turbines (tabel 6, ~~respectievelijk tabel 7 en 78~~). Gegevens over salmoniden zijn apart weergegeven. In bijlage ~~BG~~ staan gegevens van Noord Amerikaanse waterkrachtcentrales afkomstig uit een review van Franke *et al.* (1997). De gegevens in deze bijlage zijn geselecteerd op centrales met een verval < 10 m, waar Kaplan turbines worden toegepast en relatief lage turbinedebieten gelden van 5,7 - 46,6 m³/s. Weergegeven zijn de fysische en hydraulische karakteristieken.

~~Een samenvatting van deze bijlage met de gemiddelde sterftepercentages per vissoort en per groep staat in tabel 9.~~

Tabel 6. Schubvisschade bij waterkrachtcentrales in Europa met Kaplan turbines

auteur	locatie	type turbine	vissoort	lengte (cm)	sterfte (%)
Berg, 1987	Letzter Heller, Dld.	Kaplan, straflo	blankvoorn	14 - 23	3
Hadderingh & Bakker, 1998	Linne, NL	Kaplan bulb	karperachtigen	13 - 36	3,7
			baarsachtigen	10 - 45	1,5
KEMA, 2003c	Linne, NL	Kaplan bulb	karperachtigen	>10	3,8

	baarsachtigen	>10	1,2
totaal karperachtigen (Kaplan horizontale as)			3,5 ± 0,4
totaal baarsachtigen (Kaplan horizontale as)			2,1 ± 1,3

Tabel 7 Schade aan salmoniden bij Amerikaanse centrales met Kaplan turbines.

auteur	locatie	type turbine	vissoort	lengte (cm)	sterfte (%)
Knigh & Kuzmeskus, 1982	Essex, USA.	Bulb, hor.	salmoniden	23 - 35	2
Olson & Kaczynski, 1980	Rock Island, USA	Bulb, hor.	salmoniden	12	7
				17	3
totaal zalmachtigen (Kaplan bulb)					4 ± 2,6

Tabel 8 Gemiddelde sterftepercentages per vissoort en per groep volgens bijlage [B6](#).

groep	soort	lengteklasse (cm)	sterftepercentage	
			% per soort ± SD	% per groep± SD
KAPLAN BULB				
baarsachtigen (<i>Percidae</i>)	Largemouth Bass	10,2 - 21,7	5,7 ± 6	
			subtotaal	5,7 ± 6
zalmachtigen (<i>Salmonidae</i>)	Rainbow Trout	13,9 - 34,4	3,0 ± 2,3	
			subtotaal	3,0 ± 2,3
totaal Kaplan Bulb				4,4 ± 1,9

~~Bij een aantal centrales is het sterfteniveau van verschillende lengtegroepen onderzocht (zie tabel 9 of bijlage C).~~ Bij de centrales Chalk Hill, Herrings en Townsend Dam blijkt het sterfteniveau van zalmachtigen bij de grotere individuen (lengte 25 - 34 cm) lager te zijn dan bij de kleinere individuen (lengte 10 - 14 cm). Dit verschil in sterfte heeft waarschijnlijk te maken met de relatief hoge gevoeligheid voor schade van de kleinste lengteklasse. Bij de andere vissoorten (Channel Catfish bij de Craggy Dam; Largemouth Bass bij de Feeder Dam; Centrarchids bij Herrings) is het sterfteniveau juist het hoogst bij de grotere lengteklassen ~~(zie tabel 7 of bijlage D)~~. Dit beeld komt overeen met de bevindingen bij schieraal en heeft waarschijnlijk te maken heeft met een verhoogde trefkans met de loopschoepen bij grotere vis.

In tabel ~~9~~ 8 zijn de gegevens, welke zijn gebaseerd op directe sterfte als gevolg van passage door Kaplan turbines met horizontale bij zowel Europese als Noord Amerikaanse waterkrachtcentrales uit bovenstaande tabellen samengevat. De letale schade als gevolg van passage door horizontale Kaplan turbines, zoals bij Alphen en Linne aanwezig zijn, ~~(tabel 9)~~ ligt voor karper-, baars- en zalmachtigen tussen 3,4 en 4,8%. Deze waarden zijn gebaseerd op vissen van gemiddelde grootteklassen.

Tabel 9 Overzicht letale visschade (%) van de belangrijkste categorieën vis bij horizontale en verticale Kaplan turbines

categorie vis	% schade passage horizontale Kaplan turbine
Europese centrales	
karperachtigen	3,4
baarsachtigen	2,5
zalmachtigen	6 *
Noord Amerikaanse centrales	
karperachtigen	-
baarsachtigen	5,7
zalmachtigen	3,5
totaal	4,2 ± 1,5

* uitgezette zeeforel smolts bij Linne in voorjaar 1991 (KEMA, 1992b)

Met opmaak: Standaard

4.3.4 Schade aan aal, salmoniden en riviertrekvis

Uit de bovenstaande tabellen blijkt dat de sterftepercentages per vissoort, in de tijd en per locatie vrij sterk kunnen verschillen. Dit hangt samen met het grote aantal variabelen zoals opvangmethode, conditie en lengte van de vis, seizoen, watertemperatuur, turbinedebiet en technische en hydraulische kenmerken van de centrales. Aangezien niet van alle onderzoeken alle details van de variabelen bekend zijn, wordt een globale interpretatie van de gegevens gegeven en een samenvatting van de sterfte per categorie vis in tabel 10.

Tabel 10 Letale schade bij vier visgroepen bij horizontale Kaplan turbines

categorie vis	range van gemiddelde lengtes (cm)	percentage letale schade (%)		
		Europese centrales	Noord Amerikaanse centrales	gemiddeld per categorie
karperachtigen	17 - 32	3,4	-	3,4
baarsachtigen	10 - 22	2,5	5,7	4,1
zalmachtigen	12 - 35	6	3,5	4,8
aal	45 - 65	18,1	-	18,1

Voor de verdere bespreking van de efficiëntie van de visgeleidingssystemen worden de in tabel 11 weergegeven sterftepercentages toegepast als de sterfteniveaus voor de getijdencentrale. De in tabel 11 weergegeven sterftepercentages zijn een aanname (expert opinion) op basis gegevens van Kaplan turbines met horizontale as.

Tabel 11. Theoretische schade per variant (conservatieve range)

Opmerking [MB1]: Vooralsnog gevoelsmatig ingevuld

Variant	Wijze van energie opwekking	Schadepercentage (%) (lengteklasse vis in cm)				
		0 – 10	11 – 20	21 – 30	31 - 40	41 - 50
Siphon	Keerbare Kaplan	0 – 10	5 – 10	5 – 30	5 – 50	10 – 50
	Keerbare Kaplan	0 – 10	5 – 10	5 – 30	5 – 50	10 – 50
	Hydro-pneumatisch *	?	?	?	?	?
Bulb-turbine	Keerbare Kaplan	0 – 10	5 – 10	5 – 30	5 – 50	10 – 20

* bij hydro-pneumatische energieopwekking komt de vis niet in contact met draaiende delen

4.4 Samenvatting

Onderzoeken aan visschade bij horizontale Kaplan turbines laten zien dat er een duidelijke mate van mortaliteit optreedt, welke hoger is bij grotere vislengtes. Voor de effecten op populatieniveau moeten de sterftepercentages in de praktijk gerelateerd worden ten opzichte van de passerende vispopulatie, per soort en lengteklasse.

Uit de ingeschatte percentages kan geconcludeerd worden dat het waarschijnlijk is dat visbeschermende maatregelen (technisch, operationeel, gedrag) nodig zijn.

5 EEN NORM VOOR VISSCHADE

5.1 **Maatschappelijke acceptatie vismortaliteit: normering vismortaliteit getijdencentrale Brouwersdam**

In de vergunningprocedure zullen afspraken worden gemaakt over de te hanteren maximale schadenorm. Het is niet eenvoudig een norm op te stellen, gezien de onbekendheid met mogelijke schade die zal optreden bij getijdencentrales. Ook in reeds bestaande situaties bij waterkrachtcentrales en bij koelwaterinlaten wordt al jaren overleg gepleegd hoe met de norm om te gaan. Voor visinzuiging in koelwaterinlaten wordt momenteel in opdracht door de werkgroep 'Meetpol' gewerkt aan een beoordelingssystematiek voor de beoordeling van de effecten, waarin het effect op populatieniveau een rol speelt, maar nog (lang) niet ingevuld is. Ook voor waterkracht in Nederland, met name in de Maas, is men gaande met het verkrijgen inzicht in het te hanteren acceptabele schadeniveau. Momenteel wordt gewerkt met een 'werknorm'.

In feite moet de norm worden gebaseerd op de significantie van de mortaliteit op populatieniveau. Echter, van veel vissoorten is de populatieomvang en de natuurlijke variatie in de tijd daarin onbekend. Tevens is het moeilijk om vast te stellen op welk niveau gesproken kan worden van een significant effect, dus bij welk percentage mortaliteit een populatie, of levensgemeenschap blijvende negatieve effecten ondervindt.

Om het mogelijke effect van de mortaliteit door passage van de getijdencentrale op de vispopulaties te bepalen, is het dus in principe nodig dat zowel de grootte van de lokale vispopulaties en hun dynamiek (jaarklassesterktes) als de mate van inzuiging worden vastgesteld. Wanneer populatiegroottes van de aanwezige vissoorten bekend zijn, kan bepaald worden welk percentage aan de populatie wordt onttrokken door mortaliteit. Of dit mortaliteitspercentage daadwerkelijk een eenduidig beeld geeft van de situatie, alsook de mogelijkheid biedt een significant effect vast te stellen, is onbekend. Er spelen meerdere factoren een rol bij effecten op populaties, o.a. natuurlijke sterfte (door ziektes en predatie), compensatoire mechanismen (o.a. migratie vanuit en naar aangrenzende waterlichamen), regeneratievermogen (fecunditeit) en onttrekking door beroeps- en sportvisserij. Van slechts een aantal commercieel interessante vissoorten is in het algemeen over een deel van deze aspecten informatie beschikbaar, voor het overgrote deel van de vissoorten is dit niet het geval. Sowieso is er voor de relevante soorten voor de Grevelingen geen informatie over populatiegrootte in de Grevelingen beschikbaar.

5.1.1 Een maat voor risico en effecten

Er is een verscheidenheid aan maateenheden (en bijbehorende methoden om deze te bepalen) beschikbaar om het risico en effecten van entrainment mortaliteit vast te stellen. Deze verscheidenheid aan maateenheden beschrijven de potentiële of waargenomen ecologische effecten op het niveau van het individu, de jaarklasse en de populatie en kunnen als volgt worden ingedeeld:

- *Individuele verliezen* – vaststellen van jaarlijkse aantallen dode vissen door entrainment (per leeftijdsklasse en RS populatie) en jaarlijkse equivalente verliezen (het verlies aan adulten berekend uit verlies van jonge jaarklassen)
- *Fractionele verliezen* – vaststellen van proportie van de RS jaarklasse die is
- *Populatie-effecten* – vaststellen van veranderingen in aanwezigheid en structuur van de RS populatie
- *Gemeenschapseffecten* – vaststellen van veranderingen in de structuur van de visgemeenschap.

Het doorrekenen van de schade door turbines op populatieniveau is een complexe exercitie vanwege de benodigde gegevens van populaties. Hier zijn specifieke modellen voor, waarin per definitie aannames worden gemaakt. Om enigszins een idee te hebben van het effect, is een eenvoudige modelbenadering opgesteld door Entry Technology, zie bijlage F. Naast deze benadering is ook getracht in excell op relatief eenvoudige wijze de verliezen door te rekenen. Zonder deze nader uit te werken in deze memo, kan geconcludeerd worden dat de getijdencentrale bij de aanname van 10% mortaliteit per passage, een duidelijke afname in het aantal vissen in de Grevelingen laat zien, waarbij geen rekening is gehouden met effecten op specifieke soorten en lengteklassen, noch compensatoire mechanismen op populatieniveau en overige relevante factoren.

5.1.2 Vaststellen significante effecten

Voor het vaststellen van significante effecten en een hanteerbare werknorm is in Nederland nog geen eenduidige methodiek. Een reële norm voor maximum mortaliteit is tevens moeilijk vast te stellen vanwege het ontbreken aan kennis over mortaliteit onder de soorten die voorkomen in de Grevelingen. Zelfs in een situatie waarin schadeniveaus bekend zijn, zoals voor de mortaliteit door turbinepassage in de Maas of bij koelwaterinlaten van energiecentrales, is het lastig om tot een werkbare norm te komen. Rijkswaterstaat heeft

voor de waterkrachtcentrales op de Maas een poging gedaan om tot een onderbouwde werknorm te komen, deze staat in het onderstaande kader weergegeven.

Werknorm vismortaliteit vispassage waterkrachtcentrales in de Maas

Het voorlopig vergunningsbeleid RWS en LNV hanteert een werknorm van maximaal 10% van de vispopulatie in het Nederlandse deel van de Maas. Bij aanwezigheid van drie waterkrachtcentrales in de Maas kan gesteld worden dat bij een maximaal gestelde cumulatieve sterfte van 10% voor prioritaire vissoorten per centrale een maximum sterfte van 3,4 % mag optreden. De genoemde werknorm van 10% is afkomstig uit het document "Waterkrachtcentrales en vismigratie in de Maas, voorstel ten behoeve van inter-departementale meningsvorming" (van der Sar e.a., januari 2001) en de bijbehorende achtergrondnotitie, alsmede de beleidsnotitie 'Waterkrachtcentrales en vismigratie in de Maas' van januari 2000 (Bakker *et al.*, 2000; Kranenburg & Bakker, 2002). De notitie is opgesteld door een werkgroep bestaande uit vertegenwoordigers van RWS-Limburg, LNV, EZ en de OVB. Tevens genoemd in de Conceptnota 'Concept visie waterkrachtcentrales Maas' (RWS dir. Limburg, 27 januari 2006). Het is geen officiële grenswaarde, maar richtinggevend. De onderbouwing door RWS van deze norm luidt als volgt:

"De cumulatieve norm van 10% visschade is niet wetenschappelijk onderbouwd met populatieonderzoek, maar is een algemene inschatting op basis van expert judgement. Bij 10% visschade staan de populaties naar verwachting niet onverantwoord onder druk. De Maas en de parallelle kanalen fungeren als één grote trekroute. Het grootste deel van de migrerende vis zal echter de hoofdstroom van de Maas kiezen, omdat hier het grootste deel van het jaar het meeste debiet is. Dit heeft zowel een grote aantrekkingskracht voor optrekkende vis (lokkende werking) als aftrekkende vis (energetisch voordelig). Bovendien zijn nu bij alle stuwen vistrappen aangelegd, zodat de optrekkende vis ook daadwerkelijk omhoog kan en de trekroute vrij is."

RWS heeft haar beleid ten aanzien van waterkrachtcentrales op de Maas gebaseerd op bovenstaand rapport. RWS staat een derde WKC op de Maas toe, onder de randvoorwaarde dat de cumulatieve schade niet meer bedraagt dan 10% voor prioritaire soorten. De norm wordt gesteld in relatie tot de huidige en te verwachten populatieontwikkelingen door het nemen van specifieke maatregelen (§3.4.2).

Rijkswaterstaat hanteert de 10% norm omdat vanuit 'best professional judgement' wordt aangenomen dat populaties van prioritaire vissoorten deze sterfte kunnen hanteren. Dit wil zeggen, dat de populaties niet onverantwoord onder druk staan. Rijkswaterstaat gaat ervan uit (schriftelijke mededeling H. Bakker, opstellers 10%-norm, RWS Dlb, 2007) dat de populatie in stand blijft én deze ook geen significante negatieve effecten ondervindt bij 10% schade, en de schade dus binnen de bandbreedte van meerjarige fluctuatie blijft. Dit is echter niet uitgezocht of onderbouwd met populatiegegevens. Bij nadere navraag binnen Rijkswaterstaat bij specialisten van het RIZA is, in de vorm van een expert judgement, de volgende onderbouwing aangegeven (schriftelijke mededeling

RIZA, 2007): 10% sterfte ligt bij nagenoeg alle vissoorten binnen de natuurlijke fluctuatie van de populatie. De sterfte is wel sterk afhankelijk van de populatiegrootte. Er zou nog specifiek naar de levensfase gekeken kunnen worden (smolts, ammocoeten, et cetera), maar hier is minder over bekend. Natuurlijke sterfte is afhankelijk van de gemiddelde levensverwachting. Bijvoorbeeld, brasems kunnen 20 jaar oud worden; alen nog veel ouder. Grote brasems en alen gaan dan ook van nature weinig dood. Kortlevende soorten, zoals bijvoorbeeld zalm en zeeforel, moeten een veel hogere natuurlijke sterfte hebben, anders zouden er vanzelfsprekend veel meer oudere exemplaren rond moeten zwemmen. De maximale leeftijd van de betreffende habitatsoorten is (bron www.fishbase.org):

- rivierdonderpad 4 – 6 jr
- rivierprik 10 jr (speciale levenswijze van de ammocoeten)
- zalm 13 jr (vaak natuurlijk veel minder; eerst enkele jaren in het zoete water en daarna doorgaans niet meer dan 1 – 3 jaar in zee)

Geconcludeerd wordt dat 10% sterfte op jaarbasis voor deze soorten binnen de bandbreedte is. De bestaande monitoringgegevens zijn uitvoerig geanalyseerd. Fluctuaties van 10% vallen binnen de ruis en kunnen met de huidige intensiteit niet aangetoond worden. De monitoring is in staat om verdubbeling of halvering van visbestanden significant aan te tonen.

Met de bovenstaande toelichting door Rijkswaterstaat wordt aangegeven dat het effect van maximaal 10% schade geen significant negatieve consequenties heeft op vispopulaties. Hieruit kan worden geconcludeerd dat een maximale, cumulatieve schade van 10% als niet significant kan worden aangemerkt.

5.2 Samengevat

Het is op basis van de huidige gegevens van de vissoorten en populaties, alsmede het ontbreken van afdoende gegevens over de inschatting van de werkelijke effecten, niet mogelijk om een acceptabele schadenorm vast te stellen. [Uit eerdere evaluaties van vismortaliteit door waterkrachtcentrales aan rivieren, is reeds op](#)

[Voorgesteld wordt om te aan te vangen met een 'werknorm', welke op basis van expert judgement vastgesteld dat een maximale schade van 10% \(cumulatief bij meerdere centrales\) een geschikte werknorm is. Bij een getijdencentrale is er zowel passage gedurende eb als vloed, wat eveneens gezien kan worden als een cumulatieve schadepost. Een uiteindelijke norm kan dus zelfs lager komen te liggen.](#)

[Voorgesteld wordt om te aan te vangen met een 'werknorm' van cumulatief 10% over een volledige getijdenslag \(eb en vloed\), welke op eenzelfde basis van expert judgement](#)

beargumenteerd kan worden, alhoewel het in het geval van de Grevelingen andere soorten betreft met een andere gevoeligheid voor schade, zowel fysiek (individueel) als op het niveau van de populatie (herstelmechanismen binnen een populatie, aanvoer van nieuwe aanwas van elders, etc). Een uiteindelijke norm die vergund kan worden, zal; in een overleg tussen visserijbiologen en terzakekundigen op het gebied van schade door turbines, moeten worden vastgesteld~~wordt ingeschat~~.

6 MAATREGELEN OM EFFECTEN TE REDUCEREN

Getijdencentrales hebben in feite extra schade/mortaliteit bij vispassage omdat door het getijde de vis vaker kans heeft (nogmaals) de turbines te passeren, wat een significante mortaliteit tot gevolg kan hebben. Ook het ontbreken van bestaande kennis over vispassages in deze omgeving (marine milieu en kennis over passage van zeevissoorten door bypasses), alsmede de omvang van het totaal aantal naast elkaar gelegen turbines (brede inlaat) maakt dat het ontwikkelen en toepassen van mitigerende maatregelen lastig is.

6.1 Reductie vissterfte door passage van de getijdencentrale

Bij waterkrachtcentrales alsook bij koelwaterinlaten bestaan de mogelijkheden om te voorkomen dat vis wordt ingezogen (impingement / entrainment) uit 2 basisopties:

- mechanische systemen
- gedragssystemen

Beide typen kunnen in combinatie met elkaar worden toegepast om het effect eventueel te versterken. Kenmerkend voor mechanische systemen is dat in principe alle soorten worden beschermd tegen inzuiging, mits correct uitgevoerd. Afhankelijk van de uitvoering kunnen in principe ook de meeste jaarklassen worden beschermd, vanaf de juveniele fase.

Kenmerkend voor gedragssystemen is dat deze in de regel sterk soortspecifiek zijn.

In de situatie van de getijdencentrale in de Brouwersdam is nog moeilijk aan te geven welke typen bescherming het meest optimaal toegepast kunnen worden. Gezien het vergelijkbare karakter met waterkrachtcentrales, lijkt een mechanische barrière in combinatie met een bypass in eerste instantie een logische optie. Echter, afhankelijk van de omstandigheden en mogelijkheden voor een bypass, moet nadere studie plaatsvinden naar de potentiële omvang hiervan, hetgeen een directe uitwerking heeft op de benodigde kosten.

Betreft de mogelijkheden worden hieronder een aantal factoren aangegeven die van belang zijn.

Mechanische systemen

- De afstand van de spijlen moet afgestemd worden op de grootte van de te beschermen soorten/leeftijdsklassen

- Het doorstroomoppervlak (bepaald door afstand tussen spijlen en totaal schermoppervlak) heeft invloed op de aanstroming naar de turbines en dient voldoende groot te zijn
- De aanstroomsnelheid voor het scherm kan leiden tot impingement van vis, indien deze te hoog is

Gedragssystemen

- Deze systemen werken op basis van stimuli die het gedrag van vis beïnvloeden: licht, geluid, hydraulische effecten
- Systemen op basis van gedrag kunnen in potentie de toepassing van mechanische systemen vervangen, mits er specifieke doelsoorten te beschermen zijn
- Gedragssystemen halen niet het beschermingsniveau van mechanische systemen

6.1.1 **Visvriendelijke turbines**

Naast het visgeleidingssysteem is het mogelijk de getijdencentrale van zo visvriendelijk mogelijke turbines te voorzien. Leveranciers van turbines houden in de nieuwe ontwerpen van turbines nadrukkelijk rekening met de passage van vissen, met name ontwikkelingen in de USA en Canada. Praktijkonderzoek op laboratoriumschaal naar de vorm en stand van de turbinebladen (o.a. Alden Research Laboratory, USA), heeft informatie opgeleverd waarmee Kaplan turbines in theorie minder schade aan vis toebrengen. Deze voor vispassage geoptimaliseerde turbineconcepten leveren volgens opgave van de leveranciers mogelijk lagere schadepercentages op. Testen met een zogenaamde Minimal Gap Runner Design (aangepaste verticale Kaplan turbine) bij de Bonneville Dam waterkrachtcentrale aan de Columbia rivier in Oregon, Amerika, lieten een hogere overleving zien ten opzichte van conventionele verticale Kaplan turbines. Deze en nog een aantal additionele tests laten zien dat aanpassingen aan de turbine een verbetering kunnen opleveren met betrekking tot het schadepercentage. Verticale Kaplan turbines hebben een ander conceptdesign en opereren onder andere condities dan de zogenaamde Low Head horizontale Kaplan turbines zoals zal worden toegepast bij de getijdencentrale. Echter, de resultaten indiceren dat met een optimaal ontwerp hogere overlevingspercentages bereikt kunnen worden.

In principe treedt bij het horizontale Kaplan turbintype reeds de minste schade op in vergelijking met andere turbintypen (Bruijs, 2004). De huidige generatie turbines worden dusdanig ontworpen dat door middel van een optimale stromingsprofiel en vormgeving van de turbinebladen en leidschoepen de kans op aanraking van de vis met de turbinebladen

lager wordt. Tevens is onderzoek uitgevoerd naar de vorm en stand van de turbinebladen, met name de voorkant (de voorlopende smalle zijde) en de wijze waarop de buitenste rand van het turbineblad grenst aan de wand van de turbinebehuizing. De vorm van de turbinebladen is dusdanig aan te passen dat bij contact tussen de vis en het turbineblad de vis afwentelt en niet meegetrokken wordt. Laboratorium testen met dergelijke concepten laten zien dat vis minder snel letaal wordt beschadigd. Door deze aspecten mee te nemen in het ontwerp, kan het percentage sterfte lager komen te liggen. Recente studies hieraan hebben betrekking op Kaplan turbines met verticale as, waarbij overlevingsefficiënties tot 90% gehaald worden. Kaplan turbines met horizontale as, zoals bij de getijdencentrale, zullen worden toegepast, geven zoals eerder aangegeven in het algemeen de laagste schadepercentages in vergelijking met andere turbinetypen. Optimalisatie door verbeterde vormgeving van de turbinebladen kan dit percentage verlagen. Voor de Kaplan turbines met visvriendelijk ontwerp die bij de getijdencentrale ingebouwd kunnen worden, is echter nog onbekend hoe het schadepercentage zich verhoudt. Echter, door toepassing van een meer optimaal, visvriendelijk ontwerp kan het schadepercentage lager komen te liggen dan nu theoretisch kan worden vastgesteld op basis van huidige gegevens en reeds bekend is bij bestaande horizontale Kaplan turbines zoals toegepast in Nederland.

Voorbeelden van aangepaste turbineconcepten (gebaseerd op pompen voor gemalen) zijn de Nijenhuis turbine en de Cink buisturbine.

6.1.2 Bypasses

- Conventionele vispassages zijn niet geschikt in situaties waarin getijde-effecten aanwezig zijn
- Als alternatief komen vissluizen en bypasses in aanmerking
- In het ontwerp van de oplossingen moeten rekeningen gehouden worden met de kenmerken van de migrerende soorten (route, diepte, gebruik van estuarium, zwemcapaciteit, bereidheid om door nauwe, donkere passages heen te zwemmen, etc)

6.2 Bescherming van zeezoogdieren

Zeezoogdieren zijn in principe goede zwemmers. Tevens hebben zeezoogdieren een relatief grote omvang, ook reeds als juveniel. Toepassing van een grofrooster op een locatie waar de stroomsnelheid acceptabel hoog is voor de zwemcapaciteit van de dieren, zal ervoor

zorgen dat deze niet snel in de problemen komen indien ze zich in de buurt van het grofrooster op zullen houden.

Of het mogelijk kan zijn dat de dieren in en uit de Grevelingen kunnen migreren is niet bekend. Hiervoor zou een specifieke voorziening moeten worden gemaakt, maar dan moeten de dieren daar ook gebruik van willen en kunnen maken.

7 DISCUSSIE

7.1 Visschade als gevolg van passage van de getijdencentrale

De omvang van de schade door turbinepassage in riviersystemen hangt af van diverse factoren zoals de lengte van de vis, het turbinedebiet, het migratiegedrag en de migratieafstand. De geringste schade blijkt op te treden bij kleine vis en bij een hoog debiet door de turbines (Hadderingh & Bakker, 1998; Hadderingh & Bruijs, 2002). De situatie in mariene systemen is echter anders dan in riviersystemen. Voor de mariene vissoorten is niet bekend hoeveel schade optreedt vanwege het ontbreken van soortspecifieke kennis met betrekking tot gevoeligheid voor schadefactoren zoals deze voorkomen in turbines. Voor deze rapportage zijn indicatieve gegevens gebruikt van verscheidene onderzoeken bij Europese en Noord-Amerikaanse waterkrachtcentrales bij vergelijkbare turbines aan rivierengebied, waarbij de genoemde percentages gelden voor het totaal aan vis dat de turbines passeert.

7.2 Ecologische effecten door de getijdencentrale

Er zijn maar weinig studies naar de effecten op vis door getijdencentrales en de opinies over de effecten variëren, alhoewel sommige auteurs een lage impact verwachten. Er lijkt geen belangrijke verandering in de visgemeenschap of visserijvangsten te zijn opgetreden in de La Rance regio. Echter, het gebied had een extreem kleine visserij en geen professionele vissers na 1960. Het effect van getijdencentrales zal het grootst zijn in gebieden waar vis volop aanwezig is en waar passage door de turbines ~~heel~~ frequent (dagelijks) herhaaldelijk plaatsvindt onder dezelfde populatie vis gedurende het jaar. Kleine getijdencentrales kunnen 'visvriendelijk' zijn, zeker in gevallen waar vispassage alleen een kleine periode van het jaar plaatsvindt.

Het introduceren van turbines in een estuariene/marine omgeving leidt tot dezelfde problemen die ook aanwezig zijn bij rivierinstallaties, met enkele belangrijke verschillen: het

estuariene milieu bevat grotere vispopulaties, meer grote vis en mariene zeezoogdieren. De potentiële impact van passage door de turbine is afhankelijk van het ontwerp van de turbine zoals draaisnelheid, diameter van de bladen en aan/afwezigheid van wicket gates. De kans op fysiek contact van een vis met een turbineblad is een waarschijnlijkheid die gebaseerd is op waterlengte (doorvoeromvang en snelheid passage) en vislengte. Ook het effect van 'gass-bubble' ziekte (e.g. caisson ziekte) is mogelijk indien een siphon concept wordt toegepast, alhoewel de onderdruk laag zal zijn, waardoor oververzadiging in beperkte mate op zou kunnen treden.

✎

Naast de schade aan juveniele en adulte vis door mechanisch contact met de turbinebladen moet ook rekening worden gehouden met het voorkomen van gasbelziekte (siphon) en het effect van plotselinge drukverschillen voor gevoelige soorten en levensstadia (larven). Kennis over deze factoren is in het algemeen laag en in de situatie van de getijdencentrale sowieso nog volledig onbekend.

Het lijkt erop dat de kennis en ontwerpmethoden voor vistrappen in rivieren moeilijk toepasbaar is voor de grote hoeveelheden water in de situatie van de getijdencentrale. Migrerende en standvissoorten zullen met elke getijdenweging in en uit de Grevelingen migreren, en de turbines meerdere malen passeren. Los van de aan turbinepassage gerelateerde effecten, brengen de hydrografische veranderingen ecologische effecten met zich mee in zowel het near-fiel als farfield, welke niet zijn te voorspellen. Mogelijke veranderingen zijn verandering in migratie en voedselbeschikbaarheid. Of deze veranderingen per se negatief zijn is nog niet aan te geven. Ook is de reactie van vissoorten op de roosters en de bereidheid deze te passeren, en daardoor de turbines te passeren, onbekend.

De ontwikkeling van de getijdencentrale zou positief kunnen zijn voor specifieke soorten, maar op andere soorten een duidelijk negatief effect hebben. Het is ook mogelijk dat minder interessante soorten (voor (sport)visserij of ecologisch gezien) voordeel hebben, of dat de impact op migrerende soorten over een range van overige soorten merkbaar is. De situatie voor de getijdencentrale voor de (toekomstige) vispopulaties moet in feite door visserijbiologen worden beoordeeld.

7.3 Te verwachten effecten door de getijdencentrale op vispopulaties

Het is nog onbekend of de vissoorten zich tijdens de turbinefase zich binnen het stroomgebied zullen verspreiden en of ze zich afdoende in de stroming kunnen handhaven. De stroomsnelheid waar vissen zich ophouden is in het algemeen lager dan de kritische snelheid van ~2 á 3 vislengtes/s. De aanstroomsnelheid voor de grofroosters zal liggen tussen de 0,85 en 1,15 m/s, hetgeen een snelheid is die moeilijk door kleine vissoorten en jonge levensstadia overwonnen kan worden. Tijdens de pauze tussen eb en vloed wanneer de turbines niet in bedrijf zijn, kan het verspreidingspatroon van vis zich wijzigen, waarbij vis zich naar de inlaten van de getijdencentrale kan verplaatsen. Uitwisseling van vis tussen gebieden met lage stroomsnelheid en het stromingsgebied bij de getijdencentrale zal altijd plaatsvinden, maar de mate valt niet te voorspellen, de snelheid van verplaatsing is per vissoort verschillend.

Ten aanzien van het inzuigen van vis zal waarschijnlijk voor al de periode tussen de start en de stationaire situatie van belang zijn. De stroomsnelheid neemt dan toe van 0 tot de uiteindelijke waarde. Tijdens deze toename zullen de vissen hierop reageren door tegen de stroom in te gaan zwemmen om niet te worden meegevoerd. Indien vissen niet in staat zijn om aan het voortschrijdende stromingsfront te ontsnappen zullen ze worden meegevoerd door de turbine. Het wel of niet kunnen ontsnappen hangt af van vele factoren waarvan de belangrijkste zijn:

- weerstand van de vis (lengte, levensstadia, conditie, soort)
- watertemperatuur
- het verspreidingspatroon van de vis voor de getijdencentrale in verband met de stroomsnelheid die ter plaatse van de vis wordt bereikt
- toename van de stroomsnelheid.

Indien deze factoren kwantitatief bekend zouden zijn, zou er een schatting zijn te maken van de hoeveelheid ingezogen vis en de schade die daarbij zou optreden. Dit is echter niet het geval. Het is nog niet te voorspellen hoe de visgemeenschap zich in de situatie met een getijdencentrale zal ontwikkelen, noch hoe de vis zich in de Grevelingen zal verspreiden. De situatie wordt complexer door de aanwezigheid van vissen die de neiging hebben, of voor hun levenscyclus moeten migreren tussen het buitengaats kustgebied en de Noordzee en de Grevelingen. De aanwezigheid van deze soorten en de mogelijkheid om te migreren zal invloed hebben op het effect: de aanwezigheid van een (sterke) eb/vloed stroming in en uit de Grevelingen zal deze soorten zeker triggeren te migreren.

7.4 **Verandering levensomstandigheden als gevolg van de getijdencentrale**

Als gevolg van de toename in waterbeweging in het Grevelingenmeer, kunnen wijzigingen optreden in de verspreiding van de vis. Momenteel is er in de Grevelingen slechts een heel beperkte stroming. De toename in stroomsnelheid zal energieverlies betekenen voor vis. Waarschijnlijk zal een (groot?) deel van de standvis populatie de gebieden met hogere stroomsnelheden gaan ontwijken en zich verder verspreiden over de Grevelingen, gezien momenteel de hoogste visdichtheid zich nabij de Brouwersdam bevindt. Verder kunnen veranderingen optreden in het voedselbestand door verandering in de dichtheid in macrofauna bestanden.

Het is in principe geen negatief gevolg van een getijdencentrale vanwege het feit dat er momenteel een verstoorde ecologische situatie heerst ten opzichte van de oorspronkelijke situatie. Ook de abiotische condities, e.g. de huidige zuurstofloosheid aan de bodem in diepere delen, zullen verbeteren, wat positieve effecten zal hebben op de fauna in de Grevelingen. Het is wel nog onbekend tot welke situatie de nieuwe omstandigheden met toename in stroming zullen leiden en in welk tijdsbestek. Het wordt aanbevolen na de inbedrijfstelling van de getijdencentrale een langjarige monitoring van de fauna in de Grevelingen uit te voeren om dit in beeld te brengen. Er dient daarvoor wel een 0-situatie te worden vastgesteld (huidige situatie) om de veranderingen, positief of negatief, correct te kunnen duiden

|

8 CONCLUSIES

- Er vindt in de huidige situatie nagenoeg geen migratie van betekenis in en uit de Grevelingen plaats.
- Voor enkele vissoorten is er wel migratie via de sluis, maar wordt de Grevelingen beperkt gebruikt.
- Van zeezoogdieren zijn geen gegevens bekend over migratie, de verwachting is dat dit niet plaatsvindt in de huidige situatie. Er komen zeezoogdieren voor in de Grevelingen, dus migratie van en naar de Noordzee is van belang.
- Met het aanbrengen van een doorvoermiddel en toepassing van de getijdencentrale, zal er een uitwisseling gaan plaatsvinden van grote hoeveelheden water tussen de Noordzee en de Grevelingen. Hierdoor zal een grootschalige migratie van vis en in principe ook zeezoogdieren mogelijk worden.
- Het is nog niet bekend welke soorten (massaal) gebruik zullen maken van de mogelijkheid om de Grevelingen in en uit te migreren. Er kan wel vanuit worden gegaan dat in principe alle in de Grevelingen en Noordzee aanwezige soorten dit kunnen en in een soortspecifieke mate ~~specifieke maten~~ ook zullen doen.
- De mate van schade is ingeschat op basis van bestaande gegevens bij vergelijkbare turbines (horizontale Kaplan bulb turbines). Het grote verschil is dat bij een getijdencentrale vis vaker de kans heeft om door de turbines te passeren, waarbij een cumulatief effect optreed gedurende de getijcyclus. Een ander verschil is het ontbreken van gegevens over de specifieke gevoeligheid van zeevissoorten voor de schadefactoren tijdens passage van turbines. De inschatting van schade en een eenvoudige modelbenadering laat zien dat de schade op populatieniveau, bij een aanname van 10% mortaliteit per passage, substantieel kan zijn.
- Over de mogelijke schade door passage van een siphon in combinatie met een luchtgedreven turbine (inslag van lucht en effect van oververzadiging van gassen in het water op vis), is op basis van beschikbare gegevens niet in te schatten.
- Bij getijdencentrales is de toepassing van conventionele vistrappen niet mogelijk vanwege het effect van getijden op de hydraulische condities in de vistrap. Als

passagemogelijkheid zijn alleen vissluizen en bypasses toepasbaar. Het is niet bekend in hoeverre de relevante soorten van dit type passagemogelijkheden gebruik kunnen en willen maken.

- Om te voorkomen dat vis in de turbines terecht kunnen mechanische en gedragsgebaseerde systemen worden toegepast. Het is nog onbekend welke typen specifiek in de situatie van de getijdencentrale in aanmerking komen, dit dient nader bekeken te worden.
- Het vaststellen van een maatschappelijk acceptabele norm is vooralsnog lastig. Hiervoor is feitelijk meer inzicht nodig in populatieomvang, compensatoire mechanismen en mogelijke effect op populaties door sterfte door de turbines. Wel kan reeds een werknorm vastgesteld worden zoals ook is gebeurd voor waterkrachtcentrales in de Maas. Deze werknorm betreft een maximum sterfte van 10%, cumulatief over de aanwezige centrales. Voor de getijdencentrale kan eveneens gesproken worden over een 10% cumulatieve norm gedurende een volledige getijcyclus, waarbij 2 maal per dag passage plaatsvindt.

9 AANBEVELINGEN

Net als waterkrachtcentrales, hebben getijdencentrales naast de voordelen (groene energie, geen CO₂ uitstoot), specifieke effecten op het milieu. Ten opzichte van waterkrachtcentrales op rivieren, lijken de effecten bij getijdencentrales groter te kunnen zijn vanwege het optreden van meerdere passages van migrerende soorten/individuen, alsook de gevoeligheid van soorten zelf is wellicht groter.

De volgende aanbevelingen zijn gemaakt ten behoeve van het besef van de mogelijke impact op het milieu door grootschalige getijdencentrales en het belang van een goed vooronderzoek en ontwikkeling van de getijdencentrale.

- Het grootste effect op het milieu, i.e. migrerende vissoorten, wordt zeer waarschijnlijk veroorzaakt door schade en mortaliteit na passage van de turbines. Alle mogelijke maatregelen en aanpassingen aan het ontwerp van de turbine ten behoeve van de verhoging van de overleving moeten onderzocht worden.
- ~~Het uitvoeren van studies om de uitvoerbaarheid, de efficiëntie en zekerheid van mitigerende en/of compenserende maatregelen vast te stellen.~~
- Het uitvoeren van een evaluatie van een aantal mogelijke mitigerende en/of compenserende maatregelen, inclusief vissluizen, bypasses, alsmede zwemcapaciteit van relevante vissoorten en het potentiële effect van gedragssystemen. Het is daarbij van belang d uitvoerbaarheid, de efficiëntie en zekerheid van mitigerende en/of compenserende maatregelen vast te stellen.
- ~~Onderzoek met een testturbine (tidal centre) in de huidige sluis om de werkelijk naar populaties van de te verwachten schade per turbine vast te kunnen stellen. Gelijkzeitig kan onderzoek uitgevoerd worden naar populatieomvang van de passerende relevante soorten. Tevens kan gekeken worden~~
- Onderzoek naar het gedrag, zowel migratiegedrag als gedrag ten opzichte van grofroosters, van soorten die in en uit de Grevelingen kunnen/willen migreren.
- Vaststellen van kennisleemten met betrekking tot migrerende vissoorten, alsook technische aspecten van de getijdencentrale.

- Beschikbare informatie voor- en na de bouw van bestaande installaties bijeen zetten om eventuele effecten en ander zaken inzichtelijk te maken.
- De effecten betreffen mogelijk een scala aan soorten en ecologische interacties. Het is daarom van belang om voldoende expertise bijeen te brengen in het vooronderzoek, waarbij ook de toekomstige vergunningverlener betrokken is, zeker ook in relatie tot het vaststellen van normen en benodigde mitigerende en/of compenserende maatregelen.
- Het is van belang de onderzoeken en informatie vrij te houden van subjectieve meningen, een wetenschappelijk onafhankelijk aanpak is van groot belang voor een correct ontwerp van de getijdencentrale en de mogelijke maatregelen om effecten te reduceren.
- Er moet budget zijn om de effecten te onderzoeken (onderzoek in tidal centre), door zowel onderzoek voor (0-meting) als na de bouw om de ontwikkeling van de ecologie goed te kunnen volgen en duiden.
- Alle betrokken partijen en experts dienen voldoende op de hoogte te zijn van de effecten van turbines op migrerende vis voor een goed begrip van de noodzaak en mogelijkheden voor maatregelen.
- Het organiseren van een symposium met experts om het scala aan mogelijke effecten en mogelijke maatregelen aan de orde te stellen en specifieke feedback te krijgen voor de situatie van de getijdencentrale in de Brouwersdam.

-63- 55106565.005-TOS/ECC 10-@@@

REFERENTIES

Volgt na review.

BIJLAGE A BESCHRIJVING NATURA2000 GEBIED GREVELINGEN (LNV)

Kenschets en gebiedsbeschrijving

Gebiedsnummer	115
Natura 2000 Landschap	Noordzee, Waddenzee en Delta
Status	Habitatrichtlijn + Vogelrichtlijn
Site code	NL4000021 (Grevelingen) + NL9802021 (Grevelingen)
Beschermd natuurmonument	Wetland (Wetlands-Conventie) Grevelingen
Beheerder	Staatsbosbeheer, Rijkswaterstaat, Zuidhollands Landschap, particulieren
Provincie	Zuid-Holland, Zeeland
Gemeente	Dirksland, Goedereede, Middelharnis, Oostflakkee, Schouwen-Duiveland
Oppervlakte	13.872 ha

De Grevelingen is een voormalige zeearm gelegen tussen Goeree-Overflakkee en Schouwen-Duiveland. Het is sinds de afsluiting door de Deltawerken het grootste zoutwatermeer van Europa en bevat een aantal eilanden waar uitgestrekte, soortenrijke duinvaleibegroeiingen en zilte pioniergemeenschappen voorkomen, alsmede uitgestrekte oeverlanden (onder meer de Slikken van Flakkee) met zilte begroeiingen, graslanden, ruigten, struwelen en bos. Mede dankzij de geïsoleerde ligging van de eilanden (de voormalige zandplaten Hompelvoet, Veermansplaat, Kleine Veermansplaat, Grote en Kleine Stampersplaat) vormt de Grevelingen een van de belangrijkste leefgebieden voor de noordse woelmuis in Zuidwest-Nederland. Om verzoeting tegen te gaan werd in 1978 de Brouwerssluis aangelegd, die in de periode december-maart open staat en die tevens uitwisseling van visbestanden aan weerszijden mogelijk maakt. Het meer is nu relatief arm aan nutriënten en algen en het water is helder. Sinds seizoen 1999/2000 staat de sluis vrijwel permanent open. De Grevelingen is van uitzonderlijk belang voor visetende watervogels. Het heldere water speelt hierin waarschijnlijk een rol. Voor fuut en middelste zaagbek is dit het belangrijkste overwinteringsgebied in Nederland. Ook voor kuifduiker, dodaars, lepelaar en kleine zilverreiger is het gebied van grote betekenis, terwijl geoorde futen zich in de nazomer verzamelen tot een groeiende ruiconcentratie met internationale aantrekkingskracht en een voor Nederland verder ongekende omvang. Ook voor de brilduiker, benthos/viseter, is de Grevelingen het belangrijkste overwinteringsgebied. Terwijl de kleinere en kustgebonden viseters recent sterk toenamen, is het belang van de Grevelingen voor fuut, aalscholver, middelste zaagbek en brilduiker rond 1999 verminderd, mogelijk in samenhang met het gewijzigde sluisbeheer. Een minder gunstige situatie kan ook

ontstaan door het optreden van stratificatie in de diepere delen, die invloed kan hebben op de visstand. Stratificatie is gerelateerd aan beperkingen in doorstroming en peilvariatie. Behalve voor viseters is het gebied verder van belang voor enkele ganzen, eenden en steltlopers, met name brandgans en strandplevier. Voor steltlopers die in de noordtak van de Oosterschelde foerageren is het gebied tevens van belang als hoogwatervluchtplaats. Kanoeten, die wat hogere eisen stellen aan hoogwatervluchtplaatsen (buitendijkse, verstoringsvrije schorren en ondiepten) overtijen bijv. bij Battenoord en Herkingen. Zeer belangrijk broedgebied voor kustbroedvogels van zandplaten en schelpenstrandjes (kluut, bontbekplevier, strandplevier, grote stern, visdief en dwergstern).

BIJLAGE B FYSISCHE EN HYDRAULISCHE KARAKTERISTIEKEN EN GEMIDDELDE VISMORTALITEIT BIJ NOORD AMERIKAANSE WATERKRACHTCENTRALES UITGERUST MET KAPLAN TURBINES (* BULB TURBINE) (FRANKE, 1997).

Locatie	Soort	Gem. Lengte (cm)	Turbine- debiet (m ³ ·s ⁻¹)	Verval (m)	Aantal bladen	Rotatie (R/min)	Diameter turbine (m)	Sterfte (%)
Chalk Hill, OR	Bluegill	10.3	37.7	8.8	4	150	2.59	3.0
Chalk Hill, OR	Bluegill	15.3	37.7	8.8	4	150	2.59	2.0
Chalk Hill, OR	White Sucker	11.9	37.7	8.8	4	150	2.59	9.0
Chalk Hill, OR	Rainbow Trout	11.9	37.7	8.8	4	150	2.59	9.0
Chalk Hill, OR	White Sucker	26.1	37.7	8.8	4	150	2.59	3.0
Chalk Hill, OR	Rainbow Trout	26.1	37.7	8.8	4	150	2.59	3.0
Craggy Dam, MI-WI	Channel Catfish	18.0	17.0	6.4	4	229	1.75	7.0
Craggy Dam, MI-WI	Channel Catfish	18.0	5.7	6.4	4	229	1.75	10.0
Craggy Dam, MI-WI	Channel Catfish	27.7	5.7	6.4	4	229	1.75	19.0
Craggy Dam, MI-WI	Bluegill	10.0	5.7	6.4	4	229	1.75	4.0
Craggy Dam, MI-WI	Channel Catfish	27.7	17.0	6.4	4	229	1.75	7.0
Craggy Dam, MI-WI	Bluegill	15.5	5.7	6.4	4	229	1.75	14.0
Feeder Dam, NY	Bluegill	9.2	29.5	4.7	6	120	2.92	2.7
Feeder Dam, NY	Bluegill	12.9	29.5	5.2	6	120	2.92	7.7
Feeder Dam, NY	Largemouth Bass	8.8	29.5	5.5	6	120	2.92	2.0
Feeder Dam, NY	Largemouth Bass	19.0	29.5	5.8	6	120	2.92	10.0
Feeder Dam, NY	Largemouth Bass	29.2	29.5	6.1	6	120	2.92	13.2
Feeder Dam, NY	Brown Trout	20.6	29.5	6.4	6	120	2.92	13.6
Feeder Dam, NY	Golden Shiner	8.8	29.5	6.7	6	120	2.92	3.2
Herrings, NY	Centrarchid	10.0	34.0	5.8	4	138	2.87	1.7
Herrings, NY	Centrarchid	17.5	34.0	5.8	4	138	2.87	2.7
Herrings, NY	Centrarchid	25.0	34.0	5.8	4	138	2.87	6.8
Herrings, NY	Percid	10.0	34.0	5.8	4	138	2.87	8.9
Herrings, NY	Salmonids	10.0	34.0	5.8	4	138	2.87	10.0
Herrings, NY	Salmonids	17.5	34.0	5.8	4	138	2.87	2.5
Herrings, NY	Salmonids	25.0	34.0	5.8	4	138	2.87	3.8
Herrings, NY	Centrarchid	10.0	34.0	5.8	4	138	2.87	5.0
Herrings, NY	Centrarchid	17.5	34.0	5.8	4	138	2.87	3.6
Herrings, NY	Centrarchid	25.0	34.0	5.8	4	138	2.87	7.5
Herrings, NY	Percid	10.0	34.0	5.8	4	138	2.87	5.1
Herrings, NY	Percid	17.5	34.0	5.8	4	138	2.87	1.8

Locatie	Soort	Gem. Lengte (cm)	Turbine- debiet (m ³ ·s ⁻¹)	Verval (m)	Aantal bladen	Rotatie (R/min)	Diameter turbine (m)	Sterfte (%)
Herrings, NY	Percid	25.0	34.0	5.8	4	138	2.87	3.8
Herrings, NY	Salmonids	10.0	34.0	5.8	4	138	2.87	4.5
Herrings, NY	Salmonids	17.5	34.0	5.8	4	138	2.87	1.3
Herrings, NY	Salmonids	25.0	34.0	5.8	4	138	2.87	1.4
Townsend Dam, PA *	Largemouth Bass	21.7	42.5	4.9	3	152	2.87	3.2
Townsend Dam, PA *	Rainbow Trout	13.9	22.7	4.9	3	152	2.87	5.6
Townsend Dam, PA *	Rainbow Trout	34.4	22.7	4.9	3	152	2.87	3.5
Townsend Dam, PA *	Largemouth Bass	10.2	22.7	4.9	3	152	2.87	0.0
Townsend Dam, PA *	Largemouth Bass	21.7	22.7	4.9	3	152	2.87	14.0
Townsend Dam, PA *	Rainbow Trout	13.9	42.5	4.9	3	152	2.87	0.0

**BIJLAGE C OVERZICHT VAN VISSOORTEN DIE WAARGENOMEN ZIJN
IN HET GREVELINGENMEER IN DE PERIODE 1980-1988
(WAARDENBURG, 1998)**

Vissoort	Latijnse naam
Adderzeenaald	<i>Entelurus aequoreus</i>
Ansjovis	<i>Engraulis encrasicolus</i>
Bot	<i>Platichthys flesus</i>
Botervis	<i>Pholis gunnellus</i>
Brakwatergrondel	<i>Pomatoschistus microps</i>
Dikkopje	<i>Pomatoschistus minutus</i>
Diklipharder	<i>Chelon labrosus</i>
Driedoornige Stekelbaars	<i>Gasterosteus aculeatus</i>
Dunlipharder	<i>Mugil ramada</i>
Fint	<i>Alosa falax</i>
Geep	<i>Belone belone</i>
Gevlekte Grondel	<i>Pomatoschistus pictus</i>
Glasgrondel	<i>Aphia minuta</i>
Grauwe Poon	<i>Eutrigla gurnardus</i>
Griet	<i>Scophthalmus rhombus</i>
Groene Zeedonderpad	<i>Enophrys bubalis</i>
Grote Zeenaald	<i>Syngnathus acus</i>
Haring	<i>Clupea harengus</i>
Harnasman	<i>Agonus cataphractus</i>
Hondshaai	<i>Scyliorhinus canicula</i>
Horsmakreel	<i>Trachurus trachurus</i>
Kabeljauw	<i>Gadus morhua</i>
Kleine	<i>Zeenaald Syngnathus rostellatus</i>
Koolvis	<i>Pollachius virens</i>
Koornaarvis	<i>Atherina presbyter</i>
Makreel	<i>Scomber scombrus</i>
Mul	<i>Mullus surmuletus</i>
Paling	<i>Anguilla anguilla</i>
Pitvis	<i>Callionymus lyra</i>
Pollak	<i>Pollachius pollachius</i>
Puitaal	<i>Zoarces viviparus</i>
Pijlstaartrog	<i>Dasyatis pastinaca</i>
Regenboogforel	<i>Salmo gairdneri</i>
Rivierprik	<i>Lampetra fluviatilis</i>
Rode Poon	<i>Trigla lucerna</i>

Vissoort	Latijnse naam
Ruwe Haai	<i>Galeorhinus galeus</i>
Sardien	<i>Sardina pilchardus</i>
Schar	<i>Limanda limanda</i>
Schelvis	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>
Schol	<i>Pleuronectes platessa</i>
Slakdolf	<i>Liparis liparis</i>
Smelt	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>
Snotolf	<i>Cyclopterus lumpus</i>
Spiering	<i>Osmerus eperlanus</i>
Sprot	<i>Sprattus sprattus</i>
Steenbolk	<i>Trisopterus luscus</i>
Tarbot	<i>Scophthalmus maximus</i>
Tong	<i>Solea solea</i>
Vorskwab	<i>Raniceps raninus</i>
Vijfdradige Meun	<i>Ciliata mustela</i>
Wijting	<i>Merlangius merlangus</i>
Zalm	<i>Salmo salar</i>
Zandspiering	<i>Ammodytes tobianus</i>
Zeebaars	<i>Dicentrarchus labrax</i>
Zeedonderpad	<i>Myoxocephalus scorpius</i>
Zeeforel	<i>Salmo trutta</i>
Zeepaling	<i>Conger conger</i>
Zeeprik	<i>Petromyzon marinus</i>
Zwarte Grondel	<i>Gobius niger</i>

BIJLAGE D RELEVANTE VISSOORTEN VOOR SPECIFIEKE BESCHERMING IN DE GREVELINGEN

Relevante vissoorten zijn de soorten die genoemd zijn in Natura2000 (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2006), Flora en Faunawet en soorten die van belang zijn als voedsel voor vogels die onder deze regelingen vallen (Tabel).

Tabel X. Relevante vissoorten op grond van Natura2000, Flora en Faunawet (lijst 2 en 3) van vissoorten die van belang zijn als prooi van vogels op grond van Natura2000.

Nederlandse naam	Latijnse naam	Gilde
Natura 2000		
zeeprik	<i>Petromyzon marinus</i>	Reofiel
rivierprik	<i>Lampetra fluviatilis</i>	Reofiel
elft	<i>Alosa alosa</i>	Reofiel
fint	<i>Alosa fallax</i>	Reofiel
zalm	<i>Salmo salar</i>	Reofiel
Flora- en Fauna Regulation List 2		
-	-	-
Flora- en Fauna Regulation List 3		
rivierprik	<i>Lampetra fluviatilis</i>	Reofiel
Quantitative important as prey for birds		
spiering	<i>Osmerus eperlanus</i>	Eurytoop
driedoornige stekelbaars	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Eurytoop
General occurring fish species		
paling (aal)	<i>Anguilla anguilla</i>	Eurytoop

Eurytoop: fish species that are present among a broad range of velocity conditions, but are not bound to specific conditions

Reofiel: fish species that are partly or totally bound to running water during their life cycle

Limnofiel: fish species that are partly or totally bound to stagnant water with plants during their life cycle

In onderstaande tabel worden de voor de Grevelingen relevante vissoorten aangegeven die zijn beschermd. De beschermde soorten mogen niet worden gevangen of gedood. Daarnaast gelden handels- en bezitsverboden. De soorten op de Rode Lijst zijn doelsoorten van het natuurbeleid. Dit betekent dat, voor zover mogelijk, gerichte maatregelen zullen

worden genomen om de stand van deze vissoorten te beschermen en/of te herstellen. Op grond van trend en zeldzaamheid worden de volgende categorieën onderscheiden: verdwenen, bedreigd, kwetsbaar en gevoelig. Verdwenen betekent dat 'de soort is verdwenen als zichzelf instandhoudende populatie'.

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Rode lijst
Aal (paling)	<i>Anguilla anguilla</i>	Gevoelig
Elft	<i>Alosa alosa</i>	Verdwenen
Fint	<i>Alosa fallax</i>	Verdwenen
Houting	<i>Coregonus oxyrrhynchus</i>	Verdwenen
Rivierprik	<i>Lampetra fluviatilis</i>	Kwetsbaar
Zalm	<i>Salmo salar</i>	Verdwenen
Zeeforel	<i>Salmo trutta trutta</i>	Bedreigd
Zeeprik	<i>Petromyzon marinus</i>	Bedreigd

BIJLAGE E NATURA2000 DOELEN HABITATSOORTEN VOORDELTA

H1365 Gewone zeehond

Natura 2000 doel: Behoud verspreiding, uitbreiding omvang en verbetering kwaliteit leefgebied ten behoeve uitbreiding populatie.

Toelichting: Verreweg belangrijkste gebied is Waddenzee (1). Noordzeekustzone (7) is een belangrijk foerageergebied, met name in de winter. De soort was verdwenen uit het Deltagebied, maar keert daar nu weer terug in Voordelta (113), Oosterschelde (118) en Westerschelde & Saeftinghe (122). Na de recente afname neemt de populatie weer sterk toe, maar de vroegere omvang is nog niet bereikt. Vooral in de Delta is nog enig verder herstel gewenst voor een lokale duurzame populatie.

H1364 Grijze zeehond

Natura 2000 doel: Behoud verspreiding, omvang en kwaliteit leefgebied ten behoeve van behoud populatie.

Toelichting: De grijze zeehond was in Nederland uitgestorven, maar heeft zich enkele decennia geleden weer gevestigd. Voortplanting vindt momenteel plaats in Waddenzee (1), met name op de Richel. Noordzeekustzone (7) is een belangrijk foerageergebied, met name in de winter. De soort neemt nog steeds toe. Voldoende rust (ook op geschikte plekken voor jongen) is van groot belang.

H1102 Elft

Natura 2000 doel: Behoud verspreiding, omvang en kwaliteit leefgebied ten behoeve van uitbreiding populatie.

Toelichting: De elft paait niet in Nederland, maar hoger stroomopwaarts: Nederland is de toegangspoort tot de paaiplassen in het stroomgebied van de Rijn. Tot voor kort werd de Rijnpopulatie als uitgestorven beschouwd. Er zijn echter concrete aanwijzingen dat de soort nog in klein aantal in de Boven-Rijn (D) paait. Het Nederlandse benedenrivierengebied was een belangrijk opgroeigebied van jonge elften, afkomstig uit Duitsland: Haringvliet (109), Biesbosch (112). Uitbreiding verspreiding betreft met name het voormalige opgroeigebied in de benedenrivieren. De soort kan meeliften met de maatregelen die genomen worden om de trekroutes van zalm (gehele stroomgebied) en fint (in benedenlopen) te herstellen. De huidige populatie is nog heel klein.

H1103 Fint

Natura 2000 doel: Behoud verspreiding paaiplassen, behoud omvang en kwaliteit leefgebied ten behoeve van uitbreiding populatie.

Toelichting: Het Nederlandse benedenrivierengebied was een belangrijk paai- en opgroeigebied van de fint. Nederlandse wateren zijn belangrijke doortrekgebieden voor finten die (potentieel) paaieren in het Duitse deel van de Eems en het Belgische deel van de Schelde. Hier bestaat een grensoverschrijdende opgave. Om op termijn een paaipopulatie van de fint terug te krijgen in de Nederlandse wateren is getij-invloed in de benedenrivieren noodzakelijk en dient het oorspronkelijke paai- en opgroeihabitat, het zoetwatergetijdengebied, beter bereikbaar te worden vanuit zee, met name via het Haringvliet

H1095 Zeeprrik

Natura 2000 doel: Uitbreiding omvang en verbetering kwaliteit leefgebied ten behoeve van uitbreiding populatie.

Toelichting: Nederlandse kustwateren zijn een belangrijk verblijfgebied van volwassen zeeprikken en tevens een belangrijk doortrekgebied voor de Rijn- en Maaspopulaties van de zeeprrik. In Nederland ligt in de eerste plaats een opgave in het beter passeerbaar maken van de barrières naar de grote rivieren vanuit zee, met name in het Haringvliet. Uitbreiding omvang en verbetering kwaliteit leefgebied is vooral van toepassing op het Natura 2000 landschap Rivierengebied. De grote rivieren zijn een belangrijk opgroeigebied voor zeeprriklarven (geboren in het buitenland), met name in het stroomgebied van de Rijn. Dit opgroeigebied kan uitgebreid worden door de aanleg van nevengeulen. De enige bekende Nederlandse paaipopulatie bevindt zich in het Roerdal (150). Aangezien de potenties van andere Nederlandse beken en rivieren als paaiplaats onduidelijk zijn, wordt uitbreiding van het aantal paaiende populaties niet als doel gesteld.

H1099 Rivierprrik

Natura 2000 doel: Uitbreiding verspreiding paaiplaatsen, uitbreiding omvang en verbetering kwaliteit leefgebied ten behoeve van uitbreiding populatie.

Toelichting: Nederlandse kustwateren zijn een belangrijk verblijfgebied van volwassen rivierprikken. En tevens belangrijke doortrekgebieden voor de Rijn-, Maas- en Scheldepopulaties van de rivierprrik. In Nederland ligt in de eerste plaats een opgave in het beter passeerbaar maken van de barrières naar de grote rivieren vanuit zee, met name in het Haringvliet (109). Uitbreiding omvang en verbetering kwaliteit leefgebied is vooral van toepassing op het Natura 2000 landschap Rivierengebied. De grote rivieren zijn een belangrijk opgroeigebied voor rivierprriklarven, die geboren zijn in het buitenland, in de stroomgebieden van Rijn en Maas. Dit opgroeigebied kan uitgebreid worden door de aanleg van nevengeulen. De enige bekende Nederlandse paaipopulaties bevinden zich het

-74- 55106565.005-TOS/ECC 10-@@@

Drentsche Aa-gebied (25) en Roerdal (150). Meer rivieren en beken lijken potentieel geschikt als paaipplaats.

BIJLAGE F MODELBENADERING VISMORTALITEIT

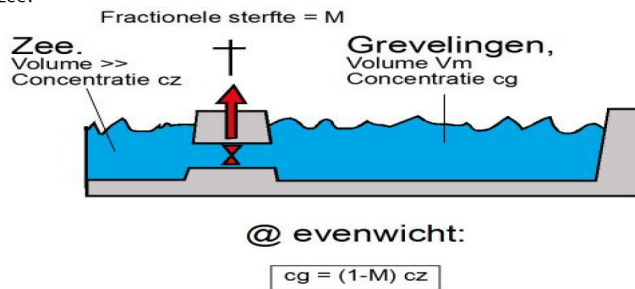
MIRT verkenning Grevelingen 20-07-2010

From: Jacob van Berkel, MIRT
To: MIRT-team
Subject: Mortaliteit (model)

Beste Maarten,

Dank voor je Excel met model. Geeft al aan hoe ernstig e.e.a. in een gestileerd geval kan uitpakken, maar het kan nog inzichtelijker (en eenvoudiger), door niet de transient, maar de evenwichtssituatie uit te rekenen.

Ga uit van een bekken, dat via een dam met turbine een getijvolume van V_g uitwisselt met een oneindige zee.



De evenwichtsconcentratie op het meer is gelijk aan $(1-M) c_z$.

De absolute sterfte gedurende 1 getij (eb+vloed) is dan:

$$(M \times c_z + M \times c_g) \times V_g.$$

Invullen van $c_z = c_g / (1-M)$ geeft dan dat de sterfte gedurende 1 getij voor $M \ll 1$ gelijk is aan:

$$2 \times M \times V_g \times c_g$$

En het aantal getijslagen waarin een heel meer is omgebracht:

$$N = V_m / (2 \times M \times V_g).$$

Merk op dat dit niet meer afhangt van de concentratie!

Bijvoorbeeld voor een getijslag van 50 cm op de grevelingen ($V_g =$ ongeveer 20 % van het meervolume V_m) volgt dat:

$$N = 1 / (0,4 \times M)$$

Bij 10 % mortaliteit in 25 getijbewegingen ($12^{1/2}$ dag) is een heel meer omgebracht en bij 1 % mortaliteit in 125 dagen.

Een referentie is wellicht de natuurlijke sterfte van een populatie. Als een vis gemiddeld 5 jaar leeft, is dat 1825 dagen. Eenzelfde sterfte wordt bereikt bij een fractionele mortaliteit M van 0,07 %!

Ondanks z'n veronderstellingen ("passieve vismigratie") toont dit model de ernst van het probleem, en de noodzaak tot echte oplossingen, mee eens?