

Variantenanalyse VMR Afsluitdijk

De Nieuwe Afsluitdijk / DLG

Rapportnummer: 20140166/rapp01
Status rapport: Definitief
Datum rapport: 30 juni 2014

Auteur: F.T. Vriese
Met bijdragen van: S.E. Wendelaar Bonga, C.J. de Leeuw, J. van Herk,
R. Mulder, H. Wanningen en A. Nolte.
Projectleider: F.T. Vriese
Kwaliteitscontrole: J. Kampen

Opdrachtgever: De Nieuwe Afsluitdijk
p/a Dienst Landelijk Gebied
Postbus 2003
8901 JA Leeuwarden
Contactpersoon: Dhr. ir. C.J. de Leeuw

Dit rapport is digitaal gegenereerd en derhalve niet voorzien van een handtekening. De inhoud van de rapportage is aantoonbaar gecontroleerd en vrijgegeven.

INHOUDSOPGAVE

1 VOORWOORD	1
2 INTERMEZZO 1: WERKING VAN DE VISMIGRATIERIVIER	2
3 INTERMEZZO 2: DE VISMIGRATIERIVIER: DE NOODZAAK VAN WACHTKAMERS	5
4 INTERMEZZO 3: VORMGEVING VAN DE AFSLUITERS VAN DE VMR	6
5 INLEIDING	9
5.1 Aanleiding	9
5.2 Doel	10
5.3 Leeswijzer	10
6 WERKWIJZE	11
7 BESPREKING VARIANTEN	13
7.1 Variant oostzijde	13
7.2 Nadelen van varianten aan de oostzijde	13
7.2.1 Aanwezigheid van de sifon	13
7.2.2 Ingang VMR aan oostzijde spuikom	13
7.2.3 Sterke stroming langs strekdam oostzijde spuikom	14
7.2.4 Ontwerp oostzijde zonder sifon, ontbreken lokstroom, combinatie van functies	14
7.2.5 Omvangrijke natuurlijke structuren	14
7.3 Varianten westzijde	14
7.3.1 In welke mate zijn de ontwerpen aan de westzijde verschillend?	14
7.3.2 Overgangszone in de VMR	15
7.3.3 Functioneren van de VMR	16
7.3.4 VMR met vertical slot verbinding	18
7.3.5 Ingangen van de VMR aan de Waddenzeezijde	19
7.3.6 Open kanaal door Afsluitdijk?	21
7.3.7 Nut en noodzaak voor de VMR?	21
8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	25
8.1 Ontwerpen oostzijde	25
8.2 Ontwerpen westzijde	25
8.3 Ingangen ontwerpen westzijde	26
8.4 Duikers door de Afsluitdijk	26
8.5 Vergelijking visvriendelijk spuibeheer met de VMR	27
8.6 Monitoring	27
8.7 Stapsgewijs nemen van besluiten	27
8.8 Resumé	27
9 LITERATUUR	28

1 VOORWOORD

Dit rapport (eigenlijk beginnend bij hoofdstuk 5) is geschreven in een tijdsbestek waarin de gedachtenvorming over de VisMigratieRivier (VMR) nog volop in ontwikkeling was en betreft een professional judgement over een aantal (voorlopige) ontwerpvarianten van de VMR. Deze varianten stonden echter nog niet vast, waarbij ook het beheer van de VMR nog niet verder was uitgekristalliseerd. Nu in dit proces verdere voortgang is geboekt, zijn een aantal aspecten in deze rapportage achterhaald en geven gebruikte figuren mogelijk niet de laatste stand van zaken weer. Er is echter voor gekozen het rapport niet verder aan te passen aan de huidige inzichten, maar een zichtbaar deel te laten vormen van het ontwikkelproces. Wel zijn 3 intermezzo's opgenomen om: 1). de huidige inzichten in de werking van de VMR weer te geven; 2). nadere informatie over de fysiologische adaptatie van tussen zout en zoet migrerende vis weer te geven; 3). de vormgeving van de afsluiters van de VMR in relatie tot vismigratie te bespreken. Vervolgens wordt in hoofdstuk 5 verder gegaan met het oorspronkelijke rapport.

2 INTERMEZZO 1: WERKING VAN DE VISMIGRATIERIVIER

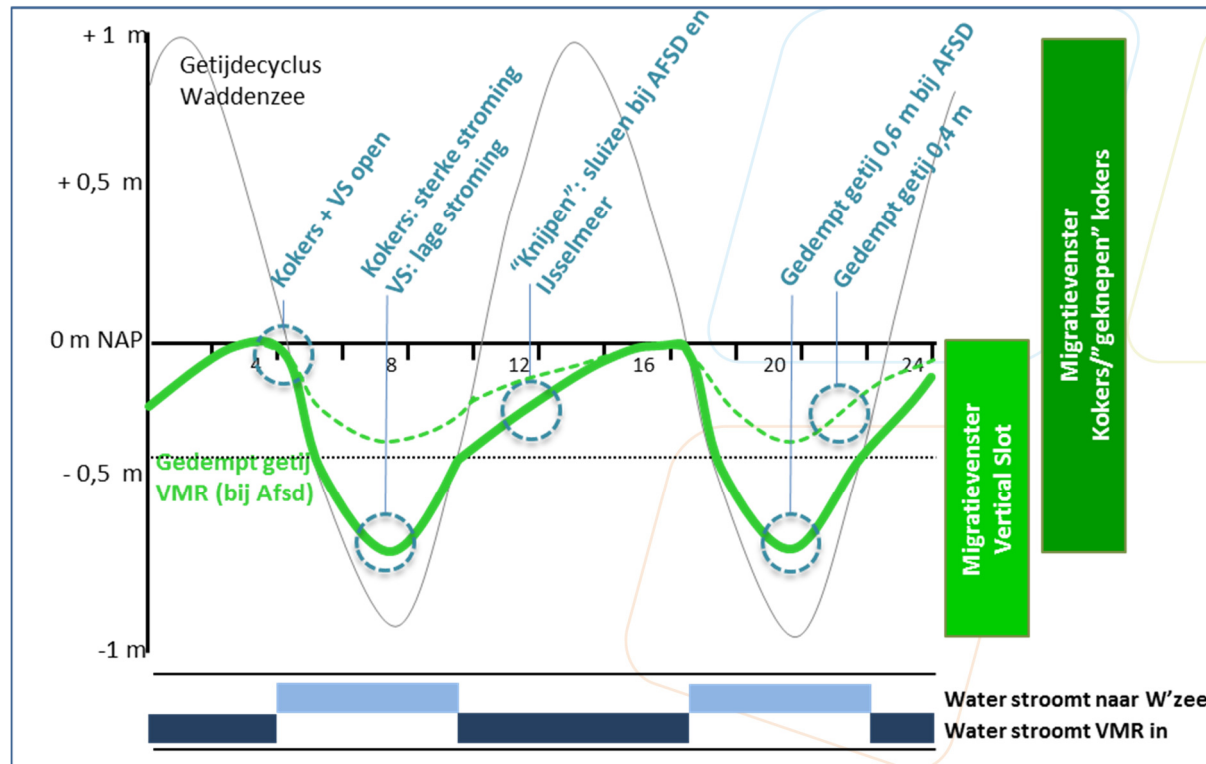
(Variant met sluis bij de Afsluitdijk en aan zijde van het IJsselmeer)

Door: Corné de Leeuw, Jeroen van Herk, Roef Mulder, Herman Wanningsen, Arno Nolte en Tim Vriese

De Vismigratierivier (VMR) stroomt twee kanten op. Bij laag water op de Waddenzee stroomt er zoet water vanuit de Vismigratierivier naar de Waddenzee. Dit zorgt voor een lokstroom in de spuikom, waardoor vissen de ingang van de VMR kunnen vinden. Bij hoog water op de Waddenzee stroomt er brak tot zout water de VMR in. Daardoor beschikt het systeem ook over een getijdestroom vanuit de Waddenzee in de VMR, waardoor zwakke zwemmers onder de vissen met de stroom mee naar binnen kunnen migreren.

De VMR heeft het karakter van een natuurlijke getijderivier met een gedempt getij. Dicht bij de Afsluitdijk is een getijslag van 40 – 80 cm aanwezig; richting het IJsselmeer wordt het getijverschil steeds minder. Het zoutgehalte in de VMR varieert door het getijde heen zoals in een natuurlijke situatie. Het brakke water dringt in normale omstandigheden enkele kilometers door in de VMR. Het deel van de VMR dichtbij het IJsselmeer blijft zoet.

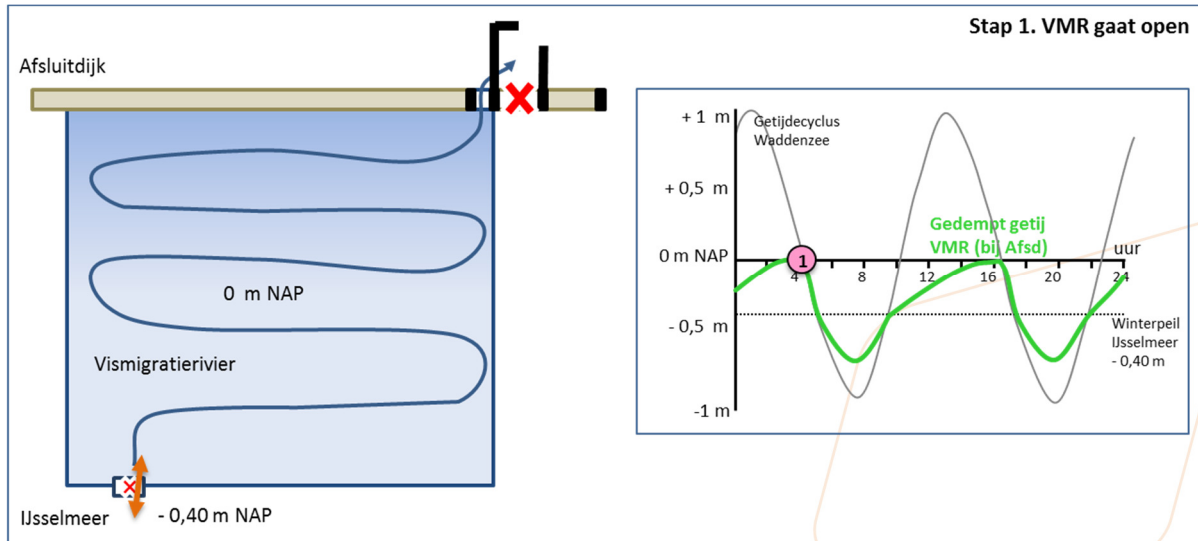
Er liggen drie kokers door de Afsluitdijk, waarvan er één voorzien is van een vertical slot vispassage. De vertical slot passage is altijd open, de andere kokers sluiten gedeeltelijk tijdens hoog water, om zoutindringing te beperken. Hierdoor wordt een maximaal migratievenster verkregen, zowel in de laag water als in de hoog water periode.



De werking van de VMR in een gemiddelde situatie is onderstaand in 3 stappen uitgelegd.

1. VMR gaat helemaal open

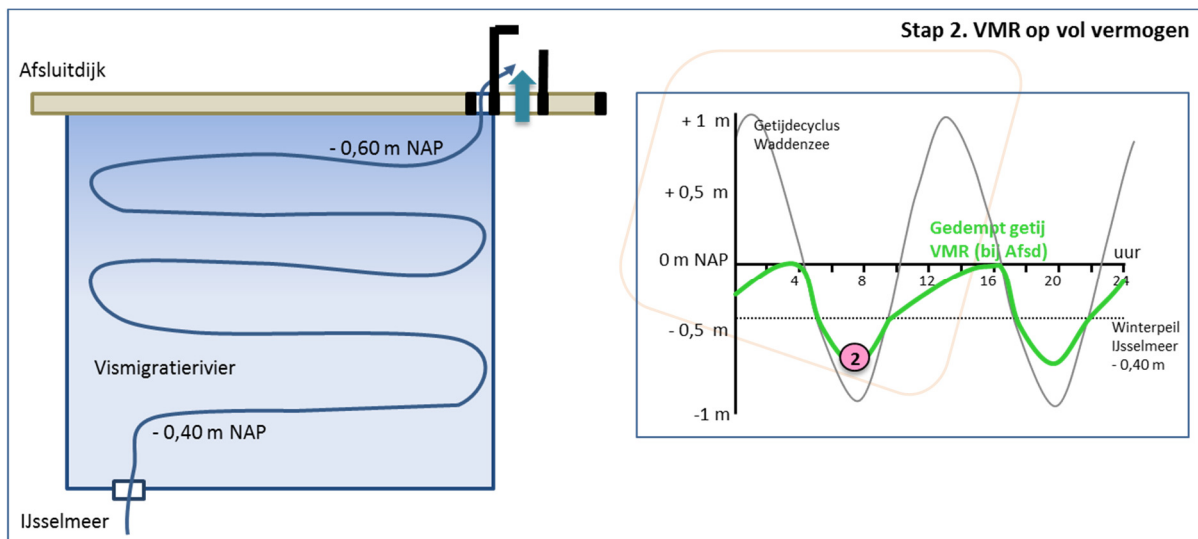
De VMR heeft tijdens hoog water een hoger waterpeil dan het IJsselmeer (gemiddeld circa 0 m NAP). De verbinding door de Afsluitdijk bestaat uit 2 kokers en een vertical slot vispassage. De twee grote kokers worden zo'n 30 tot 60 minuten voordat de spuisluizen van Kornwerderzand beginnen te spuien geopend (de vertical slot passage is altijd open), waardoor er een substantiële lokstroom in de spui kom wordt gebracht. De stroming van het water neemt geleidelijk aan toe met het zakken van de waterstand op de Waddenzee.



2. VMR op vol vermogen

Bij laag water op de Waddenzee stroomt de VMR op vol vermogen. Er wordt een lokstroom met een piekdebiet van circa 40 m³/s gerealiseerd in de spui kom. Beide kokers en de vertical slot zijn geopend en de spuisluizen van KWZ zijn ook geopend. De stroomsnelheid in de kokers is toegenomen en bedraagt maximaal 2-3 m/s. Op de bodem van de kokers zijn stenen aangebracht waardoor de stroomsnelheid daar tussen de stenen aanzienlijk lager is. In de vertical slot vispassage is de stroomsnelheid constant lager (maximaal 0,5 m/s). Hierdoor kunnen zowel de sterke als de zwakke zwemmers optimaal gebruik maken van de VMR.

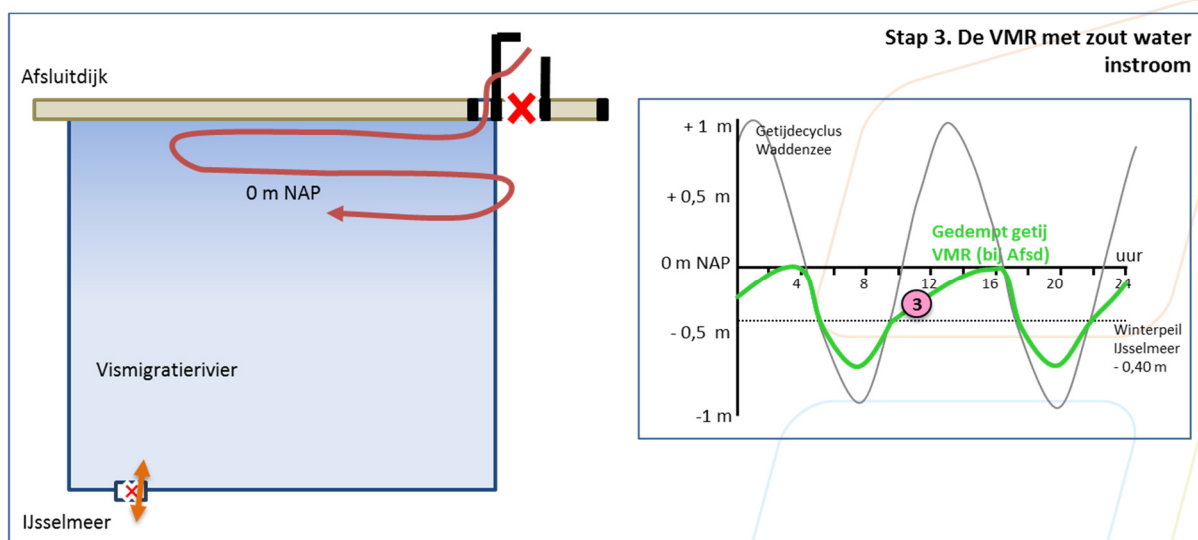
Het waterpeil in de VMR zakt tot onder IJsselmeerpeil, waardoor er sprake is van gedempt getij in de VMR. Dicht bij de Afsluitdijk bedraagt het getijdeverschil 40 – 80 cm; op 3 km van de Afsluitdijk bedraagt het verschil nog steeds 30 – 60 cm. Hierdoor zal het eerste deel (1 - 1,5 km vanaf de Afsluitdijk) van de VMR bestaan uit een brede getijdegeul met slikkige oevers. De stroomsnelheid in de VMR blijft laag, maximaal 0,5 – 0,7 m/s.



3. De VMR met zout water instroom

Aan de Waddenzee zijde is het tij gekeerd en wordt het hoog water. De grote spuiscuizen van KWZ gaan dicht maar de VMR blijft langer open. Er stroomt zout water de VMR in waardoor de getijdemigranten met de stroom mee naar binnen kunnen. In de eerste fase kunnen alle kokers geheel open blijven; als het peilverschil tussen de Waddenzee en de VMR groter wordt, worden de schuiven op een kier gezet. De instroom van zout water wordt “geknepen” waardoor de VMR langer open kan blijven. Hierdoor kunnen de vissen de gehele hoogwaterperiode naar binnen blijven trekken, terwijl de hoeveelheid zout water die naar binnen stroomt beperkt blijft. Bij een te grote instroom van zout water kunnen de afsluiters helemaal gesloten worden.

De sluis aan de IJsselmeerzijde wordt ook “geknepen”, door deze op een kier te zetten. Hierdoor wordt er een gedempt getij in de VMR gecreëerd, waarbij het waterpeil stijgt tot circa 0 m NAP. De getijdegeul verbreedt zich en de vloedperiode is te zien in het landschap dicht bij de Afsluitdijk. Het brakwatergebied vergroot zich en schuift verder het gebied in. De sluis aan de IJsselmeerzijde heeft een intelligent ontwerp dat ruimte laat aan de vissen om ook in deze periode door te kunnen zwemmen naar het IJsselmeer.



3 INTERMEZZO 2: DE VISMIGRATIERIVIER: DE NOODZAAK VAN WACHTKAMERS

Door: Prof. dr. S.E. Wendelaar Bonga, hoogleraar dierfysiologie, Radbouduniversiteit Nijmegen

Bij de trek van zoet naar zout water en omgekeerd spelen twee milieufactoren een hoofdrol : saliniteit en temperatuur. Om zich aan deze overgangen te kunnen aanpassen zijn bijzonder ingrijpende fysiologische aanpassingen nodig. Deze duren gemiddeld zeker een dag of tien, een periode waarin de dieren kwetsbaar zijn. Estuariën, fjorden en brede riviermondingen zijn geliefde “wachtkamers” om deze periode door te brengen omdat dit overgangsgebieden zijn van zout naar zoet water. Naast zoutgradiënten zijn hier ook de noodzakelijke temperatuurgradiënten te vinden die de aanpassingen vergemakkelijken. Daarom zijn dit geschikte verblijfplaatsen om de ingrijpende veranderingen in lichaamsfuncties die bij de overgang optreden te ondergaan. Wanneer in het vismigratieproject te kleine wachtkamers worden ingebouwd ontbreekt aan de constructie een essentieel element en gaat de waarde daarvan gaat in belangrijke mate verloren.

Saliniteit

In zoet water dreigt een tekort aan zouten in het bloed en andere lichaamsvloeistoffen door diffusie naar buiten over huid en kieuwen; in zeewater dringen veel zouten naar binnen over deze oppervlakken; ook drinken zeewatervissen veel zeewater. Gevolg: in zoetwater moeten de verliezen worden gecompenseerd door kieuwen en nieren; in zeewater moeten er veel ionen worden uitgescheiden door vooral de kieuwen. Bij de overgang van zoet- naar zeewater moeten de vele enzymen en ionenkanalen in de kieuwen die zouten naar binnen pompen worden vervangen door mechanismen die het omgekeerde doen. Dat vindt plaats door het afsterven van de ionentransporterende cellen en vervanging door nieuwe. Ook zijn er ingrijpende veranderingen in nieren en darmen nodig. In deze ombouwperiode zijn de vissen kwetsbaar, zeker als het te snel gaat. Afhankelijk van de soort kunnen ze bij een te snelle overgang sterk in conditie achteruitgaan en ook doodgaan door te snelle veranderingen in de zoutconcentratie van de lichaamsvloeistoffen, door ziektes als gevolg van stress, hogere gevoeligheid voor toxische stoffen en parasieten, of door predatoren, waar de dieren veel trager dan normaal op reageren. Deze conclusie wordt stevig onderbouwd door de fysiologische en ecofysiologische literatuur.

Temperatuur

Vissen zijn erg gevoelig voor temperatuurveranderingen. Zij zoeken bij migraties zoveel mogelijk water van gelijke temperatuur via verplaatsingen in verticale richting. Met name de enzymen en membraanlipiden functioneren slechts optimaal binnen een bepaald temperatuurtraject. Buiten dat traject moeten nieuwe (iso-)enzymen worden gevormd en moeten de membranen worden aangepast (door vervanging van lipiden) een ander temperatuuroptimum. Ook dit proces duurt vaak een dag of tien. Dit is een tweede reden dat zalmen en andere trekkende soorten soms weken wachten in estuariën of andere wachtkamers. De temperatuurverschillen tussen Noordzee, Waddenzee en IJsselmeer zullen variëren in het jaar en zijn mogelijk minder dan die tussen bijv. de Rijn (met vele energiecentrales) en de Noordzee. Maar ze moeten wel in kaart worden gebracht om een redelijke inschatting van de duur van de aanpassingsperiode te kunnen maken. De gevolgen van te snelle temperatuurovergangen zijn vergelijkbaar met die van te snelle saliniteitsovergangen.

Zout/zoet versus zoet/zout overgang

Tot nu toe ligt de nadruk sterk op de trek naar binnen. Veldonderzoek in Canada heeft uitgewezen dat kanalisatie van meanderende onderrivieren (dus versnelde uittrek door verminderde wachtkamerruimte) een negatief effect heeft op de overleving van jonge zalmen (smolts). Uit fysiologisch onderzoek aan vele soorten blijkt dat de zout/zoet overgang even belastend is als de zoet/zout overgang. Ook dit punt moet de nodige aandacht hebben bij de verdere uitwerking van de plannen voor de VMR.

4 INTERMEZZO 3: VORMGEVING VAN DE AFSLUITERS VAN DE VMR

In een discussie tussen DLG, Grontmij en Rijkswaterstaat is de vraag naar voren gekomen of de vormgeving van de afsluiters (ter plaatse van de Afsluitdijk en aan de IJsselmeerzijde) effecten kan hebben op de vis en vismigratie. Op de volgende pagina zijn een aantal principe vormen voor de afsluiters weergegeven: 1). schuif van boven of opzij met afsluitbare openingen; 2). schuif van boven; 3). schuif van onder; 4). schuif van opzij. Op de pagina daarna is, als voorbeeld, ook nog een afsluiter weergegeven zoals deze gebruikt wordt in de meeste vistrappen op de Maas. Het betreft hier in principe een schuif van onder, maar is een variatie hierop doordat gebruik gemaakt wordt van een scharnier aan de ene zijde en een hefmechanisme aan de andere zijde (licht groene kunstwerk met ladder). Een en ander wordt automatisch gereguleerd; elke 10 minuten wordt het waterpeil bovenstrooms gemeten, waarna de hoogte van de schuif zonodig wordt bijgesteld. Het debiet over de vistrap blijft hierdoor zo constant mogelijk.

Ad 1). Schuif van boven of opzij met afsluitbare openingen

Het merendeel van de tijd zal de schuif open staan, totdat het nodig wordt om het debiet uit de VMR naar het IJsselmeer te knijpen (bij te grote zoutindringing). Er is sprake van een 'geknepen' stroom wanneer het water alleen via de afsluitbare openingen stroomt. Bedacht moet worden dat de grotere obligate migranten zoals zalm en zeeforel niet graag door kleine openingen zwemmen. In vistrappen (vertical slotvispassages) in de V.S. wordt een minimale slot breedte van 0,4 m gehanteerd (Clay, 1961; Bell, 1986). Bij kleinere openingen is er sprake van weigering van salmoniden om deze te passeren. Daarnaast is de vorm van de opening onnatuurlijk waarmee een vreemd stromingspatroon kan ontstaan als gevolg waarvan vis de neiging kan hebben de opening te mijden (denk hierbij aan gedrag van vissen bij grofvuilroosters en stuwen). Kleine vis kan waarschijnlijk wel passeren maar de openingen garanderen geen goede aansluiting bij de migratie route (zie Ad 4).

Ad 2). Schuif van boven

Wanneer de schuif van boven de waterstroom moet gaan knijpen, ontstaat er langs de bodem een spleetvormige opening. De stroomsnelheid hierdoor wordt bepaald door het verval (peilverval tussen de VMR en het IJsselmeer). Deze stroomsnelheid zal hoog zijn. Water stroomt voornamelijk langs de bodem toe en vanuit het onderste deel van de waterkolom. Een en ander leidt tot gebogen stroomlijnen en mogelijk vermijdingsgedrag. Bodemvissen kunnen waarschijnlijk beter passeren dan vissen die pelagisch dan wel aan de oppervlakte zwemmen. Ook is bij telemetrisch onderzoek bij de onderlossende boogstuwen op de Nederrijn-Lek gebleken dat naarmate de opening onder de stuw kleiner was en het verval hoger (dus grotere stroomsnelheid) er meer schade optrad aan passerende vis (mondelingen mededeling dhr. A.W. Breukelaar).

Ad 3). Schuif van onder

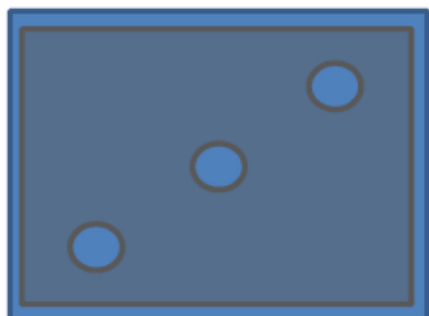
De afsluiter fungeert min of meer als een overlaat. Wanneer er 'geknepen' moet worden kan een verdrongen dan wel een volkomen overstort ontstaan. Bij een volkomen overstort valt het water als het ware over de klep. Overigens levert dit geen gevaar voor de vis op daar de valhoogte beperkt is. Zo treden bij juveniele salmoniden geen schadelijke effecten op bij een val van minder dan 13 m hoogte (Bell & Delacy, 1972). De kritische impactsnelheid voor vis van die afmetingen is 16 m/s. Desalniettemin wordt een dergelijk toestand het liefst vermeden. Onderzoek bij de stuwdammen in de Snake en Columbia river laten zien dat vis niet graag een scherpe overlaat passeert en er vertraging in de migratie kan ontstaan. Er worden in de V.S. zelfs speciale opzetstukken voor spillways gemaakt zodat een geleidelijk toenemende stroming ontstaat waarin vis wel graag meezwemt (toename van stroming van 1 m/s per m afstand) (Vriese, 2012). Kleine vis wordt waarschijnlijk wel meegenomen door de stroming. Maar ook hier geldt, de aansluiting op de migratieroute is niet ideaal. Bodemvis zal zeker moeite hebben een dergelijke overlaat te passeren.

Ad 4). Schuif van opzij

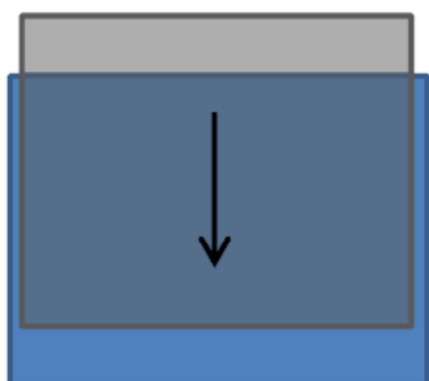
Voor de afsluiter verdient een schuif van opzij veruit de voorkeur. Wanneer hier 'geknepen' wordt ontstaat in wezen een vertical slot. Ook hier kunnen hoge stroomsnelheden optreden, maar botsing met de boven of onderkant van de klep ligt minder voor de hand. Vis hoeft namelijk niet af te wijken van zijn voorkeurspositie in de waterkolom en kan op alle niveaus doorzwemmen.

Liefst wordt het 'knijpen' van de opening zo veel mogelijk vermeden. Hoe kleiner de opening, hoe meer geconcentreerd de vis het IJsselmeer in komt, hoe meer kansen voor predatoren.

Mogelijke vormen van afsluiters voor de VMW



Schuif van boven of opzij met afsluitbare openingen



Schuif van boven



Klep van onder (functioneert als overlaat indien deels gesloten, eerst verdronken overlaat, later volkomen overlaat)



Schuif/deur van opzij

Afsluiter van vispassage Borgharen op de Maas (in gesloten toestand, droog staande vistrap)



5 INLEIDING

5.1 Aanleiding

Voor het verbeteren van de vismigratie tussen de Waddenzee en het IJsselmeer wordt de aanleg van een vismigratierivier (VMR) onderzocht. De VMR zal zijn gelegen bij het sluiscomplex Kornwerderzand en bestaat uit een doorgang door de Afsluitdijk en een traject aan zowel de Waddenzeezijde als de IJsselmeerszijde. Om het waterbeheer te reguleren en een zoutbelasting naar het IJsselmeer te voorkomen, worden sturingswerken aangebracht. De trajecten aan weerszijden kunnen worden ingericht voor natuurlijke en recreatieve doeleinden.

De belangrijkste voorwaarde is dat de VMR zeer goed functioneert voor alle soorten trekvis. Met de VMR wordt gestreefd naar een passeerefficiëntie van 90%. Dit betekent dat 90% van de vissen die zich aan de Waddenzeezijde aandienen (ongeschonden) het IJsselmeer bereikt. In opdracht van Linkit Consult heeft Deltares in 2012 de hydraulische haalbaarheid en effectiviteit van de VMR onderzocht. Door gebruik te maken van een 1D SOBEK model zijn het waterstandsverloop, de zoet-zoutgradiënt, de stroomsnelheden en het netto debiet (lokstroom) voor verschillende varianten berekend. Een belangrijke uitkomst was inzicht in de opstellingsduur van de kunstwerken, die een indicatie geeft voor hoeveel tijd vissen de VMR voor migratie kunnen gebruiken.

Met betrekking tot de VMR bestaan er een aantal varianten, waarvan de milieueffecten onderzocht worden in een MER-studie:

- 1). VMR – Lijn (1.A VMR – Lijn, 6 km; 2.B VMR – Lijn, 2-4 km);
- 2). VMR – West (2.A VMR – West – compact; 2.B VMR – West – natuurlijk);
- 3). VMR – Oost, natuurlijk.

Recent heeft Deltares nader onderzoek uitgevoerd ten behoeve van de technische uitwerking van deze varianten. Het betreft hier:

- 1). Beoordelen van de functionaliteit van de voorliggende varianten voor een gesloten zoet-zout overgang. Dit betreft:
 - a. modelleren van de verschillende technische uitwerkingen (1D);
 - b. bepalen van de volgende ontwerpuitgangspunten:
 - i. lengte en dimensionering van de geul;
 - ii. dimensionering van de kunstwerken (inlaten, afsluiters);
 - iii. dimensionering van de koker(s) door de Afsluitdijk.
- 2). Beoordelen van de morfologische effecten van de verschillende technische uitwerkingen, zowel binnen als buiten de VMR;
- 3). Modelleren van zoet-zout gedrag in 3D. Dit gebeurt in deze fase nog op hoofdlijnen, omdat de varianten nog niet tot in detail zijn uitgewerkt.

Deltares heeft de conceptrapportage van het genoemde onderzoek (Wesselijs *et al.*, 2014) eind maart 2014 opgeleverd. ATKb heeft het rapport ontvangen op 2 april 2014. In de rapportage worden de volgende onderzoeksvragen (ten dele) beantwoord:

- 1). Functionaliteit van de varianten
 - Wat zijn de meest optimale vormen en afmetingen (lengte en profiel) van de VMR en van de doorgang door de Afsluitdijk (nat oppervlak, één of meerdere kokers, ruwheid) voor de trekvis, rekening houdend met de andere randvoorwaarden, alternatieven die in het kader van de MER onderzocht worden en uitgaande van resultaten van de haalbaarheidsstudie?
 - Welke minimum/maximum contouren (gevoeligheidsanalyse t.o.v. optimale vorm) zijn nog acceptabel?
- 2). Sedimentstromen en morfologie
 - Zijn er aan de buitenzijde van de VMR veranderingen in erosie of sedimentatie patronen te verwachten? Zo ja, hoe kan dit voorkomen of zoveel mogelijk beperkt worden?
 - Waar treedt er in de VMR erosie of sedimentatie op en wat voor gevolgen heeft dit voor de vormgeving?
 - Hoe kan de VMR het beste ontworpen worden om duurzame instandhouding in de gebruiksfase te borgen? Hoe kan functieverlies of hoge beheer- en onderhoudskosten in de gebruiksfase voorkomen worden (bijvoorbeeld door extra inlaten vanuit het IJsselmeer ten behoeve van doorspoeling)?

3). Zoet-zout gedrag

- Hoe verloopt het zoutgehalte in de lengte en in de waterkolom bij verschillende varianten van een natuurlijke VMR?
- Hoe heeft het ontwerp en beheer van de geul, kokers, inlaten en afsluiters in de VMR invloed op het zoutpatroon in de VMR (bijvoorbeeld door inbrengen van flexibele weerstand afhankelijk van de stromingsrichting d.m.v. kleppensysteem)?
- Welke beheervormen zijn optimaal zodat de sluizen zo lang mogelijk open kunnen staan en zonder een zoutbezwaar aan de IJsselmeerzijde?

Daarnaast zijn er schetssessies geweest om de verschillende varianten voor de VMR nader te concretiseren en uit te werken tot het niveau van een schetsontwerp. Het betreft hier een viertal varianten gelegen aan de westzijde van het complex Kornwerderzand en een drietal varianten aan de oostzijde van het complex.

ATKB is door DLG gevraagd om een expert judgement beoordeling van de varianten van de VMR zoals deze zijn onderzocht door Deltares en geschetst in de schetssessies, uit te voeren. Onderhavige rapport is hiervan het resultaat. Aan het rapport zijn ook nog toegevoegd de belangrijkste aanbevelingen van een bijeenkomst van nationale en internationale vismigratiedeskundigen op 8 en 9 mei 2014.

5.2 Doel

Het doel van onderhavig onderzoek is om middels een expert judgement beoordeling te komen tot een selectie van de beste variant voor de VMR rekening houdend met de doelsoorten.

5.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 6 wordt de werkwijze voor onderhavige studie weergegeven. In hoofdstuk 7 worden de verschillende varianten voor de VMR inhoudelijk besproken. Hoofdstuk 8 geeft de aanbevelingen en conclusies. In hoofdstuk 9 wordt de gebruikte literatuur weergegeven.

6 WERKWIJZE

Het doel van het onderzoek van Deltares (Wesselijs *et al.*, 2014) was om te komen tot conceptuele ontwerpcriteria voor de vismigratierivier voor water- zouttransport, morfologie en sedimentatie. De voor deze aspecten relevante criteria zijn:

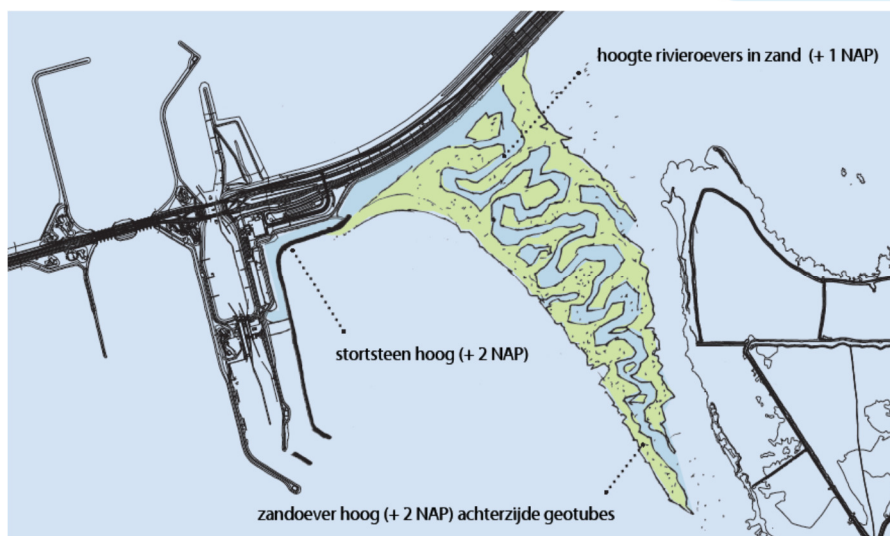
- Zo groot mogelijke lokstroom naar de Waddenzee;
- Zo lang mogelijke openingsduur van de kunstwerken;
- Voldoende lange periode van gunstige stroomsnelheid voor diverse vissoorten;
- Geen transport van zout (zoutlekkage) naar het IJsselmeer;
- Zo minimaal mogelijk baggeronderhoud of herstel van het bodemprofiel;
- Realisatie van een brakwaterzone aan de IJsselmeerszijde;
- Voor zover mogelijk, realisatie van intergetijdengebied.

Als basis bij het ontwerpen van vismigratievoorzieningen geldt in het algemeen het afstemmen van de mogelijkheden die een gegeven situatie (locatie, hydrologie, waterbeheer etc.) en de concrete ontwerpaspecten bieden op de eisen die (doel)vissoorten stellen. Een en ander komt tot uitdrukking in de verschillende varianten van de VMR. Als criteria voor de beoordeling van de geschiktheid van de ontwerpen kunnen ondermeer worden onderscheiden (niet limitatief; voor zover onderscheidend tussen de varianten en voor vissoorten(gilden)):

- omvang en ligging lokstroom (vindbaarheid);
- aanwezigheid en omvang retourstroming;
- openstellingsduur;
- dimensies (aan de zoetwaterzijde; aan de zoutwaterzijde, diepte; breedte; oppervlakte; volume);
- vormgeving en dimensies inzwem- en uitzwemopeningen (kunstwerken);
- diepteligging inzwem- en uitzwemopeningen;
- stroomsnelheid(verdeling);
- morfologie/habitat;
- processen in de VMR (erosie/sedimentatie; zoet-zoutgedrag);
- beheer van de VMR.

In het navolgende zal een overzicht worden gegeven van een aantal ontwerpen uit de schetssessies, met een korte omschrijving van de karakteristieken, te beginnen met de ontwerpvariant aan de oostzijde. Oorspronkelijk waren er meer varianten, die voornamelijk verschilden door de inrichting van het gebied in het IJsselmeer en de wijze waarop de verbinding met de spuikom zou worden gerealiseerd. Deze worden niet nader besproken.

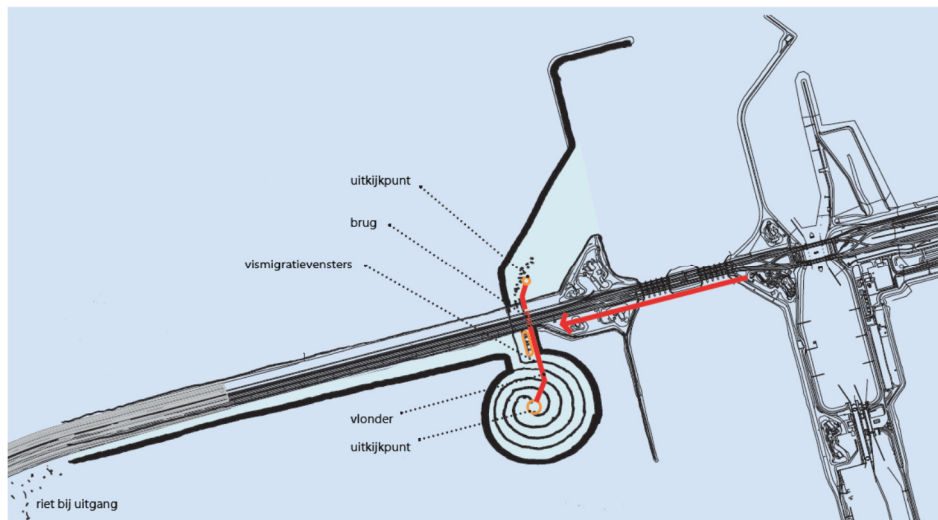
1). Zandrivier Oost (175 ha), inzwemopening aan de oostzijde van de spuikom, sifon onder scheepsroute door, lengte 4 km, 25 m breed, natuurlijke oevers, 1-2 m diep (figuur 1).



Figuur 1. Zandrivier Oost.

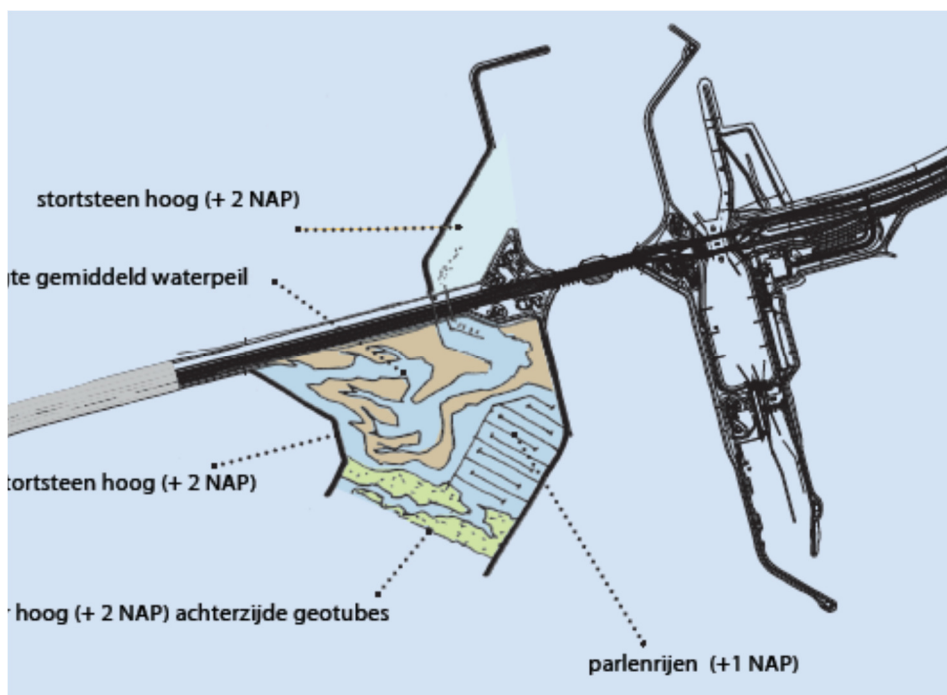
De ontwerpen aan de westzijde betreffen:

1). Westzijde, spiraalvormig, lengte 4 km, kunstmatige oevers (stortsteen, 1:1), diepte 4-5 m, 25 m breed, met of zonder natuurlijke oevers op de overgang naar het IJsselmeer (figuur 2).



Figuur 2. Westzijde spiraalvormig.

2). Westzijde, kunstmatig estuarium, lengte 4 km, natuurlijke oevers (1:2 tot 1:20), gevarieerde diepte (max. 4 m), variërende breedte (25-50 m), kunstmatige dammen in het midden, natuurlijke oevers op de overgang naar het IJsselmeer (figuur 3).



Figuur 3. Westzijde kunstmatig estuarium

7 BESPREKING VARIANTEN

7.1 Variant oostzijde

De varianten aan de oostzijde hebben als overeenkomst dat deze de scheepvaartroute doorkruisen. De scheepvaartroute kan onderlangs gekruist worden middels een sifon of via een open verbinding. Een sifon kan aan de zeewaartse zijde van de scheepvaartsluizen worden aangelegd. Deze heeft een lengte van ruim 100 m en ligt op een diepte van 10 m. Als de scheepvaartroute via een open verbinding wordt gekruist, moeten vissen zelf hun weg vinden van de spuikom die aan de westzijde van de voorhaven is gelegen, naar de voorhaven en de verbinding met de rest van de VMR.

7.2 Nadelen van varianten aan de oostzijde

7.2.1 Aanwezigheid van de sifon

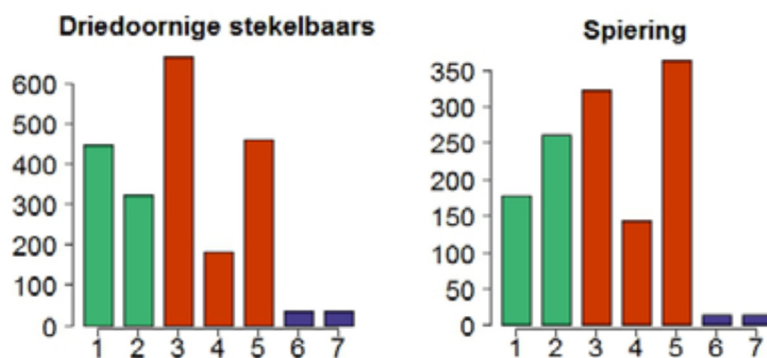
Hoewel uit divers onderzoek (Kemper, 1997; British Columbia Ministry of Transportation and Highways, 2000; Didderen, 2008; Koole & Hop, 2012; Spierts, 2012) is gebleken dat sifons geen noemenswaardige problemen hoeven op te leveren voor vismigratie (mits deze goed zijn ontworpen: geen schietend water, geheel gevuld, geen verticale trajecten, geen vervuiling), moet bedacht worden dat het hier wel een grote en diep gelegen sifon betreft. Gezien de diepteligging maken eventueel doortrekkende vissen een aanzienlijke drukverloop mee, van atmosferische druk naar een druk van 1 atmosfeer hoger (toename in druk) en van 1 atmosfeer druk naar atmosferische druk (afname in druk). Wat hiervan het effect is op de migratie is onduidelijk. Snelle (gedwongen) drukovergangen (en dan juist van hogere druk naar lagere) vanaf ongeveer 0,5 atmosfeer kunnen bij vissen al leiden tot een sterfte van 10-tallen procenten (en dan vooral bij physocliste soorten, zie kader) (Turnpenny *et al.*, 2000). In het geval van de sifon zullen de vissen niet worden gedwongen om de drukverschillen door te maken, maar aversie tegen drukverandering kan er voor zorgen dat vissen niet sterk geneigd zijn door de diepe sifon te migreren. Aanwijzingen hiervoor komen ook uit het onderzoek van een grote hevelvispassage bij Roermond (Vriese & Kroes, 2009). Hier werd de werking van de klassieke bekkervispassage vergeleken met de werking van een nieuwe, grote (diameter meer dan 2 m) hevelvispassage. Hoewel er vele duizenden vissen door de bekkervispassage trokken, bleken er hooguit enkele (en dan vooral aanzienlijk kleinere) vissen door de hevelvispassage te migreren. De onderdruk in de hevelvispassage zou de reden kunnen zijn dat vissen deze migratieroute niet benutten (andere omstandigheden waren vergelijkbaar).

Physostome en physocliste vissoorten

Vissen zijn te verdelen in physostome en physocliste soorten, die respectievelijk wel of geen verbinding hebben tussen de zwemblaas en de slokdarm. Een verbinding hiertussen maakt het mogelijk om snel te compenseren voor drukwisselingen, door lucht in te slikken of juist uit te stoten. Physocliste vissen kunnen dit niet en hebben dus een relatief lange adaptatietijd nodig om zich aan te passen aan veranderende druk omdat gassen via het bloed en de zwemblaasklier moeten diffunderen. Zo duurt het voor een baars maar liefst 24 uur om 1 atmosfeer druk te compenseren.

7.2.2 Ingang VMR aan oostzijde spuikom

In praktisch alle handboeken (w.o. FAO (2002), MUNLV (2005) en Kroes & Monden (2005) voor het ontwerpen van vismigratievoorzieningen is als vuistregel opgenomen: "leg de ingang van de vispassage in zones waar vis zich verzameld, direct benedenstrooms van de migratiebelemmering, bij voorkeur op de grens van de migratielimietlijn". Dit geldt bij uitstek voor vissoorten/levensstadia met zwakke zwemcapaciteiten. Sterke zwemmers kunnen geprononceerd zoekgedrag laten zien en ook in moeilijke situaties nog de ingang van een vispassage vinden. Monitoring door IMARES (Griffioen & Winter, 2014) laat zien dat soorten als driedoornige stekelbaars en spiering bij uitstek in hoge aantallen voorkomen aan de westzijde van de spuikom (op basis van de vangsten in de fuiknummers 3 en 5, zie onderstaande figuur 4 uit Griffioen & Winter, 2014).



Figuur 4. Vangsten driedoornige stekelbaars en spiering op verschillende fuiklocaties.

Evident is dat ook redelijk hoge aantallen nog worden gevangen aan de oostzijde van de spuikom, maar op basis van deze informatie (en andere, w.o. mondelingen mededelingen beroepsvissers Van Malsen, over de dichtheden van vissen in de spuikom) lijkt het logischer om de ingang van de VMR aan de westzijde te positioneren.

7.2.3 Sterke stroming langs strekdam oostzijde spuikom

Recente modellering door DELTARES van het stromingspatroon in de spuikom laat een zeer sterke stroming direct langs de strekdam aan de oostzijde van de spuikom zien, tijdens de spui. Bij de ontwerpen aan de oostzijde komt de monding van de VMR door de strekdam heen te liggen, direct in het snel stromende water. Hierdoor wordt de lokstroomwerking van de VMR teniet gedaan. Vismigratiehandboeken geven aan dat de monding van een vismigratievoorziening in kalm stromend water moet liggen (ongeveer 0,5 m/s), in ieder geval met een stroomsnelheid aanzienlijk lager dan de stroomsnelheid van water (lokstroom) uit de vispassage.

7.2.4 Ontwerp oostzijde zonder sifon, ontbreken lokstroom, combinatie van functies

Bij het ontwerp aan de oostzijde is er sprake van aansluiting van de VMR op het verbindingskanaal van de scheepvaartsluizen met de zee. Er is een opening voorzien in de strekdam aan de oostzijde van de spuikom om vis in gelegenheid te stellen naar de VMR toe te migreren. Om meerdere redenen is dit nadelig. Door de open verbinding met de spuikom is er ter plaatse geen lokstroom aanwezig waardoor vis ook niet richting VMR wordt gelokt. Daarnaast, in het verbindingskanaal naar de sluizen worden de functies scheepvaart en vismigratie gecombineerd. Door de opening in de strekdam ontstaat naar verwachting een zeer ongewenst stromingsbeeld en golfbeweging bij wind uit het noordoosten, met hinder voor de scheepvaart als gevolg. Verder kan de intensieve scheepvaart leiden tot verstoring van de migratie en mogelijk, schade aan vis wanneer deze door de schroef wordt geraakt. De overige variaties op dit ontwerp (half open verbinding, gesloten verbinding) hebben mogelijk in mindere mate eerder genoemde nadelen maar zijn constructie technisch buitengewoon ingewikkeld en daarom minder wenselijk.

7.2.5 Omvangrijke natuurlijke structuren

De ontwerpen voor de VMR aan de oostzijde kenmerken zich door omvangrijke natuurlijke structuren zoals de zandrivier en het intergetijdengebied in de estuarium versie van het ontwerp. Het is de vraag of dergelijke structuren te realiseren zijn. De natuurlijke dynamiek zou hiervoor nagebootst moeten worden, waarbij het maar de vraag is of dit kan bij de beoogde werking van de VMR.

7.3 Varianten westzijde

7.3.1 In welke mate zijn de ontwerpen aan de westzijde verschillend?

Vanuit het oogpunt van het functioneren voor vismigratie zijn diverse ontwerpen niet wezenlijk verschillend. Deze hebben allemaal ongeveer dezelfde kenmerken (qua diepte, breedte, materiaalgebruik etc.) maar verschillen eigenlijk alleen op architectonische wijze (lijnvormig, spiraalvormig, gevouwen). De zwemmende vis oriënteert zich aan de hand van verschillende bronnen van informatie, van grootschalig naar kleinschalig. Op de oceaan kan oriëntatie plaatsvinden aan de

stand van de sterren en/of aan het aardmagnetisch veld. Dichter bij riviermondingen gekomen, kunnen geurstoffen (b.v. looizuren of feromonen, samenstelling van het water) een rol gaan spelen, of zogenaamde 'landmarks' (b.v. vorm van de kustlijn, zandbanken, rotsformatie), stromingspatronen, temperatuurverschillen, verschillen in saliniteit etc. Op een heel kleinschalig niveau vindt oriëntatie plaats middels het zijlijnorgaan (neuromasten en cupula) en middels elektroreceptoren (ampullen van Lorenzini) waarmee ondermeer zeer kleine waterbewegingen langs de vis kunnen worden waargenomen. Overigens speelt visuele oriëntatie ook een grote rol, zoals al vroeg is aangetoond door Lyon (1904). Door vissen in stilstaand water (aquarium, fles) te plaatsen en vervolgens een gesimuleerde achtergrond te bewegen, wist Lyon aan te tonen dat de belangrijkste stimulus om zich in een bepaalde richting te oriënteren en vervolgens te gaan zwemmen (tegen de denkbeeldige stroming in) een visuele was. Voor de oriëntatie van de vis maakt het dus niet uit of deze door een lijnvormige, spiraalvormige of gevouwen VMR zwemt. Op een kleine schaal zal de voornaamste oriëntatie plaatsvinden middels zicht en het zijlijnorgaan.

7.3.2 Overgangszone in de VMR

Winter *et al.*, 2014 geven aan dat er weinig bekend is over de noodzaak van een echte overgangszone tussen zout en zoet voor adaptatie aan de zoete omstandigheden. Op grond van het beperkte materiaal beschikbaar, menen zij echter dat slechts weinig zout-zoet migranten een echte adaptatieperiode nodig hebben. Een overgangsgebied in de zin van een zout-zoet gradiënt in de VMR is dan ook niet absoluut noodzakelijk, zoals mede blijkt uit experimenten waarbij verschillende vissoorten direct van het ene milieu in het andere werden overgebracht (Winter *et al.*, 2014). Daarnaast kan onder normale omstandigheden enige mate van gewenning al plaatsvinden in de spuikom en omgeving, als gevolg van het spuien van zoet water, waardoor een gebied met een gevarieerd zoutgehalte ontstaat (de spuikom is alleen zout wanneer er gedurende lange tijd geen spui plaatsvindt). Echter, in onderzoek waarbij vis werd overgebracht van de ene omgeving naar de andere is veelal niet gekeken naar de lange termijn effecten op overleving, groei, voortplanting etc. Uit gedetailleerd (telemetrisch) onderzoek naar salmoniden in de Columbia rivier is gebleken dat de wijze van migratie van zoet naar zout (natuurlijke migratie, transport met schepen, migratie via de stuwdam of vispassage), wel degelijk consequenties had voor groei en overleving op zee en zelfs voor het latere voortplantingssucces (Keefer *et al.*, 2005; 2008). Wellicht is het niet nodig om een echte brakke overgangszone te hebben. Desondanks lijkt wel aanbevelenswaardig om in de VMR te voorzien in een gevarieerd en zo natuurlijk mogelijk habitat met geulen, diepe en ondiepe zones, verschillend substraat, bij voorkeur daar waar de zoutindringing stopt (denk hierbij aan een gebied met een zoet intergetijde karakter, zie figuur 5). Dit maakt het mogelijk voor intrekende vis om in de VMR een voorkeursgebied op te zoeken waar de overgang naar het zoete milieu kan worden volbracht en kan worden geschuild tegen predatie door vissen en vogels.



Figuur 5. Een voorbeeld van een intergetijde gebied.

7.3.3 Functioneren van de VMR

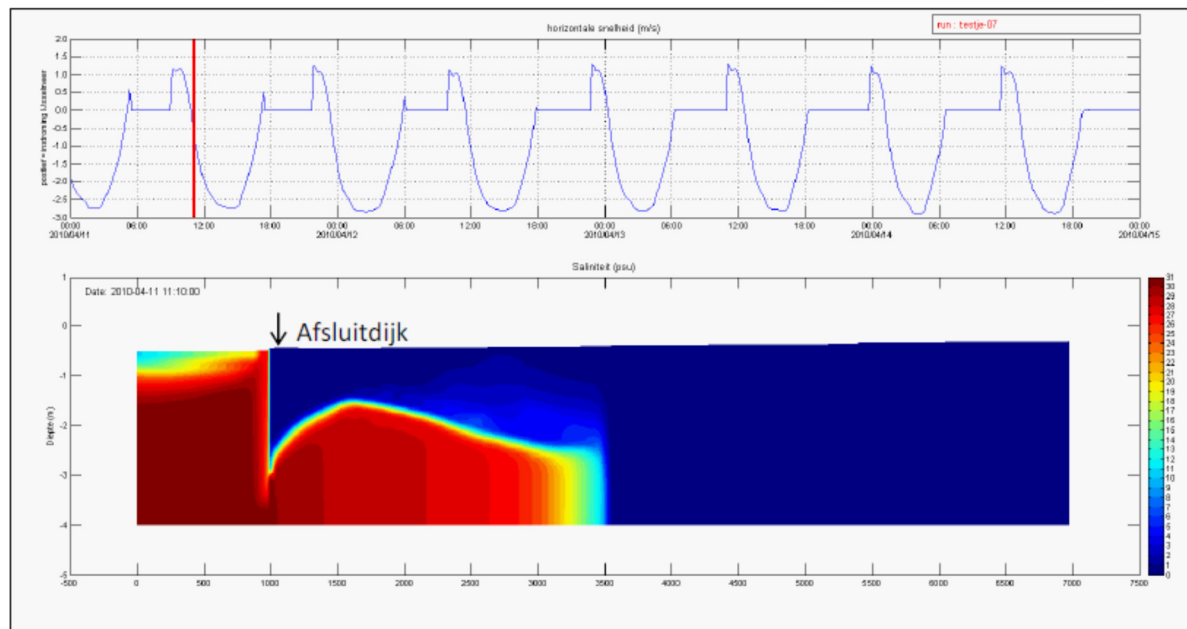
Belangrijk voor het functioneren van de VMR zijn de sturingsmechanismen. Vooralsnog worden 2 verschillende situaties onderscheiden:

- 1). Sturing van de VMR vindt alleen plaats met de afsluiters in de koker door de Afsluitdijk;
- 2). Sturing van de VMR vindt plaats met de afsluiters in de koker door de Afsluitdijk en met een afsluiter aan de IJsselmeerzijde van de VMR.

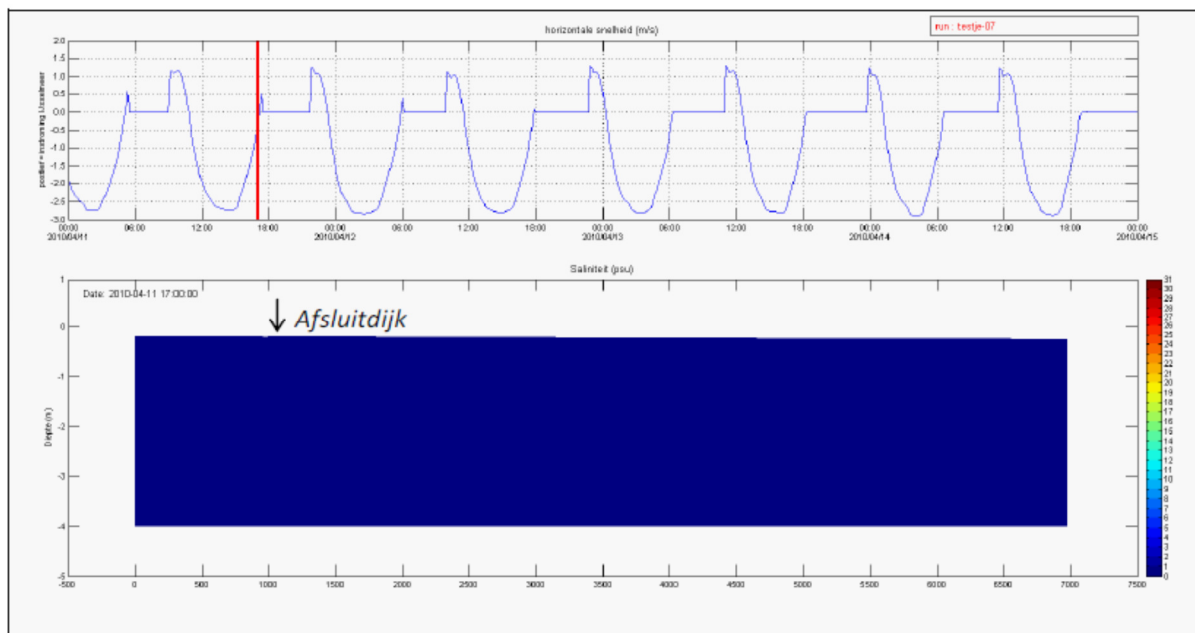
Het verschil tussen beide situaties zit in het feit dat met situatie 2 het mogelijk is om het peil in het IJsselmeerdeel van de VMR te regelen. Het peil in IJsselmeerdeel van de VMR in situatie 1 is nagenoeg gelijk aan het peil van het IJsselmeer (en dus niet regelbaar). Deltares heeft een modellering met betrekking tot debieten en zoutgehalte uitgevoerd van de VMR (basisvariant) in situatie 1, met een open uitgang aan de IJsselmeerzijde.

De figuren 6 en 7 geven de situatie aan het einde van de vloedperiode en aan het einde van de ebperiode. In de bovenste delen van beide figuren wordt de stroomsnelheid door de koker in de Afsluitdijk weergegeven (een negatieve waarde duidt op een stroming gericht naar de Waddenzee; een positieve waarde duidt op een stroming gericht naar het IJsselmeer). Genoemde stromingen komen tot stand als gevolg van eb en vloed; de sterkste stroming richting Waddenzee ontstaat bij laag water; de sterkste stroming richting IJsselmeer zou ontstaan bij hoog water.

In figuur 6 is echter te zien dat bij opkomend water en vlak na gelijk peil de VMR al weer wordt gesloten (enige instroming is dan tot stand gekomen) en dan gedurende enkele uren dicht staat. Bij afgaand water (maar nog wel met een hoger peil op de Waddenzee dan op het IJsselmeer) wordt vervolgens de VMR weer geopend en komt een instroming van zeewater tot stand. Wanneer deze indringing maximaal is, draait de stroming weer om en wordt het zoute water de VMR uitgespoeld. Aan het einde van de ebperiode is de hele VMR weer zoet.

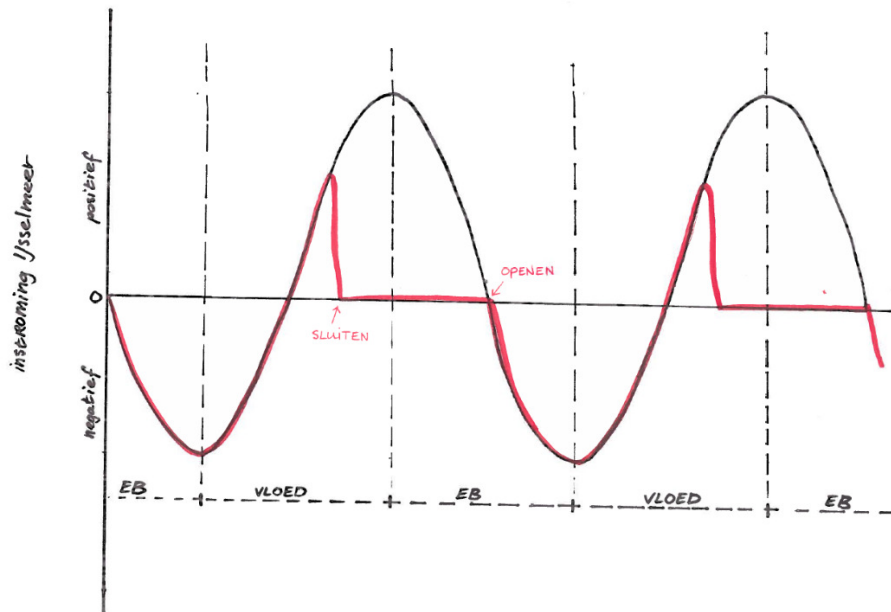


Figuur 6. Zoutindringing in de basisvariant aan het einde van de vloedperiode.



Figuur 7. Zoutindringing in de basisvariant aan het einde van de ebperiode.

Wat betekent dit voor de zwakke zwemmers (selectief getijdemigranten)? Bij opkomend water, tijdens de vloedstroom, zijn deze het meest actief en gaan met de stroming mee naar de kust. Vlak voor hoog water is de dichtheid van deze vissen op zoet-zout overgangen dan ook het hoogst (voor glasaal zie bijvoorbeeld Laffaille *et al.*, 2007). Bij een VMR met een open overgang, zoals gemodelleerd door Deltares, zou de VMR in deze periode juist gesloten zijn, terwijl deze geopend is (en een maximale instroming naar het IJsselmeer kent) tijdens de ebperiode. In deze periode zijn de selectief getijde migranten juist inactief, zakken naar de bodem om te ontkomen aan de ebstroming. Het resultaat van een dergelijk beheer is naar verwachting een minder effectieve migratie naar het IJsselmeer. Vanuit het mechanisme van de migratie van getijdemigranten gedacht, zou een beheer zoals is weergegeven in figuur 8 een effectievere migratie opleveren.



Figuur 8. Alternatief sluitingsperiode VMR.

In figuur 8 is uitgegaan van een opening van de VMR bij opkomend tij, wanneer de selectief getijdemigranten het meest actief zijn. Op een gegeven moment moet de VMR wel weer gesloten

worden omdat anders de zoutindringing te groot wordt. Overigens heeft dit beheer (sluiting vlak voor hoog water) wel tot gevolg dat het ingedrongen zeewater tijdens de gesloten periode van de VMR zich verder richting IJsselmeer kan verspreiden als gevolg van dichtheidstroming. Nadere modellering moet uitwijzen wat de ruimte binnen deze wijze van sturing is. Een dergelijk proces is op zich voordelig voor de getijdemigranten omdat deze de gelegenheid krijgen zich in de VMR te verspreiden en locaties op te zoeken met voor hen aangename condities (qua saliniteit, diepte, beschutting etc.).

De VMR is beter beheersbaar (met meer voordelen) wanneer aan de IJsselmeerszijde ook een afsluiter is geplaatst. Door deze afsluiter (en een hogere afscheiding om de VMR heen) kan er tijdens vloed meer zeewater in de VMR worden gelaten (met in totaliteit grotere aantallen getijdemigranten) en komt een hoger peil tot stand in het deel van de VMR gelegen binnen het IJsselmeer. Het voordeel van dit laatste is dat de VMR vervolgens een lokstroom kan realiseren voordat de Waddenzee op gelijk peil met het IJsselmeer is, voorafgaand aan de spui. De duur en het debiet van deze lokstroom zijn afhankelijk van het oppervlak en de hoogte van de afscheiding van de VMR, want deze zijn ondermeer bepalend voor de hoeveelheid in te laten zeewater. Een nadeel dat genoemd kan worden is dat er dan gedurende enige tijd geen migratie mogelijk is vanuit de VMR naar het IJsselmeer. M.a.w. de vissen moeten enige tijd in de VMR verblijven voordat ze door kunnen trekken. Naar verwachting is dit geen groot nadeel, bedenk, in een natuurlijke situatie op rivieren, wanneer er een te laag debiet is, kunnen ook vertragingen ontstaan in de migratie. Bij een hogere afvoer migreren vissen dan verder.

Los van welke sturing ook wordt gekozen voor de VMR, het lijkt verstandig om beide beheertypen (open overgang naar IJsselmeer, afsluitbare overgang naar het IJsselmeer) in de toekomst mogelijk te maken door uit te gaan van een ontwerp dat daarmee rekening houdt (relatief hoge afscheiding tussen het IJsselmeer en de VMR gelegen in het IJsselmeer en een afsluiter die ontworpen is op dagelijks gebruik). Beide typen beheer kunnen dan tot uitvoering worden gebracht, waarbij monitoring inzicht moet geven in effectiviteit voor vismigratie. Het uiteindelijke ontwerp voor de VMR moet flexibel aan te passen zijn op dit gebied.

Als kanttekening bij het bovenstaande nog het volgende. Het visvriendelijk beheer van de kunstwerken in de Afsluitdijk, zoals dat nu door ATKB wordt gemonitord, laat ook water in bij afgaand water (vlak voor gelijk peil). De vangsten hierbij zijn echter desondanks aanzienlijk (tientallen kg glasaal etc.). Om te voorkomen dat vis gelijk weer uitgespoeld wordt, wordt na visvriendelijk beheer een spuigang overgeslagen. Overigens ging de voorkeur bij het visvriendelijk beheer ook wel uit naar zeewater inlaten bij hoog water, maar vanuit veiligheidsoverwegingen mocht dit niet getest worden (risico op niet sluitende deuren met als gevolg zeer grote indringing van zout water tijdens vloed).

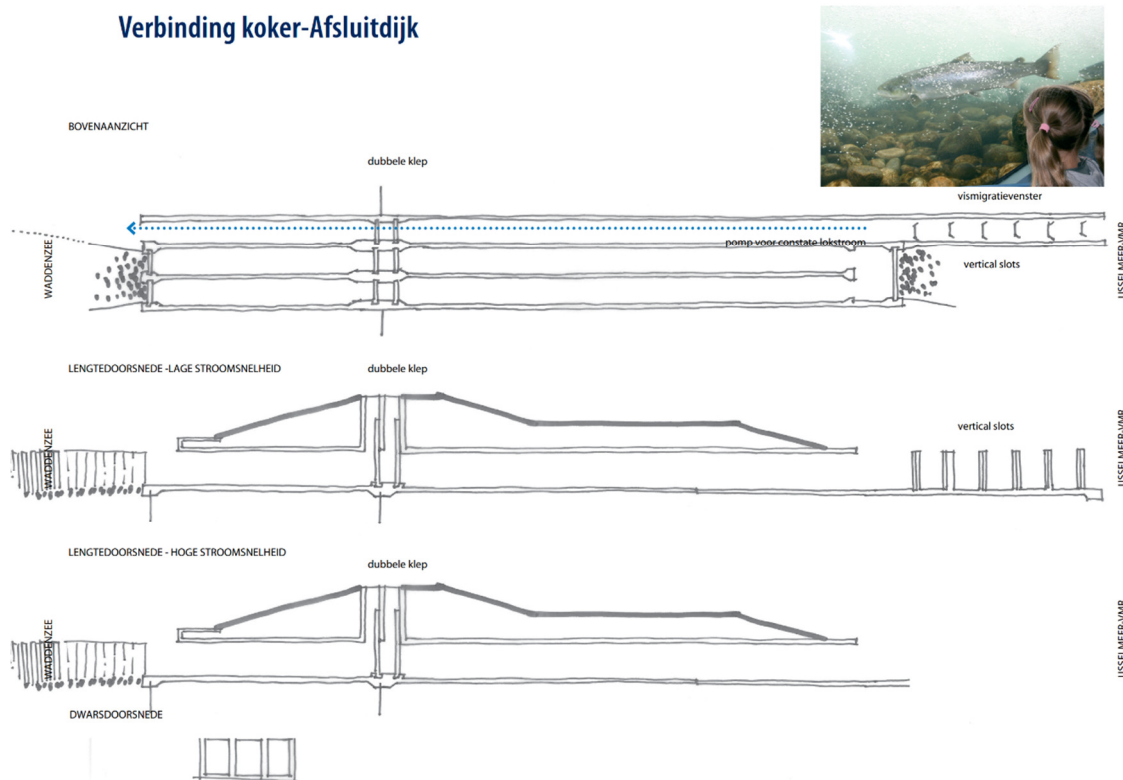
7.3.4 VMR met vertical slot verbinding

Er zijn voorstellen gedaan om naast de 2 kokers door de Afsluitdijk een derde koker te maken met daarin een vertical slot vispassage (debiet 1 à 2 m³/s). Figuur 9 geeft hiervan een overzicht.

Een vertical slot vispassage is een beproefd concept dat overal ter wereld wordt toegepast en van alle typen het meest talrijk is aangelegd. Vriese (2010) onderzocht de geschiktheid van dit type vispassage voor toepassing op de Maas bij waterkrachtcentrale Borgharen en kwam tot de conclusie dat dit een prima alternatief zou zijn voor de bestaande V-vormige bekkenvispassages. De toepassing in de VMR is echter onorthodox daar de vispassage met hoog water moet werken in de richting van de Waddenzee naar het IJsselmeer toe. Er treedt dan zout water naar binnen bij een lager peil op de VMR (eigenlijk een lokstroom naar het IJsselmeer), selectief getijde migranten hebben hier voordeel van. Een ander voordeel van dit concept is dat er langer een opening (migratie window) beschikbaar is, hetgeen echter wel ten koste gaat van de omvang van het debiet door de grote kokers, waarbij aan de IJsselmeerszijde de afsluiter enige tijd gesloten moet zijn. Daarnaast kunnen de sterkere zwemmers waarschijnlijk profiteren van de over het algemeen lage stroomsnelheden in de vertical slot vispassage. In een situatie met laag water is de stroomsnelheid in de vertical slot vispassage gering en kunnen sterke zwemmers (en tevens de wat zwakkere, actieve zwemmers) waarschijnlijk met gemak naar binnen en is het resulterende migratie 'window' groter. Of de vertical slot tot een hogere efficiëntie van de migratie gaat leiden is de vraag. Getijdemigranten zijn maximaal aanwezig tijdens vloed en rond hoog water. De vismigratie efficiëntie voor deze groep wordt bepaald door het ingelaten volume, liefst op het moment dat ze maximaal aanwezig zijn. Sterkere zwemmers komen toch wel

binnen (via de spuisluisen, maar zeker via VMR). Nader onderzoek moet uitwijzen of middels een dergelijk constructie uiteindelijk netto meer vis het IJsselmeer binnenkomt dan het geval zou zijn geweest zonder de aanwezigheid van een vertical slot.

Verbinding koker-Afsluitdijk



Figuur 9. Derde koker door Afsluitdijk met vertical slot vispassage.

7.3.5 Ingangen van de VMR aan de Waddenzeezijde

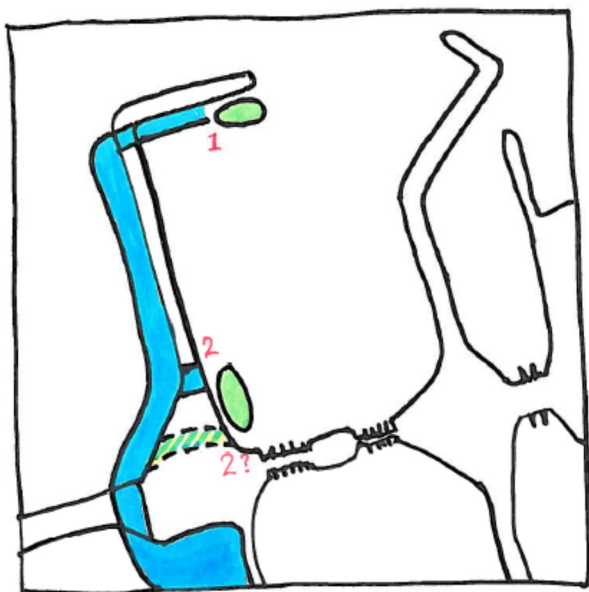


Figuur 10. Mogelijke ligging ingangen VMR.

Met betrekking tot de ingangen vanuit de Waddenzeezijde naar de VMR dienen ondermeer de volgende vragen beantwoord te worden. Hoeveel ingangen zijn nodig? Waar moeten de ingangen zijn gelegen? Welke afmetingen moeten deze hebben? Wat moet de bodemligging zijn? Hoe moet het verdere ontwerp er uit zien? Figuur 10 geeft een overzicht van de mogelijke ligging van de inzwemroutes. Als eerst kan de vraag gesteld worden of er een ingang buiten de spuijkomp nodig is. Recente monitoring van IMARES (Griffioen, 2014) laat zien dat fuiken geplaatst buiten de spuijkomp veruit de minste vis vangen. Primair gaat de aantrekkende werking voor vis uit van het spuien. Deze grootste watermassa wordt op zee opgemerkt en zowel selectief getijdetransport als actief zoekgedrag leiden er toe dat vis uiteindelijk in de spuijkomp terecht komt. Verder, meer ingangen leiden tot verdeling van debiet en een kleinere lokstroom. Op grond hiervan ligt het niet voor de hand om een ingang buiten de spuijkomp te maken.

Als vuistregel in de vele vismigratiehandboeken geldt, de ingang van de vispassage moet liggen in relatief kalm water (zodat de lokstroom goed opgemerkt kan worden) en bij voorkeur op plekken waar de vis zich concentreert. Een ander uitgangspunt is, de ingang moet gelegen zijn zo dicht mogelijk bij de migratiebelemmering op de rand van de migratielimietzone (de grens van het turbulente water). Overigens is dit een wat vaag begrip, de locatie van de migratielimietzone is mede afhankelijk van het debiet dat wordt geloosd en dus niet vast is. Daarbij geldt: sterke zwemmers dringen vaak nog ver door in het turbulente water (telemetrisch onderzoek naar salmoniden bij het Haringvliet wijst dit uit), terwijl de zwakke zwemmers er al eigenlijk helemaal niet bij in de buurt komen. De precieze ligging moet gebaseerd zijn op een goed stromingsbeeld van de meest voorkomende situatie en goed inzicht in het visgedrag ter plaatse. Uit onderzoek en andere bronnen is gebleken dat vis zich concentreert aan de westzijde van de spuikom (zie ook § 3.2.2), waarmee dit ook de meest logische plek is voor de ingangen. Gekozen kan worden voor een ingang dichtbij het lozingspunt (afhankelijk van de stroming ter plaatse) en een ingang verder weg, in kalm water bij concentraties van vis (zie figuur 11 met een schematische aanduiding van de ingangen, op de volgende pagina). Indien de stroming het toelaat zou een ingang zo dicht mogelijk bij de spuisluizen het meest wenselijk zijn. Een aanbeveling uit de expertgroep is om meerdere ingangen te maken die afsluitbaar zijn. Na realisatie kan onderzoek uitwijzen welke ingang (of welke combinaties van ingangen) de meest efficiënte vismigratie opleveren. Minder goed functionerende ingangen kunnen dan worden afgesloten. Een en ander is kosten-effectiever (ingangen realiseren nadat de VMR gebouwd is, is zeer kostbaar).

Met betrekking tot het aantal ingangen speelt de debietkwestie een rol, alsmede de dimensionering van de ingangen. De VMR heeft maximaal een uitstromende debiet van $\pm 50 \text{ m}^3/\text{s}$ en een instromend debiet van maximaal $\pm 20 \text{ m}^3/\text{s}$. Voor de lokkende werking van de VMR speelt eigenlijk alleen het uitstromende debiet een rol. Voor sterke zwemmers lijkt een maximale stroomsnelheid in de ingang van 2 m/s adequaat bij maximaal debiet. Dit pleit voor 2 ingangen met elk een maximaal debiet van $25 \text{ m}^3/\text{s}$. Een doorstroomprofiel van $12,5 \text{ m}^2$ geeft dan een maximale stroomsnelheid van 2 m/s . De afmetingen van de ingangen zou dan globaal $5 \times 5 \text{ m}$ kunnen zijn met een bodemligging op $4 \text{ m} - \text{NAP}$. In een laagwater situatie is er dan ongeveer een diepte van $2 - 2,5 \text{ m}$, wat het gewenste doorstroomprofiel oplevert. De diepteligging geeft dan een goede aansluiting op de diepte in de VMR en op de ondiepere delen van de spuikom. Zoals aangegeven, er kunnen meerdere ingangen worden gemaakt die afsluitbaar zijn door een betonnen schotbalkconstructie, zodat optimalisatie later kan plaatsvinden. Ingangen kunnen rechthoekig worden uitgevoerd in beton. In figuur 11 wordt tevens een ingang weergegeven gelegen dichtbij de spuisluizen (2?), met mogelijk een betere ligging, afhankelijk van het stromingsbeeld ter plaatse bij volop spuien.



Figuur 11. Schetsmatige aanduiding van de ingangen naar de VMR. Groene gebieden zijn visconcentraties. Ingang 2? Is mogelijk beter, indien de stroomsnelheid ter plaatse niet te hoog is.

7.3.6 Open kanaal door Afsluitdijk?

Tijdens de internationale expertgroep meeting die plaatsvond op 8 en 9 mei is aangegeven dat een open waterloop door de Afsluitdijk beter zou zijn dan de kokers (in de vorm van open, niet geheel gevulde duikers; minder turbulentie en dag – nacht verschil) die nu zijn voorzien. In het algemeen zou gesteld kunnen worden dat een natuurlijke watergang betere passagemogelijkheden voor vis oplevert dan een betonnen duiker. Het is echter algemeen bekend dat grote open duikers goed passeerbaar zijn voor vis (de stroomsnelheid door de duiker is natuurlijk een aandachtspunt, deze moet laag genoeg zijn). Of een open waterloop zou leiden tot een grotere vismigratie tussen Waddenzee en IJsselmeer is niet op voorhand duidelijk. Een open waterloop zou wel grote consequenties hebben voor de infrastructurele werken die tot uitvoering moeten worden gebracht.

Een aandachtspunt is het geluid (of beter, de trillingen) die het verkeer zou kunnen veroorzaken in de duikers. Dit zou mogelijk een afschrikkende werking kunnen hebben op de vis. Heel waarschijnlijk lijkt dit echter niet. Vismigratie door de Haringvlietdam vindt ook plaats (openstellingsduur en stroomsnelheid zijn hier primair beperkend) zoals is gebleken uit telemetrisch onderzoek, ondanks de drukke verkeersweg die over de Haringvlietdam loopt en de duidelijk merkbare trillingen die dit in de spuisluizen veroorzaakt (eigen ervaringen van auteur).

Verder geldt dat het wenselijk is om een doorlopende laag grote stenen op de bodem van de duikers te plaatsen. Zie figuur 12 als voorbeeld. Wellicht zou gekozen kunnen worden voor een laag met een dikte van 0,5 m, van stenen met een diameter van 20-40 cm, zodat grote interstitiële ruimtes ontstaan. Voor zover bijvoorbeeld glasaal een actieve migratie zou vertonen naar het IJsselmeer, kunnen deze ook bij hoge stroomsnelheden door de kokers heen migreren, gebruik makend van deze ruimtes waar de stroomsnelheid praktisch nihil zal zijn. Door de van tijd tot tijd optredende hoge maximale stroomsnelheid in de kokers, worden de openingen tussen de stenen regelmatig schoongespoeld zodat er voldoende ruimte overblijft om doorheen te migreren.



Figuur 12. Stenen bodembedekking in een vertical slot vispassage.

7.3.7 Nut en noodzaak voor de VMR?

Momenteel loopt er een driejarig onderzoek (2013-2015) naar visvriendelijk beheer van de kunstwerken (spui- en scheepvaartsluizen) in de Afsluitdijk en de Houtribdijk. Het visvriendelijk beheer is een KRW maatregel van RWS die in 2015 geïmplementeerd moet zijn. Arcadis en ATKB voeren dit onderzoek uit, waarbij dit jaar de nadruk ligt op het monitoren van de effectiviteit van deze maatregel. De maatregel behelst (voor de Afsluitdijk), kort gezegd, het openen van spuisluizen 10-15 minuten

voor gelijk waterpeil Waddenzee – IJsselmeer (zodat zout water met getijdemigranten instroomt) en het uitvoeren van loze schuttingen met de scheepvaartsluizen in de nacht (ook hierbij wordt een hoeveelheid zout water ingelaten). De eerste monitoringsresultaten zijn positief, zoals te zien valt in figuur 13. In de gebruikte vangtuigen worden duizenden glasalen tot tientallen kg glasaal gevangen. Het onderzoek is momenteel nog in volle gang waarbij nog getracht gaat worden om de impact van de maatregel op de vismigratie getalsmatig in beeld te brengen. Dit is echter niet eenvoudig omdat vanuit het waterbeheer en de veiligheid diverse randvoorwaarden worden gesteld aan het kunnen uitvoeren van het visvriendelijk beheer. De effectiviteit van de maatregel is dus afhankelijk van jaarlijks wisselende omstandigheden en het eveneens jaarlijks sterk wisselende aanbod van migrerende vis. Een mogelijkheid om de effectiviteit van de VMR te vergelijken met de mogelijk impact van het visvriendelijk beheer ligt in de omvang van het “migratievenster” (migration window) dat wordt geboden aan vis ter plaatse. Het migratievenster dat wordt geboden door het visvriendelijk beheer van de kunstwerken is moeilijk in te schatten. Voor wat betreft het uitvoeren van loze schuttingen in de nacht met de scheepvaartsluizen, geldt dat dit in principe altijd mogelijk is. Het punt is alleen de bediening c.q. de aanwezigheid van personeel. Hier is een kostenplaatje aan verbonden en er zal nog moeten blijken in welke mate RWS hier invulling aan wil geven. Bij de huidige monitoring wordt per nacht (4 loze schuttingen) op beide locaties, Den Oever en Kornwerderzand, maximaal 40.000 m³ zout water binnengelaten.



Figuur 13. Vangst aan glasaal en overige kleine vis na loze schuttingen met de scheepvaartsluis.

Het visvriendelijk beheer van de spuisluizen vergt vanuit de bediening in wezen geen extra handelingen. Zoals gezegd zijn er echter voorwaarden aan verbonden. Bij een tekort aan water wordt er niet gespuid (gebaseerd op een tijdreeks van 1992 tot en met 2011 wordt er bij Kornwerderzand 13% van de tijd (in dagen) niet gespuid; bij Den Oever is dat 7,5% van de tijd). Visvriendelijk beheer is dan moeilijk tot uitvoering te brengen, hoewel voor dit doel wel zogenaamde zouthevens worden aangelegd. Bij watergebrek kan dan het ingelaten zout water weer worden weg geheveld met de zouthevens. Overigens is de capaciteit van de zouthevens niet erg groot (zouthevens Kornwerderzand vooralsnog gedimensioneerd op 60.000 m³ / 72 uur; zouthevens Den Oever gedimensioneerd op 30.000 m³ / 72 uur). Het uitvoeren van 1 keer visvriendelijk beheer bij Kornwerderzand leidt tot een instroom van 200.000 m³ zout water. Het uitvoeren van 1 keer visvriendelijk beheer bij Den Oever leidt tot een instroom van 150.000 m³ zout water. Zonder verdere spui mogelijkheden duurt het 9 dagen om het ingelaten zoute water te Kornwerderzand weg te hevelen. Bij Den Oever is deze periode 15 dagen. In de praktijk is het wellicht gunstiger daar langdurige aaneengesloten perioden dat er niet gespuid kan worden niet heel veel voorkomen.

Als er veel wateroverschot is dan kan het visvriendelijk beheer niet tot uitvoering worden gebracht omdat alle spuicapaciteit nodig is om het water af te voeren (normaliter wordt er na het uitvoeren van visvriendelijk beheer 1 spui gang overgeslagen om de vis de kans te geven zicht op het IJsselmeer te verspreiden). Globaal kan visvriendelijk beheer pas worden uitgevoerd vanaf maart/april. Rekening

houdend met een natte winter zou visvriendelijk beheer bij benadering gedurende 6 maanden in het jaar kunnen worden uitgevoerd. Vanwege de veiligheid mag er geen visvriendelijk beheer worden uitgevoerd wanneer de wind uit het noorden komt en harder is dan 4 Bft. Aangenomen zou kunnen worden dat dit gemiddeld 4 dagen per maand voorkomt (globaal ingeschat op basis van weeroverzichten).

Op basis van deze informatie en de nodige aannames kan een zeer tentatieve berekening worden gemaakt, die er op neer komt dat visvriendelijk beheer bij Kornwerderzand gedurende 135 dagen per jaar kan worden uitgevoerd en bij Den Oever gedurende 143 dagen per jaar. Waarschijnlijk is dit een overschatting omdat andere factoren (extreme weer situaties, storing in de zouthevens etc.) niet zijn meegenomen. Daarmee komt het volgende beeld tot stand:

Kornwerderzand

135 dagen visvriendelijk beheer mogelijk per jaar;

Totaal debiet = 135 dagen x 200.000 m³ = 27 miljoen m³ zout water dat instroomt en ook weer uitgelaten wordt;

Totale tijdsduur: 10 minuten x 135 dagen = 23 uur vrije instroom van zout water.

Migratievenster bij Kornwerderzand op jaarbasis: ± 23 uur (voor getijde migranten).

De mogelijkheden voor sterke zwemmers zijn waarschijnlijk aanzienlijk ruimer omdat deze ook aan het begin en het einde van de reguliere spuiperioden naar binnen kunnen trekken.

Den Oever

143 dagen visvriendelijk beheer mogelijk per jaar;

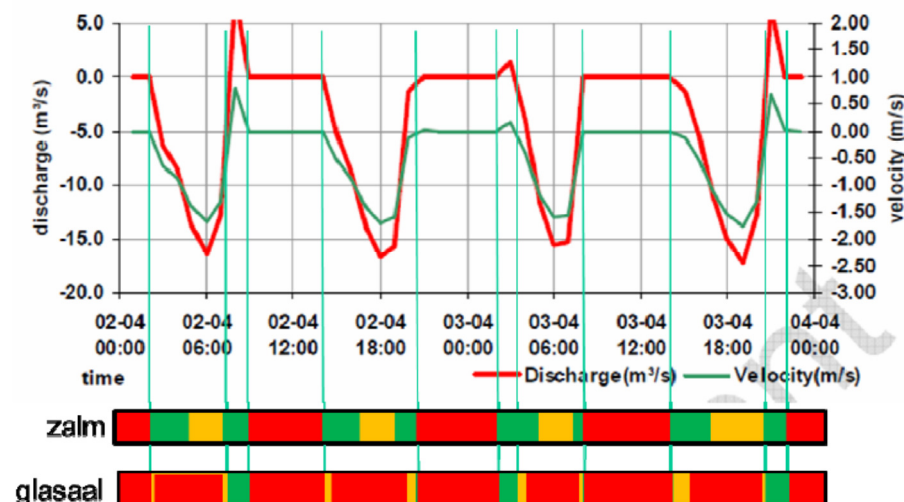
Totaal debiet = 143 dagen x 150.000 m³ = 21,5 miljoen m³ zout water dat instroomt en ook weer uitgelaten wordt;

Totale tijdsduur: 10 minuten x 143 dagen = 24 uur vrije instroom van zout water.

Migratievenster bij Den Oever op jaarbasis: ± 24 uur (voor getijde migranten).

Ook hier geldt dat de mogelijkheden voor sterke zwemmers waarschijnlijk aanzienlijk ruimer zijn omdat deze ook aan het begin en het einde van de reguliere spuiperioden naar binnen kunnen trekken.

Bedacht moet worden dat deze berekeningen slechts een benadering zijn van wat mogelijk is. Waterhoeveelheden per jaar evenals de weerscondities zijn sterk variabel. Het is goed mogelijk dat de migratiemogelijkheden voor de getijde migranten de helft of het dubbele zijn van wat hierboven is weergegeven. In de praktijk zal moeten blijken wat daadwerkelijk haalbaar is. Blijft overeind dat de vrijelijke toegang tot het zoete water maar beperkt is tot enkele tientallen uren op jaarbasis. Een vergelijking van het migratievenster dat wordt geboden door de VMR (figuur 14 uit de haalbaarheidsstudie, inmiddels achterhaald) laat het volgende beeld zien: op dagbasis is het voor getijde migranten (zoals glasaal) gedurende 2 uur mogelijk om vrijelijk met het water mee naar binnen te gaan; voor sterkere zwemmers (zoals zalm) is dit op dagbasis zelfs ongeveer 8 uur.



Figuur 14. Vensters voor vismigratie door de VMR voor sterke en zwakke zwemmers.

Uit nieuw onderzoek, waarbij de werking van een vertical slot is meegenomen, blijkt zelfs een migratie 'window' voor sterke zwemmers voor 100% van de tijd en voor zwakke, actieve zwemmers een migratie 'window' van mogelijk ook 100% van de tijd. Voor selectief getijden migranten die passief met het water mee gaan, zal er wellicht een iets kortdurende migratievenster zijn. Duidelijk mag zijn dat het migratievenster dat wordt geboden door de VMR daarmee vele malen groter dan dat van het visvriendelijk beheer, op grond waarvan mag worden geconcludeerd dat de VMR een grote toegevoegde waarde heeft.

Overigens zou de werking van het visvriendelijk beheer wel kunnen worden verlengd door de spuikokers op een kier te zetten (de meeste vis blijkt langs de bodem binnen te komen). Daarmee komt er per tijdseenheid minder water binnen en kan de openstellingsduur worden verlengd. Of dit ook een effect heeft op de hoeveelheid vis die binnenkomt, is niet duidelijk.



8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

(mede vanuit de internationale expertgroep meeting op 8 en 9 mei)

8.1 Ontwerpen oostzijde

Sommige varianten aan de oostzijde maken gebruik van een sifon om een verbinding met de spuikom tot stand te brengen. Hoewel uit divers onderzoek is gebleken dat sifons geen barrière voor vismigratie hoeven te zijn, moet bedacht worden dat dit wel een erg diep gelegen sifon is (± 10 m). Bij het afleggen van de route door de sifon wordt een aanzienlijk drukverschil doorlopen waarbij het maar de vraag is of alle soorten (en specifiek de physoclisten) hier geen moeite mee hebben. Door deze onzekerheid verdient een ontwerp met een dergelijke sifon zeker geen aanbeveling.

Monitoring door IMARES (maar ook informatie verkregen van lokaal zeer goed bekende beroepsvissers) geeft aan dat de hoogste concentraties vis aan de westzijde van de spuikom worden waargenomen. Ontwerpen voor de VMR aan de oostzijde takken ook aan de oostkant aan bij de spuikom. Een dergelijke locatie voor de ingang kan als minder wenselijk worden beschouwd.

Recente modellering van Deltares laat zien dat er bij het spuien een sterke stroming tot stand komt vlak langs de strekdam aan de oostzijde van de spuikom (de stroming aan de westkant is minder geprononceerd, door afbuiging richting uitgang van de spuikom. Een ingang van de VMR aan de oostzijde zou in dit sterk stromende deel komen te liggen, waarbij de lokstroom volledig teniet gedaan kan worden.

Ontwerp oostzijde zonder sifon: er is een opening voorzien in de strekdam aan de oostzijde van de spuikom om vis in gelegenheid te stellen naar de VMR toe te migreren. Om meerdere redenen is dit nadelig. Door de open verbinding met de spuikom is er ter plaatse geen lokstroom aanwezig waardoor vis ook niet richting VMR wordt gelokt. Daarnaast, in het verbindingskanaal naar de sluizen worden de functies scheepvaart en vismigratie gecombineerd. Door de opening in de strekdam ontstaat naar verwachting een zeer ongewenst stromingsbeeld en golfbeweging bij wind uit het noordoosten, met hinder voor de scheepvaart als gevolg. Verder kan de intensieve scheepvaart leiden tot verstoring van de migratie en mogelijk, schade aan vis wanneer deze door de schroef wordt geraakt. De overige variaties op dit ontwerp (half open verbinding, gesloten verbinding) hebben mogelijk in mindere mate eerder genoemde nadelen maar zijn constructie technisch buitengewoon ingewikkeld en daarom minder wenselijk.

De ontwerpen voor de VMR aan de oostzijde kenmerken zich door omvangrijke natuurlijke structuren zoals de zandrivier en het intergetijdengebied in de estuarium versie van het ontwerp. Het is de vraag of dergelijke structuren te realiseren zijn op een dergelijke wijze dat een goed functioneren kan worden gegarandeerd.

8.2 Ontwerpen westzijde

Vanuit het oogpunt van het functioneren voor vismigratie zijn de ontwerpen westzijde, lijnvormig, westzijde spiraalvormig en westzijde compact niet wezenlijk verschillend. Deze hebben allemaal ongeveer dezelfde kenmerken (qua diepte, breedte, materiaalgebruik etc.) maar verschillen eigenlijk alleen op architectonische wijze (lijnvormig, spiraalvormig, gevouwen). Deze verschillen in het ontwerp hebben geen consequenties voor de efficiëntie van de vismigratie.

Het is zeer waarschijnlijk niet noodzakelijk om een brakke overgangszone te hebben waar vis kan wennen aan het veranderende zoutgehalte. Desondanks lijkt wel aanbevelenswaardig om in de VMR te voorzien in een gevarieerd en zo natuurlijk mogelijk habitat met geulen, diepe en ondiepe zones, verschillend substraat, bij voorkeur daar waar de zoutindringing stopt tot bij de uitgang naar het IJsselmeer. Dit maakt het mogelijk voor intrekende vis om in de VMR een voorkeursgebied op te zoeken waar de overgang naar het zoete milieu kan worden volbracht en kan worden geschuild tegen predatie door vissen en vogels.

In principe is een VMR mogelijk met een open uitgang aan de IJsselmeer zijde. Bij juiste vormgeving en lengte leidt dit niet tot zoutindringing in het IJsselmeer en sturing kan volledig plaatsvinden middels

de 2 afsluiters in de kokers door de Afsluitdijk. Echter, het verdient de aanbeveling de uitgang aan het IJsselmeer te voorzien van een kustwerk (afsluiter) waarmee desnoods een dagelijks beheer kan worden gevoerd. Dit maakt een verschillende sturing van de VMR mogelijk (bijvoorbeeld een hoger peil in de VMR aan de IJsselmeerzijde), waarmee flexibiliteit is gewaarborgd. Een en ander dient direct in ontwerp en realisatie te worden meegenomen. Na realisatie van de VMR hier nog veranderingen in aanbrengen is naar verwachting aanzienlijk kostbaarder. De vormgeving van deze afsluiter is wel een punt van aandacht. Er moet geen opstuwing plaatsvinden en water en vis moeten niet te veel geconcentreerd op één plaats in het IJsselmeer worden uitgelaten in verband met predatie door vogels en vissen. Een redelijk groot kunstwerk lijkt hier op zijn plaats.

8.3 Ingangen ontwerpen westzijde

Aan de Waddenzeezijde wordt een ingang naar de VMR buiten de spuikom niet als noodzakelijk gezien. Het spuidebiet uit de spuikom is de belangrijkste aantrekkende factor. Vis zal zich daarom in de spuikom concentreren. De ingangen naar de VMR moeten dan ook daarin liggen.

Voorlopig lijkt een tweetal ingangen naar de VMR in de spuikom voor de hand te liggen, beide gesitueerd in concentratiegebieden van vis. Een ingang ligt dicht tegen de spuisluizen aan, in kalm water op de plaats waar de migratielinielijne de oever raakt. De andere ingang kan verder naar het noorden liggen, waar de westelijke strekdam naar binnen buigt. Wellicht is het nog beter om meer (afsluitbare) ingangen te maken. Na realisatie van de VMR kan onderzocht worden welk ingang (of welke combinatie van ingangen) het beste resultaat geeft voor de vismigratie.

Bij het realiseren van 2 ingangen waarover het debiet verdeeld dient te worden, moet aandacht gegeven worden aan de vormgeving van de stroomgeulen in de VMR, zodat beide ingangen evenveel water ontvangen.

De ingangen kunnen rechthoekig worden uitgevoerd in beton met een schotbalkconstructie. De afmetingen van de ingang zou 5 x 5 m kunnen zijn met een bodemligging op 4 m – NAP. Dit geeft bij laag water een doorstroomprofiel van 12,5 m² en een maximum stroomsnelheid van 2 m/s bij maximaal debiet naar de Waddenzee.

8.4 Duikers door de Afsluitdijk

Tijdens de internationale expertgroep meeting die plaatsvond op 8 en 9 mei is aangegeven dat een open watergang door de Afsluitdijk beter zou zijn dan de kokers (open, niet geheel gevulde duikers: minder turbulentie en dag – nacht ritme) die nu zijn voorzien. In het algemeen zou gesteld kunnen worden dat een natuurlijke watergang betere passagemogelijkheden voor vis oplevert dan een betonnen duiker. Het is echter algemeen bekend dat grote open duikers goed passeerbaar zijn voor vis (de stroomsnelheid door de duiker is natuurlijk een aandachtspunt). Of een open watergang leidt tot een grotere migratie van vis naar het IJsselmeer is echter de vraag en niet op voorhand vast te stellen. Wel is duidelijk dat het realiseren van een dergelijke watergang zeer ingewikkelde aanpassingen vergt van de bestaande infrastructuur, terwijl de meerwaarde niet inzichtelijk is.

Een ander aandachtspunt is het geluid (of beter, de trillingen) die het verkeer zou kunnen veroorzaken in de duikers. Dit zou mogelijk een afschrikkende werking kunnen hebben op de vis. Heel waarschijnlijk lijkt dit echter niet. Vismigratie door de Haringvlietdam vindt ook plaats (openstelling en stroomsnelheid zijn hier primair beperkend) zoals is gebleken uit telemetrisch onderzoek, ondanks de drukke verkeersweg die over de Haringvlietdam loopt en de duidelijk merkbare trillingen die dit in de spuisluizen veroorzaakt.

Door de deskundigen werd het wenselijk geacht een doorlopende laag grote stenen op de bodem van de duikers te plaatsen. Wellicht zou gekozen kunnen worden voor een laag met een dikte van 0,5 m, van stenen met een diameter van 20-40 cm, zodat grote interstitiële ruimtes ontstaan. Voor zover bijvoorbeeld glasaal een actieve migratie zou vertonen naar het IJsselmeer, kunnen deze ook bij hoge stroomsnelheden door de kokers heen migreren, gebruik makend van deze ruimtes waar de stroomsnelheid praktisch nihil zal zijn.

8.5 Vergelijking visvriendelijk spuibeheer met de VMR

De vrijelijke toegang tot het zoete water die geboden wordt door het in 2015 te implementeren visvriendelijke beheer van de spuisluizen is beperkt tot enkele tientallen uren op jaarbasis (misschien de helft, misschien twee keer zoveel op grond van klimatologische verschillen per jaar). Een vergelijking van het migratievenster dat wordt geboden door de VMR uit de haalbaarheidsstudie laat het volgende beeld zien: op dagbasis is het voor getijde migranten (zoals glasaal) gedurende 2 uur mogelijk om vrijelijk met het water mee naar binnen te gaan; voor sterkere zwemmers (zoals zalm) is dit op dagbasis zelfs ongeveer 8 uur. Uit nieuw onderzoek, waarbij de werking van een vertical slot is meegenomen, blijkt zelfs een migratie 'window' voor sterke zwemmers voor 100% van de tijd en voor zwakke zwemmers een migratie 'window' voor 50% van de tijd. Het migratievenster dat wordt geboden door de VMR is daarmee vele malen groter dan dat van het visvriendelijk beheer op grond waarvan mag worden geconcludeerd dat de VMR een grote toegevoegde waarde heeft.

8.6 Monitoring

De expertgroep pleitte voor het continueren van (vis)monitoring bij Kornwerderzand in de aanloop naar de realisatie van de VMR. In het algemeen vond men de databeschikbaarheid relatief gering en is een grotere zekerheid over diverse aspecten noodzakelijk (zoals ophoping van vis, gedrag van de grote migranten door monitoring met telemetrie etc.). Het lijkt van belang de vraagstellingen voor de monitoring nog eens goed tegen het licht te houden om te zien waar de monitoring nog verbeterd kan worden.

8.7 Stapsgewijs nemen van besluiten

Een laatste aspect waarvoor gepleit werd, behelst het stapsgewijs nemen van besluiten die op dat betreffende moment genomen moeten worden. Overige aspecten kunnen open worden gehouden en verder worden ingevuld als meer kennis is verkregen en het besluitmoment zich aandient. Hiermee komt een flexibele invulling van het ontwerp voor de VMR tot stand.

8.8 Resumé

Een VMR ontwerp aan de westzijde verdient om vele redenen de voorkeur. Het ontwerp moet op een flexibele wijze tot stand worden gebracht, waarbij definitieve keuzes pas worden gemaakt wanneer deze absoluut noodzakelijk zijn. Het is aanbevelenswaardig om meerdere ingangen naar de spui om te maken die desnoods in een later stadium kunnen worden afgesloten middels simpele constructies (bijvoorbeeld met betonnen schotbalken). Door de duikers in de Afsluitdijk te combineren met een vertical slot ontstaat een maximale migratie 'window' voor zowel de zwakke als de sterke zwemmers. Een hogere afscheiding tussen VMR en het IJsselmeer met een afsluiter die voor beheer kan worden ingezet, biedt voordelen ten opzichte van een open vismigratierivier.

9 LITERATUUR

- Wesselijs, C.M., T. van der Kaaij & A.J. Nolte, 2014. Ontwerpcriteria voor de Vismigratierivier Afsluitdijk voor water- en zouttransport, morfologie en sedimentatie. Deltares, Utrecht, project 1209181-000, kenmerk 1209181-000-ZKS-0007, 25 p. In opdracht van Dienst Landelijk Gebied.
- Bell, M.C. & A.C. Delacy, 1972. A compendium on the survival of fish passing through spillways and conduits. Fish. Eng. Res. Prog., U.S. Army Corps of Eng., North Pacific Div., Portland, Oregon, 121 p.
- Bell, M.C. 1986. Fisheries handbook of engineering requirements and biological criteria. Army Corps of Engineers. Portland OR (Verenigde Staten). 290 p. (Army corps of engineers; AD/A167 877).
- British Columbia Ministry of Transportation and Highways, 2000. Culverts and Fish Passage. Fact sheet of the Environmental Management Section. In: Didderen, K., 2008. Vispasseerbaarheid sifons in Overijssel. HDV 08-39. Alterra, Wageningen UR.
- Clay, C.H. 1961. Fishways and other Fish Facilities. The Department of Fisheries of Canada, Ottawa, Canada.
- Didderen, K., 2008. Vispasseerbaarheid sifons in Overijssel. HDV 08-39. Alterra, Wageningen UR.
- FAO, 2002. Fish passes: Design, dimensions and monitoring. Published by the FAO in arrangement with DVWK, Rome.
- Griffioen, A.B., 2014. Data rapportage najaar 2013 fuik monitoring Kornwerderzand t.b.v. de VismigratieRivier. Rapportnummer C034/14. IMARES, IJmuiden. In opdracht van Dienst Landelijk Gebied / De Nieuwe Afsluitdijk, Leeuwarden.
- Keefer, M. L., C. A. Peery, J. Firehammer, and M. L. Moser. 2005. Straying rates of known-origin adult Chinook salmon and steelhead within the Columbia River basin, 2000–2003. Idaho Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, Technical Report 2005–5 to the U.S. Army Corps of Engineers, Portland, Oregon. Available: <http://www.cnr.uidaho.edu/uiferl/Archives.htm>.
- Keefer, M.L., C.C. Caudill, C.A. Peery, and S.R. Lee. 2008. Transporting juvenile salmonids around dams impairs adult migration. Ecological Applications 18:1888-1900.
- Kemper J. H. , 1997. Onderzoek naar de passeerbaarheid van sifons. Nieuwegein, Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij. OVB-Onderzoeksrapport 1997-18, 30 p.
- Koole, M. & J. Hop, 2012. Onderzoek naar de passeerbaarheid van een viertal sifons in de gemeente Apeldoorn in 2012. Projectnummer 20120172. ATKB, Geldermalsen, in opdracht van de gemeente Apeldoorn.
- Kroes, M.J. & S. Monden, 2005. Vismigratie: Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AMINAL, Afdeling Water. Brussel.
- Laffaille, P., Caraguel, J.M. & Legault, A., 2007. Temporal patterns in the upstream migration of European glass eels (*Anguilla Anguilla*) at the Couesnon estuarine dam. Estuarine, Coastal and shelf Science. Volume 73. Issues 1-2, June 2007. Pages 81-90.
- Lyon, E.P. (1904). On rheotropism. I. Rheotropism in fishes. American Journal of Physiology 12: 149-161.
- MUNLV., 2005. Handbuch Querbauwerke. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Dusseldorf. ISBN 3-9810063-2-1.
- Spieris, I.Y.L., 2012. Onderzoek passeerbaarheid sifon Wilhelminakanaal. Projectnummer 20120498. ATKB, Geldermalsen, in opdracht van Waterschap Brabantse Delta.

Turnpenny, A.W.H., S. Clough, K.P. Hanson, R. Ramsay & D. McEwan, 2000. Risk assessment for fish passage through small, low-head turbine. ETSU H/06/00054/REP. Fawley Aquatic.

Vriese, F.T. & M.J. Kroes (VisAdvies), 2009. Bekkenvistrap en hevelvistrap in de Maas. Een onderlinge vergelijking van twee visstrappen bij de stuw Roermond. Met bijdragen van Daan Besselink (DHV), Stephan Janssen (DHV) en Jouke Kampen (ATKB). In opdracht van Rijkswaterstaat Limburg. DHV b.v., Amersfoort.

Vriese, F.T., 2010. Advies vertical slot vispassage Borgharen. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2009_58, 47 pag. + bijlagen.

Vriese, F.T., 2012. Stroomafwaartse migratie van vis over de stuw te Belfeld in de Maas. In opdracht van RWS Limburg. Projectnummer 20110370. ATKB, Geldermalsen.

Winter, H.V., A.B. Griffioen & O.A. van Keeken, 2014. De Vismigratierivier: Bronnenonderzoek naar gedrag van vis rond zoet-zout overgangen. IMARES Wageningen UR. Rapportnummer C035/14 In opdracht van Dienst Landelijk Gebied / De Nieuwe Afsluitdijk.