

Van Wad naar Friese achterland: overgangsgebied voor diadrome vissen

**Een studie naar de vormgevingskenmerken van een geschikt
overgangsgebied voor migrerende vissoorten in Holwerd aan Zee**

D.S.C. Zaat & D. Mollink

Van Wad naar Friese achterland: overgangsgebied voor diadrome vissen

**Een studie naar de vormgevingskenmerken van een geschikt
overgangsgebied voor migrerende vissoorten in Holwerd aan Zee**

Opdrachtgever

Jan Zijlstra
Stichting Holwerd aan Zee

Begeleiders

Patrick Bron en Suzanne Assink

Auteurs

David Zaat
0634843474

Student Kust- en Zeemanagement

David.zaat@hvhl.nl

Studentennummer: 000008310

University of Applied Sciences Van Hall Larenstein
Agora 1, 8901 BV Leeuwarden

Demy Mollink
0619995151

Student Kust- en Zeemanagement

Demy.mollink@hvhl.nl

Studentennummer: 000009214

University of Applied Sciences Van Hall Larenstein
Agora 1, 8901 BV Leeuwarden



Voorwoord

Voor u ligt het adviesrapport van het afstudeeronderzoek 'Van Wad naar Friese achterland: overgangsgebied voor diadrome vissen.' Deze studie is uitgevoerd voor het Holwerd aan Zee project, opdrachtgever Jan Zijlstra. De scriptie is geschreven in kader van de opleiding Kust- en Zeemanagement op Van Hall Larenstein in Leeuwarden. Wij zijn van mei 2019 tot en met oktober 2019 enthousiast bezig geweest met het schrijven van dit adviesrapport. Tijdens deze periode zijn wij vanuit de opleiding begeleid door Patrick Bron en Suzanne Assink.

Na uitvoerig literatuuronderzoek gedaan te hebben, zijn er een aantal experts geïnterviewd die de uitkomsten van het literatuuronderzoek hebben getoetst en aangevuld. Daarnaast zijn er contactpersonen van betrokken partijen binnen het Holwerd aan Zee project benaderd om knel- en aandachtspunten te geven op het geschetste overgangsgebiedsontwerp. Uiteindelijk hebben wij met behulp van de interviews de onderzoeksvraag kunnen beantwoorden.

Bij deze willen wij onze begeleiders van de opleiding Kust- en Zeemanagement bedanken voor goede ondersteuning tijdens het afstudeerproces.

Daarnaast willen wij de volgende personen bedanken voor het afleggen van het interview: Henk van der Veer, Hans Witte & Suzanne Poiesz (NIOZ); Martin Kroes (Kroes Consultancy); Mark Koopmans (Altenburg & Wymenga); Jan Kamman (Sportvisserij Nederland); Sytske Rintjema (It Fryske Gea); Jan Roelsma (Wetterskip Fryslân).

Wij wensen u veel leesplezier toe.

David Zaat en Demy Mollink

Leeuwarden, 17 oktober 2019

Samenvatting

Ooit was Holwerd een bekend handelsdorp. Op het moment heeft het dorp te maken met een dalende inwonerspopulatie, grote werkloosheid en een mindere leefbaarheid. Om de verpaupering tegen te gaan hebben verschillende inwoners van Holwerd een werkgroep opgericht. Onder de naam Holwerd aan Zee zijn verschillende plannen gemaakt om Holwerd weer op de kaart te zetten. Het algemene plan is om een doorgang in de dijk te maken om zo de vroegere connectie met de Waddenzee te herstellen. Daarbij zal er een zout/brakwatermeer gecreëerd worden, die het gebied een economische en ecologische boost zal geven. Ondanks dat er al een aantal plannen en visies zijn opgesteld zijn er nog verscheidene onderdelen van het Holwerd aan Zee project onduidelijk. Eén van deze onderdelen is het tekort aan kennis over welke vormgevingskenmerken een geschikt overgangsgebied creëren voor diadrome vissoorten. Dit afstudeeronderzoek zal de kennis over dit onderwerp vergroten. Met de onderzochte cruciale vormgevingskenmerken doelt dit afstudeeronderzoek op het creëren van een overgangsgebied, die niet alleen als migratieroute maar ook als leefgebied functioneert voor de aanwezige diadrome vissoorten.

Kennis over dit onderwerp is verkregen doormiddel van literatuuronderzoek en interviews met experts en betrokken partijen te doen. De doelsoorten voor dit onderzoek zijn geselecteerd door te kijken naar de doelsoorten uit de Kaderrichtlijn Water en voor welk van deze diadrome vissoorten het Friese achterland geschikt is. De volgende doelsoorten zijn geselecteerd: bot (*Platichthys flesus*), driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*), europese aal (*Anguilla anguilla*), spiering (*Osmerus eperlanus*) en de rivierprik (*Lampetra fluviatilis*). Vervolgens zijn de eigenschappen van de doelsoorten onderzocht. Hierna zijn de gebiedsvoorwaarden bepaald, gebaseerd op de eigenschappen van de doelsoorten. De volgende gebiedsvoorwaarden zijn geselecteerd: constante passeerbaarheid, oriëntatie element, getijdenwerking, langzaam opbouwende saliniteitsgradiënt, stroomsnelheid en schuil-, paai- en rustplaatsen. Om deze gebiedsvoorwaarden te realiseren in het overgangsgebied zijn de volgende vormgevingskenmerken opgesteld: een barrière, bestaande uit een sluis en vispassage, lokstroom, meanderende nevengeul, open doorgang, komvormige constructie en een brakwaterhabitat. Over het algemeen zijn alle geïnterviewde partijen tevreden met deze opgestelde vormgevingskenmerken voor het overgangsgebied van Holwerd aan Zee.

Summary

Holwerd was once a well-known trading village. Nowadays this village is coping with a shrinking population, less employment and a lower livability. To counter the deterioration, several citizens of Holwerd created their own workgroup. They have created several plans to make Holwerd a better place again, under the name Holwerd aan Zee. The general plan is to make an incision in the dyke, to recover the historic connection with the Wadden Sea. Hereby, a salt/brackish water lake will be created to give the area an economic and ecological boost. Despite the creation of several plans and visions, there are still several unclear subjects in the Holwerd aan Zee project. One of them is the lack of knowledge about the key design features for a suitable freshwater-saltwater transition zone for diadromous fish species. This thesis project aims to increase the knowledge about this specific subject. With the researched key design features, this thesis project has the aim to create a freshwater-saltwater transition area, which functions not only as a migration route but also as a livable area for occurring diadromous fish species. Knowledge about this subject is gathered by doing literature research and interviews with experts and stakeholders. The occurring target species are selected by looking at the target species of the Kaderrichtlijn Water and whether the hinterland of Friesland is suitable for these diadromous fish species. The following target species are selected: flounder (*Platichthys flesus*), three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*), European eel (*Anguilla anguilla*), European smelt (*Osmerus eperlanus*) and the European river lamprey (*Lampetra fluviatilis*). This is followed up by studying the characteristics of the target species. Afterwards, the conditions for a freshwater-saltwater transitions in the area are determined, based upon the characteristics of the target species.

The following key conditions have been selected: permanent ability to pass, orientation element, tidal influence, gradually increasing salinity level, flow rate and hiding, spawning and resting areas. To realise these conditions in the freshwater-saltwater transition zone the following key design features are selected: a barrier, consisting of sluice and fish bypass, stream to attract fish, meandering secondary channel, open passage, basin-shaped construction and a brackish habitat. In general, all interviewed parties are satisfied with the key design features for the freshwater-saltwater transition zone of Holwerd aan Zee.

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	1
1.1	Probleembeschrijving	3
1.2	Probleemstelling	4
1.3	Doelstelling	4
1.4	Onderzoeksvragen	4
2.	Methoden	6
2.1	Onderzoeksgebied	6
2.2	Onderzoeksproces	6
2.3	Eigenschappen diadrome doelvissoorten	6
2.4	Vormgevingskenmerken geschikt overgangsgebied	8
2.5	Knel- en aandachtspunten	9
3.	Resultaten	12
3.1	Soortensamenstelling en doelvissoorten in estuaria	12
3.2	Doelvissoorten en eigenschappen	14
3.3	Vormgevingskenmerken overgangsgebied	22
3.3.1	Gebiedsvoorwaarden	23
3.3.2	Conceptontwerp vormgevingskenmerken	24
3.4	Knel- en aandachtspunten betrokken partijen	28
4.	Conclusie	31
5.	Discussie en aanbevelingen	32
	Literatuur	36

1. Inleiding

Holwerd is een dorp, gelegen aan een zeedijk, in het noordoostelijke gedeelte van de provincie Friesland. In de 15^e eeuw werd dit dorp gezien als een belangrijke en welvarende handelsplek aan zee. Nu ligt het in de 'schaduw' van de dijk. In verloop van tijd is de handelsmarkt afgenomen en zijn de mensen weggetrokken. Dit heeft geleid tot een kleine arbeidsmarkt en minder voorzieningen (Van den Berg, 2019). Tegenwoordig wordt het dorp, dat ooit zo belangrijk en welvarend was, alleen nog maar gezien als vertrekpunt naar het eiland Ameland (Fig. 1).



Figuur 1 – Locatie van Holwerd op nationale en regionale schaal (Google, z.d.).

Het inwonersaantal van Holwerd is in de laatste jaren gezakt van 2000 naar 1600 bewoners en daarbij heerst er op dit moment een hoge werkloosheid en een mindere leefbaarheid (Karstkarel, 2019). Om het tij te keren en Holwerd weer op de kaart te zetten zijn verschillende plannen ontwikkeld door de gemeente en andere partijen, maar een groot deel van deze plannen zijn nooit uitgevoerd. Hierdoor hebben inwoners van Holwerd een eigen werkgroep opgericht, bestaande uit dorpondernemers en leden die vanuit het dorpsbelang handelen (Stichting Holwerd aan Zee, z.d.-a). Eén van deze werkgroepsleden is Jan Zijlstra, tevens de opdrachtgever binnen deze afstudeerstudie. Hij is actief als beleidsmedewerker en projectleider bij Noardeast-Fryslân (Linkedin, 2019). De werkgroep heeft samen met andere betrokken partijen diverse plannen ontwikkeld die van Holwerd weer een interessante plek kunnen maken onder de naam Holwerd aan Zee (HaZ).

Het plan is om een doorbraak in de zeedijk te maken, om zo Holwerd te verbinden met de Waddenzee. Achter de doorgestoken dijk zal een binnenmeer en een toegangsgeul door de kwelder worden aangelegd. Door het gebied integraal te benaderen, zullen mens en natuur samenkomen op deze plek. Naast dat dit economische kansen biedt voor Holwerd en de regio eromheen, zal er ook een ecologische kans zijn voor vissen, wadvogels, vegetatie, bodemfauna en andere soorten die kunnen leven in en rondom het dynamische binnenmeer.

Het binnenmeer, ook wel Beleefmeer genoemd, is een zout/brakwatermeer dat onder invloed staat van getijdenwerking vanuit de Waddenzee. Daarnaast zal het Beleefmeer worden aangesloten op de Holwerter Feart. Hierdoor zal er een zoet-zout overgangsgebied ontstaan. Het doel is om met een brak overgangsgebied, ook wel estuarium genoemd, de migratieroute tussen de Waddenzee en het Friese achterland te herstellen (Stichting Holwerd aan Zee, z.d.-b). Het herstellen van estuaria met geschikte doorgangen naar het zoete achterland zijn cruciaal

voor de migrerende vissoorten, aangezien deze soorten de overgang naar zoet of zout water moeten maken om hun levenscyclus te voltooien om zo de populatie in stand te houden (Kuijs & Steenbergen, 2011). Deze migrerende vissoorten worden ook wel diadrome vissoorten genoemd. Diadrome vis gebruikt een estuarium als migratieroute naar hun paai-, overwinterings-, en opgroeigebieden. Dit proces waarbij de vis migreert tussen deze verschillende gebieden wordt vismigratie genoemd. Hieronder vallen ook de dagelijkse verplaatsingen voor voedsel en factoren die te maken hebben met ongunstige omstandigheden. (OVb, 2005)

In het Holwerd aan Zee project wordt het herstel van de oorspronkelijke zoet-zout verbinding gezien als een unieke kans om migrerende vissoorten een doorgang te bieden naar het Friese achterland en daarbij leefgebied te creëren voor flora en fauna. Om de oorspronkelijke verbinding tussen de Waddenzee en het Friese achterland te herstellen hebben wij de opdracht gekregen om een studie te doen naar de mogelijkheden van vismigratie in het toekomstige Holwerd aan Zee gebied.

Estuarium

Een estuarium is een natuurlijke verbinding tussen zoet en zout water. Deze verbindingen zijn relatief uniek in Noordwest Europa, omdat het een zone is waar laaggelegen land en zee met elkaar verbonden zijn (Tangelder, Winter, & Ysebaert, 2017). In de natuurlijke situatie is een estuarium zeer dynamisch (OVb, 2005). Het getij speelt hierin een grote rol. De getijstroom creëert een habitat met droogvallende platen, erosie, sedimentatie en geulen. Kenmerkend aan een estuarium is het zoutgradiënt, maar andere gradiënten zoals de overloop van hoog naar laag en zoetwatersediment naar zoutwatersediment zijn ook aanwezig (Baptist et al., 2007; Kuijs & Steenbergen, 2011). Dit unieke habitat is een leefgebied voor vele soorten flora en fauna. Verscheidene vissoorten gebruiken deze gebieden op vele manieren. Ze dienen als kraamkamer en trekroute tussen hun paai en opgroeigebied (Kuijs & Steenbergen, 2011).

Vismigratie

Om deze paai en opgroeigebieden te bereiken moeten de vissen door barrières heen kunnen komen. Om vissen een geschikte doorgang te bieden zijn er verschillende vismigratieprojecten opgestart. In vele van deze projecten wordt gebruik gemaakt van een visdoorgang. Een visdoorgang kan op verschillende manieren gerealiseerd worden, door middel van vispassages, visladders of vistrappen. Deze visdoorgangen bieden de aanwezige vissoorten geen leefomgeving. In deze studie wordt het overgangsgebied, naast migratieroute, ook gezien als leefgebied. Daarom gaat de voorkeur in dit onderzoek naar ontwikkeling en herstel van de leefomgeving voor diadrome vissen in combinatie met een effectieve visdoorgang. (OVb, 2005)

Voor deze studie ligt de focus op een overgangsgebied vanaf het Beleafmeer tot na de Holwerter Feart, die functioneert als leefgebied en migratieroute naar het Friese achterland. Doordat het water vanuit de Holwerter Feart zoet is en het water in het Beleafmeer zout zal er een brakke overgang ontstaan. Deze overgang is interessant voor diadrome vissoorten zoals de paling, spiering en driedoornige stekelbaars (Berben, 2019). Onder de diadrome soorten vallen de anadrome soorten, die van zout naar zoet trekken om zich daar voort te planten en de katadrome soorten, die op zee voortplanten en in het jonge stadium naar het zoete water trekken om daar op te groeien (ZiltWater, 2016).

Door een vispassage te combineren met een geschikt leefgebied kunnen, buiten de diadrome soorten, andere vissoortgroepen het overgangsgebied ook gebruiken als leef-, opgroei- en eventueel paaigebied. Dit zullen de volgende groepen zijn: estuarien residente (permanent levend in het estuarium), marien juveniele (jonge mariene vis) en marien seizoensgasten (mariene vissoorten die sporadisch het gebied bezoeken). (Winter, Griffioen, & Van Keeken, 2014)

Beleid

De Kaderrichtlijn Water streeft naar een goede ecologische waterkwaliteit in Europa. Hierin is vis een belangrijk onderwerp, waar vismigratie een onderdeel van is. Vismigratie is in de laatste tien jaar belangrijk geworden voor de waterbeheerders. Vanaf 2009 zijn er met behulp van de Kaderrichtlijn Water steeds meer ontwikkelingen gekomen in het ontwerp en de aanleg van vismigratiepassages. (Huisman, 2017)

Een recent voorbeeld is de Vismigratierivier bij Kornwerderzand (De Afsluitdijk, z.d.). Dit project wordt binnen het Holwerd aan Zee project gezien als een specifiek voorbeeld van een overgangsgebied op grotere schaal. Andere bestaande projecten zoals Ruim Baan Voor Vissen en Nederland Leeft Met Vismigratie zijn ook relevante voorbeelden (Huisman, 2017; Kroes, Philipsen, & Wanningen, 2018).

Naast dat vismigratie in de Kaderrichtlijn Water een belangrijk onderwerp is, kan vismigratie in de nabije toekomst ook een belangrijk onderwerp zijn in de Natura 2000 en Marine Strategy Directive (Huisman, 2017).

Onderzoek is bepalend voor de kwaliteit van het beleid van het Holwerd aan Zee gebied. Dit afstudeeronderzoek speelt een rol in de beleidsvoorbereiding (agendavorming) van het Holwerd aan Zee gebied, aangezien er informatie wordt verzameld voor de creatie van een geschikt overgangsgebied (De Beleidsexpert, 2018).

Betrokken partijen

Binnen het Holwerd aan Zee project zijn verschillende partijen betrokken. Op lokaal gebied zijn dat vooral de gemeente Noardeast-Fryslân, de agrarische sector en de dorpsbewoners. Deze partijen zijn tijdens de opzet van dit project ingelicht en hebben ook tijdens besprekingen hun mening kunnen delen met de werkgroep. Naast de lokale partijen zijn er ook verschillende betrokken organisaties in het project. In deze specifieke studie is er een selectie gemaakt op basis van de visie en missie van de betrokken partijen. De belangrijkste betrokken organisaties met een grotendeels ecologische visie zijn; Wetterskip Fryslân, Sportvisserij Nederland en It Fryske Gea. Deze betrokken organisaties zijn dan ook meegenomen in deze studie, om hun knel- en aandachtspunten te kunnen geven.

1.1 Probleembeschrijving

In de loop der jaren is er door inpoldering en plaatsing van kustbeschermingselementen, zoals dijken, sluisen en gemalen, een afname in de hoeveelheid geleidelijke overgangsgebieden en daarmee het type brakwaterhabitat (Vethaak, 2013; WaddenZee, 2016). Waterkwaliteit, leefomgeving en de opdeling van stroomgebieden zijn cruciale factoren in het belemmeren van de migratieroutes. De veranderingen in de routes kunnen de populatie van diadrome vissoorten in gevaar brengen tot uitsterven aan toe (OVB, 2005). De overlevingskansen van de vis hangt tegenwoordig grotendeels af van hun toleranties ten opzichte van de veranderingen

binnen de eerder genoemde cruciale factoren. Om de migratieroutes en leefomgeving van vis duurzaam te herstellen moeten al deze factoren worden aangepakt.

In de afgelopen jaren is er geprobeerd om door middel van kleinschalige projecten de verbinding tussen zoet en zout te herstellen. Dit wordt onder andere gedaan door de aanleg van vismigratiepassages met een geschikt overgangsgebied. In eerdere studies worden voor het overgangsgebied geschikte vormgevingskenmerken bepaald, die gebaseerd zijn op de eigenschappen van de aanwezige diadrome vissen (Winter et al., 2014). Dit betekent bijvoorbeeld dat er wordt bepaald dat er een geleidelijke overgang moet komen, aangezien diadrome vissoorten zoals bot (*Platichthys flesus*) en spiering (*Osmerus eperlanus*) niet tegen een plotselinge verandering van het zoutgehalte kunnen (Leggett & Oboyle, 1976; Vethaak, 2013). Onderzoek wijst uit dat het herstel van de zoet-zout verbindingen zorgt voor een stijging in kraamkamergebieden en migratieroutes naar het achterland (Tangelder et al., 2017; Rijkswaterstaat, z.d.). Dit stimuleert de populatie van verschillende diadrome vissoorten (Daverat et al., 2012; De Afsluitdijk, z.d.).

Voorheen was Holwerd ook een gebied dat in verbinding stond met de open zee. Deze natuurlijke verbinding werd geblokkeerd door de aanleg van waterkerende dijken. Tot de dag van vandaag is dit nog steeds het geval (Boonstra, z.d.). Deze barrière zorgt, net zoals in andere gebieden, voor een verlies aan leefgebied en dat aanwezige diadrome vissen geen geschikte doorgang hebben naar het achterland. Het Holwerd aan Zee project heeft mede hierdoor belang bij het herstel van de natuurlijke verbinding met de Waddenzee. Om een werkzame overgang te creëren zal het overgangsgebied van Holwerd aan Zee moeten bestaan uit geschikte vormgevingskenmerken die gebaseerd zijn op de eigenschappen van de aanwezige diadrome vissen.

1.2 Probleemstelling

Binnen het Holwerd aan Zee project is het onbekend welke vormgevingskenmerken het overgangsgebied moet hebben om een geschikte migratieroute en geschikt leefgebied te creëren voor de diadrome vissoorten.

1.3 Doelstelling

Een adviesrapport uitbrengen over de vormgevingskenmerken van een geschikt overgangsgebied in Holwerd aan Zee, die gebaseerd zijn op de eigenschappen van de verwachte diadrome vissoorten met inachtneming van de knel- en aandachtspunten vanuit de betrokken partijen.

1.4 Onderzoeksvragen

Hoofdvraag

Op welke manier kan een geschikt overgangsgebied voor diadrome vissoorten gecreëerd worden tussen het Beleefmeer en de Holwerter Feart en welke knel- en aandachtspunten zijn er vanuit de betrokken partijen?

Deelvragen

1. Wat zijn de mogelijke diadrome vissoorten in het overgangsgebied en welke migratie gerelateerde eigenschappen hebben zij?

2. Welke vormgevingskenmerken maken het overgangsgebied geschikt voor de aanwezige diadrome vissoorten?
3. Welke knel- en aandachtspunten hebben de betrokken partijen bij het concept van het overgangsgebied?

Leeswijzer

In de aankomende hoofdstukken wordt het afstudeeronderzoek in de volgende stappen uitgelegd. Hoofdstuk 2 geeft weer welke methoden er zijn gebruikt tijdens het onderzoek. In hoofdstuk 3 worden de resultaten per deelvraag uitgelicht en hoofdstuk 4 geeft de conclusie weer, waarin er antwoord wordt gegeven op de hoofdvraag. Ten slotte wordt er in hoofdstuk 5 een discussie gevoerd over de validiteit van het onderzoek en worden er aanbevelingen gegeven voor vervolgonderzoeken.

2. Methoden

2.1 Onderzoeksgebied

Het onderzoeksgebied voor deze studie bestaat uit het Beleafmeer plus de toekomstige aansluiting met de Holwerter Feart (Fig. 2). De vispassage is gesitueerd op de verbinding tussen het zoute water vanuit het Beleafmeer en het zoete water van de Holwerter Feart. Deze verbinding zit links van het dorp Holwerd, zie de cirkel in figuur 2. In deze studie valt de constructie in de zeedijk buiten het gegeven kader van de probleemhouder. Eventuele aanbevelingen over deze constructie worden beschreven in de discussie.

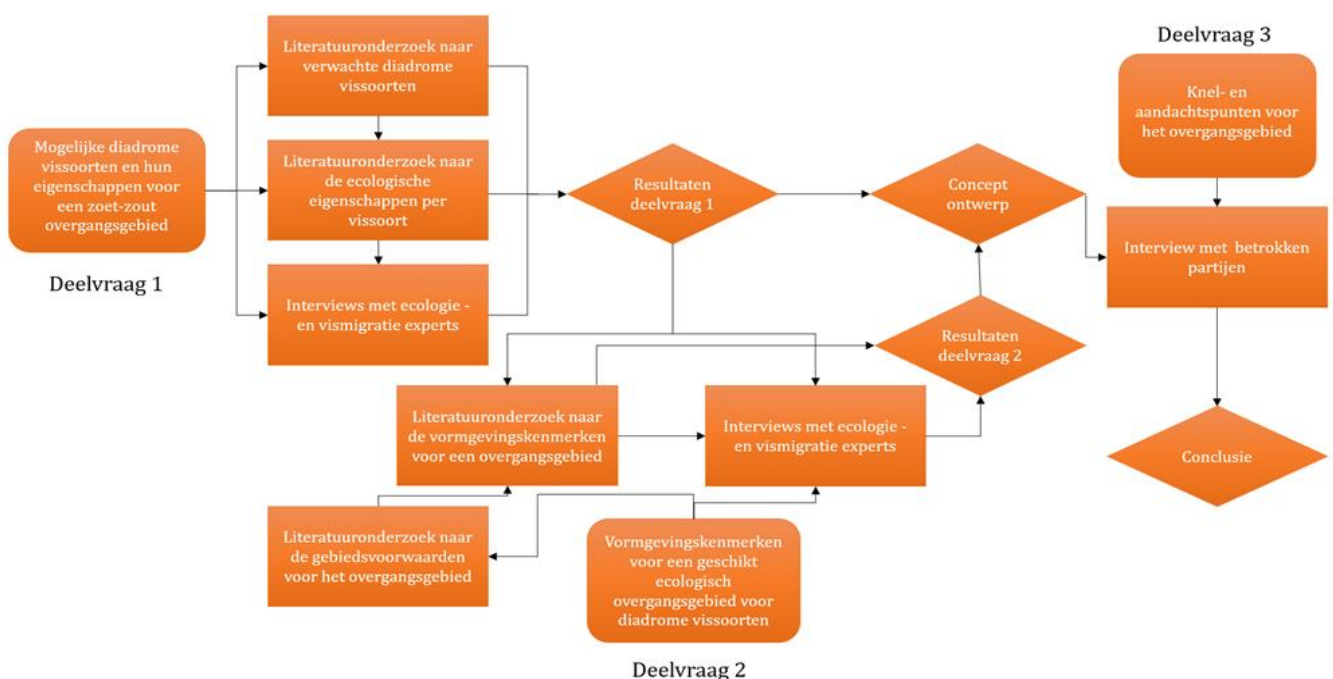


Figuur 2 – Een bovenaanzicht van het dorp Holwerd. Hierbij zijn de huidige ligging van de Holwerter Feart en de toekomstige locatie van het Beleafmeer uitgelicht in het blauw. De cirkel geeft aan waar de vispassage komt (Google, z.d.).

2.2 Onderzoeksproces

Deze studie is een kwalitatief onderzoek naar een geschikt overgangsgebied voor diadrome vissoorten (Plogh & Van Zwieten, 2006). Figuur 3 laat zien op welke manier het onderzoeksproces is verlopen. De manier van dataverzameling en dataverwerking worden hieronder per deelvraag uitgelicht.

2.3 Eigenschappen diadrome doelvissoorten



Figuur 3 – Conceptueel model over het onderzoeksproces

Literatuuronderzoek naar verwachte vissoorten

Er is literatuuronderzoek gedaan naar de mogelijke vissoorten die gebruik gaan maken van het toekomstig overgangsgebied (Fig. 4). Hierin is gekeken naar diadrome vissoorten die in bestaande overgangen vanaf de Waddenzee het zoete achterland intrekken. Dit zijn bestaande overgangen bij Noordpolderzijl, Lauwersoog & Zwarte Haan (Huisman, 2017). Studies naar de Vismigratierivier hebben de Kaderrichtlijn Water gebruikt om te bepalen welke diadrome vissoorten mogelijk gebruik gaan maken van de vismigratierivier (Winter et al., 2014; Van Banning, Van der Baan, & De Bruijne, 2018).

Deze diadrome vissoorten waren ook het eerste uitgangspunt voor dit afstudeeronderzoek. Hierna zijn studies gebruikt van waterschappen om te bepalen, per diadrome vissoort, of het Friese achterland geschikt is (Claassen & Veening, 2011; Schollema, 2018). Uiteindelijk kon er gespecificeerd worden welke diadrome vissoorten voorkomen rond de regio Holwerd en of zij geschikt achterland hebben in de Friese boezem. De soorten die geschikt achterland hebben in de Friese Boezem werden gespecificeerd als doelsoorten.

Zoektermen: diadrome/migrerende vissoorten Waddenzee; anadrome vissoorten; katadrome vissoorten

Literatuuronderzoek naar de eigenschappen per vissoort

Elke doelsoort heeft zijn eigenschappen bij een overgangsgebied. Hiermee wordt bedoeld dat de ene soort bijvoorbeeld een langere gewenningsperiode heeft om de overgang te maken dan een andere vissoort. De belangrijke onderzochte parameters zijn; acclimatisering op het gebied van saliniteit, temperatuurtolerantie, sprintcapaciteit, migratiegedrag, timing van migratie en type migratie. Om naast een migratieroute ook te zorgen voor een leefgebied zijn de relevante habitateisen per doelvissoort ook onderzocht; watertype, vegetatie, substraat & overige schuilplaatstypes.

Zoektermen: abiotische factoren; saliniteit; watertemperatuur; acclimatisering; zwemcapaciteit; migratiegedrag; timing migratie; type migratie; habitat; vegetatie; watertype; substraat

Interviews met ecologie- en vismigratie experts

In het beginstadium van het literatuuronderzoek zijn er ecologie- en vismigratie experts benaderd, die interviews konden geven om extra informatie te krijgen over de onderwerpen van deelvraag 1 en 2. Ook zijn de interviews gebruikt om de al eerder gevonden informatie vanuit de literatuur te toetsen. Een aantal experts vanuit het eigen netwerk zijn benaderd om een interview af te leggen, namelijk H.W. Van der Veer, J.I.J. Witte & S.S.H. Poiesz. Deze onderzoekers zijn experts op het gebied van ecologie. Daarnaast zijn M. Koopmans van Altenburg & Wymenga en M.J. Kroes van Kroes Consultancy benaderd voor een interview, aangezien zij op dit moment actief zijn met het behandelen van vismigratievraagstukken. De interviews met experts waren semi gestructureerd. Dit betekent dat er een algemeen



Figuur 4 – Proces deelvraag 1

interviewschema, met algemene en een aantal gedetailleerde vragen, is opgesteld. Hierop is doorgevraagd en is extra aanvullende informatie gegeven. De interviews zijn opgenomen, zodat uitspraken geciteerd konden worden in het eindproduct.

Dataverwerking

Er is een overzicht gecreëerd met migratie gerelateerde eigenschappen bij een zoet-zout overgangsgebied per doelvissoort (Winter et al., 2014; Van Banning et al., 2018). De lay-out voor dit overzicht is weergegeven in tabel 1. Door gebruik te maken van dit overzicht kon er gelijk gezien worden in welke eigenschap de doelvissoorten met elkaar overeenkomen of verschillen.

Tabel 1 – Migratie gerelateerde eigenschappen per vissoort die bepalend zijn voor een geschikt overgangsgebied (*= tijdens de intrekperiode)

Soort	Type Migratie	Timing Migratie	Acclimatisering	Sprintcapaciteit (m/s)*	Lengte (cm)*	Watertemperatuur (°C)*
Bot (<i>Platichthys flesus</i>)						
Driedoornige stekelbaars (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)						
Europese Aal (<i>Anguilla anguilla</i>)						
Spiering (<i>Osmerus eperlanus</i>)						
Rivierprik (<i>Lampetra fluviatilis</i>)						

De interviews met experts zijn niet volledig getranscribeerd. De relevante uitspraken die bijdragen aan het beantwoorden van deelvraag 1 zijn uitgeschreven. Daarnaast is er bij de experts getoetst of de gevonden informatie uit de literatuur daadwerkelijk juist is. Experts hadden extra aanvulling door middel van ongepubliceerde informatie en kennis. Dit is meegenomen in de resultaten.

De antwoorden en relevante aanvulling van experts zijn getranscribeerd en gecodeerd. De codes zijn bepaald na de eerste analyse van de output (open coderen). De antwoorden en aanvulling voor deelvraag 1 zijn ingedeeld in de volgende categorieën: type migratie, timing migratie, migratiegedrag, acclimatisering & sprintcapaciteit.

2.4 Vormgevingskenmerken geschikt overgangsgebied

Literatuuronderzoek naar de vormgevingskenmerken voor een overgangsgebied

Voor deelvraag 2 is er literatuuronderzoek gedaan en experts zijn ondervraagd. (Fig. 5). De experts die benaderd zijn voor de interviews, zijn dezelfde personen als bij deelvraag 1, omdat het om dezelfde expertise vraagt.

Deelvraag 2 bestaat uit twee stappen, waarbij er eerst werd gekeken naar gebiedsvoorwaarden die zijn vastgesteld aan de hand van de eigenschappen van de diadrome doelsoorten. Er is dus algemeen gekeken naar op welke manier de eigenschappen vertaald kunnen worden naar voorwaarden waaraan een algemeen overgangsgebied moet voldoen. Na deze stap werd er gekeken op welke manier deze gebiedsvoorwaarden specifiek gerealiseerd kunnen



Deelvraag 2

Figuur 5 – Proces deelvraag 2

worden in het toekomstige overgangsgebied van Holwerd aan Zee. Deze realisatie van de gebiedsvoorwaarden in het Holwerd aan Zee gebied wordt in dit onderzoek gedefinieerd als vormgevingskenmerken.

Voorbeeld:

In dit onderzoek wordt sprintcapaciteit bijvoorbeeld gezien als eigenschap, hier is de maximale stroomsnelheid op gebaseerd (gebiedsvoorwaarde). Hierna is er gekeken op welke manier deze gebiedsvoorwaarde gerealiseerd kan worden in het Holwerd aan Zee gebied. Dit kan gerealiseerd worden met een meanderende nevengeul (vormgevingskenmerk).

Zoektermen: vismigratie; voorwaarden overgangsgebied; stroomsnelheid; getijstroom; lengte overgangszone; zoete lokstroom

Dataverwerking

Alle gevonden gebiedsvoorwaarden zijn geplaatst in een overzicht. Er is een analyse gedaan naar welke van deze gebiedsvoorwaarden relevant zijn voor het Holwerd aan Zee overgangsgebied. Deze gebiedsvoorwaarden zijn naar specifieke vormgevingskenmerken vertaald. De antwoorden en relevante aanvullingen van de interviews zijn op dezelfde manier verwerkt als in deelvraag 1. De antwoorden en aanvulling zijn ingedeeld op gebiedsvoorwaarde en vormgevingskenmerk. Voor gebiedsvoorwaarden zijn de volgende categorieën gebruikt: oriëntatie element; getijstroom; langzame opbouw saliniteit gradiënt; stroomsnelheid; schuil- en rustplaatsen.

Voor de vormgevingskenmerken zijn de volgende categorieën gebruikt: barrière; vispassage; lokstroom; meanderende nevengeul; habitat.

Daarnaast zijn er een aantal antwoorden en aanvullingen die buiten deze categorieën vielen, maar wel relevant zijn voor het algemeen beantwoorden van deelvraag 2, ingedeeld in “overig”. De combinatie van het literatuuronderzoek en de interviews met experts heeft de geschikte vormgevingskenmerken gegeven voor het Holwerd aan Zee overgangsgebied.

2.5 Knel- en aandachtspunten

Interview met betrokken partijen

Op basis van de resultaten die bij deelvraag 1 en 2 zijn verkregen is er een geschikt overgangsgebied tussen het Beleefmeer en de Holwerter Feart beschreven (Fig. 6). Dit conceptontwerp voor het overgangsgebied is, middels een schets (Par. 3.3, Fig.16), voorgelegd aan betrokken partijen binnen het Holwerd aan Zee project.

Deze betrokken partijen zijn geselecteerd door te kijken naar de visie en missie van alle partijen die betrokken zijn in het Holwerd aan Zee project. De partijen die grotendeels een ecologische visie en missie hebben zijn geselecteerd. Dit zijn de volgende organisaties: Wetterskip Fryslân, Sportvisserij Nederland en It Fryske Gea.

Wetterskip Fryslân

Het Wetterskip Fryslân focust zich op een juist waterpeil in sloten en meren van Friesland. Ze houden de waterkwaliteit in de gaten en houden zich bezig met het zuiveren van afvalwater.



Figuur 6 – Proces deelvraag 6

Vanwege de klimaatveranderingen, het stijgen van de zeespiegel en de afwisselende neerslag houdt Wetterskip Fryslân de toekomst in de gaten om dan ook te zorgen voor een veilig en leefbaar Friesland (Wetterskip Fryslân, 2018). Binnen het Holwerd aan Zee project is deze organisatie gebaat bij een veilig waterpeil en goede waterkwaliteit.

Sportvisserij Nederland

De missie van Sportvisserij Nederland is om de belangen van de sportvisserij in Nederland te behartigen, om de sportvisserij als sportieve recreatie te bevorderen en om er voor te zorgen dat het mogelijke is om tegen redelijke kosten en in zoveel mogelijk viswater te kunnen vissen (Sportvisserij Nederland, 2019). Binnen het Holwerd aan Zee project is deze organisatie gebaat bij een geschikt overgangsgebied, omdat dit een positief effect heeft op belangrijke sportvissoorten (Daverat et al., 2012; De Afsluitdijk, z.d.).

It Fryske Gea

It Fryske Gea is een vereniging voor natuurbescherming in Fryslân die als doel heeft om natuur, landschap en cultureel erfgoed te beschermen, behouden en ontwikkelen. De kerntaak is vooral gericht op het beheren en behouden van landschappelijke waarden, flora en fauna (It Fryske Gea, z.d.). Binnen het Holwerd aan Zee project is It Fryske Gea gebaat bij een ontwikkeling en bescherming van de natuur rondom Holwerd.

Interview structuur

Na het maken van de selectie van de partijen zijn er contactpersonen telefonisch of per mail benaderd om een interview mee af te leggen. Alle partijen zijn apart van elkaar geïnterviewd. Hieronder zijn de fases van het interview beschreven.

Introductie – Korte kennismaking met de contactpersoon en uitleg over het project

Presentatie – Bevatte een afbeelding van het overgangsgebied, waarin de verschillende vormgevingskenmerken werden uitgelicht.

Uitleg waarom deze vormgevingskenmerken aanwezig zijn en de reden waarom de kenmerken op deze manier geïmplementeerd zijn.

Feedback – Aan de contactpersoon vragen of hij/zij knelpunten ziet bij de vormgevingskenmerken. Vragen of er verder nog knelpunten of aanvullingen zijn.

Conclusie – Vervolgens werd er gezamenlijk geconcludeerd wat de belangrijkste knelpunten zijn en werd door ons het groepsinterview netjes afgesloten.

Tijdens het interview hebben beide afstudeerders gepresenteerd en gezorgd voor een goed verloop van het interview, zodat de antwoorden en vragen relevant bleven omtrent het afstudeeronderwerp. Het interview werd opgenomen en relevante uitspraken zijn extra genoteerd.

Dataverwerking

Alle relevante knel- en aandachtspunten uit de interviews zijn gemarkeerd en gecodeerd. Er is gekozen voor open coderen, waarbij de codes achteraf zijn vastgesteld. Door het coderen zijn categorieën ontstaan waaronder uitspraken over hetzelfde thema zijn samengevoegd. Hierdoor is er een duidelijk overzicht gecreëerd van welke knelpunten en/of waardevolle toevoeging in

dezelfde categorie vielen en wat daadwerkelijk de belangrijkste knelpunten waren en of er tegenstrijdigheden waren tussen de knelpunten van verschillende betrokken partijen.

3. Resultaten

In dit hoofdstuk wordt er uitgelicht op welke manier er een geschikt overgangsgebied gecreëerd kan worden voor de aanwezige diadrome vissoorten. Hierbij wordt eerst de indeling van de vissoorten uitgelegd (3.1) en de doelsoorten in een overgangsgebied bepaald (3.2). Met de eigenschappen van de doelsoorten zijn de gebiedsvoorwaarden in een overgangsgebied uitgelicht. Hierna zijn er vormgevingskenmerken beschreven die de gebiedsvoorwaarden realiseren, die uitgelicht worden met een conceptontwerp (3.3 t/m 3.3.2). Knel- en aandachtspunten op het conceptontwerp zijn beschreven en verwerkt in een nieuw ontwerp (3.4).

3.1 Soortensamenstelling en doelvissoorten in estuaria

In de estuariene systemen heerst een grote dynamiek door het samenkomen van twee waterstromen; een permanente getijstroom vanuit zee en een variabele stroom vanuit het zoete achterland. Doordat beide waterstromen verschillen per etmaal (getij) en per seizoen (zoetwater afvoer) is er een variatie in factoren zoals saliniteit, sedimentatie en erosie. Deze factoren zorgen over het algemeen voor een lage biodiversiteit en een hoge biomassa. Deze variatie is ook merkbaar in de visgemeenschap. In visonderzoeken worden vissoorten ingedeeld in groepen met dezelfde levensstrategie (Dankers & Steenbergen, z.d.) Voor deze indeling zijn de soorten opgedeeld in ecologische gildes. De indeling van de ecologische gildes is gecreëerd door Elliot & Hemmingway (2002). Deze indeling is verder uitgelegd in Jager & Kranenbarg (2008). De aanwezige soorten in het overgangsgebied van Holwerd aan Zee zijn via dezelfde ecologische gildes ingedeeld.

- **Diadrome soorten** – Gebruiken de overgang als toegang tot hun paai en opgroeigebied. Er zijn twee groepen binnen de diadrome vissoorten; de anadrome, die vanuit zee richting het zoete achterland trekken naar hun paaigronden en de katadrome, die in zee paaieren en dan naar het zoete water trekken om daar op te groeien. Deze soorten zijn erg gevoelig voor verschillende barrières zoals dammen en sluizen, paaigrondverlies en een slechte waterkwaliteit. Deze kwetsbaarheid is bepalend voor de vormgeving van een overgangsgebied. Op deze soorten zal er in het ontwerp vooral de focus liggen, aangezien deze soorten afhankelijk zijn van een geschikt overgangsgebied om zich voort te kunnen planten. (Jager & Kranenbarg, 2008)

- **Estuarien residente soorten** – Deze soorten kunnen hun gehele leven in een brakwaterzone leven en zijn daarom erg kwetsbaar voor het verdwijnen van een specifiek habitat, de accumulatie van giftige stoffen en koelwateronttrekking (Jager & Kranenbarg, 2008).

- **Marien juvenielen** – Deze zoutwatersoorten gebruiken een brakwaterzone als kraamkamerfunctie. Hieronder vallen de commercieel beviste soorten, wat betekent dat de visserij hier bijvoorbeeld ook invloed op heeft (Jager & Kranenbarg, 2008).

- **Mariene seizoensgasten** – Zoutwatersoorten die de brakwaterzone in een vast seizoen bezoeken. Sommige soorten gebruiken deze zone om te paaieren. Ze zijn afhankelijk van gunstige abiotische factoren en hun bezoek is dus dan ook vaak van korte duur (Jager & Kranenbarg, 2008).

Om uitsluitel te kunnen geven over welke vissoorten gebruik kunnen maken van het overgangsgebied is er gekeken naar vergelijkbare studies en zijn experts geraadpleegd. Voor de studie Winter et. al (2014) zijn door middel van de Kaderrichtlijn Water (Jager & Kranenburg, 2008) de doelvissoorten vastgesteld voor de Vismigratierivier (VMR). Deze vissoorten vormden de basis voor de doelvissoorten van het overgangsgebied van Holwerd aan Zee. Vervolgens zijn met behulp van de studie van Wetterskip Fryslân (Claassen & Veening, 2011) en Waterschap Hunze & Aa's (Schollem, 2018) doelsoorten geëlimineerd. Op het moment is het achterland van Friesland ongeschikt voor de volgende vissoorten: Atlantische steur, Atlantische zalm, Zeeforel en de Zeeprk (Claassen & Veening, 2011; Schollem, 2018). Dit is gebaseerd op de kenmerken van het Friese achterland. Op dit moment mist de Friese Boezem snelstromend water met een harde bodem, zoals grind. Daarnaast is er geen geschikt paaigebied in de Friese Boezem voor deze diadrome soorten. Deze soorten zijn dus niet meegenomen in deze studie. Vervolgens kon er geconcludeerd worden dat er vier diadrome vissoorten en één estuariene soort gebruik gaan maken van het toekomstige overgangsgebied (Tabel 2, de gearceerde soorten). Dit zijn de Europese aal (*Anguilla anguilla*), driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*), rivierprk (*Lampetra fluviatilis*), spiering (*Osmerus eperlanus*) & bot (*Platichthys flesus*).

Tabel 2 – De vier ecologische gildes met bijbehorende soorten. Vastgesteld door de Kaderrichtlijn Water (Jager & Kranenburg, 2008). De grijze arceringen indiceren de soorten waar de grootste focus op ligt binnen het overgangsgebiedsontwerp. Soorten zonder geschikt achterland zijn buiten beschouwing gelaten.

Diadroom	Estuarien Resident	Marien Juveniel	Marien Seizoensgast
Europese Aal - <i>Anguilla anguilla</i>	Harnasmannetje - <i>Agonus cataphractus</i>	Zeebaars - <i>Dicentrarchus labrax</i>	Pijlstaartrog - <i>Dasyatis pastinaca</i>
Driedoornige stekelbaars - <i>Gasterosteus aculeatus</i>	Zandspiering - <i>Ammodytes tobianus</i>	Wijting - <i>Merlangius merlangus</i>	Geep - <i>Belone belone</i>
Rivierprk - <i>Lampetra fluviatilis</i>	Glasgrondel - <i>Aphia minuta</i>	Tarbot - <i>Scophthalmus maximus</i>	Snotolf - <i>Cyclopterus lumpus</i>
Spiering - <i>Osmerus eperlanus</i>	Slakdolf - <i>Liparis liparis</i>	Griet - <i>Scophthalmus rhombus</i>	Ansjovis - <i>Engraulis encrasicolus</i>
	Zeedonderpad - <i>Myoxocephalus scorpius</i>	Tong - <i>Solea solea</i>	Sprot - <i>Sprattus sprattus</i>
	Botervis - <i>Pholis gunnellus</i>	Rode poon - <i>Trigla lucerna</i>	Diklipharder - <i>Chelon labrosus</i>
	Bot - <i>Platichthys flesus</i>	Kabeljauw - <i>Gadus morhua</i>	
	Brakwatergrondel - <i>Pomatoschistus microps</i>	Haring - <i>Clupea harengus</i>	
	Dikkopje - <i>Pomatoschistus minutus</i>	Schar - <i>Limanda limanda</i>	
	Grote zeenaald - <i>Syngnathus acus</i>		
	Kleine zeenaald - <i>Syngnathus rostellatus</i>		
	Puitaal - <i>Zoarces viviparus</i>		

Voor deze soorten is er een geschikt achterland om voort te planten of door te migreren richting andere stroomgebieden. Op deze vijf doelsoorten ligt voornamelijk de focus tijdens het bepalen van de vormgevingskenmerken voor het overgangsgebied. De soorten binnen de andere ecologische gildes worden ook genoemd in dit onderzoek, aangezien brakwater een hoofdrol speelt in het overgangsgebied. M. Kroes: "Het brakke overgangsgebied wordt een kraamkamer voor jonge mariene en estuarien residente vis, maar ook voor de diadrome doelsoorten."

Dit geschikte brakke overgangsgebied zal later in de resultaten beschreven worden. De doelvissoorten en bijbehorende eigenschappen voor een overgangsgebied worden hieronder uitgelicht.

3.2 Doelvissoorten en eigenschappen

In deze paragraaf worden de bovengenoemde doelvissoorten en hun migratie gerelateerde eigenschappen beschreven. Dit gaat om de volgende vijf: de bot (*Platichthys flesus*), driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*), Europese aal (*Anguilla anguilla*), spiering (*Osmerus eperlanus*) en rivierprik (*Lampetra fluviatilis*). Met de eigenschappen worden uiteindelijk de vormgevingskenmerken van het overgangsgebied bepaald. De eigenschappen (* tijdens intrekperiode) worden aan het eind van deze paragraaf in tabellen samengevat.

Migratie gerelateerde eigenschappen

Migratiegedrag – Eigenschappen die relevant zijn van het gedrag tijdens de migratieperiode. Manier van oriëntatie op grote en lokale schaal, type migratie & timing migratie (Winter et al., 2014; Van Banning et al., 2018). Daarnaast valt het paaigedrag hier ook onder. Type migratie wordt opgedeeld in passieve-, semi-passieve- en actieve migratie. Bij een passieve migratie gebruikt de diadrome vis selectief getijdentransport om zich met de vloedstroom mee te laten voeren. Een actieve migratie betekent dat de diadrome vis zwemmend de overgang kan maken. Semi-passief zit hier precies tussenin; de diadrome vis doet aan actieve en passieve migratie. (Van Banning et al., 2018)

Bij de timing van de migratie wordt er gekeken naar het seizoen wanneer de doelsoort migreert. Daarnaast betekent de timing migratie ook in welk dagdeel de diadrome de overgang maakt (Winter et al., 2014).

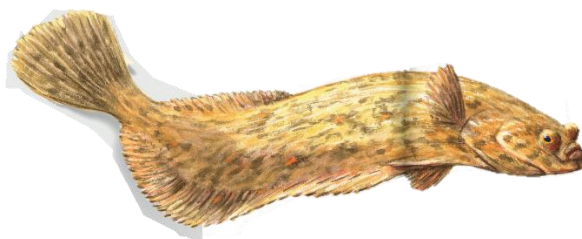
Sprintcapaciteit – Sprintcapaciteit wordt in dit onderzoek gedefinieerd als een korte uitbarsting van energie waarmee de vis zich voortbeweegt. In dit onderzoek zijn de minimale, maximale en gemiddelde sprintcapaciteit (in m/s) meegenomen. De sprintcapaciteit wordt bepaald door de lichaamslengte van de vis en de temperatuur van het water. De meeste diadrome soorten kunnen zo'n korte uitbarsting tussen de 5 en 15 seconden vasthouden. (Winter et al., 2014)

Acclimatisering aan zoet en zout – Over het algemeen zijn alle diadrome vissoorten in staat om zichzelf aan te passen om van het zoete naar het zoute water te migreren en andersom (Winter et al., 2014). Daarom wordt er in dit onderzoek gekeken naar de gewenningsperiode van de doelsoorten en wat er kan gebeuren als de gewenningsperiode te kort of niet aanwezig is.

Habitateisen – In dit onderzoek zijn de habitateisen ook meegenomen om te onderzoeken wat de doelsoorten nodig hebben in hun leefgebied. Er is per doelsoort gekeken naar welk type schuil-, rust- en paaplaatsen zij nodig hebben.

Bot (*Platichthys flesus*) – Linnaeus, 1758

Bot (<i>Platichthys flesus</i>)							Katadroom				
Timing migratie											
Type migratie							Passief (juveniel)				
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
							Min-Max		Gem.		
Sprintcapaciteit (m/s)							0.2-0.6		0.3		
Watertemperatuur* (°C)							6-21		12.7		
Lengte* (cm)							3-4		3.5		



Figuur 7 – Bot (*Platichthys flesus*) (Reeze, Kroes, Van Emmerik, 2017).

Deze platte bodemvis (Fig. 7) behoort tot de familie van de schollen (Pleuronectidae) (Ravon, z.d.-a). Hun leefgebied bestrijkt de Europese kustwateren, brakwaterzones en verbonden zoete waterlichamen.

Migratiegedrag – De paaigebieden van de bot liggen in open zee, 50 tot 100 kilometer uit de kust en tussen de 20 en 40 meter diep (Morais, Dias, Babaluk, & Antunes, 2011; Ravon, z.d.-a). De volwassen dieren gebruiken de brakwaterzone als voedselgebied in de zomer. In de winter trekken zij naar het diepere water om te paaïen (Winter et al., 2014). Het paaïen gebeurt in de maanden februari tot mei (Tulp, De Boois, Van Willigen, & Westerink, 2011). In het voorjaar tot aan de late zomer migreren de jonge botlarven vanuit de diepere wateren door middel van de waterstromen richting de ondiepere wateren zoals de Waddenzee om hier te settelen (Van der Veer, 1985). De juveniele individuen settelen het liefst op een zachte bodem (M.J. Kroes, persoonlijke communicatie, 13 augustus 2019). Tijdens de migratie naar zoetwater maken ze handig gebruik van het getij (Bos, 1999). Tijdens laagwater blijven ze op de bodem gesetteld, waarna de jonge bot met vloed zich hoger in de waterkolom situeert. Hierdoor worden ze op een passieve manier getransporteerd naar het zoete water (Bos, 1999; Jager, 1999-a). Pas als de botten volwassen zijn kunnen zij op een actieve manier migreren (Winter et al., 2014). De meeste individuen migreren overdag (Trancart et al., 2012). Er kan op dit moment nog niet worden uitgesloten of de jonge bot zich oriënteert middels de zoete lokstroom vanuit de overgangsgebieden (Jager, 1998). Het zoutgehalte in het water is daarentegen bepalend voor de verspreiding van de jonge botlarven. In Bos & Thiel (2006) wordt aangetoond dat watertemperatuur ook bepalend is in de verspreiding van juveniele bot in een brakwaterzone. De jonge bot groeit op in het zoete water om daarna weer terug te keren naar het zoute water wanneer ze geslachtsrijp zijn. De periode totdat ze volwassen zijn duurt tussen de twee en vier jaar (Reeze et al., 2017). In de adulte fase trekt de bot verder het zoute water in om zich voort te planten. Dit maakt deze soort een katadroom (Tulp et al., 2011).

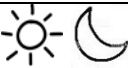
Sprintcapaciteit – Zoals eerder genoemd is jonge bot afhankelijk van selectief getijdetransport (Bos, 1999; Jager, 1999-a). De bot, tot 5 cm groot, hebben een sprintcapaciteit van 0.3 m/s. Over alle lengteklassen fluctueert de sprintcapaciteit tussen de 0.2 m/s en de 0.6 m/s, wat geclassificeerd wordt als zwakke zwemmers (Quak, Van Emmerik, & Verspui, 2012).

Acclimatisering aan zoet en zout – De bot is in vergelijking met andere diadrome vissoorten in staat om zijn hele levenscyclus te volbrengen met gebruik van estuaria, maar ook volledig in

het zoute water met gebruik van de ondiepe kustzones. In het larvale en grotendeels juveniele stadium heeft de bot een voorkeur voor zoetwater. In eerdere studies is aangetoond dat het veranderen van het saliniteitsgehalte een stress effect kan hebben op de botten (Vethaak, 2013). Dit is te zien aan de huidzweren op de vis (M.J. Kroes, persoonlijke communicatie, 13 augustus 2019). Op dit moment is de waterkwaliteit van de Waddenzee op een goed niveau, maar sterk fluctuerende saliniteit kan een stresseffect hebben op een subpopulatie van de bot (Winter et al., 2014).

Habitatseisen – De volwassen bot prefereert een vlakke bodem en vermijdt steen/kiezelachtige gebieden. Over het algemeen komt deze soort voor in ondiep water onder de kust en zandbanken in open zee. De volwassen bot heeft een voorkeur voor slik, klei en zandbodems. Jonge bot prefereert, net zoals volwassen bot, ondiep water tot minder dan 50 cm. Daarentegen settelt de jonge bot zich in getijdenpoeltjes met juist een hardere bodem, zoals mosselbedden en kokkelbedden (M.J. Kroes, persoonlijke communicatie, 13 augustus 2019; Kroon, 2009). Voor botten is vegetatie geen habitatseis (Kroon, 2009).

Driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*) – Linnaeus, 1758

Driedoornige stekelbaars (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)	Anadroom
Timing migratie	
Type migratie	Semi passief
J F M A M J J A S O N D	
	Min-Max Gem.
Sprintcapaciteit (m/s)	0.2-0.9 0.5
Watertemperatuur* (°C)	1.5-11.5 6.8
Lengte* (cm)	4-9 7



Figuur 8 – Driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*) (Reeze et al., 2017).

Een vissoort die deel uit maakt van de stekelbaars familie (Gasterosteidae). De driedoornige stekelbaars (Fig. 8) heeft drie verschillende vormen gebaseerd op de levenswijze (Ravon, z.d.-b). Er zijn zowel zoet- als zoutwatervormen (SoortenBank, z.d.-a). Zo heeft deze soort individuen die permanent in zoet water leven (Leiures-vorm) en die permanent in zout water leven (Trachurus-vorm). Echter voor deze studie zal de focus liggen op de Semiarmatus-vorm. Deze individuen groeien op in zout water en migreren naar zoet water om zich voort te planten (Ravon, z.d.-b).

Migratiegedrag – Aangezien de focus in dit onderzoek ligt op diadrome vissoorten zal er alleen gekeken worden naar de Semiarmatus-vorm van de driedoornige stekelbaars. Deze vorm migreert in het voorjaar landinwaarts, rond de maanden februari-mei, om zich hier voort te planten (Moorma, 2013). De driedoornige stekelbaars maakt overdag en 's nachts de overgang van zout naar zoet (J.IJ. Witte, persoonlijke communicatie, 6 augustus 2019). In het najaar, rond de maanden september-oktober, trekt de soort weer terug naar het zoute water waar ze volwassen worden. Deze levensstrategie maakt dat de soort anadroom. (Ravon, z.d.-b; Sportvisserij Nederland, 2006-a; Moorma, 2013)

Sprintcapaciteit – Om zich te kunnen verplaatsen zal de jonge driedoornige stekelbaars gebruik maken van selectief getijdetransport (Peake, 2008). De sprintcapaciteit zal variëren tussen de 0.2-0.9 m/s met een lengte van de vis tussen de 4-9 cm ligt. Het gemiddelde zal 0.5 m/s zijn met een lengte van 7 cm. Dit wordt geclassificeerd als een zwakke zwemmer (Winter et al., 2014).

Acclimatisering aan zoet en zout – Uit fysiologisch onderzoek naar de osmoseregulatie blijkt dat de driedoornige stekelbaars zich hormonaal voorbereid op de migratie. Na deze hormonale voorbereiding is de vis in staat om snel grote saliniteitsverschillen te doorstaan (Wootton, 1978; Kitano et al., 2012).

Habitatiseisen – De anadrome driedoornige stekelbaars prefereert stilstaand tot zwakstromend water zoals sloten, kanalen, vaarten, meren en vijvers. De voorkeur ligt bij kleiner water dat helder, ondiep en relatief dichtbegroeid is (Sportvisserij Nederland, 2006-a; Vlierhuis, 2013). Aangezien deze watertypes overal in het land aanwezig zijn trekt deze soort niet ver het achterland in (M.J. Kroes, persoonlijke communicatie, 13 augustus 2019). De driedoornige stekelbaars gebruikt de begroeiing als nestmateriaal en schuilplaats. In de paaiperiode wordt er een nestje gecreëerd in een kuiltje op zachte substraat. Naast deze eisen heeft de driedoornige stekelbaars weinig andere eisen als het gaat om leefmilieu. (Sportvisserij Nederland, 2006-a)

Europese aal (*Anguilla anguilla*) – Schrank, 1798

Europese aal (<i>Anguilla anguilla</i>)							Katadroom				
Timing migratie											
Type migratie							Passief (juveniel)				
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
							Min-Max			Gem.	
Sprintcapaciteit (m/s)							0.2-0.8			0.4	
Watertemperatuur* (°C)							1.5-20.0			8.8	
Lengte* (cm)							7-8			8	



Figuur 9 – Europese aal (*Anguilla anguilla*) (Reeze et al., 2017).

De Europese aal (Fig. 9) wordt ook wel Paling genoemd. Het maakt deel uit van de Familie van Alen (Anguillidae). De soort is voornamelijk in de zomermaanden 's nachts actief (Klein Breteler, 2005).

In het najaar neemt de activiteit en voedselopname af en in de maanden oktober en november eet de aal nauwelijks. De aal graaft zich in de modder in of verschuilt zich in holtes of tussen waterplanten (SoortenBank, z.d.-b). In het voorjaar rond maart worden ze actiever en trekken ze, afhankelijk van de hoeveelheid voedsel dat aanwezig is, steeds verder landinwaarts. De Europese aal komt voor in het kustgebied en in zoetwater dat verbonden is aan zee (SoortenBank, z.d.-b). Deze soort leeft in de wateren van Europa en Afrika. (Blijje Vis, z.d.; Ravon, z.d.-c)

Migratiegedrag – De Europese aal groeit op als glassaal in zoet water, waarna het paaïen gebeurt in zout water op grootte diepte. Dit maakt het een katadrome soort (SoortenBank, z.d.-b). Aan het einde van de zomer beginnen de volwassen Europese Aalen de migratie van 6.000 km naar de Sargassozee, wat functioneert als paaigebied. Dit duurt tot en met de winter. De migratiepiek van de volwassen aal is in oktober. De jonge glassaal verspreidt zich vanuit de paaiplaats door middel van de waterstromingen richting Europa, Afrika en IJsland. (Winter et al., 2014)

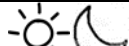
De jonge aal maakt net zoals andere soorten gebruik van geurstoffen om zich te oriënteren naar het zoete water, waar slim gebruik wordt gemaakt van het getijcyclus om de overgang te maken (Winter et al., 2014; Dekker & Van Willigen, 1997, 2000). Glasalen verspreiden zich afhankelijk van de dichtheid. Als de dichtheid hoog is trekt de glassaal verder het zoete water op (M.J. Kroes, persoonlijke communicatie, 13 augustus, 2019). De jonge aal maakt vooral 's nachts, tijdens een hogere afvoer, de overgang naar het zoete water (Ravon, z.d.-c). Volgens Deelder (1952) trekt de glassaal meer via de bodem het zoete water in en minder via het oppervlaktewater. Het sluisbeheer heeft geen groot effect op intrek van glassaal aangezien zij zich overdag en tijdens spuien ingraven in de bodem (Ravon, z.d.-c).

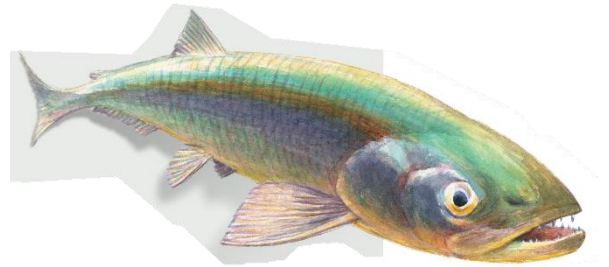
Sprintcapaciteit – De sprintcapaciteit zal variëren tussen de 0.2-0.8 m/s met een lengte van de vis tussen de 7-8 cm ligt. Het gemiddelde is 0.4 m/s met een lengte van 8 cm. Dit wordt geclassificeerd als een zwakke zwemmer (Winter et al., 2014). Bij een harde stroming kan de glassaal zich ingraven in de bodem (H.W. Van der Veer, persoonlijke communicatie, 6 augustus 2019).

Acclimatisering aan zoet en zout – De Europese aal kan goed omgaan met zoutfluctuatie. De acclimatisering aan het verschil in saliniteit is dan ook bij de Aal niet of nauwelijks nodig (Wilson, Antunes, Bouca, & Coimbra, 2004). Een plotselinge overplaatsing van glassaal vanuit water met een zoutgehalte van 24‰ naar zoet water zorgde voor een overlevingspercentage van 100% (Tangelder, Winter, & Ysebaert, 2017)

Habitatseisen – De Europese aal prefereert in het zoete water vooral de ondiepe oevers, maar kan leven tot dieptes van 700 meter in open zee (Klein Breteler, 2005). De aal is over het algemeen een schuwe soort. Dit betekent dat de aal veel schuilplaatsen nodig heeft in zijn leefgebied. Een zachte oeverbodem wordt door de aal geprefereerd zodat hij zich zelf gemakkelijk kan ingraven (Klein Breteler, 2005). In een overgangsgebied heeft jonge aal (glassaal) kleine substraatdeeltjes nodig. Substraatdeeltjes groter dan 2 mm zijn ongeschikt om in te graven (Klein Breteler, 2005). Zacht substraat zoals zand is hier geschikt voor. Als de oevers voor een groot gedeelte bestaan uit dit substraat is het geschikt voor de aal om in te schuilen. Substraat zoals kiezels/klei is vrij ongeschikt om in te schuilen. Daarnaast is vegetatie belangrijk als schuilplek voor volwassen en jonge aal. Een bodembedekking van 20-80 % procent vegetatie wordt gezien als optimaal. Een nog dichtere begroeiing bemoeilijkt het foerageren. Vooral voor volwassen aalen zijn stronken, stenen en andere grootte obstakels ook geschikt als schuilplaats. (Klein Breteler, 2005)

Spiering (*Osmerus eperlanus*) – Linnaeus, 1758

Spiering (<i>Osmerus eperlanus</i>)	Anadroom										
Timing migratie											
Type migratie	Semi passief (juveniel)										
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
							Min-Max		Gem.		
Sprintcapaciteit (m/s)							0.7-2.2		1.3		
Watertemperatuur* (°C)							1.5-11.5		6.8		
Lengte* (cm)							15-25		20		



Figuur 10 – Spiering (*Osmerus eperlanus*) (Reeze et al., 2017).

De spiering (Fig. 10), ook wel het komkommervisje genoemd, behoort tot de spieringen familie (Osmeridae). In Nederland zijn er twee soorten spiering. De trekkende zeespiering en de niet-trekkende binnenspiering. De zeespiering komt voornamelijk voor in de Waddenzee en kustgebieden. De binnenspiering daarentegen meer in het IJsselmeer en provincies gelegen aan de kust. In deze studie ligt de focus voornamelijk op de zeespiering aangezien dit de trekkende subsoort is. (SoortenBank, z.d.-c; Sportvisserij Nederland, 2006-b)

Migratiegedrag – Aangezien de focus ligt op de diadrome spiering, die opgroeit in zout water en landinwaarts trekt om te paaien, wordt deze soort gezien als een anadrome soort (SoortenBank, z.d.-c). Tijdens het vroege voorjaar, rond maart-april, begint de paaitijd van deze soort. Dit gebeurt in zoetwater, dichtbij de monding en het liefst op stevige ondergrond (De Groot, 1991; Tulp, De Boois, Van Willigen, & Van Westerink, 2009).

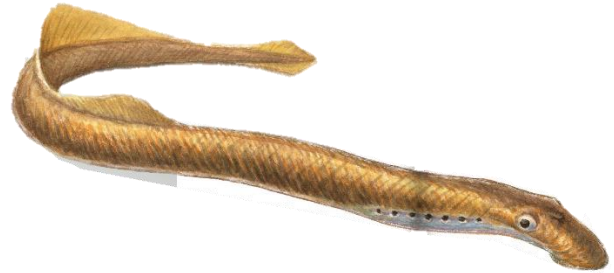
Sprintcapaciteit – De zeespiering maakt gebruik van een selectief getijdetransport om door de overgang te migreren (Tulp et al., 2009). De sprintcapaciteit zal variëren tussen de 0.7-2.2 m/s met een lengte van de vis tussen de 15-25 cm ligt. Het gemiddelde zal 1.3 m/s zijn met een lengte van 20 cm. Dit wordt geclassificeerd als een matige zwemmer (Winter et al., 2014.).

Acclimatisering aan zoet en zout – Het is op het moment dat dit rapport geschreven is onbekend of de zeespiering een bepaald habitat nodig heeft om zich te acclimatiseren aan de zoet-zout overgang en in welke mate de zeespiering met de saliniteitsfluctuaties om kan gaan (De Groot, 1991; Tulp et al., 2009). Het is mogelijk van belang dat de spiering een geleidelijke acclimatisering nodig heeft (Witteveen+Bos, 2009).

Habitat-eisen – Om zich voort te planten heeft de spiering bepaald substraat nodig. Dit is bij voorkeur zand, steen, grind of waterplanten. Slib en modder doet de eieren verstikken, dit substraat is dus ongeschikt (Sportvisserij, 2006-b). Spiering heeft in vergelijking met andere soorten een hoog zuurstofgehalte nodig, minimaal 8,5 mg/L (Van Keeken, Vriese, & De Leeuw, 2007). Buiten deze eisen is er nog veel onbekend over de habitat-eisen van de anadrome spiering.

Rivierprik (*Lampetra fluviatilis*) – Linnaeus, 1758

Rivierprik (<i>Lampetra fluviatilis</i>)	Anadroom											
Timing migratie												
Type migratie	Actief											
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
							Min-Max		Gem.			
Sprintcapaciteit (m/s)							0.7-1.0		0.8			
Watertemperatuur* (°C)							1.6-6.0		3.8			
Lengte* (cm)							33-42		38			



Figuur 11 – Rivierprik (*Lampetra fluviatilis*) (Reeze et al., 2017).

De rivierprik (Fig. 11) is een vissoort die behoort tot de rondbekken (*Agnatha*) (Winter et al., 2014; Patberg, De Leeuw, & Winter, 2005). Deze soort komt in heel Nederland voor, maar heeft op dit moment een tekort aan paaigebieden (Claassen & Veeningen, 2011). Over de levenscyclus op zee is weinig bekend (Winter et al., 2014).

Migratiegedrag – Nadat de rivierprik is opgegroeid in het zoute water migreren de volwassen prikken naar de zoete beken en rivieren om te paaieren. Deze levenswijze maakt de rivierprik een anadrome vissoort. De migratie vindt in het najaar tot vroege voorjaar (oktober-maart) plaats (Claassen & Veeningen, 2011; Patberg et al., 2005). De migratiepiek ligt tijdens de maanden december en januari. Het is moeilijk om een exacte indruk te krijgen van de trekkende prikken gedurende deze periode aangezien de wintermaanden ongeschikt zijn voor fuikenvisserij. De rivierprikken migreren voornamelijk in de nacht (Kemp, Russon, Vowles, & Lucas, 2011; Keefer, Caudill, Peery, & Moser, 2013).

In de maanden maart tot en met mei vindt de voortplanting plaats. De volwassen rivierprikken sterven na de paai. De jonge larven verblijven meerdere jaren als filterfeeder op de bodem van de rivieren en beken (Winter et al., 2014). Hierna trekken de prikken naar zee, om als parasiet op grotere vissoorten te leven (Patberg et al., 2005). In deze periode zijn de prikken zo'n 12-14 cm (Winter et al., 2014).

Rivierprikken zijn vissoorten die tussen het Wad en (bovenlopen van) beken migreren (Schollema, 2018). Ze oriënteren zich door gebruik te maken van feromonen die larven afgezet hebben in een geschikt opgroeigebied (Gaudron & Lucas, 2006). Het is op dit moment nog onbekend in hoeverre deze geurstoffen detecteerbaar zijn voor de volwassen prikken. Bekend is dat de volwassen prikken naar de Drentsche Aa trekken om daar voort te planten (Winter, Griffioen, & Van Keeken, 2013). Daarnaast zijn het Keersop en de Roer ook bekend als paaiplaats voor rivierprikken (Jansen, Winter, & Bult, 2007). Experimenten suggereren dat de volwassen prikken gericht naar de geschikte paaigebieden toetrekken, waar larven aanwezig zijn. Er is ook aangetoond dat er veel individuele variatie is, individuen trekken terug naar zee voordat de paaigrond is bereikt. Dit is wellicht verklaarbaar door het niet goed kunnen waarnemen van de geurstoffen die de larven verspreiden. (Winter et al., 2013)

Sprintcapaciteit – Rivierprikken zijn over het algemeen vrij onstabiele zwemmers, omdat zij geen borstvinnen hebben. Prikken gebruiken hun bek om zich vast te houden aan de bodem tijdens hoge stroomsnelheden. Hierdoor kunnen de rivierprikken tijdelijk rusten tijdens de overgang tussen zoet en zout (Kemp et al., 2011). Deze soort heeft de neiging om vooral vlak langs de bodem of muren te passeren aangezien de stroomsnelheden hier over het algemeen lager zijn. Studies naar passages van rivierprikken met verschillende stroomsnelheden hebben meerdere conclusies. Zo concludeert (Kemp et al., 2011) dat de maximale stroomsnelheid tussen de 1.5 en 1.7 m/s ligt. Twee andere studies van Russon & Kemp (2011) & Laine, Kamula, & Hooli (1998) geven aan dat de snelheid tussen de 1.1 m/s en 2.12 m/s ligt.

Acclimatisering aan zoet en zout – Binnen de literatuur en bij experts is het onduidelijk in hoeverre acclimatisering van belang is voor de rivierprik. Volgens (Winter et al., 2013) wordt er beweerd dat het waarschijnlijk niet van groot belang is.

Habitatseisen – Voor de jonge rivierprik zijn stilstaande delen van beken en rivieren geschikt als habitat. Zij prefereren een bodem van modder en organisch materiaal zoals planten. De volwassen prikken paaien juist in ondiep, snelstromend water met grindbodem, kiezels en grotere stenen (Ravon, z.d.-d). Verder is het vrij onbekend wat de rivierprik heeft als habitateisen.

Samenvattend overzicht

In tabel 3 is een overzicht te zien van alle relevante factoren van de vijf doelsoorten voor een geschikt overgangsgebied. Aangezien de bot per levensstadium een andere tolerantie heeft ten aanzien van de saliniteit wordt het adulte stadium naast juveniel ook meegenomen in het overzicht.

Tabel 3 – Voorwaarden van de vijf doelsoorten voor een geschikt overgangsgebied (*tijdens de intrekperiode). Sprintcapaciteit bepaald aan de hand van de lengte en watertemperatuur tijdens de intrekperiode.

Soort	Type Migratie		Timing Migratie					Acclimatisering										
			Seizoen				Dagdeel	Traag	Gemiddeld	Snel								
Bot (<i>Platichthys flesus</i>)	Katadroom	Passief (Juveniel)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Dag	Volwassen	Juveniel	
Driedoornige stekelbaars (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)	Anadroom	Semi Passief	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Dag+Nacht			
Europese Aal (<i>Anguilla anguilla</i>)	Katadroom	Passief (Juveniel)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Nacht			
Spiering (<i>Osmerus eperlanus</i>)	Anadroom	Semi Passief (Juveniel)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Dag+Nacht	Mogelijk van belang		
Rivierprik (<i>Lampetra fluviatilis</i>)	Anadroom	Actief	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Nacht	Onbekend		

Soort	Sprintcapaciteit (m/s)*		Lengte (cm)*		Watertemperatuur (°C)*	
	Min-Max	Gemiddeld	Min-Max	Gemiddeld	Min-Max	Gemiddeld
Bot (<i>Platichthys flesus</i>)	0.2-0.6	0.3	3-4	3.5	6-21	12.7
Driedoornige stekelbaars (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)	0.2-0.9	0.5	4-9	7	1.5-11.5	6.8
Europese Aal (<i>Anguilla anguilla</i>)	0.2-0.8	0.4	7-8	8	1.5-20	8.8
Spiering (<i>Osmerus eperlanus</i>)	0.7-2.2	1.3	15-25	20	1.5-11.5	6.8
Rivierprik (<i>Lampetra fluviatilis</i>)	0.7-1.0	0.8	33-42	38	1.6-6	3.8

Tabel 4– Habitatieisen per doelsoort, “-” = onbekend, ¹=Juveniel & ²=Volwassen.

Soort	Type water	Vegetatie
Bot (<i>Platichthys flesus</i>)	Ondiep ¹ , Diep ²	Onbelangrijk
Driedoornige stekelbaars (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)	Ondiep, stilstaand tot zwakstromend	Relatief dichtbegroeid
Europese Aal (<i>Anguilla anguilla</i>)	Ondiep tot diep	Relatief dichtbegroeid, 20-80 % vegetatie op de bodem
Spiering (<i>Osmerus eperlanus</i>)	Ondiep tot diep	Evt. waterplanten aanwezig
Rivierprik (<i>Lampetra fluviatilis</i>)	Ondiep tot diep, zwakstromend ¹ , snelstromend ²	-
Soort	Substraat	Overige schuilplaatstypes
Bot (<i>Platichthys flesus</i>)	Zand ¹ - Slik ² , Klei ² , Zand ²	-
Driedoornige stekelbaars (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)	Zachte bodem	-
Europese Aal (<i>Anguilla anguilla</i>)	Zachte bodem, substraatdeeltjes (<2mm) ¹	Stronken ² , Stenen ² & Holen ²
Spiering (<i>Osmerus eperlanus</i>)	Zand, Steen, Grind	-
Rivierprik (<i>Lampetra fluviatilis</i>)	Modder ¹ , Detritus ¹ , Grind ² , Kiezels ² & Keien ²	-

Tabel 4 geeft een overzicht van de habitatieisen omtrent een overgangsgebied. Deze habitatieisen worden meegenomen in deelvraag 2 om een geschikt habitat te creëren in het overgangsgebied van Holwerd aan Zee.

3.3 Vormgevingskenmerken overgangsgebied

Het overgangsgebied bestaat uit het samenkomen van een zoutwaterlichaam met een zoetwaterlichaam, die beide invloed hebben op het gebied. Het zoutwaterlichaam, de zee, zorgt voor de getijden in het gebied. Dit creëert stroming en verschil in waterpeil. Daarbij zorgt het zoetwaterlichaam, de Holwerter Feart, voor de zoetwater input. Dit is onder andere bepalend voor de hoeveelheid fluctuatie in zoutgehalte. Deze factoren hebben invloed op welke organismen in het gebied kunnen overleven. (Dankers & Steenbergen, z.d.; Paalvast, 2000) De eigenschappen van de doelsoorten, die zijn opgesteld in het vorige hoofdstuk, bepalen hoe deze factoren invloed hebben op het Holwerd aan Zee overgangsgebied. Om het gebied geschikt te maken voor de doelsoorten zijn de eigenschappen vertaald naar voorwaarden waar het gebied aan moet voldoen.

Zo bepaald migratiegedrag, met het feit dat de doelvissoorten gebruik maken van getijdentransport, dat er getijstrooming aanwezig is in het gebied en met de timing van migratie dat het gebied zowel dag als nacht het gehele jaar passeerbaar moet zijn. De sprintcapaciteit is gebruikt om de stroomsnelheid te bepalen. Het acclimatiseren aan zoet en zout bepaald de snelheid van de zoet-zout overgang. De habitatieisen zijn opgesteld om een leefgebied en schuil- en rustplekken te creëren geschikt voor de doelsoorten. Daarnaast is de gebiedsvoorwaarde “oriëntatie element” toegevoegd, die aanwezig is om de kwaliteit van het overgangsgebied als migratie route te verhogen (Dankers & Steenbergen, z.d.; Paalvast, 2000).

Om deze gebiedsvoorwaarden te realiseren zijn er vormgevingskenmerken opgesteld. Het toepassen van deze vormgevingskenmerken maken het gebied een geschikt overgangsgebied voor de doelsoorten.

3.3.1 Gebiedsvoorwaarden

Constante Passeerbaarheid

De doelsoorten maken zowel 's nachts als overdag de overgang. De meeste doelsoorten migreren tijdens het voorjaar en de vroege zomer, met uitzondering van de rivierprik die tijdens de winter migreert (zie tabel 3). Een constante passeerbaarheid naar het achterland wordt daarom aangeraden.

Oriëntatie Element

Dit element wordt gebruikt om de vissen naar het overgangsgebied te begeleiden. De diadrome vis kan dan het overgangsgebied detecteren en zal zich richting de vispassage oriënteren. Voor de doelsoorten zal het niet heel sterk aanwezig hoeven zijn, maar uit studies blijkt dat het genoodzaakt is dat er één aanwezig is (Griffioen & Winter, 2014). Bij de afwezigheid van een oriëntatie element ontstaat één van de volgende vier scenario's.

- Nauwelijks nieuwe aanwas van diadrome vissen in het Beleefmeer, vanwege gebrek aan begeleiding door het overgangsgebied. Hierdoor zwemmen de nieuwkomers na enige tijd weer richting de Waddenzee (Griffioen & Winter, 2014).
- Nauwelijks nieuwe aanwas van diadrome vissen in het Beleefmeer, vanwege gebrek aan begeleiding door het overgangsgebied, de vis stagneert en wordt door predatoren of visserij gevangen (Griffioen & Winter, 2014).
- Nauwelijks nieuwe aanwas van diadrome vissen in het Beleefmeer, maar na enige vertraging weten de nieuwkomers zich richting het achterland te begeven (Griffioen & Winter, 2014).
- De diadrome vis weet zonder al te veel moeite het achterland te vinden, maar de aantallen van nieuwe aanwas worden steeds kleiner (Griffioen & Winter, 2014).

Het Holwerd aan Zee overgangsgebied zal een oriëntatie element nodig moeten hebben om de zekerheid te verhogen dat de vissen makkelijk door het overgangsgebied migreren en de overgang maken naar het Friese achterland.

Getijdenwerking

Naast een oriëntatie element, zal getij een belangrijke rol moeten spelen in het overgangsgebied. Zwakke zwemmers maken over het algemeen gebruik van selectief getijdentransport. Dit bespaart energie die het individu, waar nodig, kan gebruiken om te sprinten. Aangezien de doelsoorten over het algemeen zwakke zwemmers zijn komt het, in tegenstelling tot sterke zwemmers, vaker voor dat het individu een stuk moeten sprinten om de stroming te trotseren (Huisman, 2017). Om het gebied toegankelijk te maken voor de doelsoorten zal het getij toegelaten moeten worden in het Beleefmeer. Dit maakt wel dat een scheiding tussen het Beleefmeer en de Holwerter Feart noodzakelijk is. Het getij zal anders invloed hebben tot ver in de Friese boezem (M.J. Kroes, persoonlijke communicatie, 13 augustus 2019). Daarbij zullen er ook maatregelen getroffen moeten worden die ervoor zorgen dat er permanent water in het Beleefmeer blijft staan. Dit moet voorkomen dat de vis door getijstroming weer terug in de Waddenzee terechtkomt (Van Oijen & Van der Heij, 2016).

Langzaam opbouwende saliniteitsgradiënt

Het zijn van een diadrome vissoort betekent dat de soort in staat is om zich zo aan te passen dat het zowel in zoet als in zout water kan overleven. De driedoornige stekelbaars en Europese aal zijn goed bestand tegen de zoet-zout overgang en hebben geen problemen met een steil saliniteitsgradiënt (Wilson et al., 2004; Wootton, 1978; Kitano et al., 2012). Voor de rivierprik is dit nog onbekend. Er zijn daarnaast een aantal doelsoorten waarbij een acclimatiseringsperiode van belang is (Van Banning et al., 2018). Uit de informatie van het vorige hoofdstuk blijkt dat acclimatisering noodzakelijk is voor de bot en mogelijk van belang is voor de spiering (Witteveen+Bos, 2009; Vethaak, 2013). Dit kan gerealiseerd worden door het saliniteitsverschil zo geleidelijk mogelijk te verdelen over de lengte van het overgangsgebied (Van Banning et al., 2018). Het is van belang dat het overgangsgebied zo ruim mogelijk wordt opgezet, zodat de saliniteitsovergang zo geleidelijk mogelijk zal zijn (M.J. Kroes, persoonlijke communicatie, 13 augustus 2019; J.IJ. Witte, persoonlijke communicatie, 6 augustus 2019).

Stroomsnelheid

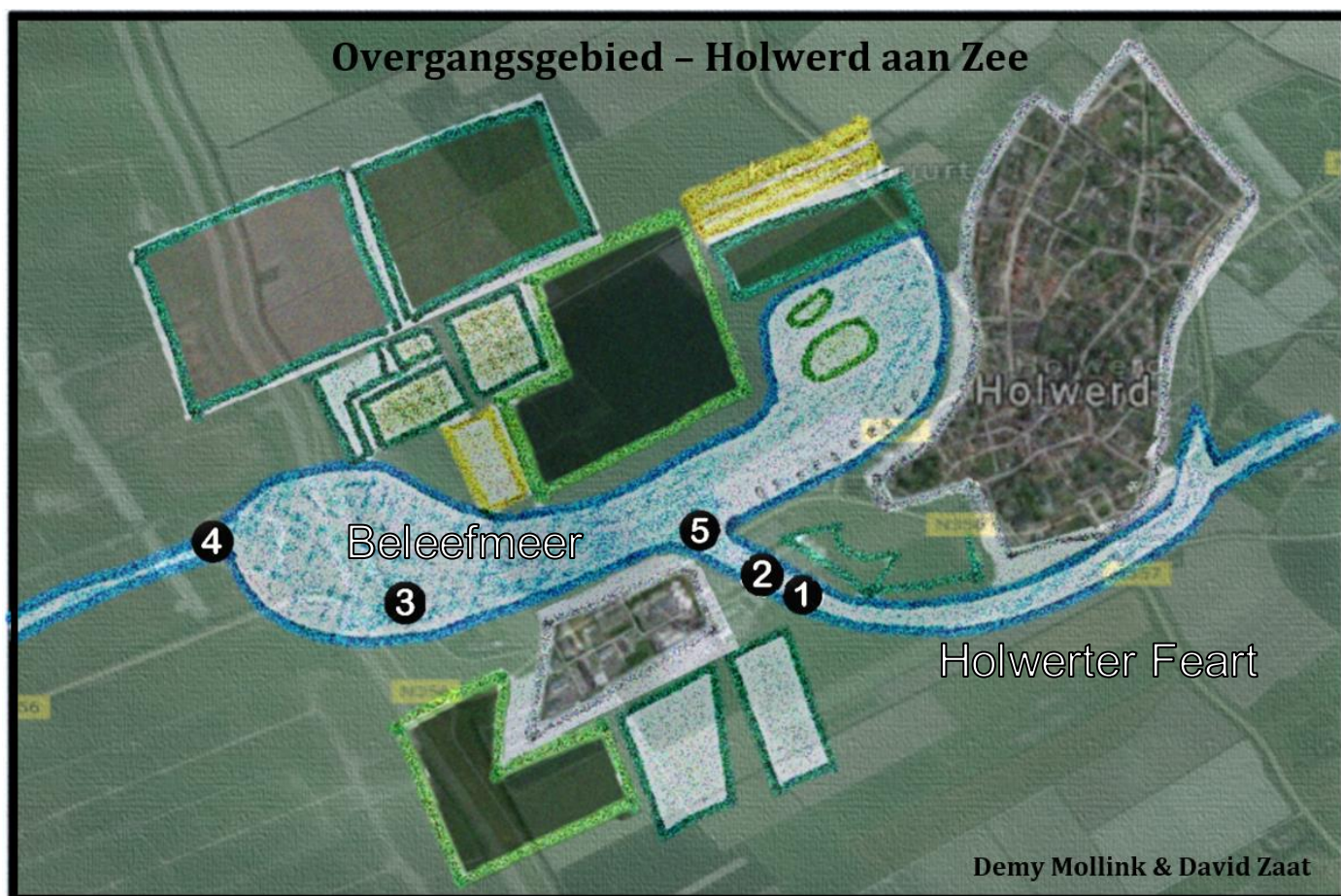
Naast het feit dat de diadrome vissen het overgangsgebied moeten kunnen vinden, inkomen en kunnen overleven op basis van de saliniteit, zal de vis in staat moeten zijn om het gebied te kunnen doorkruisen. De stroomsnelheid die aanwezig is in het gebied heeft hier invloed op (Van Banning et al., 2018). De informatie uit paragraaf 3.2 laat zien dat, naast de spiering, die onder matige zwemmer valt, alle doelsoorten zwakke zwemmers zijn. Met de bot als zwakste zwemmer, met een gemiddelde sprintsnelheid van 0,3 m/s (Quak et al., 2012). Dit houdt in dat de stroomsnelheid zo gecontroleerd moet worden dat het lager is dan de sprintsnelheid van de zwakste zwemmer.

Schuil-, paai- en rustplaatsen

Elke doelsoort heeft bepaalde eisen voor zijn leefomgeving. Binnen de soort is dat vaak nog afhankelijk van het levensstadium. De meeste doelsoorten hebben binnen een overgangsgebied schuilplaatsen nodig, zoals ingraafmogelijkheden, begroeiing en grotere obstakels (stenen en stronken) (Klein Breteler, 2005; Sportvisserij Nederland, 2006-a). Daarnaast kunnen deze schuilplaatsen ook dienen als obstakels om stroming te verminderen. Bij stroomsnelheid werd er gesproken over de sprintcapaciteit van de doelsoorten. Dit is de afstand die de soort in staat is om te sprinten (Winter, 2009). Deze korte “bursts” vergen veel energie. Een habitat die obstakels biedt om achter te rusten zal ten goede komen voor een succesvolle oversteek van vele zwakke zwemmers. Daarnaast is begroeiing geschikt als paaiplek voor soorten zoals de driedoornige stekelbaars en spiering (Van Banning et al., 2018).

3.3.2 Conceptontwerp vormgevingskenmerken

Onderstaand zijn de gebiedsvoorwaarden vertaald naar vormgevingskenmerken toepasbaar op het overgangsgebied van het Holwerd aan Zee project (fig. 12). De cijfers geven de locatie aan waar de vormgevingskenmerken gevonden kunnen worden. Bijgaand is beschreven op welke manier de vormgevingskenmerken in het gebied kunnen worden ingevoerd. Deze versie van het overgangsgebied is ook gebruikt tijdens de interviews met de betrokken partijen. Het aangeven van locaties van de vormgevingskenmerken worden gebruikt ter verduidelijking. De uiteindelijke bepaling van de locaties is aan de probleemhouder.



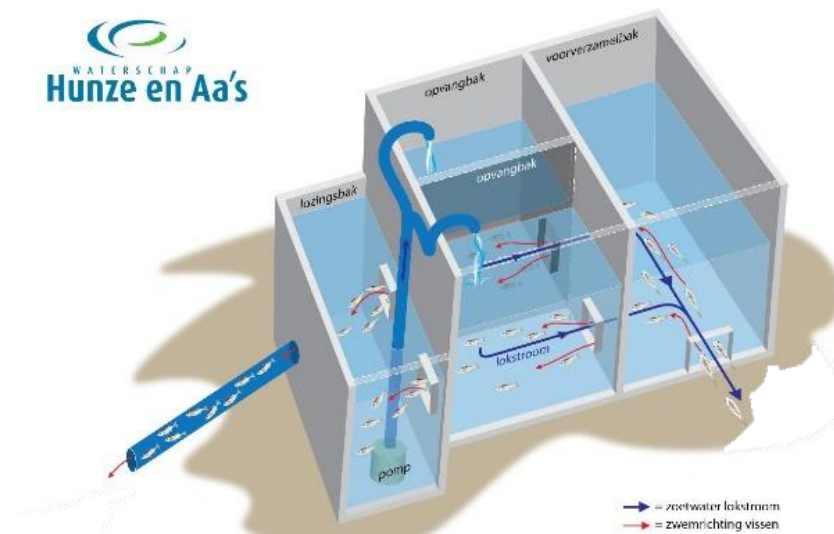
Figuur 12 – Het overgangsgebied van Holwerd aan Zee Project. De cijfers geven de locaties aan van de vormgevingskenmerken. 1: Barrière, 2: Lokstroom, 3: Meanderende Nevengeul, 4: Open Doorgang, 5: Brakwaterhabitat. Dit figuur is ook gebruik tijdens de interviews met de betrokken partijen.

1. Barrière

Om te voorkomen dat het getij, tijdens eb, water uit het Friese achterland mee de Waddenzee intrekt, zal er een barrière geplaatst moeten worden. Aangezien het voor de doelsoorten van belang is dat het getij een rol speelt in het overgangsgebied moet deze op de scheiding van het overgangsgebied en de Holwerter Feart geplaatst worden. Het willen realiseren van een constante passeerbaarheid, zoete lokstroom, een langzaam opbouwende saliniteit gradiënt en een lage stroomsnelheid heeft er tot geleid dat de barrière bestaat uit een sluis met daarnaast een vispassage.

Er is gekozen voor een sluis, omdat het een goedkopere optie is vergelijking met een gemaal. Een gemaal of stuw biedt daarnaast geen doorgang voor eventuele scheepvaart (M. Koopmans, persoonlijke communicatie, 26 augustus 2019). Wetende dat vanuit het standpunt van de doelsoorten de scheepvaart niet van belang is, is dit aspect meegenomen om een zo realistische mogelijke optie aan te bieden. Voor de sluis zal een kierbesluit moeten worden opgesteld om een constante toevoer van zoetwater te creëren (Rijkswaterstaat, 2011). Dit houdt in dat de sluisdeuren regelmatig, tijdens laagwater, op een kier worden gezet zodat er een opening voor de doorstroming van zoetwater en een doorgang voor diadrome vissoorten is. Dit is noodzakelijk voor het creëren van een langzaam opbouwende saliniteitsgradiënt. Dit is niet alleen van belang vanwege het feit dat een aantal van de doelsoorten tijd nodig heeft om te acclimatiseren aan het saliniteitsverschil, maar ook om brakwaterhabitat te laten ontstaan.

De vispassage is gebaseerd op het ontwerp van Hunze en Aa's (zie fig. 13).



Figuur 13 - Hunze en Aa's vispassage ontwerp. (Hunze en Aa's, z.d.)

In tegenstelling tot het ontwerp in de afbeelding, waar de vis maar in één richting kan migreren, zal het ontwerp voor Holwerd aan Zee echter toegang bieden van en naar de Holwerter Feart. Het plaatsen van een vispassage wordt geadviseerd omdat de doelsoorten op verschillende momenten van de dag en het jaar migreren. Met de aanwezigheid van deze vispassage is de vis altijd in staat om de barrière te passeren, zonder afhankelijk te zijn van het kierbesluit van de sluis. De stroomsnelheid in de passage zal lager moeten zijn dan 0,3 m/s (Quack et al., 2012), zodat de zwakste zwemmers ook succesvol kunnen passeren. Het ontwerp is een afgesloten bassin dat door middel van een lokstroom de diadrome soorten in de opvangbakken lokt. Na een bepaalde tijdsperiode zal er een luik opengaan en zullen de vissen door de buis richting de Holwerter Feart gepompt worden. Dit werkt ook andersom richting het Beleefmeer. Zoetwatervis en zoutwatersoorten die per ongeluk meegaan kunnen snel weer terug naar het zoete of zoute water. Meerdere experts hebben deze overgangsvorm geadviseerd (S.S.H. Poiesz, persoonlijke communicatie, 6 augustus 2019; M.J. Kroes, persoonlijke communicatie, 13 augustus 2019).

Gebiedsvoorwaarde: constante passeerbaarheid, oriëntatie element, getijdenwerking, langzaam opbouwende saliniteitsgradiënt en stroomsnelheid.

2. Lokstroom

Als oriëntatie element wordt een lokstroom geadviseerd die door het hele gebied aanwezig is. Een zoete lokstroom vanaf de ingang bij de Waddenzee tot aan de barrière, op de grens van het Beleefmeer en de Holwerter Feart. Aan de andere zijde van de barrière, een zoute lokstroom die tot op zekere hoogte doorstroomt in de Holwerter Feart. Beide type lokstromen zullen via de vispassage samenkomen.

Gebiedsvoorwaarde: oriëntatie element.

3. Meanderende nevengeul

Een dieper gelegen geul naast de vaargeul, de zo genoemde nevengeul, zal beginnen aan de kant van de Waddenzee en zal doorlopen tot aan de barrière. Deze nevengeul heeft als doel om de zoete lokstroom door het gebied te begeleiden, van de Waddenzee tot aan de sluis en de vispassage, om te voorkomen dat tijdens eb het gebied droog komt te staan.

Daarbij zal de nevengeul meanderen om de stroomsnelheid onder de 0,3 m/s (Quack et al., 2012) te krijgen. Dit zal ervoor zorgen dat de zwak zwemmende doelsoorten het gebied kunnen doorkruisen.

Gebiedsvoorwaarde: oriëntatie element, stroomsnelheid, schuil- en rustplaats.

4. Open doorgang

Aangezien de doelsoorten gebruikmaken van getidentransport om het gebied te kunnen doorkruisen zal de ingang tot het Beleefmeer vanaf de Waddenzee zal open moeten zijn om het effect van het getij toe te laten in het Beleefmeer.

Gebiedsvoorwaarde: constante passeerbaarheid, getijdenwerking.

5. Brakwaterhabitat

Naast dat het Beleefmeer gezien wordt als migratieroute, krijgt het ook een functie als leefgebied voor vele vissoorten. Deze vissen hebben verschillende habitateisen die in paragraaf 3.2 uitgelicht zijn. Hierin komt naar voren dat de meeste doelsoorten schuilplaatsen nodig hebben in het overgangsgebied voor predatie en eventuele hoge stroomsnelheden. Het gaat dan voornamelijk om vegetatie en geschikt substraat in het overgangsgebied. Daarnaast zijn obstakels die de stroming eruit halen vereist. Hierdoor kunnen de doelsoorten succesvoller de overgang maken.

Substraat – In het overgangsgebied rond de passage zal voornamelijk zacht substraat aanwezig moeten zijn. Hierbij moet gedacht worden aan substraatdeeltje die kleiner zijn dan 2 millimeter, zoals zand bijvoorbeeld. Hierin kan glasaal schuilen voor eventuele predatoren en hogere stroomsnelheden. Andere doelsoorten zoals de driedoornige stekelbaars, spiering en volwassen bot prefereren ook zacht substraat. De rivierprik als het gaat om substraat, prikken prefereren een hardere bodem. In het overgangsgebied zal dit vorm kunnen krijgen door middel van steenachtige obstakels voor rivierprikken en ondiepe platen met mossel- of kokkelbedden voor jonge bot.

Vegetatie – In het overgangsgebied zal een vorm van vegetatie belangrijk zijn als schuilplek en eventuele paaipplaats voor soorten zoals de driedoornige stekelbaars, Europese aal en spiering. Riet- en leliezones zullen geschikt zijn als schuil- en paaipplaats. De Europese aal is hierin de bepalende soort. Een relatief dichtbegroeide bodem, tussen de 20 en 80 procent is geschikt voor het overgangsgebied. Dit zal vooral gaan om het gebied net rond de vispassage.

Overige obstakels – Alle doelsoorten zijn zwakke of matige zwemmers. Tijdens het maken van de overgang of op andere momenten hebben deze doelsoorten rustplaatsen nodig voor de stromingen binnen het overgangsgebied. Obstakels zoals stronken van bomen langs de oevers of stenen kunnen hier een goede uitkomst in bieden. De creatie van een meanderende

nevengeul met daarin eerder genoemde obstakels en vegetatie zou een ideale en relatief natuurlijke oplossing bieden.

Gebiedsvoorwaarde: stroomsnelheid, schuil-, rust- en paaiplaats.

3.4 Knel- en aandachtspunten betrokken partijen

In dit hoofdstuk komen de belangrijkste besproken punten van de interviews met de betrokken partijen aanbod. De betrokken partijen waren over het algemeen tevreden over het bovenstaande opgestelde conceptontwerp van de vormgevingskenmerken (fig. 12). Er waren wel een aantal toevoegingen aan de vormgevingskenmerken.

It Fryske Gea - Sytske Rintjema (29 augustus 2019)

Sytske Rintjema is de contactpersoon voor Fryske Gea. Over het algemeen was Rintjema erg tevreden over het overgangsgebiedsconcept. Als aandachtspunt voor het habitat van het overgangsgebied heeft Rintjema aanbevolen dat een flauw talud bij de oevers van de migratieroute gecreëerd kan worden. Hierdoor is er een grotere kans op geschikte oeverbegroeiing, soorten zoals de driedoornige stekelbaars gebruiken deze begroeiing als leefgebied.

Daarnaast benadrukte Rintjema hoe belangrijk het is om monitoringsprogramma's op te stellen om onder andere de kwaliteit van het leefgebied in de gaten te houden. Om zo te verifiëren of de vormgevingskenmerken werken en of het leefgebied in werkelijkheid ook geschikt is.

Sportvisserij Nederland - Jan Kamman (30 augustus 2019)

Het eerste aandachtspunt van Kamman op de aanwezige doelvissoorten was dat de rivierprik beter buiten beschouwing gelaten kon worden. Volgens Kamman roept de rivierprik vragen op die afwijken van het hoofddoel. Dit komt met name vanuit het feit dat de geschiktheid van het achterland twijfelachtig is voor deze soort. De rivierprik doelt op een bodem bestaande uit grof materiaal zoals een grindbodem, deze is echter niet aanwezig in de Friese boezem. Kamman is van mening dat dit een dusdanige rol speelt dat de rivierprik geen gebruik zal maken van het Holwerd aan Zee overgangsgebied, maar de voorkeur geeft aan naastgelegen overgangsgebieden aangesloten aan een ander stroomgebied.

Vervolgens had Kamman nog een aantal toevoegingen aan de vormgevingskenmerken. Allereerst de zoete lokstroom. Het idee om deze door het gehele gebied te laten lopen via de nevengeul was goed. Alleen is het wel belangrijk om in de gaten te houden dat zoutwater zwaarder is dan zoetwater. Het is daarom van belang dat het zoete water vast wordt gehouden in het overgangsgebied. Dit zou je kunnen realiseren door middel van een constructie waarbij een aantal komvormingen in een rij achter elkaar worden gemaakt waarbij op de bodem drempels geplaatst worden. Dit is echter allemaal theoretisch, vertelde Kamman. Aangezien nergens anders vergelijkbare constructies gebruikt zijn, zullen er dus nog verscheidene berekeningen gedaan moeten worden voordat het ook daadwerkelijk ingezet zou kunnen worden. In figuur 14 wordt gevisualiseerd waar de constructie eventueel geplaatst zou kunnen worden.

Met de keuze voor het gebruiken van een sluis als barrière, tussen het Beleefmeer en de Holwerter Feart, met daarnaast een vispassage was Kamman het eens. Over het algemeen vindt Kamman dat er niet te veel technische oplossingen gebruikt moeten worden in een overgangsgebied. Kamman: “Het beste is om mee te bewegen met wat de natuur van de vis is en daar moet je je gebied op ontwikkelen. Helaas is het soms niet op een geheel natuurlijke manier te realiseren.”

Het gebied is relatief klein en er is een lage hoeveelheid zoetwateraanvoer, dus zal je het hier met een technische oplossing moeten doen. Het belangrijkste hier is dat er een open verbinding blijft met de Waddenzee, benadrukt Kamman. Dit is met name relevant voor de onderstaande twee vormgevingskenmerken:

Zorg ervoor dat het gehele gebied brak is, dan creëer je iets wat uniek is. De zoetwateraanvoer van de Holwerter Feart in vrij laag aangezien het een significant kleiner waterlichaam is in vergelijking met de Waddenzee. Om een goede balans te creëren tussen de zoet- en zoutwateraanvoer, zal de zoutwateraanvoer getemperd moeten worden. Dit betekent dat er een constructie moet in de zeedijk bij de ingang van het Beleefmeer, zodat de getijwerking op een getemperde manier aanwezig is.

Wetterskip Fryslân – Jan Roelsma (27 september 2019)

De contactpersoon voor Wetterskip, Roelsma, was enthousiast over het onderzoek en de opgestelde vormgevingskenmerken. Het idee om het gebied ook als leefgebied te zien werd vanuit Roelsma gezien als een mooie toevoeging die het project unieker maakt.

Ook Roelsma was van mening dat een technische oplossing pas noodzakelijk is als een natuurlijke oplossing niet mogelijk is.

Roelsma zag ook het belang van de aanwezigheid van een sluis met vispassage, om zo het achterland te beschermen tegen de getijden. Ook vond hij het een mooi idee vond om een natuurlijke dynamiek te realiseren in het gebied.

Volgens Roelsma is het geen probleem om de rivierprik in het onderzoek mee te nemen. De rivierprik is recent nog gespot in de Friese Boezem in een onderzoek van Hunze en Aa's, vertelde Roelsma. De rivierprik gaat in principe naar gebieden met matig tot hard stromend water, zoals de Drentse Beken. Het Lauwersmeer geeft hier toegang tot. Het Lauwersmeer is te bereiken via de Holwerter Feart. Het is dus geen verkeerd idee om deze soort mee te nemen in het onderzoek.

Overgangsgebied

De overkoepelende boodschap van de betrokken partijen is dat het overgangsgebied zo natuurlijk mogelijk opgezet moet worden. Aangezien het Beleefmeer een relatief klein gebied is, is het niet mogelijk om een geschikt overgangsgebied zonder techniek te kunnen realiseren. De partijen zijn daarom tevreden met de opgezette vormgevingskenmerken. Er zijn een aantal aandachtspunten gegeven om de vormgevingskenmerken meer geschikt te maken.

De vormgevingskenmerken zoals de barrière, bestaande uit de sluis met vispassage, lokstroom en de meanderende nevengemaal zijn na de interviews niet veranderd. Om ervoor te zorgen dat het zoete water niet te snel uit het overgangsgebied wegstroomt, is de komvormige constructie toegevoegd als vormgevingskenmerk (J. Kamman, persoonlijke communicatie, 30 augustus 2019).

Daarnaast is het vormgevingskenmerk “open doorgang” toegevoegd, aangezien de input van zoutwater gestremd moeten worden. Dit kan gerealiseerd door het plaatsen van een

duikerconstructie (M.J. Kroes, persoonlijke communicatie, 13 augustus 2019). Hierdoor blijft de doorgang open zodat de getijdenwerking, getemperd, aanwezig blijft in het overgangsgebied (M.J. Kroes, persoonlijke communicatie, 13 augustus 2019). Dit zal een betere balans creëren tussen de input van zoet en zoute water in het Beleefmeer, anders zou het niet mogelijk zijn om een geleidelijke opbouw in de saliniteitsgradiënt te creëren.

Als laatste zou naast substraat, vegetatie en overige obstakels, ook een flauw talud gecreëerd kunnen worden. Een flauw talud zal oeverbegroeiing mogelijk maken. Dit is in voordeel van de driedoornige stekelbaars, Europese aal & spiering, die een voorkeur geven aan begroeiing (S. Rintjema, persoonlijke communicatie, 29 augustus 2019).

Met de aandachtspunten van de betrokken partijen is het ontwerp van het Holwerd aan Zee overgangsgebied compleet gemaakt. Deze vormgevingskenmerken zijn gevisualiseerd in figuur 14.



Figuur 14 – Volledig overzicht van het overgangsgebied met de zes vormgevingskenmerken. In het Beleefmeer zijn verschillende kleur blauw te zien die de verschillende saliniteitsgradiënten representeren, hoe verder verwijderd van de sluisconstructie des te zouter het water. Ook is de vaargeul weergegeven, waar de scheepvaart gebruik van kan maken om zich door het Beleefmeer te verplaatsen. De locaties van de vormgevingskenmerken zijn naar eigen idee ingevuld en staan dus niet vast.

4. Conclusie

Centraal in dit onderzoek staat op welke manier er een geschikt overgangsgebied voor diadrome vissoorten gecreëerd kan worden tussen het Beleefmeer en de Holwerter Feart en welke knel- en aandachtspunten er zijn vanuit de betrokken partijen.

Er is gekeken naar welke diadrome vissoorten eventueel gebruik kunnen en zullen maken van het overgangsgebied. Gebaseerd op de doelsoorten uit de Kaderrichtlijn Water en of het Friese achterland geschikt is voor de soort, zijn de volgende vijf doelsoorten geselecteerd: bot, driedoornige stekelbaars, Europese aal, spiering en de rivierprik. Met de eigenschappen van deze doelsoorten zijn er voorwaarden opgesteld waar het overgangsgebied aan moet voldoen. Om deze gebiedsvoorwaarden te realiseren in het overgangsgebied van Holwerd aan Zee zijn er zes vormgevingskenmerken beschreven.

Ten eerste het vormgevingskenmerk barrière, bestaande uit een sluis met vispassage, die geplaatst wordt tussen het Beleefmeer en de Holwerter Feart. De sluis realiseert een langzaam opbouwende saliniteitsgradiënt door een constante stroom van zoetwater in het Beleefmeer toe te laten. De vispassage biedt naast een zoete stroom ook een constante passeerbaarheid van en naar het Beleefmeer.

Het tweede vormgevingskenmerk is lokstroom, wat functioneert als oriëntatie element voor de migratieroute. De lokstroom zal de doelsoorten helpen door en naar het overgangsgebied te migreren.

Het derde vormgevingskenmerk is de meanderende nevengeul. Het meanderen zorgt voor een verlaagde stroomsnelheid. Hierdoor is het Beleefmeer passeerbaar voor alle doelsoorten. De dieper gelegen nevengeul zorgt ook voor het vasthouden van water tijdens eb. Dit heeft een stimulerend effect op het leefgebied.

Het vierde vormgevingskenmerk is de komvormige constructies. Deze constructies kunnen ervoor zorgen dat het zoete water uit de Holwerter Feart langer in het overgangsgebied blijft, om een betere menging te krijgen met het zoute water van de Waddenzee.

Het vijfde vormgevingskenmerk is een open doorgang door de zeedijk, bestaande uit een duikerconstructie. De duiker laat het effect van de getijden toe in het Beleefmeer, maar dempt daarbij de zoutwater input.

Het laatste vormgevingskenmerk, creatie van een brakwaterhabitat, heeft als doel om het overgangsgebied, naast migratieroute, ook als leefgebied te laten dienen. De aanwezigheid van riet- en leliezones, een zachte bodem en obstakels tegen de stroming wordt geadviseerd. Deze habitatkenmerken leveren daarnaast schuilplekken tegen predatoren op voor de vissen in het overgangsgebied en kunnen tevens dienen als paaiplekken.

De gesproken betrokken partijen waren allen positief over de voorgestelde vormgevingskenmerken. De overkoepelende boodschap van de betrokken partijen is dat de voorkeur uitgaat naar een zo natuurlijk mogelijke overgangsgebied, waarbij zo min mogelijk techniek wordt gebruikt. Verder is er benadrukt dat het van groot belang is om een goed monitoringsprogramma over de effecten van de vormgevingskenmerken op het overgangsgebied op te stellen. Dit geeft de mogelijkheid om te toetsen of de kenmerken het gewenste effect hebben en om zo te leren van de gemaakte fouten wanneer dit niet het geval is. Met de bovenstaande zes vormgevingskenmerken en aanvullingen vanuit de betrokken partijen kan er een geschikt overgangsgebied voor diadrome vissen gerealiseerd worden in het Holwerd aan Zee gebied, wat een positief effect zal hebben op de flora en fauna in en rondom deze regio.

5. Discussie en aanbevelingen

Deze afstudeerstudie heeft als doel om te onderbouwen op welke manier er een geschikt overgangsgebied gecreëerd kan worden voor diadrome vissen tussen het Beleefmeer en de Holwerter Feart en welke knel- en aandachtspunten dit zal opleveren vanuit betrokken partijen. In dit hoofdstuk wordt er kritisch gekeken naar de gebruikte methodes en verkregen resultaten in dit onderzoek. Tot slot worden er aanbevelingen voor de opdrachtgever en vervolgonderzoek gedaan.

Onderzoeksmethodes

In deze studie zijn er experts op het gebied van vismigratie en ecologie geïnterviewd. Deze experts zijn door middel van ongepubliceerde informatie en kennis cruciaal geweest in het volledig beantwoorden van de hoofd en deelvragen in dit onderzoek. Wanneer er alleen gebruik gemaakt wordt van literatuur is het niet mogelijk om een compleet antwoord te geven op de hoofdvraag van het onderzoek. De gebruikte literatuur in deze studie bestaat voornamelijk uit nationale en regionale publicaties online publicaties. Aangezien er in de internationale publicaties weinig specifieke informatie aanwezig is over de doelsoorten. Het voorleggen van een conceptversie van het overgangsgebied aan betrokken partijen heeft geholpen met het perfectioneren van de resultaten en een beeld geschetst van de visie van de partijen over de resultaten.

Doelsoorten

In het onderzoek naar de verwachte doelvissoorten in het Holwerd aan Zee overgangsgebied komt naar voren dat er naast de vijf gekozen doelsoorten er een aantal doelsoorten uit de Kaderrichtlijn Water buiten beschouwing zijn gelaten; de Atlantische steur, Atlantische zalm, zeeprik & zeeforel. De studie van Claassen & Veening (2011) stelt dat het Friese achterland op dit moment nog ongeschikt voor deze diadrome soorten. Deze soorten migreren en paaien in de grotere waterlichamen zoals rivieren en beken, die dus ontbreken in Friesland. Zij zullen een ander stroomgebied kiezen als migratieroute, zoals via het IJsselmeer of Lauwersmeer (M.J. Kroes, persoonlijke communicatie, 13 augustus 2019; J. Kamman, persoonlijke communicatie, 30 augustus 2019)

Daarnaast was er enige twijfeling binnen de experts over het meenemen van de rivierprik als doelsoort. Het achterland zou niet geschikt genoeg zijn voor de soort, waardoor deze geen gebruik zou gaan maken van de Holwerd aan Zee migratieroute. Er is echter aangetoond dat de rivierprik de Friese boezem op dit moment gebruikt tijdens de migratie (J. Roelsma, persoonlijke communicatie, 27 september 2019). De rivierprik is toch meegenomen in dit onderzoek, aangezien dat geen negatieve impact heeft op deze studie.

Dynamiek in het overgangsgebied

In principe valt de opening van de zeedijk buiten het kader van deze studie. Gebaseerd op de ideeën van de probleemhouder, zal naar alle waarschijnlijkheid zal de opening in de vorm van een schutsluis zijn. De kans bestaat dat wanneer de schutsluis vaak gepasseerd moet worden door recreatievaart dit de dynamiek van het gebied kan verstoren. Wanneer een boot de schutsluis passeert zullen beide deuren van de sluis een keer gesloten zijn. Wanneer dit vaak gebeurt zal dit de aanwezigheid van de getijdenwerking belemmeren. Ondanks dat dit buiten het kader valt is de aanleg van een duikerconstructie in deze studie opgenomen. De duiker zal de dynamiek handhaven en de vis een permanente doorgang te bieden richting het Beleefmeer.

Tegelijkertijd wordt de zoutwater input gestremd. (M.J. Kroes, persoonlijke communicatie, 5 september 2019) In combinatie met de komvormige constructies, om het zoete water vast te houden, zal dit ten goede komen voor de menging van het zoete en zoute water in het overgangsgebied (H.W. Van der Veer, persoonlijke communicatie, 6 augustus 2019; J. Kamman, persoonlijke communicatie, 30 augustus 2019). De aanname is dat hierdoor er een grote kans is dat het overgangsgebied brak wordt. Het is op dit moment nog onduidelijk wat de zoet en zoutwater afvoer zal zijn in het overgangsgebied. Dit zal bepalen of het brakke overgangsgebied verwezenlijkt kan worden. Een tekort aan zoetwater in vergelijking met de inlaat van zoutwater zou betekenen dat een brakwaterleefgebied nagenoeg onmogelijk is om te creëren (J. Kamman, persoonlijke communicatie, 30 augustus 2019). Een geschikt kierbesluit en een zoetwaterpomp in de vispassage in combinatie met de komvormige constructies zouden dit risico kunnen verhelpen.

Na de duikerconstructie zal er zoals eerder genoemd een meanderende nevengeul gecreëerd worden. Er bestaat een grote kans dat de nevengeul snel dichtslibt. Volgens meerdere experts moet er een afbakening komen met de hoofdgeul. Dit zou doormiddel van een dijkvormige constructie gecreëerd kunnen worden (S. Rintjema, persoonlijke communicatie, 29 augustus 2019).

Predatoren in het overgangsgebied

Als er een brakwatergebied gecreëerd wordt zullen vele vissoorten dit ook als leefgebied zien. Het zal dan voornamelijk gaan om jonge vis. Dit trekt predatoren aan. Verschillende vissen en zeezoogdieren, zoals zeehonden, zullen hiervan profiteren. Ook wadvogels zullen profijt hebben van de stijging in het voedselaanbod in dit gebied (M.J. Kroes, persoonlijke communicatie, 13 augustus 2019; S. Rintjema, persoonlijke communicatie, 29 augustus 2019; J. Kamman, persoonlijke communicatie, 30 augustus 2019). De verwachte visetende wadvogels zijn weergegeven in de onderstaande tabel (tabel 5, gebaseerd op het IJsselmeergebied) (Winter et al., 2014). Over de roofvis in het overgangsgebied is nog weinig bekend in de literatuur. Om in te kunnen schatten wat de predatiedruk zal zijn vanuit roofvissen moet er een combinatie tussen de zouttoleranties van mariene en zoetwaterroofvis onderzocht worden en moet er een koppeling gemaakt worden met de saliniteit in het overgangsgebied (Winter et al., 2014).

Predatie is een natuurlijk proces, maar het risico is dat de aantrekking van grote concentraties jonge vis in het overgangsgebied kan leiden tot een te hoge predatiedruk (Winter et al., 2014). Het overgangsgebied heeft als doel om de vis naar het Friese achterland te begeleiden dus om te voorkomen dat de migratiesuccessie van diadrome vissen daalt door predatie zal hier iets aan gedaan moeten worden. Schuilplaatsen, zoals vegetatie, stenen en geschikt substraat, zouden kunnen voorkomen dat er een hoge sterfte door predatie is in het overgangsgebied (Klein Breteler, 2005).

Tabel 5: Verwachte visetende vogelsoorten in en rondom het overgangsgebied van Holwerd aan Zee (Winter et al., 2014)

Duikende viseters		Stootduikende viseters		Oevergebonden	
Fuut	Hele waterkolom	Visdief	Toplaag van water	Reigers	Oever
Aalscholver	Hele waterkolom	Kokmeeuwen	Toplaag van water	Lepelaars	Oever
Grote zaagbek	Bovenste waterlagen	Zwarte stern	Toplaag van water		
Middelste zaagbek	Bovenste waterlagen	Dwergmeeuw	Toplaag van water		
nonnetje	Bovenste waterlagen				

Aanbevelingen

Dit afstudeeronderzoek is vooral gefocust op de vormgevingskenmerken van het overgangsgebied en minder op de aspecten omtrent techniek, precieze landschapsinrichting en de gevolgen van deze vormgevingskenmerken. Verder onderzoek naar deze aspecten is daarom van groot belang om de aangegeven vormgevingskenmerken realiseerbaar te maken.

Natuur- en waterkwaliteit

- Er is in dit onderzoek weinig aandacht besteedt aan de waterkwaliteit. Bronnen suggereren dat de waterkwaliteit in de Waddenzee op orde is voor de diadrome vissen (Jager, 1999 -b), maar het is onduidelijk wat de waterkwaliteit is van de Holwerter Feart.
- Rond de sluis en vispassage zal er inlaat zijn van zout water in de Holwerter Feart. Dit zou kunnen betekenen dat het grondwater in het omringende gebied zouter wordt en dat omliggende akkerlanden een lichte vorm van verzilting kunnen krijgen (J. Roelsma, persoonlijke communicatie, 27 september 2019). Verder onderzoek naar verzilting van het grondwater is aanbevolen.

Monitoring en onderhoud

- Nadat het overgangsgebied van Holwerd aan Zee gecreëerd is zal er monitoring moeten plaatsvinden om te observeren of de vormgevingskenmerken daadwerkelijk ook een significant effect hebben op percentage van succesvolle overgangen van de vijf doelsoorten. Daarnaast zal er in dit monitoringsprogramma ook een onderdeel moeten zitten die bekijkt of het overgangsgebied ook dient als leefgebied voor de vissoorten die genoemd zijn in dit onderzoek. (S. Rintjema, persoonlijke communicatie, 29 augustus 2019)
- Met het creëren van een meanderende nevengeul zal hier ook onderhoud aan gedaan moeten worden, aangezien naarmate van tijd sediment zich zal ophopen in de geul (J. Kamman, persoonlijke communicatie, 30 augustus 2019). Dit zal voornamelijk bestaan uit baggeren.

Verrijking van vispopulaties en overgangsgebied

- In het interview met expert M.J. Kroes kwam een extra aandachtspunt naar boven dat buiten de scope valt van dit afstudeerproject, maar wel geschikt is voor het Holwerd aan Zee project. Aan de westkant van Holwerd ligt een kweldergebied dat geschikt is voor een aansluiting met het binnendijkse Holwerd aan Zee gebied. Hierdoor kan er een groot brakwatergebied gecreëerd worden. Dit zal de flora en fauna in en rondom het gebied een positieve boost geven. (M.J. Kroes, persoonlijke communicatie, 13 augustus 2019). Het kweldergebied valt onder beheer van It Fryske Gea. Door het gebied aan te sluiten op het Holwerd aan Zee gebied zal It Fryske Gea extra belang krijgen bij het project (S. Rintjema, persoonlijke communicatie, 29 augustus 2019).
- Onderzoek naar de waterafvoer in het overgangsgebied van zowel de Waddenzee als de Holwerter Feart. Het is hierbij ook relevant dat onderzocht wordt in hoeverre het zoete water vastgehouden kan worden met de komvormige constructies en in hoeverre de duikerconstructie en schutsluis het getij temperen

- Het is nog de vraag hoe het verdere achterland er precies uitziet. Onderzoek naar of er nog knelpunten zijn voor de diadrome soorten die verder het achterland in moeten trekken is belangrijk om de populaties van deze soorten een boost te kunnen geven. (J. Roelsma, persoonlijke communicatie, 27 september 2019).

Literatuur

- Baptist, M.J., De Mesel, I., Stuyt, L.C.P.M., Henkens, R., De Molenaar, H., Wijsman, J., Dankers, N., Kimmel, V. (2007). *Herstel van estuariene dynamiek in de Zuidwestelijke Delta* (Rapportnummer C119/07). Texel, IMARES.
- Berben, A. (2019). Holwerd schrijft geschiedenis met dijkdoorbraak. *Vogels, Samen voor vogels en natuur*, p. 17-19.
- Blijje Vis. (z.d.). *Europese aal/Paling*. Geraadpleegd op 28 juni 2019, van www.vriendenvandebljjevis.nl/vissen/europese-aal-paling/
- Boonstra, E. (z.d.). *Geschiedenis en toekomst van een Kwelderwal*. Geraadpleegd op 12 oktober 2019, van <https://www.holwerdaanzee.nl/over-haz/over-holwerd/van-middelzee-delta-tot-holwerd-aan-zee/>
- Bos, A.R. (1999). Tidal transport of flounder larvae (*Pleuronectes flesus*) in the Elbe River, Germany. *Arch Fish Mar Res*, 47, 47-60.
- Bos, A.R., & Thiel, R. (2006). Influence of salinity on the migration of postlarval and juvenile flounder *Pleuronectes flesus* L. in a gradient experiment. *Journal of Fish Biology*, 68, 1411-1420.
- Claassen, T., & Veeningen, R. (2011). *Fryslân aan de slag met vismigratie*. Geraadpleegd op 1 juli 2019, van <http://edepot.wur.nl/181386>
- Dankers, N., & Steenbergen, J. (z.d.). *Geleidelijke zoet-zout overgangen in Nederland*. Geraadpleegd op 12 augustus 2019, van <http://edepot.wur.nl/32465>
- Daverat, F., Morais, P., Dias, E., Babaluk, J., Martin, J., Eon, M., Fablet, R., Pecheyran, C., Antunes, C. (2012). Plasticity of European flounder life history patterns discloses alternatives to catadromy. *Marine Ecology Progress Series*, 465, 267-280.
- De Afsluitdijk. (z.d.). *Vismigratierivier Afsluitdijk*. Geraadpleegd op 19 mei 2019, van <https://deafsluitdijk.nl/projecten/vismigratierivier/waarom/>
- De Beleidsexpert. (2018). *De 6 fasen van het beleidsproces*. Geraadpleegd op 18 juni 2019, van <https://beleidsexpert.nl/beleid-en-bestuur/beleidsvorming/de-6-fasen-van-het-beleidsproces/>
- Deelder, C.L. (1952). On the Migration of the Elver (*Anguilla vulgaris* Turt.) at Sea. *Journal du Conseil*, 18, 187-218.
- De Groot, S. J. (1991). Herstel van riviertrekvisser in de Rijn en realiteit? *De Levende Natuur*, 92, 19-22. Geraadpleegd op 18 juni 2019, van <http://natuurtijdschriften.nl/download?type=document;docid=494747>

Dekker, W., & Van Willigen, J. (1997). *Hoeveel glasaal trekt het IJsselmeer in?* (Rapportnummer C062, 97). Den Oever.

Dekker, W., & Van Willigen, J. (2000). *De glasaal heeft het tij niet meer mee!* (Rapportnummer, C055, 00). Den Oever.

Elliott, M., & Hemingway, K. (2002). Fishes in estuaries. *Blackwell Science*, 636, ISBN: 0-632-05733-5.

Gaudron, S.M., & Lucas, M.C. (2006). First evidence of attraction of adult river lamprey in the migratory phase to larval odour. *Journal of Fish Biology*, 68, 640-644.

Google. (z.d.). [*Google Maps kaart van Holwerd en het gebied eromheen*]. Geraadpleegd op 7 juni 2019, van <https://goo.gl/maps/pZXXQGDvSGaYkgUDA>

Griffioen, A.B., & Winter, H.V. (2014). *Het voorkomen van diadrome vis in de spuikom van Kornwerderzand 2001-2012 en de relatie met spuidebieten*. Geraadpleegd op 13 augustus 2019, van <http://edepot.wur.nl/301921>

Huisman, J.B.J. (2017). *Vissen zwemmen heen en weer: Werking vispassages en bepalen vismigratieroutes*. Ruim Baan voor Vissen 2014-2016. Geraadpleegd op 18 juni 2019, van <http://www.ruimbaanvoorvissen.nl/upload/files/Eindrapport%20RBVV%20-%20Jeroen%20Huisman.pdf>

Hunze en Aa's. (z.d.). *Vismigratiepassage* [Figuur]. Geraadpleegd op 15 augustus 2019, van <https://erikeshuis.com/infographics/>

It Fryske Gea (z.d.). *Wie zijn wij*. Geraadpleegd op 24 augustus 2019, van <https://www.itfryskegea.nl/organisatie/>.

Jager, Z. (1998). Accumulation of flounder larvae (*Platichthys flesus* L.) in the Dollard (Ems estuary, Wadden Sea). *Journal of Sea Research*, 40, 43-57.

Jager, Z. (1999-a). Selective tidal stream transport of flounder larvae (*Platichthys flesus* L.) in the Dollard (Ems estuary). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 49, 347-362.

Jager, Z. (1999-b). *Visintrek Noord-Nederlandse kustzone: Startnotitie* (Rapportnummer 99/022). Rijksinstituut voor Kust en Zee. Geraadpleegd op 20 september 2019, van <http://edepot.wur.nl/355190>

Jager, Z. & Kranenbarg, J. (2008). *Maatlat vissen in estuaria KRW watertype O2*. Geraadpleegd op 15 juli 2019, van www.vliz.be/imisdocs/publications/148360.pdf

Jansen, H.M., Winter, H.V., & Bult, T.P. (2007). *Bijvangst van trekvis in de Nederlandse fuikvisserij* (Rapportnummer C048/07). Geraadpleegd op 8 juli 2019, van <http://edepot.wur.nl/43875>

Karstkarel, P. (2019). *Alles over Holwerd*. Geraadpleegd op 15 april 2019, van <https://www.frieslandwonderland.nl/?pagina=plaats&id=445>

Kemp, P.S., Russon, I.J., Vowles, A.S., & Lucas, M.C. (2011). The influence of discharge and temperature on the ability of upstream migrant adult river lamprey (*Lampetra fluviatilis*) to pass experimental overshoot and undershot weirs. *River Research and Applications*, 27, 488-498.

Keefer, M.L., Caudill, C.C., Peery C.A., & Moser, M.L. (2013). Context-dependent diel behavior of upstream-migrating anadromous fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 96, 691-700.

Kitano, J., Ishikawa, A., Kume, M., & Mori, S. (2012). Physiological and genetic basis for variation in migratory behavior in the three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus*. *Ichthyological Research*, 59, 293-303.

Klein Breteler, J.G.P. (2005). *Kennisdocument Europese aal of paling, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)*. Geraadpleegd op 28 juni 2019, van https://www.sportvisserijnederland.nl/files/kennisdocument_aal_paling_4548.pdf

Kroes, M.J., Philipsen, P. & Wanningen, H. (2018). *Nederland leeft met Vismigratie: Actualisatie landelijke database vismigratie*. Geraadpleegd op 18 juni 2019, van https://www.sportvisserijnederland.nl/files/nederland-leeft-met-vismigratie-update-2017-def_12896.pdf

Kroon, J.W. (2009). *Kennisdocument bot *Platichthys flesus* (Linnaeus, 1758)* (Kennisdocument 27). Sportvisserij Nederland, Bilthoven. Geraadpleegd op 19 september 2019, van https://www.sportvisserijnederland.nl › files › kennisdocument-bot_5301

Kuijs, E.K.M., & Steenbergen, J. (2011). *Zoet-zoutovergangen in Nederland; stand van zaken en kansen voor de toekomst*. Geraadpleegd op 26 augustus 2019, van <http://edepot.wur.nl/189149>

Laine, A., Kamula, R., & Hooli, J. (1998). Fish and lamprey passage in a combined Denil and vertical slot fishway. *Fisheries Management and Ecology*, 5, 31-44.

Leggett, W.C., & Oboyle, R.N. (1976). Osmotic-Stress and Mortality in Adult American Shad During Transfer from Saltwater to Freshwater. *Journal of Fish Biology*, 8, 459-469.

Linkedin. (2019). *Jan Zijlstra*. Geraadpleegd op 24 augustus 2019, van <https://www.linkedin.com/in/jan-zijlstra-30210519/>

Moorma, T. (2013). *Vismigratie in Fryslân*. Geraadpleegd op 27 juni 2019, van <http://edepot.wur.nl/255636>

Morais, P., Dias, E., Babaluk, J., & Antunes, C. (2011). The migration patterns of the European flounder *Platichthys flesus* (Linnaeus, 1758) (Pleuronectidae, Pisces) at the southern limit of its

distribution range: Ecological implications and fishery management. *Journal of Sea Research*, 65, 235-246.

OVB. (2005). *Vismigratie: Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland*. Geraadpleegd op 26 augustus 2019, van [https://www.visadvies.nl/sites/default/files/bestanden/HANDBOEK%20VISMIGRATIE 2005.pdf](https://www.visadvies.nl/sites/default/files/bestanden/HANDBOEK%20VISMIGRATIE%202005.pdf)

Paalvast, P. (2000). *Zoet Zout Zuid-Holland*. Geraadpleegd op 19 september 2019, van <http://edepot.wur.nl/355206>

Patberg, W., De Leeuw, J.J., & Winter, H.V. (2005). *Verspreiding van rivierprik, zeeprik, fint en elft in Nederland na 1970*. Geraadpleegd op 7 juli 2019, van <http://edepot.wur.nl/38225>

Peake, S.J. (2008). *Swimming performance and behaviour of fish species endemic to Newfoundland and Labrador: A literature review for the purpose of establishing design and water velocity criteria for fishways and culverts*. Geraadpleegd op 8 juni 2019, van <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.559.1023&rep=rep1&type=pdf>

Plogh, T., & Van Zwieten, M.C.B. (2006). Kwalitatief Onderzoek. *Handboek gezondheidszorgonderzoek*, 77-93. Geraadpleegd op 4 juni 2019, van [http://www.degoedewerker.nl/downloads/Kwalitatief%20onderzoek Handboek Gezondheidszorgonderzoek BSL 2007.pdf](http://www.degoedewerker.nl/downloads/Kwalitatief%20onderzoek%20Handboek%20Gezondheidszorgonderzoek%20BSL%202007.pdf)

Quak, J., Van Emmerik, W.A.M., & Verspui, R. (2012). *Kennisdocument trekvis en Afsluitdijk*. Sportvisserij Nederland, Bilthoven.

Ravon. (z.d.-a). *Bot: Platichthys flesus*. Geraadpleegd op 27 juni 2019, van <https://www.ravon.nl/Soorten/Soortinformatie/bot>

Ravon. (z.d.-b). *Driedoornige stekelbaars (Gasterosteus aculeatus)*. Geraadpleegd op 27 juni 2019, van <https://www.ravon.nl/Soorten/Soortinformatie/driedoornige-stekelbaars>

Ravon. (z.d.-c). *Aal (Paling) Anguilla anguilla*. Geraadpleegd op 29 juni 2019, van <https://www.ravon.nl/Soorten/Soortinformatie/aal-paling>

Ravon. (z.d.-d). *Meetprogramma vissen – Rivierprik*. Geraadpleegd op 19 september 2019, van <https://www.ravon.nl/Help-mee/Tellen/Meetprogramma-vissen/Meetprogramma-vissen-Rivierprik>

Reeze, B., Kroes, M.J., & Van Emmerik, W. (2017). *Fish Flows: Migratory fish and migration calendar for the Haringvliet and the Voordelta*. Haringvliet Dream Fund Project. Geraadpleegd op 1 juli 2019, van [https://haringvliet.nu/sites/haringvliet.nu/files/2017-11/Vismigratierapport EN-GB hi-res.pdf](https://haringvliet.nu/sites/haringvliet.nu/files/2017-11/Vismigratierapport%20EN-GB%20hi-res.pdf)

Rijkswaterstaat. (z.d.) *Zoet-zoutovergangen*. Geraadpleegd op 29 juni 2019, van <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/waterkwaliteit/maatregelen-waterkwaliteit/zoet-zoutovergangen/index.aspx>

Rijkswaterstaat. (2011). *Vismigratie in de Rijn-Maasdelta*. Geraadpleegd op 13 oktober, van <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-120661.pdf>

Russon, I.J., Kemp, P.S. (2011). Experimental quantification of the swimming performance and behaviour of spawning run river lamprey *Lampetra fluviatilis* and European eel *Anguilla anguilla*. *Journal of Fish Biology*, 78, 1965-1975.

Schollemma, P.P. (2018). *Visie vismigratie van Wad tot Aa: Periode 2018 – 2027*. Geraadpleegd op 1 juli 2019, van <https://www.hunzeenaas.nl/about/schoonwater/Documents/Visie%20vismigratie%20van%20Wad%20tot%20Aa%202018-2027.pdf>

SoortenBank. (z.d.-a). *Driedoornige stekelbaars (Gasterosteus aculeatus)*. Geraadpleegd op 27 juni 2019, Van <http://www.soortenbank.nl/soorten.php?soortengroep=duikgids&id=184>

SoortenBank. (z.d.-b). *Aal (Anguilla anguilla)*. Geraadpleegd op 29 juni 2019, van www.soortenbank.nl/soorten.php?soortengroep=zoetwatervissen&id=23

SoortenBank. (z.d.-c). *Spiering (Osmerus eperlanus)*. Geraadpleegd op 3 juli 2019, van www.soortenbank.nl/soorten.php?soortengroep=zoetwatervissen&menuentry=soorten&id=63&tab=beschrijving

Sportvisserij Nederland. (2006-a). *Soortprofiel Driedoornige stekelbaars: DRIEDOORNIGE STEKELBAARS (Gasterosteus aculeatus aculeatus)*. Geraadpleegd op 27 juni 2019, van https://www.sportvisserij nederland.nl/files/soortprofiel-driedoornige-stekelbaars_4792.pdf

Sportvisserij Nederland. (2006-b). *Spiering (Osmerus eperlanus)*. Geraadpleegd op 3 juli 2019, van https://www.sportvisserij nederland.nl/files/soortprofiel-spiering_4818.pdf

Sportvisserij Nederland. (2019). *Over ons*. Geraadpleegd op 26 augustus 2019, van <https://www.sportvisserij nederland.nl/over-ons/>

Stichting Holwerd aan Zee. (z.d.-a). *Over Holwerd aan Zee*. Geraadpleegd op 21 juni 2019, van <https://www.holwerdaanzee.nl/over-haz/project/>

Stichting Holwerd aan Zee. (z.d.-b). *Pijler 2: Water en Waterveiligheid*. Geraadpleegd op 16 april 2019, van <https://www.holwerdaanzee.nl/over-haz/project/pijler-2-water-en-waterveiligheid/>

Tangelder, M., Winter, E., & Ysebaert, T. (2017). *Ecologie van zoet-zout overgangen in deltagebieden*. Geraadpleegd op 26 juni 2019, van <http://edepot.wur.nl/436428>

- Trancart, T., Lambert, P., Rochard, E., Daverat, F., Coustillas, J., & Roqueplo, C. (2012). Alternative flood tide transport tactics in catadromous species: *Anguilla anguilla*, *Liza ramada* and *Platichthys flesus*. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 99, 191-198.
- Tulp, I., De Boois, I., Van Willigen, J., & Westerink, H.J. (2009). *Diadrome vissen in de Waddenzee: Monitoring bij Kornwerderzand 2000-2008* (Rapportnummer C128/09). Geraadpleegd op 27 juni 2019, van <http://edepot.wur.nl/136350>
- Tulp, I., De Boois, I., Van Willigen, J., & Westerink, H.J. (2011). *Diadrome vissen in de Waddenzee: Monitoring bij Kornwerderzand 2001-2009* (Rapportnummer C008/11). Geraadpleegd op 27 juni 2019, van <http://edepot.wur.nl/163291>
- Van Banning, G., Van der Baan, J., & De Bruijne, W. (2018). *VISMIGRATIERIVIER AFSLUITDIJK Hydraulische en ecologische toetsing van het ontwerp*. Arcadis. Geraadpleegd op 20 mei 2019, van https://www.deafsluitdijk.nl/wp-content/uploads/2014/01/Hydraulische-en-ecologische-toetsing-ontwerp-Vismigratierivier-Afsluitdijk.pdf?utm_source=website&utm_medium=document&utm_campaign=hydraulisch_ecologische_toetsing_VMR
- Van den Berg, J. (2019). *Dankzij miljoenen van de Postcodeloterij ligt dit Friese plaatsje straks dichterbij aan zee*. Geraadpleegd op 17 april 2019, van <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/dankzij-miljoenen-van-de-postcodeloterij-ligt-dit-friese-plaatsje-straks-dichterbij-aan-zee~b9b39434/?referer=https%3A%2F%2Fwww.google.nl%2F>
- Van der Veer, H.W. (1985). Impact of coelenterate predation on larval plaice *Pleuronectes platessa* and flounder *Platichthys flesus* stock in the western Wadden Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 25, 229-2. Geraadpleegd op 1 juli 2019, van https://www.researchgate.net/publication/235677266_Impact_of_coelenterate_predation_on_larval_plaice_Pleuronectes_platessa_and_flounder_Platichthys_flesus_stock_in_the_western_Wadden_Sea/download
- Van Oijen, T., & Van der Heij, W. (2016). *Verlanglijst van zwakke zwemmers*. Geraadpleegd op 19 augustus 2019, van <https://noorderbreedte.nl/2016/09/28/hoe-vissen-de-nieuwe-afsluitdijk-ervaren/>
- Van Keeken, O., Vriese, T., & De Leeuw, J. (2007). *De potentiële impact van gebruiksfuncties op natuurwetgeving gerelateerde vissoorten in enkele beheersgebieden van RWS* (Rapportnummer C127/07). IMARES, IJmuiden. Geraadpleegd op 19 september 2019, van <http://edepot.wur.nl/146701>
- Vethaak, A.D. (2013). Disease prevalence in flounder (*Platichthys flesus*) from the Dutch Wadden Sea as indicator of environmental quality: A summary of 1988-2005 surveys. *Journal of Sea Research*, 82, 142-152.

Vlierhuis, W. (2013). *Soorten: Driedoornige stekelbaars*. Geraadpleegd op 1 juli 2019, Van <https://www.anemoon.org/flora-en-fauna/soorteninformatie/soorten/id/305/driedoornige-stekelbaars>

WaddenZee. (2016). *Zoet-zoutovergangen*. Geraadpleegd op 29 juni 2019, van <https://www.waddenzee.nl/themas/natuur/zoet-zout-overgangen/>

Wetterskip Fryslân. (2018). *Begroting 2018*. Geraadpleegd op 26 mei 2019, van <https://www.wetterskipfryslan.nl/documenten/organisatie/begroting-2018.pdf>

Wilson, J.M., Antunes, J.C., Bouca, P.D., & Coimbra, J. (2004). Osmoregulatory plasticity of the glass eel of *Anguilla anguilla*: freshwater entry and changes in branchial ion-transport protein expression. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61, 432-442.

Winter, H.V. (2009). *Voorkomen en gedrag van trekvisser nabij kunstwerken en consequenties voor de vangsten met vistuigen*. Geraadpleegd op 19 augustus 2019, van <http://edepot.wur.nl/143428>

Winter, H.V., Griffioen, A.B., Keeken, O.A., & Schollemma, P.P. (2013). *Telemetry study on migration of river lamprey and silver eel in the Hunze and Aa catchment basin*. Geraadpleegd op 7 juli 2019, van https://www.researchgate.net/publication/283405014_Telemetry_study_on_migration_of_river_lamprey_and_silver_eel_in_the_Hunze_and_Aa_catchment_basin

Winter, H.V., Griffioen, A.B., & Van Keeken, O.A. (2014). *De Vismigratierivier: Bronnenonderzoek naar gedrag van vis rond zoet-zout overgangen*. Geraadpleegd op 19 mei 2019, van <http://edepot.wur.nl/300166>

Witteveen+Bos. (2009). *Metingen aan visintrek bij de uitvoering van schuttingen met de spuiscuizen te Kornwerderzand* (Rapportnummer RW1696-2).

Wootton, R.J. (1978). The biology of sticklebacks. London, New York, San Francisco: *Academic Press*, 63 (3), 434-434.

ZiltWater. (2016). *Vismigratie tussen zoet en zout*. Geraadpleegd op 8 juni 2019, van http://www.ziltwater.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=15&lang=