

MIGRATIE VAN DE EUROPESE AAL BIJ HOLWERD AAN ZEE



MIGRATIE VAN DE EUROPESE AAL BIJ HOLWERD AAN ZEE

Invloed van het project Holwerd aan zee op de migratie van de Europese aal

Auteur:	Tineke Kraan
Studentnummer:	3025797
Klas:	4TB
Module:	Afstudeerwerkstuk (AAWA)
Onderwijsinstelling:	Aeres Hogeschool te Almere
Afstudeercoach:	Daphne Vink
Bron voorbladafbeelding:	(Holwerd aan Zee, z.d.-a)

Nes,
15 augustus 2022

Voorwoord

Bij het schrijven van mijn afstudeerwerkstuk kreeg ik alle vrijheid in het kiezen van een onderwerp. Mijn interesse werd gewekt door vismigratie, en dan specifiek door de palingmigratie, in combinatie met het actuele project 'Holwerd aan Zee' in de provincie Friesland. Ik besloot me in dit onderwerp en het project te verdiepen en dit te verwerken in mijn afstudeerwerkstuk.

Het project Holwerd aan Zee heeft als plan om een deel van de Waddenzeedijk te doorbreken en op deze manier het water van de Waddenzee opnieuw in verbinding te brengen met het binnenwater. Deze verbinding biedt veel kansen op verschillende vlakken, zo zal dit voor zowel mens als natuur de leefbaarheid vergroten. Omdat de palingstand erg achteruitgaat en vismigratie een actueel en belangrijk onderwerp is, het leek me interessant om te kijken hoe het project Holwerd aan Zee hier duurzaam aan kan bijdragen. Uiteindelijk is daar dit rapport uit voortgekomen. Het rapport is bedoeld als afstudeerwerkstuk en is bestemd voor ieder die er interesse in heeft.

Het rapport is met hulp van enkele mensen tot stand gekomen die ik hiervoor graag wil bedanken. Ten eerste wil ik mijn afstudeercoaches Jeroen van der Brugge, Shanice Martopawiro en Daphne Vink bedanken voor de hulp tijdens het proces. Daarnaast wil ik ook mijn tweede beoordelaar Dinand Ekkel bedanken voor de nuttige feedback. Ook wil ik graag Frans Lustermans bedanken voor de hulp en feedback in de afronding van mijn afstudeerwerkstuk. Tot slot wil ik ook nog een aantal van mijn studiegenoten bedanken. Bedankt Myrthe Bakker, Linde de Leeuw, Mark van der Meij en Esmee Spoler, dat jullie mij motiveerden en me hielpen waar nodig.

Nes,
15 augustus 2022

Inhoud

Samenvatting.....	6
English Abstract	7
1. Inleiding	8
1.1 Leeswijzer	10
2. Materiaal en methode.....	11
2.1 Gebiedsbeschrijving	11
2.2 Opzet literatuuronderzoek.....	13
2.3 Gebruikte zoekmachines en databases.....	13
2.4 Zoektermen	14
2.5 Criteria in het zoeken naar betrouwbare en bruikbare bronnen.....	17
2.6 Verwerking van bruikbare informatie	18
2.7 Mendeley.....	19
3. Resultaten.....	20
3.1 Biologische factoren die een rol spelen bij palingmigratie	20
3.1.1 Geur	20
3.1.2 Maanstand.....	20
3.1.3 Getijdenwerking	20
3.1.4 Magnetisch veld	21
3.1.5 Watertemperatuur	21
3.1.6 Waterkwaliteit.....	21
3.2 Huidige manier van palingmigratie	21
3.2.1 De Afsluitdijk	21
3.2.2 Lauwersmeer	22
3.2.3 Dokkumer Nieuwe Zijlen	22
3.2.4 Harlingen	23
3.3 Projecten met betrekking tot palingmigratie.....	23
3.3.1 Vismigratierivier Afsluitdijk	23
3.3.2 Roptazijl	24
3.3.3 Zwarte Haan	24
3.3.4 De Heining	25
3.3.5 Hagestein.....	25
3.3.6 Isabellagemaal.....	26
3.3.7 Ätrafors.....	27
3.4 Ideale omstandigheden voor palingmigratie	27
3.5 Landinwaartse obstakels	29

3.5.1 Algemene obstakels op Nederlandse schaal	29
3.5.2 Obstakels in Friesland.....	30
3.6 Holwerd aan Zee.....	31
3.6.1 Het project.....	31
3.6.2 Obstakels in de palingmigratie die vrijkomen na uitvoering project Holwerd aan Zee	31
3.6.3 Kansen en mogelijkheden rondom het project.....	32
4. Discussie	33
4.1 Methodiek	33
4.2 Deelvraag 1: Biologische factoren die een rol spelen bij palingmigratie	34
4.3 Deelvraag 2: Huidige manier van palingmigratie	35
4.4 Deelvraag 3: Projecten met betrekking tot palingmigratie.....	36
4.5 Deelvraag 4: Ideale omstandigheden voor palingmigratie	37
4.6 Deelvraag 5: Landinwaartse obstakels.....	37
5. Conclusie en aanbevelingen	39
5.1 Aanbevelingen en vervolgonderzoek	40
Literatuur.....	41

Samenvatting

Het gaat slecht met de stand van de Europese alen (*Anguilla anguilla*), of ook wel de paling. Al sinds eind vorige eeuw neemt het aantal in het wild levende dieren sterk af. Hier liggen meerdere redenen aan ten grondslag. Een van de belangrijkste redenen is het versnipperen van het leefgebied door blokkades van waterbouwwerken als dijken, sluizen en stuwen. Inmiddels is er een flink aantal projecten opgestart om de watergangen weer begaanbaar te maken. Een recente ontwikkeling hierin is het project Holwerd aan Zee, dat de oorspronkelijke verbinding tussen de Waddenzee en de binnenwateren wil herstellen. Op basis van literatuuronderzoek werd gezocht naar de biologische factoren die een rol spelen bij de palingmigratie, de huidige manier van migreren, voorbeelden van andere projecten met betrekking tot palingmigratie en de effecten daarvan, ideale omstandigheden voor palingmigratie en landinwaartse obstakels. Dit droeg bij aan de beantwoording van de onderzoeksvraag 'in hoeverre kan het project Holwerd aan Zee bijdragen aan een optimale palingmigratie'. Van tevoren werd gedacht dat het project de intrek van glasaal en de uittrek van schieraal zal vergemakkelijken. Uit het literatuuronderzoek wordt geconcludeerd dat het project Holwerd aan Zee een positieve bijdrage kan leveren aan het stimuleren van de palingmigratie. Dit omdat er een grote blokkade aan de kust wordt verwijderd, waardoor er een vrije doorstroom naar het achterland en de wateren van de Friese boezem ontstaat. Dit draagt bij aan het herstel van de oorspronkelijke ecologische verbindingen. Ook biedt de aangelegde brakwaterzone een plaats waar alen kunnen acclimatiseren aan de veranderende omstandigheden. Het project Holwerd aan Zee zal dus de palingmigratie bevorderen en kan dienen als inspiratie voor toekomstige projecten met betrekking tot palingmigratie.

English Abstract

The stock of European eels (*Anguilla anguilla*) is doing poorly. The worldwide population of the European eel has been rapidly declining since the end of the last century. Since the end of the last century, the number of wild animals has been in sharp decline. There are several reasons for this. One of the most important reasons is the fragmentation of the habitat due to blockades by water constructions such as dikes, sluices, and dams. Nowadays, a large number of projects have been started to make the waterways passable again. A recent development is the project Holwerd aan Zee, which aims to restore the original connection between the Wadden Sea and the inland waterways. This literature study investigated the biological factors that play a role in eel migration, the current method of migration, examples of other projects concerning eel migration and their effects, ideal conditions for eel migration and inland obstacles. This contributed to answering the research question 'to what extent can the project Holwerd aan Zee contribute to an optimal eel migration'. It was thought beforehand that the project will facilitate the entry of glass eel as well as the exit of silver eel. From the literature review it is concluded that the project Holwerd aan Zee can make a positive contribution to the stimulation of eel migration. This is because a large blockade on the coast will be removed, creating a free flow to the hinterland and the waters of the Frisian basin. This will contribute to the restoration of the original ecological connections. Also, the constructed brackish water zone will provide a place for eels to acclimate to the changing conditions. The project Holwerd aan Zee will therefore promote eel migration and can serve as an inspiration for future projects related to eel migration.

1. Inleiding

Het aantal in het wild levende Europese alen (*Anguilla anguilla*) neemt al sinds eind vorige eeuw enorm af. In veel Noord-Europese landen is de visstand al vanaf halverwege de jaren '60 duidelijk aan het afnemen en tegenwoordig zit de visstand zelfs op een historisch dieptepunt (Dekker, 2016; van der Meer et al., 2011). Vanaf 1980 is er ook een duidelijke afname te zien in de intrek van glasaal. Sinds die tijd is de intrek van glasaal tussen de 90 en 99% gedaald (Dekker & Casselman, 2014). De Europese aal wordt momenteel beschouwd als één van de meest bedreigde vissoorten in Europa (Van Wichelen et al., 2018).

De Europese aal, ook wel bekend onder de naam paling, heeft een gecompliceerde levenscyclus waar zelfs nog enkele delen van onbekend zijn. Van nature komt de Europese aal voor in de zoete binnenwateren, de brakke en zoute kustgebieden van Europa en aan de mediterrane kust van Noord-Afrika en Zuidwest-Azië (Dekker, 2004). Het is een katadrome soort. Dit betekent dat de larven, ook wel leptocephali genoemd, in zout water worden geboren. De leptocephali trekken vervolgens naar de brakke kustwateren om daar in glasaal te veranderen. Glasaal trekt de zoete binnenwateren in om daar op te groeien als rode aal. Als volwassen dier (schieraal) trekt het weer naar het zoute water om daar te paaïen en uiteindelijk te sterven (RAVON, z.d.; Yeh, z.d.). Er wordt aangenomen dat het paaigebied van de Europese aal in de Sargassozee ligt. Alle Europese alen zouden naar deze zee trekken om daar willekeurig voort te planten. Volgens deze theorie zouden alle alen dus deel uitmaken van één grote populatie (van Ginneken & Maes, 2005). Echter is er in de Sargassozee nog nooit paaigedrag waargenomen en zijn er ook nog nooit volwassen alen of eieren aangetroffen (Feunteun, 2002). Daarnaast zijn er bewijzen gevonden dat de populatie Europese alen genetisch erg divers is. Dit zou erop kunnen wijzen dat er meerdere, afzonderlijk voortplantende populaties zijn in plaats van één grote populatie (van Ginneken & Maes, 2005; Wirth & Bernatchez, 2001). Toch is er wel waargenomen en vastgelegd dat de leptocephali daadwerkelijk vanuit de Sargassozee, via de Golfstroom naar Europa en Noord-Afrika trekken (Cresci, 2020).

In meerdere opzichten is de Europese aal een belangrijke soort. Deze vis is ecologisch gezien een belangrijke prooi voor vele diersoorten, waaronder de Europese otter (*Lutra lutra*). Daarnaast is de palingvisserij een belangrijke economische bron. Zo zijn er in Europa meer dan 25.000 mensen voor hun inkomsten afhankelijk van deze sector (Bilotta et al., 2011). De afname van de visstand is dan ook een serieuze kwestie. Er zijn meerdere vermoedelijke oorzaken voor de afname van de Europese aal. Onder andere vervuiling, het effect van klimaatverandering op de oceaan, overbevissing, parasieten en/of ziekten, het verlies van habitat en de verhindering in migratieroutes worden genoemd als eventuele redenen (Økland et al., 2019).

In een land als Nederland, waar veel wordt gedaan aan waterbeheer, is het voor te stellen dat waterbouwwerken voor blokkades kunnen zorgen in de migratieroutes van de Europese aal. Waterbouwwerken als dammen, dijken, gemalen, sluizen, stuwen en waterkrachtcentrales, kunnen de migratie belemmeren voor zowel intrekende glasaal als naar zee terugkerende schieraal. Bovendien kunnen gemalen en waterkrachtcentrales schade toebrengen aan de dieren of zelfs zorgen voor sterfte (Kroon et al., 2013). Zo werd geschat dat in Nederland wel 35 % van de aal populatie sterft door toedoen van waterbouwwerken (van Keeken et al., 2021). Mede door het toedoen van deze bouwwerken is de afname van het aantal Europese alen ook merkbaar in de Nederlandse wateren. De status van de Europese aal in de Nederlandse wateren is tegenwoordig dan ook verontrustend. Zo was de biomassa van de uittrekkende schieraal in 2015/2016 slechts 13% van de oorspronkelijke populatie (Van De Wolfshaar et al., 2018).

Er zijn inmiddels een flink aantal projecten opgestart om het probleem in de vismigratie aan te pakken. Bijvoorbeeld het project van de migratierivier in de Afsluitdijk bij Kornwerderzand. De Afsluitdijk is een enorme blokkade voor migrerende vissen, maar dit project zet zich in om die blokkade op te heffen en vismigratie te verbeteren. In het project van de migratierivier wordt een zes kilometer lange rivier dwars door de dijk aangelegd die ervoor zal zorgen dat vissen meer tijd en ruimte krijgen om te migreren en te acclimatiseren (Calles et al., 2014; De Afsluitdijk, z.d.; Zawadowski et al., 2014). In een ander recent project, Holwerd aan Zee, liggen ook kansen om de vismigratie te verbeteren. Dit project wordt uitgevoerd bij het Friese dorp Holwerd, gelegen aan de Waddenzee in de gemeente Noordest Fryslân. Dit dorp kent al geruime tijd een achteruitgang in de leefbaarheid, de werkgelegenheid en het welzijn. Het project Holwerd aan Zee heeft 'leefbaarheid, omzet en banen' als doelstelling en heeft als belangrijkste streven om de oorspronkelijke relatie tussen Friesland en de Waddenzee te herstellen. Om deze oorspronkelijke relatie te herstellen, heeft de stichting meerdere ideeën. Eén van deze ideeën is het realiseren van een dijkdoorbraak (Holwerd aan Zee, z.d.-a). In Nederland, waar zoals eerder genoemd veel wordt gedaan om het water juist weg te houden, is het doorbreken van de zeedijk een vrij controversieel idee. Een dijkdoorbraak zorgt er direct voor dat het water van de Waddenzee opnieuw in verbinding komt met de Friese binnenwateren. Deze verbinding brengt veel kansen voor natuurontwikkeling, zo ook voor vismigratie.

Met de wetenschap dat het aantal Europese alen blijft afnemen, is het interessant om te kijken welke invloed het project Holwerd aan Zee kan hebben op deze soort. Het project zou namelijk een positieve invloed kunnen hebben op de migratie van de Europese aal. Met de dijkdoorbraak wordt er letterlijk een blokkade weggehaald, waardoor zowel de intrek van glasaal als de terugkeer naar zee van de schieraal eventueel gemakkelijker wordt. Tot nu toe is het echter nog onbekend of het project daadwerkelijk invloed zal hebben op de migratie van de Europese aal. Het is daarom interessant om uit te zoeken of dit project daadwerkelijk effect kan hebben op de migratie van de Europese aal en op welke manier de palingmigratie verder gestimuleerd kan worden. Met deze achterliggende gedachte is een onderzoek opgesteld die deze mogelijkheden zal bestuderen. In dit onderzoek wordt gewerkt met de volgende hoofdvraag:

“In hoeverre kan het project Holwerd aan Zee bijdragen aan een optimale palingmigratie?”

Om een antwoord te vinden op de hoofdvraag, is er in dit onderzoek gewerkt met de volgende deelvragen:

- Welke biologische factoren spelen een rol bij palingmigratie?
- Wat is de huidige manier van migreren voor Europese alen van de Waddenzee naar de Friese binnenwateren?
- Welke projecten met betrekking tot palingmigratie zijn er en wat kunnen deze bijdragen aan Holwerd aan Zee?
- Wat zijn de ideale omstandigheden voor migratie van de Europese aal?
- Welke obstakels zijn er in Friesland en verder landinwaarts van invloed op de palingmigratie?

Van tevoren wordt verwacht dat het project tot op zekere hoogte kan bijdragen aan de palingmigratie. Zo wordt er gedacht de dijkdoorbraak ervoor zal zorgen dat de intrek van glasaal en de uittrek van schieraal gemakkelijker zal gaan. Hierdoor zal het project waarschijnlijk ook gaan bijdragen aan het herstel van de palingstand en de algehele visstand in Friesland.

1.1 Leeswijzer

Dit rapport is zo opgebouwd dat na de inleiding in hoofdstuk 1, de materiaal en methode volgt in hoofdstuk 2. De materiaal en methode zal beschrijven op welke manier het onderzoek is uitgevoerd. Het daaropvolgende hoofdstuk 3, zal de resultaten van het onderzoek weergeven. Hoofdstuk 4 behandelt de discussie. Het laatste hoofdstuk (hoofdstuk 5) bevat de conclusie en enkele aanbevelingen wat betreft verder onderzoek.

2. Materiaal en methode

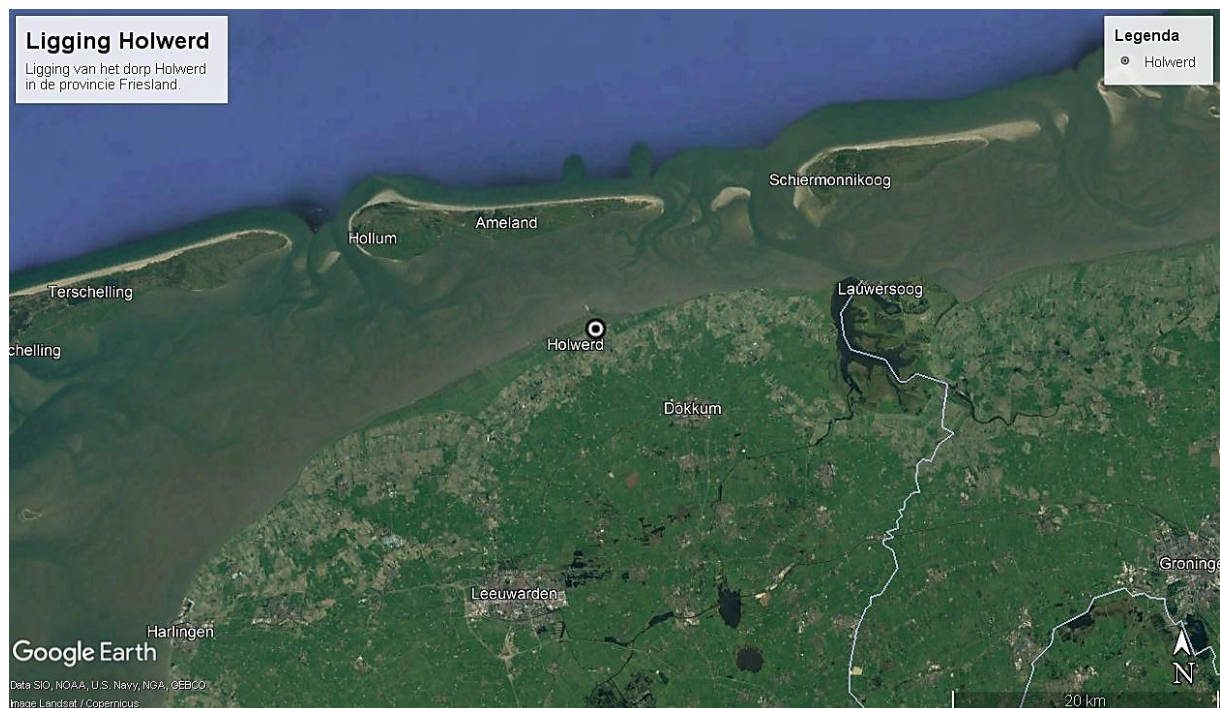
Om uit te zoeken hoe het project Holwerd aan Zee kan bijdragen aan een optimale palingmigratie, werd een literatuurstudie uitgevoerd. De eerste stap in deze literatuurstudie was het verzamelen van bronnen. Deze bronnen werden vervolgens doorzocht op nuttige informatie. Wanneer de informatie uit bepaalde bronnen bruikbaar werd bevonden, werden deze bronnen opgeslagen in een database. Vervolgens werd de informatie gefilterd, om als eerst de deelvragen te kunnen beantwoorden. Met behulp van de beantwoorde deelvragen, werd uiteindelijk een antwoord gevormd op de hoofdvraag.

De volgende paragrafen zullen uitgebreid beschrijven welke criteria er werden gebruikt in de uitvoering van de literatuurstudie. Ook zal er worden toegelicht hoe de gevonden informatie gefilterd en verwerkt werd. In die hierop volgende paragraaf, zal echter als eerst het projectgebied worden beschreven. Dit om een duidelijker beeld te geven welk gebied er op welke manier zal worden beïnvloed door het project Holwerd aan Zee.

2.1 Gebiedsbeschrijving

Zoals eerder beschreven, wordt het project Holwerd aan Zee uitgevoerd bij het Friese dorp Holwerd. Dit dorp ligt in het noorden van de provincie Friesland en is onderdeel van de gemeente Noardeast Fryslân, of Noordoost Friesland. Figuur 1 hieronder, geeft de ligging van het dorp in de provincie Friesland weer.

Figuur 1 Ligging Holwerd in de provincie Friesland



Holwerd ontstond als een terpdorp en werd vanwege de gunstige ligging al snel een belangrijke en levendige handelsplaats. Ondanks dat het dorp tegenwoordig nog welbekend is als het vertrekpunt voor de oversteek naar Ameland, heeft het sinds een aantal jaar te maken met vergrijzing en krimp. Dit brengt verschillende sociale problemen met zich mee, zoals verpaupering, leegstand van panden en een afname van voorzieningen. (Holwerd aan Zee, z.d.-b; Plaatsengids.nl, 2020)

Om deze problemen aan te pakken, is daarom onder andere het project Holwerd aan Zee opgezet. Aan de noordkant van Holwerd, grenst het dorp aan de Waddenzee (Plaatsengids.nl, 2020). Dit zal dan ook de locatie worden voor het project Holwerd aan Zee. In figuur 2 is het projectgebied gevisualiseerd door middel van een witte omlijning. Dit projectgebied is gebaseerd op beelden van Holwerd aan Zee (z.d.). Binnen dit projectgebied zal de zeedijk worden doorbroken, waardoor het Waddenzeewater weer in verbinding kan komen met het binnenwater. Om dit mogelijk te maken, wordt er door de buitendijkse kwelder een vaargeul gegraven. Deze vaargeul zal binnendijs uitmonden op een meertje. Dit meertje staat vervolgens via de Holwerdervaart in verbinding met het binnenwater.

Figuur 2 Ligging van het projectgebied Holwerd aan Zee



Naast het doen van de literatuurstudie werd het gebied bij Holwerd ook eens bezocht. Dit bezoek heeft op 27 juli 2021 plaatsgevonden. Er is specifiek gekeken naar de plaats waar het project Holwerd aan Zee zal worden uitgevoerd. Dit bezoek was puur om persoonlijk een indruk te krijgen van het gebied. Van het project was in het veld namelijk nog niets te zien. Tijdens het bezoek werd een duidelijk beeld gevormd van de omgeving en is er met inbeelding een inzicht gevormd in de uiteindelijke vormgeving van het project Holwerd aan Zee.

2.2 Opzet literatuuronderzoek

Het project Holwerd aan Zee is momenteel enkel nog een projectplan. Op papier vordert het project gestaag, maar de fysieke uitvoering is nog niet rond. In het veld is er dus nog weinig te merken van het project. Daarom was het niet mogelijk om daadwerkelijke proeven en onderzoeken te doen aan de aanwezige palingpopulatie en de migratie ervan. Vandaar dat dit onderzoek naar de bijdrage van Holwerd aan Zee aan de palingmigratie, werd gedaan in de vorm van een literatuuronderzoek.

Om in dit literatuuronderzoek een antwoord te vinden op de hoofdvraag, werden eerst de vijf deelvragen beantwoord. Dit betekende dat er eerst per deelvraag werd gezocht naar informatie. Bruikbare informatie werd dan verwerkt in de resultaten. Zo zijn er dus eerst per deelvraag, resultaten gevormd. De resultaten van deze deelvragen, werden vervolgens verwerkt tot een samenvattend en concluderend stuk, om de hoofdvraag te beantwoorden.

De verzameling van bruikbare bronnen en de verwerking van de informatie, ging aan de hand van een aantal stappen en criteria. Deze zullen in de volgende paragrafen verder behandeld worden.

2.3 Gebruikte zoekmachines en databases

Bruikbare informatie werd gezocht met behulp van een aantal zoekmachines en databases. Deze zijn uitgezocht op relevantie en betrouwbaarheid. De mate van relevantie en betrouwbaarheid, werd gebaseerd op verschillende aspecten. Zo werd bijvoorbeeld Google gebruikt om meer algemene informatie en bronnen op te zoeken. Hieronder vielen onder andere, de niet-wetenschappelijke bronnen. Naast Google, zijn er nog een tal andere zoekmachines en databases gebruikt. Deze zijn vooral gebruikt om wetenschappelijke artikelen en informatie te vinden. In tabel 1, staan alle gebruikte zoekmachines en databases met de bijbehorende weblink op alfabetische volgorde vermeld.

Tabel 1 Gebruikte zoekmachines en databases

Zoekmachine / database	Weblink
Google	https://www.google.com
Google Scholar	https://scholar.google.com
ICES	https://www.ices.dk
Mendeley	https://www.mendeley.com
Nature	https://www.nature.com
ResearchGate	https://www.researchgate.net
ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com
SpringerLink	https://link.springer.com
Wiley Online Library	https://onlinelibrary.wiley.com
WUR Library	https://www.library.wur.nl

2.4 Zoektermen

Binnen de voorgenoemde zoekmachines en databases, werd er met verschillende zoektermen gewerkt, om tot de juiste informatie te komen. Er werd zowel in het Engels als in het Nederlands gezocht. Dit werd gedaan om de kans te vergroten dat er bruikbare bronnen werden gevonden. Daarnaast werd er gewerkt met veelgebruikte zoektermen en met een samenstelling van zoektermen. Onder de veelgebruikte zoektermen vallen termen die vrijwel in elke zoekopdracht werden gebruikt. In de samenstelling van termen werden veelgebruikte termen gepaard met andere relevante termen.

Om de hoofdvraag te beantwoorden, zijn eerst de deelvragen apart beantwoord. Hierdoor ontstonden er verschillen in de zoektermen. Zo zijn er algemene zoektermen, die zijn gebruikt om achtergrondinformatie te vergaren. Hiermee zijn onder andere de inleiding, delen van de materiaal en methode, de discussie en de conclusie opgesteld. Naast de algemene zoektermen, zijn er per deelvraag ook bepaalde zoektermen gebruikt. In tabel 2 hieronder, zijn als eerst de algemene zoektermen in te zien. De termen staan niet op alfabetische volgorde, maar op volgorde van hoe vaak deze gebruikt werden.

Tabel 2 Gebruikte algemene zoektermen. Op volgorde van meest gebruikt naar minst gebruikt.

Zoektermen	
Veelgebruikte termen	Samenstelling van termen
English	
European eel	European eel: Decline / life cycle / population / migration / distribution area
Waddensea	Waddensea: Dutch / Frisian / area description / common fish / fish population / European eel population OR migration
Fish migration	Fish migration: Dutch OR Frisian migration routes / location / catadromous fish
Nederlands	
Europese aal	Europese aal: In Nederland / populatie / visstand / afname / (optimale) leefomstandigheden / leefgebied
Paling	Paling: Migratie / leefgebied / toepassing / belang in het ecosysteem / stand
Holwerd aan Zee	Holwerd aan Zee: Gebied OF gebiedsomschrijving / project / ontwikkeling / plannen
Waddenzee	Waddenzee: Gebied OF gebiedsbeschrijving / systeem / voedselketen / visstand / vismigratie / aansluiting op binnenwateren
Vismigratie	Vismigratie: In Nederland / in Friesland / in de Waddenzee

In de tabellen hieronder, volgen de zoektermen die gebruikt werden om een antwoord te kunnen vormen op de deelvragen. De termen staan wederom niet op alfabetische volgorde, maar op volgorde van hoe vaak deze gebruikt werden. Dit geldt voor de tabellen van alle deelvragen. Tabel 3 geeft als eerst weer, welke zoektermen er werden gebruikt om resultaten te kunnen vinden voor de eerste deelvraag; ‘Welke biologische factoren spelen een rol bij palingmigratie?’

Tabel 3 Gebruikte zoektermen voor beantwoording van deelvraag 1. Op volgorde van meest gebruikt naar minst gebruikt.

Zoektermen	
Veelgebruikte termen	Samenstelling van termen
English	
European eel	European eel: Biological factors OR needs
Eel migration	Eel migration: Necessary factors for migration
Nederlands	
Europese aal	Europese aal: Biologische factoren OF benodigdheden

In tabel 4, wordt weergegeven welke zoektermen er werden gebruikt om een antwoord te vormen op de tweede deelvraag; ‘Wat is de huidige manier van migreren voor Europese alen van de Waddenzee naar de Friese binnenwateren?’

Tabel 4 Gebruikte zoektermen voor beantwoording van deelvraag 2. Op volgorde van meest gebruikt naar minst gebruikt.

Zoektermen	
Veelgebruikte termen	Samenstelling van termen
English	
Eel migration	Eel migration: Locations/possibilities / options / Wadden Sea OR Frisian
Fish migration	Fish migration: Locations Wadden Sea OR Frisian waters OR Netherlands
Nederlands	
Palingmigratie	Palingmigratie: Waddenzee OF Friese wateren OF Nederlandse schaal
Vismigratie	Vismigratie: Locaties Friesland OF Waddenzee OF Nederland

Hieronder in tabel 5, worden de zoektermen weergegeven, die zijn gebruikt om resultaten te vormen voor deelvraag 3; 'Welke projecten met betrekking tot palingmigratie zijn er en wat kunnen deze bijdragen aan Holwerd aan Zee?'

Tabel 5 Gebruikte zoektermen voor beantwoording van deelvraag 3. Op volgorde van meest gebruikt naar minst gebruikt.

Zoektermen	
Veelgebruikte termen	Samenstelling van termen
English	
Fish migration	Fish migration: Successful OR effective projects / successful OR effective options / fish friendly alternatives
Eel migration	Eel migration: Successful OR effective projects / possibilities / locations / Europe OR Netherlands
Fish ways	Fish ways: Successful OR effective projects / Europe
Nederlands	
Vismigratie	Vismigratie: (Succesvolle) projecten / migratierivier / vistrappen / door sluizen OF dijken OF waterkrachtcentrales OF waterbouwwerken
Palingmigratie	Palingmigratie Projecten / locaties / mogelijkheden / monitoring / Europa OF Nederland
Vispassages	Vispassages: (Noord)Nederland / veel gebruikt / Buitenland
Vismigratierivier	Vismigratierivier: Afsluitdijk

Tabel 6 geeft een overzicht van de termen die zijn gebruikt om een antwoord te kunnen formuleren op deelvraag 4; 'Wat zijn de ideale omstandigheden voor migratie van de Europese aal?'

Tabel 6 Gebruikte zoektermen voor beantwoording van deelvraag 4. Op volgorde van meest gebruikt naar minst gebruikt.

Zoektermen	
Veelgebruikte termen	Samenstelling van termen
English	
Fish migration	Fish migration: Ideal circumstances
Eel migration	Eel migration: Ideal circumstances
Fish ways	Fish ways: Best working / varieties
Nederlands	
Vismigratie	Vismigratie: Ideale omstandigheden / benodigdheden
Palingmigratie	Palingmigratie: Ideale omstandigheden / benodigdheden
Vispassages	Vispassages: Succesvol / visvriendelijk

De tabel hieronder (tabel 7) geeft de zoektermen weer, waarmee informatie werd opgezocht voor de beantwoording van de vijfde en laatste deelvraag; 'Welke obstakels zijn er in Friesland en verder landinwaarts van invloed op de palingmigratie?'

Tabel 7 Gebruikte zoektermen voor beantwoording van deelvraag 5. Op volgorde van meest gebruikt naar minst gebruikt.

Zoektermen	
Veelgebruikte termen	Samenstelling van termen
English	
Obstacles	Obstacles: Fish OR eel migration Netherlands OR Frisian waters OR inland
Nederlands	
Obstakels	Obstakels: Vismigratie OF palingmigratie Nederland OF Friesland OF landinwaarts
Knelpunten	Knelpunten: Vismigratie OF palingmigratie Nederland OF Friesland / sluizen OF dijken OF waterkrachtcentrales OF waterbouwwerken

2.5 Criteria in het zoeken naar betrouwbare en bruikbare bronnen

De bronnen die aan de hand van de eerder beschreven zoektermen waren gevonden, werden eerst beoordeeld op betrouwbaarheid, voordat deze werden overwogen om te gebruiken. Om die betrouwbaarheid vast te stellen, werd ten eerste de samenvatting van een artikel doorgenomen om relevante informatie te vinden. Wanneer de samenvatting een goede indruk gaf, werden nog de inleiding, de discussie en de conclusie van hetzelfde artikel doorgenomen. Als deze inleiding, discussie en conclusie veel criteria voor bruikbare bronnen bevatten, werd besloten om de bron te gebruiken in het onderzoek. De criteria die bepalen of een bron wel of niet bruikbaar was, zijn in een overzicht in tabel 8 geplaatst.

Tabel 8 Gestelde criteria voor bruikbaarheid bronnen

Bruikbare bronnen	Onbruikbare bronnen
Artikel gebruikt heldere Nederlandse of Engelse taal	Artikel is geschreven in een andere taal dan Nederlands of Engels
(Veel) gebruik van vaktaal	Tekst bevat relevante informatie maar is te kinderlijk of onprofessioneel geschreven
Bevat (alle) zoektermen die zijn gebruikt om tot de bron te komen	Artikel gebruikt relevante zoektermen in een andere context dan gewenst is
Artikel is peer reviewed OF is gepubliceerd in een journal OF gepubliceerd in een vaktijdschrift	
Artikel is gevonden op een vak website OF gevonden op een website die direct te maken heeft met het project Holwerd aan Zee OF gevonden met behulp van een van de eerdergenoemde zoekmachines/databases	
Artikel is (redelijk) recent en in ieder geval niet ouder dan 20 jaar	

2.6 Verwerking van bruikbare informatie

Wanneer de gevonden artikelen en bronnen voldeden aan de criteria van een betrouwbare en bruikbare bron, werd de nuttige informatie eruit gehaald. Of informatie nuttig was, verschilde per deelvraag. Daarom zijn er per deelvraag ook bepaalde criteria aan te duiden voor de toepasbaarheid en bruikbaarheid van informatie. Deze zullen hieronder worden besproken.

De eerste deelvraag ging in op de biologische factoren die een rol spelen bij palingmigratie. De informatie die hiervoor werd opgezocht, ging in op deze specifieke factoren en zocht uit welke factoren dit precies zijn. De mate van relevantie en bruikbaarheid van de informatie, werd vooral gebaseerd op de betrouwbaarheid van de bron waar het in werd gevonden. De informatie voor beantwoording van deze deelvraag, werd namelijk vooral gevonden in wetenschappelijke artikelen.

Om een antwoord te vormen op de tweede deelvraag, is onderzocht op welke punten in Friesland migratie mogelijk is, en hoe de migratie daar in werking gaat. In het bijzonder werd er gekeken naar de glasaalmigratie van de Waddenzee naar de binnenwateren, en naar de schieraalmigratie van de binnenwateren terug naar de Waddenzee. Met de binnenwateren wordt in dit onderzoek vooral gefocust op het IJsselmeer en het Friese boezemstelsel. De Friese boezemwateren zijn het centrale watersysteem van de provincie Friesland. Het is een aaneengesloten stelsel van kanalen, vaarten en meren. De belangrijkste afwateringspunten van de Friese boezem zijn Dokkumer Nieuwe Zeilen, Harlingen en het Lauwersmeer (van Booma, 2013). Voor trekvis, waaronder de Europese aal, zijn deze locaties de belangrijkste plaatsen om te migreren (Veenings et al., 2011).

Voor de beantwoording van de derde deelvraag, werd gezocht naar verschillende projecten die te maken hebben met palingmigratie. Omdat er in dit onderzoek wordt gefocust op de Europese aal, is gekeken naar projecten in Friesland, Nederland en andere landen waar de Europese aal voorkomt. Projecten buiten het leefgebied van de Europese aal zijn niet meegenomen. In het beoordelen van relevantie van een project, is geselecteerd op hoe succesvol of relevant desbetreffende project is. De mate van succes, werd bepaald door het aantal vissen of alen dat levend door de migratieplaats kan komen of komt. Daarnaast is er ook gelet op welke factoren ervoor zorgen dat deze projecten dan juist wel of niet succesvol zijn. Er is echter niet alleen op bestaande, reeds uitgevoerde projecten gefocust, maar ook op projecten die succesvol lijken te zijn voor de toekomst. Deze mate van succes werd dan gebaseerd op zowel literatuur als een persoonlijke voorstelling.

De vierde deelvraag focust op de ideale omstandigheden voor palingmigratie. Met deze deelvraag werd gevraagd, waar op gelet moet worden om ideale migratieomstandigheden voor de Europese aal te creëren. Om deze vraag te beantwoorden, is onder andere gebruik gemaakt van de reeds verzamelde en behandelde data maar er is ook in de literatuur gezocht naar bruikbare informatie. Bruikbaarheid en betrouwbaarheid werden gebaseerd op relevantie van de bronnen aan de hand van de hiervoor opgestelde criteria.

De vijfde en laatste deelvraag keek naar landinwaartse obstakels. De landinwaartse obstakels werden verder onderverdeeld in algemene obstakels en obstakels in Friesland. De algemene obstakels werden uitgezocht op Nederlandse schaal, om een inzicht te krijgen in veel voorkomende knelpunten en de ernst ervan. Voor de obstakels in Friesland, werd gezocht naar obstakels en knelpunten op de migratieroute van de provincie Friesland richting het achterland. Dit om in beeld te brengen welke effecten er op kleinere schaal merkbaar zijn. De gevonden informatie voor de onderverdeelde obstakels, werd relevant of niet relevant bevonden aan de hand van de bronnen waarin het werd gevonden. De bronnen moesten namelijk actueel, betrouwbaar en binnen het vakgebied zijn.

2.7 Mendeley

Zoals eerder genoemd, werden alle goedgekeurde en bruikbaar bevonden bronnen opgeslagen in een database. De database die gebruikt werd, was Mendeley. In dit programma werden de bronnen nogmaals uitgebreid doorgenomen. Het programma had de optie om tekst te markeren en opmerkingen te plaatsen, waar gebruik van werd gemaakt wanneer er belangrijke of interessante stukken tekst werden gevonden. Het programma Mendeley kon overigens ook gekoppeld worden aan het programma Word, wat de bronvermelding ook gemakkelijker maakte. Uiteraard moest er wel in de gaten worden gehouden of de bronvermelding aan de Nederlandse APA richtlijnen voldeed.

3. Resultaten

In dit onderzoek werd uitgezocht in hoeverre het project Holwerd aan Zee zou kunnen bijdragen aan een optimale palingmigratie. Zoals eerder genoemd, is dit gedaan door middel van een literatuurstudie. In het onderzoek is gewerkt met een hoofdvraag en daarbij vijf deelvragen. De antwoorden op de deelvragen dragen direct bij aan het vormen van een antwoord op de hoofdvraag. In de volgende paragrafen zullen daarom per deelvraag de resultaten worden getoond.

3.1 Biologische factoren die een rol spelen bij palingmigratie

Bij de migratie van de Europese aal spelen diverse biologische factoren een rol. Onder de biologische factoren worden zaken als instinct, intrinsieke stimulansen van de aal en ook natuurlijke omstandigheden verstaan. De volgende subparagrafen belichten de belangrijkste biologische factoren die een rol spelen bij de palingmigratie

3.1.1 Geur

De Europese aal heeft een sterk ontwikkeld reukvermogen en sommige geurstoffen spelen hierop in. Specifieke geurstoffen spelen een rol in onder andere het vinden van voedsel en soortgenoten, maar ook in het migreren (Kroon et al., 2013). Zo kan glasaal over grote afstanden de zoete wateren ruiken. Uitstromend zoet water kan op deze manier functioneren als een lokstroom. In een natuurlijke situatie duidt zoet water namelijk op een riviermonding. Veel zoet water duidt dan weer op ruime binnenwateren waar de glasaal in kan opgroeien (van Calsteren, 2015).

Hoe de geur van zout water inwerkt op volwassen schieraal, is vooralsnog niet bekend. Maar het is aannemelijk dat uitstromend zout water voor volwassen schieraal kan dienen als lokstroom. Door de geur van het zoute water te volgen, kan de schieraal namelijk weer bij de zee en uiteindelijk de Sargassozee komen, waar deze zal voortplanten.

3.1.2 Maanstand

De maanstand heeft een groot effect op het migratiegedrag van de Europese aal. Zo heeft de stand van de maan invloed op alle levensfasen van de aal. Op zee, bepaalt de maanstand de diepte waarop de larven van de aal (leptocephali) zwemmen. Bij volle maan bijvoorbeeld, zwemmen de leptocephali op grotere diepte dan bij andere maanstanden. Ook wordt de oriëntatie op zee beïnvloed door de maanstand en is ook de aankomst bij de kust afhankelijk van de maan. Bij nieuwe of volle maan zijn de aantallen glasaal die bij de kust arriveren het hoogst. Schieraal zal zowel tijdens volle als nieuwe maan vanuit de binnenwateren migreren richting de zee. Voor schieraal geldt ook dat deze bij volle maan op grotere diepte zwemmen (Cresci, 2020).

3.1.3 Getijdenwerking

Direct onder invloed van de maan, werkt de getijdenwerking. Deze draagt ook sterk bij aan het gedrag van migrerende alen. Zo trekken glasalen vooral landinwaarts wanneer het vloed is. Wanneer het eb is, blijven glasalen meer bij de bodem (Klein Breteler, 2005). Schieralen daarentegen, trekken terug naar zee wanneer het eb is (Cresci, 2020).

Getijdenwerking kan ook terugkomen in verschillende migratieplekken. Vele vispassages zijn namelijk ook getijde-afhankelijk. Zo zijn sommige passages alleen te bereiken wanneer het vloed is. De opening van deze passages ligt dan op zo'n hoogte, dat deze alleen bereikbaar is tijdens vloed. Omdat de glasaal landinwaarts trekt bij vloed, is een dergelijke passage nuttig voor de glasaal.

3.1.4 Magnetisch veld

Om zich te oriënteren tijdens migratie, maakt glasaal gebruik van een soort intern kompas dat aansluit op het magnetisch veld van de aarde. Dit betekent dat de glasaal een richtingsgevoel van noord, oost, zuid en west heeft. Het interne kompas sluit bovendien ook nauw aan op de getijdenwerking en de stand van de maan (Cresci, 2020).

3.1.5 Watertemperatuur

De periode waarin glasaal van de zee naar de binnenwateren migreert, is afhankelijk van de watertemperatuur. Bij een zeewatertemperatuur van zo'n 10 tot 12°C, trekt glasaal actief naar de binnenwateren. In het voorjaar, wanneer de temperatuur van het water nog onder de 10°C ligt, ontstaat hierdoor een verzameling van glasaal op migratieplaatsen (Brenninkmeijer & Wymenga, 2007; Wintermans, 2014). Voor de deuren van diverse waterbouwwerken aan de Friese kust maken de alen zich klaar om te migreren. Wanneer het water de geschikte temperatuur heeft, zullen de glasalen de binnenwateren betreden. Eventueel kan dit door menselijk handelen beïnvloed worden, door de sluisdeuren te openen wanneer het de geschikte temperatuur van tussen de 10 en 12° is.

3.1.6 Waterkwaliteit

Waterkwaliteit is een factor die niet direct bijdraagt aan de palingmigratie, maar is wel een factor die bepaalt of de Europese aal ergens kan voorkomen. De aal heeft een voorkeur voor zuurstof- en voedselrijk water. De kwaliteit van het water heeft direct invloed op de zuurstofrijkdom en het aanbod van voedsel. Daarnaast moet er voor de aal voldoende beschutting aanwezig zijn. Alen hebben overdag namelijk een voorkeur voor beschutte plaatsen. In het zoute water functioneren mosselbanken of stenen als dergelijke schutplaatsen. In de zoete binnenwateren voldoen waterplanten en beschoeiingen als beschutting (Wintermans, 2014).

3.2 Huidige manier van palingmigratie

Wanneer de aal tussen de Waddenzee en de binnenwateren wil migreren, komt deze meerdere obstakels tegen. Waterbouwwerken als dijken, gemalen en sluizen zorgen ervoor dat zowel het IJsselmeer als de kust van Friesland afgesloten zijn van de Waddenzee (Huisman, 2017). Toch zijn er een aantal punten waar het voor de Europese aal mogelijk is om tussen de Waddenzee en de binnenwateren te migreren. In dit hoofdstuk worden de grootste en belangrijkste migratiepunten belicht. Daarnaast wordt toegelicht wat de migratiemogelijkheden zijn op deze punten.

3.2.1 De Afsluitdijk

De Afsluitdijk werd in 1932 aangelegd met waterveiligheid als belangrijkste reden. Deze dijk bracht echter grote veranderingen aan in de natuur. De Waddenzee en de Zuiderzee werden namelijk van elkaar afgesloten, waardoor de geleidelijke overgang van zoet naar zout water verdween en de Zuiderzee in het IJsselmeer veranderde. Dit beïnvloedde de migratieroutes van vele vissen, waaronder ook de Europese aal (Calles et al., 2014; van Calsteren, 2015).

Tegenwoordig heeft de Afsluitdijk twee verbindingen tussen de Waddenzee en het IJsselmeer, één bij Den Oever en één bij Kornwerderzand. De sluizencomplexen die deze verbindingen mogelijk maken, bevatten schutsluizen voor de scheepvaart en spuisluizen die een rol spelen in het waterbeheer. De spuisluizen worden zo gestuurd dat alleen het zoete water naar de Waddenzee kan stromen, er stroomt geen zout water het IJsselmeer in. Het zoete water dat naar de Waddenzee stroomt, vormt voor diverse migrerende vissen een lokstroom (van Calsteren, 2015).

Ook glasaal wordt door deze lokstroom aangetrokken. De geur van het zoete water zorgt ervoor dat glasaal richting de spuisluisen trekt. Wanneer de spuisluisen opengaan, kan glasaal naar het IJsselmeer trekken. Ondanks dat er op een visvriendelijke manier wordt gespuid, is de stroomsnelheid van het water voor de glasaal vaak te hoog. Glasaal is geen sterke zwemmer en krijgt hierdoor niet altijd kans om daadwerkelijk door de sluis te zwemmen. De alen wachten soms dagen tot wel wekenlang voor de deuren van de spuisluisen, voordat ze naar het zoete water migreren (Bult & Dekker, 2007; Calles et al., 2014; van Calsteren, 2015). Naast de hinder van de stroomsnelheden, krijgt glasaal ook te maken met een abrupte overgang van zout water naar zoet water. Hierdoor is er weinig tijd om te acclimatiseren, hetgeen problemen kan veroorzaken voor de glasaal (van Calsteren, 2015).

Volwassen schieraal die weer naar de Waddenzee trekt, maakt ook gebruik van de spuisluisen in de Afsluitdijk. Deze aal kan gemakkelijk met het uitspoelende, zoete water door de sluisen meezwemmen. Hierdoor ondervindt schieraal aanzienlijk minder hinder in de migratie dan de glasaal. Maar ook voor deze aal geldt dat er weinig tijd is om te acclimatiseren. De schieraal krijgt hier namelijk te maken met de abrupte overgang van zoet naar zout water (van Calsteren, 2015).

3.2.2 Lauwersmeer

Het Lauwersmeer kent ongeveer dezelfde geschiedenis als het IJsselmeer. Net als het IJsselmeer was het Lauwersmeer vroeger een zee en was dit een plaats voor trekvissen, waaronder de Europese aal, om vrij te migreren tussen de Waddenzee en de binnenwateren. Om onder andere waterveiligheidsredenen, werd de Lauwerszee in 1969 afgesloten door middel van een dijk. De geleidelijke overgang van zoet water naar zout water verdween en de Lauwerszee veranderde in het Lauwersmeer. Vanaf toen waren spuisluisen en een schutsluis de enige verbinding tussen de Waddenzee en het Lauwersmeer (Zoutkamp.net, z.d.). Tot voor kort konden vissen, en dus ook de alen, alleen gebruik maken van de uitwaterende spuisluisen om te migreren (Huisman, 2017).

Tegenwoordig is het Lauwersmeer voorzien van visvriendelijk sluisbeheer. De sluisdeuren zijn voorzien van rinketten, een schuifmechanisme dat ervoor zorgt dat water in en uit de sluis kan stromen. De rinketten kunnen gemakkelijk geopend worden zonder dat de sluisdeuren geheel open hoeven. Dit maakt de vismigratie gemakkelijker. In de belangrijke migratieseizoenen, het voorjaar en najaar, kunnen de rinketten geopend blijven en kunnen onder andere glasaal en schieraal makkelijk migreren tussen de Waddenzee en het Lauwersmeer. Door middel van een lokstroom kunnen de migrerende alen de ingang van de migratiedoorgang vinden (Vissen voor verbinding, 2020). Ondanks dat het migreren hier vrij gemakkelijk gaat door het visvriendelijke sluisbeheer, zal de aal ook hier te maken hebben met een vrij abrupte overgang tussen zoet en zout water.

3.2.3 Dokkumer Nieuwe Zijlen

Dokkumer Nieuwe Zijlen is een sluispunt dat aansluit op het Lauwersmeer. Alen die via het Lauwersmeer willen migreren van en naar de Friese binnenwateren, krijgen direct te maken met dit sluispunt. Vismigratie gaat hier echter lastig (Visstandbeheercommissie.nl, z.d.). Er wordt op deze locatie namelijk gewerkt met spuisluisen. Voor zover bekend, wordt er op deze locatie niets gedaan aan visvriendelijk spuien en is deze niet voorzien van een vispassage.

3.2.4 Harlingen

Het afwateringspunt Harlingen ligt direct aan de Waddenzee. In de zeehaven van Harlingen bevinden zich spuisluizen die de verbinding met de Waddenzee mogelijk maken. Deze spuisluizen waren in het verleden een harde scheiding tussen zoet en zout water en daarmee een blokkade voor migrerende vissen. Om de migratie voor verschillende vissoorten, waaronder de aal, op deze locatie gemakkelijker te maken, zijn er in 2015 rinketten aangebracht in de sluisdeuren. Het principe van de rinketten in de sluizen van Harlingen, is hetzelfde als de rinketten in de sluizen van het Lauwersmeer. Ook hier kunnen migrerende alen de ingang vinden via een zoetwater lokstroom en hebben de alen vrije kans om te migreren (Bruins Slot & Terwischa, 2016).

3.3 Projecten met betrekking tot palingmigratie

Verschiedende projecten zetten zich in om de binnenwateren van Nederland en de rest van Europa meer bereikbaar te maken voor de Europese aal. In de volgende subparagrafen wordt een aantal van deze projecten belicht. Er is gekeken naar projecten in Friesland, de rest van Nederland en in andere Europese landen.

3.3.1 Vismigratierivier Afsluitdijk

In 2021 is op de Afsluitdijk een project van start gegaan, waarbij gewerkt wordt aan een visvriendelijke migratierivier. Ondanks dat dit project naar verwachting pas in 2024 opgeleverd wordt (Waddenvereniging, z.d.), is het een innovatief project om mee te nemen in het onderzoek naar vismigratieprojecten. Het kan nieuwe inzichten opleveren om te hypothetiseren over wat deze rivier kan betekenen voor de palingmigratie.

De vismigratierivier wordt een zes kilometer lange rivier dwars door de Afsluitdijk heen. De rivier wordt naast het sluizencomplex van Kornwerderzand gebouwd en zal uit drie onderdelen bestaan (Griffioen & Winter, 2019; Zawadowski et al., 2014). Hiervan is het eerste deel een twee kilometer lange zoutwater passage op zee, het tweede deel een honderd meter lange buis die door de dijk gaat, en het laatste deel een vier kilometer lange passage aan de IJsselmeerkant die brak tot zoet water zal bevatten. Er zullen bepaalde sluisdeuren worden geïnstalleerd die voorkomen dat het zoete water in het IJsselmeer zout wordt. Deze deuren worden onafhankelijk van de omliggende spuisluizen bediend, waardoor in- en uittrekkende vissen meer tijd hebben om te migreren (Zawadowski et al., 2014). De migratierivier is bruikbaar voor migratie van zout naar zoet, en van zoet naar zout. Dit maakt de rivier een interessante plaats voor zowel glasaal als schieraal. Bovendien zal er in de migratierivier een lage stroomsnelheid zijn. Dit biedt voor zwakkere zwemmers zoals glasaal meer kansen om naar de andere kant te migreren (Zawadowski et al., 2014). Daarnaast biedt de rivier een geleidelijke overloop van zout naar zoet water, en andersom van zoet naar zout water.

Migrerende alen krijgen

hierdoor de tijd die ze nodig hebben om te acclimatiseren aan de wisselende omstandigheden. De afbeelding in figuur 3 geeft de voorlopige indeling van de vismigratierivier weer. Met links de vismigratierivier afgebeeld en rechts de spui- en schutsluizen van Kornwerderzand (It Fryske Gea, z.d.).

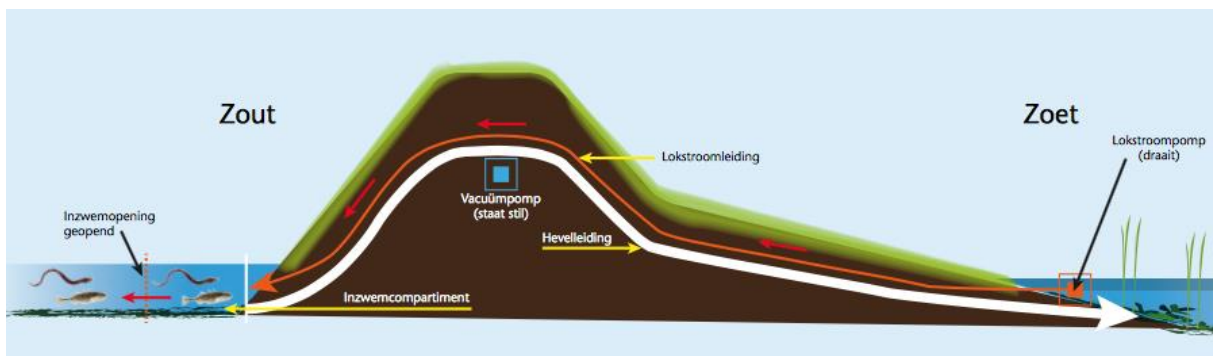
Figuur 3 Planplaatje vismigratierivier in de Afsluitdijk (It Fryske Gea, z.d.)



3.3.2 Roptazijl

Ten noorden van Harlingen, bij Roptazijl, was in het verleden geen mogelijkheid voor vissen om de zeedijk te passeren (Wetterskip Fryslân, 2011). In 2001 is daarom op deze locatie een vispassage gerealiseerd. De passage werkt alleen van zout naar zoet en laat vissen passeren door middel van een vishevel. Dit gaat als volgt: aan de zeezijde worden vissen met behulp van een zoetwater lokstroom naar de ingang van de hevel geleid. Via twee openingen kunnen vissen naar een betonnen bak zwemmen. Deze bak sluit na een bepaalde tijdsperiode (twee uur) af en vervolgens wordt het water met de vissen erin met behulp van een vacuümpomp naar de andere kant van de dijk gepompt (Kalt & de Vries, 2014). In figuur 4 is de werking van de vishevel gevisualiseerd (Zeilmaker, 2015).

Figuur 4 Visualisatie werking van de vishevel bij Roptazijl (Zeilmaker, 2015)



Kalt & de Vries (2014) onderzochten de effectiviteit van de vishevel bij Roptazijl. Dit onderzoek focuste zich op de effectiviteit voor enkele vissoorten, waaronder de Europese aal. Door verschillen in vangmethoden, lag het aantal gevangen alen in het binnenwater direct achter de vishevel hoger dan aan de zee kant van de hevel. Een betrouwbaar percentage kon er daardoor niet berekend worden (Kalt & de Vries, 2014). Wel toonden zowel dit onderzoek als andere onderzoeken aan dat de vishevel bij Roptazijl goed werkt en dat grote hoeveelheden alen succesvol de binnenwateren kunnen bereiken (Brenninkmeijer & Wymenga, 2007; Kalt & de Vries, 2014).

3.3.3 Zwarte Haan

Bij de locatie Zwarte Haan, nabij het Friese dorp Sint Jacobiparochie, bevindt zich een gemaal die afwatert via een kwelder. Om de in- en uittrek van diverse trekvisen te stimuleren, is er in 2016 bij dit gemaal een vispassage in de vorm van een vishevel operationeel geworden. De hoofdsoorten voor deze passage zijn de driedoornige stekelbaars en de glasaal en schieraal. Door middel van een zoetwater lokstroom kunnen de vissen aan de zee kant de ingang van de vishevel vinden (Huisman, 2017; Kalt & de Vries, 2014).

De vishevel bij Zwarte Haan werkt vrijwel volgens hetzelfde principe als de hevel bij Roptazijl. De vishevel bij Zwarte Haan is net als de hevel bij Roptazijl afhankelijk van het getijde en heeft daarmee ook dezelfde tijdsyclus van twee uur. Vervolgens sluit de verzamelbak weer en wordt het water met de vissen naar de andere kant geheveld. De vishevel bij Zwarte Haan is echter alleen in werking wanneer het gemaal ook aanstaat (Huisman, 2017).

Onderzoek naar de effectiviteit van de vishevel bij Zwarte Haan, heeft aangetoond dat de hevel veel vissoorten succesvol overzet. De aal echter, lijkt niet veel gebruik te maken van deze hevel. Het aanbod intrekende glasaal is aanzienlijk, maar uittrekkende schieraal maakt geen gebruik van de hevel (Huisman, 2017).

3.3.4 De Heining

Rekening houdend met klimaatverandering en zwaardere buien tot gevolg, werd in 2018 bij het dorp Marrum in 2018 een nieuw gemaal in de zeedijk gerealiseerd. Dit gemaal met de naam 'de Heining' zorgt ervoor dat een eventueel overschot of tekort aan water in de toekomst beter gereguleerd kan worden. Het gemaal is tevens een nieuwe verbinding tussen zoet en zout water. Aansluitend aan het gemaal is namelijk een stuk nieuwe natuur ingericht. Zo zijn er natuurvriendelijke oevers aangelegd, zijn er meerde waterbergingspunten ingericht en is er een brakwaterzone. Dit biedt een kans voor onder andere vismigratie. Om deze reden is er dan ook een nieuwe vispassage aangelegd naast het gemaal. (Programma naar een rijke Waddenzee, 2018).

De aangelegde vispassage is visvriendelijk ontworpen en heeft onder andere de glasaal en schieraal als doelsoort. De passage volgt het principe van een sluis. Eens per dag gaat de klep van de passage open, waarna de alen door een tunnel vrij heen en weer kunnen zwemmen. De vispassage is voorzien van zowel een zoete als een zoute lokstroom. Op deze manier worden zowel intrekkende glasalen, als uittrekkende schieralen richting de passage gelokt (Rijkswaterstaat, z.d.-a).

In het voorjaar van 2019 en 2020 werd de werking van de vispassage gemonitord (Rijkswaterstaat, z.d.-a). Er werd vooral gefocust op het succes van de overzet van glasaal. De monitoring werd uitgevoerd met behulp van de innovatieve glasaaldetector. De glasaaldetector is een opvangbak waar glasalen door middel van een lokstroom naar toe worden gelokt. Eens tot meerdere keren per week, werd deze bak geleegd waarbij alle in de bak aanwezige alen werden geteld.

Tijdens de monitoring werden in totaal 619 glasalen gevangen. Voor zover bekend, hebben al deze alen succesvol van zout naar zoet water kunnen migreren. Daarnaast zijn er aan de zoutwaterkant 138 glasalen voorzien van een kleurtag. Door middel van de vangst- terugvangst methode kon met deze alen aangetoond worden met welke snelheid de alen door de passage migreren. Zo werden er tot wel 45 dagen na de eerste vangst aan de zoutwaterkant, alen teruggevangen aan de zoetwaterkant. Dit toont aan dat de migratietijd kan wisselen en dat de glasalen bij deze passage ruim de tijd krijgen om te migreren (Winnovatie, 2021).

3.3.5 Hagestein

In de rivier de Lek ligt bij het Utrechtse dorp Hagestein een stuwcomplex. Deze stuw is voorzien van vizierschuiven die omlaag kunnen om het rivierwater tegen te houden. Samen met twee andere stuwen in de omgeving, zorgt stuw Hagestein ervoor dat het waterpeil hoog genoeg blijft voor de scheepvaart. De stuw bij Hagestein is voor het watermanagement in deze omgeving erg belangrijk, maar wanneer deze dicht is, vormt het een blokkade voor trekvissen (Rijkswaterstaat, z.d.-b).

Het stuwcomplex heeft daarom sinds 2004 een vispassage. Wanneer de schuiven van de sluizen gesloten zijn, kan deze vispassage door trekvissen worden gebruikt om de stuw te omzeilen en het peilverschil te overbruggen. De vispassage is een bekkenvistrap, waarbij het water via natuurstenen naar beneden stroomt. De natuurstenen vormen als het ware traptreden, vandaar de naam vistrap. In het midden van de traptreden zit een kleine sleuf zodat minder sterke zwemmers en kleinere vissen de trap ook kunnen nemen. De vistrap is ongeveer 200 meter lang met halverwege een scherpe bocht, waardoor er op een klein oppervlak toch een lange passage kan liggen. De vistrap overbrugt een peilverschil van ongeveer 2,5 meter en heeft plekken waar het water rustig stroomt zodat vissen ruimte hebben om te rusten. Figuur 5 toont een aanzicht van enkele traptreden van de vistrap (Rijkswaterstaat, z.d.-b).

Figuur 5 Enkele treden van de vistrap met gemaal Hagestein op de achtergrond (Rijkswaterstaat, z.d.-b)



In het voorjaar van 2005 en 2006 is de werking van deze vispassage gemonitord. Tijdens de monitoring zijn verschillende vissoorten bekeken die gebruik maken van de passage. Hieruit kwam naar voren dat ook de Europese aal gebruik maakt van, en baat heeft bij deze passage. Verschillende stadia van de aal hebben gebruik gemaakt van de passage bij Hagestein. Zo zijn er glasalen maar ook schieralen waargenomen. In het eerste monitoringsjaar in 2005, zijn er 23 alen geweest die de passage hebben gebruikt. Het jaar erop, in 2006, hebben 135 alen de passage gebruikt (Winter, 2006). De grote toename aan alen die in het voorjaar van 2006 ten opzichte van 2005 gebruik hebben gemaakt van de passage, kan erop wijzen dat deze passage geschikt is voor de aal.

3.3.6 Isabellagemaal

Net over de grens met Nederland, ligt bij het Belgische dorp Boekhoute het Isabellagemaal. Dit gemaal, houdt het water van een poldergebied van ruim 20.000 hectare op peil. Het Isabellagemaal is een vijzelgemaal met vijf vijzels, waarvan er twee kleiner zijn dan de andere drie. Deze vijzels zorgden voorheen voor schade aan vissen die langs het gemaal migreerden. Maar sinds 2011 hebben de vijzels een 'de Wit-aanpassing' gekregen. Dit betekent dat de vijzels afgerond zijn, in plaats van dat er aan het uiteinde een punt zit. In figuur 6 is het verschil te zien tussen een vijzel met een 'de Wit-aanpassing' links, ten opzichte van een 'normale' vijzel rechts (Baeyens et al., 2013).

Figuur 6 Twee vijzels, met links een vijzel met een 'de Wit-aanpassing' en rechts een 'normale' vijzel



In 2012 werd de werking van de aanpassing aan de vijzels gemonitord. Een half jaar lang werden alle vissoorten die gebruik maakten van de vernieuwde vijzels bekeken. De monitoring van de Europese aal, ging op deze locatie echter langer door. Gedurende een heel jaar werd gekeken of de aal succesvol door de vijzels kwam. Met behulp van gemaalnetten, die achter één kleine vijzel en één grote vijzel werden bevestigd, werden de vissen opgevangen. Hierna werden de vissen beoordeeld op mogelijke schade en conditie. Gevangen alen werden na beoordeling nog 48 uur bewaard in ruime bewaarnetten om te kijken of er na passage nog sterfte optrad (Baeyens et al., 2013).

Uit deze monitoring kwam voor de Europese aal naar voren dat er in totaal 74 alen via de kleine vijzel en 301 alen via de grote vijzel zijn gemigreerd. Van al deze alen zijn er weinig beschadigd geraakt. Maar ongeveer 15% van de alen die langs de kleine vijzel zijn gemigreerd, zijn uiteindelijk gestorven. Bij de grote vijzel is bijna 20% van de alen gestorven. In vergelijking met de sterfte bij de vijzels zonder de 'de Wit-aanpassing', respectievelijk 20% bij de kleine vijzel en ook bijna 20% bij de grote vijzel, hebben de alen de vijzels met de 'de Wit-aanpassing' beter kunnen passeren (Baeyens et al., 2013). Maar omdat de sterfte nog steeds hoog is, en de vijzels alleen te gebruiken zijn wanneer het gemaal aanstaat, is een dergelijke aanpassing minimaal nuttig en kan er beter worden ingezet op een vispassage om gemalen te ontwijken.

3.3.7 Ätrafors

In de rivier Ätran in Zweden, bevindt zich op 27 kilometer stroomopwaarts van zee een waterkrachtcentrale met de naam Ätrafors. Vóór 2008 konden vissen deze centrale passeren via drie rekken die naar de turbines van de centrale leidden. Deze drie rekken veroorzaakten aanzienlijke sterfte bij schieralen. Dit werd waarschijnlijk veroorzaakt door de afmetingen van de rekken. Voorheen stonden de rekken in een hoek van 63,4° ten opzichte van de bodem en deze waren 5,3 meter lang, 5,4 meter breed en hadden tussen de spijlen een doorgang van 20 millimeter breed (Calles et al., 2013).

Om de sterfte bij de alen te voorkomen, zijn in 2008 de drie oude rekken vervangen door drie nieuwe rekken met andere afmetingen. De nieuwe rekken staan in een hoek van 35° ten opzichte van de bodem. Ze zijn 8,4 meter lang, 5,4 meter breed en hebben nu een doorgang van 18 millimeter. Daarnaast zijn er in elk van de rekken, twee ingangen speciaal voor de aal aangebracht. Deze ingangen leiden naar een opvangbak, waar migrerende alen vervolgens handmatig worden uitgezet. Omdat elk van de drie rekken, twee van deze ingangen en opvangbakken bevat, zijn er in totaal dus zes ingangen voor de aal om langs de waterkrachtcentrale te migreren. De ingangen zijn 25 centimeter breed en de opvangbakken zijn één meter lang (Calles et al., 2013).

Met de vangst-terugvangst methode is de effectiviteit van dit verbeterde migratiepunt uitgezocht. Het passeersucces werd vastgesteld op 90%. De alen die werden teruggevangen hadden weinig schade en leken in goede conditie (Calles et al., 2013).

3.4 Ideale omstandigheden voor palingmigratie

Voor de Europese aal, biedt een ideale leefomgeving genoeg ruimte en mogelijkheden om te paaien, opgroeien en overwinteren (Kroes et al., 2005). Echter geldt voor de aal, dat deze gebieden binnen de leefomgeving qua locatie nogal uiteen liggen. Ter herhaling, het paaigebied is vermoedelijk de Sargassozee, jonge aal trekt vanaf hier naar de Europese, Noord-Afrikaanse en Zuidwest Aziatische kust (Dekker, 2004). Vanaf de kust trekt glasaal naar de zoete binnenwateren om op te groeien. Volwassen aal trekt terug richting de Sargassozee (RAVON, z.d.). In ideale omstandigheden zijn al deze benodigde gebieden goed bereikbaar en voldoende met elkaar verbonden. Voor de Europese aal zou de meest ideale manier van migratie daarom het jaarrond vrij migreren zonder obstakels zijn (Kroes et al., 2005).

In de praktijk komt de Europese aal echter diverse obstakels tegen tijdens de migratieroutes. In Nederland wordt deze migratieroute vaak geblokkeerd door de aanwezige waterbouwwerken. Compleet vrije migratie is hierdoor in Nederland niet mogelijk is. Om obstakels te omzeilen, kan gebruik worden gemaakt van vispassages. Vispassages zorgen voor een veilige overzet op plaatsen waar anders een blokkade zou zijn. Migratie door een passage gaat het best als de passage goed werkt en geschikt is voor de Europese aal.

Ondanks dat deze nog niet operationeel is, lijkt de eerder benoemde vismigratierivier in de Afsluitdijk het meest geschikt te zijn voor zowel glasaal als schieraal om te gebruiken tijdens de migratie. De alen krijgen hier namelijk voldoende tijd en ruimte om te acclimatiseren aan de veranderende omstandigheden. In de binnenwateren zijn migratierivieren op de schaal van die bij de Afsluitdijk niet mogelijk. Wel zijn vispassages mogelijk die op dit principe gebaseerd zijn, zoals de nevenbeek of natuurlijke bypass. Bij aanleg van deze passage wordt er een soort beekje om de blokkade heen gelegd (Ter Veld, 2015). Door lengte en veel bochten in deze beek aan te brengen, wordt het water hier afgeremd en kan het peilverschil zonder drempels worden overbrugd (De BlijeVis, z.d.). De bypass biedt hierdoor ruimte en tijd in de migratie. Tevens biedt de bypass een migratiemogelijkheid die inspeelt op het natuurlijke gedrag van de alen en kan hierdoor interessant zijn voor zowel glasaal als schieraal. Wanneer er onvoldoende ruimte is voor een bypass of nevenbeek, kan een vertical slot vispassage uitkomst bieden. Deze passage is compact en kan worden toegepast op plekken waar ruimte beperkt is (De BlijeVis, z.d.). Hierdoor kan deze passage direct naast een blokkade geïnstalleerd worden. De vertical slot passage heeft het principe van de bypass, maar dan op veel kleinere schaal (Ter Veld, 2015). De passage bestaat uit een bak waarin verschillende gleuven zijn geplaatst die de bochten van de bypass of nevenbeek nabootsen. Deze gleuven zorgen er tevens voor dat het waterpeil handelbaar blijft (De BlijeVis, z.d.). Verder lijkt de eerder benoemde vishevel voor de glasaal een geschikte passage. Schieraal lijkt echter geen gebruik te maken van de hevel (Huisman, 2017).

Bij het creëren van ideale migratieomstandigheden wordt het liefst ook rekening gehouden met de biologische factoren die een rol spelen bij de palingmigratie. Van deze factoren kunnen geur, getijdenwerking en waterkwaliteit het gemakkelijkst door de mens beïnvloed en beheerd worden. Zo kan de factor geur worden gestimuleerd met zoetwater lokstromen voor de glasaal, en zoutwater lokstromen voor de schieraal. Deze lokstromen kunnen worden aangebracht bij belangrijke migratiepunten en vispassages om de alen op een veilige migratieroute te sturen. Met de getijdenwerking kan in passages rekening gehouden worden. Dit zou gedaan kunnen worden, door de open- en sluitingstijden van de passage mee te laten bewegen met het getijde. Ook zou een passage op een dusdanige hoogte in de zeedijk aangebracht kunnen worden, dat deze alleen bereikbaar is met vloed. Andersom, een passage die enkel en alleen bereikbaar is met eb, is niet direct realistisch. Omdat de passage tijdens vloed ook onder water staat, valt het principe van een eb-passage weg. Wel zou een eb-passage dicht kunnen staan bij vloed, waardoor migratie alleen mogelijk is bij eb. Dit speelt dan weer in op het natuurlijk gedrag. Waterkwaliteit is over het algemeen een belangrijke factor. Elke vissoort heeft een andere waterkwaliteit nodig. De Europese aal gedijt het beste in zuurstof- en voedselrijk water met veel schuilmogelijkheden.

3.5 Landinwaartse obstakels

Niet alleen aan de kust van de Waddenzee staat de aal voor obstakels, ook verder landinwaarts komt de aal diverse obstakels en blokkades tegen. In deze paragraaf zijn verschillende situaties in Nederland opgenomen. Als eerste worden de meest voorkomende en algemene obstakels behandeld. Hierna worden obstakels op de migratieroute van de provincie Friesland richting het achterland behandeld.

3.5.1 Algemene obstakels op Nederlandse schaal

Op het gebied van waterverbinding, is Nederland op Europese schaal één van de meest versnipperde landen. Dit komt door de circa 60.000 waterbouwwerken die door Nederland verspreid zijn aangelegd (Groen et al., 2021). De belangrijkste waterbouwwerken die voor problemen in de waterverbinding zorgen, zijn: dijken, dammen, gemalen, stuwen, sluizen (Kroon et al., 2013). Onder andere door deze waterbouwwerken, zijn de Nederlandse wateren slecht bereikbaar voor vele migrerende vissen, waaronder de Europese aal.

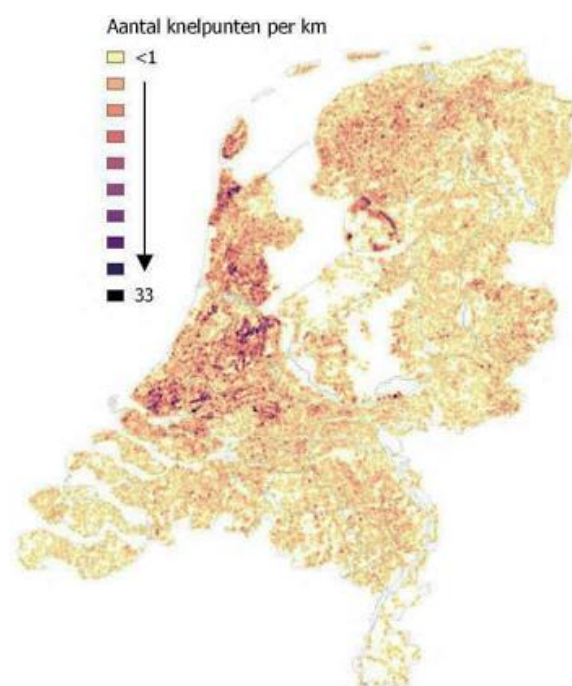
Nederland heeft een wateroppervlak van zo'n 145.000 hectare dat geschikt is als leefgebied voor de Europese aal. Vanwege blokkades en knelpunten is in theorie slechts 60% van dit water bereikbaar voor de aal. Omdat het blijkt dat vispassages in Nederland gemiddeld 75% van de paling niet doorlaat, is de bereikbaarheid in werkelijkheid echter nog lager. Verschillende blokkades, knelpunten en problemen met reeds aangelegde vispassages, zorgen ervoor dat de aal niet optimaal gebruik kan maken van de leefomgeving (Groen et al., 2021).

In een studie van Groen et al. (2021), zijn de knelpunten in de palingmigratie in Nederland in kaart gebracht. In figuur 7 is deze kaart in te zien. De knelpunten slaan vooral op bereikbaarheid. Wanneer een gebied slecht bereikbaar is, wordt dit gezien als een knelpunt. Waterbouwwerken als bijvoorbeeld stuwen en gemalen hebben direct effect op de bereikbaarheid. Daarom behoren de eerdergenoemde 60.000 waterbouwwerken, ook gelijk tot de potentiële knelpunten (Groen et al., 2021).

Wat in de knelpuntenkaart direct opvalt, is dat er vooral in het westen van het land veel knelpunten aanwezig zijn. Dit zou erop kunnen wijzen dat de wateren in deze regio slecht bereikbaar zijn voor de aal (Groen et al., 2021). Waarschijnlijk heeft dit te maken met de aanwezige waterbouwwerken. Het westen van Nederland is dichtbevolkt en van groot economisch belang, maar is laaggelegen. Dit betekent dat vele waterbouwwerken er in het westen voor moeten zorgen dat het land droog blijft (Traa, 2012).

In Midden-Nederland lijken de minste knelpunten aanwezig te zijn. Eventueel betekent dit dat de Europese aal in deze regio het beste kan migreren. Dit is dan ook de reden dat het Waterschap Zuiderzeeland werd uitgeroepen tot beste waterbeheerder op het gebied van palingmigratie (Groen et al., 2021).

Figuur 7 Knelpunten in de palingmigratie in Nederland (Groen et al., 2021)



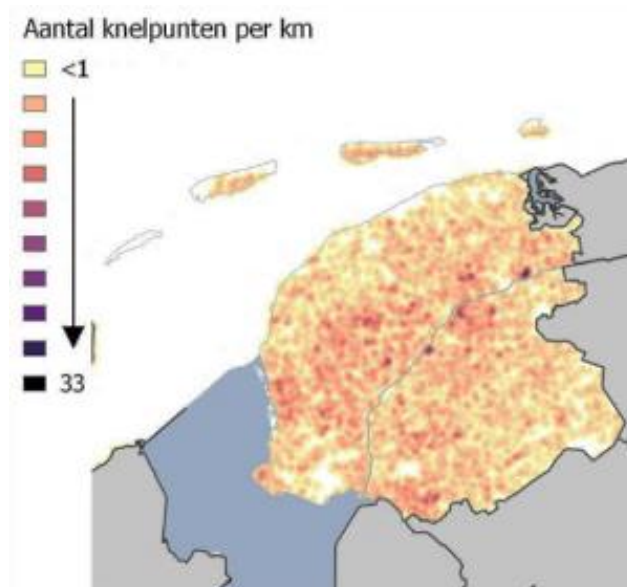
3.5.2 Obstakels in Friesland

In figuur 7 in de vorige paragraaf, leken er in de provincie Friesland een aanzienlijk aantal knelpunten aanwezig te zijn. Toch wordt het Friese waterbeheer op het gebied van palingmigratie als voldoende beoordeeld (Groen et al., 2021). Door de vele waterverbindingen van de Friese boezem zijn de Friese wateren relatief goed migreerbaar voor de Europese aal.

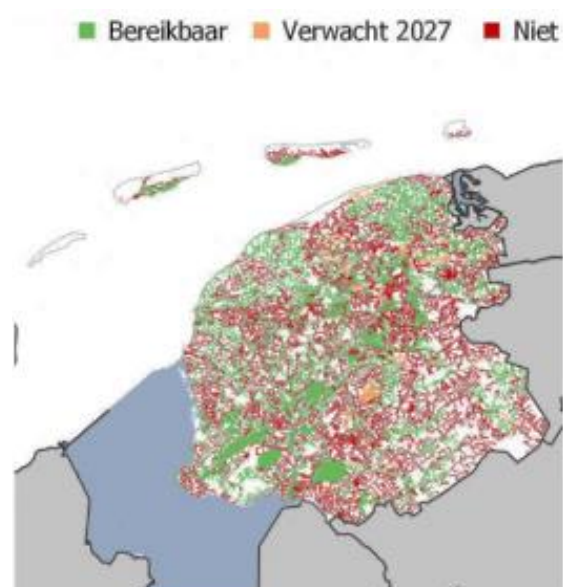
De knelpunten in Friesland op het gebied van palingmigratie en de bereikbaarheid van diverse wateren, zijn tevens door Groen et al. (2021) in kaart gebracht. Figuur 8 geeft deze knelpunten weer. Wat opvalt is dat er langs de Waddenzeekust in verhouding weinig knelpunten zijn. Dit is positief, aangezien dit waarschijnlijk betekent dat alen momenteel al vrij goed vanaf de zee naar het binnenwater kunnen migreren. De meeste knelpunten lijken vooral in het midden van de provincie en aan de kust met het IJsselmeer aanwezig te zijn. De knelpunten in deze gebieden zijn vooral in de vorm van waterbouwwerken als gemalen en sluizen. Dit omdat er in deze gebieden veel wordt gedaan om het waterpeil in de boezem op peil te houden (Groen et al., 2021).

Daarnaast toont figuur 9 de huidige bereikbaarheid van het wateroppervlak in de provincie Friesland. In deze kaart zijn alle watergangen binnen de provincie opgenomen. Naast de grote meren, zijn ook alle vaarten, sloten en zelfs de boerensloten meegenomen. Wat opvalt, is dat de kaart ongeveer evenveel groen als rood kleurt. Wat lijkt te betekenen dat het wateroppervlak ongeveer half om half bereikbaar is. Een groene kleur toont wel bereikbare gebieden en een rode kleur geeft niet-bereikbare gebieden aan. (Groen et al., 2021) Wat in deze kaart ook opvalt, is dat het gebied rond Holwerd aan Zee slecht bereikbaar lijkt. In dit gebied is er aan de kust een duidelijk wit vlak te zien, met daarachter enkel rode watergangen. Dit wijst erop dat de aal dit gebied slecht kan betreden. Wellicht kan het project Holwerd aan Zee er aan bijdragen dit gebied meer begaanbaar te maken voor de Europese aal.

Figuur 8 Knelpunten in de palingmigratie in Friesland (Groen et al., 2021)



Figuur 9 Bereikbaarheid van gebieden in Friesland (Groen et al., 2021)



3.6 Holwerd aan Zee

Bij een succesvolle palingmigratie spelen zoals eerder behandeld, meerdere factoren een rol. Naast de biologische factoren, zijn bereikbaarheid en toegankelijkheid ook van belang. Voor deze laatste twee factoren, bereikbaarheid en toegankelijkheid, liggen er kansen in het project Holwerd aan Zee. De volgende subparagrafen zullen ingaan op het project Holwerd aan Zee en de kansen die het biedt op het gebied van palingmigratie.

3.6.1 Het project

Het project Holwerd aan Zee is in eerste instantie opgezet om de achteruitgang van de regio Noordoost Fryslân te verminderen. Deze regio kampt namelijk al geruime tijd met afnemende werkgelegenheid en de bijkomende wegtrek van de bevolking. Zo is het aantal inwoners in Holwerd in korte tijd van 2.000 naar minder dan 1.600 gekrompen. De krimp blijft doorzetten en het gebied versobert en verpaupert. Dit heeft grote gevolgen voor de leefbaarheid en het welzijn in dit gebied. (Holwerd aan Zee, z.d.-a).

Vanuit burgerinitiatief, is daarom de stichting Holwerd aan Zee opgezet. Deze stichting bestaande uit leden van dorpsbelang en (agrarische) dorpsondernemers, heeft het gelijknamige project Holwerd aan Zee opgezet. Het doel van dit project, is het herstellen van leefbaarheid en het creëren van omzet en banen. Door middel van een dijkdoorbraak zal dit worden gerealiseerd. Deze dijkdoorbraak zal de oorspronkelijke verbinding tussen de Waddenzee en de binnenwateren herstellen (Holwerd aan Zee, z.d.-a; Plaatsengids.nl, 2020).

Naast het bieden van werkgelegenheid en het creëren van toeristische gelegenheden, biedt de dijkdoorbraak ook veel kansen voor de natuur. Door het zoete water weer direct in verbinding te zetten met het zoute water, zijn er kansen op het gebied van vismigratie. Dit is dan ook de reden dat vismigratie in het project Holwerd aan Zee is opgenomen als ontwikkelingspunt. Het project heeft hierin ook doelsoorten bepaald. Deze soorten zijn: bot, drie doornige stekelbaars, spiering en ook de Europese aal (Holwerd aan Zee, z.d.-c).

3.6.2 Obstakels in de palingmigratie die vrijkomen na uitvoering project Holwerd aan Zee

Momenteel is vrije vismigratie bij Holwerd niet mogelijk. Het dorp Holwerd en de hieromheen liggende wateren zijn door de zeedijk afgesloten van de Waddenzee. Om de binnenwateren te betreden, moet de paling in de huidige situatie via omliggende vispassages of andere doorgangen migreren. De eerder benoemde vispassages bij Roptazijl, Zwarte Haan en de Heining liggen in de buurt van Holwerd. Deze vispassages zijn momenteel dan ook belangrijke punten voor de palingmigratie in deze regio.

De uitvoering van het project Holwerd aan Zee kan echter uitkomst bieden. Door de zeedijk door te breken, wordt het voor de Europese aal en diverse andere vissen mogelijk om ook bij Holwerd de binnenwateren te betreden of juist uit te trekken. In het planplaatje van het project, worden verschillende opties rondom de dijkdoorbraak belicht. Het algemene idee is dat er door de zeedijk een watergang gegraven wordt. Deze watergang zal worden verbonden met een inlands meer. De watergang en het inlandse meer kunnen voor de aal ruimte bieden om te acclimatiseren aan wisselende omstandigheden. Het meer zal tegelijkertijd functioneren als haven en de gegraven watergang wordt ook begaanbaar voor vaarverkeer (Holwerd aan Zee, z.d.-c). De afbeelding in figuur 10 toont de planinrichting van het projectgebied. Deze afbeelding laat zien hoe de haven en het inlandse meer eruit komen te zien.

Figuur 10 Toekomstbeeld inrichting Holwerd aan Zee (Holwerd aan Zee, z.d.-a)



Het is de bedoeling dat het inlandse meer ook wordt verbonden met de Holwerdervaart (Holwerd aan Zee, z.d.-c). Deze vaart sluit uiteindelijk aan op het water van de Dokkumer Ee en daarmee ook op de Friese boezemwateren. Door deze wateren met elkaar te verbinden, ontstaan er ruime migratiemogelijkheden voor de Europese aal. Dit zou betekenen, dat de aal vanaf Holwerd aan Zee, vrijwel zonder obstakels naar de Friese boezemwateren kan komen. Vanuit de Friese Boezemwateren kan de aal dan vervolgens naar de rest van Friesland, Nederland en uiteindelijk ook het buitenland komen.

3.6.3 Kansen en mogelijkheden rondom het project

Om het project Holwerd aan Zee succesvol te maken voor palingmigratie, is het belangrijk dat er wordt ingezet op de verspreiding van de Europese aal. Daarmee wordt bedoeld dat de aal daadwerkelijk de kans krijgt om het achterland in te trekken. Hiervoor is het belangrijk de nieuwe haven van Holwerd te gaan verbinden met de rest van de Friese boezemwateren. Nu is dit al in het planplaatje meegenomen, door de haven te verbinden met de Holwerdervaart die uiteindelijk op de Dokkumer Ee aansluit. Vanaf de Dokkumer Ee kan dan vervolgens de Friese boezem bereikt worden.

Echter zijn er in de inrichting van de waterwegen rondom Holwerd aan Zee nog een aantal dingen onduidelijk. Zo lijkt het nog niet duidelijk of het gat in de zeedijk daadwerkelijk openblijft, of dat deze zal worden beschermd door een sluis of een gemaal. Wanneer er een sluis of een gemaal wordt geplaatst, zal de vismigratie alsnog worden geblokkeerd. In dat geval wordt een vispassage geplaatst (Holwerd aan Zee, z.d.-d). Wanneer het gat in de zeedijk openblijft, ontstaan er de meeste kansen voor palingmigratie. Dan wordt een compleet vrije en jaarronde palingmigratie mogelijk. In ieder geval is het duidelijk dat Holwerd aan Zee in de toekomst migreerbaar zal worden voor vissen en daarmee ook voor de Europese aal.

4. Discussie

Om onder andere de oorspronkelijke verbinding met de Waddenzee en de Friese binnenwateren te herstellen, is het project Holwerd aan Zee opgestart. Dit project biedt kansen voor vismigratie en ook voor de migratie van de Europese aal. Deze literatuurstudie onderzocht in hoeverre deze kansen benut kunnen worden. Om dit uit te zoeken, is er gewerkt met de volgende hoofdvraag:

“In hoeverre kan het project Holwerd aan Zee bijdragen aan een optimale palingmigratie?”

Om deze hoofdvraag te beantwoorden, werden er vijf deelvragen opgesteld. Ter herhaling, de deelvragen waren:

- Welke biologische factoren spelen een rol bij palingmigratie?
- Wat is de huidige manier van migreren voor Europese alen van de Waddenzee naar de Friese binnenwateren?
- Welke projecten met betrekking tot palingmigratie zijn er en wat kunnen deze bijdragen aan Holwerd aan Zee?
- Wat zijn de ideale omstandigheden voor migratie van de Europese aal?
- Welke obstakels zijn er in Friesland en verder landinwaarts van invloed op de palingmigratie?

Door dit te onderzoeken, is een bijdrage geleverd aan het bekend maken van het belang van ecologische verbindingen en het herstel van de Europese aal populatie. Ook biedt het inspiratie voor verder onderzoek en de uitvoering van nieuwe projecten met betrekking tot palingmigratie. In toekomstige projecten kan dit literatuuronderzoek naar de invloed van Holwerd aan Zee geraadpleegd worden.

Dit hoofdstuk bespreekt en evalueert de gebruikte methodiek van dit onderzoek. Ook worden de resultaten van het onderzoek verder geanalyseerd. Er zal geprobeerd worden om verbanden te leggen en de resultaten te verklaren. Om dit te doen, is gebruik gemaakt van reeds gevonden literatuur en eventueel aanvullende literatuur.

4.1 Methodiek

In dit onderzoek is er enkel gebruik gemaakt van bestaande literatuur. Er zijn vele bronnen geraadpleegd die met behulp van veel verschillende databases werden verzameld. Er werden duidelijke criteria aan de bronnen gesteld, maar het is toch mogelijk dat er gebruik is gemaakt van minder betrouwbare bronnen. Zo spraken sommige bronnen elkaar soms tegen. Dit maakte het lastig te bepalen welke bron dan de juiste informatie bevatte. Het kan voorgekomen zijn dat de onjuiste bron is aangehouden in het onderzoek. Over het algemeen werden de bronnen wel met logisch verstand gefilterd. Wanneer er tegensprekende bronnen waren, werd de bron gekozen die informatie bevatte die ook in diverse andere bronnen gevonden kon worden.

De gebruikte zoekmachines en databases zijn vooraf zorgvuldig uitgezocht. Op eerdere ervaringen met de gebruikte zoekmachines en databases, werd gebaseerd dat deze allemaal betrouwbaar genoeg waren om tot de juiste informatie te komen. Echter, door enkel gebruik te maken van deze selectie aan zoekmachines, is het wel mogelijk dat eventuele andere bronnen over het hoofd gezien zijn. Wel zijn er een aantal zoekmachines gebruikt, waar geen eerdere ervaring mee was. Deze zoekmachines gaven inzicht in meer artikelen. Wat betreft het gebruik van de selectie zoektermen, kan het eventueel ook zijn voorgekomen dat er specifiekere bronnen zijn gemist. De zoektermen waren zorgvuldig uitgezocht op logica en relevantie, maar wellicht waren andere zoektermen ook relevant geweest.

Naast de literatuurstudie, heeft er in dit onderzoek één velddag plaatsgevonden. Deze velddag was enkel om een impressie te krijgen van het projectgebied van Holwerd aan Zee. In het gebied was op het moment van bezoeken nog niets te merken van de vele plannen voor Holwerd aan Zee. Toch was de velddag nuttig en was het inspirerend om in te beelden hoe dit gebied er in de toekomst uit kan komen te zien.

4.2 Deelvraag 1: Biologische factoren die een rol spelen bij palingmigratie

In verschillende literatuurstukken werd gezocht naar de belangrijkste biologische factoren die een rol spelen bij de palingmigratie. Uit deze stukken kwam naar voren dat geur, maanstand, getijdenwerking, magnetisch veld, watertemperatuur en waterkwaliteit belangrijke factoren zijn tijdens de palingmigratie. Een aantal van deze factoren kunnen door de mens beïnvloed worden en zijn daardoor interessant om mee te nemen in toekomstige projecten met betrekking tot palingmigratie.

De factoren die het best door de mens beïnvloed kunnen worden, zijn geur, getijdenwerking, waterkwaliteit en eventueel watertemperatuur. Geur kan bij vispassages gemakkelijk nagebootst en ingezet worden om alen de juiste richting op te sturen. Door zoet of zout water expres te laten uitstromen, worden er lokstromen gevormd die de alen in de juiste richting lokken.

Met getijdenwerking kan ook rekening gehouden worden in de inrichting van vispassages. Zo kunnen de natuurlijke getijdenmomenten mechanisch nagebootst worden, maar zou een passage ook op dergelijke hoogte kunnen worden aangebracht dat deze alleen tijdens eb of vloed bereikbaar is. Dit speelt in op de migratiedrang van de alen en zou op deze manier kunnen bijdragen aan succesvollere migratie.

Waterkwaliteit is een factor waar de mens direct invloed op heeft. Voor de alen is het migratiewater idealiter zo zuurstofrijk en voedselrijk mogelijk. Dit biedt de alen een veilig en vertrouwd punt om te migreren. Door het water actief te controleren en eventueel te behandelen, kunnen deze omstandigheden gecreëerd worden.

De watertemperatuur kan niet direct beïnvloed worden door de mens. Maar er kan in de inrichting van vispassages wel rekening gehouden worden met de watertemperatuur. Zoals benoemd, trekt glasaal actief het binnenwater in als de watertemperatuur rond de 10 tot 12°C is. Om hier rekening mee te houden, zou er bij een vispassage een temperatuurmeter aangelegd kunnen worden. Deze temperatuurmeter zou verbonden kunnen worden aan het openen en sluiten van de passage. Op deze manier kunnen glasalen op de optimale temperatuur migreren.

Wel geldt voor deze factoren dat ze het best kunnen worden beïnvloed bij een vispassage. Dit omdat een vispassage een vast punt is, waar materiaal geïnstalleerd kan worden die de desbetreffende factoren kan controleren en beheren. Wanneer de uitvoering van Holwerd aan Zee een dijkdoorbraak realiseert met een jaarronde en vrije vismigratie, zijn deze factoren moeilijker te controleren en beheren. Omdat de watergang vrij begaanbaar is, is er geen vast punt vanuit waar de factoren te beïnvloeden zijn. Toch is het handig om deze biologische factoren die een rol spelen bij de palingmigratie te onthouden. Bij de aanleg van nieuwe vispassages kunnen deze factoren namelijk nuttig en van toepassing zijn.

4.3 Deelvraag 2: Huidige manier van palingmigratie

Uit verschillende bronnen werd verzameld wat de belangrijkste en grootste vismigratiepunten vanaf de Waddenzee naar de Friese binnenwateren zijn. Daarnaast werd gekeken hoe de migratie op deze punten in werking gaat. Uit de bronnen bleek dat de belangrijkste migratiepunten de Afsluitdijk, het Lauwersmeer, Dokkumer Nieuwe Zijlen en Harlingen zijn. Elk van deze punten had een andere manier van migratiebeheer. In de tabel hieronder (tabel 9) zijn de belangrijkste migratiepunten samengevat. In deze tabel is ook meegenomen op welke manier er een verbinding is tussen het zoete en het zoute water en zijn de voordelen en nadelen van elk punt meegenomen.

Tabel 9 Samenvatting van de belangrijkste migratiepunten van de Waddenzee naar Friesland

Migratiepunt>	De Afsluitdijk	Lauwersmeer	Dokkumer Nieuwe Zeilen	Harlingen
Verbinding tussen zoet en zout	Spuisluizen	Rinketten	Spuisluis	Spuisluis met rinketten
Voordeel	Zoet water naar de Waddenzee vormt een lokstroom voor glasaal Schieraal kan door de spuisluizen gemakkelijk meezwemmen naar zee	Lokstroom aanwezig, vrije kans om te migreren Kan open zonder dat sluis open hoeft, dus botst niet met andere belangen	n.v.t.	Lokstroom aanwezig, vrije kans om te migreren
Nadeel	De overgang zoet/zout is te abrupt waardoor vis niet kan acclimatiseren Stroomsnelheid vaak te hoog voor glasaal waardoor glasaal niet succesvol kan migreren	De overgang zoet/zout is te abrupt waardoor vis niet kan acclimatiseren	Niet in visvriendelijke vorm	Abrupte overgang zoet/zout waardoor vis niet kan acclimatiseren
Visvriendelijk spuien	Ja	Ja	Nee	Ja

Ondanks dat er op de meeste van deze belangrijke migratiepunten visvriendelijk wordt gespuid, zijn deze migratiepunten niet ideaal. Voor elk van de punten is een nadeel te noemen en de visvriendelijkheid kan bij elk migratiepunt verbeterd. Een te abrupte overgang van zoet naar zout, of zout naar zoet, is het meest voorkomende nadeel. De uitvoering van Holwerd aan Zee kan hier uitkomst bieden. De brakwaterzone die gecreëerd wordt bij Holwerd aan Zee, geeft migrerende alen ruim de tijd om te acclimatiseren aan de veranderende omstandigheden. De brakwaterzone en de mogelijkheid om vrij te migreren, is tegelijkertijd ook een stuk visvriendelijker. Doordat Holwerd aan Zee geologisch ongeveer te midden van de genoemde belangrijke migratiepunten ligt, kan het in de toekomst een middenweg vormen voor een nieuw migratiepunt voor de Europese aal.

4.4 Deelvraag 3: Projecten met betrekking tot palingmigratie

Via verschillende sites werd gezocht naar vismigratieprojecten die ook van invloed zijn op de palingmigratie. Er werd gekeken naar een breed aanbod van projecten. Er werd vooral gekeken naar hoe andere projecten de migratie in een kustzone met de overgang van zoet naar zout, of zout naar zoet water aanpakten. Dit omdat Holwerd aan Zee ook in een kustzone ligt, en het project de migratie van zoet naar zout en andersom mogelijk gaat maken. Daarnaast is er ook naar een aantal projecten in het binnenland en buitenland gekeken, om meer informatie te verzamelen hoe andere projecten de vismigratie aanpakken. Ook is er gelet of de uitgevoerde projecten zinvol en succesvol waren voor de Europese aal. In tabel 10 is een overzicht geplaatst van de onderzochte projecten. In deze tabel zijn ook de voordelen en de nadelen van de projecten meegenomen.

Tabel 10 Samenvatting van de geraadpleegde projecten die zich in hebben gezet op het punt van palingmigratie

Project>	Vismigratie vier Afsluitdijk	Roptazijl	Zwarte Haan	De Heining	Hagestein	Isabellagemaal	Ätrafors
Soort project	Passage in de vorm van een rivier door de dijk	Passage in de vorm van een vishevel	Passage in de vorm van een vishevel	Passage in de vorm van een vissluis	Passage in de vorm van een vistrap	'de Wit-aanpassing' aan gemaal	Aanpassing waterkracht-centrale door rekken te vervangen
Locatie en soort water	Kustzone overgang zoet / zout	Kustzone, overgang zoet / zout	Kustzone, overgang zoet / zout	Kustzone, overgang zoet / zout	Binnenland, zoet water	Binnenland, zoet water	Binnenland, zoet water
Voordeel	Ruimte voor de aal om te gewinnen aan veranderende omstandigheden Lage stroomsnelheden waardoor zwakke zwemmers ook kans krijgen	Veilige en vis-vriendelijke overzet	Zet veel vis veilig en vis-vriendelijk over	Vis-vriendelijk ontworpen Aalen krijgen ruim de tijd om te migreren Brakwaterzone om te acclimatiseren	Kan op klein oppervlak gerealiseerd Werkt in op natuurlijk gedrag van de migrerende aal Ruimte en mogelijkheid en voor zwakke zwemmers	Minimale aanpassing aan bestaand gemaal Gemaal kan als vanouds blijven werken	Minimale aanpassing aan bestaande waterkracht-centrale Waterkracht-centrale kan als vanouds blijven werken
Nadeel	Neemt veel oppervlak in beslag	Werkt alleen van zout naar zoet	Werkt alleen van zout naar zoet Aal maakt er weinig gebruik van	Mogelijkheid migratie is afhankelijk van sluisdeur die open gaat	Geen directe nadelen	Werkt alleen als gemaal aanstaat Brenkt nog steeds schade en sterfte toe aan de aal	Geen directe nadelen
Mate van succes	n.v.t.	Geen betrouwbaar aantal bekend	Glasaal maakt aanzienlijk gebruik, schieraal niet	619 (succesvol) gemigreerde aalen	In 2005, 23 succesvol gemigreerde aalen en in 2006, 135 succesvol gemigreerde aalen	In totaal 375 gemigreerde aalen waarvan een percentage is gestorven	Passeer-succes van 90%

Met het oogpunt op Holwerd aan Zee, zijn vooral de projecten in de kustzone interessant. Deze projecten tonen aan op welke manieren migratie mogelijk is tussen verschillende omstandigheden, respectievelijk zoet en zout water. Zoals het plan lijkt, zal de situatie bij Holwerd aan Zee het meest gaan lijken op de situaties gecreëerd bij de vismigratierivier in de Afsluitdijk en de vispassage bij de Heining. Beide deze projecten omvatten namelijk een brakwaterzone, waar zoet en zout gemixt zijn. In beide projecten biedt deze zone zowel aan migrerende glasaal als aan schieraal ruim de tijd om te wennen aan de veranderende omstandigheden. Daarnaast biedt de migratierivier een kans voor zwakkere zwemmers, waaronder de glasaal. In Holwerd aan Zee zullen de zwakkere zwemmers ook ruime kans krijgen, omdat er vrije migratie mogelijk is. De mate van succes van de vispassage bij de Heining, belooft veel goeds voor een nieuwe passage met een brakwaterzone. Wellicht kan dit dus ook alvast het succes van de vismigratierivier en Holwerd aan Zee voorspellen.

4.5 Deelvraag 4: Ideale omstandigheden voor palingmigratie

Met de reeds verzamelde literatuur werd gezocht naar de meest ideale omstandigheden voor de palingmigratie. Uit de resultaten kwam dat een ideale leefomgeving voor de Europese aal, genoeg ruimte en mogelijkheden om te paaien, opgroeien en overwinteren bevat. In ideale omstandigheden zijn al deze benodigde gebieden goed bereikbaar en voldoende met elkaar verbonden. Voor de Europese aal zou de meest ideale manier van migratie daarom het jaarrond vrij migreren zonder obstakels zijn.

In de praktijk is jaarrond vrij migreren echter nauwelijks mogelijk. Delen van de migratieroute worden in Nederland geblokkeerd door waterbouwwerken. Holwerd aan Zee kan hier verandering in brengen. Omdat er met de dijkdoorbraak letterlijk een obstakel wegvalt, is jaarronde vrije migratie op deze locatie straks mogelijk. Na uitvoering van Holwerd aan Zee kan de Europese aal in ieder geval vanaf de Waddenkust de Friese boezemwateren betreden. Om de omstandigheden voor de palingmigratie te optimaliseren, wordt er bij Holwerd aan Zee het liefst ook rekening gehouden met de biologische factoren die een rol spelen bij de palingmigratie. Eerder in 4.2, zijn deze factoren reeds behandeld. Ter herhaling, de factoren kunnen geur, getijdenwerking en waterkwaliteit en eventueel watertemperatuur kunnen het gemakkelijkst door de mens beïnvloed en beheerd worden. Bij de inrichting van Holwerd aan Zee kan hier rekening mee gehouden worden en vooral de waterkwaliteit is goed te controleren en bij te stellen. Met behulp van installaties die de waterkwaliteit controleren en beoordelen, kan er op tijd ingegrepen worden.

4.6 Deelvraag 5: Landinwaartse obstakels

De landinwaartse obstakels in Nederland werden gezocht in diverse bronnen. Na de belangrijkste knelpunten in Nederland te hebben gelokaliseerd, werden de belangrijkste knelpunten in Friesland onder de loep genomen. Voor het project Holwerd aan Zee, was het vooral interessant naar deze knelpunten in Friesland te kijken. Dit omdat er dan ingeschat kon worden welke knelpunten er eventueel met de uitvoering van Holwerd aan Zee verholpen zouden kunnen worden.

De resultaten van de knelpunten in Friesland lieten zien, dat er langs de Waddenzeekust in verhouding weinig knelpunten zijn. Wat betekent dat alen momenteel goed vanaf de zee naar het binnenwater kunnen migreren. Wel is de regio rondom Holwerd aan Zee in de knelpuntenkaart erg onderbelicht. Wanneer dit naast de kaart met bereikbaarheid wordt gehouden, wordt duidelijk dat er deze regio moeilijk bereikbaar is. Dit kan toont vrij zeker aan dat er in deze regio toch knelpunten zijn die de migratie hinderen.

Door de zeedijk te doorbreken, kan het project Holwerd aan Zee bijdragen om de knelpunten in deze regio af te laten nemen en de bereikbaarheid te vergroten. In de inrichting van Holwerd aan Zee lijkt het namelijk vrij duidelijk te zijn dat de watergang die gerealiseerd zal worden, zal gaan aansluiten op de Holwerdervaart. Deze vaart staat ook in verbinding met de Dokkumer Ee, een trekvaart die ook verbindingen heeft met de Friese boezemwateren. De Friese boezem is het centrale waterstelsel van de provincie Friesland. Deze wateren staan vrijwel zonder hinder met elkaar in verbinding. Door het project Holwerd aan Zee uit te voeren, kunnen migrerende alen in de toekomst in ieder geval vrij moeiteloos de Friese boezemwateren bereiken. Vanuit deze boezemwateren kan er vervolgens verder landinwaarts gemigreerd worden. De obstakels die de aal vervolgens daar kan tegenkomen, kunnen echter niet direct opgelost worden door het project Holwerd aan Zee. Wel kan het project eventueel ten grondslag zijn aan andere projecten en wordt er inspiratie gehaald uit het herstel van ecologische verbindingen in de waterwegen.

5. Conclusie en aanbevelingen

Sinds eind vorige eeuw neemt het aantal in het wild levende Europese alen af. Hier liggen meerdere redenen aan ten grondslag. Een van de belangrijkste redenen is het versnipperen van het leefgebied door blokkades in de migratieroutes. Om de watergangen meer begaanbaar te maken, zijn er diverse projecten opgezet. In Friesland is de meest recente ontwikkeling hierin, het project Holwerd aan Zee. Dit project heeft tot doel de oorspronkelijke verbinding tussen de Waddenzee en de binnenwateren te herstellen. Dit biedt kansen voor de migratie van de Europese aal. In deze literatuurstudie werd onderzocht in hoeverre deze kansen benut kunnen worden. Er werd gewerkt met de volgende hoofdvraag:

“In hoeverre kan het project Holwerd aan Zee bijdragen aan een optimale palingmigratie?”

Om deze hoofdvraag te beantwoorden, werden vijf deelvragen behandeld en samengevoegd. De deelvragen en bijhorende antwoorden waren respectievelijk:

- Welke biologische factoren spelen een rol bij palingmigratie?

De geur, maanstand, getijdenwerking, magnetisch veld, watertemperatuur en waterkwaliteit zijn de belangrijkste factoren die een rol spelen bij palingmigratie. De factoren geur, getijdenwerking, waterkwaliteit en watertemperatuur zijn het best door de mens te beïnvloeden. Dit is het best te beïnvloeden vanuit een vast punt. In het project Holwerd aan zee, zijn deze factoren moeilijker te controleren en beheren. Omdat de wateren vrij migreerbaar zijn, kan er geen duidelijk vast punt bepaald worden vanuit waar de factoren beïnvloed worden. Toch is het goed te weten welke biologische factoren die een rol spelen bij de palingmigratie.

- Wat is de huidige manier van migreren voor Europese alen van de Waddenzee naar de Friese binnenwateren?

Deze deelvraag werd gespecificeerd naar de manier van migreren van de Waddenzee naar het IJsselmeer en de Friese boezemwateren. De belangrijkste migratiepunten hierin zijn de Afsluitdijk, het Lauwersmeer, Dokkumer Nieuwe Zijlen en Harlingen. Migratie gaat hier via spuisluisen. Bij al deze migratiepunten spelen er nog nadelen. Holwerd aan Zee kan hier een middenweg met vrije migratie realiseren.

- Welke projecten met betrekking tot palingmigratie zijn er en wat kunnen deze bijdragen aan Holwerd aan Zee?

Er werden diverse projecten bekeken: de vismigratierivier in de Afsluitdijk, Roptazijl, Zwarte Haan, de Heining, Hagestein, het Isabellagemaal en Ätrafors. Op alle locaties werd een ander soort toepassing aangebracht om de vismigratie te verbeteren. De vismigratierivier is een uniek project dat nog niet operationeel is, maar wel degelijk interessant is voor de toekomst. De andere locaties toonden interessante aanpassingen of oplossingen om knelpunten te omzeilen. Ondanks dat deze nog niet is uitgevoerd, kan het project van de vismigratierivier inspiratie bieden om het project bij Holwerd aan Zee succesvol te laten verlopen.

- Wat zijn de ideale omstandigheden voor migratie van de Europese aal?

De belangrijkste zaken waar op gelet moet worden om ideale migratieomstandigheden te creëren, is het aanhouden van de natuurlijke voorkeuren van de Europese aal. Hierin spelen de biologische factoren een grote rol en is het belangrijk te kijken naar de instincten en leefgebied voorkeuren van de aal. Holwerd aan Zee kan hieraan bijdragen door de dijkdoorbraak en de gerealiseerde watergang zo goed mogelijk te laten aansluiten op de voorkeuren van de Europese aal.

– Welke obstakels zijn er in Friesland en verder landinwaarts van invloed op de palingmigratie? De belangrijkste obstakels hebben vooral te maken met de blokkade van waterdoorgangen. Dit wordt vooral veroorzaakt door dijken, sluizen en gemalen. In de regio rondom Holwerd aan Zee, zijn er momenteel nog steeds obstakels die zorgen voor een slechte bereikbaarheid. Door de zeedijk te doorbreken en de watergangen te verbinden met de Friese boezem, kan Holwerd aan zee eraan bijdragen deze obstakels, in ieder geval in de provincie Friesland, te verminderen.

De deelvragen en de bijbehorende antwoorden, hebben inzicht kunnen geven in het nut van de uitvoering van het project Holwerd aan Zee. Van tevoren werd verwacht dat de intrek van glasaal en de uittrek van schieraal gemakkelijker zou gaan worden dankzij de dijkdoorbraak. Er werd gedacht dat het project tot op zekere hoogte zou kunnen bijdragen aan de palingmigratie. Uit de resultaten is uiteindelijk gebleken dat de dijkdoorbraak zeker nuttig is voor de aal. Er wordt in de regio bij Holwerd aan Zee een grote blokkade weggenomen. De wateren rondom Holwerd aan Zee zullen begaanbaarder worden en bovendien kunnen in het vervolg ook de Friese boezemwateren worden bereikt. Vanuit de Friese boezemwateren kan er dan, in ieder geval in de provincie Friesland, gemakkelijk gemigreerd worden. Daarnaast biedt de watergang door de dijk een brakwaterzone, een ruime plaats waar migrerende alen in het vervolg kunnen acclimatiseren aan de veranderende omstandigheden. De uitvoering van het project Holwerd aan Zee is dus zeker nuttig voor de migratie van de Europese aal in de provincie Friesland. Het project kan bijdragen aan het herstel van de oorspronkelijke ecologische verbindingen in deze regio. Bovendien kan het project een voorbeeldfunctie krijgen voor de opstart van andere projecten met betrekking tot palingmigratie of vismigratie in het algemeen.

5.1 Aanbevelingen en vervolgonderzoek

Wanneer het project Holwerd aan Zee daadwerkelijk is gerealiseerd, is vervolgonderzoek naar het onderwerp palingmigratie in deze regio zeker aan te bevelen. Het is interessant om in de praktijk uit te zoeken hoe succesvol het project daadwerkelijk is voor de Europese aal. Dit omdat theorie en praktijk van elkaar kunnen verschillen. Met veldwerk op locatie kan er onderzoek worden gedaan naar het aantal alen in dit gebied. Aangeraden wordt om op diverse plaatsen te monitoren. Bijvoorbeeld direct bij de dijkdoorbraak, in het inlandse meer, in de Holwerdervaart en eventueel nog verderop in de Friese boezem. De data die hier wordt verzameld, kan de uiteindelijke, definitieve effectiviteit van het project onderbouwen.

Literatuur

- Baeyens, R., Buysse, D., Mouton, A., Gelaude, E., de Maerteleire, N., Robberechts, K., Jacobs, Y., van den Neucker, T., Stevens, M., & Coeck, J. (2013). *Evaluatie van een 'de Wit'-aanpassing bij een conventioneel vijzelgemaal: Isabellagemaal (Boekhoute)*.
https://purews.inbo.be/ws/files/962764/Baeyens_etal_2013_EvaluatieDeWit_aanpassingConventioneelVijzelgemaalIsabellagemaalBoekhoute.pdf
- Bilotta, G. S., Sibley, P., Hateley, J., & Don, A. (2011). The decline of the European eel *Anguilla anguilla*: Quantifying and managing escapement to support conservation. *Journal of Fish Biology*, 78(1), 23–38. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02830.x>
- Brenninkmeijer, A., & Wymenga, E. (2007). *Projectvoorstel; Verbetering Visintrek Friese Kust*.
<https://www.altwym.nl/nieuws/verbetering-visintrek-friese-kust/>
- Bruins Slot, E., & Terwischa, K. (2016). *Inventarisatie toestand vispasseerbaarheid zoet-zout overgangen Waddenzee*. <https://rijkewaddenzee.nl/wp-content/uploads/2016/08/Inventarisatie-toestand-vispasseerbaarheid-zoet-zout-overgangen-Waddenzee-2-6-2016-PRW-rapportage-Definitief.pdf>
- Bult, T. P., & Dekker, W. (2007). Experimental field study on the migratory behaviour of glass eels (*Anguilla anguilla*) at the interface of fresh and salt water. *ICES Journal of Marine Science*, 64(7), 1396–1401. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsm105>
- Calles, O., Griffioen, B., Winter, E., Watz, J., Nyqvist, D., Hagelin, A., Gustafsson, S., Österling, M., Piccolo, J., Greenberg, L., & Bergman, E. (2014). *Fish Migration River Monitoring Plan*.
<https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A762801&dswid=-9358>
- Calles, O., Karlsson, S., Vezza, P., Comoglio, C., & Tielman, J. (2013). Success of a low-sloping rack for improving downstream passage of silver eels at a hydroelectric plant. *Freshwater Biology*, 58(10), 2168–2179. <https://doi.org/10.1111/fwb.12199>
- Cresci, A. (2020). A comprehensive hypothesis on the migration of European glass eels (*Anguilla anguilla*). *Biological Reviews*, 95(5), 1273–1286. <https://doi.org/10.1111/brv.12609>
- De Afsluitdijk. (z.d.). *Vismigratierivier officieel van start | De Afsluitdijk*. Retrieved May 27, 2021, from <https://deafsluitdijk.nl/nieuws/officiële-start-vismigratierivier/>
- De BlijeVis. (z.d.). *Vispassages*. Retrieved August 10, 2022, from <https://www.blijevis.nl/vispassages/>
- Dekker, W. (2004). *Slipping through our hands Population dynamics of the European eel*.
<https://research.wur.nl/en/publications/slipping-through-our-hands-population-dynamics-of-the-european-ee>
- Dekker, W. (2016). Management of the eel is slipping through our hands! Distribute control and orchestrate national protection. *ICES Journal of Marine Science: Journal Du Conseil*, 73(10), 2442–2452. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw094>
- Dekker, W., & Casselman, J. M. (2014). The 2003 Québec Declaration of Concern About Eel Declines—11 Years Later: Are Eels Climbing Back up the Slippery Slope? *Fisheries*, 39(12), 613–614. <https://doi.org/10.1080/03632415.2014.979342>
- Feunteun, E. (2002). Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*): An impossible bargain. *Ecological Engineering*, 18(5), 575–591. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(02\)00021-6](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(02)00021-6)
- Griffioen, A. B., & Winter, H. V. (2019). *Eindrapportage 0-monitoring Vismigratierivier Afsluitdijk*.
<https://doi.org/10.18174/469523>
- Groen, M., van der Hak, D., Verhofstad, M., & Schiphouwer, M. E. (2021). *Onderzoek naar de bereikbaarheid van ons water*.
<https://ravon.nl/portals/2/bestanden/publicaties/rapporten/2019.404.pdf>
- Holwerd aan Zee. (z.d.-a). *Het project Holwerd aan Zee - Holwerd aan Zee*. Retrieved May 26, 2021, from <https://www.holwerdaanzee.nl/over-haz/project/>
- Holwerd aan Zee. (z.d.-b). *Over Holwerd*. Retrieved May 31, 2022, from <https://www.holwerdaanzee.nl/over-haz/over-holwerd/>
- Holwerd aan Zee. (z.d.-c). *Pijler 1: Natuur*. Retrieved August 8, 2021, from

- <https://www.holwerdaanzee.nl/over-haz/project/pijler-1-natuur/>
 Holwerd aan Zee. (z.d.-d). *Pijler 2: Water en Waterveiligheid Holwerd aan Zee, een doorbraak voor mens en natuur! - Holwerd aan Zee*. Retrieved August 11, 2022, from <https://www.holwerdaanzee.nl/over-haz/project/pijler-2-water-en-waterveiligheid/>
- Huisman, J. B. J. (2017). *Vissen zwemmen weer heen en weer*. <https://openarchivaris.nl/blob/55/83/f5d01312ce753b0c7990180567ff.pdf>
- It Fryske Gea. (z.d.). *Vismigratierivier | Baanbrekend project bij de Afsluitdijk | It Fryske Gea*. Retrieved August 13, 2022, from <https://www.itfryskegea.nl/project/vismigratierivier-en-afsluitdijk-wadden-center/>
- Kalt, N., & de Vries, I. (2014). *Vismonitoringsrapport Zwarte Haan & Roptazijl*. www.wetterskipfryslan.nl
- Klein Breteler, J. G. P. (2005, August). *Kennisdocument Europese aal of paling*. Sportvisserij Nederland. https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:OyEhKEKKHNoJ:https://www.sportvisserijnederland.nl/files/kennisdocument_aal_paling_4548.pdf+&cd=13&hl=nl&ct=clnk&gl=pt
- Kroes, M. J., Monden, S., Beeren, J., & Lieferinge, C. (2005). *Vismigratie : een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland* (J. Beeren (ed.); 2000th ed.). www.waterinfo.be
- Kroon, J. W., Wijk, B. van, & Winter, H. V. (2013). *Onderzoek beschikbaarheid glasaal bij RWZi's t.b.v. herstel aalstand en uitzet binnenvisserij*. www.visserijservicenederland.nl
- Økland, F., Havn, T. B., Thorstad, E. B., Heermann, L., Sæther, S. A., Tambets, M., Teichert, M. A. K., & Borcharding, J. (2019). Mortality of downstream migrating European eel at power stations can be low when turbine mortality is eliminated by protection measures and safe bypass routes are available. *International Review of Hydrobiology*, 104(3–4), 68–79. <https://doi.org/10.1002/iroh.201801975>
- Plaatsengids.nl. (2020). *Holwerd*. <https://www.plaatsengids.nl/holwerd>
- Programma naar een rijke Waddenzee. (2018, November 16). *Gemaal Vijfhuizen omgedoopt tot De Heining - Programma naar een Rijke Waddenzee*. <https://rijkwaddenzee.nl/nieuws/gemaal-vijfhuizen-omgedoopt-tot-de-heining/>
- RAVON. (z.d.). *Aal (Paling)*. Retrieved May 21, 2021, from <https://ravon.nl/Soorten/Soortinformatie/aal-paling>
- Rijkswaterstaat. (z.d.-a). *Vispassage De Heining | Rijkswaterstaat*. Retrieved August 6, 2022, from <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/waterkwaliteit/maatregelen-waterkwaliteit/ruim-baan-voor-vis/vispassage-de-heining>
- Rijkswaterstaat. (z.d.-b). *Vispassage Hagestein | Rijkswaterstaat*. Retrieved August 12, 2022, from <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/waterkwaliteit/maatregelen-waterkwaliteit/ruim-baan-voor-vis/vispassage-hagestein>
- Ter Veld, D. (2015). Vispassages - De keuze is reuze. *H2O*, 6, 26–29. <https://dubbelewoordwaarde.nl/wp-content/uploads/2015/07/H2O-juni-15-artikel-vispassages-pag1.pdf>
- Traa, M. (2012, October 30). *Wat gebeurt er eigenlijk als de Randstad overstroomt? - HP/De Tijd*. <https://www.hpdetijd.nl/2012-10-30/wat-gebeurt-er-eigenlijk-als-de-randstad-overstroomt/>
- van Booma, T. (2013). *Vismigratie in Fryslân*. www.wetterskipfryslan.nl
- van Calsteren, L. (2015). *MER Vismigratierivier Afsluitdijk*. <https://deafsluitdijk.nl/wp-content/uploads/2019/08/Milieu-effectrapportage-Vismigratierivier.pdf>
- Van De Wolfshaar, K. E., Griffioen, A. B., Winter, H. V., Tien, N. S. H., Gerla, D., Van Keeken, O., & Van Der Hammen, T. (2018). *Evaluation of the Dutch Eel Management Plan 2018: Status of the eel population in 2005-2016*. <https://doi.org/10.18174/453964>
- van der Meer, J., van der Veer, H. W., & Witte, J. I. J. (2011). The disappearance of the European eel from the western Wadden Sea. *Journal of Sea Research*, 66(4), 434–439. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2011.08.007>
- van Ginneken, V. J. T., & Maes, G. E. (2005). The European eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus), its lifecycle, evolution and reproduction: A literature review. In *Reviews in Fish Biology and*

- Fisheries* (Vol. 15, Issue 4, pp. 367–398). Springer. <https://doi.org/10.1007/s11160-006-0005-8>
- van Keeken, O. A., van Hal, R., Winter, H. V., Wilkes, T., & Griffioen, A. B. (2021). Migration of silver eel, *Anguilla anguilla*, through three water pumping stations in The Netherlands. *Fisheries Management and Ecology*, 28(1), 76–90. <https://doi.org/10.1111/fme.12457>
- Van Wichelen, J., Belpaire, C., Buysse, D., Baeyens, R., Verhelst, P., Vergeynst, J., Pauwels, I., Van Thuyne, G., De Meyer, J., Stevens, M., Mouton, A., Vlietinck, K., & Coeck, J. (2018). *Kan Vlaanderen het tij nog keren voor de Europese paling? Effecten van tien jaar Europese bescherming op het voortbestaan van de Paling in Vlaanderen*. <https://core.ac.uk/download/pdf/168391359.pdf>
- Veeningen, R., Claassen, T., Hartstra, B., Broodbakker, N., Bijsterbosch, C., & Schrapper, P. (2011, January 6). *Fryslân aan de slag met vismigratie*. <https://edepot.wur.nl/181386>
- Vissen voor verbinding. (2020). *Nieuwe visvriendelijke sluisdeuren in Lauwersoog*. <https://www.vissenvoorverbinding.nl/nieuws/nieuwe-visvriendelijke-sluiseuren-in-lauwersoog/>
- Visstandbeheercommissie.nl. (z.d.). *VBC Lauwersmeer* -. Retrieved August 7, 2021, from https://www.visstandbeheercommissie.nl/vbc_s/24/lauwersmeer/
- Waddenvereniging. (z.d.). *Vismigratierivier Afsluitdijk*. Retrieved August 5, 2021, from https://www.waddenvereniging.nl/onswerk/vismigratie/afsluitdijk?gclid=CjwKCAjw9ailBhA1EiwAJ_GTSrD3XblpB4P-tvxQ-hRld8tfggiwbjnScA1nDFBGInXK9C6yi1Xl4hoC7HgQAvD_BwE
- Wetterskip Fryslân. (2011, May 10). *Vishevel en gemaal Roptazijl zaterdag 14 mei open voor publiek*. WaddenZee.Nl. <https://www.waddenzee.nl/actueel/nieuwsarchief/nieuwsbericht/vishevel-en-gemaal-roptazijl-zaterdag-14-mei-open-voor-publiek>
- Winnovatie. (2021, January 21). *Monitoring vispassage De Heining met de glasaaldetector*. <https://www.winnovatie.nl/innovatie/monitoring-vispassage-de-heining-met-de-glasaaldetector>
- Winter, H. V. (2006). *Vismigratie via de vistrappen bij Hagestein en Maurik tijdens het voorjaar van 2006*. <https://edepot.wur.nl/148259>
- Wintermans, G. J. M. (2014). *Kennisdocument Paling*. <https://www.geintegreerdevisserij.nl/wp-content/uploads/factsheet-paling.pdf>
- Wirth, T., & Bernatchez, L. (2001). Genetic evidence against panmixia in the European eel. *Nature*, 409(6823), 1037–1040. <https://doi.org/10.1038/35059079>
- Yeh, J. (z.d.). *Catadromous—Diadromous and Anadromous Fishes* | *Encyclopedia.com*. Retrieved May 10, 2021, from <https://www.encyclopedia.com/science/news-wires-white-papers-and-books/catadromous-diadromous-and-anadromous-fishes>
- Zawadowski, T., Schönlau, S., Goldsborough, D. G., & Bangma, O. E. (2014). *The Fish Migration River-a fish-friendly solution?* <https://hbo-kennisbank.nl/details/samhoo:www.greeni.nl:VBS:2:125094?q=ijsselmeer>
- Zeilmaker, R. (2015, December 27). *Vispassages predator-restaurant, kerstdiner voor aalscholvers en zeehonden - Climategate Klimaat*. <https://www.climategate.nl/2015/12/visvriendelijke-gemalen-kerstdiner-voor-aalscholvers-en-zeehonden/>
- Zoutkamp.net. (z.d.). *De Lauwerszee* . Retrieved August 4, 2021, from <https://zoutkamp.net/geschiedenis/lauwerszee/>