

Omgekeerde vismigratie in de lage landen ‘van hoog naar laag’

Verkennde studie naar kansrijke vismigratievoorzieningen ‘van hoog naar laag’ in het IJsselmeergebied.



Eindrapport

18 oktober 2024



In opdracht van Sportvisserij Nederland in het kader van het TKI project werken met Waterlandschappen

Colofon



Auteur:	M.J. Kroes
Opdrachtgever:	Sportvisserij Nederland, in het kader van het TKI project werken met Waterlandschappen (Contactpersoon: Willie van Emmerik)
Opdrachtnemer:	Kroes Consultancy
Project.nr.:	KC2024-05
Status:	Eindrapport
Datum:	18 oktober 2024
Plaats:	Amsterdam

Inhoud

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding en doelstelling.....	4
1.2	Onderzoeksvragen	4
1.3	Werkwijze	5
1.4	Leeswijzer.....	5
2	Uitgangspunten vismigratie van en naar IJsselmeergebied	6
2.1	Kenmerken IJsselmeergebied	6
2.2	Welke soorten migreren tussen IJsselmeer en de polders?	8
2.3	Waar moet een verbinding tussen stilstaande wateren aan voldoen?	10
2.3.1	Technische randvoorwaarden	12
3	Kansrijke voorzieningen voor migratie van hoog naar laag	14
3.1	Aalgoot.....	14
3.2	Vishevel	18
3.3	Afstemmen maal- en inlaatregime (periodieke inlaat).....	20
3.4	Opvangbak, lokstroom met pomp en leegloopleiding (cyclische vrij verval passage)	24
3.5	Vissluis met geoptimaliseerde lokstroom.....	27
3.6	Delfland Vislift2.0 en 3.0.....	29
3.7	FishTrack2.0	34
3.8	Vislift-Up	37
3.9	Opvangbak met retourstroming of continue retourstroompassage	39
3.10	Via schutsluis – aangepast/visvriendelijk (schut)sluisbeheer	44
4	Conclusies en aanbevelingen	47
4.1	Conclusies	47
4.2	Aanbevelingen	50
	Geraadpleegde literatuur	55

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doelstelling

Vissen zijn van nature gewend om stroomopwaarts (in de praktijk “van laag naar hoog”) te migreren om hun paaiplekken te bereiken. In Nederland hebben we echter ook onnatuurlijke situaties als gevolg van menselijke ingrepen. Denk aan achteroevers en de polders van rondom het IJsselmeer. Deze laatste zijn bij de aanleg eerst ingedijkt en daarna leeggepompt. Resultaat is dat het waterpeil in het achterland van het IJsselmeer lager ligt dan het waterpeil van het meer zelf. Dit geldt niet alleen voor het IJsselmeer, maar ook aan polder-boezemsystemen in de rest van Nederland. De vis moet dus niet van laag naar hoog, maar van hoog naar laag migreren om te kunnen paaien. Een tegennatuurlijke beweging voor vissen in hun paaimigratie. En dat geldt ook voor de weg terug. Dan moeten dezelfde vissen én hun nageslacht van laag naar hoog in plaats van hoog naar laag (in de natuurlijke situatie stroomafwaarts). Het is de ‘omgekeerde’ vismigratie.

Wat het nog complexer maakt voor de vis, is dat de vissen ook nog een barrière moeten passeren. Denk hierbij aan een gemaal. Vaak ontbreekt een lokstroom voor een aanwezige vispassage, of is er alleen stroming van het gemaal. De weg vinden, wordt op deze manier erg lastig voor de vis. En als deze dan de juiste weg gevonden heeft, komt de vis er veelal beschadigd uit. Kortom, een uniek probleem dat speelt om het hele IJsselmeergebied en de rest van laag Nederland, waarvoor we op zoek zijn naar een oplossing.

Een sprekend voorbeeld van deze omgekeerde migratie in het IJsselmeergebied is de situatie bij de Koopmanspolder in de kop van Noord-Holland. Achteroever Koopmanspolder is onderdeel van het grote project Werken met Waterlandschappen.

In de Koopmanspolder is een paai- en opgroeigebied (achteroever) aangelegd. Dit gebied staat via een inlaat en een vispassage in verbinding met het IJsselmeer. Uit de visonderzoeken blijkt dat het gebied functioneert als paai- en opgroeigebied (als de vissen eenmaal binnen zijn), maar dat de migratie van vis van en naar het IJsselmeer niet optimaal is. Dit leidt tot de vraag hoe de migratie en daarmee het functioneren van de achteroever kan worden verbeterd. Dit kan toepasbaar zijn voor meer situaties waar een oplossing wordt gezocht voor omgekeerde vismigratie tussen boezem en polder. Bijvoorbeeld bij de PAGW projecten Oostvaarderoevers en Wieringerhoek (Klimaatbuffer PWN), maar ook in andere waterschapsgebieden.

Vanuit het project Werken met Waterlandschappen is Kroes Consultancy gevraagd een inventarisatie te maken van potentiële oplossingen/voorzieningen voor omgekeerde vismigratie, deze te beschrijven en het functioneren te evalueren.

1.2 Onderzoeksvragen

Het onderzoek moet antwoord geven op de volgende vragen:

- Welke voorzieningen zijn er in Nederland aangelegd voor migratie tussen hoog en laag en op welke plekken?
- Hoe werken de voorzieningen en is er een evaluatie van functionaliteit beschikbaar?
- Zijn voorzieningen gemonitord?
- Wat zijn de punten die we per voorziening kunnen leren?

1.3 Werkwijze

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen is een literatuurstudie uitgevoerd. Daarnaast is een aantal waterschappen benaderd voor meer informatie omtrent type oplossingen en de ervaringen hiermee. Dit rapport is voorgelegd aan een groep van vismigratie experts en beheerders, met als doel een stap verder te komen in het zoeken van oplossingen en het definiëren van aandachtspunten en succesfactoren. De uitkomsten van de expertbijeenkomst en het rapport zullen vanuit het project Werken met Waterlandschappen worden gedeeld met betrokkenen van de Programmatische Aanpak grote wateren (PAGW) zoals PAGW Wieringerhoek en PAGW Oostvaardersplassen, maar ook de andere relevante overgangen van hoog naar laag in gebieden van waterbeheerders die beschikken over (veel) polders.

1.4 Leeswijzer

In dit hoofdstuk is de aanleiding en het doel voor deze studie beschreven. In hoofdstuk 2 worden uitgangspunten van vismigratie van en naar IJsselmeergebied toegelicht. Hoofdstuk 3 gaat in op de mogelijke oplossingen, bestaande uit een toelichting op de werking, het functioneren en voor- en nadelen. Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de relevante conclusies en aanbevelingen.

2 Uitgangspunten vismigratie van en naar IJsselmeergebied

2.1 Kenmerken IJsselmeergebied

Waterhuishouding

Het IJsselmeergebied valt onder te verdelen in drie hydrologische compartimenten die door sluizen van elkaar zijn gescheiden (RDIJ, 2000):

- Het IJsselmeer en de noordelijke randmeren (Ketelmeer, Zwarte meer en Vossemeer), oppervlakte 1193 km².
- Het Markermeer, IJmeer, Gouwzee en de zuidelijke randmeren (Gooimeer, Eemmeer en Nijkerkernauw), oppervlakte 740 km².
- Wolderwijd, Nuldernauw Veluwemeer en Drontermeer (oostelijke randmeren), oppervlakte 66 km².

Het functioneren van het IJsselmeergebied als watersysteem wordt in sterke mate bepaald door de rivier de IJssel die ongeveer 70% van de totale wateraanvoer voor haar rekening neemt. De overige circa 30% van het water heeft een meer regionale herkomst en is afkomstig uit een groot deel van Noord Nederland, en voor een klein gedeelte uit Duitsland.

Deze afwatering naar het IJsselmeer vindt plaats via een aantal riviertjes en beken zoals de Overijsselse Vecht, de Eem en een aantal Veluwse beken. Ook wordt water via gemalen en sluizen vanuit de omliggende polders aangevoerd. Het totale afwateringsgebied beslaat circa 20.000 km².

De afwatering van het IJsselmeergebied richting het Wad vindt plaats via de Stevinssluisen en de Lorentzsluisen in de Afsluitdijk. Het huidige peilbeheer op het IJsselmeer en Markermeer is gericht op veiligheid en het creëren van berging, waarbij het spuien (bij eb) onder vrij verval mogelijk is. Daarnaast kan ook de watervoorziening van de omliggende gebieden onder vrij verval plaats vinden. Om dit mogelijk te maken, en met het oog op de veiligheid, wordt een tegennatuurlijk peilregime, met hogere peilen in de zomer (NAP - 0,2 m) en lagere peilen in de winter (NAP - 0,4 m), gehanteerd. Daarnaast vindt vanaf het Markermeer ook via het Noordzeekanaal, in beperkte mate, afwatering plaats.

Rol vismigratie

Het IJsselmeergebied is een belangrijk kruispunt voor de vismigratie, bijvoorbeeld voor paling, de driedoornige stekelbaars en spiering. Rijkswaterstaat Midden Nederland wil als beheerder de vismigratie faciliteren van vissen die vanuit de Waddenzee via het IJsselmeer door willen zwemmen via het Ketelmeer naar de IJssel/Zwarte Water, Vecht en Duitsland zoals de zalm en spiering, maar ook vissen die naar de polder-/boezemwateren of achteroevers migreren als aal en driedoornige stekelbaars, brasem, snoek of beken in het achterland willen bereiken zoals beek-, rivierprik en winde.



Figuur 2.1 Voorbeeld van potentiële achteroevers in het IJsselmeergebied

Deze maatregelen dragen bij aan het ontwikkelen tot een robuust en veerkrachtig IJsselmeergebied. Met robuuste natuur die bestand is tegen de effecten van klimaatverandering. Een gebied dat ruimte biedt voor toegankelijke natuur, en voor een duurzame manier van wonen en werken. Het IJsselmeergebied heeft ook veel natuurfuncties. Trekvogels als de zwarte stern en grote karekiet gebruiken het gebied op hun noord-zuidroutes. Ze komen er om te rusten, foerageren en broeden. En het gebied heeft in de voedselketens belangrijke, grote en permanente bewoners zoals de zeearend, otter en brasem.

Rijk-regio vispassages en achterland

De op de rijkswateren uitmondende polder-, boezemwateren, rivieren en beken fungeren soms ook als paai- en opgroeigebied voor veel vissen van respectievelijk stilstaand en stromende water.

De belangrijkste verbindingen zijn:

- Verbinding met vrij afwaterende beken/riviertjes (Utrechtse Vecht, Eem, Veluwe beken).
- Verbindingen met de omringende polders en boezems in het achterland (vooral Friesland, Noord-Holland en Flevoland, Amstel Gooi en Vecht, Rivierenland en de Stichtse Rijnlanden).

De aanpak van migratieknelpunten op de Rijk-regio overgangen gebeurt in samenwerking met de waterschappen. Voor het herstel van rijk-regio overgangen is er nauw contact met de waterschappen Drents Overijsselse Delta, Zuiderzeeland, Amstel Gooi en Vecht, Rivierenland, Vallei en Veluwe en Friesland, hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden en Hollands Noorderkwartier.



Figuur 2.2 Een belangrijk thema binnen de PAGW IJsselmeergebied is het realiseren van verbindingen tussen IJsselmeergebied en aangrenzende wateren ([IJsselmeergebied](#) | [Waar we werken](#) | [PAGW](#))

2.2 Welke soorten migreren tussen IJsselmeer en de polders?

Vissen hebben geleidelijke land-waterzones meestal met begroeiing nodig als paai- en opgroeiplaats. Uit literatuuronderzoek in het kader van de PAGW maatregelen bleek dat deze zones in het IJsselmeergebied beperkt aanwezig zijn (Westendorp et al., 2020). Door ontsluiting van de binnendijkse land-waterzones komen meer paai- en opgroeiplaatsen beschikbaar. Ook vindt er uitwisseling van populaties plaats tussen het IJsselmeergebied en deze gebieden. Dit draagt bij aan versterking van ecologische relaties.

De gebieden/polders die grenzen aan het IJsselmeer zijn in potentie vooral van belang als paai-, foerageer- en opgroei gebied voor eurytope (standvis)soorten zoals baars, blankvoorn, brasem, kolblei, snoek en snoekbaars. Ook de trekvisen driedoornige stekelbaars en aal maken gebruik van deze gebieden om te paaien en/of op te groeien. Onderstaand is per soort aangegeven welke migratiebehoefte er is, beeldmateriaal is afkomstig uit de vispassage te Spaarndam (Kroes & Wilhelm, 2022).

Aal

De Europese aal trekt in het voorjaar als glasaal het binnenwater op om er op te groeien. Na 5 tot 20 jaar te hebben geleefd als rode aal verlaat de vis als schieraal het binnenwater naar de paaigronden in de Sargassoze. De jonge aaltjes doen er 2-3 jaar over om met de oceaanstromingen de Europese kust te bereiken. Sinds eind jaren zeventig van de vorige eeuw is de soort internationaal sterk achteruitgegaan en staat nu op de rode lijst van het IUCN als 'critically endangered' op basis van de sterk neerwaartse trend in populatie-omvang.



Baars

Het leefgebied van de baars in zomer en winter verschilt. In de zomer verblijft de soort in ondiepere wateren en in de winter trekt hij zich terug in dieper water. Ook tussen jonge en oudere baars is er een verschil in leefgebied. De jonge baars leeft in ondieper water in de oeverzone in de bovenste laag van het water, maar naarmate hij ouder wordt, trekt hij naar steeds dieper water. De baars heeft een duidelijk trekgedrag, wat werd aangetoond in de Oostzee. Onderzoek toonde aan dat baarzen met een passieve geïntegreerde transpondertag (PIT-tag) reproductieve *homing* vertoonden (Hall *et al.*, 2022). De verwachting is dan ook dat bij een goede verbinding de grote (paairijpe) baarzen heen en weer zwemmen tussen IJsselmeer en de aangrenzende lager gelegen gebieden.



Blankvoorn

De blankvoorn is een algemene soort, die weinig specifieke eisen stelt aan het paaihabitat en ook in kleine afgesloten wateren levensvatbare populaties vormt (Laak, 2009). Sommige blankvoornpopulaties laten in het voorjaar wel een gerichte (partiele) paaitrek zien, uit diverse onderzoeken blijkt dat blankvoorn veelvuldig gebruik maakt van vispassages in april/begin mei (Ven *et al.*, 2012). Uit ander onderzoek blijkt blankvoorn juist relatief kleine homeranges te hebben (Baade & Fredrich, 1998).



Brasem

Brasem wordt getypeerd als een soort met een partieel nomadisch trekgedrag, dat wil zeggen migraties zijn willekeurig en individueel verschillend. Delen van de brasempopulatie migreren random en delen van de populatie zijn honkvast (Brodersen, *et al.*, 2018; Aalderen, 2022). Onderzoek op een rivier laat juist zien dat brasem wel seizoensmigratie vertoont naar diepere stroomluwe delen in de winter en ondiepe warmere zijwateren in het voorjaar (Gardner *et al.*, 2013).



Driedoornige stekelbaars

De driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*) trekt in het voorjaar het binnenwater op om te paaien en groeit op in zee.



Snoek

Snoeken migreren met name in de winter/vroege voorjaarsperiode ten behoeve van paai. Sterk *homing*-gedrag naar paaigronden is bekend bij snoek. Diverse onderzoeken hebben aangetoond dat snoek in de Oostzee niet als een homogene populatie kan worden beschouwd (Engstedt et al., 2013). Adulte vissen blijken in opeenvolgende jaren terug te keren naar dezelfde Zweedse rivieren om te paaien. Ook de snoeken uit het Oulujärvi-meer in Finland keren ieder jaar terug naar dezelfde paaigronden in de rivier (Vehanen et al., 2006).



Snoekbaars

Van snoekbaars is bekend dat deze sterke en complexe migratiepatronen heeft, zelfs in kleinere watersystemen (Koed et al., 2002). In een Finse rivier (Jyväsjärvi) toonde zenderonderzoek aan dat snoekbaarzen plaatstrouw zijn. De resultaten geven ook aan dat de twee bestudeerde meren mogelijk semi-afzonderlijke snoekbaarsbestanden hebben (Keskinen et al., 2005).



2.3 Waar moet een verbinding tussen stilstaande wateren aan voldoen?

Periode van werking/effectiviteit

Vismigratie is in stroomop- en afwaartse richting bij voorkeur het gehele jaar mogelijk. Het zwaartepunt van de stroomopwaartse migratie ligt in het voorjaar (maart tot en met mei). Afhankelijk van de weersomstandigheden is er sprake van enige doorloop in juni. De vispassage dient vanuit hydraulisch oogpunt minimaal 90% van het voorjaar optimaal te functioneren ten behoeve van deze paaitrek. De vispassage is werkzaam bij zowel zomer- als winterpeil.

Naast migratie in het voorjaar is er in de zomer tot en met het najaar dispersie van jonge vis, die dan van de verbinding gebruik maakt. In het najaar is er uittrek van volwassen aal richting zee.

Zwemsnelheden en lokstroomcapaciteit

Voor nieuw te bouwen vispassages dient de dimensionering van de leidingen die dijklichamen passeren te worden overwogen om een juiste werking voor de migratie van doelsoorten te bewerkstelligen. Daarbij worden de volgende ecologische aspecten beschouwd:

- Stroomsnelheden in de vispassage
- Maatvoering leidingen in relatie tot zwemcapaciteit doelsoorten migrerende vis

Intrek

Bij het passeren van vispassages speelt de zwemcapaciteit van doelvissoorten een grote rol. Vis moet tenminste fysiek in staat zijn om de heersende stroomsnelheden te kunnen passeren wil een vispassage succesvol zijn. Er wordt vaak onderscheid gemaakt tussen verschillende typen zwemcapaciteiten: sprintsnelheid die seconden kan worden volgehouden, verlengde sprint die minuten kan worden volgehouden, en kruissnelheid die uren kan worden volgehouden.

Voor wat betreft de zwemsnelheden zou het beste uitgegaan kunnen worden van de soort met de zwakste zwemcapaciteiten. Glasaal kan geringe stroomsnelheden actief zwemmend passeren: sprintcapaciteit 0,3-0,5 m/s, duurzwevermogen is circa 0,2 m/s. Volwassen stekelbaars, door beperkte lengte heeft deze een lage sprintsnelheid tot circa 0,7 m/s voor anadrome stekelbaars, duurzwevermogen is circa 0,2 m/s. Op basis van de hiervoor genoemde zwemcapaciteiten is de stroomsnelheid in de aan- en afvoerbuizen bij voorkeur niet hoger dan 0,2 en 0,3 m/s.

Lokstroom

Op locaties met gemalen/sluizen moet het water afvoerende kunstwerk zorgen voor een aantrekkende werking van vis naar het complex. Om uiteindelijk de juiste ingang te vinden, mag het gemaal/de sluis niet te veel zorgen voor een afleidende of verstorende werking. Het gemaal staat bij voorkeur niet aan op de momenten dat vis actief is. Dit betreft in ieder geval de periode van avond tot eerste uren van de nacht. Als dat niet mogelijk is, kan ook op een lager toerental (gemaal) of spuicapaciteit, nabij de vismigratievoorziening worden afgevoerd. Dan zal vis aangetrokken worden door de stroming en in de nabijheid zoeken naar een passagemogelijkheid.

Voor standvissen, zoals baars, brasem, snoek, snoekbaars, geldt dat deze soorten langer in het gebied leven, en ze de mogelijkheden wellicht leren kennen die barrières bieden om van het ene naar het andere watersysteem te komen. Voor trekvis zoals glasaal is dat anders, deze komt één keer in zijn leven bij een barrière aan. Als er dan geen lokstroom is, wordt deze niet getriggerd en zwemt door naar een plek waar wel een interessant stroompje aanwezig is of het water de goede "geur of smaak" heeft.

Verder geldt voor de lokstroomcapaciteit (m^3/min) als vuistregel: 5 – 10 % van de capaciteit op die locatie (meestal een gemaal). Dit wordt vooral toegepast bij stromende wateren. Bij gemalen zou deze waarde resulteren in forse lokstroompompen en mogelijk hoge stroomsnelheden in de vispassage (of een erg grote dimensionering van de vispassage constructie). De vis wordt in principe aangetrokken tot de locatie door de grote hoeveelheden water die een gemaal verpompt. Deze doet dit echter maar een deel van de dag. Als de vissen door het lokwater van het gemaal al in de

boezemzijde maalkom van het gemaal zitten kan worden volstaan met een beperktere lokstroom om de vissen de passage in te lokken. Dit kan aanmerkelijk minder zijn dan de 5-10%.

Uittrek

Stroomafwaarts migrerende vis wordt geacht zich mee te laten voeren met de grootste waterbeweging (stroming), waarbij lokstroomwerking geen rol speelt. Van deze theoretische uitgangspunten kan echter gesteld worden dat toetsing aan de praktijk nog niet altijd heeft plaatsgevonden. Het zou bijvoorbeeld best mogelijk kunnen zijn dat stroomafwaarts migrerende vis zich onder bepaalde omstandigheden wel laat aantrekken door een lokstroom. Voor uiteindelijke vismigratievoorzieningen hebben dergelijke overwegingen natuurlijk veel betekenis.

Er is ook een sterk vermoeden dat met name een zout gradiënt er voor kan zorgen dat aal op een bepaald moment meer reageert op zoutconcentraties dan op een daadwerkelijk zeewaartse waterstroom. Dit is o.a. in Termunterzijl gezien met telemetrieonderzoek. Voor andere vissoorten hebben we dit fenomeen nog niet gezien (maar ook nog niet gericht onderzocht). Schrift. Med. P.P. Schollema, waterschap Hunze en Aa's, 2024.

Inrichting vispassages/positie aansluiting

Voor vissoorten die over de bodem migreren (bijvoorbeeld de snoekbaars) is het van groot belang dat de overgang van de bodem van de watergang naar de ingang van de vispassage zo geleidelijk mogelijk verloopt. Voor deze soorten is het daarnaast van belang dat zij de vispassage via de bodem kunnen passeren (ook de bodem in de vispassage loopt geleidelijk op). De bodem van de watergang dient dan ook aan te sluiten op de bodem van de vispassage. In de vispassage wordt een bodembedekking met grove stenen aangebracht om de stroomsnelheid bij de bodem te reduceren en passage van bodemgebonden vissoorten mogelijk te maken. Let wel op de in- en uitgang waar bewegende deuren zitten, geen rollende stenen tussen je schuifdeuren terecht komen.

Aandachtspunt bij aanwezigheid van glasaal, zoals in de nabijheid van de Afsluitdijk, is dat glasaal bij voorkeur hoger in de waterkolom migreert en dat de hoogte van de inzwemopening hierop moet aansluiten. De inzwemopening ligt bij voorkeur niet dieper dan de onderste helft van de waterkolom.

Geschied habitat

Het vispasseerbaar maken van kunstwerken is relevant indien daarmee de voor doelsoorten geschikte habitats met elkaar worden verbonden. Naast het ontwerpen van de vispassage kan het noodzakelijk zijn om te kijken naar mogelijkheden om geschikte habitats te genereren en optimaliseren. Met andere woorden; het heeft weinig nut om de deur open te zetten als het huis niet in orde is.

2.3.1 Technische randvoorwaarden

Constructie

In relatie tot de constructie wordt een aantal algemene uitgangspunten gehanteerd:

- Robuustheid, o.a. bewegende delen van de passage voldoende zwaar uitvoeren. Liever een motor van een schuif een klasse zwaarder aanleggen dan er is berekend dan iedere maand een monteur naar de passage moeten sturen voor het oplossen van een storing.
- Duurzaamheid, o.a. energieverbruik. Een passage met lokstroompompen staat 24 uur per dag te pompen. Dan gebruikt zelfs een kleine pomp, door de vele draaiuren, veel energie.

- Zo min mogelijk onderhoud
- Zo gering mogelijke kans op storingen en/of falen
- Zoveel mogelijk geïntegreerd in de constructie van het gemaal/het kunstwerk (extra ruimtebeslag en grondverzet is minimaal)
- Praktische en realistische kosten-batenverhouding.
- Geen negatieve effecten op de primaire functies van het kunstwerk, zoals waterkering, waterafvoer of waterinlaat. Erg belangrijk in het ontwerpproces. Vaak is er sprake van primaire keringen waardoor er strenge eisen gesteld worden aan je constructie (dubbel kerend, voorzien van noodschuiven, maximale diameter buis die door de kering mag e.d.)

Deze lijst is niet uitputtend en kan worden aangevuld met locatie specifieke eisen.

Hydrologie

In relatie tot de hydrologie wordt een aantal algemene uitgangspunten gehanteerd:

- Huidige peilen dienen gehandhaafd te worden i.v.m. de primaire landbouwfunctie/defensiefunctie van het achterliggende gebied
- Oplossing is ongevoelig voor peilschommelingen
- Oplossing is geschikt voor hoge en zeer lage afvoeren (grote debieten)
- Oplossing heeft een gering waterverbruik c.q. waterverlies

Ontwerpdebiet en periodes

Als vuistregel voor de keuze en het ontwerp van vispassages geldt doorgaans dat een vispassage in minimaal 90% van de paaïmigratie periode functioneert, ervan uitgaande dat het debiet beschikbaar is. Uit deze vuistregel kan de minimaal beschikbare afvoer worden afgeleid, de zogenaamde minimale ontwerpafvoer (of het ontwerpdebiet). Het ontwerpdebiet is lager of gelijk aan de afvoer die gedurende 90% van de migratieperiode wordt overschreden. Bij een vispassage met een pompsysteem zou dit leiden tot hoge kosten zijn qua bouw en energieverbruik als deze bijna 24 uur per dag functioneert. Dit maakt het belangrijk om keuzes te maken over de periodes dat de passage wel/niet moet functioneren.

Het ontwerpdebiet is bij voorkeur instelbaar zodat het nog mogelijk is om te wisselen, o.a. bij wisselende afvoeren. Als uitgangspunt wordt een ontwerpdebiet gekozen dat jaarrond beschikbaar is. Het ontwerpdebiet wordt zo mogelijk 24/7, maar in ieder geval rond zonsopkomst en ondergang, gegarandeerd voor de werking van de vispassages. Het ontwerpdebiet is voldoende is om de vissen vanuit de maalkom de passage in te lokken (voldoende stroming merkbaar voor de vissen in de maalkom) en leidt daarnaast tot een acceptabele dimensionering van de passage oplevert qua pompcapaciteit (kosten pompen en stroom).

3 Kansrijke voorzieningen voor migratie van hoog naar laag

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van vispassages die mogelijk uitkomst zouden kunnen bieden in het faciliteren van vismigratie overgangen van laag naar hoog. Voor het bewerkstelligen van de migratie bij gemalen, sluizen, inlaten (van hoog naar laag) zijn de volgende voorzieningen in de praktijk toegepast:

1. Aalgoot
2. Vishevel
3. Afstemmen maal- en inlaatregime (periodieke inlaat);
4. Opvangbak, lokstroom met pomp en leegloopleiding (cyclische vrij verval passage);
5. Vissluis met geoptimaliseerde lokstroompomp
6. Delfland vislift
7. FishTrack2.0
8. VisliftUp
9. Opvangbak met continue retourstroming
10. Via een schutsluis.

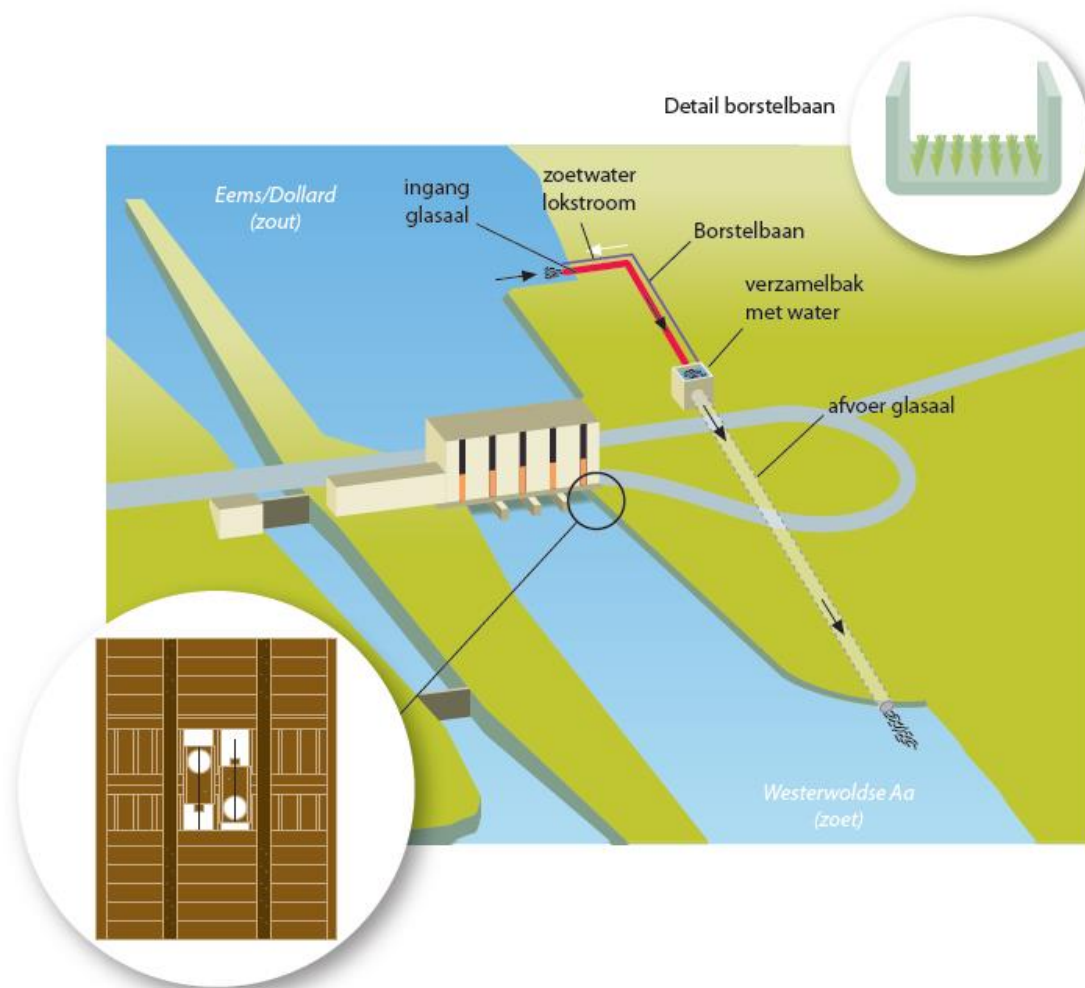
Bypass voorzieningen zoals een bekkenvistrappen zijn buiten beschouwing gelaten omdat dit forse ingrepen zijn in de primaire kering.

3.1 Aalgoot

Werking

Aalgoten maken gebruik van het, verticale, klim- en kruipvermogen van aal. Via een goot in het talud van de dijk, waarin een klimsubstraat is aangebracht in de vorm van kokosmatten, kunststof noppen, borstels of kunstgras. Het klimsubstraat verlaagt de stroomsnelheid zodat de glas-of pootaal stroomopwaarts kan klimmen en biedt een oppervlak waar de aal voldoende grip op kan uitoefenen. Over dit substraat loopt een klein waterstroompje dat vanuit het lager gelegen water wordt opgepompt. Een extra leiding die uitkomt bij het begin van de goot aan de buitenzijde, zorgt in sommige gevallen voor een extra lokstroom met water vanuit het lagere water. Met een derde lokstroom kan bij de ingang met behulp van sproeiers nog een extra lokeffect gecreëerd worden. Engels onderzoek toonde aan dat het vallende water uit de sproeiers trekt 2 keer zoveel glasaal aantrekt dan hetzelfde lokdebiet dat rustig uitstroomt bij de ingang van de aalpassage (Piper et al., 2012).

Bovenop de dijk staat een opvangbak waar de aal in uitkomt. Via een buis wordt de aal daarna naar het binnendijkse water gespoeld (Kroes & Monden, 2005).



Figuur 3.1 Principewerking aalgoot Nieuwe Statenzijl (Waterschap Hunze en Aa's)

Ervaringen

Dit principe is op diverse locaties toegepast bij gemalen en sluizen op overgangen tussen zoet en zout water o.a. sluiscomplex Nieuwe Statenzijl (waterschap Hunze en Aa's), gemaal Dekker (Waterschap Scheldestromen) en overgangen tussen twee zoete systemen o.a. gemaal Overtoom (HHNK), gemaal Gansooijen en Gewande (waterschap Brabantse Delta), voormalige Roggebotsluis (RWS Midden Nederland) en tijdelijke voorzieningen bij gemaal Stroink (waterschap Overijsselse Delta).

Vissoorten

Verschillende bureaus hebben aalgoten gemonitord. Hieruit blijkt dat alen van uiteenlopende formaten gebruik kunnen maken van de voorziening. Naast aal worden de goten ook gebruikt door kleine vissoorten, o.a. kleine modderkruiper, blankvoorn en blauwband en Chinese wolhandkrab en verschillende soorten rivierkreeften (Atsma & Beekman, 2017, Kroes, 2020). Bij zoet-zout overgangen wordt de ingang aan de zeezijde voorzien van fijnroosters (ca. 8 mm) om te voorkomen dat grote wolhandkrabben in de passage terechtkomen en vervolgens op de glasaal gaan prederen.

De effectiviteit van de aalgoot is sterk afhankelijk van de watertemperatuur, aangezien aal onder de 12°C nauwelijks actief klimt. (Podgorniak et al., 2016). Sluit ook aan bij de waarnemingen in de aalgoot Nieuwe Statenzijl. Pas later in het voorjaar (meestal vanaf de tweede helft van april) passeren de glasalen actief de aalgoot (schrift. Med. P.P. Schollema, waterschap Hunze en Aa's, 2024).

Locatie		Jaartal	Uitkomst	Referentie
Aalgoot gemaal Gansooijen, Gewande	Waterschap Brabantse Delta	2019	Slechte werking ivm technische mankementen.	van de Ven, 2019
Aalgoot gemaal Gansooijen	Waterschap Brabantse Delta	2020	In het voorjaar passeerden ruim 100 alen. Daarnaast kleine modderkruiper, blauwband, blankvoorn, Am. rivierkreeft sp. en Chinese wolhandkrab.	Kroes, 2020
Aalgoot gemaal Overtoom	Waterschap Brabantse Delta	2018	Passage-efficiëntie 17% (van het aanbod) voor glasaal	Griffioen et al., 2019
Aalgoot gemaal Dekker, Oosterschelde	Waterschap Scheldestromen	2023	Deze lange goot bleek over het gehele seizoen slechts 11% van de glasaal te faciliteren waarbij de succesvolle passage lang duurde.	Kooiman et al., in prep. Uit: Schiphouwer et al. 2022
Aalgoot gemaal Nieuwe Statenzijl	Waterschap Hunze en Aa's	2013	Werkt op zich goed als de lokstromen goed afgesteld staan en de passage schoon is (geen troep er in). Omdat op NSTZ de glasalen ook met passief transport via de kattenluiken naar binnen kunnen zien we dat dit de voorkeursroute is zolang deze gebruikt kunnen worden (meer dan 95% via de kattenluiken). Bij veel slibvorming gaan de kattenluiken echter dicht en is de aalgoot de enige optie voor de glasalen om binnen te komen.	Schrift. Med. P.P. Schollema, waterschap Hunze en Aa's, 2024). Lopende monitoring als onderdeel van het waddenfondsproject Ruim Baan voor Vissen 2.

Er is continue vismigratie mogelijk, doordat de alen in de opvangbak direct doorspoelen naar het lagere gelegen pand.

Aandachtspunt is dat de aanzuigbuis van de lokstroom pomp en de uitstroombuis met de glasaal voldoende ver uit elkaar worden gelegd om ongewenste inzuiging van glasaal door de lokstroom pomp te voorkomen. Verder moet uitstroombuis van de aalgoot aan de uitstroomzijde niet uit komen bij een kale damwand, maar in de nabijheid van substraat uitkomen, waar de glasalen dekking hebben tegen predatoren.

Tweezijdige passeerbaarheid

Een aalgoot is niet passeerbaar in afwaartse richting (van laag naar hoog of in zeewaartse richting).

Onderhoudbaarheid

Jaarlijks onderhoud van pomp en substraat in aalgoot. Type substraat speelt daarin een rol. Kunststof breekt niet af en hoeft niet jaarlijks vervangen te worden. Kokosmatten bijvoorbeeld, moeten wel om de zoveel jaar (of soms zelfs jaarlijks) vervangen te worden. Ook bij de aalgoot in Nieuwe Statenzijl is

gekozen voor kunststof borstels vanwege de onderhoud baarheid. Aan het begin van de glasaaltrek moet de hele passage schoongemaakt worden met een bladblazer om alle losse blaadjes, rietstengels, e.d. te verwijderen. Daarnaast is de laatste 10 meter van de aalgoot (het deel dat tussen HW en LW is aangelegd in het getijdegebied) voorzien van een spoelsysteem om het slib dat met HW wordt afgezet in de goot 1 x per 3 getijden cycli er weer uit te spoelen. (schrift. Med. P.P. Schollema, waterschap Hunze en Aa's, 2024).

Voor- en nadelen

Voordelen:

- Aalgoten zijn relatief eenvoudig in aanleg, ze kunnen over de dijk heen in het talud aangelegd worden.
- Laat geen zout (of slib) binnen op het zoete binnenwater en wel de glasalen.
- Ze functioneren met een relatief kleine zoetwater lokstroom.
- Maakt continue migratie mogelijk.

Nadelen:

- De voorziening is specifiek voor aal en faciliteert alleen de migratie in opwaartse richting.
- Het passeren is selectief voor alen onder bepaalde temperaturen.
- Het substraat is gevoelig voor vervuiling en aangroei.
- Ongewenste intrek van Chinese wolhandkrabben is mogelijk bij zoet-zout overgangen.





Figuur 3.2 Aalgoot bij spuisluis Nieuwe Statenzijl

Linksboven: opvangbak met pompsysteem

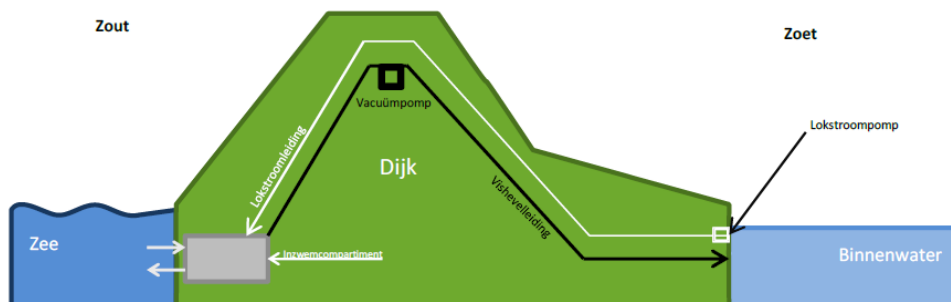
Linksonder: sproeisysteem voor extra lokstroom

Rechtsonder: kunstgras klimsubstraat

3.2 Vishevel

Werking

Vis aan de hoge zijde wordt naar de ingang van een opvangbak gelokt via een lokstroom. De opvangbak wordt na een bepaalde tijd afgesloten met een schuif en vervolgens gelegeerd door middel van een vacuümpomp, die het water en de vissen naar de andere kant van de dijk pompt.



Figuur 3.3 principeschets van de hevelvispassage bij gemaal Roptazijl (Wetterskip Fryslan, Kalt&de Vries, 2014)

Ervaringen

Dit principe is op diverse locaties toegepast bij gemalen op overgangen tussen zoet en zout water o.a. gemaal de Cocksdorp (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier), gemaal Roptazijl (wetterskip Fryslan). De vishevel bij Gemaal Schore (waterschap Scheldestromen) functioneert zonder schuiven in de verzamelbak en gebruikt dezelfde leiding voor de lokstroom als het cyclisch terughevelen van de vis.

Vissoorten

Vooraf kleine vis (<20 cm), o.a. glasaal en driedoornige stekelbaars wordt effectief geheveld. Grote vissen kunnen zich verzetten tegen de aanzuigende stroomrichting tijdens het hevelen en in de opvangbak achterblijven (Hop, 2016).

Locatie		Jaartal	Uitkomst	Referentie
Vishevel gemaal Cocksdoorp*)	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	2014	Bij een steekproef in februari 2014 een hoog aantal driedoornige stekelbaarzen waargenomen dat succesvol passeerde.	R. Beentjes HHNK, pers med.
Vishevel gemaal Schore	Waterschap Scheldestromen	2020	liet in 15 dagen 59,4% van het aanbod van glasaal passeren en 33% voor driedoornige stekelbaars	Ploegaert, 2020. Uit: Schiphouwer et al. 2022
Vishevel gemaal Roptazijl	wetterskip Fryslan	2014	de vishevel slaagt erin om de diadrome vissoorten te laten migreren tussen zout en zoet water.	Kalt & de Vries., 2014

*) Deze hevel is inmiddels verwijderd en vervangen door een Opvangbak met lokpomp en leegstroomleiding bij nieuwbouw van gemaal Eijerland

De voorziening werkt alleen gedurende de intervallen waarbij er water wordt ingelaten. Het aantal cycli is vaak beperkt en het inlaten is vaak voor korte periode (<1 uur), omdat anders teveel water op het lage peil wordt ingelaten en in sommige situaties zoutindringing of andere zaken rond waterkwaliteit een rol spelen. Dit hangt wel af van de omvang van de opvangbak. Als het om geringe waterhoeveelheden gaat, is dit verwaarloosbaar.

Als vissen de hevel passeren zullen ze drukverschillen ondergaan omdat het hoogste en laagste punt van de hevel anders is dan de druk waaraan vissen zijn geacclimatiseerd. Uit onderzoek blijkt dat physostome vissen (met open zwemblaas) bestand zijn tegen een snelle drukverlaging van 70 procent van de initiële waarde en dat voor physocliste vissen (met gesloten zwemblaas) de grens op ongeveer 40 procent ligt. Een effect van drukverschil op visschade wordt als klein verwacht. Een instantane drukverhoging tot 20 bar leidde niet tot permanente schade in een test met verschillende soorten vis, zowel physostomen als physoclisten (Foye en Scott, 1965). Naar verwachting zijn drukverschillen in hevels gering te noemen in vergelijking tot de hier genoemde testen.

Tweezijdige passeerbaarheid

Vishevels zijn meestal alleen passeerbaar voor intrekende vis. De stroomsnelheid is te hoog voor vissen om er tegenin te zwemmen naar het hogere water. Bij geringe peilverschillen over de (hevel)inlaat en de constructie zouden vissen in theorie heen en weer kunnen zwemmen. Bij Schardam is dat het geval, waarbij tijdens sterke westenwind de peilverschillen en daarmee de stroomsnelheid kleiner worden doordat de boezem omhoog komt en Markermeer wat zakt (mond. Med. R. Beentjes, HHNK, 2024).

Onderhoudbaarheid

Bij het implementeren moet rekening worden gehouden met aanpassingen aan besturingsprogramma van het gemaal. Onderhoudsinspanningen aan de afsluiter, vacuumpomp en lokstroompomp is noodzakelijk. Bij het peilbeheer moet rekening worden gehouden met de functie vismigratie door rekening te houden het met tijdstip (periode van de dag) van malen.

Voor- en nadelen

Voordelen:

- Relatief goedkoop omdat er niet door de dijk een leiding hoeft te worden aangelegd.

- Kan met weinig debiet functioneren en dus ook bij lage afvoeren/waterbeschikbaarheid.
- Eenvoudig ontwerp en gering ruimtebeslag.

Nadelen

- Vooral geschikt voor kleine vissen omdat grote vissen kunnen zich verzetten tegen de omgekeerde stroming van de hevel.
- Er zijn meestal korte momenten om de inlaat open te zetten, waardoor vissen moeten wachten. Concentraties (kleine) vissen zijn dan extra gevoelig voor predatie.
- Op getijde locaties werkt de passage alleen maar vanaf een bepaalde waterstand en niet gedurende het volledige getij. Rond LW kan er vaak geen vis worden ingelaten.
- Bij het overhevelen kan door hoge stroomsnelheid beschadiging optreden door contact met de leiding (vooral bij aangroei van mosselen).
- In de meeste situaties loopt de verzamelbak niet helemaal leeg of stroomt de hevelleiding deels terug als het vacuüm onderbroken wordt, waardoor vis deels achterblijft.
- Regelmatige inspectie nodig in verband met optredende storingen aan pompen en schuiven. In praktijk erg storingsgevoelig (S. Westerman HHNK, pers. med.). Op telemetrie kan dit op afstand worden gecontroleerd.



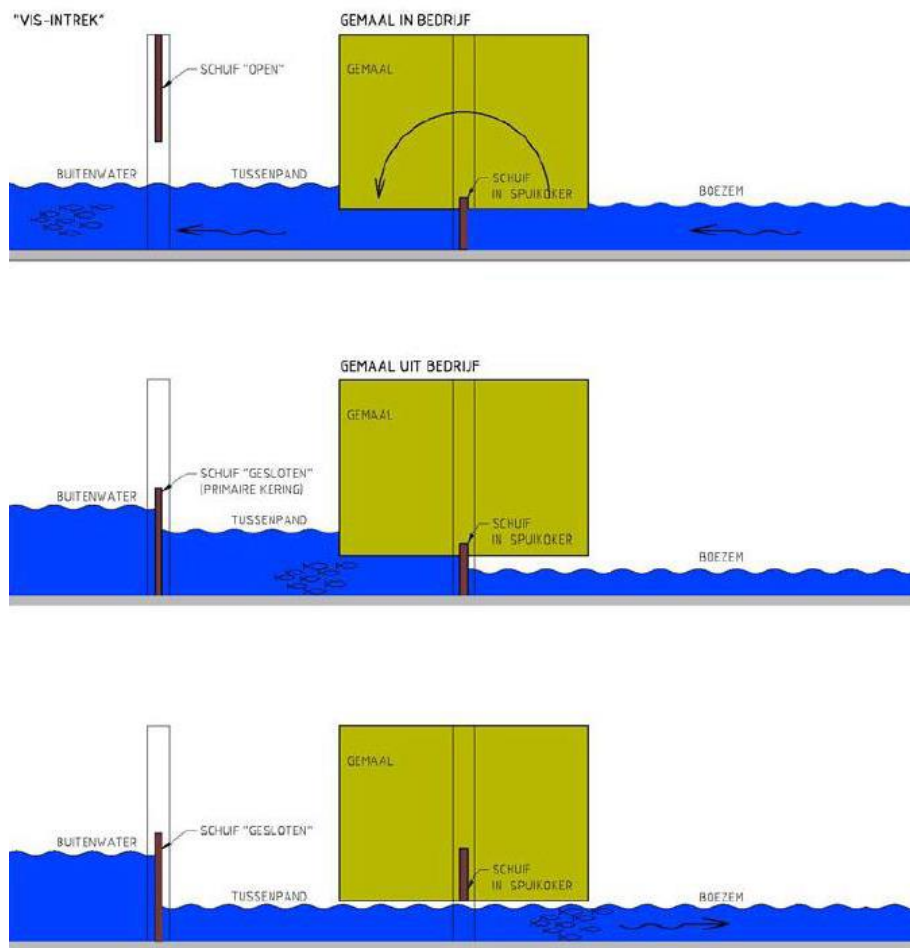
Figuur 3.4 Roptazijl buitendijks, gaten lokstroom en ingang naar opvangbak van de vishevel (Kalt & de Vries, 2014)

3.3 Afstemmen maal- en inlaatregime (periodieke inlaat)

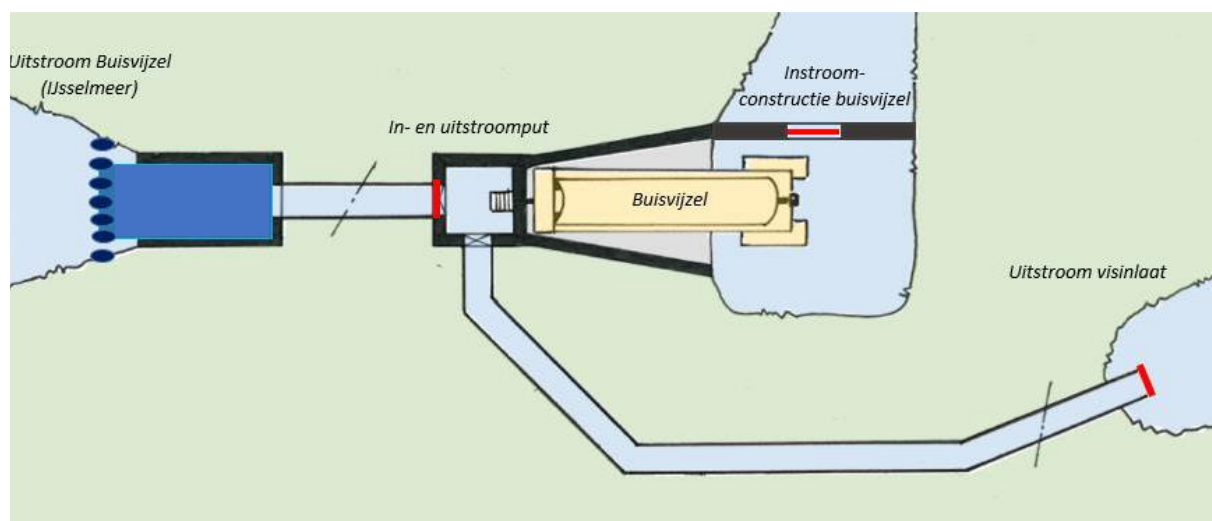
Werking

Wanneer de gemaalpompe aanstaat, zorgt dit voor een lokstroom op het ontvangende water (van laag naar hoog). De vissen worden dan wel aangetrokken maar kunnen niet passeren en zullen vaak voor het gemaal blijven liggen. De pompe wordt in het voorjaar regelmatig aan en uit gezet. Als de

pomp wordt uitgeschakeld, wordt korte tijd (enkele minuten) water ingelaten en worden vissen, die zich in de uitstroomkolk hebben verzameld, via een inlaatleiding meegespoeld naar het lagere peil.



Figuur 3.5 Principeschets visinlaat bij Gemaal Schoute in Scheveningen (situatie voor 2019). Voor peilopzet buitenzijde (na voorbemalen) wordt gebruik gemaakt van een verderop gelegen Keersluis (Griffioen et al., 2018).



Figuur 3.6 Principeschets visinlaat bij de buisvijzel in de Koopmanspolder (Kleppe, 2019). Met de buisvijzel wordt gedurende een uur een lokstroom opgewekt die vis in het IJsselmeer aan moet

trekken. Direct daarna gaat de visinlaat voor 10 minuten open (schuif gaat voor 30% open) zodat water onder vrij verval de polder instroomt.

Ervaringen

Het principe waarbij vissen het gemaal passeren via een naastgelegen inlaatleiding is ondermeer toegepast bij gemaal Colijn (Waterschap Zuiderzeeland) en gemaal Putten (Waterschap Hollandse Delta). Soms is het ook toegepast door in te laten via de persleiding van de pomp ondermeer bij gemaal Katwijk en Gouda (Hoogheemraadschap van Rijnland), Spuisluizen Nieuwe Statenzijl (Hunze en Aa's), gemaal de Helsdeur (HHNK) en gemaal Schoute (Hoogheemraadschap van Delfland).

Vissoorten

Deze maatregel bleek uiterst effectief bij een tweetal onderzoeken (zie tabel). Aandachtspunten zijn wel dat inlaatleidingen soms op enige afstand ligt van de uitstroomconstructie, waardoor deze minder efficiënt kan functioneren. Een tweede aandachtspunt is dat er soms sprake is van een krooshek, dat een fysieke barrière vormt grotere vissen. Dit dient mogelijk te worden aangepast, bijvoorbeeld door een aantal staven deels of geheel te verwijderen (onder het wateroppervlak). Verder is het onbekend met welke stroomsnelheid er wordt ingelaten. Een hoge stroomsnelheid voorkomt dat vissen kunnen vluchten, waardoor vismigratie middels het inlaten van water een stuk effectiever zal werken.

Locatie		Jaartal	Uitkomst	Referentie
Koopmanspolder	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	2020/21	Intrek van vis naar de Koopmanspolder lijkt goed mogelijk, waarbij de natuurlijke intrekmetingen relatief veel vissen in een kort tijdsbestek zijn gevangen. Winde en in mindere mate brasem en blankvoorn zijn hierbij het meest frequent aangetroffen. Paarrijpe vis is tijdens deze metingen niet aangetroffen. De resultaten van de semi-gedwongen doorvoer meting laten samen met de resultaten van de natuurlijke intrek zien dat het inlaatwerk geschikt is voor de intrek van zowel kleine als grotere vis. Het aanbod van vis aan de IJsselmeerzijde was laag, uitgaande van de lage opbrengst tijdens de visserij bij de uitstroom van de polder aan IJsselmeerzijde. Mogelijk is de aantlokkende werking van het gebied beperkt. Er werden lage aantallen uittrekkende vis waargenomen, waardoor de vraag rijst hoe gemotiveerd vissen zijn om de polder uit te trekken. Doordat de Koopmanspolder een afgescheiden gebied is ten opzichte van het IJsselmeer, bestaat de kans dat zich in de polder een op zichzelf staande visstand ontwikkelt, waarbij vissen nauwelijks de behoefte hebben om het gebied te verlaten.	Kleppe, 2021
gemaal Colijn	Waterschap Zuiderzeeland	2012	Er passeerden gemiddeld bijna 3000 vissen per uur, met name driedoornige stekelbaars (Hop, 2012). De inlaat is daarbij gedeeltelijk opengezet (0,2, 0,5 en 0,8 m van de beschikbare 1,0 m). Uit de resultaten blijkt dat de hoeveelheid ingelaten driedoornige stekelbaarzen (per kubieke meter water) bij een opening van 0,5	Hop, 2012

			en 0,8 cm vrijwel gelijk is en circa tweemaal zo groot is als bij een opening van 0,2 m. Bij 0,8 m is de stroomsnelheid 0,75 m/s (5 m verval).	
Gemaal Schoute	Hoogheemraadschap van Delfland	2017	Glasaal werd beperkt aangetrokken omdat de lokstroom van het gemaal waarschijnlijk te kort duurde. Onder de toenmalige instellingen bereikte nog geen 1% van de aanwezige glasaal binnen afzienbare tijd het zoete water.	Griffioen et al., 2017
Spuisluizen Nieuwe Statenzijl ("kattenluiken")	Waterschap Hunze en Aa's	2013	Sinds 2013 uitgebreid gemonitord als onderdeel van verschillende waddenfonds projecten. Deze wijze van getij gestuurd inlaten werkt erg goed en laat miljoenen glasalen, botlarven en andere vissoorten binnen.	Schrift. Med. P.P. Schollemma, waterschap Hunze en Aa's, 2024).

De voorziening werkt alleen gedurende de intervallen waarbij er water wordt ingelaten. Het aantal cycli is vaak beperkt en het inlaten is vaak voor korte periode (<1 uur), omdat anders teveel water op het lage peil wordt ingelaten en in sommige situaties zoutindringing of andere zaken rond waterkwaliteit een rol spelen.

Tweezijdige passeerbaarheid

Inlaten zijn alleen passeerbaar voor intrekende vis. De stroomsnelheid is te hoog voor vissen om er tegenin te zwemmen naar het hogere water. Bij getijdeovergangen werkt dit mogelijk anders en kunnen vissen ook naar buiten zwemmen als stroomsnelheden acceptabel zijn.

Onderhoudbaarheid

Bij het implementeren moet rekening worden gehouden met aanpassingen aan besturingsprogramma van het gemaal. Mogelijk is er enige extra onderhoudsinspanningen aan de leegloopafsluiter noodzakelijk. Bij het peilbeheer moet rekening worden gehouden met de functie vismigratie door rekening te houden het met tijdstip (periode van de dag) van malen.

Voor- en nadelen

Voordelen:

- Er is weinig extra ruimtebeslag.
- Lage kosten, wordt geïntegreerd in de bestaande infrastructuur.
- Bij spuisluizen kan een schuif direct in een spuideur ingebouwd worden waardoor deze direct aansluit op de spuikom waarin ook regulier gespuid wordt (zie onderstaande foto).

Nadelen:

- Periodiek inlaten van water kan ongewenst zijn vanuit peilbeheer of waterkwaliteitsdoelen.
- De inlaat ligt soms ver verwijderd van de gemaal uitstroom.
- Het inlaten is doorgaans vooral geschikt voor kleine vissen. (Grote) vissen met goede zwemcapaciteiten kunnen zich verzetten tegen de stroming van de inlaat.
- Er zijn meestal korte momenten om de inlaat open te zetten, waardoor vissen moeten wachten. Concentraties (kleine) vissen zijn dan extra gevoelig voor predatie.

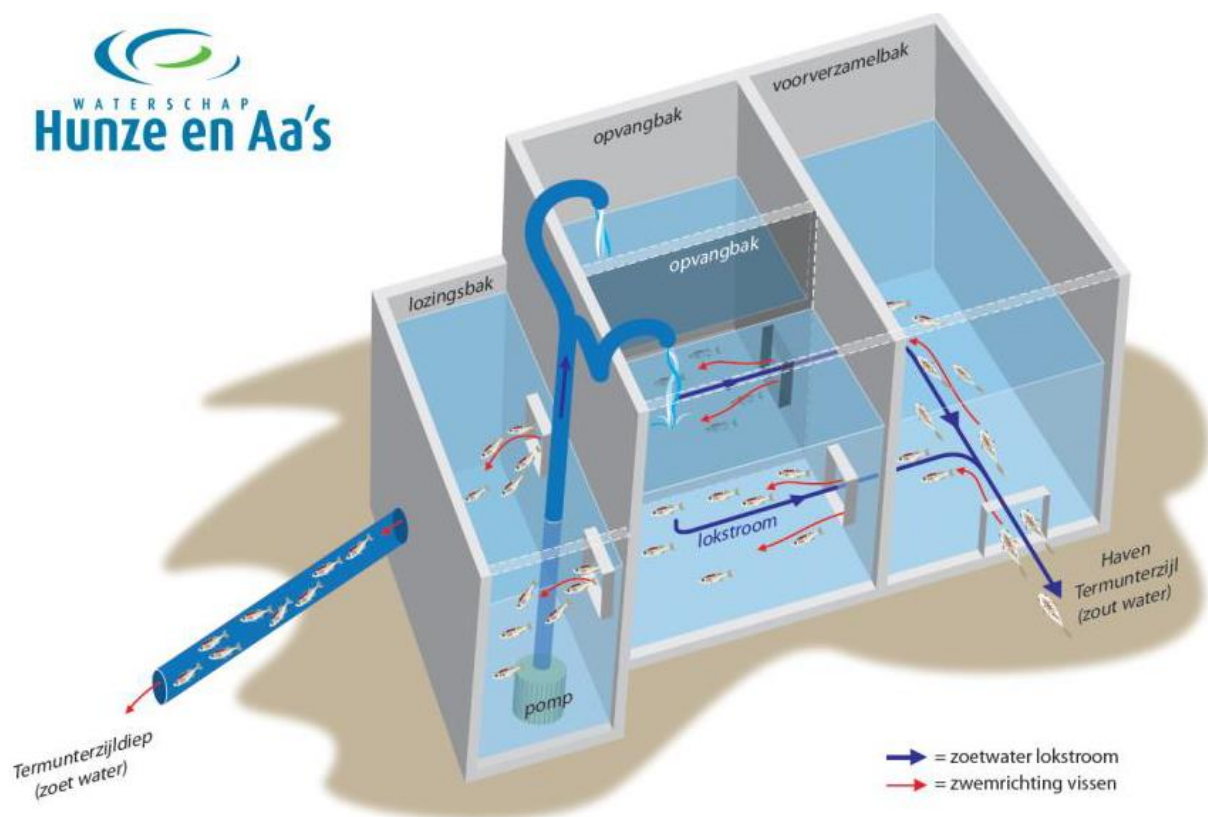


Figuur 3.7 Kattenluik in een spuideur voor het inlaten van vis bij opkomend water (Waterschap Hunze en Aa's). Een oplossing die typisch is voor zoet-zout overgangen en daar goed functioneert (als er voldoende water ook weer naar binnen mag stromen)

3.4 Opvangbak, lokstroom met pomp en leegloopleiding (cyclische vrij verval passage)

Werking

Het principe bestaat uit één grote opvangbak waar vis vanuit de hoge zijde inzwemt en die cyclisch via afsluiters wordt geloosd in de lage zijde. Vissen krijgen via de leiding toegang tot de opvangbak. Een lokstroompomp zorgt voor een stroming in de bak en de leiding naar het hoge water. Nadat de lokstroompomp wordt uitgeschakeld, worden vissen, die zich in de opvangbak hebben verzameld, meegespoeld naar de lage zijde. Na enige tijd kan de pomp weer gestart worden voor de volgende cyclus. De opvangbak heeft bij voorkeur een gladde betonbodem onder afschot (hellend) in de richting van de uitstroomduiker naar de polder. Hierdoor blijven er zo min mogelijk vissen bij het legen achter in de bak.



Figuur 3.8 Principeschets opvangbak, lokstroom met pomp en leegloopleiding bij gemaal Rozema (Waterschap Hunze en Aa's)

Ervaringen

Dit type vispassage is aangelegd bij diverse gemalen, waaronder gemaal Zwarte Haan (Wetterskip Fryslan), gemaal Fiemel/vispassage polder Breebaart en gemaal Rozema (waterschap Hunze en Aa's), gemaal Poppekinderen en Prommelsluis (Waterschap Scheldestromen), gemaal De Cocksdorp en Dijkmanshuizen (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier) en gemaal Oudehorn (Waterschap Hollandse Delta).

Vissoorten

Dit type vispassage is doorgaans selectief en effectief voor met name jonge, kleine vissen (<20 cm) waaronder glasaal en driedoornige stekelbaars. Als de schuif richting zee of hoge waterpand dicht zit kunnen de vissen niet meer ontsnappen bij het legen van de bak. Als deze bak voorzien is van een goede schuin aangelegde bodem blijft er geen water in staan bij het legen. Dan gaan alle vissen naar binnen, zowel groot als kleine exemplaren.

Locatie		Jaartal	Uitkomst	Referentie
Gemaal Prommelsluis	Waterschap Scheldestromen	2018	De passage bij Gemaal Prommelsluis liet 15,8% van het aandeel glasalen in 16 dagen succesvol passeren.	Ploegaert et al., 2018. Uit: Schiphouwer et al. 2022

Gemaal Poppekinderen	Waterschap Scheldestromen	2020	De passage liet in 15 dagen 5,8% van het aandeel glasaal passeren. Voor driedoornige stekelbaars lag het succes in beide gevallen nog lager.	Ploegaert, 2020. Uit: Schiphouwer et al. 2022
Gemaal Eijerland en gemaal Dijksmanshuizen. (Texel)	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier		Werking viel tegen, waarna de inzwemconstructie is aangepast. Op basis van zichtwaarnemingen is de werking nu veel beter.	Mondelinge med. R. Beentjes, 2024.

Tweezijdige passeerbaarheid

Dit type passage is alleen passeerbaar van hoog naar laag.

Onderhoudbaarheid

De technisch mechanische voorziening vergt regelmatig onderhoud aan kleppen/afsluiters en pomp. Mogelijk aanpassingen aan besturingsprogramma van het gemaal is noodzakelijk.

Voor- en nadelen

Voordelen:

- Waterzuinige voorziening, waardoor deze ook inzetbaar is bij relatief geringe waterbeschikbaarheid.
- Relatief eenvoudig ontwerp en klein ruimtebeslag

Nadelen:

- Met het afwisselend open en dichtgaan van de schuiven, vindt de migratie van vis plaats in cycli. Tussen de spoelbeurten door moet vis wachten in de opvangbak. Dit kan leiden tot verhoogde kans op predatie als wachttijden te lang zijn en/of het weer terugzwemmen van vis.
- De vispassage is met name geschikt voor kleinere vissoorten als glasaal en driedoornige stekelbaars, en minder geschikt voor grote vis.
- Grote vis heeft meer kans beschadigd te raken door botsing als deze via de leegloopleiding passeert naar het lage deel.
- Leidingen moeten door de waterkering heen worden aangelegd.
- Regelmatig onderhoud van afsluiters en pomp is noodzakelijk.



Figuur 3.9 Opvangbak met leiding vispassage gemaal Miedema/Zwarte Haan in aanbouw (Wetterskip Fryslan)



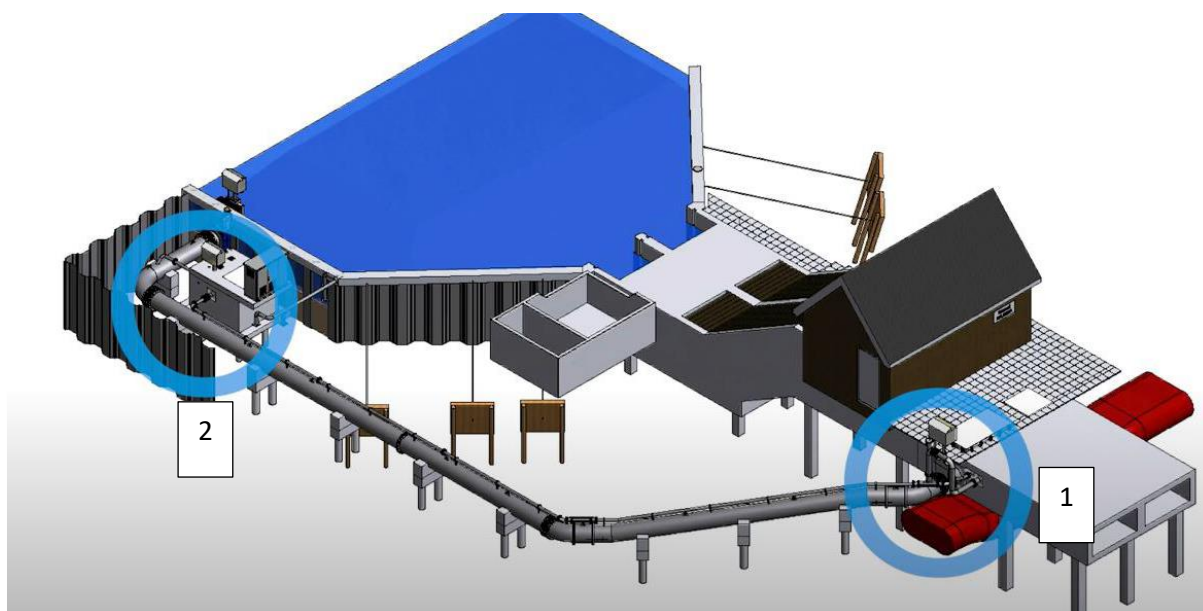
Figuur 3.10 Opvangbak vispassage -blauwe pijl bij gemaal Oudenhoorn in aanbouw (Waterschap Hollandse Delta)

3.5 Vissluis met geoptimaliseerde lokstroom

Werking

Bij barrières als gemalen worden vissluizen toegepast om vismigratie van hoog naar laag te faciliteren. Via een lokstroom pomp wordt vis de sluis in gelokt (veelal een lange leiding door de kering). Met intervallen wordt de verzamelde vis doorgeschut naar de lage zijde. Een geoptimaliseerde variant op de standaard vissluis is bedacht door Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

Door een tweewegklep op de lokstroom pomp en een parallelle lokstroomleiding langs de vismigratieleiding houdt de vissluis de lokstroom aan de boezemzijde -ook bij het schutten- in stand. Hierbij functioneert een ruime vismigratieleiding als ‘verzamelbak’ die aangestuurd wordt door een schuif aan de polderzijde en aan de buitenzijde. De lokstroom wordt tijdens een korte cyclus de vismigratieleiding in gestuurd nabij de polderschuif om vis de leiding in te lokken. Na het sluiten van de buitenschuif kan de polderschuif geopend worden, om water met vis en al de polder in te schutten. Buiten de cyclus, wordt de lokstroom omgeleid naar de buitenzijde van de vispassage, zodat de lokkende werking behouden blijft.



Figuur 3.12: Principeschets vissluis bij gemaal Nauerna (links polderpeil nr. 1, rechts buitenpeil nr. 2). Op de vismigratieleiding een lokstroom die loopt via de vismigratieleiding en bij gesloten buitenschuif voor het gemaal uit komt (HHNK, 2019). Uit: Schiphouwer et al. 2022

Ervaringen

Bij gemalen Nauerna en Overtoom is dit principe toegepast (HHNK).

Vissoorten

De vissluis bij gemaal Nauerna is met fuiken en PIT-tag in 2022 onderzocht. Aanvankelijk was de efficiëntie laag, waarna de cyclus is aangepast, waarbij vis het merendeel van de tijd werd gelokt met een openstaande buitenschuif van de leiding.

Locatie		Jaartal	Uitkomst	Referentie
gemaal Nauerna	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	2022	Aantal succesvolle passages van m.n. brasem is laag. Van de vissen die de ingang vonden, was de passage over het seizoen laag (<8%).	Griffioen et al., 2022
Gemaal Nauerna	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	2022	In het voorjaar werden 3698 vissen verdeeld over 13 soorten in 69 fuik-etmalen, waaronder 2973 glas- en pootaal, 9 karpers tot 73cm, 39 brasems tot 51cm en 64 baarzen tot 37cm.*	Hofman, 2022

*Gedurende een etmaal werden steeds 2 x 4 schutcycli van 60minuten elk uitgevoerd (30 min intrek gevolgd door 30 min doorzwemmen na zonsondergang en voor zonsopkomst).

Migratie is alleen mogelijk tijdens schutmomenten. Wel wordt de lokstroom omgeleid tijdens sluisfases, waardoor naar buiten een continue lokstroom wordt aangeboden.

Tweezijdige passeerbaarheid

In het najaar wordt gebruik gemaakt van een lokstroom die richting polder wordt opgewekt door de schuif aan de hoge zijde op een kier te zetten en de schuif aan de lage zijde open. Na een in te stellen tijd wordt de leiding gesloten en kan vis uitzwemmen naar het hoger gelegen pand.

Onderhoudbaarheid

De technisch mechanische voorziening vergt regelmatig onderhoud aan kleppen/afsluiters en pomp. Mogelijk aanpassingen aan besturingsprogramma van het gemaal is noodzakelijk.

Voor- en nadelen

Voordelen:

- Bij toepassing van voldoende grote dimensies kunnen zowel grote als kleine vissen makkelijker de sluis in en uit kunnen zwemmen.
- Het continu handhaven zorgt voor een betere oriëntatie en dat vissen zich ook tijdens schutmomenten de sluis kunnen inzwemmen.
- Kunnen, mits goed ingeregeld en een afgestemd gemaalbeheer, ook afwaartse migratie faciliteren.
- De voorziening is waterzuinig, in principe wordt alleen water verbruikt door de pomp. De lokstroompomp(en) zijn instelbaar.
- Kostenbesparend detail is dat de passage binnendijs is aangesloten op de perskoker van het gemaal. Daardoor is er geen extra kruising van de waterkering (Med. R. Beentjes, HHNK, 2024).

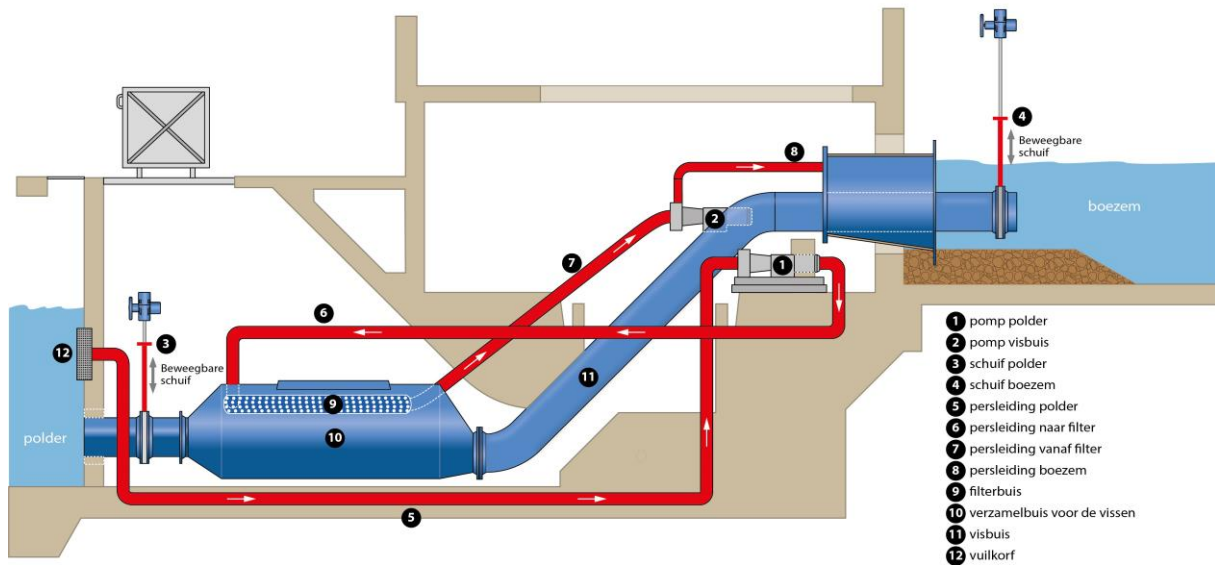
Nadelen:

- Relatief hoge kosten voor aanleg omdat leidingen door waterkering moeten.
- Met het afwisselend open en dichtgaan van de schuiven, vindt de migratie van vis plaats in cycli. Tussen de schutbeurten door moet vis wachten in de leiding. Dit kan leiden tot verhoogde kans op predatie als wachttijden te lang zijn en/of het weer terugzwemmen van vis. Wel is er met de geoptimaliseerde vissluizen een permanente lokstroom beschikbaar.
- Regelmatig onderhoud afsluiters en pomp is noodzakelijk.

3.6 Delfland Vislift2.0 en 3.0

Werking

De Delfland Vislift is een variant op een vissluis, ontwikkeld door het Hoogheemraadschap van Delfland. De Delfland vislift is aangelegd bij diverse gemalen. Inmiddels is overgestapt op het principe van visvriendelijke pompen voor de uittrek en een aparte voorziening voor de intrek (zogenaamde 'Delfland Vislift2.0'). Dit is een leiding met aan de hoge en lage zijde afsluiters en aan de lage zijde zit er een lokstroompomp op aangesloten. Hierdoor is het geheel een stuk minder complex dan een vislift1.0.



Figuur 3.13. Boven: Principeschets van de vislift2.0, gemaal Oostermoer (waterschap Hunze en Aa's).

Stappenplan programma voorjaar	
Stap 0: ruststand (uit bedrijf)	In stand 0 staan alle pompen uit en beide schuiven dicht.
Stap 1: begin vismigratie	<u>Schuif polderzijde (3)</u> X min (instelbare tijd) gaat open om begin scenario te creëren, dit houdt in dat het waterpeil in de <u>verzamelbuis voor de vissen (10)</u> op polder niveau is. Daarna sluit de <u>schuif polder (3)</u> weer.
Stap 2: Vullen buis	<u>Pomp polder (1)</u> gaat aan voor X min (instelbare tijd) , als deze de vooraf ingestelde tijd heeft gedraaid zal de <u>visbuis (11)</u> nagenoeg gevuld zijn, dan moet de <u>schuif boezem (4)</u> worden geopend. De <u>pomp polder (1)</u> draait dan nog een tijd door tot de X min (instelbare tijd) is bereikt, deze tijd geeft de vis de mogelijkheid de <u>visbuis (11)</u> in te zwemmen.
Stap 3: einde loktijd	De draaitijd van <u>pomp polder (1)</u> is ten einde. In deze stand zal dan <u>schuif boezem (4)</u> weer sluiten. De <u>visbuis (11)</u> is nu volledig gevuld met water en <u>beide schuiven (3 en 4)</u> zijn gesloten waardoor de ingezwommen vissen opgesloten in de passage zitten.
Stap 4: uitstroom periode	Nu gaat <u>pomp visbuis (2)</u> aan voor X min (instelbare tijd) . Na X min (instelbare tijd) draaitijd, als de waterstand in de verzamelbuis voor de vissen (10) nagenoeg gelijk is met het polderpeil, zal <u>schuif polder (3)</u> ook openen. De <u>pomp visbuis (2)</u> blijft dan draaien om de uitrek te garanderen. Als de X min (instelbare tijd) voorbij zijn zal de <u>pomp visbuis (2)</u> uitgaan. Daarna sluit de <u>schuif polder (3)</u> weer.

Setpoints vispassage scenario 01 (voorjaar)	
Inzwemtijd	90 min
Uitzwemtijd	30 min
Lokopening	50 cm
Zwemopening	50 cm
Nivelleeropening	50 cm
Nivelleertijd	5 sec
Nivelleer intervaltijd	2 minuten
Trekriching	1 (voorjaar)

De instellingen aan de linkerkzijde zijn de huidige instellingen zoals vastgesteld bij het inregelen van de vispassage. De ingestelde tijden kunnen in overleg met de ecooloog andere waarden krijgen. Voorlopig gaan we uit van de waarden in deze tabel.

PPS, 21 februari 2023

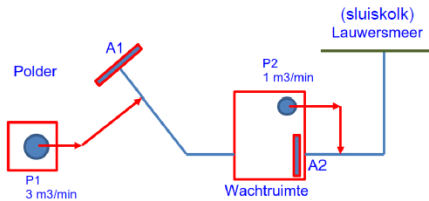
Bij wetterskip Fryslan zijn enkele aanpassingen doorgevoerd, waardoor deze net iets anders werkt dan de Delfland2.0 versie bij waterschap Hunze en Aa's. Onderstaand is het principe van de Delfland3.0 versie schetsmatig uitgewerkt.

Uitleg werking vispassage Ezumazijl

Voorjaarsintrek: (naar polder)

Lok fase (van ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

- Afsluiter 1 geheel dicht
- Afsluiter 2 geheel open
- Peil in wachtruimte op Lauwersm. niveau
- Pomp 1 aan (3m³/min) (lokken uit Lauwers)
- Pomp 2 uit



Vis zwemt nu vanuit Lauwersm. naar de wachtruimte.
Na instelbare tijd (1 uur) naar de leegloop fase.

Leegloop fase (van wachtruimte naar de polder):

- Afsluiter 1 geheel open (leegloop naar polder)
- Afsluiter 2 geheel dicht
- Peil in wachtruimte op polderpeilniveau
- Pomp 1 uit
- Pomp 2 aan (1m³/min) (stroming polder -> Lauwersmeer)

Vis zwemt nu vanuit de wachttruimte verder naar de polder.
Na instelbare tijd (30 min) weer naar lok fase.

Najaarsuitrek: (naar Lauwersmeer)

Lok fase (van polder naar de wachtruimte)

- Afsluiter 1 geheel open
- Afsluiter 2 geheel dicht
- Peil in wachtruimte op polderpeilniveau
- Pomp 1 uit
- Pomp 2 aan ($1\text{ m}^3/\text{min}$) (lokken uit polder)

Vis zwemt nu met de stroom mee naar de wachtruimte.
Na instelbare tijd (1 uur) naar de leegloop fase.

Leegloop fase (van wachtruimte naar het Lauwersmeer)

- Afsluiter 1 geheel dicht
- Afsluiter 2 geheel open
- Peil in wachtruimte op Lauwersmeerpeil
- Pomp 1 aan (3m³/min) (naspooien richting Lauwersmeer)
- Pomp 2 uit

Vis zwemt nu vanuit de wachtruimte met de stroom mee verder naar het Lauwersmeer
Na instelbare tijd (30 min) weer naar lok fase.

Figuur 3.14 Principeschets van de vislift3.0, gemaal Ezumazijl (wetterskip Fryslan)

Ervaringen

Het principe Delfland1.0 is bij een zevental locaties toegepast in het beheersgebied van Hoogheemraadschap van Delfland (o.a. Holierhoekse- en Zouteveense polder en Woudse polder), Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden (bij diverse gemalen). De Delfland2.0 is recent gerealiseerd bij Waterschap Hunze en Aa's (gemaal Oostermoer, Hongerige wolf, Sans Souci en polder Bovenlanden) en Delfland3.0 bij wetterskip Fryslan (gemaal Ezumazijl).

Vissoorten

Het principe van de Delfland vislift1.0 is op diverse plekken gemonitord in zowel voor- als najaar door ATKB. Hieruit blijkt dat de vissluis door alle voorkomende vissoorten wordt gebruikt (klein/groot, goede/slechte zwemmers). Er is geen continue vismigratie mogelijk, doordat de schuiven (net als bij een vissluis) om de beurt open zijn waardoor het migreren (schutten) in cycli gebeurt. Bij het nieuwe principe is tijdens de cyclus van schutten nog steeds een lokstroom aanwezig aan de boezemzijde.

Locatie		Jaartal	Uitkomst	Referentie
gemaal Holierhoekse en Zouteveense polder, Woudse polder	Hoogheemraadschap van Delfland	2013	Vissen passeerden in zowel op- als -afwaartse richting in uiteenlopende soorten en lengteklassen.	Hop, 2012
Idem	Idem	2022	Hoge aantallen intrek, van voornamelijk kleinere vis,. Gemerkte vissen lieten een laag rendement (4%) zien van het aanbod, mogelijk werd dit veroorzaakt door te hoge stroomsnelheid of het ongemerkt dicht staan van de afsluiter. In de najaarsmodus bleek uittrek laag (6%).	Kleppe & Koole, 2022
Gemaal Hongerige Wolf	Waterschap Hunze en Aa's	2021, 2022	De vispassage werd gepasseerd door groot aantal vissen in een breed scala aan soorten en uiteenlopende lengteklassen. Momenteel wordt onderzoek gedaan naar efficiëntie, de eerste resultaten laten zien dat grote vissen sneller passeren dan kleine. Grotere vissen passeren ook in grotere aantallen. Vraag is of predatie op kleinere vissen hier een rol speelt.	Schriftelijke med. P.P. Schollema, 2024.
Gemaal Schoute	Hoogheemraadschap van Delfland	2017	Glasaal werd beperkt aangetrokken omdat de lokstroom van het gemaal waarschijnlijk te kort duurde. Onder de toenmalige instellingen bereikte nog geen 1% van de aanwezige glasaal binnen afzienbare tijd het zoete water (Griffioen et al., 2017).	Griffioen et al., 2017

Tweezijdige passeerbaarheid

In het najaar creëert de pomp via de eigen pompinlaat in de poldersloot, een stroming die de grote buisleiding ín gaat. Na een bepaalde ingestelde tijd gaat de afsluiter aan de onderkant dicht, en gaat die aan het andere uiteinde open, waarna pomp nummer twee de vis het boezemwater inpompt. Hier wordt dus de vis een duwtje in de rug gegeven, zogenaamde lift.

De lokstroompompen spelen geen rol in de vismigratie bij de passages van Hunze en Aa's (Delfland2.0). Alle vis gaat door de vispassage heen omdat de lokstroompompen afgeschermd zijn d.m.v. fijnmazige roosters. Voor de stroomafwaartse migratie kunnen vissen er natuurlijk nog steeds voor kiezen om door de grote gemaalpompen te gaan die daarvoor bij voorkeur ook visveilig worden uitgevoerd.

Onderhoudbaarheid

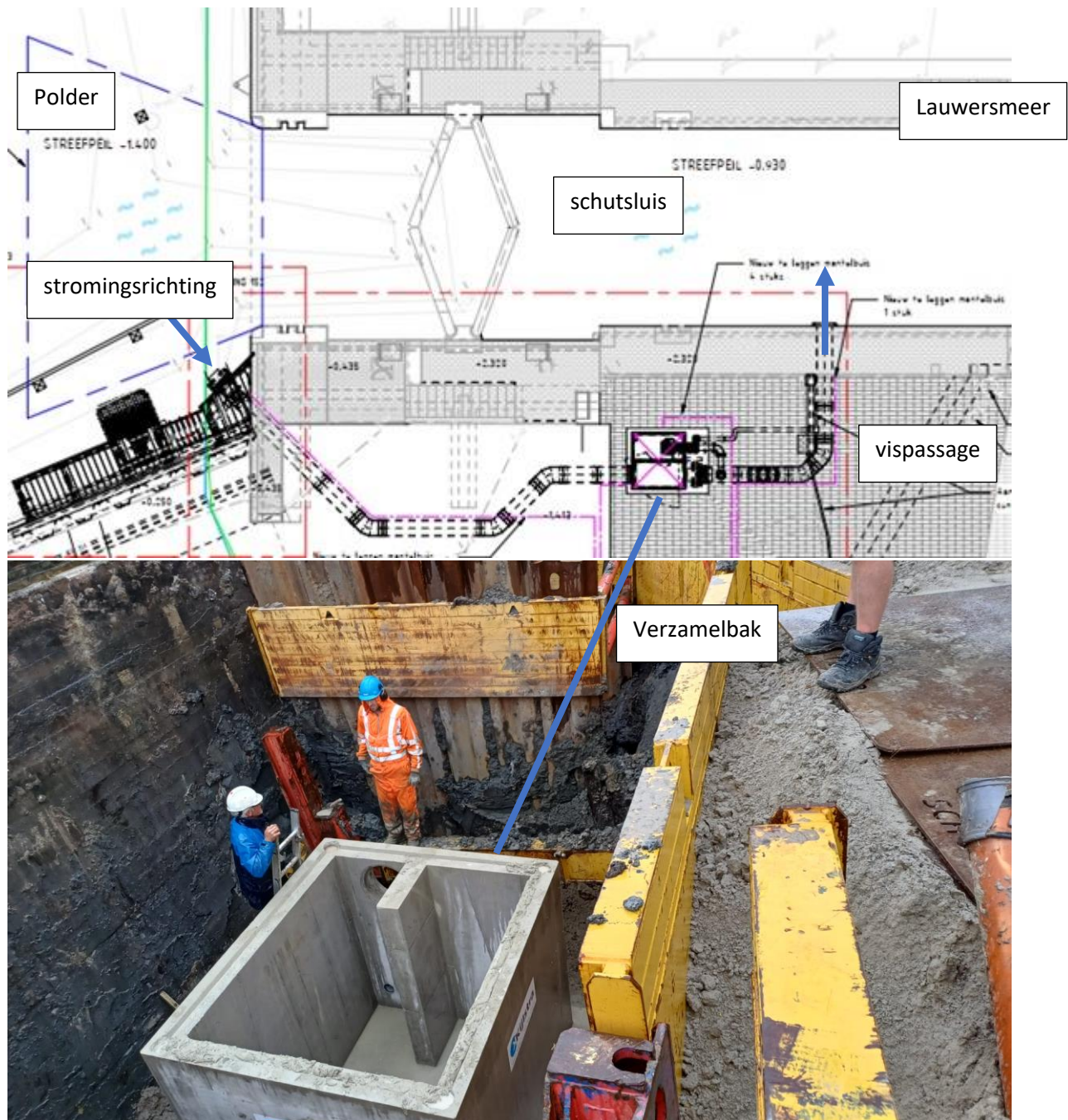
Technisch mechanische voorziening vergt veel onderhoud. Mogelijk aanpassingen aan besturingsprogramma van het gemaal. De vismigratievoorziening moet minimaal circa 3 uur per dag in werking kunnen zijn (1-1,5 uur voor zonsopkomst en 1-1,5 uur na zonsondergang).

Storingen die er optraden waren die in de afsluiters. De toegepaste afsluiters (incl. aandrijving) bleken onvoldoende robuust, iets wat bij nieuwe visliften makkelijk voorkomen kan worden.

Bij voorkeur worden storingen op afstand goed gevolgd met de telemetrie systemen van het waterschap. Automatische alarmering van de monteurs is belangrijk.

Voor- en nadelen

Met de overstap naar de Delfland vislift2.0 is het ontwerp een stuk minder complex en heeft deze de kenmerken van een vissluis met geoptimaliseerde lokstroompompen. De voor- en nadelen zullen derhalve vergelijkbaar zijn.



Figuur 3.15 Vispassage Delfland3.0 naast schutsluis en gemaal Ezumazijl op tekening en in aanbouw (Wetterskip Fryslan)

3.7 FishTrack2.0

Werking

Het FishTrack2.0 systeem is bedacht door Tauw BV. Het systeem bestaat uit een tweetal opvangbakken, die alternerend worden gesluisd met behulp van één pomp die om beurten van stroomrichting verandert. Onderstaand zijn de 3 stappen toegelicht.

Stap 1 van de pompcyclus:

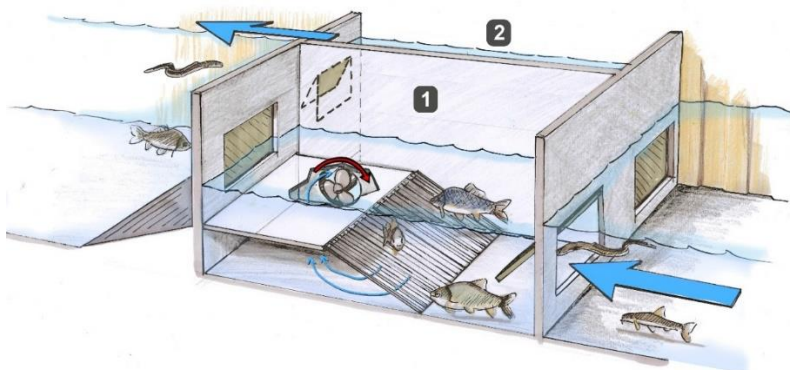
- De pompunit zuigt water aan uit ruimte 1 waardoor de terugslagklep opent en water wordt ingelaten. Het water wordt verpompt naar ruimte 2 via het fijnrooster, welke niet passeerbaar is voor vis
- De vissen die stroomafwaarts migreren zwemmen in ruimte 1 en worden tegengehouden door het fijnrooster

Stap 2 van de pompcyclus:

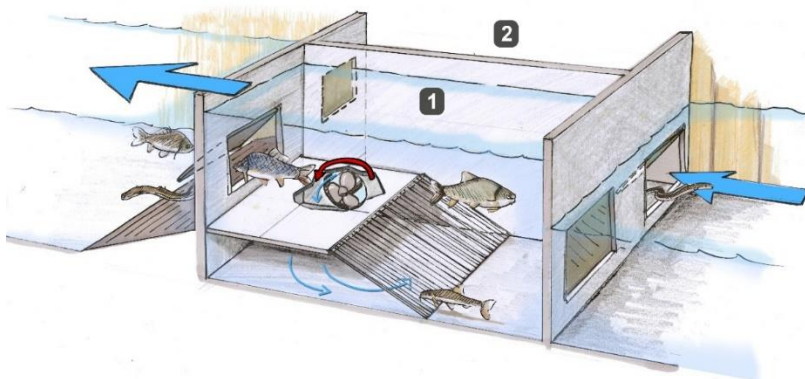
- De pomp schakelt om qua stromingsrichting
- Vanuit het lage pand worden nu vissen aangevoerd naar ruimte 2 en worden tegengehouden door het fijnrooster
- Het water wordt nu verplaatst van ruimte 2 naar ruimte 1. De vissen in beide ruimtes kunnen nu verder migreren in beide richtingen door de geopende terugslagkleppen (zie blauwe pijlen)
- Het fijnrooster in ruimte 1 wordt meteen 'schoongespoeld' en is daarmee onderhoudsvrij

Stap 3 van de pompcyclus:

- Herhaling van stap 1
- De vissen kunnen stroomopwaarts ruimte 1 verlaten; vanuit ruimte 2 kunnen de vissen stroomafwaarts verder migreren
- Het fijnrooster in ruimte 2 wordt meteen 'schoongespoeld' en is daarmee onderhoudsvrij



Figuur 3.16 Fishtrack stap 1 (en 3)



Figuur 3.17 Fishtrack stap 2

Ervaringen

FishTrack vispassage is toegepast bij Wetterskip Fryslân; het gemaal Offerhaus is hier als geheel omgebouwd naar het principe van Fishtrack (2 pompkanalen die volgens het wisselprincipe werken en vis in- respectievelijk uitlaten). Een kleine uitvoering hiervan (FishTrack2.0) kan tevens worden geplaatst naast het gemaal als bypass. Een voorbeeld hiervan is de vispassage naast gemaal Usquert. Dit type vispassage is door het waterschap ook aangelegd bij de gemalen Schaphalsterzijl, Den Deel, Sichterman en Delthe.

Vissoorten

Uit een tweetal evaluatie studies (gemaal Offerhaus en gemaal Usquert) bleek FishTrack goed passeerbaar voor kleine en grote vissoorten in zowel op- als afwaartse richting.

Locatie		Jaartal	Uitkomst	Referentie
gemaal Usquert	Waterschap Noorderzijlvest	2015	Vissen passeerden in zowel op- als afwaartse richting in uiteenlopende soorten en lengteklassen.	Kroes, 2015

Tweezijdige passeerbaarheid

Tijdens het onderzoek bij gemaal Usquert in 2015 bleken in totaal 606 vissen stroomafwaarts te zijn gepasseerd in 5 nachten. Dit betekent dat er 121 vissen per nacht stroomafwaarts door de vispassage zijn gegaan, bestaande uit 8 vissoorten, waaronder ook (schier)aal. De vispassage nam wel een deel van de gemaalfunctie over.

Onderhoudbaarheid

De instellingen voor de werking van de vispassage (periodes, intervaltijden, et cetera) kunnen worden geïntegreerd in het besturingsprogramma van het gemaal. Onderhoudsinspanning bestaat uit inspectie en onderhoud van de pomp en fijnroosters in de vismigratievoorziening. De vismigratievoorziening moet minimaal circa 3 uur per dag in werking kunnen zijn (1-1,5 uur voor zonsopkomst en 1-1,5 uur na zonsondergang). Het debiet is circa 8 m³-min. Bij het peilbeheer moet rekening worden gehouden met de functie vismigratie.

Voor- en nadelen

Voordelen:

- Weinig onderhoud en groot zelfreinigend vermogen door toepassing terugslagkleppen en schuingeplaatste fijnroosters.
- Permanente inzwemmogelijkheden via twee opvangbakken.
- Zowel grote als kleine vissen kunnen passeren.
- Kan ook in afwaartse richting migratie faciliteren.

Nadelen:

- Relatief kostbaar om te realiseren. Groot ruimtebeslag door toepassing twee opvangbakken. Leidingen lopen door waterkering.
- Glasaal kan mogelijk de fijnroosters passeren (geldt in feite voor alle vispassages met lokstroompompen).



Figuur 3.18 Voorbeeld Fish Track bij Gemaal Den Deel (waterschap Noorderzijlvest)

Linksboven: Bovenaanzicht van de put met pomp/opvangbak en fijnrooster

Rechtsboven: Put met pomp, leidingen, terugslagklep en fijnrooster

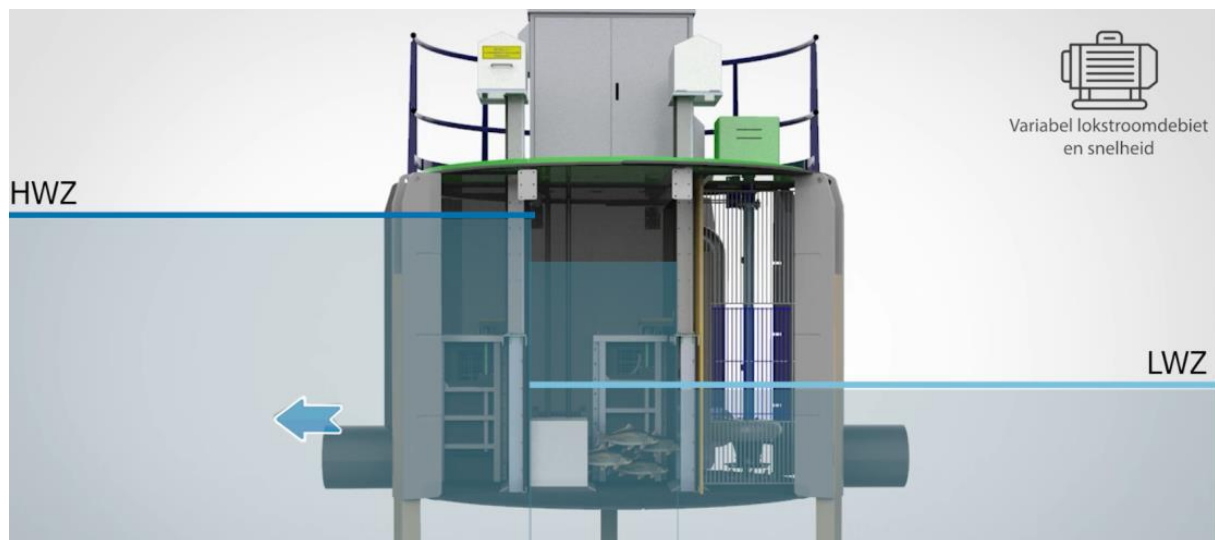
Linksonder: Dichtgeslibt fijnrooster met slib

3.8 Vislift-Up

Werking

Het bedrijf Vislift b.v. heeft het vissluis principe nog verder doorontwikkeld met een compacte variant, de zogenaamde 'Vislift-Up'. De belangrijkste verschillen van deze variant met de eerder genoemde vissluizen zijn:

- Alle techniek met pompen en schuiven is ondergebracht in een prefab unit en kan aan de één zijde van de dijk worden geplaatst.
- Instrumentarium om abiotiek te meten en regelen (o.a. stroomsnelheid) en vis met behulp van camera's te monitoren is standaard ingebouwd en is online toegankelijk. Via deze weg worden ook storingen gemeld en is intrek doorlopend te volgen.
- Stroomsnelheid in wachtkamer is diffuus door ronde vorm, waardoor zwakke zwemmers stand kunnen houden.
- In te stellen voor migratie in twee richtingen. Lokstroomdebiet, richting en schuifstanden zijn vrij in te stellen en te automatiseren. Mogelijk om cyclus visintrek te automatiseren op basis van aanbod.



Figuur 3.19. Dwarsdoorsnede Vislift-Up met lokstroompomp (groen), lokstroomrichting (blauw) en beide schuiven die de wachtkamer (Afbeelding: Vislift b.v.).

Ervaringen

Het principe is toegepast in het beheersgebied van Hoogheemraadschap van Delfland (gemaal Voordijkshoornsepolder), Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden (gemaal Koekoek), waterschap Noorderzijlvest (gemaal de Dijken).

Vissoorten

De migratie wordt met camera's continu gemonitord. Die gegevens verschijnen op een dashboard, maar zijn niet in een rapportage gegoten. De werking van de Vislift-UP is bij pilotlocatie gemaal Voordijkshoornsepolder (Delfland) geëvalueerd door VisAdvies (Kemper, 2023).

Locatie		Jaartal	Uitkomst	Referentie
gemaal Voordijkshoornsepolder	Hoogheemraadschap van Delfland	2023	Vissen passeerden in uiteenlopende soorten en lengteklassen in de voorjaarsperiode. In het najaar passeerde vis deels via de vissluis, en kozen met name kleine vissen meer voor het gemaal.	Kemper, 2023 Uit: Schiphouwer et al. 2022

Migratie is alleen mogelijk tijdens schutmomenten. Wel wordt de lokstroom omgeleid tijdens sluisfases, waardoor naar buiten een continue lokstroom wordt aangeboden.

Tweezijdige passeerbaarheid

Net als de Delfland Vislift creëert de pomp een aanzuigende werking in het najaar aan de lage zijde.

Onderhoudbaarheid

De technisch mechanische voorziening vergt regelmatig onderhoud aan kleppen/afsluiters en pomp. Mogelijk aanpassingen aan besturingsprogramma van het gemaal is noodzakelijk.

Voor- en nadelen

De VisliftUp heeft de kenmerken van een vissluis met geoptimaliseerde lokstroompompen. De voor- en nadelen zullen derhalve vergelijkbaar zijn. Voordeel is dat het grotendeel prefab wordt geleverd hetgeen kostenbesparend kan zijn. Daarnaast biedt de firma via een abonnement het onderhoud en een doorlopende online monitoring aan waardoor er inzicht is in functioneren en storingen. Het model is nog niet breed uitgerold en getest bij waterbeheerders.



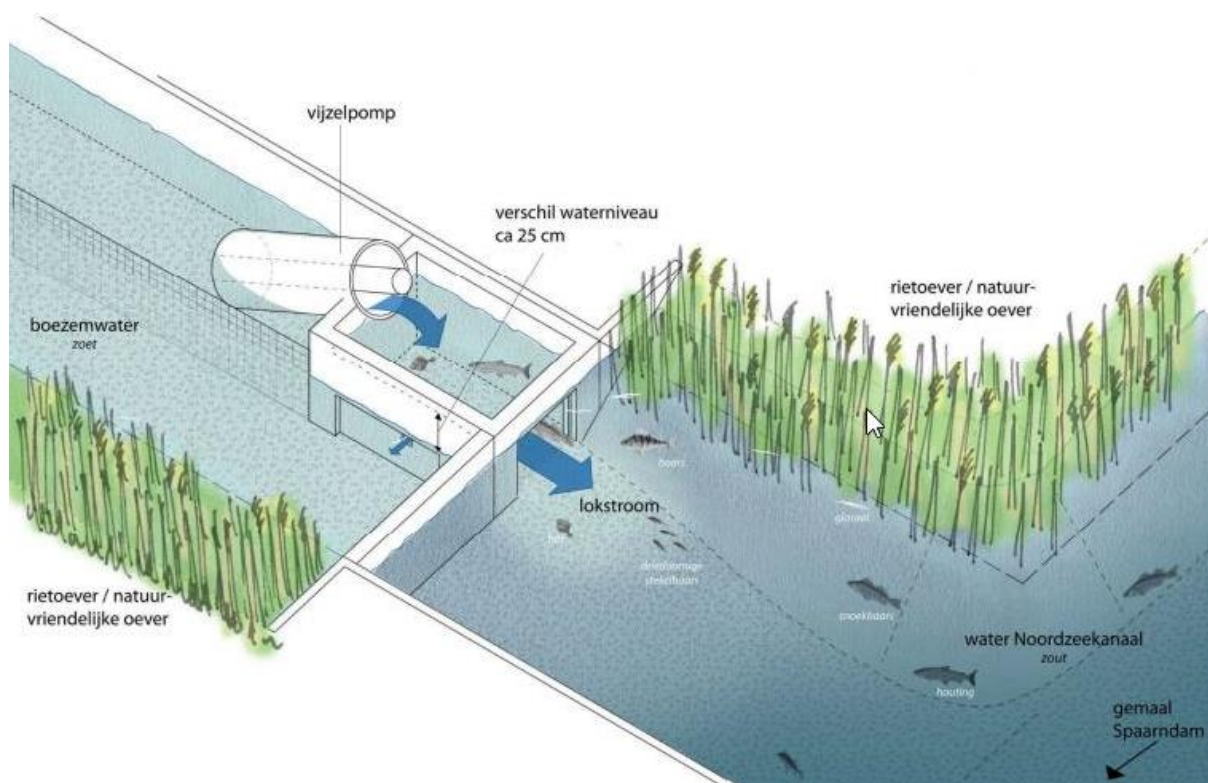
Figuur 3.20 VisliftUp vispassage bij gemaal Voordijkhoornse polder (Hoogheemraadschap van Delfland)

3.9 Opvangbak met retourstroming of continue retourstroompassage

Werking

Dit principe is bedacht door FishFlowInnovations in samenwerking met Hoogheemraadschap van Rijnland. Aan de lage zijde wordt één grote opvangbak gemaakt voor zowel de inlaat- als de uitstroomopening. Een buisvijzel of pomp vult de opvangbak met polderwater tot het niveau van de boezem. In de bak is een (automatische en/of handbediende) schuif aanwezig. Wanneer de schuif open staat heeft de uitstroombak een open verbinding met het hoge water. Het uitstromende water zorgt voor een lokstroom op het hoge water. Vissen krijgen via de opening of een leiding toegang tot de opvangbak. In de opvangbak is een opening aanwezig met een continue retourstroom richting lage water. De retourstroming is als het ware een lekstroom die vissen in staat stelt om vanuit de opvangbak naar het lage water te laten migreren. Wel moeten ze dan met de stroming mee zwemmen om uiteindelijk te passeren.

Dit type oplossing is alleen mogelijk bij relatief kleine peilverschillen ($<1\text{m}$), aangezien anders teveel water weer terug stroomt richting het lage water en er geen lokstroom ontstaat.



Figuur 3.21. Principetekening vispassage Spaarndam. Visveilige vijzel zorgt voor lokstroom en uittrek en kier in verzamelbak voor visinlaat. De definitieve vispassage bij Spaarndam is uitgerust met een andere pomp (Brouw, 2018).

Ervaringen

Dit principe is op vele locaties toegepast bij gemaal Halfweg (hoogheemraadschap Rijnland), gemaal Stroink (waterschap Overijsselse Delta) en als vispassage in de Afsluitdijk bij Den Oever (RWS-Midden Nederland).

Vissoorten

Verscheidende bureaus hebben de vijzel/pomp met opvangbak en retourstroming gemonitord. Hieruit blijkt dat de vispassage door veel verschillende vissen wordt gebruikt (klein/groot, goede/slechte zwemmers).

Locatie		Jaartal	Uitkomst	Referentie
gemaal Halfweg	Hoogheemraadschap van Rijnland	2018	hoge efficiëntie voor glasaal minimaal 79% in het seizoen van 2018.	Griffioen et al., 2018
Idem	Idem	2022	Blankvoorn, brasem, snoekbaars en baars vinden de vispassage relatief goed (35-67%). Baars, blankvoorn en brasem de vispassage binnen een seizoen goed konden passeren (43-100%).	Griffioen et al., 2022

Idem	Idem	2014-heden	Grote verscheidenheid aan vissoorten, zowel standvissen als trekvis in uiteenlopende lengteklassen passeren jaarrond de passage.	Uiteenlopende fuikonderzoeken sinds 2014. Zie Monitoring intrek vispassage boezemgemaal Halfweg Informatiepunt Leefomgeving (iplo.nl)
Gemaal Spaarndam	Hoogheemraadschap van Rijnland	2021, 2022, 2023	Grote verscheidenheid aan vissoorten, zowel standvissen als trekvis in uiteenlopende lengteklassen passeren jaarrond de passage.	Kroes & Wilhelm, 2022
Gemaal Stroink	Waterschap Drents Overijsselse Delta	2021	De algemene effectiviteit van de vispassage is beoordeeld op 14%. Een groot deel van de vis trekt binnen via de retourleiding. Sterkere zwemmers lieten zich minder snel meevoeren door de retourleiding en omkering van de stroomrichting zorgt voor desoriëntatie.	Groen et al., 2021
Gemaal Loohoek	Waterschap Scheldestromen	2018	De voorziening bleek voor glasaal (46%) beduidend beter te werken dan voor driedoornige stekelbaars (10%). Voor glasaal geldt een stapsgewijze intrek, waarbij dagelijks een deel wordt ingelaten.	Ploegaert et al., 2018. Uit: Schiphouwer et al. 2022

Er is continue vismigratie mogelijk, doordat de schuiven in de opvangbak permanent open zijn waardoor vissen vrij kunnen migreren.

Tweezijdige passeerbaarheid

De vispassage is via de buisvijzel of visvriendelijke pomp in stroomafwaartse richting passeerbaar. Vissen moeten dan wel via bewegende delen passeren met kans op eventuele beschadigingen. Een andere mogelijkheid is dat vissen via het lekwater de bak inzwemmen en vervolgens richting boezemwater zwemmen. Dit is iets minder waarschijnlijk omdat het hier om tegengestelde stromingsrichtingen gaat, dat minder natuurlijk is.

Uit het onderzoek in 2012 bij gemaal Halfweg bleek aal en andere soorten vis geen gebruik maken van de vispassage bij de stroomafwaartse migratie wanneer het gemaal gelijktijdig in bedrijf is. Ook maken vissen nauwelijks gebruik van de vispassage wanneer het gemaal niet in bedrijf is.

Onderhoudbaarheid

Afsluiters en pomp vereisen jaarlijks onderhoud. Mogelijk zijn er aanpassingen aan besturingsprogramma van het gemaal gewenst voor afstemming met de werking van de vispassage. De vismigratievoorziening moet minimaal circa 3 uur per dag in werking kunnen zijn (1-1,5 uur voor zonsopkomst en 1-1,5 uur na zonsondergang). In de opvoerunit is een visveilige buisvijzel of pomp aanwezig die het water afvoert naar een opvoerbak. Bij gemaal Halfweg was een maximale capaciteit van 19 m³/min met een ondergrens van 9,5 m³/min toegepast. Een deel van het water stroomt weer terug via de openingen in de opvoerbak.

Voor- en nadelen

Voordelen:

- Een breed scala aan vissoorten kan er worden bediend, mits goed ontworpen.
- Vissen kunnen permanent migreren, als de vispassage in bedrijf is.
- Er is een tweezijdige migratie mogelijk.

Nadelen:

- Relatief hoge kosten door leidingen die de waterkering moeten passeren.
- Goed toepasbaar bij geringe peilverschillen (ca. <20-50 cm), maar bij hogere peilverschillen moet sturing op netto uitstroom plaatsvinden via flowmeters en variabele pompcapaciteit.
- Regelmatig onderhoud afsluiters en pomp noodzakelijk. Hogere complexiteit (door grotere peilverschillen) geeft extra kans op storingen.



Figuur 3.22 Opvangbak met pomp en retourstroming aan de IJsselmeerzijde bij Den Oever (Rijkswaterstaat Midden Nederland)



Figuur 3.23 Opvangbak met vijzel en retourstroming zijde Weerribben, naast gemaal Stroink (Waterschap Overijsselse Delta)



Figuur 3.24 Opvangbak met vijzel en retourstroming zijde Rijnlands boezem, naast gemaal Halfweg (Hoogheemraadschap van Rijnland)



Figuur 3.25 Opvangbak met pomp en retourstroming zijde Rijnlands boezem, naast gemaal Spaarndam (Hoogheemraadschap van Rijnland)

3.10 Via schutsluis – aangepast/visvriendelijk (schut)sluisbeheer

Werking

Schutsluizen met aangepast schutbeheer en een lokstroompomp zijn te beschouwen als een voorzieningen voor de intrek van vis naar de lager gelegen gebieden. De werking is vergelijkbaar aan een vissluis, alleen worden de deuren of de rinketten in de deuren gebruikt voor het vullen en legen van de sluis.

Veelal moet een gemaal naast de schutsluis zorgen voor een aantrekkende werking van vis naar het complex. Om uiteindelijk de juiste ingang te vinden, mag het gemaal niet te veel zorgen voor een afleidende of verstorende werking. Het gemaal staat dan bij voorkeur niet aan op de momenten dat de meeste vis actief is. Dit betreft in ieder geval de periode van avond tot eerste uren van de nacht. Als dat niet mogelijk is, kan ook op een lager toerental, nabij de schutsluis worden gemalen met 1 pomp in plaats van meerdere. De stroming moet dan wel zodanig zijn dat vissen met geringe zwemcapaciteiten zoals glasaal er tegenin kan zwemmen (0,2-0,3 m/s). Dan zal vis aangetrokken

worden door de stroming en in de nabijheid zoeken naar een passagemogelijkheid. Schutsluizen kunnen ook los staan, zonder gemaal. Dan is bovenstaande niet van toepassing.

Ook voor de afwaartse migratie kunnen schutsluizen op deze manier worden ingezet. Hiermee is nog geen ervaring in Nederland, dit wordt verder onderzocht in het kader van slim malen en schutten van vis door de waterbeheerders rond het Noordzeekanaal.

Ervaringen

Op uiteenlopen plekken in Nederland is ervaring opgedaan met visvriendelijk schutsluisbeheer om de opwaartse migratie te stimuleren. Dit is uitgevoerd bij zowel kleine als grote overgangen binnen zoete overgangen en tussen zoet en zout water.

Vissoorten

Schutsluizen zijn over het algemeen passeerbaar gebleken voor tal van vissoorten. Aandachtspunten zijn goede aansluiting op de knelpunten, mogelijkheden voor automatisering en om op de gewenste tijdstippen te schutten en ligging van de rinketten ten opzichte van de eisen die doelsoorten stellen (nabij bodem of oppervlak).

Locatie		Jaartal	Uitkomst	Referentie
Willem I sluis Amsterdam. Provincie NH.	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	2019- 2021	Het aanbod op deze lokatie was zeer beperkt. Vissen zijn op andere plekken gezenderd. De Willem I sluis laat weinig passages zien. De vissen die wel passeren laten een ruime range aan passagetijden zien. Verschillende brasems die bij de VP Kadoelen het systeem binnenkwamen zwommen terug naar het Noordzeekanaal, vermoedelijk via de grote kolk van de Willem I sluis waar geen ontvangers geplaatst waren. De vissen doken een jaar later weer op bij de VP Kadoelen om weer in te trekken.	Griffioen et al., 2022
Schermerluis Nauerna	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	2016	De vispassage van de Schermerluis biedt zowel in het voorjaar als in het najaar diverse soorten (respectievelijk 3 en 10 soorten) en alle lengteklassen de mogelijkheid om de sluis te passeren. De aantallen daarentegen zijn zeer beperkt (bijlage 3) in zowel aanbod als passage.	Bergsma & Spruijt. 2017.

Tweezijdige passeerbaarheid

Bij cameraonderzoek naar de vismigratie in de schutsluis Demmerik, bleek dat uittrekkende aal afkwam op de lokstroom uit de rinketten (Kroes, 2015). Het daadwerkelijk doorschutten van aal is niet aangetoond.

Onderhoudbaarheid

Migratieregelingen op schutsluizen met handbediening zijn erg storingsgevoelig gebleken. Voor de veiligheid wordt op afstand een controle uitgevoerd of de deuren gesloten zijn met een "voeler-

contact". Staat een deur ietsje open, bijvoorbeeld door wind, wordt het migratieprogramma afgebroken (med. R. Beentjes, HHNK, 2024).

Voor- en nadelen

Voordelen

- Geringe kosten omdat oplossing geïntegreerd kan worden in het kunstwerk.
- Grote watervolumes trekken veel vis aan.
- Ook afwaartse migratie kan worden gefaciliteerd via schutsluizen.
- Speciale vismigratie software module aan de bediening van de schutsluis toevoegen.

Nadelen:

- Harde stroming in de schutkolk, waardoor vis gedesoriënteerd kan raken (Tenzij de rinketten een standmelder hebben. Hiermee kunnen de rinketten op een kleine kier worden gezet voor een gecontroleerde lokstroom zonder al te veel turbulentie).
- Niet altijd mogelijk om een geautomatiseerd schutprogramma voor vissen in te stellen. Daarnaast zijn sommige sluizen alleen via handbediening operationeel.
- Er moet steeds een groot watervolume gevuld worden dat daarna weer leegloopt. Dit beperkt het aantal schutmomenten.
- Interferentie met schuttingen van schepen.
- Schutsluizen zijn veelal onderdeel van een complex, waarbij de grootste aantrekkende werking uitgaat van een gemaal als deze in werking is.



Figuur 3.26 Testen met aangepast schutbeheer schutsluis Demmerik naast gemaal de Ruiter (waterschap Amstel Gooi en Vecht)

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Inmiddels bestaan er uiteenlopende oplossingen voor verbindingen tussen hoge en lager gelegen watersystemen. Het type oplossing wordt bepaald door de soorten die er moeten passeren en de technische eisen die de locatie stelt zoals beschikbare debiet, peilverschil en mogelijkheden voor inpassing.

De oplossingstypen aalgoot, afstemmen maal- en inlaatregime en opvangbak, lokstroom met pomp en leegloopleiding zijn met name geschikt voor kleine vissoorten als aal en driedoornige stekelbaars. Deze typen werken daarnaast niet voor vissen in afwaartse richting.

De vissluis met geoptimaliseerde lokstroompomp, Delfland vislift, FishTrack2.0, VisliftUp, Opvangbak met retourstroming en schutsluis zijn in staat om een veel groter scala aan vissoorten te laten passeren. In theorie zijn deze oplossingen ook in afwaartse richting passeerbaar, hetgeen in onderzoeken niet eenduidig kon worden vastgesteld.

De onderstaande tabel geeft een samenvattend overzicht van alle voor- en nadelen van de behandelde voorzieningen voor vismigratie van hoog naar laag.

	1. Aalgoot	2. Vishevel	3. Afstemmen maal- en inlaatregime	4. Opvangbak, lokstroom met pomp en leegloopleiding	5. Vissluis met geoptimaliseerde lokstroompomp	6. Delfland vislift	7. FishTrack2.0	8. VisliftUp	9. Opvangbak met continue retourstroming	10. Via een schutsluis.
ECOLOGIE										
Voor alle doelsoorten passeerbaar ¹	-	-	±	±	+	+	+	+	+	+
Voor alle lengteklassen passeerbaar ²	-	-	±	±	+	+	+	+	+	+
Lokstroom nodig / beschikbaar ³	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Continuïteit vismigratie ⁴	+	-	-	-	±	±	+	±	+	-
Tweezijdige passeerbaarheid ⁵	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
INPASSING BEELDKWALITEIT										
Draagt bij of doet af aan beeldkwaliteit ⁶	-	±	+	-	+	+	+	-	+	+
ONTWERPPROCES										
Ontwerpcomplexiteit ⁷	+	+	±	-	-	-	-	-	-	±
BEDRIJFSFASE & ONDERHOUD										
WATERVERBUIK ⁸	+	+	±	+	+	+	+	+	+	±
Kans op fouten ⁹	+	+	±	+	+	+	+	+	+	±
Onderhoud ¹⁰	±	±	+	±	±	±	±	±	±	+
Beschikbaarheid ¹¹	+	+	-	±	±	±	±	±	+	-
CDE										
Circulariteit/Duurzaamheid ¹²	±	±	+	±	-	-	-	-	±	+
Energieopwekking ¹³	-	-	±	-	-	-	-	-	-	±
LEVENSDUURKOSTEN										
Realisatie/Onderhoud & vervanging ¹⁴	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+

Tabel 4.1. Overzicht van voor en nadelen per voorziening

Toelichting

1) Passage moet geschikt zijn voor zowel trekvissoorten als aal, glasaal, driedoornige stekelbaars, en de standvissoorten als snoek, baars, brasem, blankvoorn, kolblei etc. Stroomsnelheid is bij voorkeur niet hoger dan 0,3-0,5 m/s. Met pomp is deze bij alle varianten vrij instekbaar. Variant 1 t/m 4 zijn met name geschikt voor kleine trekvissoorten. De andere varianten bedienen een breder scala aan vissoorten.

2) Variant 1 en 2 zijn vooral voor kleine vissen geschikt. Bij de overige varianten zal instelling de efficiëntie mede gaan bepalen. Als vissen te lang moeten wachten, zal dat minder gunstig zijn voor met name grotere vissen.

3) Alle varianten beschikken over een pomp waarmee een lokstroom wordt gegenereerd.

4) Alle varianten m.u.v. variant 1 en 9, hebben een discontinue werking. Het voordeel van variant 7 en 9 is dat er een continue migratie mogelijk is in zowel op- als afwaartse richting. Voor variant 9 is stroomopwaartse vismigratie zelfs permanent mogelijk, omdat er altijd een opening naar de polder is via het lekwater in de opvangbak. Dit is mogelijk tot een peilverschil van circa 0,5 m omdat daarboven de schuif gesloten moet worden vanwege te veel lekdebiët.

5) In principe zijn de varianten 5 t/m 10 tweezijdig passeerbaar. Nadeel is dat het naastgelegen gemaal doorgaans aantrekkelijker is en dat dan draaiende delen moeten worden gepasseerd door vissen bij afwaartse passage; hiervoor kunnen wel visveilige oplossingen worden gekozen (wat echter nog steeds minder optimaal is). Het beleid bij de meeste waterschappen ten aanzien van vismigratie bij gemalen is dat deze bij nieuwbouw of renovatie worden voorzien van visveilige pompen met minimaal 95 % schadevrije vispassage. Indien dit niet mogelijk is dan wordt er een goed functionerende wering aangebracht in combinatie met visveilige pompen van het gemaal. Dit percentage geldt voor de volledige installatie en voor de verschillende categorieën soort- en lengteklassen zoals vastgelegd in testprotocol NEN 8775. Dit is een gestandaardiseerd testprotocol voor het bepalen van visschade bij opvoerwerken en turbines dat sinds 2019 in definitieve vorm gereed is. Bij soortgroepen en lengteklassen wordt uitgegaan van een gemiddelde lengte van 25 cm voor karperachtigen en 80 cm voor aal.

Er zijn diverse visvriendelijke pomp- en vijzeltypen op de markt die voldoen aan de normering van maximaal 5 % schade. Het betreft hier doorgaans wel opvoerwerktuigen die onderdeel uitmaken van het gemaal en dus een grotere capaciteit (en hierdoor grotere afmetingen) hebben. Het is denkbaar dat een visveilig opvoerwerktuig met lagere capaciteiten meer visschade veroorzaakt.

6) Het merendeel van de varianten liggen onder de grond, of is onderdeel van het kunstwerk, en past daarom goed in het landschap.

7) Variant 1 en 2 is eenvoudiger in te passen dan de andere varianten, omdat deze minder ruimtebeslag heeft door een leiding over de dijk. Voor variant 4 t/m 9 is meer inspanning nodig door het leidingwerk en complexiteit. Variant 3 en 10 zit qua inpasbaarheid tussen beide varianten in.

8) Alle varianten zijn inmiddels bewezen techniek, en kinderziekten zijn bekend en grotendeels ondervangen. Variant 3 en 10 heeft hier een lagere score gekregen door de complexere inregeling met de bestaande functie.

9) Alle varianten zijn inmiddels bewezen techniek, en kinderziekten zijn bekend en grotendeels ondervangen. Variant 3 en 10 hebben hier een lagere score gekregen door de complexere inregeling met de bestaande functie.

10) De verwachting is dat variant 1 en 2 – gezien het grotere aantal componenten het meeste onderhoud zal vergen. Voor variant 4 tot en met 9 zal de onderhoudsinspanning gelijk zal, hoewel anders van aard; variant 4,5,6,8 beschikt naar verhouding over meer bewegende delen, variant 7 heeft een fijnrooster dat mogelijk gevoeliger is voor aangroei van algen/wieren.

11) Varianten 1 en 2 zijn relatief waterzuinig. Doordat het opvoerwerktuig met opvangbak (variant 9) een 'lek' heeft, stroomt er water weer terug de polder in. Dit maakt deze variant waterzuiniger, waardoor er een hogere score voor waterbeheersing is gegeven. Met name in de zomermaanden kan het ongewenst zijn dat het volledige lokstroomdebiët uit de lager gelegen gebieden wordt gepompt.

12) Het meest duurzaam is een oplossing die is geïntegreerd in een bestaand kunstwerk (variant 3 en 13) De toepassing van duurzame materialen is voor alle overige varianten vergelijkbaar. Voor de varianten 1,2 en 4 is de omvang van het materiaalgebruik iets geringer, waardoor deze variant iets hoger scoort op het aspect duurzaamheid; daarnaast zijn de gebruikte onderdelen universeel toepasbaar en daardoor makkelijker te hergebruiken.

13) Elke variant heeft een negatieve score op energieverbruik gekregen omdat het een tegennatuurlijke ingreep betreft met onderdelen die energie kosten. De score van de varianten zal mede afhangen van de hoeveelheid bochten en leidingwerk waaruit deze is opgebouwd. De minst complexe varianten zullen waarschijnlijk een lager energieverbruik hebben."

14) In de tabel is een ruwe schatting gemaakt van de score op te verwachten bouwkosten, in dit stadium is geen ontwerp en raming voorhanden, waardoor de onnauwkeurigheid van de score op de raming groot kan zijn. Kosten zijn gebaseerd op ervaringen van waterschappen (Schiphouwer et al., 2022).

	Realisatie	Onderhoud per jaar
1. Aalgoot	50-250.000	1500-2000
2. Vishevel	400-500.000	1500-2000
3. Afstemmen maal- en inlaatregime (periodieke inlaat);	20-50.000	
4. Opvangbak, lokstroom met pomp en leegloopleiding (cyclische vrij verval passage	250-500.000	2500-4000
5. Vissluis met geoptimaliseerde lokstroompomp	300-400.000	2500-4000
6. Delfland vislift	400-500.000	2500-4000
7. FishTrack2.0	400-500.000	2000-3000
8. VisliftUp	350-750.000	4000-6500
9. Opvangbak met continue retourstroming	1500-2000	1500-2000
10. Via een schutsluis.	10-20.000	

Globale inschatting van variabele kosten (onderhoud). Deze kosten zijn exclusief de energiekosten. De variabele kosten (gericht op beheer en onderhoud) zijn gebaseerd op ervaringen bij objecten elders in het land. De inspanning van het beheer en onderhoud zijn doorgaans vergelijkbaar met ieder ander gemaal. Onderdelen zijn onder andere smering, proefdraaien en reiniging installatieonderdelen. De objectbeheerder besteedt hier hooguit 2-3 uur à 35 EUR/u per 14 dagen aan. In het geval van de Delfland Vislift en de FishTrack is het onderhoud wellicht iets intensiever vanwege de aangroei op de fijnroosters. Daarentegen beschikken Vissluis, Vislift en Opvangbak met continue retourstroming over keerschuiwen waarbij het risico op storingen kan optreden. Bij de Vissluis en Delfland vislift is dit meer dan bij de Opvangbak met continue retourstroming, vandaar hier de hogere variabele kosten. Bij de Vislift Up zijn de kosten van onderhoud (verhelpen storingen en vervanging en garantie van onderdelen) en doorlopende monitoring in abonnementsvorm af te nemen, deze bedragen hooguit circa €6500 per jaar. Bij de overige varianten zijn de kosten voor monitoring niet inbegrepen maar zouden hier feitelijk wel onderdeel van moeten uitmaken. De kosten hangen onder andere af van monitoringsduur en methode.

Implementatie van de oplossingen is ondanks de bewezen werking altijd maatwerk. Onderstaand zijn een aantal aanbevelingen gegeven die bijdragen aan een optimale werking.

4.2 Aanbevelingen

Hou rekening met visgedrag

Bij implementatie is een goede aansluiting bij de gewenste positie in de waterkolom afhankelijk van de doelsoorten. Glasaal concentreert zich nabij het wateroppervlak en snoekbaars zit vooral dicht bij de bodem.

Omdat de meeste voorzieningen werken met intervallen en de waterbeschikbaarheid beperkt is, kunnen voorzieningen niet overal 24u per dag functioneren. Hierin moeten dan keuzes worden gemaakt, waarbij aansluiting op de timing waarop de vissoorten actief zijn aandachtspunten zijn.

Het beheer van het gemaal moet worden afgestemd op de momenten waarop de vispassage in werking is. Door aanvullend slim te malen moet het gemaal zorgen voor een grote lokstroom zodat vis zich verzamelt nabij het gemaal en in de omgeving van de vispassage. Zodra het gemaal stopt, kan de lokstroom (beter) worden waargenomen. Om de stroomafwaartse migratie nog beter te faciliteren, zou het ideaal zijn als de vispassage een deel van de gemaalfunctie kan overnemen.

Doorloop vragen bij de keuze van oplossing

Onderstaand een aantal vragen die men kan stellen bij het maken van een keuze voor oplossingen:

- Voor welke soorten/grootte vissen? – groot/klein/alle
- Coupure door dijk/gemaal/kunstwerk mogelijk/haalbaar? (eisen veiligheid)
- Budget? (aanleg/onderhoud)
- Migratie in 1- of 2 richtingen nodig?
- Hoe groot is het peilverschil?
- Hoeveel ruimte is er qua debiet i.v.m. werking gemaal/sluis? (waterbeschikbaarheid)
- Wat mag de maximale stroomsnelheid zijn?
- Continue vismigratie noodzakelijk (24 u/dag, 12 mnd/jr)?
- Verhouding lokstroom passage- stroming gemaal
- Energieverbruik

Monitoring

Monitoring moet antwoord geven op de volgende onderzoeksvragen:

- A) Werkt de vispassage in functionele (technische) zin?
- B) Op welke wijze wordt de vispassage door vissen gebruikt?
- C) Welke knelpunten en optimalisatiemogelijkheden zijn er (zowel technisch als visecologisch, bijvoorbeeld welke wachttijden in een opvangbak/compartiment)?

Voorafgaand aan de monitoring van elke passage moet een technische evaluatie worden uitgevoerd. De evaluatie omvat een inspectie van de volledige vispassage (in- en uitstroom en 'hart' van de passage).

Om alle onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden geeft een combinatie van onderzoekstechnieken de meeste garantie. De technieken waaraan gedacht kan worden zijn:

a) cameramonitoring, waarbij het natuurlijke gedrag van vissen in/nabij vispassages in beeld wordt gebracht. Met behulp van AI is het mogelijk om videodata geatomiseerd te analyseren.

b) pit-tag monitoring (Passive Integrated Transponders). Bij dit type onderzoek worden vissen voorzien van een kleine zender: een PIT-tag. Telemetrisch onderzoek door middel van PIT-tags levert een zeer betrouwbaar en gedetailleerd beeld op van de stroomopwaartse en stroomafwaartse migratie en gedragingen van vis.

c) merk- terugvangst methode (bijvoorbeeld met een fluorescente VIE-tag (Visible Implant Elastomer) krijgen. Terugvangst van de gemerkte vissen geeft inzicht in het actuele aanbod van deze soorten, welk aandeel de vismigratievoorziening weet te passeren en hoeveel tijd hiervoor nodig is. Het aandeel dat weet te passeren en de snelheid waarmee dit gebeurt bepalen de efficiëntie (prestatie) van een vismigratievoorziening.)



Figuur 4.1 Voorbeeld van een camera opstelling in een leiding van een vissluis (gemaal Vissenring, Urk).

Kennis uitwisselen

Door samenwerking kan kennis worden uitgewisseld over type oplossingen en de werking ervan. Ook kunnen door gezamenlijke monitoring bredere vraagstukken op het vlak van vismigratie in stroomgebieden worden opgepakt. Hiervoor zijn er al diverse initiatieven operationeel, o.a. in Rijn-West verband en Vissen voor Verbinding/Ruim Baan voor Vissen in Noord-Nederland. Informatie m.b.t. knelpunten en oplossingen voor vismigratie wordt bijgehouden in een landelijk overzicht, de zogenaamde Nationale Visroutekaart (Kroes & Philipsen, 2023). De VisRoutekaart wordt beheerd door RWS en is online beschikbaar. De kaart is een handig hulpmiddel om samen te werken.

Inrichting van aangrenzende zones

Naast een goede verbinding is de inrichting van de aangrenzende gebieden van belang, zodat geschikt leefgebied voor vissen met elkaar wordt verbonden. Voor doelvissoorten van stilstaande wateren gaat het meestal om de aanwezigheid van water- en oevervegetatie. De aanwezigheid van vegetatie is om verschillende redenen van belang voor vissen. Zo vormen waterplanten voor veel vissoorten een geschikt paaisubstraat. Niet alleen zuurstoftolerante vissoorten, zoals kroeskarper en zeelt, zetten hun eieren af op oever- en waterplanten, maar ook eurytope soorten als snoek, baars en blankvoorn doen dit.

Vegetatie biedt bescherming tegen predatoren en beschutting tegen de stroming, die onder andere in kanalen een sterk wisselend karakter heeft. Vooral jongere levensstadia (larven, broed en juveniele vis) houden zich in de water- en oevervegetatie op. Figuur 5.1 geeft een impressie van het belang van de vegetatie als habitat voor de snoek in verschillende levensstadia. Naast oevervegetatie is de aanwezigheid van waterplanten voor deze soort van belang. Op en in de vegetatie bevinden zich tal van organismen, die voor veel vissoorten weer tot voedsel dienen. Voor enkele vissoorten, waaronder blankvoorn, ruisvoorn en bittervoorn vormen ook de waterplanten zelf een belangrijke (aanvullende) voedselbron.

De gebieden zijn doorgaans voedselrijker dan de grote wateren en daarmee aantrekkelijk om te blijven. Bij de meeste schubvissen ontbreekt het aan (een) motivatie om die poldergebieden weer uit te zwemmen. Voedsel is er genoeg en gepaaid hebben ze al. Aandacht voor aanwezigheid van overwinteringsgebieden is aan te bevelen. Geschikte overwinteringsplekken hebben een waterdiepte van meer dan 1,0-1,5 m. Een geringe waterdiepte (< 1,0-1,5 m) en een dikke sliblaag (> circa 30 cm)

kunnen leiden tot zuurstoftekort voor vissen. Vooral in de wintermaanden, als er sprake is van ijsbedekking kan vissterfte optreden.

Voor aal is dat uiteraard anders die moeten de polders uit om naar de Sargassozee te kunnen komen.

Onderstaand volgen een aantal voorbeelden van gebieden die zijn ingericht als paai- en opgroeigebied.



Figuur 4.2 Koopmanspolder (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier)



Figuur 4.3 Viskringloop Wieringemeer (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier)



Figuur 4.4 Snoekpaaiplaats Bergse Achterplas (Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard

Geraadpleegde literatuur

- Baade, U., Fredrich, F. (1998). Movement and pattern of activity of the roach in the River Spree, Germany. *Journal of Fish Biology* 52: 1165-1174.
- Bergsma, J.H. & D.S. Spruijt. 2017. Monitoring vismigratieknooppunten en vispassages 2016. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Bureau Waardenburg Rapportnr. 17-064. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Brodersen, J., J.H. Hansen, C. Skov, 2018, Partial nomadism in large-bodied bream (*Abramis brama*). *Ecology of freshwater fish*, 2019;28:650–660.
- Brouw, L., 2018. Vispassage Spaarndam projectnummer: 00.32002/255 (Ontwerp)Projectplan op basis van artikel 5.4 van de Waterwet. Hoogheemraadschap van Rijnland, Leiden.
- Engstedt, O., Engkvist, R. & Larsson, P., 2013. Elemental fingerprinting in otoliths reveals natal homing of anadromous Baltic Sea pike (*Esox lucius* L.). First published: 28 June 2013 <https://doi.org/10.1111/eff.12082>.
- Gardner, C. J., D.C. Deeming & P.E. Eady, 2013. Seasonal movements with shifts in lateral and longitudinal habitat use by common bream, *Abramis brama*, in a heavily modified lowland river. *Fisheries Management and Ecology*, augustus 2013, DOI: 10.1111/fme.12014.).
- Groen, M., H. Vis, J. Tummers 2021. Effectiviteit vispassage Gemaal Stroïnk 2019-2021. Eindrapportage. Projectnummer 2019.069. Stichting RAVON, Nijmegen.
- Hofman, C.C., 2023. Monitoring vispassages gemaal Overtoom en Nauerna voorjaar 2022. Hofman Aquamarien i.o.v. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
- Griffioen, A.B., M.E. Schiphouwer, H.V. Winter & S. Ploegaert. 2018. Aalonderzoeken Hoogheemraadschap van Delfland: efficiëntie van glasaalintrek bij gemaal Schoute. Rapport C007/18. Wageningen Marine Research Wageningen UR (University & Research centre) / RAVON Nijmegen.
- Griffioen, A.B., H.V. Winter, O.A. van Keeken, B. van Houten, 2018. Intrek van glasaal en driedoornige stekelbaars in het Noordzeekanaal voorjaar 2018; Wageningen Marine Research Wageningen UR (University & Research Centre), Wageningen Marine Research rapport C054/19. 87 blz.
- Griffioen, A.B., Kroes, R., & Winter, H.V., 2022. Migratie van zoetwaterstandvis tussen Noordzeekanaal en omliggende boezems en polders: Resultaat van drie jaar telemetrieonderzoek op vijf locaties langs het Noordzeekanaal. Wageningen Marine Research rapport; No. C034/22). Wageningen Marine Research.
- Hall M, Koch-Schmidt P, Larsson P, Tibblin, Yildirim Y, Sunde J, 2022. Reproductive homing and fine-scaled genetic structuring of anadromous Baltic Sea perch (*Perca fluviatilis*). *Fisheries Management Eco* 29 (5) 586-596 [2022-10-00; online 2022-03-28] First published: 28 March 2022 <https://doi.org/10.1111/fme.12542>.
- Hop, J., 2012. Visintrek via inlaatwerk bij gemaal Colijn voorjaar 2012; Waterschap Zuiderzeeland. Rapportnummer: 20120069/001. ATKB, Geldermalsen.
- Hop, J., 2016. Effectmonitoring vismigratie Hoogheemraadschap van Delfland. ATKB. Kenmerk 20120778, definitief, 23 maart 2016. ATKB, Geldermalsen.

- Kemper J.H., 2023. Evaluatie van de Vislift Up bij gemaal Voordijkshoornsepolder. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2022_15, 23 pag.
- Keskinen T., Pääkkönen J.P.J., Lilja J., Marjomäki T.J., Karjalainen J., 2005. Homing behaviour of pikeperch (*Sander lucioperca*) following experimental transplantation. Boreal Environ Res 10:119–124 ISSN 1239-6095.
- Koed, A., Balleby, K. & Mejlhede, P., 2002. Migratory behaviour of adult pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) in a lowland river. Hydrobiologia volume 483, pages175–184 (2002).
- Kooiman, M. & S.M.A. Ploegaert, 2022. Passagecheck Zeeland – 2021. Efficiëntie van zout-zoet vismigratievoorzieningen bij gemalen Loohoek en De Noord voor glasaal en driedoornige stekelbaars. Rapportnummer 2021.044-PC2. Stichting RAVON, Nijmegen.
- Kroes, M.J. & S. Monden (red.), 2005. Handboek Vismigratie; een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AMINAL afdeling Water, Brussel. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. ISBN 90-803245-6-6/Depotnr. D/2004/3241/328.
- Kroes, M. & M. Wilhelm, 2022. Monitoring (trek)vis gemaal Spaarndam 2022. Fuikgegevens vergeleken met Camerabeelden. In opdracht van Hoogheemraadschap van Rijnland. TAUW rapport R001-1285074MFW-V002.
- Kroes, M.J., & P. Philipsen, 2023. Rapportage Nationale Visroutekaart 2021. Resultaten actualisatie landelijke database vismigratie in 2021 (knelpunten, vismigratievoorzieningen en connectiviteitskaarten). In opdracht van Rijkswaterstaat.
- Ploegaert, S.M.A., F. Smith, M. Schiphouwer & J. Kranenbarg, 2018. Passagecheck Zeeland – 2018. Efficiëntie van zout-zoet vismigratievoorzieningen bij Loohoek en Prommelsluis voor glasaal en driedoornige stekelbaars. Stichting RAVON, Nijmegen. Rapportnummer 2018.039.
- Laak, de G.A.J., 2009. Kennisdocument blankvoorn, *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), Kennisdocument 32 Sportvisserij Nederland, Bilthoven, 83.
- Piper, A. T., Wright, R. M. and Kemp, P. S. (2012) The influence of attraction flow on upstream passage of European eel (*Anguilla anguilla*) at intertidal barriers. Ecological Engineering 44: 329-336.
- Ploegaert, S.M.A., F. Smith, M. Schiphouwer & J. Kranenbarg, 2018. Passagecheck Zeeland – 2018. Efficiëntie van zout-zoet vismigratievoorzieningen bij Loohoek en Prommelsluis voor glasaal en driedoornige stekelbaars. Stichting RAVON, Nijmegen. Rapportnummer 2018.039.
- Ploegaert, S.M.A., 2020. Passagecheck Zeeland – 2019. Efficiëntie van zout-zoet vismigratievoorzieningen bij gemalen Schore en Poppekinderen voor glasaal en driedoornige stekelbaars. Stichting RAVON, Nijmegen. Rapportnummer 2019.045.
- Schiphouwer, M., S. Ploegaert & B. Peters, 2022. Vispassage Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen; Programma van eisen, variantenstudie en uitwerking voorkeursvariant. Projectnummer 2022.100. Stichting RAVON, Nijmegen.
- Vehanen, T., Hyvarinen, P., Johansson, K. & Laaksonen, T., 2006. Patterns of movement of adult northern pike (*Esox lucius* L.) in a regulated river. Ecology of Freshwater Fish 15: 154–160
- Ven, M. van de, Onderzoek naar het functioneren van aalgoten Gansoijen en Gewande en het aanbod van aal op de Maas; Voorjaar 2019. Rapportnummer: 20190322/rap01. ATKB, Waardenburg.

Visser, E. & M. Kroes, 2015. Monitoring van de vismigratie via de FishTrack vispassage bij gemaal Usquert. Resultaten najaar 2015. In opdracht van waterschap Noorderzijlvest. TAUW rapport R001-121452.

Westendorp P.J., E. Remke, J. de Fouw, R. Noordhuis (2020). Onderbouwing ecologische maatregelen IJsselmeergebied. Het areaal land-waterovergangen. Literatuurstudie. Onderzoekscentrum B-WARE.