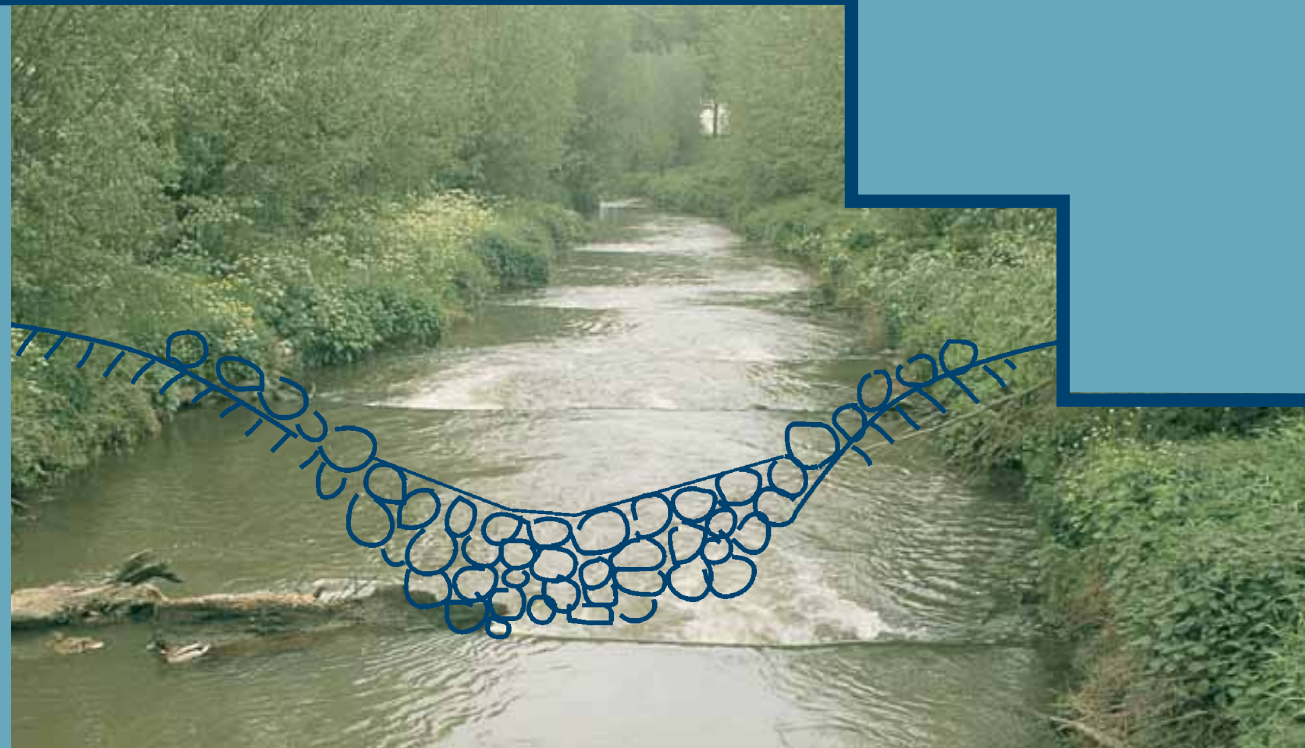




Vismigratie

Vismigratie

Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland



Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland

Eindredactie Jacqueline Beeren Tekst & Redactie, Doetinchem

Tekeningen: B. van Mourik

Productiebegeleiding Woortman Grafisch Bureau b.v., Hoogeveen

Ontwerp en druk: Drukkerij hpc b.v. Arnhem

Foto's omslag: E. Sterkel en OVB

Oplage: 2000

Depotnummer D/2004/3241/328

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de copyright houders.

De copyrighthouders zijn niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van deze uitgave.



Colofon

Uitgave

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. AMINAL, Afdeling Water.
Emile Jacqmainlaan 20, bus 5. 1000 BRUSSEL
Tel. +32 2 - 553 21 11
Fax. +32 2 - 553 21 05
E-mail: water@lin.vlaanderen.be
www.waterinfo.be

Uitvoering

OVB, Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij
Postbus 433, 3430 AK NIEUWEGEIN
Tel. +31 30 - 605 84 69
Fax. +31 30 - 603 98 74
E-mail: binvis@ovb.nl

Verantwoordelijke uitgever

Jean-Pierre Heirman, directeur-generaal AMINAL,
Koning Albert-II-laan 20 bus 8, 1000 Brussel

Samenstelling en redactie

M.J. Kroes Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij
S. Monden, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AMINAL,
afdeling Water

"De basis voor het handboek is gelegd in een algemene studie, die werd uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AMINAL, afdeling Water door: C. Lieferringe, P. Meire, B.Jacobs, D. van Erdeghem, J.H. Kemper en F.T.Vriese."



Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
AMINAL afdeling Water



Vismigratie

Vismigratie

Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland

Eindredactie Jacqueline Beeren Tekst & Redactie, Doetinchem

Tekeningen: B. van Mourik

Productiebegeleiding Woortman Grafisch Bureau b.v., Hoogeveen

Ontwerp en druk: Drukkerij hpc b.v. Arnhem

Foto's omslag: E. Sterkel en OVB

Oplage: 2000

Depotnummer D/2004/3241/328

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de copyright houders.

De copyrighthouders zijn niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van deze uitgave.



Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland



Colofon

Uitgave

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. AMINAL, Afdeling Water.
Emile Jacqmainlaan 20, bus 5. 1000 BRUSSEL
Tel. +32 2 - 553 21 11
Fax. +32 2 - 553 21 05
E-mail: water@lin.vlaanderen.be
www.waterinfo.be

Uitvoering

OVB, Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij
Postbus 433, 3430 AK NIEUWEGEIN
Tel. +31 30 - 605 84 69
Fax. +31 30 - 603 98 74
E-mail: binvis@ovb.nl

Verantwoordelijke uitgever

Jean-Pierre Heirman, directeur-generaal AMINAL,
Koning Albert-II-laan 20 bus 8, 1000 Brussel

Samenstelling en redactie

M.J. Kroes Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij
S. Monden, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AMINAL,
afdeling Water

"De basis voor het handboek is gelegd in een algemene studie, die werd uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AMINAL, afdeling Water door: C. Lieferringe, P. Meire, B.Jacobs, D. van Erdeghem, J.H. Kemper en F.T.Vriese."



Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
AMINAL afdeling Water

Vismigratie

Een handboek voor herstel
in Vlaanderen en Nederland



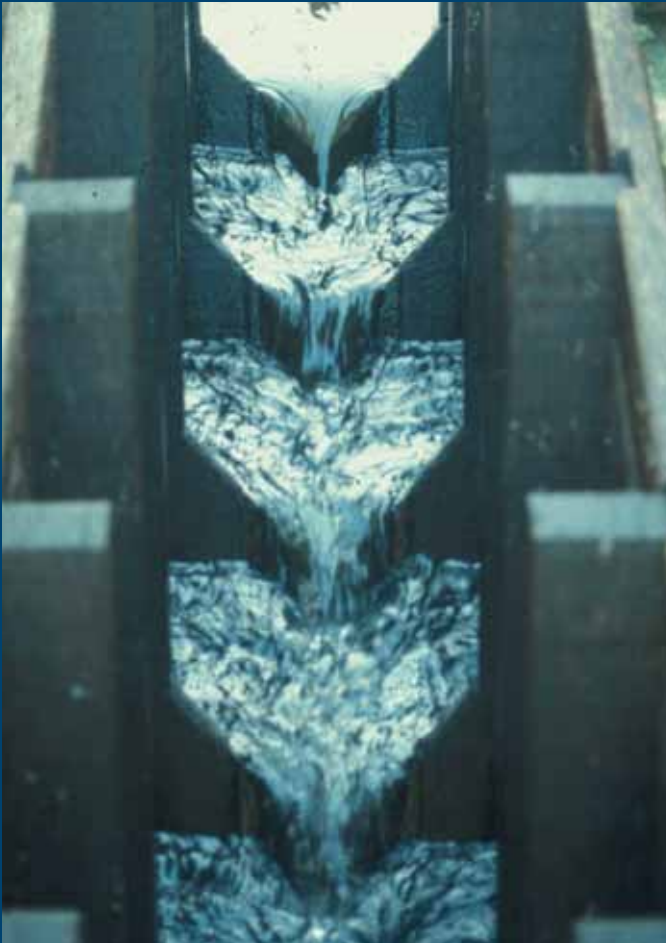
Vismigratie

Hebben we geleerd van het verleden?

"Als we de bouwkundige ontwerpen om visserijdoelen te bereiken, juist willen ontwerpen en uitvoeren, dan dienen we vertrouwd te zijn met de eigenschappen van vissen. Talrijk zijn de klachten over slecht gebouwde visdoorgangen, die of hun doel voorbij schoten of te duur bleken. De klachten zijn helaas vaak terecht. Hun oorzaken zijn bijna zonder uitzondering erop terug te voeren, dat de ingenieur zonder exacte kennis van de biologie van de vissen zijn werken uitvoerde. Hij had over het hoofd gezien dat men bij het ontwerpen van bouwwerken voor de visserij nooit van het bouwwerk moet uitgaan, door een bepaalde bouwwijze te kiezen en deze aan de omgeving aan te passen, en de vis en zijn eigenschappen buiten beschouwing mag laten, maar dat men een omgekeerde aanpak moet betrachten: men moet van de vis uitgaan die men wil leiden, zijn eigenschappen bestuderen en daarna de lokale omstandigheden in beschouwing nemen en uiteindelijk naar beide, het bouwwerk te vormen."

P. Gerhardt, 1912

Uit: "Die Fischwege", In: Handbuch der Ingenieurwissenschaften 3.



Voorwoord

Het landschap in Vlaanderen en Nederland bestaat uit een grote hoeveelheid 'watereilanden', stukken rivier, kanalen, plassen, sloten, die door dammen, stuwen en sluizen van elkaar zijn gescheiden. Deze inrichting maakt het mogelijk voor de mens veilig in de delta van de rivieren Maas, Rijn, Schelde en IJzer te leven. Daar staat tegenover, dat dit opknippen van het waterlandschap heeft geleid tot ingrijpende veranderingen in de samenstelling van flora en fauna. Soorten zijn hierdoor verdwenen en zelfs uitgestorven, andere soorten hebben zich kunnen versterken.

Hoe kan je de negatieve gevolgen van het beteugelen van het water voor de natuur tegengaan? In dit handboek wordt deze vraag bekeken voor vissen. Wat zijn de migratiemogelijkheden van vissen in een opgeknipt watersysteem? Niet ieder 'watereiland' biedt de vissoorten de mogelijkheid om de levenscyclus te doorlopen. De vraag is dus, hoe de door de obstakels van elkaar geïsoleerde leefgebieden, voor de vissen kunnen worden ontsloten. Door gebruik te maken van het doorgaans te voorspellen verplaatsingsgedrag van vissen, zijn op maat gesneden oplossingen te bedenken.

Dit handboek is vooral gericht op de praktijk. Stuwen en dammen voorkomen dat de vissen gebruik kunnen maken van vrije migratie in de rivier- en poldersystemen. Hoe kan je de infrastructuur van het watersysteem verbeteren? Welke voorzieningen zijn bij dammen en stuwen aan te brengen om de vissen op eigen kracht stroomopwaarts te laten trekken? Het boek laat op basis van de meest actuele kennis en ervaring zien, dat de effectiviteit van dergelijke 'doorgangen' afhankelijk is van de specifieke eigenschappen en het gedrag van de vissoort.

De laatste 25 jaar worden op tal van plaatsen in Vlaanderen en Nederland concrete maatregelen genomen, die de vrije migratie van vissen bevorderen. Dergelijke maatregelen zijn belangrijk voor de duurzame ontwikkeling van de visstand. Dit boek gaat vooral over de doorgangen voor stroomopwaartse vistrek. Een succesvolle aanpak echter, dient niet alleen beperkt te blijven tot de aanleg van visdoorgangen. Ook het herstellen van paai- en opgroeigebieden van vissen is samen met een goede waterkwaliteit, van groot belang voor het laten slagen van herstelprogramma's.

De kennis over vismigratie en de ervaring met het aanleggen van visdoorgangen bij obstakels die de vrije verplaatsing tussen de 'watereilanden' belemmeren, is de afgelopen jaren aanzienlijk vergroot. In Europa en de Verenigde Staten zijn door samenwerking tussen visbiologen, cultuurtechnici en waterbeheerders vernieuwende oplossingen gevonden die de migratie van vissen bevorderen. Het zijn oplossingen die meestal plaatsvinden binnen de randvoorwaarden die de samenleving stelt op het vlak van veiligheid en economie. Dat legt beperkingen op, waardoor de oorspronkelijke situatie niet altijd te herstellen is. Dat is de dagelijkse werkelijkheid. De uitdaging is om daarbinnen het optimale voor de visstand en de visserij te bereiken.

In 1994 heeft de Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij (OVV) de bestaande kennis en informatie over visdoorgangen vastgelegd in het boek Vismigratie, visgeleiding en vispassages in Nederland. Tien jaar na deze publicatie is veel nieuwe kennis en ervaring opgedaan over de vispassages. Dit handboek documenteert voor een brede groep belangstellenden en professionals uit de wereld van het water-, natuur- en visstandbeheer de moderne inzichten over het ontwerp en de aanleg van visdoorgangen.

Voor vissen bestaan geen landsgrenzen, zij hebben baat bij vrije migratie in het water, ongeacht of dit nu in Nederland of Vlaanderen ligt. Het initiatief van de Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer (AMINAL) van het ministerie van de Vlaamse Gemeenschap om samen met de OVV dit handboek samen te stellen, bracht de kennis en ervaring van Nederlandse en Vlaamse deskundigen samen. Het resultaat laat zien dat ook voor visdeskundigen geen landsgrenzen bestaan. Het boek zal er zeker toe leiden, dat de vrije migratie van vissen tussen Nederland en Vlaanderen bevorderd wordt.

april 2005

Lex Raat,
directeur OVV

Jean-Pierre Heirman,
directeur-generaal AMINAL
Voorzitter Werkgroep Ecologisch Waterbeheer (CIW)



Bladwijzer

Voorwoord	3
Waarom een handboek?	6
Algemene aspecten van vismigratie	7
Gebruik van het handboek	10
Deel 1 Hoe kom je tot een type oplossing?	
1.1 Algemeen	13
1.2 Definiëren van het gebied	17
1.3 Beschrijven van kenmerken en randvoorwaarden	19
1.4 Doorlopen van de richtingwijzer	20
1.5 Keuze van oplossingstype- of variant	35
Deel 2 Ontwerp	
2.1 Algemeen	71
2.2 Algemene ontwerpcriteria	72
2.3 Aanvullende ontwerpcriteria	88
2.4 Toetsing van ontwerp	114
Deel 3 Evaluatie	
3.1 Algemeen	119
3.2 Vaststellen van onderzoeksvragen	120
3.3 Keuze van onderzoeksmethoden	120
3.4 Uitvoering van het onderzoek	123
Deel 4 Ontwerpvoorbeelden	125
Achtergrondinformatie	
1. Vis en vismigratie	155
2. Vismigratieproblematiek	167
3. Vismigratie en beleid	185
Aanbevolen literatuur	192
Verantwoording	202

Waarom een handboek?

Al vanaf de Middeleeuwen zijn dijken en stuwen geplaatst. Later hebben ingrepen zoals het afsluiten van zeearmen en het rechtekken, verbreden en verdiepen van waterlopen de leefomgeving en migratie-mogelijkheden van vissen ingeperkt. Hierbij kwamen nog factoren als een slechte waterkwaliteit, de visserijdruk, de industrialisatie en de benutting van waterkracht. Vissoorten die tijdens de levenscyclus over lange afstanden migreren, hebben het meest te lijden gehad van een versnipperd en weinig diverse leefomgeving. Aansprekende voorbeelden zijn de zalm en de paling, die vaak duizenden kilometers afleggen tussen paai- en opgroeigebied. De stroomopwaartse migratie naar kleine en dikwijls ecologisch waardevolle systemen is vaak niet meer mogelijk. Bovendien ontbreekt het aan natuurlijk stromende rivier- of beekdelen. Hiervan ondervinden ook andere rivier- of beekvissoorten problemen, zoals de kopvoorn, serpeling, beekprik en elrits. De populaties van kwetsbare vissoorten die nog voorkomen in de kleinere stelsels van waterlopen zijn meestal klein en sterk geïsoleerd.

De Europese Kaderrichtlijn Water verplicht de lidstaten tot een ecologisch waterbeheer. Een gezond ecologisch systeem kenmerkt zich onder meer door een passende visstand en goede mogelijkheden voor vismigratie. Inmiddels is het herstel van vismigratie voor de waterbeheerders in Vlaanderen en Nederland een speerpunt. Het Vlaamse Parlement heeft dit vastgelegd in het decreet van het Integraal waterbeleid. Momenteel werken in Vlaanderen waterbeheerders samen aan de realisatie van een vrije migratie over een netwerk van drieduizend kilometer prioritaire waterloop. Bij niet-prioritaire waterlopen wordt erop gelet dat geen nieuwe barrières voor vissen ontstaan. In Nederland is het herstel van de vismigratie steeds meer een reguliere taak geworden van waterschappen. Op de

grote rivieren in Nederland wordt druk gewerkt aan het oplossen van de problemen rond de stroomopwaartse migratie. → zie achtergrondinformatie

Al vanaf de jaren twintig worden visdoorgangen aangelegd, waarbij het veelal ging om technische constructies. De kennis op het gebied van vismigratie heeft zich sindsdien sterk ontwikkeld. Er bestaan uiteenlopende typen die toepasbaar zijn in diverse gebieden. Gebleken is dat er vanuit de praktijk, zowel bij de water- als bij de visstandbeheerders een grote behoefte is aan een handboek voor het herstel van vismigratie. Richtlijnen voor ontwerp en toepassingsgebied van visdoorgangen ontbraken tot nu toe of waren achterhaald.

Dit handboek geeft een richting aan voor het maken van een keuze van een toe te passen oplossing. Het streven is daarbij gericht op zo natuurlijk mogelijke oplossingen en een maximale efficiëntie van de doorgang. Herstelprojecten voor vismigratie dienen ook zoveel mogelijk de natuurlijke situatie te benaderen en de leefgebieden van vissen te verbeteren. Dit handboek gaat - tot op het ontwerpniveau - in op de te realiseren voorzieningen. Het samenvatten en beschikbaar stellen van deze kennis leidt niet alleen tot een grotere zelfwerkzaamheid maar helpt beheerders, ontwerpers en uitvoerders bij het gezamenlijk vinden van integrale oplossingen voor knelpunten ten aanzien van vismigratie. De studie die hieraan vooraf ging is gebaseerd op de meest recente inzichten. Mocht desondanks een aantal vermeldingen in dit Handboek achterhaald of niet correct zijn, dan kan dit worden gemeld via het correspondentie-adres van één van de auteurs.

Dit handboek schenkt alleen aandacht aan stroomopwaartse migratie. Oplossingen voor stroomafwaartse migratie zijn zo uiteenlopend van aard en divers dat zij een andere studie vragen.

Algemene aspecten van vismigratie

Hoe functioneren natuurlijke systemen?

Een waterloop staat niet op zichzelf maar maakt deel uit van een ecologisch netwerk. Veel soorten organismen verplaatsen zich in of langs deze waterlopen. Het ecologisch functioneren van dit netwerk wordt beïnvloed door processen in de lengterichting, breedterichting en verticale richting alsmede door tijdelijke, veelal seizoensgebonden veranderingen. In onverstoorde wateren zorgt de natuurlijke dynamiek voor een verscheidenheid aan leefgebieden en een hoge diversiteit. Een gevarieerde structuur, zoals de aanwezigheid van holle oevers, dood hout en stroomkuilen, is voor de meeste vissoorten een geschikt leefgebied, mits deze in lengte- en/of breedterichting bereikbaar zijn (zie ook vis en vismigratie). → zie achtergrondinformatie

Wat is vismigratie?

Het begrip vismigratie is te omschrijven als de verplaatsing van vissen tussen paai-, opgroei- en overwinteringsgebieden, inclusief de dagelijkse verplaatsingen die nodig zijn voor het vinden van voedsel en verplaatsing als gevolg van ongunstige omstandigheden. De aard van de verplaatsing verschilt per soort en per levensstadium. Het oplossen van migratieknelpunten gebeurde dikwijls met het oog op de echte lange-afstand migrerende vissen bijvoorbeeld (zoet-zout-migrerende vissoorten) omdat deze soorten zich voor overleving moeten kunnen verplaatsen tussen opgroei- en voortplantingsgebieden. Migratieroutes voor deze soorten (zoals bij de paling) fungeren voornamelijk als doortrekroute en vervullen niet of nauwelijks een functie als leefgebied (zie ook vis en vismigratie).

→ zie achtergrondinformatie



Figuur O.1: De levenscyclus en migratie van de Europese paling of aal (*Anguilla anguilla*)

Welke problematiek?

De problematiek ten aanzien van vismigratie speelt zich af op vlak van de waterkwaliteit, de kwaliteit van de leefomgeving en de fragmentatie van waterlopen. De fragmentatie verkleint de omvang van de leefgebieden en belemmert de bereikbaarheid ervan. Dit bemoeilijkt de verplaatsing tussen paai-, opgroei- en overwinteringsgebieden maar heeft ook een nadelig effect op de kleinere verplaatsingen (dispersie). Veranderingen in leefgebied of migratieroute kunnen de overleving van een soort in gevaar brengen als de geschikte gebieden niet of niet tijdig bereikt kunnen worden. Voorts beperkt fragmentatie de mogelijkheden van vissen om te kunnen wegluchten van ongunstige omstandigheden. Andere bedreigingen liggen op het fysiologisch, ecologisch, gedragsbiologisch en genetisch vlak, waardoor de duurzaamheid van de vispopulatie in gevaar komt.

De versnipperingsgevoeligheid van vissoorten hangt voornamelijk af van hun tolerantie ten opzichte van het leefgebied en/of waterkwaliteit, de aard en de omvang van het benodigd leefgebied, het dispersievermogen en de reproductiecapaciteit. Het afnemen en verdwijnen van stroomminnende en zoet-zoutmigrerende vissoorten in Nederland en Vlaanderen is dan ook te wijten aan een slechte waterkwaliteit, wijzigingen aan de leefomgeving en fragmentatie. Voor een duurzaam herstel van deze fauna moeten al deze oorzaken worden aangepakt.

De hinder die vissen ondervinden van een constructie in de waterloop, is afhankelijk van de zwemcapaciteit en het gedrag van de soort, het levensstadium van de vis, de stroming van het water en de aard van de constructie of barrière. Zo is een hoogteverschil van meer dan 15 centimeter bij bovenlozende stuwen voor een groot aantal vissoorten niet meer te passeren. Bovendien zorgt elk hoogteverschil op zijn minst voor een vertraging van de migratie. Passage is beter mogelijk bij onderlozende stuwen en geheel verdronken stuwen. Naast het hoogteverschil (binnenin, of aan de in- en uitstroomopening) en de waterdiepte, bepaalt ook de stroomsnelheid of een duiker, koker en/of sifon kan worden gepasseerd. Een enkelvoudig sluisstelsel hoeft geen problemen op te leveren, mits de vissen een uitgesproken migratiedrang vertonen. De passeerbaarheid van stuw-sluiscomplexen is echter gering, hoofdzakelijk door het ontbreken van een permanente (en voldoende grote) lokstroom.



De belangrijkste redenen voor het aanleggen van visdoorgangen zijn:

- het kunnen bereiken van de voor de vis essentiële leefgebieden. Voor zoet-zoutmigerende soorten is dit het meest duidelijk, maar ook bij standvissoorten (lokaal migrerend) hebben juvenielen en adulten dikwijls verschillende voorkeuren voor leefgebied;
- het vergroten van variatie aan watersystemen door deze met elkaar in verbinding te brengen. Het herstel van de vismigratie kan zonodig worden gekoppeld aan de verbetering van de kwaliteit van het leefgebied. De inrichting van visdoorgangen als geschikte leefgebied is een grote stap voorwaarts bij het herstel van levensgemeenschappen;
- het vergroten van de hoeveelheid viswater en dus vergroten van leefgebied;
- het uitbreiden van een soort vanuit bestaande naar nieuwe geschikte leefgebieden (verbreidingsfunctie) en hiermee samenhangend het verhogen van de kans op een natuurlijke kolonisatie na een calamiteit, jarenlange waterverontreiniging en versnippering;
- het vergroten van het leefgebied van populaties waardoor enerzijds milieufunctuaties beter kunnen worden opgevangen (uitwijkmogelijkheden naar tijdelijke opvanggebieden) en anderzijds een zekere genetische variatie wordt gewaarborgd (handhavingsfunctie). Het opheffen van het isolement van verschillende populaties creëert mogelijkheden voor een uitwisseling tussen (deel)populaties van de soorten;
- het mogelijk maken van een compensatietrek voor vis die naar benedenstrooms gelegen panden zijn uitgespoeld en daarmee het vereffenen van verschillen in populatiegrootte.

Bij schuin oplopende bodemplaten in de waterloop (toegepast in Vlaanderen bij bruggen of mondingen van waterlopen) is vooral de stroomsnelheid de limiterende factor, meer nog dan de hoogte van de waterkolom. Voorts moet rekening worden gehouden met de lengte van de bodemplaats en de hellingsgraad. Bij waterkrachtcentrales en gemalen is niet alleen de problematiek van de stroomopwaartse migratie van belang, maar ook die van de stroomafwaartse migratie. Deze knelpunten hebben op trekkende vispopulaties een cumulatief effect. Hindernissen gevormd door bomen en takken zijn tijdelijk en dragen bij aan de natuurlijke structuurdiversiteit van een waterloop en behoeven in tegenstelling tot andere knelpunten niet te worden gesaneerd (zie ook vismigratieproblematiek).

→ zie achtergrondinformatie

Waarom herstel?

Het herstel van vismigratie is voor de levenscyclus van een grote groep vissoorten van cruciaal belang. Het is tevens een voorwaarde om te komen tot een gevarieerd, gezond en duurzaam visbestand.

In het achterhoofd moet worden gehouden dat ook andere diersoorten zoals insectenlarven en kreeftachtigen te kampen hebben met dezelfde problemen. Hierdoor moeten ook zij stroomopwaarts en -afwaarts kunnen migreren om gebieden te koloniseren. Daarnaast kan worden gewezen op de diverse belangen van een goede visstand. Verschillende vogels zoals lepelaar, fuut, zwarte stern zijn gebaat bij goede intrekvoorzieningen voor bijvoorbeeld driedoornige stekelbaars. Hetzelfde geldt voor andere visetende dieren zoals de otter. Ook mensen hebben belang bij een goede visstand. Zowel bij de beroeps- als de recreatievisserij wordt dikwijls gericht gevisd op zoet-zoutmigerende soorten zoals paling. Het oplossen van vismigratieknelpunten betekent het verbinden en vergroten van geschikte leefgebieden. Anderzijds moet ook worden gezorgd voor een verbetering van de kwaliteit van het ecosysteem, waarbij nieuwe, geschikte gebieden kunnen worden gevormd voor levensgemeenschappen. Herstellen van vismigratie dient niet meer op ad hoc-basis te gebeuren, maar juist als onderdeel van een stroomgebiedsgerichte aanpak en geïntegreerd in

een ruimer actieplan voor het ecologisch herstel van watersystemen. Voor zo'n herstel is een grondige kennis van zaken vereist met een focus op het ecosysteem en de dynamische interacties tussen de waterloop, de overstromingsgebieden en zijlopen. Herstel is louter mogelijk bij een voldoende hoge waterkwaliteit.

Wat is een visdoorgang?

In de literatuur wordt gesproken over vispassages, vistrappen en visladders. Dit zijn technische voorzieningen die de stroomopwaartse migratie van vissen (en soms overige fauna) weer mogelijk maken bij belemmeringen zoals stuwen en sluisen. Al vanaf de jaren twintig werden in de grote rivieren vispassages aangelegd. De aandacht was toen vooral gevestigd op technische oplossingen zoals Denil-vispassages of bekkentrappen. Recentere inzichten beschouwen deze oplossingen als effectgerichte maatregelen die in het beste geval wel migratie toelaten, maar geen ecologisch herstel van het waterloopstelsel inhouden; de negatieve gevolgen van compartimentering worden niet volledig opgelost. Tevens bieden ze de aanwezige levensgemeenschappen geen leefomgeving. De voorkeur gaat dan ook uit naar herstel van de leefomgeving in combinatie met de aanleg van visdoorgangen. Een visdoorgang is een maatregel die kan variëren van het verwijderen van de barrière tot het aanleggen van een technische constructie om vismigratie toe te laten.

Deze oplossingen kunnen ruwweg als volgt worden ingedeeld:

- de barrière wordt verwijderd of omzeild met een herstel van de natuurlijke situatie, waardoor de vis geen (of minimale) hinder zal ondervinden bij het migreren;
- de barrière wordt zodanig gereduceerd dat de vis deze zelf kan nemen. Te denken valt aan een verkleining van het loodrechte hoogteverschil of een verlaging van de stroomsnelheid;
- de vis wordt met een mechanisch hulpmiddel bovenaan de barrière gebracht. Hierbij gaat het uitsluitend om het verbinden van de (deel)leefgebieden.

Het beoogde doel is het vinden van oplossingen die voldoen aan de biologische eisen van vissen.

De belangrijkste biologische eis is het vinden van zo natuurlijk en efficiënt mogelijke oplossingen.

Gebruik van het handboek

Dit handboek geeft praktische richtlijnen voor het ontwerp van visdoorgangen om de stroomopwaartse migratie van vissen te herstellen. Hierbij staan de oplossingen voorop die zoveel mogelijk de natuurlijke situatie benaderen. Het handboek wil niet alleen de migratie van vissen weer mogelijk maken, maar wil tevens bijdragen aan het ecologisch herstel van waterlopen in Vlaanderen en Nederland. Het handboek is bedoeld voor zowel experts, beleidsmakers, beheerders, ontwerpers, uitvoerders als mensen die geïnteresseerd zijn in herstel van vismigratie. Er is gekozen voor een opzet met praktische richtlijnen en achtergrondinformatie. De praktische richtlijnen zijn ondergebracht in vier delen. Voor meer inhoudelijke onderbouwing zie ook de achtergrondinformatie.

Deel 1

"Hoe kom je tot een type oplossing?", leidt de lezer naar een zo natuurlijk mogelijke oplossing voor het herstel van vismigratie. Na het definiëren van het gebied waarover het gaat (stromende wateren, zoet-zoutovergangen, wateren in vlakke gebieden of bevaarbare waterlopen) en de bijkomende kenmerken (zoals type barrière, ruimte, natuurlijke referentie, doelsorten en randvoorwaarden) geeft de richtingwijzer aan welke oplossingsrichting of oplossingstype de voorkeur krijgt. Voor elk gebied bestaan twee tot vier oplossingsrichtingen (R) die gerangschikt zijn naargelang de natuurlijkheid: R1 herstel van de natuurlijke situatie, R2 semi-natuurlijke oplossingen, R3 technische oplossingen en R4 aangepast beheer. Elke oplossingsrichting heeft een aantal oplossingstypen (T) en varianten (V). Indien de richtingwijzer uitsluitend verwijst naar een oplossingsrichting, is het aan de ontwerper zelf om een type of variant te kiezen. Na het doorlopen van deel 1 heeft de ontwerper de keuze van het type oplossing gemaakt en kan de ontwerp-fase beginnen.

Deel 2

"Ontwerp", geeft richtlijnen voor het ontwerp van alle in deel 1 genoemde typen oplossingen. Bij het maken van een ontwerp moet altijd de efficiëntie worden bewaakt. In de praktijk blijkt nogal eens dat een ontwerp niet voldoet vanwege de positie of de hoeveelheid van de lokstroom of het optreden van hoge stroomsnelheden in de visdoorgang. Dit deel begint daarom met algemene ontwerpcriteria, waarna deze regels per type verder worden aangevuld. Om ervoor te zorgen dat een goed ontwerp ontstaat, sluit deel 2 af met een checklist. Indien blijkt dat het gekozen type in de toetsing slecht scoort, wordt aanbevolen weer naar deel 1 te gaan om een ander type te kiezen.

Deel 3

"Evaluatie", geeft informatie over de wijze waarop de efficiëntie van de visdoorgang kan worden onderzocht. Vaak blijft onderzoek of monitoring achterwege waardoor geen

goed beeld over de visdoorgang wordt verkregen. In dit deel komen de toepasbaarheid en de voor- en nadelen van verschillende manieren van monitoring aan bod.

Deel 4

"Ontwerpvoorbeelden", geeft van alle behandelde typen één of meer voorbeelduitwerkingen. Het zijn visdoorgangen die in Vlaanderen en/of Nederland zijn aangelegd. Daarnaast worden foto's gepresenteerd van doorgangen in binnen- en buitenland.

Deel 1 Hoe kom je tot een type oplossing?

Stap 1. Definiëren gebied



Stap 2. Beschrijven kenmerken en randvoorwaarden



Stap 3. Doorlopen richtingwijzer



Stap 4. Keuze oplossingstype of -variant

Deel 2 Ontwerp

Stap 5. Ontwerp via algemene en specifieke ontwerpcriteria



Stap 6. Toetsing ontwerp

Deel 3 Evaluatie

Stap 7. Vaststellen onderzoeksvragen



Stap 8. Keuze onderzoeksmethoden



Stap 9. Uitvoering onderzoek

Deel 4 Ontwerpvoorbeelden

Achtergrondinformatie

Hoe kom je tot een
type oplossing?





De meest natuurlijke oplossing voor het opheffen van knelpunten bij vismigratie is het weer laten meanderen van de beekloop. Hierbij wordt ook de natuurlijke situatie weer hersteld en ontstaat tevens een leefomgeving voor typische beekfauna. (Foto: OVB)

1.1 Algemeen

Deel 1 van het handboek helpt bij de keuze van een oplossingstype en de diverse varianten van elk type. De selectie kan worden gemaakt tijdens de opstelling van de beheervisie op het gehele gebied (de stroomgebiedsgerichte aanpak) of in de fase voorafgaand aan de concrete uitvoering (de lokale aanpak). De eerste mogelijkheid heeft de voorkeur. Een gebiedsvisie leidt namelijk over het algemeen tot voorstellen die gemakkelijker in (deel)beheerplannen zijn in te passen. Deze opzet biedt dan ook dikwijls meer garantie voor succesvolle en duurzame oplossingen dan een lokale benadering.

Een gebiedsvisie, doorgaans een (deel)stroomgebied- of bekkenbeheerplan, beschrijft de gewenste integrale ontwikkeling van de waterloop. Het is van groot belang dat beleidsmakers bij het opstellen van een gebiedsvisie ook aandacht geven aan het belang van vismigratie. Daarbij kan een afweging worden gemaakt tussen de verschillende functies van het watersysteem. Soms is het mogelijk het herstel van de vismigratie mee te nemen als neven doelstelling van andere projecten. Bovendien levert een combinatie van activiteiten dikwijls een kostenbesparing op. Daarbij komt dat een integrale aanpak het maatschappelijke draagvlak voor maatregelen verbreedt. Wel moet men dan in een vroeg stadium contact zoeken met de betrokken partijen, zoals landeigenaren, de plaatselijke bevolking, natuur-, milieu- en hengelsportverenigingen.

Ter voorbereiding op het maken van de keuze van een mogelijk oplossing is het aan te bevelen om de achtergrondinfo over vismigratie, de problematiek en het beleid te raadplegen. → [zie vis en vismigratie, de problematiek en het beleid](#) Algemene kennis over vismigratie vormt een belangrijke basis om goede keuzes te maken.

Integratiemogelijkheden in andere projecten

Bescherming tegen wateroverlast

Om wateroverlast in woongebieden tot een minimum te beperken, kunnen verschillende maatregelen worden genomen. Het vergroten van het waterbergend vermogen (tijdens perioden met hevige neerslag) is één van die maatregelen. Het herstel van dit vermogen bevordert bovendien de laterale migratie van vissen en is tevens van cruciaal belang voor bepaalde dier- en plantensoorten. Een volledig herstel van de waterloop en haar valleigebied kan een oplossing bieden voor zowel maatschappelijke als ecologische problemen. Door het herstel van het natuurlijk dynamisch karakter van de waterloop en de hierbij horende ruwheid zal bij hoge debieten het rivierdal worden overstroomd. Op de meeste locaties kunnen deze ingrepen echter niet meer worden gerealiseerd omwille van het gebrek aan ruimte en moet men kiezen voor semi-natuurlijke overstromingsgebieden met een knijpconstructie en een dam. Op andere plaatsen vormen kunstmatige retentiebekens de enige mogelijke oplossing. Rekening houden met een grote verscheidenheid aan leefomgevingen met een aantal randvoorwaarden in verband met de doelsoorten, zoals de inundatieduur en -diepte is hierbij van belang. Het langer vasthouden van water na piekdebieten in polders of speciaal daartoe ingerichte overstromingsgebieden heeft nog een bijkomend voordeel. In het voorjaar is dan meer water beschikbaar voor de visdoorgangen als dit water weer (gedoseerd) wordt geloosd in de waterloop of op de boezem. Daarnaast kunnen natte afleidingskanalen, die primair zijn aangelegd als hoogwateromleiding (langs barrières), worden ingericht als nevengeul. Zo'n nevengeul kan bijdragen aan een herstel van de vrije (longitudinale) vismigratie. Wel moet dan worden voldaan aan de biologische randvoorwaarden en ontwerpcriteria voor vismigratievoorzieningen in omleidingen.

Vervanging / verwijdering constructies

Om de waterhuishouding te optimaliseren, is het vaak noodzakelijk om oude constructies te vervangen door nieuwe of bestaande stuwen te automatiseren. Tijdens deze werkzaamheden kunnen de constructies gelijktijdig voor vis optrekbaar worden gemaakt. In de praktijk blijkt dit veel goedkoper te zijn dan het aanleggen van een vispassage in een later stadium. Voorts is het mogelijk om visvriendelijke gemalen aan te leggen en duikers te bouwen die vismigratie toestaan. In sommige gevallen blijkt na onderzoek dat constructies onvoldoende functioneel zijn en daarom kunnen worden verwijderd. Indien voldoende ruimte beschikbaar is, kan het hermeanderen van de waterloop een hulpmiddel zijn bij het waterpeilbeheer waarbij tevens mogelijkheden ontstaan voor vismigratie. Het herstel van meanders verlengt het beek-traject, wat de afvoer van water vertraagt. Daarnaast is na te gaan in hoeverre kleinere (functionele) stuwen kunnen worden verwijderd als gevolg van de opstuwing van het water na een hermeandering.

Integratie met recreatie

Vispassages kunnen als bezienswaardigheden worden opgenomen in wandel- en fietsroutes. Op informatiepanelen bij de passages kan tekst en uitleg worden gegeven over de doelstelling en werking van visdoorgangen. Bovendien is het mogelijk om de passages te voorzien van kijkramen. Belangstellenden kunnen dan de migrerende vissen volgen, zonder dat de vistrek wordt verstoord. Deze aanpak verbreedt ook het maatschappelijk draagvlak voor het herstel van vrije vismigratie. De aanleg van een visdoorgang betekent een herstel van de visfauna. Een hoger aanbod vis is voor de hengelsport aantrekkelijk. Dit biedt zeker voor onbevaarbare waterlopen perspectieven. Zo kan bij de constructie van vispassages of bij een beekherstelproject een hengelcircuit of hengelstoep worden aangelegd. Het is evident dat dergelijke voorzieningen vooral passen in goed bereikbare zones zoals bij bruggen en in bewoonde stroken.

Herstel watermolens en vismigratie

In Vlaanderen en Nederland liggen talrijke watermolens. Veel van die molens zijn als monument beschermd. Dit biedt mogelijkheden voor ingrepen die in verhouding staan tot de waarde(n) van het monument. De bescherming beoogt niet een bestaande toestand te bevriezen, maar het erfgoed te integreren in de maatschappij. Het is gewenst om de ingrepen voor het behoud van de watermolens als cultuurhistorisch erfgoed maximaal af te stemmen op het belang van het herstel van de vrije vismigratie. De aanleg van een nevengeul kan beide doelen dienen. Belangrijk is de debietverdeling tussen de hoofdstroom (voor de watermolen) en de nevengeul (voor de vismigratie). Bij de keuze van de ligging van de nevengeul kan rekening worden gehouden met zowel de biologische randvoorwaarden als de culturele belangen.

Zowel bij de stroomgebiedsgerichte als de lokale aanpak kan voor de keuze van een oplossing de volgende werkwijze worden gevolgd:

Stap 1 Definiëren van het gebied

Met het oog op de sanering van knelpunten kunnen waterlopen worden ingedeeld in de volgende groepen, (deze verdeling is ook terug te vinden in het gebruik van de richtingwijzer):

1. zoet-zoutovergangen (waaronder mondingen van rivieren, polder- en boezemwateren);
2. stromende wateren (waaronder beken en rivieren);
3. wateren in vlakke gebieden (stilstaand of tijdelijk stromend, waaronder polder- en boezemwateren);
4. bevaarbare wateren (waaronder kanalen en rivieren).

Oplossingen voor knelpunten bij zoet-zoutovergangen zijn namelijk anders dan die voor stromende wateren. 'Herstel van de natuurlijke situatie' bijvoorbeeld betekent voor poldergebieden het inrunderen van de polder, terwijl bij beken en rivieren veelal moet worden gedacht aan het weer laten kronkelen (hermeanderen) van de waterloop.

Stap 2 Beschrijven van de kenmerken en randvoorwaarden

Van elke locatie moet een locatiebeschrijving worden gemaakt. De lange termijnvisie, omgevingskenmerken, juridische, hydrologische, biologische en financiële aspecten, bepalen bij het doorlopen van de richtingwijzer mede de keuze voor een bepaalde oplossing. Zo dient men zich af te vragen om welke vissoorten het gaat, welke functie een constructie heeft, welke debieten optreden en wat een geschikt ontwerpdebiet is. De locatiebeschrijving komt voort uit de beheervisie op het (deel)stroomgebied of (deel)bekkenbeheerplan. Deze visie moet altijd als uitgangspunt worden genomen.

Stap 3 Doorlopen van de richtingwijzer

De richtingwijzer geeft voor elk gebied twee tot vier verschillende oplossingsrichtingen (R) die gerangschikt zijn naar hun natuurlijkheid. Vervolgens leidt elke oplossingsrichting tot een aantal oplossingstypen (T) en varianten (V). Indien de richtingwijzer voor bepaalde situaties alleen een oplossingsrichting geeft, kan de ontwerper zelf een keuze maken tussen de typen en varianten van die oplossingsrichting.

Stap 4 Kiezen van oplossingstype of -variant

Hier wordt een goed overzicht gegeven van alle oplossingsrichtingen en de daarbij horende typen en varianten. Per type of variant zijn de volgende gegevens beschreven:

- het toepassingsgebied: indien dit niet volledig overeenkomt met de werkelijke situatie kan opnieuw een richtingwijzer worden doorlopen of een andere variant van het oplossingstype worden bekeken;
- een algemene omschrijving;
- de ecologische en hydraulische voor- en nadelen.

Het overzicht kan gebruikt worden om zelf een keuze te maken van een oplossingstype of -variant uit een bepaalde richting of om een idee te krijgen van het oplossingstype dat de richtingwijzer aangeeft. Deel 2 gaat met het oog op het verdere ontwerp, dieper in op de technische beschrijving van de oplossingstypen.



Compilatie van een aantal typische knelpunten:

Zoet-zout overgangen



Spuisluizen Ganzepoot, Nieuwpoort (B).
Foto: OVB



Zeegemaal Rozema, Termonter (NI).
Foto: H. Wannings



Spuisluizen Haringvliet (NI).
Foto: RWS-Dir. Zuid Holland

Stromende wateren



Watermolen Mark (B).
Foto: S. Monden



Beweegbare stuw Weerijis, Rijsbergen (NI).
Foto: E. van der Kerff



Kokers Voer (B).
Foto: C. van Liefveringe

Bevaarbare wateren



Enkelvoudige schutsluis Schagerkoggen (NI). Foto: OVB



Scheepvaart op Kanaal Gent-Oostende, Beernem (B). Foto: M. Decler



Stuw-schutsluiscomplex Maas, Belfeld (NI).
Foto: RWS-Dir. Limburg

Vlakke gebieden



Poldergemaal Hertogswetering (NI).
Foto: OVB



Sifon en rooster (B).
Foto: S. Monden



Duiker Pannenhoef (NI).
Foto: E. van der Kerff

1.2 Definiëren van het gebied

De eerste stap bij het kiezen van een geschikte oplossingsrichting is het definiëren van het gebied waarin zich het vismigratieknooppunt bevindt. Hiertoe zijn de verschillende gebieden of watertypen in groepen ingedeeld. Sommige migratiebarrières komen namelijk exclusief voor in een bepaald gebied of zijn kenmerkend voor een bepaald watertype omdat ze een specifieke rol vervullen in het functioneren van het watersysteem. Elk gebied kan tevens worden gekenmerkt door de (al dan niet tijdelijke) aanwezigheid van groepen vissoorten.

→ zie vis en vismigratie in dit handboek voor een overzicht van vissoorten, vissoortgroepen en → zie vismigratieproblematiek voor een overzicht van de migratieknooppunten.

Zoet-zoutovergangen

Zoet-zoutovergangen komen voor in kustgebieden. Deze gebieden kenmerken zich door duinen en vooral dijken. De migratiebarrières bestaan meestal uit spuisluizen, gemalen, vloeddeuren, terugslagkleppen en schutsluizen. De geleidelijke overgangen van zoet naar zout water zijn nagenoeg overal verdwenen. Dergelijke overgangen zijn belangrijk voor de trek van zoet-zoutmigrerende vissoorten, mariene vissoorten en estuariene vissoorten. De kustzones en de grote wateren (onder andere de Schelde, de Eems, het Haringvliet, het IJsselmeer en de Nieuwe Waterweg liggen op de migratieroutes van zoet-zoutmigrerende vissoorten zoals de zalm, elft, fint, zeeforel, steur en prikken. Andere zoet-zoutmigrerende vissoorten zoals paling en driedoornige stekelbaarzen gebruiken kustzones bovendien om regionale stroomgebieden te bevolken via kleinschalige overgangszones. Van een herstel van het getij zullen mariene en estuariene vissoorten profiteren. Voorts verbetert de aanwezigheid van getij de intrekmogelijkheden voor veel vissoorten; denk bijvoorbeeld aan het selectief getijdentransport van diverse platvissoorten.

Stromende wateren

Stromende wateren treft men aan in de hellende gebieden van Vlaanderen en Nederland. Het gaat dan om beken en rivieren. De knelpunten in deze waterlopen zijn veelal watermolens, stuwen en duikers. Stromende wateren worden enerzijds gekenmerkt door vissoorten die hun hele levenscyclus in zoet water verblijven en die lokale (onder andere rivierdonderpad, berrmpje) of regionale migraties (zoals kopvoorn, winde, barbeel) ondernemen voor onder meer de

voortplanting en het vinden van voedsel. Anderzijds komen er ook zoet-zoutmigrerende vissoorten voor die slechts een deel van hun levenscyclus doorbrengen in de stromende wateren. Dit zorgt voor een grote migratie en daardoor kunnen de stromende wateren - evenals de bevaarbare rivieren - worden beschouwd als cruciale migratieroutes voor deze soorten. Een natuurlijk niet-opgestuwde stromende waterloop heeft een dynamisch karakter waarin stroomminnende soorten (bijvoorbeeld kopvoorn, rivierdonderpad, riviergrondel) leven. In opgestuwde systemen hebben de stroomminnende soorten hun plaats afgestaan aan de tolerante soorten zoals karper en brasem. Het herstel van de leefomgeving en de vismigratie draagt bij aan de wens om van deze systemen meer permanent stromende waterlopen te maken waardoor ook de kansen op herstel van stroomminnende soorten groter wordt.

Wateren in vlakke gebieden

Wateren in vlakke gebieden kenmerken zich door stilstaand of tijdelijk stromend water. De aandacht richt zich daarbij op de overgang van polder- naar boezemsystemen of de overgang tussen de verschillende peilgebieden binnen de polders. De knelpunten zijn stuwen, schotten, schuiven en gemalen. Poldergebieden bestaan uit een samenhangend stelsel van (meestal gegraven) watergangen die doorgaans hun water via bemaling lozen op een boezem. De watergangen hebben meestal een geringe waterdiepte en -breedte. Ze vormen door hun areaal aan oeverlengte en de snelle opwarming in het voorjaar aantrekkelijke paai- en opgroei gebieden voor veel vissoorten. Dergelijke wateren hebben meestal een rijke water- en oevervegetatie. Om te bepalen welke polder-boezemsystemen met voorrang moeten worden aangepakt, is het eerste criterium de aanwezigheid van een geschikte leefomgeving. Hiertoe kan de leefomgeving worden geïnventariseerd en vervolgens worden voorzien van een visstand- en viswatertypering. In kustgebieden moet de aandacht uitgaan naar soorten zoals de driedoornige stekelbaars en de aal. Bij overige poldergebieden kan meer worden gelet op soorten die afhankelijk zijn van ondiepe en plantrijke wateren, zoals de snoek, de grote modderkruiper en de bittervoorn. Het optrekbaar maken van polders is alleen zinvol als ook rekening wordt gehouden met de migratie richting boezem. Voorkomen moet worden dat bijvoorbeeld in het voorjaar een trek naar de polder ontstaat en de vis in het najaar massaal wordt vermalen bij het uitmalen van water.



Van de karperachtigen is de barbeel een reislustige vissoort. In het voorjaar trekken barbelen groepsgewijs stroomopwaarts de rivieren op. In het najaar zoeken ze rustiger en dieper water op om te overwinteren. Foto: Michel Roggo

Bevaarbare wateren

Tot de bevaarbare wateren behoren de grote scheepvaartkanalen en grote rivieren. Kenmerkend voor deze wateren is dat een vast waterpeil moet worden gehandhaafd om de doorvaart van schepen te kunnen waarborgen. Het leeuwendeel van de knelpunten in bevaarbare wateren wordt gevormd door schutsluizen en stuw-sluiscomplexen. Het monotone karakter van deze wateren geeft voorts aanleiding tot migratiebelemmeringen in de breederichting van het watersysteem.

De van oorsprong natuurlijke, grote rivieren vormen een cruciale verbinding tussen de zee en de kleinere rivieren en beken en hebben een duidelijke migratiefunctie voor ondermeer de zoet-zoutmigrerende vissoorten. Deze soorten ondernemen zowel stroomopwaartse als stroomafwaartse migraties. Stuw-sluiscomplexen in combinatie met waterkrachtcentrales moeten naast visdoorgangen ook worden voorzien van maatregelen (visgeleidingssystemen) om te voorkomen dat er schade optreedt bij stroomafwaartse migraties.

1.3 Beschrijven van kenmerken en randvoorwaarden

Met de bestaande gebiedsvisie als uitgangspunt, wordt bij een locatiebeschrijving dieper ingegaan op een specifieke locatie met al zijn biologische en hydrologische kenmerken, de streefbeelden en de juridische en financiële mogelijkheden. De locatiebeschrijving geeft een algemene analyse van het stroomgebied, de waterloop, de omgeving en het knelpunt.

Ook een onderzoek naar de biologische kenmerken en streefbeelden is nodig om te komen tot geschikte oplossingen. Met behulp van bijvoorbeeld typologiestudies, visgemeenschapstyperingen, gebiedsvisies en Huet-zonering wordt nagegaan wat de doelsoorten zijn. De vaststelling van de doelsoorten is beslissend voor de vormgeving en locatie van een vispassage. Elke vissoort heeft een typische zwemcapaciteit en vertoont een specifiek gedrag. De zwemcapaciteit hangt af van de morfologie, de conditie en de lengte van de vis. Bij het gedrag van vissen kan men denken aan de oever- en diepteoriëntatie tijdens de migratie, de plaats van ophouden en de respons op hydraulische parameters en licht. Deze eigenschappen bepalen de afmetingen, de hoogteverschillen en resulterende stroomsnelheden en de minimale waterdiepte van een visdoorgang.

Naast de biologische karakteristieken en streefbeelden zijn ook de hydrologische en hydraulische karakteristieken, visie en meetgegevens (zoals meetreeksen) van cruciaal belang voor de keuze en verdere uitwerking van het ontwerp. Bovendien moet rekening worden gehouden met financiële en juridische aspecten zoals een bestemmingsplan, vogelrichtlijn, habitatrictlijn, VEN, beschermd monument of landschap. Ook de ligging van nutsleidingen (riolering, gas, water en elektriciteit) zijn factoren waarmee rekening moet worden gehouden.

Het oplossen van knelpunten vereist daarnaast een grondige kennis van de landschapshistorie, de huidige vallei- en oevervegetatie, waterkwaliteit en de structuurkwaliteit van de waterloop. De landschapshistorie is nodig om te kunnen terugrijpen naar de natuurlijke situatie. De kennis van de waterkwaliteit is bepalend voor het al dan niet uitvoeren van een ecologisch herstelproject. Als de structuurkwaliteit niet goed is, moet men niet alleen de barrière saneren maar ook een maximale inspanning leveren om de leefomgeving te herstellen. Uiteraard moet daarbij schade aan waardevolle vegetatie tot een minimum worden beperkt.

Informatie over bodemgesteldheid en de geologische opbouw van de riviervallei, over hydromorfologische kenmerken (zoals de mobiliteit en karakterisering van de riviersedimenten) en over geomorfologische kenmerken van de waterloop (zoals het pool-rifflepatroon) kan nuttig zijn. De geomorfologie kan zicht geven op de stroomkarakteristieken onder hoogwateromstandigheden. Voorts kunnen mogelijke tekenen van overstromingen worden onderzocht, evenals het substraat, de aard en de hoeveelheden van debris. Met behulp van deze gegevens, de gewone- en hoogwaterstanden en de nodige dwarsprofielen is het mogelijk om van de waterloop hydrologische modellen te maken.

Op basis van de uitgebreide locatiebeschrijving en eventueel de hydrologische modellen worden vervolgens de beperkende factoren geïdentificeerd. Deze factoren kunnen ertoe leiden dat bij het meest geschikte type visdoorgang toch niet kan worden gekozen voor een volledig herstel van de waterloop. Bepaalde factoren kunnen immers een volledig herstel van de natuurlijke situatie in de weg staan. De richtingwijzer wijst slechts uit welke oplossing het meest geschikt is.

1.4. Doorlopen van de richtingwijzer

De richtingwijzer leidt aan de hand van een aantal vragen tot de meest natuurlijke en efficiënte oplossingsrichting. Op basis van de beschrijving van de kenmerken en randvoorwaarden (zoals het type waterloop, de relevante vissoorten en het landgebruik) is het mogelijk om voor elk knelpunt in algemene zin een oplossing te zoeken. De richtingwijzer geeft vier algemene oplossingsrichtingen:

Oplossingsrichting 1

R1 Herstel van de natuurlijke situatie

Het herstel van de natuurlijke dynamiek (en structuurdiversiteit) waarbij de waterloop wordt heringericht met een natuurlijk verhang (zonder constructies) krijgt de voorkeur als oplossingsrichting. Hierbij wordt dus niet alleen de migratie in lengte- en breedterichting hersteld, maar wordt ook aan een herstel van de leefomgeving gewerkt. Dit betekent een kwaliteitsverbetering en een vergroting van de (deel)leefgebieden. Het verwijderen van constructies is vanuit ecologisch oogpunt de beste oplossing voor het herstel van de vrije vismigratie.

Oplossingsrichting 2

R2 Semi-natuurlijke oplossingen

Als het niet mogelijk is om de natuurlijke situatie te herstellen, kan een semi-natuurlijke oplossing worden toegepast. Voorbeelden daarvan zijn aanleg van een nevengeul, stenen visdoorgang, gedempt getij of tijdelijke inundatie. Naast hun functie als visdoorgang hebben ze ook een functie als paai- of opgroei gebied of als tijdelijke verblijfplaats voor veel vissoorten. Typisch is dat bij het saneren van de barrière ook de kwaliteit van de leefomgeving wordt verbeterd.

Oplossingsrichting 3

R3 Technische oplossingen

Slechts als voorgaande oplossingen niet haalbaar zijn, kan worden overgegaan tot de aanleg van migratiebevorderende, technische constructies (vispassages). Hierbij wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van natuurlijke materialen en wordt gestreefd naar een divers stroompatroon.

Oplossingsrichting 4

R4 Aangepast beheer

Enkele knelpunten, zoals sluisen, stuwen, terugslagkleppen of zelfs (zomer)dijken, kunnen zonder ingrepen maar met

een aangepast beheer toch longitudinale of laterale vismigratie toelaten. Deze optie is te gebruiken voor de verschillende toepassingsgebieden. Bedacht moet worden dat de effectiviteit van deze oplossingsrichting sterk afhankelijk is van menselijk handelen en de lokale situatie.

Richtingwijzer voor zoet-zoutovergangen

Het herstel van geleidelijke zoet-zoutovergangen (estuariene gradiënten) is mogelijk naar de mate waarin zoet water in zee wordt geloosd. Hierbij worden drie schaalniveaus onderscheiden:

- een continue, estuariene gradiënt bij de uitmonding van grote rivieren, die voor de grootste aanvoer van zoet water zorgt. De getijdencyclus belet een permanente afvoer van zoet water. Bij vloed stroomt zout water het binnenland in;
- een discontinue, estuariene gradiënt op locaties waar met intervallen zoet water wordt geloosd. Dit komt voor op de mondingsgebieden van polder- en boezemgebieden waarbij zoet water zo lang mogelijk wordt vastgehouden en enkel op zee wordt geloosd bij een wateroverschot;
- een brak getijdengebied waarbij niet of nauwelijks sprake is van een zoetwateraanvoer. Deze situatie doet zich voor in kwelders, schorren en sluffers aan zee.

De richtingwijzer geeft voor deze situaties oplossingsrichtingen. Sturend daarbij is de hoeveelheid zoet water die wordt geloosd en de mate waarin de lozing middels een vrij verval plaatsvindt.

Herstel van de natuurlijke situatie (R1)

De vismigratie is het meest gediend bij de realisatie (of een volledig herstel) van de natuurlijke dynamiek. Een beperkende factor is dat dat er voldoende ruimte moet zijn voor het watersysteem. Als aan deze voorwaarde is voldaan en bovendien voldoende natuurlijke structuren aanwezig zijn, dan kan een opening in een zeedijk worden gemaakt of een sluis permanent worden geopend. Bij stroomgebieden die vrij op zee afwateren, ontstaat op deze wijze landinwaarts weer een dynamisch milieu met veel geleidelijke overgangen. Dit verhoogt de estuariene natuurwaarde aanzienlijk; er ontstaat een zoetwater-getijden-gebied, een brak middengebied en een kustzone. Dit betekent de realisatie van een geschikte leefomgeving voor mariene en estuariene vissoorten en ideale intrekmogelijkheden voor vissoorten met een verscheidenheid aan zwemcapaciteiten. Minder

goede zwemmers kunnen zich bij vloed passief laten meevoeren. Denk bijvoorbeeld aan larven van platvissen en glasaal, die zich doorgaans nauwelijks tegen de stroom in kunnen bewegen.

Op de grens van kleinere stroomgebieden zal bij verwijdering van de barrière een discontinue, estuariene gradiënt ontstaan. De zoutwatertong reikt veel verder landinwaarts dan bij grotere afwaterende gebieden. Hierdoor vormt zich eerder een brakwater-getijdengebied. Dit geldt in sterkere mate als niet of nauwelijks overtollig zoet water in zee stroomt. Sluifers en kwelders krijgen dan een brak karakter.

Semi-natuurlijke oplossingen (R2)

De semi-natuurlijke oplossingen voor zoet-zoutovergangen beperken zich tot het realiseren van een gedempte getijdencyclus. Dit kan door een gat in de dijk te maken, bijvoorbeeld met een duiker. Dit betekent een ontpollering waardoor een intergetijdengebied ontstaat.

Technische oplossingen (R3)

Als het niet mogelijk is om landinwaarts getij gestuurde processen vrij spel te geven, dan kan de vismigratie worden hersteld door aanleg van een vispassage. De voorkeur gaat uit naar een voorziening die de mogelijkheid heeft om vissen zowel bij vloed als bij eb te laten binnentrekken. De vloedstroom kan hierbij via de vispassage gedoseerd land-inwaarts komen, waardoor een kleine brakwaterzone ontstaat en daarmee een zekere gradiënt in de zoet-zoutovergang. De functionaliteit van de vispassage is sterk afhankelijk van de dimensies. Zo moet een voldoende grote lokstroom aanwezig te zijn. Een geschikte oplossing is een bekkenpassage die bij zowel vloed als eb migratie toestaat. De bekkenpassage moet voldoende lengte hebben om acceptabele stroomsnelheden te behouden. In situaties waarbij water door bemaling wordt geloosd, zijn alternatieve passages noodzakelijk. Het gaat dan om vissluizen, hevel-vispassages of aalgoten/palingpassages. Om hier een zoetwater-lokstroom te bewerkstelligen, wordt het water eerst met behulp van een pomp of vijzel op een hoger niveau gebracht dan het peil van het buitenwater. Deze typen vispassages zijn sterk soortgericht (vanwege de afmetingen, structuren en/of intervallen) en minder ideaal voor vrij afwaterende gebieden. De richtingwijzer prefereert daarom een benadering die zich richt op aangepast beheer van de barrière. De oplossing met de grootste lokstroom heeft de voorkeur.

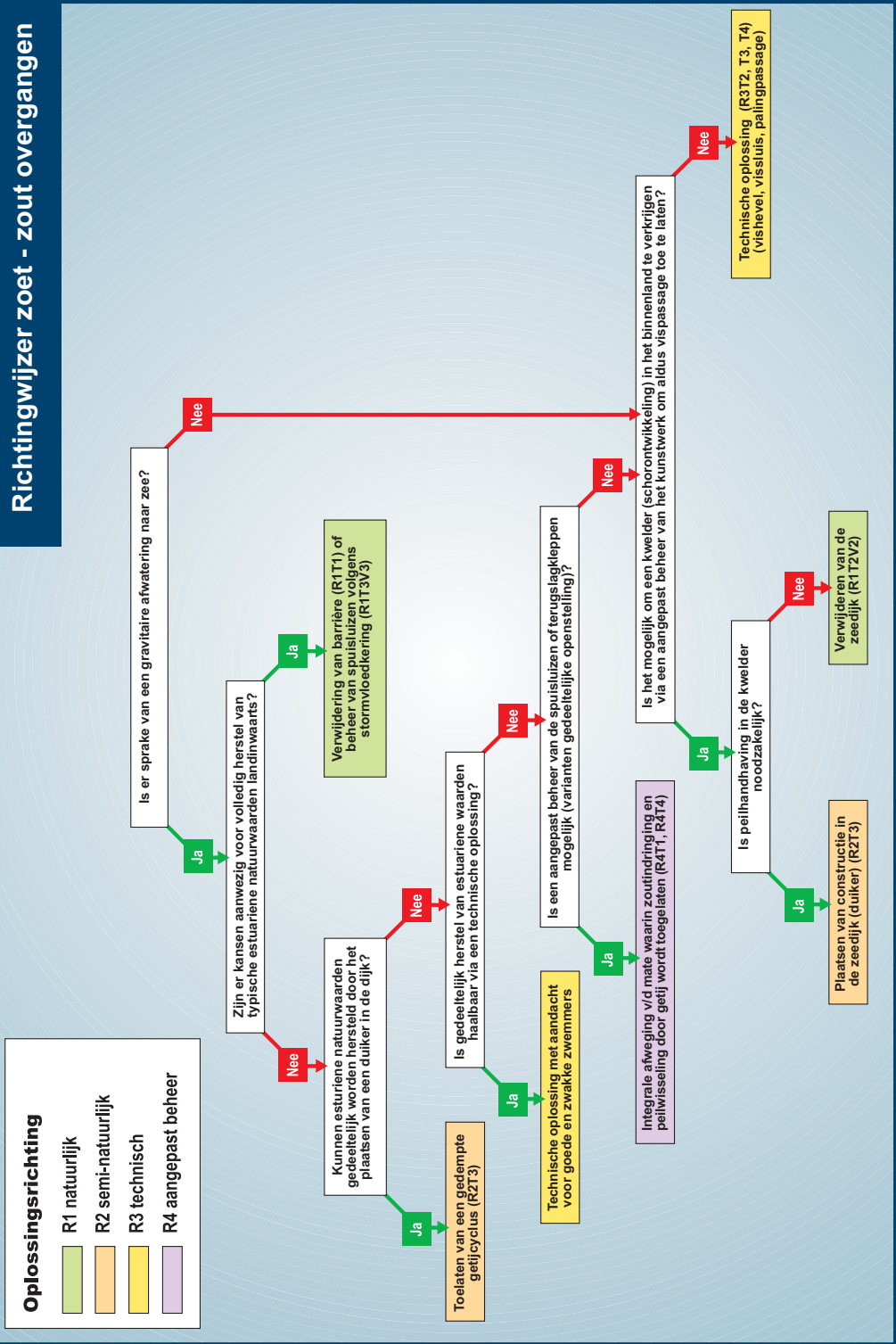
Aangepast beheer (R4)

In situaties waarbij de lozing onder vrij verval plaatsvindt, kan de vismigratie worden hersteld door een aangepast beheer van de constructie. Bij het huidige beheer van spuisluzen wordt alleen geloosd als het buitenwaterpeil veel lager is (circa 50 cm) dan het binnenwaterpeil. De stroomsnelheden zijn dan voor de meeste vissoorten te hoog zijn om passage toe te laten. De intrek wordt voorts beperkt door de korte periode dat de spuisluzen open staan.

In Nederland is geëxperimenteerd met een aangepast sluis-beheer. Het blijkt dat de visintrek kan worden bevorderd door de spuisluzen te openen bij geringe peilverschillen tussen binnen- en buitenwater (bij eb). Het water wordt over een langere periode en met een geringere stroomsnelheid geloosd waardoor een stroomopwaartse migratie mogelijk is. Hoe lager de stroomsnelheden, hoe meer vissoorten (zelfs juveniele stadia) kunnen intrekken. Voorzieningen langs de wanden of de bodem die de stroomsnelheid verder afzwakken, bevorderen de passage. De voorkeur gaat uit naar een beheer waarbij in zekere mate de estuariene natuurwaarden worden hersteld. Hiertoe moeten ook bij vloed de deuren van de spuisluzen enige tijd of continu open staan. Let er wel op dat de verandering van de getijdenslag, de zoutindringing en de stroomsnelheden de morfologie van het gebied kunnen wijzigen. Hoe groter de sluisopening en de spui frequentie, hoe beter het herstel van de estuariene gradiënten en daarmee de intrek mogelijkheden voor diadrome vissoorten. Het geheel openen van de spuisluzen (stormvloedkering) blijft hier buiten beschouwing aangezien dit een maatregel is waarbij de migratiebarrière wordt weggenomen. Niet alleen spuisluzen, maar ook terugslagkleppen en schutsluizen kunnen bij een aanpassing van het beheer vismigratie mogelijk maken. Zo kan men loos schutten (dus zonder schepen), waarbij het openzetten van de kleppen en sluzen het beste kan gebeuren als de peilstanden voor en achter de sluis ongeveer gelijk zijn. Deze oplossingsrichting komt op de laatste plaats omdat de intrek slechts mogelijk is in tijdsintervallen.

Ook bij bemalen gebieden is lozing soms mogelijk onder een vrij verval. De gemalen beschikken vaak over een spui koker. Afhankelijk van de mate waarin vrije lozing plaatsvindt, is ook hier een aangepast beheer van de spui koker of het gemaal mogelijk. De richtingwijzer bij het herstel van vismigratie op de zoet-zoutovergangen doorloopt een aantal stappen, schematisch weergegeven in figuur 1.1.

Richtingwijzer zoet - zout overgangen



Figuur 1.1: richtingwijzer zoet-zoutovergangen

Richtingwijzer voor stromende wateren

De aanpak van het vismigratieherstel in stromende wateren (hellende gebieden) is mogelijk op vier ambitieniveaus. In het beste geval wordt het herstel van vismigratie gerealiseerd in een ruimer beekherstelproject. In het minst gunstige geval gaat het alleen om een herstel van de migratie in de lengterichting. In volgorde van afnemende prioriteit kunnen de volgende, algemene groepen van oplossingsrichtingen worden voorgesteld.

Herstel van de natuurlijke situatie (R1)

Het herstel van de vismigratie en de natuurlijke dynamiek is het beste gediend bij een verwijdering van de barrière. Bij geringe vervallen gaat deze ingreep niet gepaard met een bijkomende inrichting. Bij grotere vervallen is een hermeandering van de waterloop - het opnieuw laten kronkelen van de beek - een noodzaak. Het verval vangt daarbij de peilsprong van de stuw via een natuurlijke wijze op. Het heeft de voorkeur om alle knelpunten in de waterloop integraal aan te pakken. Als dat niet mogelijk is, kan elk knelpunt afzonderlijk worden opgelost. Er kunnen omstandigheden zijn (zoals het omliggende grondgebruik), waardoor het niet mogelijk is om de waterloop weer zijn natuurlijk verval te geven. In die gevallen wordt voorgesteld om de hermeandering te combineren met een verruwing van de rivier- of beekbodem of desnoods een semi natuurlijke visdoorgang.

Het verwijderen van sifons en duikers is dikwijls geen optie. In sommige gevallen kunnen grotere duikers wel worden opengemaakt. In het verleden werden veel waterlopen ingebuisd om vervuild water aan het oog te onttrekken. Dankzij de algemene verbetering van de waterkwaliteit is dat niet meer nodig, waardoor er ruimte komt voor een herstel van de natuurlijke dynamiek. Kleinere kokers, die dikwijls een gering verval veroorzaken, kunnen worden vervangen door een brug of een betonnen plaat. Ingrepen in de waterloop zelf kunnen dan achterwege blijven, zodat die zijn natuurlijke structuur behoudt.

Semi-natuurlijke oplossingen (R2)

In situaties waar een behoefte bestaat aan een aanvullend peilbeheer of waar aan bepaalde randvoorwaarden niet kan worden voldaan, is het te overwegen om peilverschillen te overbruggen middels een lange, meanderende nevengeul. Een nevengeul is een natuurlijke loop die aftakt van de hoofdloop stroomopwaarts van een barrière en die weer samenvloeit met de hoofdloop stroomafwaarts van een barrière. Bij het ontwerp van de nevengeul wordt geprobeerd om in de mate van het mogelijke de helling, morfologie en de hydraulische karakteristieken van een natuurlijke beek na te bootsen en wordt het verval bij voorkeur zonder drempels overbrugd. De stroomsnelheid in

de nevengeul is afhankelijk van de typologie van de beek en van de beschikbare ruimte. Indien de ruimte beperkt is, kan de nevengeul worden vervuld met wortelstronken, boomstammen, stenen of aanplantingen. Ook bij deze oplossingsrichting ligt het accent op het herstel van het dynamische karakter van de waterloop. Naast hun functie als visdoorgang kunnen deze nevengeulen ook dienst doen als paai- en opgroeiplaats of (tijdelijke) verblijfplaats voor stroomminnende vissoorten. Indien volledig herstel van de natuurlijke situatie niet mogelijk is, maar het wel mogelijk is om een nevengeul in te richten op de plaats waar vroeger de oude bedding lag, krijgt deze oplossing de voorkeur. Deze optie komt het dichtst in de buurt van het herstel van de natuurlijke situatie.

Nevengeulen zijn goede oplossingen ter hoogte van historisch waardevolle watermolens. Hier kan immers omwille van de historische waarde geen beroep worden gedaan op de eerste oplossingsrichting. Als de waterloop destijds voor de watermolen is verlegd, kan ook hier het beste gebruik worden gemaakt van de oude bedding van de waterloop. Op een aantal plaatsen is het zelfs mogelijk om de oude bedding te gebruiken en hiermee een aantal molens in één keer te omzeilen. Belangrijk is een goede debietverdeling te realiseren die een permanente visdoorgang waarborgt.

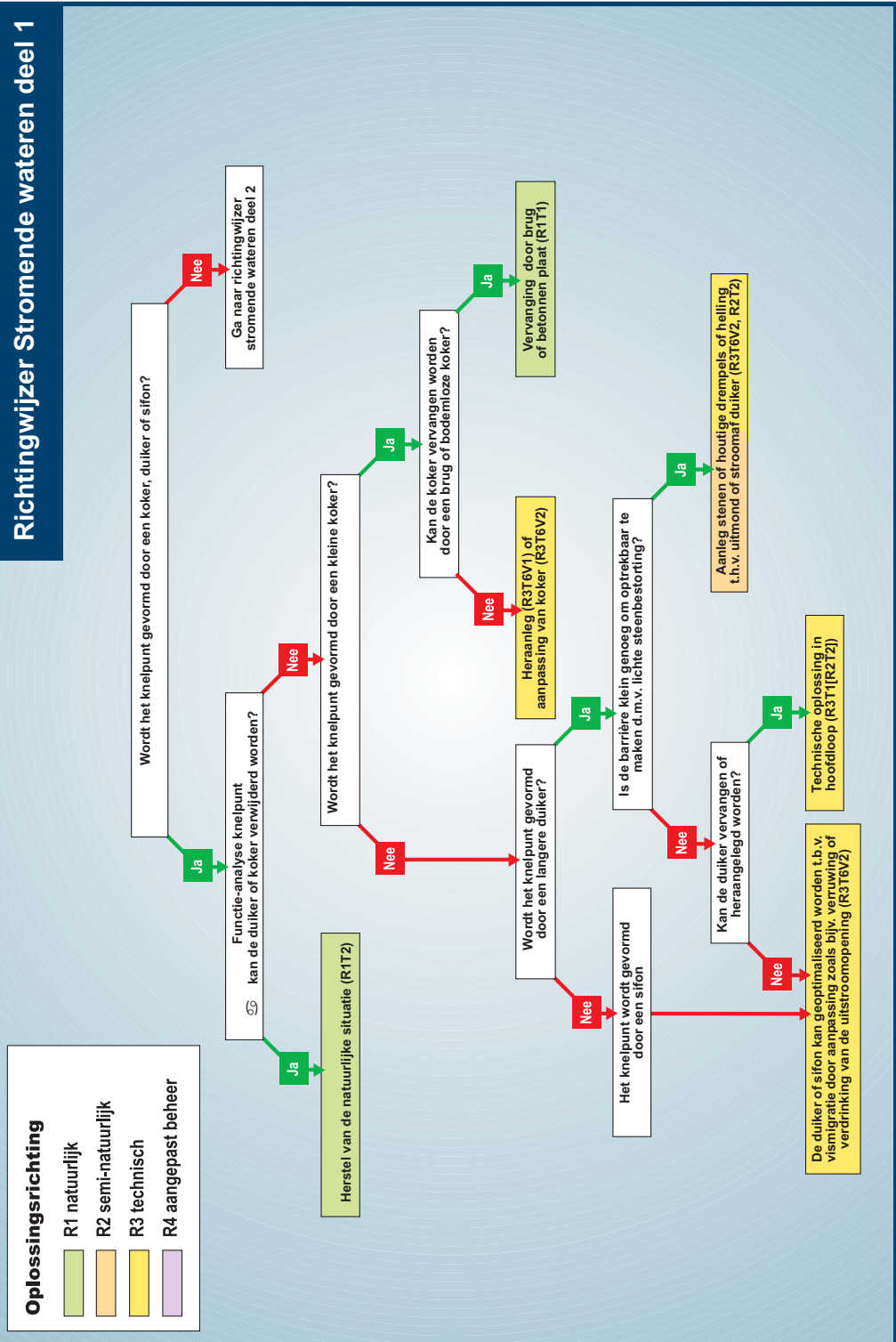
Ook de stenen of houtige visdoorgangen worden gerekend tot de semi-natuurlijke oplossingen. Hierbij bestaat de visdoorgang uit riffles en pools, stenen of houtige drempels of een helling met stenen.

Technische oplossingen (R3)

Als de aanleg van een nevengeul niet mogelijk is vanwege ruimtegebrek of andere omstandigheden, kan worden overgegaan tot de aanleg van een bekkenpassage. Deze passages kunnen worden aangelegd als een korte bypass langs de constructie of over de volle breedte van de hoofdloop. Bedacht moet worden dat een bekkentrap de nadelige compartimentering van verstuwingen niet volledig oplost en meestal ook geen leefomgeving biedt aan de aanwezige levensgemeenschappen. Alleen stenen visdoorgangen kunnen op een beperkte manier een leefomgeving bieden aan stroomminnende soorten. Deze oplossingen zijn dus voornamelijk migratiebevorderend, zodat daarnaast ook aandacht moet worden geschonken aan de aanwezigheid van een geschikte leefomgeving.

(Her)aanleg of aanpassen van kokers, duikers en sifons is een volledig andere discipline. Desondanks kan bij de aanleg van deze constructies al in de ontwerpfase rekening worden gehouden met vismigratie. Een duiker kan zodanig worden

Richtingwijzer Stromende wateren deel 1



Figuur 1.2: richtingwijzer stromende wateren deel 1

aangelegd dat migratie langs de oever mogelijk wordt voor semi-aquatische of terrestrische organismen. De voorkeur gaat uit naar een bodemloze duiker of brug. Als dit niet mogelijk is, kan men beter een elliptische dan een ronde vorm kiezen. Bij het opnieuw aanleggen van duikers en kokers kan de beekbodem het beste doorlopen, of de duiker worden ingebed in het substraat. Eventueel kan de natuurlijke situatie worden nagebootst voor wat betreft het substraat en de stroomcondities (stroomopwaarts en -afwaarts). De duikers hebben in dat geval dezelfde helling als de waterloop en aldus dezelfde sedimentkarakteristieken, waardoor migrerende vissen tijdens de passage geen veranderingen en stress ondervinden. Eventueel kan de koker aan de stroomopwaartse zijde iets dieper worden gelegd dan aan de stroomafwaartse zijde (dus in tegenhelling) om de vispassage te vergemakkelijken. Dit is toepasbaar bij redelijk steile hellingen (>4%, <8%). De helling van de koker wordt dan (in het beste geval 1,5%) minder steil dan de waterloophelling. In vlakke gebieden kan zonnig worden gekozen voor een niet-ingebedde (platte) koker. De helling van de koker mag in dit geval niet groter zijn dan 0,5%. In principe is deze oplossing makkelijk toepasbaar bij een waterloophelling die kleiner is dan 2,5%.

Als een heraanleg niet mogelijk is, kan men overwegen de duiker of sifon aan te passen of de bodem ervan te verruwen. Bij een verval kan een vishelling (of bekkentrap) worden ingericht. Wellicht is het mogelijk om de kokers in een soort permanente poel te laten uitmonden (dus lager dan de stroomafwaarts gelegen stroombedding) waardoor een extra leefomgeving ontstaat. De diepere poelen kunnen dan als rustplaats fungeren. Indien de helling van de duikers meer dan 0,5% bedraagt, kan de stroomsnelheid worden verlaagd door de duikers te voorzien van schotten of (stenen) drempels.

Aangepast beheer (R4)

Sommige migratiebarrières kunnen niet permanent worden opgeheven. Toch zijn knelpunten zoals stuwen of terugslagkleppen dankzij een aangepast beheer zonder ingrepen weer geschikt te maken voor vismigratie. Een voorbeeld is het openen van stuwen tijdens perioden dat de peilstanden voor en achter de stuw ongeveer even hoog zijn (bij hoge afvoeren). Ook het openzetten van terugslagkleppen in afwateringsloten tijdens een lage afvoer is een mogelijkheid om bepaalde vissoorten te helpen hun voortplantingsplaatsen in ondiep water te bereiken. Bedacht moet worden dat de effectiviteit van dit type oplossing sterk afhankelijk is van het menselijk handelen en de lokale situatie. Als geen zekerheid bestaat dat de voorgestelde maatregelen correct worden uitgevoerd, is deze oplossingsrichting geen optie. Een aangepast beheer krijgt de laagste prioriteit omdat

hiermee de vismigratie niet permanent kan worden gewaarborgd. Het is bijgevolg een lapmiddel dat in het beste geval slechts paaimigratie toelaat. De richtingwijzers doorlopen een aantal stappen, schematisch weergegeven in de figuren 1.2, 1.3 en 1.4

Richtingwijzer voor wateren in vlakke gebieden

Het herstel van vismigratie tussen boezems en polders richt zich niet zozeer op longitudinale migratie (zoals stromende wateren en zoet-zoutovergangen) maar op laterale migratie. Oorspronkelijk hadden de boezemwateren een aanzienlijke dynamiek waarbij de aangrenzende gebieden van de winter- tot de voorjaarsperiode onderliepen. Deze dynamiek is verloren gegaan door ophoging van kaden en dijken, inpoldering en waterpeilbeheer. Mede daardoor zijn de oorspronkelijke overstromingsgebieden ingeklonken. De mate van inklinking en de huidige ruimteclaim bepalen in belangrijke mate de herstelmogelijkheden.

De richtingwijzer onderscheidt daarbij drie verschillende categorieën:

- Polderwateren met een hoger peil dan de boezemwateren. Dit zijn met name poldergebieden op de hogere zandgronden. Ook ingepolderde gebieden langs de kustlijn liggen vaak hoger door de historische opslibbing van sediment vanuit de zee. De hoger gelegen poldergebieden kunnen onder vrij verval afwateren op de boezem.
- Polderwateren met een nagenoeg gelijk peil als de boezemwateren. Hier gaat het meestal om poldergebieden die extensief in beheer zijn, waardoor inklinking niet of nauwelijks heeft plaatsgevonden. De afwatering gebeurt bij een vrij verval (door het langer vasthouden van water) of door bemaling.
- Polderwateren met een veel lager peil dan de boezemwateren. Intensief gebruik van deze gebieden (voor landbouw) maakt een regelmatige bemaling noodzakelijk. De bemaling leidde tot inklinking van het maaiveld waardoor het waterpeil zakte. In het meest extreme geval kan het peilverschil oplopen tot enkele meters (bij drooggemalen meren en plassen). De afwatering gebeurt altijd door middel van bemaling.

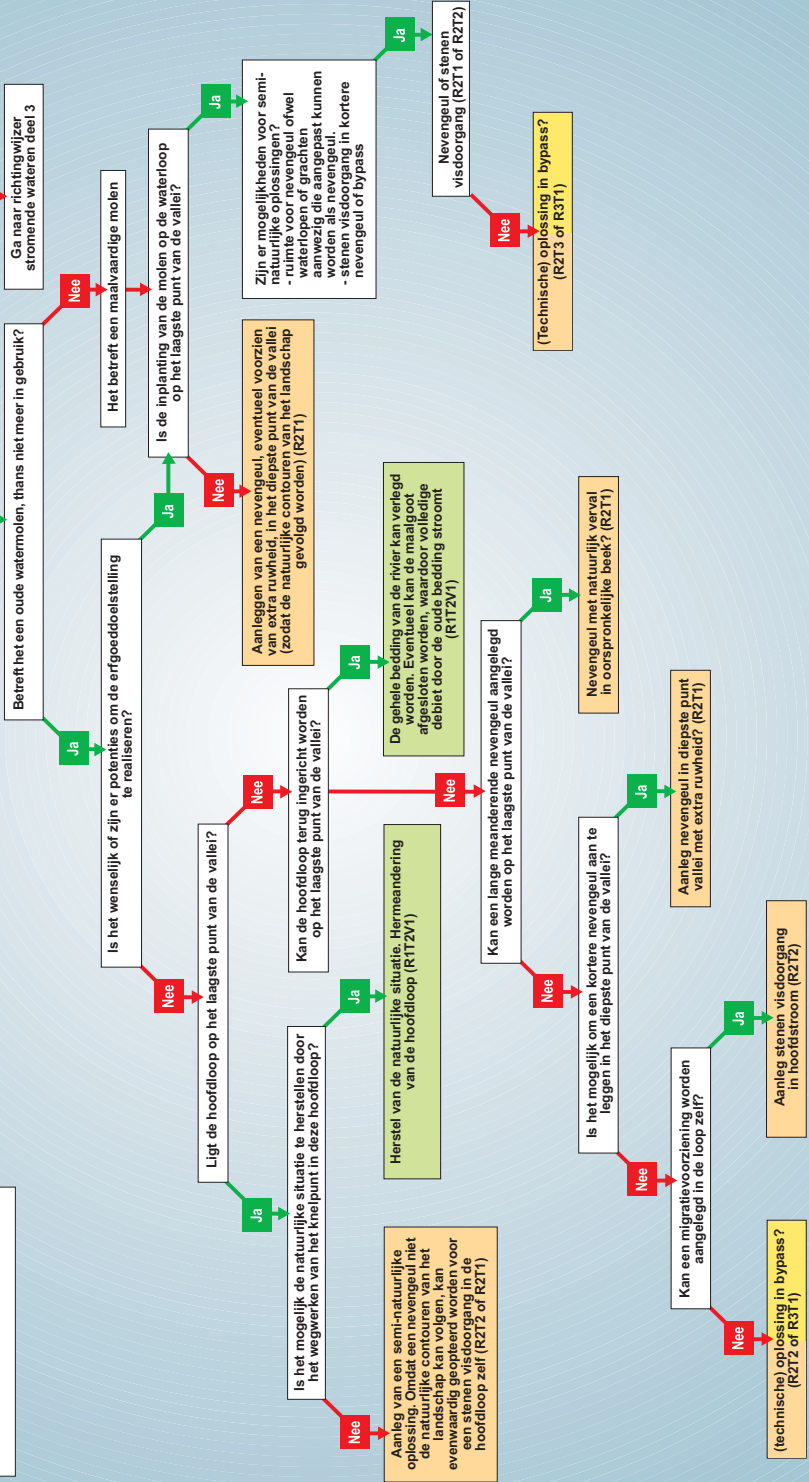
Herstel van de natuurlijke situatie (R1)

De meest natuurlijke oplossing voor het herstel van de vismigratie in vlakke gebieden is de aanleg van een open verbinding tussen boezem- en aangrenzende polderwateren en het weer toestaan van inundaties in de polder. Hiertoe moet de kade (of een andere barrière) worden verwijderd of verlegd, waarbij de (natuurlijke) seizoensgebonden peildynamiek van de boezemwateren wordt teruggebracht. Deze oplossing is het meest kansrijk als de polder achter de kade

Richtingwijzer Stromende wateren deel 2

Oplossingsrichting

- R1 natuurlijk
- R2 semi-natuurlijk
- R3 technisch
- R4 aangepast beheer

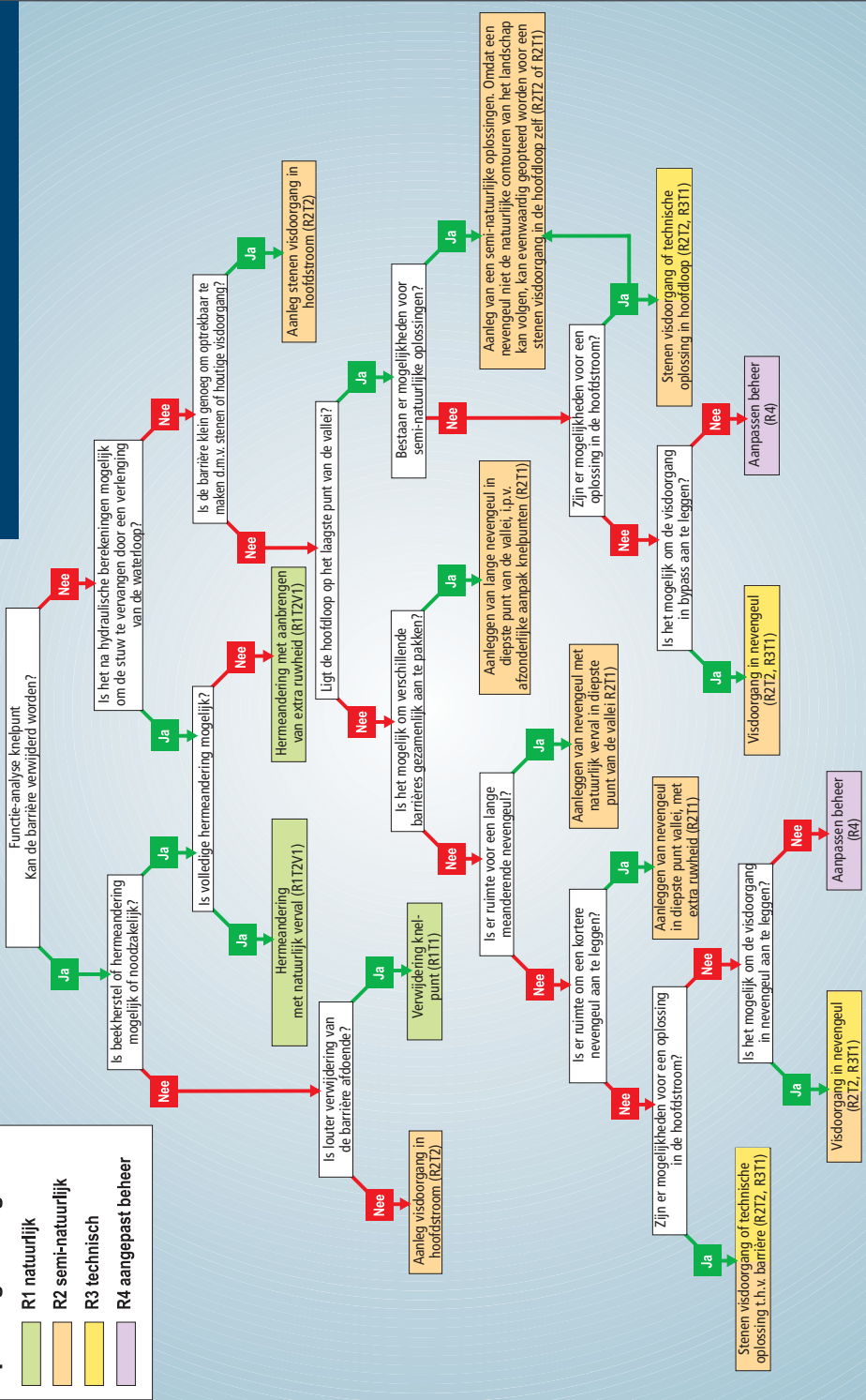


Figuur 1.3: richtingwijzer stromende wateren deel 2

Richtingwijzer stromende wateren deel 3

Oplossingsrichting

- R1 natuurlijk
- R2 semi-natuurlijk
- R3 technisch
- R4 aangepast beheer



Figuur 1.4: richtingwijzer stromende wateren deel 3

hoger ligt dan de boezem. Bij hoge boezemwaterstanden zal de polder onderlopen, bij voorkeur tot een waterdiepte van circa 50 cm (of een gemiddeld waterdiepte van 30 cm) vanaf de winter tot eind mei. De polder watert onder vrij verval af op de boezem via sloten, greppels of poelen. In de zomerperiode is extensief gebruik van het grasland mogelijk voor bijvoorbeeld beweiding of als hooiland. Dikwijls is het niet mogelijk om in de boezemwateren een grote mate van peildynamiek toe te staan als gevolg van bestaande infrastructuur (bruggen, wegen, bebouwing en industrie). Bij nieuw te graven boezems moet rekening worden gehouden met de mogelijkheden voor een flexibel peilbeheer en inundaties van aangrenzende gebieden. Als de boezem hoger ligt dan de polder, zal het herstel van de natuurlijke dynamiek leiden tot een permanente inundatie van de polders. In dit geval zal een vast peil voor de boezemwateren worden nagestreefd waarbij enkel in de polder een flexibel peilbeheer mogelijk is. Ook in poldergebieden worden veelal duikers en kokers aangetroffen die een significant verval kunnen veroorzaken. Het aanleggen van een brug of een betonnen plaat kan ook hier uitkomst bieden. Eventueel kan het natuurlijk bodemsubstraat worden nagebootst. Een duiker kan zodanig worden aangelegd dat migratie langs de oever mogelijk wordt voor semi-aquatische of terrestrische organismen. In sommige gevallen is het mogelijk om inbuizingen weer open te maken.

Semi-natuurlijke oplossing (R2)

De handhaving van een vast peil voor boezemwateren betekent dat een hoger gelegen polder niet op natuurlijke wijze kan onderlopen. De polder moet in dat geval kunstmatig worden geïnundeerd waarbij het water voor een langere periode moet worden vastgehouden. Het peil in de polder kan worden verhoogd door water op te pompen met bijvoorbeeld een windgemaal; bij voorkeur tot een niveau dat sprake is van een vrije afwatering op de boezem. Het is ook mogelijk om water langer vast te houden vanaf de winterperiode tot en met het voorjaar. De berging van dit water belet de verwijdering van kades of andere migratiebarrières, maar een geleidelijke afwatering naar de boezem is wel denkbaar. Waterzuinige vispassages (zoals de 'De Wit'-vispassage) kunnen de optrek van vis richting polder mogelijk maken. De verwijdering van migratiebarrières en het herstel van de natuurlijke dynamiek in het boezempeil zal polders met een nagenoeg gelijk waterpeil langdurig onder water laten staan. Dit leidt vooral tot areaalvergroting van de boezem.

Poldergebieden hebben over het algemeen een lager waterpeil dan de boezem. Een daling van het maaiveld is vaak het gevolg van ontwatering. Een verwijdering van kades kan leiden tot een permanente overstroming van de betreffende

polder. Meestal is echter slechts een tijdelijke waterberging gewenst of mogelijk. Het ligt daarom meer voor de hand om kades te handhaven. In de zomer kan het gebied dan worden droog gelegd met het oog op bijvoorbeeld zomerbeweiding of maaibeheer. Als dit gebeurt in combinatie met een vergroting van het waterbergend vermogen van de boezem (noodbergingsgebieden), is het wenselijk dat het water in het voorjaar gedurende een langere periode wordt vastgehouden. Samenvattend: een semi-natuurlijke oplossing in poldergebieden behelst vooral een aangepast beheer en een tijdelijke waterberging. Bij een flexibel peilbeheer ontstaan mogelijk kunstmatige vloedmoerassen.

Technische oplossing (R3)

In de meeste gevallen is een migratievoorziening langs het gemaal noodzakelijk om de polder met de boezem te verbinden. Problematisch daarbij is dat de paaitrek (driedoornige stekelbaars, snoek) en opgroetrek (glasaal) van nature in stroomopwaartse richting plaatsvindt. Dit impliceert dat op kunstmatige wijze een lokstroom moet worden gegenereerd aangezien het waterpeil van de boezem meestal hoger ligt. Voor deze situatie bestaat nog geen voorziening die voor een groot scala aan vissoorten passeerbaar is. Eén van de eerste visdoorgangen voor overgangen van boezem naar polderwateren was een constructie, waarbij vissen letterlijk over een dijk worden geheveld. Een hevelvispassage is echter relatief soortspecifiek en voornamelijk succesvol bij kleine vissen zoals driedoornige stekelbaarzen en (glas)aal. Een soortgelijke constructie is toegepast voor een palinggoot bij de Zanderijsluis. Voor de passage van grotere vissoorten (snoek, blankvoorn) zijn deze voorzieningen veelal niet afdoende en kan een vissluis mogelijk beter voldoen. Een vissluis heeft relatief grote kamers en verplaatst daarom veel water. Het nadeel hiervan is het grotere waterverlies van de polder. In polder Breebaart is een vijzelvispassage in gebruik genomen die mogelijk algemeen toepasbaar is voor poldergebieden. De vijzel maalt het water terug naar een bassin van de vissluis, die weer een lokstroom in de boezem veroorzaakt. In het bassin verzamelt zich vis die als het ware wordt doorgesluisd van de boezem richting polder. De vijzel pompt voortdurend water rond en verzorgt daarmee een meer continue lokstroom. Ook faciliteert de vijzel de stroomafwaartse vismigratie.

Indien het polderwater een hoger peil heeft dan het boezemwater, dan is de sanering van de migratiebarrière vergelijkbaar met die bij beken. Hetzelfde geldt voor het herstel van de migratie van laag naar hoger gelegen peilvakken binnen de polder. De meeste watergangen in vlakke gebieden beschikken echter niet over het benodigde continue debiet om vispassages te laten functioneren. De

keuze valt daarom op een bekkenpassage met een zeer geringe watervoering. In Nederland en Vlaanderen wordt een bekkenpassage ingezet die beschikt over kleine onderwateropeningen in de tussenschotten of drempels; de zogeheten De Wit vispassage. Indien enkel (glas)aal de doelsoort is, kan een aalgoot/palingpassage volstaan. Bij droogmakerijen is de technische haalbaarheid van vismigratie beperkt vanwege de grote peilverschillen (tot enkele meters). Een mogelijkheid om dit peilverschil te verkleinen, is het aanleggen van een tussenboezem. In de praktijk zijn hiermee echter nog geen ervaringen opgedaan. Bij de aanleg van duikers en zeker sifons is men aangewezen op technische oplossingen ter bevordering van vismigratie. In het beste geval worden duikers en kokers ingebed in het substraat. In poldergebieden kan ook worden geopteerd voor een niet-ingebedde (platte) koker, op voorwaarde dat elk verval wordt vermeden. Het aanleggen van een vishelling ter hoogte van het verval is een andere mogelijkheid om een

passage te faciliteren. Wellicht is het zinvol om de kokers in een soort permanente poel te laten uitmonden. Het waterpeil kan kunstmatig worden verhoogd zodat het stroomafwaartse gedeelte van de duiker onder water komt te staan. De constructies mogen slechts worden geplaatst onder voorwaarde dat vis kan blijven migreren.

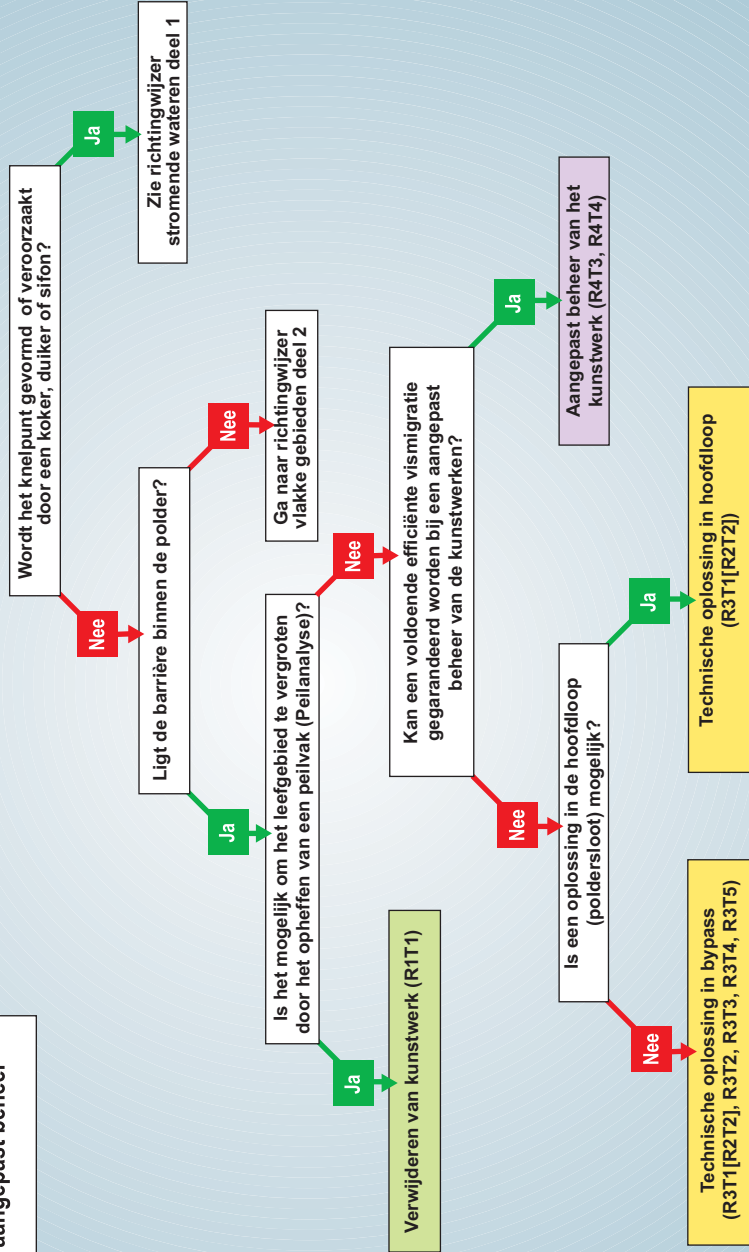
Aangepast beheer (R4)

Om het leefgebied voor vissen te vergroten, is het veelal noodzakelijk de verschillende peilgebieden in polders met elkaar te verbinden, rekening houdend met de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor de doelvissoorten. Een analyse van de aanwezige peilvakken kan inzicht geven in de mogelijkheden. Zo kunnen barrières permanent worden opgeheven of terugslagkleppen tijdelijk worden opengezet. Andere mogelijkheden zijn het (tijdelijk) strijken van stuwen en het verruimen of verwijderen van duikers in sloten en watergangen.

Richtingwijzer vlakke gebieden deel 1

Oplossingsrichting

- R1 natuurlijk
- R2 semi-natuurlijk
- R3 technisch
- R4 aangepast beheer

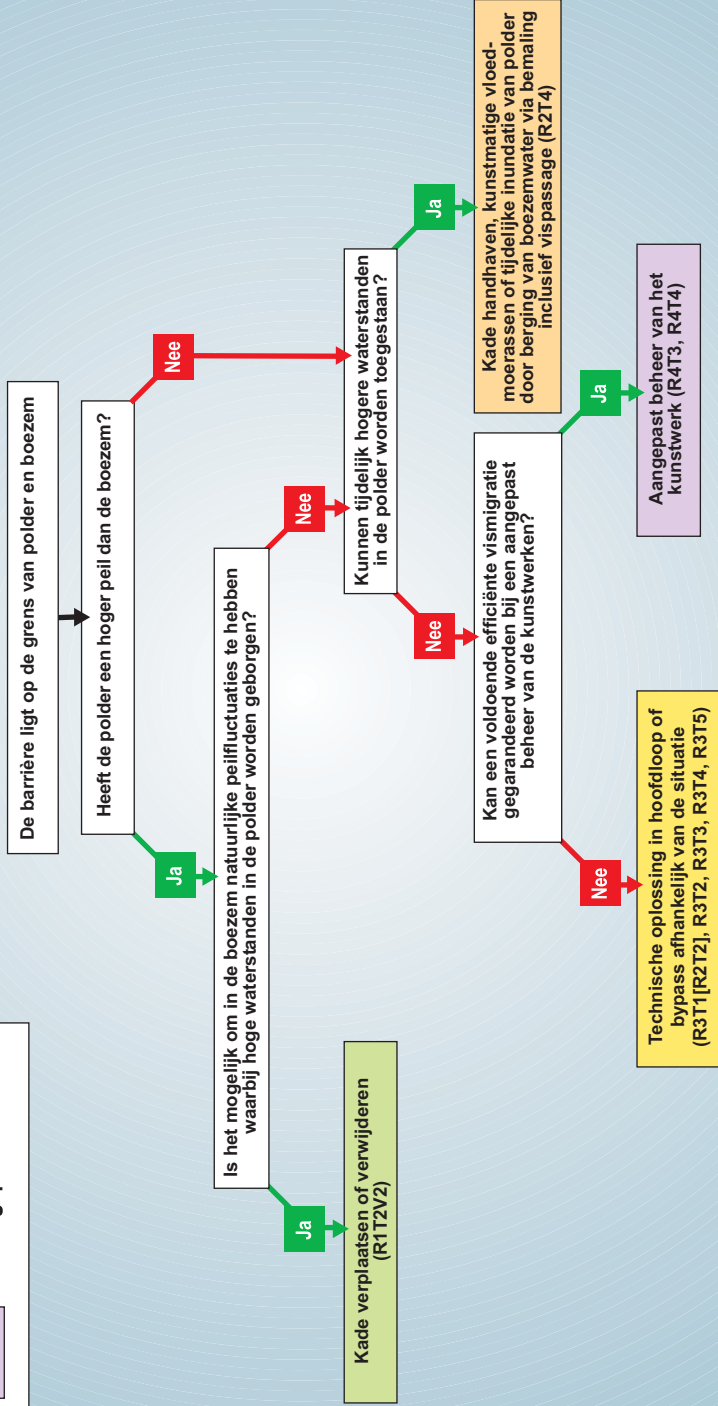


Figuur 1.5: richtingwijzer vlakke gebieden deel 1

Richtingwijzer Vlakke gebieden deel 2

Oplossingsrichting

- R1 natuurlijk
- R2 semi-natuurlijk
- R3 technisch
- R4 aangepast beheer



Figuur 1.6: richtingwijzer vlakke gebieden deel 2

Richtingwijzer voor bevaarbare waterlopen

Op bevaarbare waterlopen kunnen peilregulerende constructies (zoals sluisen) normaal gezien niet worden verwijderd. Daarvoor wegen de belangen van de scheepvaart te zwaar. Een volledig herstel van de natuurlijke dynamiek is dus meestal uitgesloten. Wel kunnen voor deze waterlopen maatregelen worden genomen die de leefomgeving verbeteren. Hierbij moet een onderscheid worden gemaakt tussen de verschillende typen sluisen:

- Enkelvoudige scheepvaartsluisen. Hierbij wordt de waterloop in zijn geheel versluisd.
- Stuw-sluiscomplex. Deze situatie doet zich veelal voor in kanalen of rivieren waarbij sprake is van een min of meer continue afwatering.
- Gemaal-sluiscomplex. Bij deze waterlopen wordt tevens bemalen om het gewenste peil te handhaven.

Op bevaarbare waterlopen is een natuurlijk herstel meestal niet mogelijk vanwege beperkingen die de scheepvaart oplegt, daarbij zijn veel waterlopen niet van natuurlijke oorsprong maar gegraven.

Semi-natuurlijke oplossing (R2)

De inrichting van de hoofdgeul wordt hoofdzakelijk bepaald door scheepvaartbelangen, met het gevolg dat het betreffende watersysteem over weinig structuur beschikt. Maatregelen die hierin verbetering kunnen brengen, zijn de inrichting van oevers en de aanleg van nevengeulen. Bovendien bevorderen nevengeulen de passeerbaarheid van constructies. De aanleg van een nevengeul is gebonden aan randvoorwaarden. Zo mag een nevengeul geen ongewenste overstromingsrisico's opleveren. Ook mag de bevaarbaarheid van de hoofdgeul niet in gevaar komen. Enkele aandachtspunten in dit verband zijn de aanzanding en/of erosie van de hoofdgeul, de afvoerdeling en waterstandsveranderingen. Een nevengeul is alleen zinvol als sprake is van een continue afvoer van het watersysteem. De aanleg van nevengeulen is daarom alleen mogelijk bij vrij afstromende waterlopen zoals (grote) rivieren en sommige kanalen. Op deze trajecten bevinden zich altijd stuw-sluiscomplexen. Een meestromende nevengeul dient zo dicht mogelijk uit te monden onder een stuw vanwege de lokkende werking ervan voor optrekkende vissen. Soms zal de nevengeul kunnen uitmonden direct benedenstreams van een waterkrachtcentrale. Dit vanwege de grote waterafvoer door de centrale en de aantrekkingskracht die deze stroom op vissen heeft. Een nevengeul voor een bevaarbare waterloop vraagt veel ruimte. Hierdoor zal deze optie niet overal haalbaar zijn. Aan de andere kant is het maken van een nevengeul een goede manier om voor een bevaarbare waterloop het gewenste ecologisch herstel te realiseren

Technische oplossingen (R3)

Als bij een stuw-sluiscomplex onvoldoende ruimte of water beschikbaar is voor een meestromende nevengeul, kan worden overgegaan op een technische oplossing. De keuze van het type vispassage als bypass langs een stuw volgt de aanpak van waterlopen in hellende gebieden. Bij ruimtegebrek rond een stuw is te overwegen om de vispassage te integreren in het complex, als hier de grootste lokkende werking vanuit gaat. Bij afwatering door bemaling moeten vissen van een hoger naar een lager gelegen peil migreren. De oplossingsrichtingen zijn vergelijkbaar met die bij overgangen van boezem naar polder, uitgaande van een lager polderpeil.

Aangepast beheer (R4)

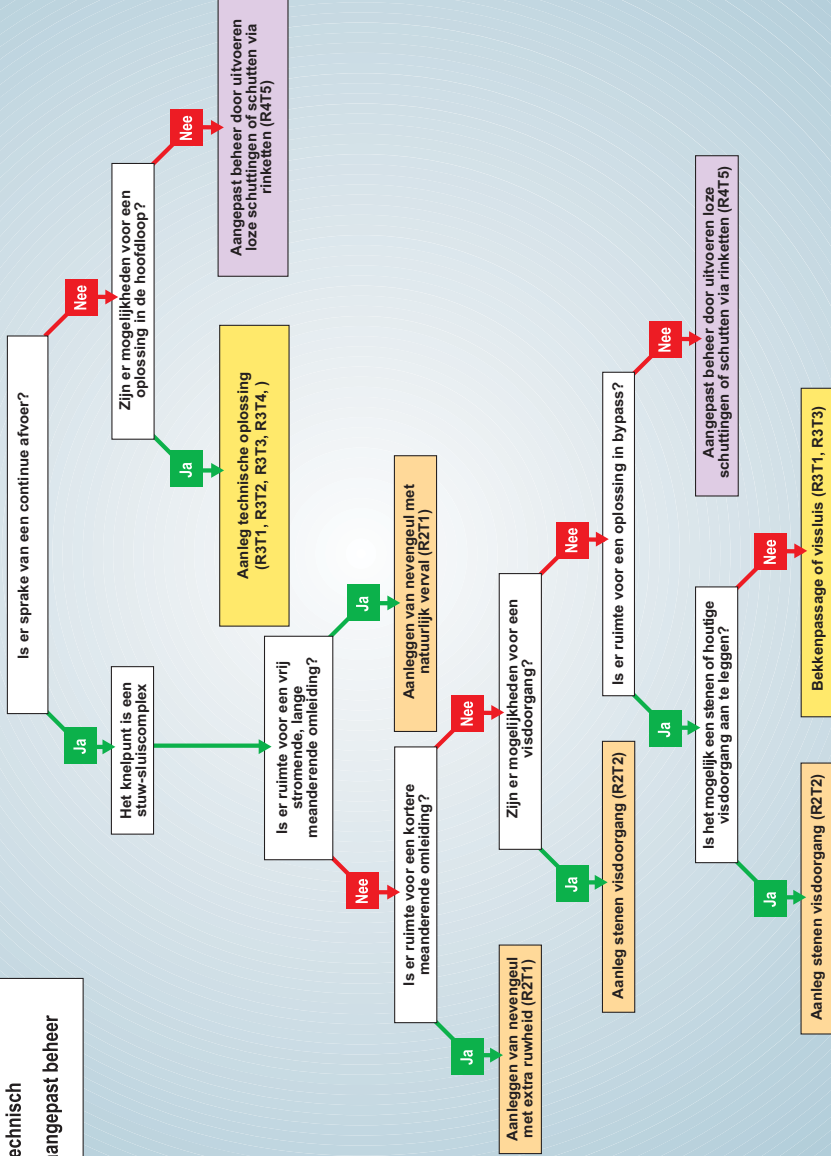
Als technische oplossingen voor het herstel van de vismigratie niet mogelijk zijn, dan kan een aangepast bedieningsregime uitkomst bieden. Het gaat er dan om, een voldoende grote lokstroom te realiseren in het stroomafwaartse kanaal van de sluis. Dit is mogelijk door de sluis te vullen terwijl de stroomafwaarts gelegen sluisdeur nog (gedeeltelijk) open staat. Als de sluis is volgelopen, is het van belang om een voldoende grote oppervlaktestroomsnelheid te behouden zodat de vissen hun trekdrang niet verliezen. Een aangepast sluisbeheer voor vismigratie heeft echter zijn beperkingen omdat zo'n beheer niet volledig strookt met de belangen van de scheepvaart. Wel zijn loze schuttingen mogelijk, waarbij voornamelijk 's-nachts een lokstroom vanuit de sluis kan worden gerealiseerd. Problematisch blijft dat een vispassage via schutsluisen alleen kan plaatsvinden met tijdsintervallen (de schutscyclus) en dus niet permanent van karakter is. Bij enkelvoudige scheepvaartsluisen is dit minder bezwaarlijk dan bij sluiscomplexen, vanwege een mogelijk concurrerende lokstroom.

Een andere methode om bij schutsluisen vismigratie te bewerkstelligen, is het aanbrengen van rinketten in de sluisdeuren. Met deze nivelleringsschuiven kan een voldoende grote lokstroom worden gegenereerd. Bij voorkeur wordt een dergelijk systeem geautomatiseerd. Bij de bouw van nieuwe sluisen of het herstel en de restauratie van oude sluisen voor de recreatievaart kunnen dergelijke voorzieningen direct worden aangebracht.

Richtingwijzer bevaarbare wateren

Oplossingsrichting

- R1 natuurlijk
- R2 semi-natuurlijk
- R3 technisch
- R4 aangepast beheer



Figuur 1.7: richtingwijzer bevaarbare waterlopen

Richting	Type	Variant	Toepassingsgebied				Typen en varianten		
			Stromende wateren	Vlakte gebieden	Bevaarbare wateren	Zoet-zout-overgangen	Type	Variant	
R1 Herstel natuurlijke situatie	R1T1	R1T1V1	X	X			Kleine herstelprojecten		
		R1T2	R1T2V1	X			Grotere herstelprojecten	Hermeandering van stromende wateren	
			R1T2V2		X			Inundatie van polders	
			R1T2V3			X		Herstel estuaria	
R2 Semi-natuurlijke doorgangen	R2T1		X		X		Nevengeul		
		R2T2	R2T2V1	X		X	Stenen of houtige visdoorgangen	Stroomversnelling (pool-riffle)	
			R2T2V2	X		X		Stenen helling (riprap; vishelling; rocky ramp)	
			R2T2V3	X		X		Stenen of houtige drempels (step-pool; cascade)	
		R2T3				X	Gedeeltelijk herstel van estuaria		
	R2T4			X		Tijdelijke inundatie/waterberging			
R3 Technische doorgangen	R3T1	R3T1V1	X	X	X	X	Bekkentrap	Bekkentrap met V-vormige overlaten	
			R3T1V2	X	X	X	X	Vertical slot-vispassage	
			R3T1V3	X	X	X	X	Combinatie V-vormige overlaten/vertical slot	
			R3T1V4	X	X	X	X	'De Wit'-vispassage	
		R3T2			X	X	X	Hevel-vispassage	
		R3T3			X	X	X	Vissluis	
		R3T4			X	X	X	Palingpassage/aalpassage	
		R3T5			X		X	Vijzel-vispassage	
	R3T6	R3T6V1	X	X			(Her)aanleg of aanpassing duikers en sifons	(Her)aanleg van duikers en sifons	
		R3T6V2	X	X				Aanpassing van duikers (en sifons)	
R4 Aangepast beheer	R4T1					X	Aangepast beheer spuisluisen		
		R4T2		X				Aangepast beheer gemalen	
		R4T3		X	X			Aangepast beheer middels onderlozende stuwen	
		R4T4		X	X		X	Aangepast beheer terugslagkleppen	
		R4T5	R4T5V1			X	X	Aangepast beheer schutsluisen	Via rinketten
			R4T5V2			X	X		Via loze schuttingen

Tabel 1.1: Overzicht van oplossingsrichtingen, typen en varianten

1.5. Keuze oplossingstype en -variant

← De naastliggende tabel geeft een overzicht van de oplossingstypen en -varianten die voor de verschillende toepassingsgebieden in aanmerking komen. Ook kan worden nagegaan of wellicht een alternatieve oplossing bestaat met een meer natuurlijk karakter. Deze extra controle is van belang omdat zo'n alternatief bij het (verkeerd) doorlopen van de richtingwijzer mogelijk over het hoofd wordt gezien. Voor de verschillende richtingen, typen en varianten worden hierna een omschrijving, de toepassingsgebieden, voor -en nadelen en een principeschets gegeven. Meer gedetailleerde en technische informatie over elk type wordt behandeld in deel 2: Ontwerp.

De aanpak richt zich daarbij op een herstel van de vismigratie en de leefomgeving. Daarbij kunnen ook andere doelstellingen worden nagestreefd, zoals een vertraagde waterafvoer, peilbeheersing en een landschappelijk herstel.

Typen en varianten

- R1T1 Kleine herstelprojecten
- R1T2 Grote herstelprojecten
- R1T2V1 hermeandering
- R1T2V2 inundatie van polders
- R1T2V3 herstel riviermondingen (estuaria)

R1 Herstel van de natuurlijke situatie

Omschrijving

De beste oplossing voor het herstel van de vismigratie is het verwijderen van barrières. Stuwen die weinig of geen nut hebben, kunnen worden verwijderd. Ook stuwen die een functie hebben in rechtgetrokken waterlopen kunnen vaak vervallen als wordt gekozen voor een natuurlijk verval. Hiervoor is dikwijls een mentaliteitsverandering nodig waarbij wordt afgestapt van het idee dat constructies een bestaansrecht in zichzelf hebben. Gelukkig neemt het ecologisch bewustzijn toe, maar dat is soms niet voldoende om overbodige constructies te verwijderen. Andere motieven zoals het voorkomen van hoge reparatie- of aanpassingskosten kunnen een saneringsbesluit bespoedigen. Op veel plaatsen echter is een volledig herstel van het watersysteem niet meer mogelijk. Het is dan zaak om de natuurlijke situatie zo dicht mogelijk te benaderen.

R1T1 Kleine herstelprojecten

Omschrijving

Constructies worden verwijderd en de waterloop wordt plaatselijk heringericht.

Toepassingsgebied

Stromende wateren en vlakke gebieden. De constructie wordt verwijderd omdat deze:

- slecht functioneert
- geen grote bijdrage levert aan de waterhuishouding
- geen functie (meer) heeft
- vervangen wordt door een andere constructie die slechts een zeer beperkte invloed heeft op het natuurlijk water-systeem.

Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
Een zeer natuurlijke oplossing met een grote landschappelijke meerwaarde.	Mogelijke droogval stroomopwaarts door verwijdering stuw.
Een grotere beschikbaarheid aan leefomgevingen, hogere aantallen vissen en een grotere diversiteit aan soorten.	Vrijkomen van (verontreinigde) sedimenten tijdens en na de werkzaamheden met als gevolg een slechtere waterkwaliteit (meestal van tijdelijke aard).
Betere migratie voor overige diersoorten (in het water en op de oevers.)	
Herstellen van de natuurlijke oevers.	
Infiltratie in de bodem mogelijk.	

R1T2 Grote herstelprojecten

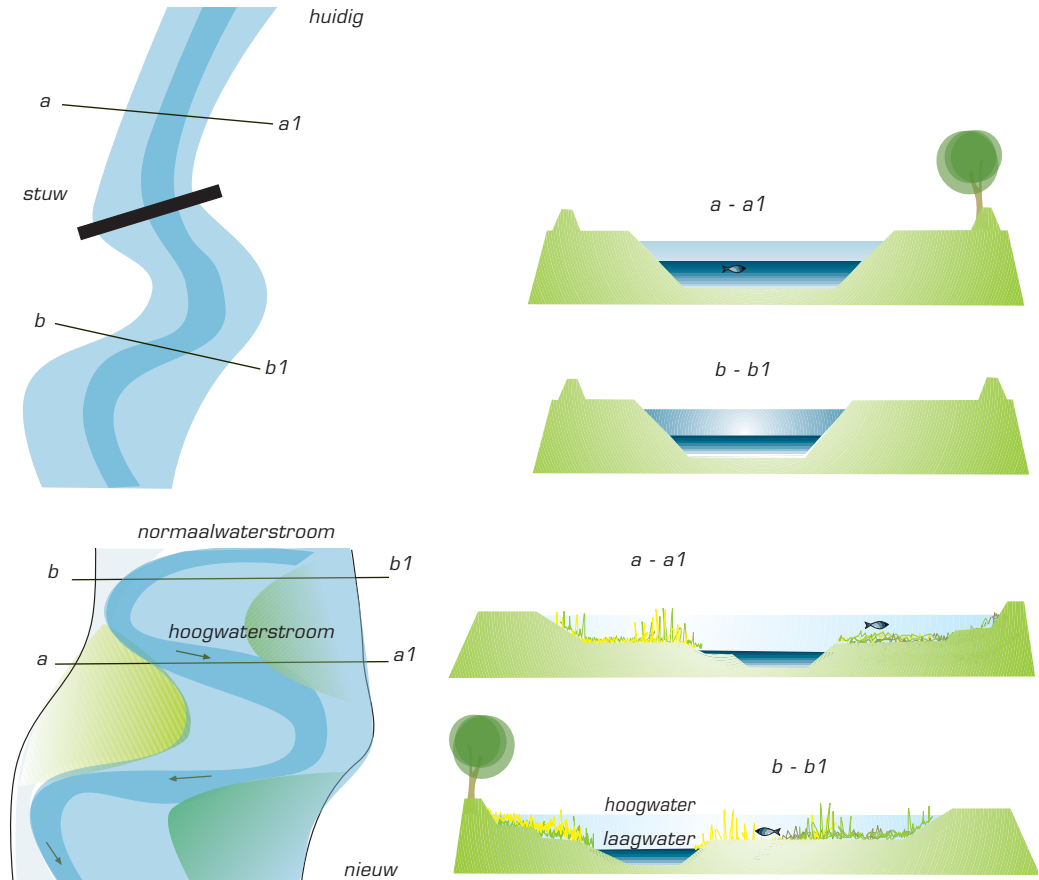
R1T2V1 Hermeanderen van stromende wateren

Omschrijving

Het verwijderen van stuwen met een groter verval resulteert in een toename van de stroomsnelheid en een daling van het bovenstroomse peil. Om versnelde leegloop van de beek te voorkomen, dient het verval over een grotere beeklengte te worden verdeeld. Door hermeandering verlengt het beektraject zodat het bodemverhang afneemt. Dit verlaagt de stroomsnelheid en verhoogt het bovenstroomse peil. Deze ingreep biedt de beste garantie voor het herstel van een evenwichtig rivier-ecosysteem.

Toepassingsgebied

Stromende wateren.

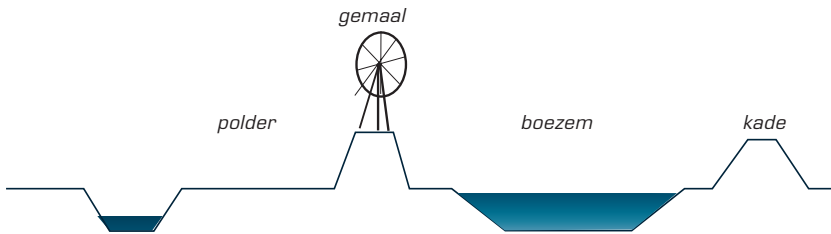
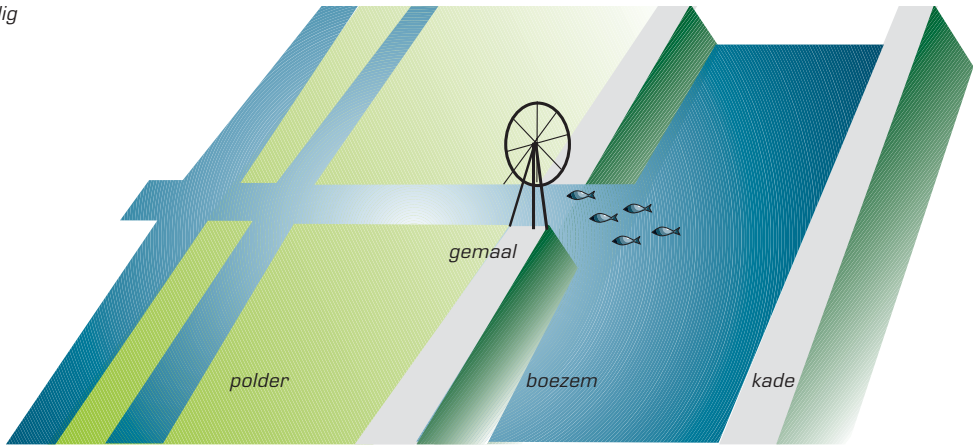


Figuur 1.8: principeschets van de situatie voor en na hermeandering. De meandering verhoogt de stromingsdynamiek waarbij de beek bij hoge afvoeren buiten haar oevers treedt.

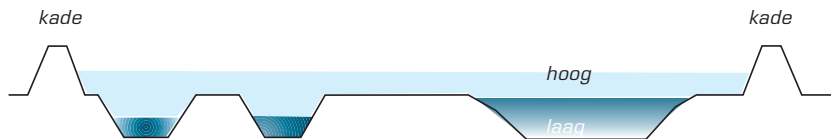
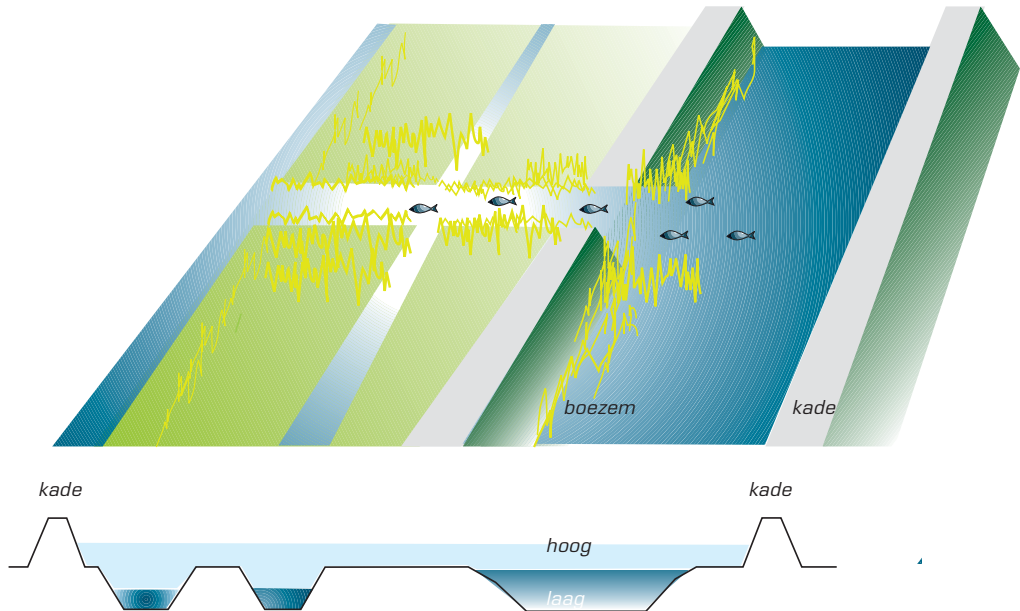
Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
Een stabiele waterloop die zich goed verdraagt met beperkende randvoorwaarden, zowel op stroom- als bekkenniveau.	Veel grondverzet en af te voeren grond. Mogelijk saneren van verontreinigde grond.
Een zeer natuurlijke oplossing die een grote landschappelijke meerwaarde heeft en tevens voor (stroomminnende) aquatische organismen de meest ideale oplossing is.	Een groot ruimtelijk beslag, ook met het oog op de natuurlijke uitbreiding van de meanders.
Naast vismigratie een grote verscheidenheid aan leefomgevingen. Erosie- en sedimentatieprocessen kunnen zich herstellen.	Mogelijke, tijdelijke verstoring van natuurgebieden door sedimenttransport. Een zandvang stroomafwaarts kan de negatieve effecten minimaliseren.
Mogelijkheden voor vertraagde waterafvoer en waterpeilbeheersing.	

huidig



nieuw



Figuur 1.9: principeschets van het inunderen van polder-gebieden. Veelal is de migratiebarrière tussen polder- en boezemwateren een gemaal. Het weer openstellen van de polders maakt deze niet alleen voor vissen optrekbaar, maar verschaft tevens een extra waterbergingsgebied.

R1T2V2 Inundatie van polders

Omschrijving

De meest natuurlijke oplossing voor het herstel van de vismigratie in vlakke gebieden is het realiseren van een open verbinding tussen boezem- en polderwateren en het weer toestaan dat polders onderlopen. Het verwijderen of verleggen van kades (of andere barrières) brengt de seizoensgebonden peildynamiek van de boezemwateren weer terug.

Toepassingsgebied

Vlakke gebieden (bij boezem-polderovergangen).

Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
Een volledig herstel van de leef- en paaijgebieden voor (vis)soorten.	Bij overstroming van akkerland kunnen meststoffen en bestrijdingsmiddelen in de waterloop terechtkomen.
Een bescherming in geval van nood (storm, uitzonderlijke vloed).	Groot ruimte gebruik.

R1T2V3 Herstel estuaria

Omschrijving

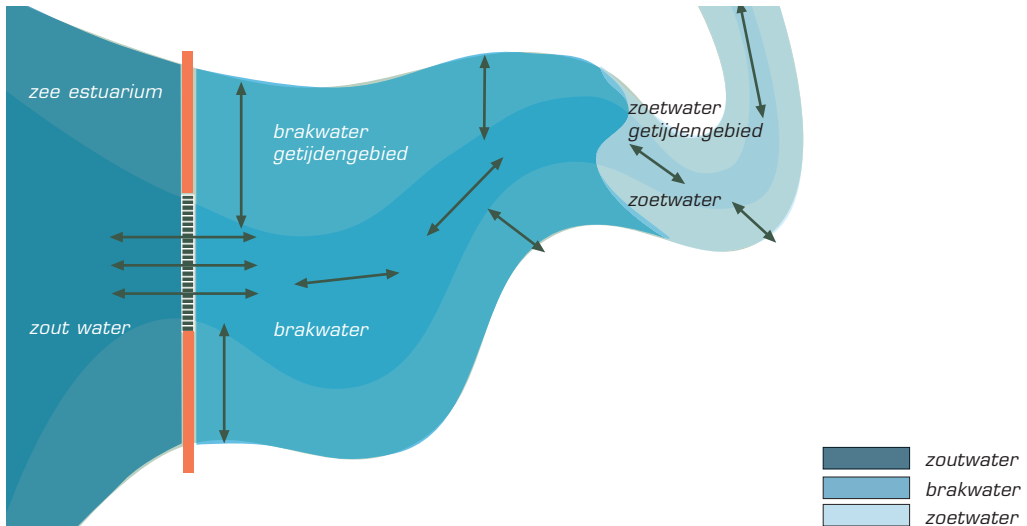
Het permanent openen van sluisdeuren (zoals bij een stormvloedkering) betekent het volledig opheffen van de barrière en het maximale herstel van de vismigratie. De belangrijkste gradiënten bij riviermondingen en intergetijdengebieden zijn:

1. De gradiënt van zoet naar zout water. Deze ontstaat door de menging van rivierwater en zeewater, zowel in de waterkolom als (in mindere mate) in de bodem. Deze gradiënt is zeer bepalend voor de aanwezigheid van fluviatiele en mariene organismen. In het intergetijdengebied ontstaat bovendien een gradiënt als gevolg van regenwater. Dit is vooral merkbaar in de hogere delen omdat daar de invloed van het regenwater groter is.
2. De gradiënt van hoog (en droog) naar laag (en nat), langs de oevers van de riviermonding. Deze gradiënt ontstaat door de getijdenbeweging en is van grote invloed op het planten- en dierenleven in dit gebied. Hiermee hangen ook andere aspecten samen, zoals de stikstofhuishouding in de bodem.
3. De gradiënt van rivier- naar zeersediment en van grof naar fijn materiaal op de bodem en langs de randen van de monding. Deze gradiënt is zeer bepalend voor het bodemleven en de daarvan afhankelijke vis- en vogelsoorten.

Daarnaast bestaan gradiënten in bijvoorbeeld temperatuur, zuurstof, licht en voedingsstoffen. Deze gradiënten manifesteren zich in een divers systeem met geulen, platen en slikken, kommen en lage gorzen, kwelders en een oeverzone. Het droogvallen van het intergetijdengebied bij laag water is van essentieel belang voor vogels en bodemfauna. Het intergetijdengebied is in areaal sterk afgenomen. Zo is het zoetwater-getijdengebied vrijwel verdwenen en bestaat het brakwater-getijdengebied alleen nog in de Dollard en de Schelde.

Toepassingsgebied

Zoet-zoutovergangen bij riviermondingen.



Figuur 1.10: principeschets van natuurlijke zoet-zoutovergangen. De gebieden kenmerken zich door een geleidelijke zoet-zoutovergang en getij gestuurde processen.

Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
Een volledig herstel van de natuurlijke situatie.	Zoutindringing landinwaarts.
Een bescherming in geval van nood (storm, uitzonderlijke vloed).	Enkel succesvol bij voldoende hoge waterkwaliteit in de rivieren.
Mogelijkheid tot berging van rivierwater.	

R2 Semi-natuurlijke doorgangen

Omschrijving

De aanleg van semi-natuurlijke visdoorgangen brengt niet het natuurlijk verval in de hoofdloop terug. Wel probeert men de natuurlijke karakteristieken van de waterloop te herstellen. Dit gebeurt door een diversiteit aan structuurkenmerken en stroomsnelheden aan te brengen. Daarbij wordt gebruik gemaakt van natuurlijke materialen. De vispassages waar het hier om gaat (nevengeulen en stenen of houtige visdoorgangen) kenmerken zich door diverse stromingspatronen en openingen. Hierdoor kunnen zowel zwemmende als kruipende waterdieren stroomopwaarts migreren. Bovendien hebben deze visdoorgangen ook een bijzondere waarde voor de leefomgeving van stroomminnende planten en dieren. De voornaamste kenmerken van een natuurlijke visdoorgang worden bepaald door de ruwheid, het dwarsprofiel en het verval van de waterloop.

Typen en varianten

- R2T1 Nevengeul
- R2T2 Stenen of houtige visdoorgangen
- R2T1V1 Stroomversnellingen (pool-riffle)
- R2T2V2 Stenen helling (riprap, vishelling, rocky ramp)
- R2T2V3 Stenen of houtige drempels (step-pool, cascade)
- R2T3 Gedeeltelijk herstel van estuaria
- R2T4 Tijdelijke inundatie/waterberging

R2T1 Nevengeul

Omschrijving

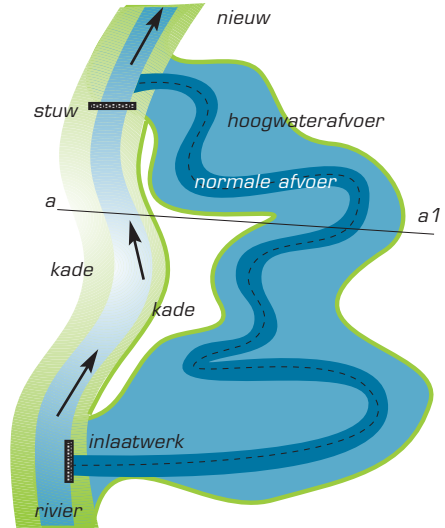
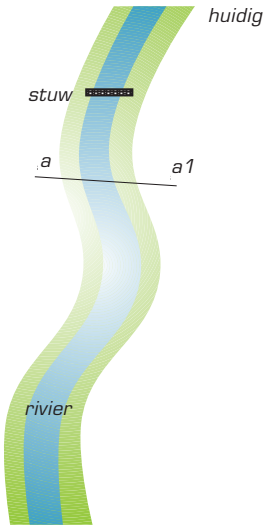
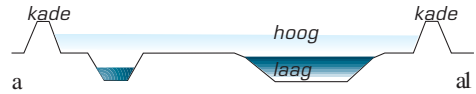
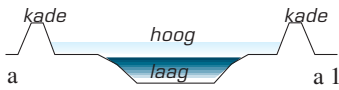
Een nevengeul als visdoorgang is een natuurlijke waterloop die aftakt van de hoofdloop stroomopwaarts van een barrière en weer samenvloeit met de hoofdloop stroomafwaarts van de barrière. Bij de aanleg van de nevengeul of omleiding wordt geprobeerd om zoveel mogelijk aan te sluiten bij de natuurlijke omgeving. Nevengeulen bevorderen niet alleen de vismigratie maar herstellen ook de stromingskarakteristiek van verstuwde beken. Soms is het mogelijk om verscheidene barrières met één nevengeul te omzeilen.

Toepassingsgebied

Bij stromende en bevaarbare wateren als:

- de barrière niet kan worden verwijderd
- de leefomgeving in de hoofdloop door de opstuwing te wensen over laat

- de oorspronkelijke loop nog in het landschap aanwezig is
- grachten of waterlopen aanwezig zijn die deels als tracé voor de nevengeul kunnen dienen
- de ruimte aanwezig is om een nevengeul te graven.



Figuur 1.11: principeschets van een nevengeul om een stuw passeerbaar te maken. Bij voorkeur kan de nevengeul zowel lage als hoge afvoeren opvangen.

Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
Een natuurlijke, bijzonder esthetische oplossing die zeer goed is te integreren in het landschap.	Bij grote hoogteverschillen is een zeer lange nevengeul nodig, wat veel ruimte vereist.
Een geschikte verblijfplaats voor veel plant- en diersoorten; een afwisseling tussen paai-, opgroei- en schuilplaatsen.	Bij gebruik van een bestaande waterloop - die meestal niet kort onder de stuw uitmondt - moet een doorsteek worden gemaakt.
Het graven van een nevengeul vereist veel minder precisie dan het bouwen van een bekkenpassage. Het volstaat een bedding uit te graven en deze vervolgens te verruwen.	Een nevengeul kan niet worden aangepast aan lokaal benodigde waterpeilen stroomopwaarts van de omleiding zonder schuiven of sluisen.
Geschikt voor een grote variatie aan debieten, wat bevorderlijk is voor migratie. Dit in tegenstelling tot visdoorgangen die gehouden zijn aan een vast debiet.	
Stroomafwaartse verplaatsing langs barrières is ook mogelijk.	

R2T2 Stenen of houtige visdoorgangen

Omschrijving

Stenen of houtige visdoorgangen brengen natuurlijke stromingspatronen tot stand. Ze worden aangelegd met natuurlijke materialen: losse stenen (eventueel in de bodem ingebed) of boomstammen (in oevers verankerd). De stenen kunnen in diverse configuraties in de hoofdwaterloop, nevengeul of bypass worden geplaatst, waarbij stroomversnellingen ontstaan. De houten boomstammen vormen drempels met hun eigen stromingspatronen. Elk patroon leidt tot een bepaalde biotoop. Een drempel biedt stroomafwaarts een interessante biotoop voor de grotere stroomminnende soorten door de vorming van plunge-pools. Stenen hellingen creëren biotopen voor kleinere stroomminnende soorten. De keuze voor een bepaald biotoop hangt af van de doelsoorten en het gewenste, streekeigen materiaalenge-

bruik. Het voordeel van stenen of houtige visdoorgangen is dat ze op relatief korte afstand vismigratie mogelijk maken waarbij toch een gevarieerd stromingspatroon kan ontstaan. Het voorontwerp gebeurt op basis van berekeningen maar bij de realisatie kunnen nog aanpassingen worden gemaakt.

Toepassingsgebied

Stromende en (on)bevaarbare wateren, en wel:

- in de hoofdloop zelf, ter vervanging van een constructie: (zoals een stuw) of stroomafwaarts van een constructie
- in een korte bypass of nevengeul (R2T1) langs de constructie om het hoogteverschil te overbruggen.

Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
De grote verschillen in het stromingspatroon maken passage mogelijk voor een groot aantal (vis)soorten.	Bij zeer lage debieten wellicht onvoldoende waterdiepte. De aanleg van een licht V-vormig dwarsprofiel kan een zekere waterdiepte in stand houden.
Een natuurlijke, esthetische oplossing die goed is te integreren in het landschap.	Bij gebruik van niet-streekeigen materialen een minder natuurlijk karakter, maar wel meer diverse stromingspatronen dan bij een technische oplossing.
Redelijke ongevoelig voor erosie en sedimentatie.	Mogelijke uitschuring door dynamisch karakter met een afname van opstuwend effect. Stabilisatie kan noodzakelijk zijn.
Verbetering leefomgeving voor sommige stroomminnende diersoorten.	Moeilijk hydraulisch te berekenen. Definitieve configuratie moet tijdens de aanleg worden bepaald.
Goede werking over een groot debietbereik.	
Kosteneffectief (voor wat betreft constructie, beheer en onderhoud) ten opzichte van betonnen constructies. Zeer goed toepasbaar voor kleinere hoogteverschillen.	
Gemakkelijk aan te leggen en aan te passen.	

R2T2V1 Stroomversnellingen (pool-riffle)

Omschrijving

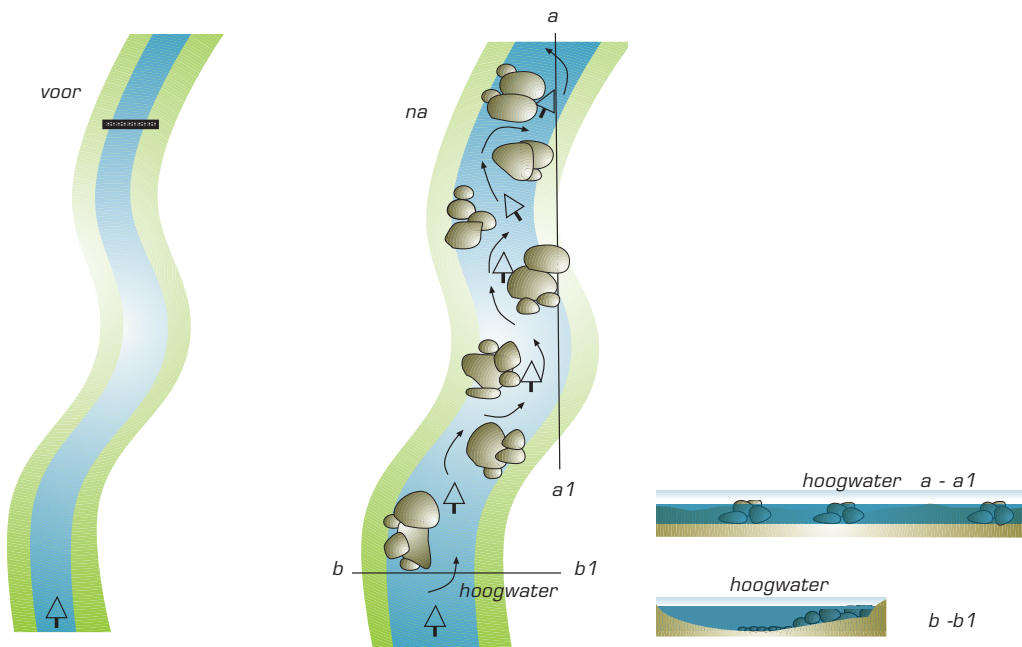
Een stenen stroomversnelling (pool-riffle) kan gerealiseerd worden door op een licht hellend vlak stenen in een zig-zag configuratie te plaatsen, zodat 'pools' en 'riffles' ontstaan. Anders dan bij een vishelling ontstaat hierbij een duidelijke afwisseling van stroomversnellingen en poelen. Het verschil met stenen drempels is dat de stroomversnellingen in grillige patronen over bredere stroken worden aangebracht en dat er dus geen cascades aanwezig zijn. De vispassage gebeurt dan ook niet over de drempels heen, maar tussen de stenen door.

In laaglandbeken passen stroomversnellingen door houtige structuren in de waterloop dikwijls beter in de natuurlijke omgeving dan stenen stroomversnellingen. Het aanzien en karakter van deze beken wordt voornamelijk bepaald door bomen. Zo leggen de verticale wortels van een els die onder een beekbodem liggen de oever langdurig vast (tot meer dan honderd jaar). Bij het afsterven van een els ontstaat een holle oever en de beek onderspoelt de niet-doorwortelde zone onder andere bomen. Deze vallen na verloop van tijd om, waardoor de loop zich verder verlegt. Op de vrijgekomen oever kan de els opnieuw opschieten. De gevallen bomen, boomstronken en wortelstructuren bewerken een variatie aan stroomsnelheden en het ontstaan van diepere poelen.

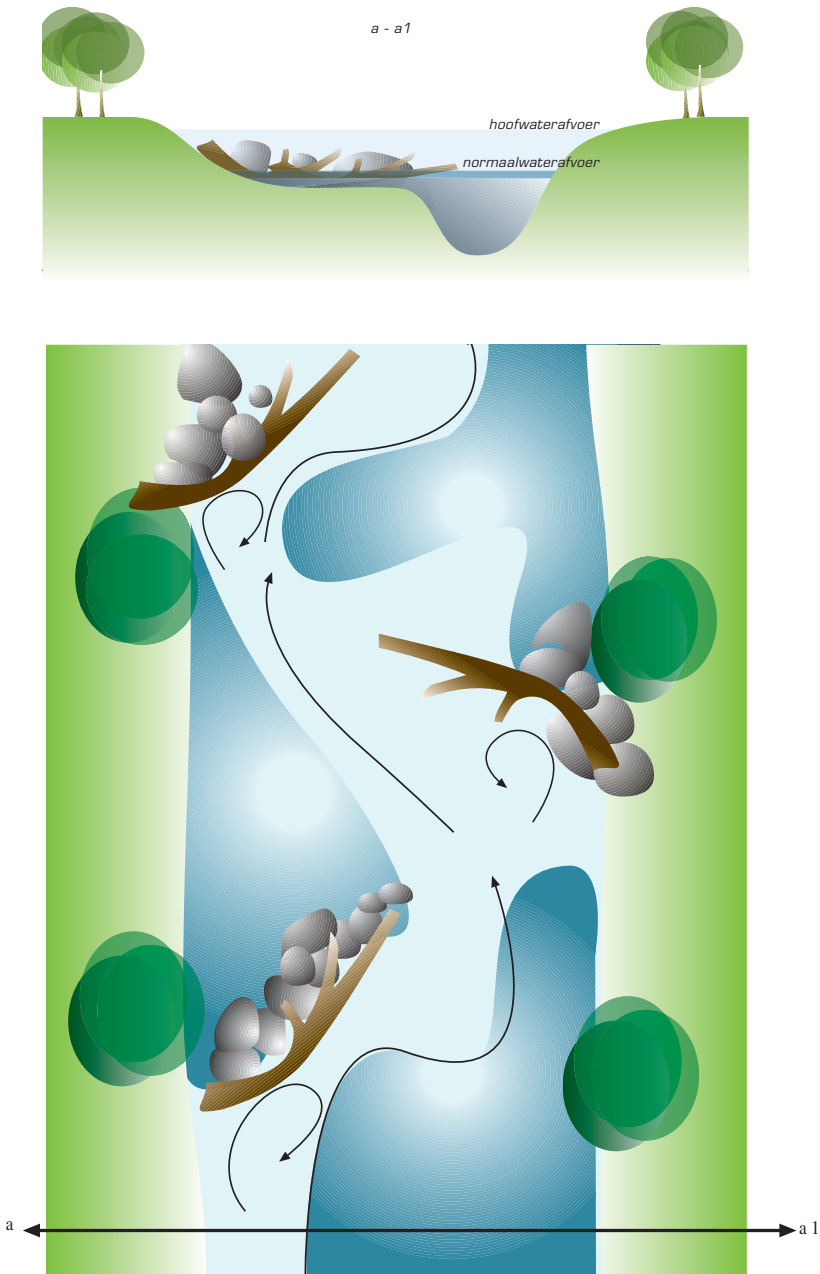
De houtkanten, bomen in en langs de waterloop dragen bij tot een natuurlijke ruwheid van de beek. Voor sommige juveniele vissoorten is de aanwezigheid hiervan zelfs noodzakelijk voor overleving. Houtige structuren dragen voorts bij aan het:

- benedenstrooms ontstaan van kiezelbedden als paaigebied;
- verhogen van waterstanden;
- verbeteren van stromingspatronen;
- vasthouden van fijn sediment;
- beluchten van water;
- verlagen van de stroomsnelheid waardoor debris zich beter kan afzetten;
- creëren van een geschikte bodemgesteldheid voor lagere organismen.

Struik- en bosontwikkeling langs oevers en dood hout in de waterloop dragen op een natuurlijke manier bij tot een natuurlijke ruwheid. Het maaien van oevers en het verwijderen van boomstammen uit de waterloop betekent dan ook minder opstuwing en een afbreuk van de leefomgeving van vissen. Herstel is ook mogelijk door houtige structuren (zoals boomstammen) in de oever te fixeren onder verschillende hoeken ten opzichte van de hoofdstroom, geheel of gedeeltelijk onder water. Deze inrichting kan ook gezien worden als een cascade gemaakt met behulp van houtige structuren. (zie R2T2V3)



Figuur 1.12: principeschets van een stenen stroomversnelling. Door het rangschikken van grote stenen in de oeverzone ontstaat bij normale afvoeren een zekere meandering van de stroming. Bij hoge afvoeren moet het water over de stenen heen kunnen stromen.

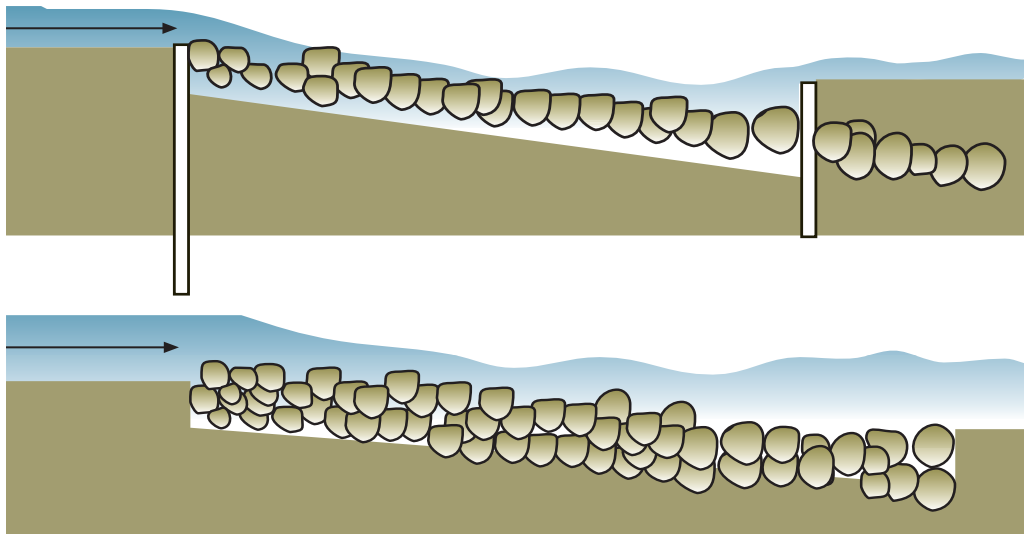


Figuur 1.13: principeschets van het gebruik van dood hout. Grote, houtige structuren worden geheel of gedeeltelijk over de breedte van de rivierbodem geplaatst of blijven liggen waar ze in het water zijn gevallen. Om te voorkomen dat de boomstronken wegspoelen kunnen deze worden gefixeerd in de oever en/of met grote stenen op hun plaats gehouden.

R2T2V2 Stenen helling (riprap, vishelling, rocky ramp)

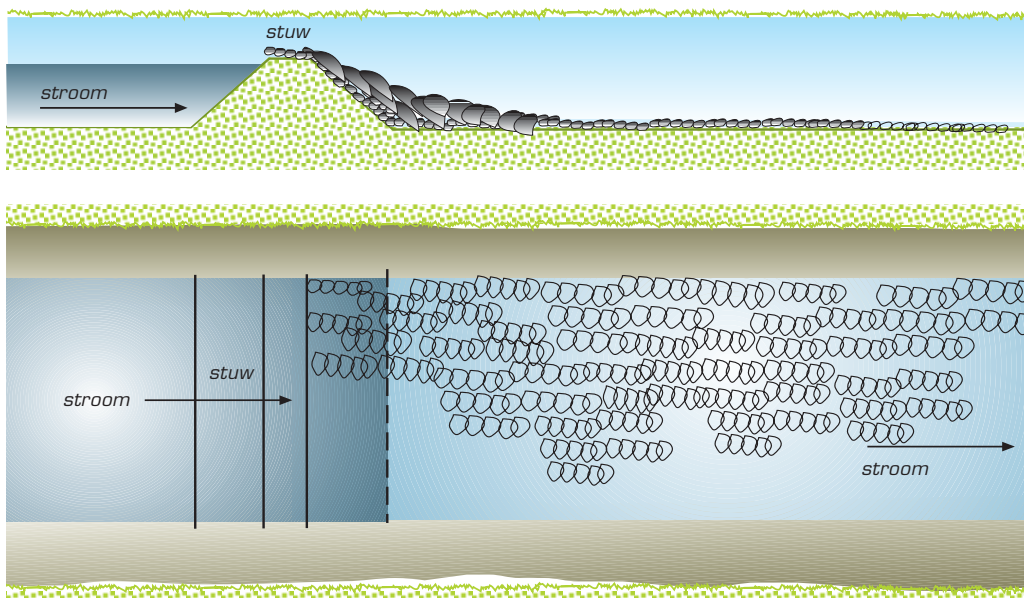
Omschrijving

Een vishelling is een licht hellend vlak van willekeurig geplateste stenen. De passage lijkt op een natuurlijke stroomversnelling (zowel visueel als functioneel). De onregelmatige plaatsing van de stenen (waarmee een natuurlijke situatie wordt nagebootst) zorgt voor een gevarieerd stromingspatroon.



Figuur 1.14 Principeschets van een stenen helling.

Boven: een enkele laag grote stenen op een basislaag. De beekbodem benedenstrooms is gestabiliseerd. Onder: losse stenen in meer lagen. Ook hier moet de bodem benedenstrooms worden gestabiliseerd. Een basisondergrond is nodig indien de beekbodem erg zandig is.



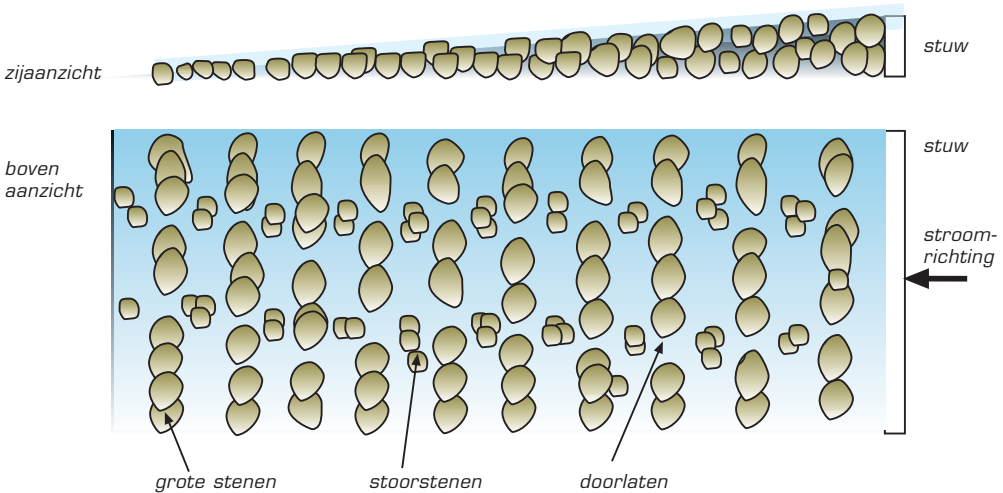
Figuur 1.15: praktijkvoorbeeld van een stenen helling benedenstrooms van een stuw.

R2T2V3 Stenen of houtige drempels (step-pool, cascade)

Omschrijving

In een cascade-vispassage worden stenen over de gehele breedte van de waterloop in rijen geplaatst zodat zich cascades vormen en het verhang trapsgewijs verloopt. Het resultaat is een regelmatige, natuurlijk ogende bekkenstructuur. De constructie wordt meestal aangelegd in een waterloop of in bypass naast de barrière.

Het realiseren van cascades in laaglandbeken kan ook gebeuren met houtige structuren (zoals boomstammen) in plaats van stenen. Deze zijn beter ingepast in het landschap. De houtige structuren kunnen in de oever worden gefixeerd onder verschillende hoeken ten opzichte van de hoofdstroom, geheel of gedeeltelijk onder water. Echter, hiermee zijn in Nederland en Vlaanderen nog geen ervaringen opgedaan (zie R2T2V1).



Figuur 1.16: principeschets van stenen drempels. De drempels werken als overlaat en doorlaat. De grote stenen zorgen voor de overlaat. De openingen in de drempel zijn de doorlaten. De kleine stenen boven- en benedenstrooms van de doorlaten fungeren als stoorsteen om de stroomsnelheid ter plaatse af te remmen.

R2T3 Gedeeltelijk herstel van riviermondingen (estuaria)

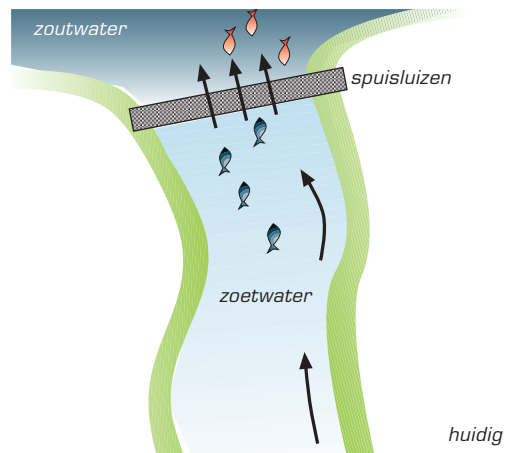
Omschrijving

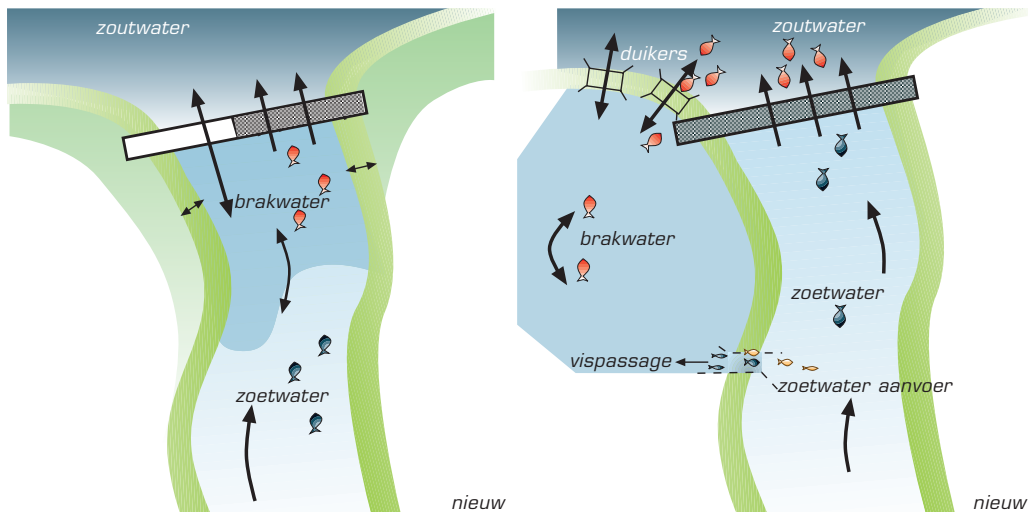
Met een aangepast beheer van constructies is landinwaarts een gedempt getij te realiseren; hetzij in de hoofdloop door een aangepast beheer van spuisluizen, hetzij in aangrenzende gebieden door een duiker in een zeedijk in de achterliggende polder. Een permanente zoetwateraanvoer in de polder is noodzakelijk om een zoet-zoutovergang te bewerkstelligen.

Toepassingsgebied

Zoet-zoutovergangen indien:

- geen vrije afwatering naar zee mogelijk is en een kwelder kan worden ontwikkeld
- de vismigratie is te herstellen middels een aangepast beheer van spuisluizen





Figuur 1.17: principeschets van een gedeeltelijk herstel van estuaria en kwelders. Een aangepast beheer van de spuisluizen maakt een gedempte getijdenbeweging in de rivier mogelijk. Een duiker in een zeedijk bewerkstelligt een gedempte getijdenbeweging in de achterliggende polder. Een continue zoetwateraanvoer vanuit de rivier, bijvoorbeeld via een vispassage, blijft noodzakelijk.

Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
Uitbreiding van leefomgeving.	Zoutindringing landinwaarts.
Een bescherming in geval van nood (storm, uitzonderlijke vloed).	Slechts een gedeeltelijk herstel.
Een mogelijkheid tot extra berging van water.	

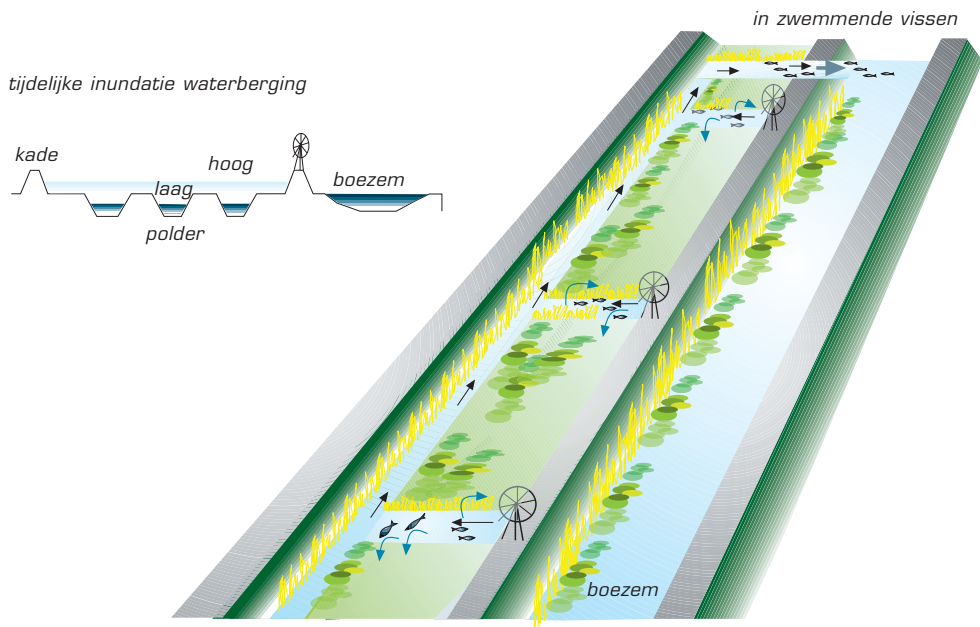
R2T4 Tijdelijke inundatie/waterberging

Poldergebieden hebben over het algemeen een lager waterpeil dan de boezem. De maaiveldvaling is vaak het gevolg van ontwatering. Een verwijdering van kades kan leiden tot een permanente overstroming van de betreffende polder. Meestal is echter slechts een tijdelijke waterberging gewenst of mogelijk. Het ligt daarom meer voor de hand om kades te handhaven. In de zomer kan het gebied dan worden droog gelegd met het oog op bijvoorbeeld zomerbeweiding of maaibeheer. Als dit gebeurt in combinatie met een vergroting van het waterbergend vermogen van de boezem (noodbergingsgebieden), is het wenselijk dat het water in het voorjaar gedurende een langere periode wordt vastgehouden.

Toepassingsgebied

Vlakke gebieden, indien:

- de barrière ligt tussen polder- en hoger gelegen boezemwater;
- de barrière ligt tussen polder- en lager gelegen boezemwater en tijdelijke hogere waterstanden in de polder toelaatbaar zijn.



Figuur 1.18 Principeschets van een polder ingericht als tijdelijk inundatiegebied.

Door (wind)gemalen wordt het waterpeil in de polder verhoogd. De greppels en sloten lopen vol waarna het aangrenzende weiland onderloopt. Dit gebied is zeer geschikt als paaigrond voor vissoorten zoals snoek. Via een passage is vismigratie mogelijk van de boezem naar de polderwateren.

Voordelen	Nadelen
Herstel leefomgeving en paaigebied voor vissoorten zoals snoek.	Bij overstroming van akkerland kunnen meststoffen en bestrijdingsmiddelen in de waterloop terechtkomen.
Een bescherming in geval van nood (storm, uitzonderlijke vloed).	Tijdelijk verlies aan land.

R3 Technische doorgangen

Omschrijving

Als geen mogelijkheid bestaat (bijvoorbeeld wegens ruimtegebrek) om de natuurlijke situatie te herstellen (R1) of een semi-natuurlijke visdoorgang aan te leggen (R2), dient men over te gaan tot technische ingrepen voor het herstel van de vrije vismigratie. Deze ingrepen zorgen ervoor dat de vis op eigen kracht de barrière kan passeren, of middels een constructie over (of langs) de barrière komt. In het eerste geval wordt de drempel verlaagd, bijvoorbeeld door een vermindering van het loodrechte hoogteverschil of een verlaging van de stroomsnelheid in een bekkentrap. In het tweede geval helpt een mechanisch hulpmiddel de vis over de barrière, zoals een vishevel of visvijzel.

Typen en varianten

R3T1	Bekkenpassage
R3T1V1	Bekkenpassage met V-vormige overlaten
R3T1V2	Vertical-slot vispassage
R3T1V3	Combinatie V-vormige bekkenpassage met vertical-slot
R3T1V4	De Wit-vispassage
R3T2	Hevel-vispassage
R3T3	Vissluis
R3T4	Palingpassage / Aalgoot
R3T5	Visvijzel
R3T6	Heraanleg of aanpassing duikers, kokers en sifons
R3T6V1	(her)aanleg van duikers (en sifons)
R3T6V2	Aanpassing van duikers (en sifons)

R3T1 Bekkenpassage

Omschrijving

Een bekkenpassage bestaat uit bekkens (plateau's) die van elkaar worden gescheiden door overlaten of schotten. Het oorspronkelijke hoogteverschil wordt verdeeld over het aantal bekkens, die voor de vis elk afzonderlijk wel zijn te nemen.

Toepassingsgebied

Stromende wateren, indien natuurlijke of semi-natuurlijke oplossingen niet mogelijk zijn.

Vlakke gebieden (boezem-polderovergangen), indien:

- het niet mogelijk is om de natuurlijke situatie te herstellen (R1T1) of een permanente inundatie te realiseren (R1T2V2);
- een tijdelijke inundatie van polders (R2T4) niet mogelijk is.

Bevaarbare wateren indien sprake is van continue afvoer is en slechts ruimte voor een korte bypass beschikbaar is.

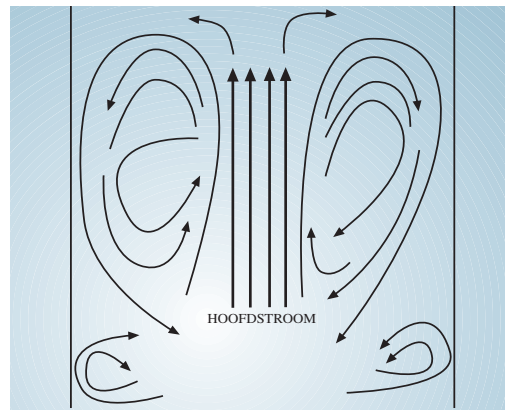
Zoet-zoutovergangen, indien:

- het niet mogelijk is om een vrije afwatering te realiseren door de zeedijk te verwijderen (R1T2V3) of een gedempt getijde te realiseren (R4T6)
- een aangepast beheer van constructies geen efficiënte oplossing is.

R3T1V1 Bekkenpassage met (V-vormige) overlaten

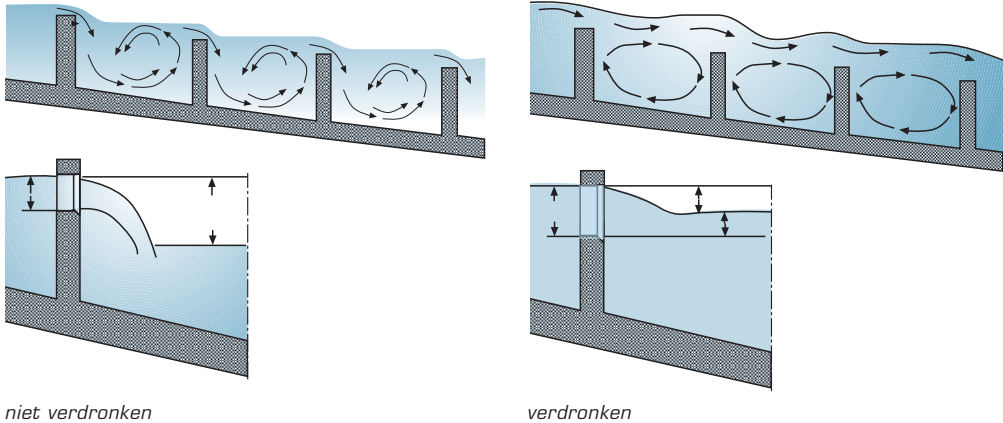
Omschrijving

De bekkens in de visdoorgang worden gescheiden door V-vormige overlaten waar het water overheen stroomt. Dit type overlaten is uitvoerig onderzocht en blijkt beter te voldoen dan rechte overlaten. Dankzij de V-vorm blijft de stroomsnelheid over de overlaten laag genoeg en de waterhoogte hoog genoeg bij een grote variatie aan debieten. De V-vorm bewerkt bovendien een hoofdstroom in de as van de vispassage. Links en rechts van deze hoofdstroom vormen zich recirculatie-zones (rustplekken), zoals dat ook gebeurt tussen de kribben in een rivier. Indien voldoende debiet aanwezig is, kan een verticale opening in de overlaten worden aangebracht (R3T1V3). Het verdient aanbeveling om houten overlaten te combineren met kleine en grote stenen. Dit vergroot de stroomdiversiteit en daarmee de efficiëntie van de vispassage.



Figuur 1.19: principeschets van het stroombeeld, bovenaanzicht van een bekkenpassage met V-vormige overlaten.

V-vormige overlaten in een bekkenpassage zijn altijd voor een deel verdronken en voor een deel niet (zijden van de overlaat). Het verdronken deel dient zo groot mogelijk te zijn omdat dit tevens de overlaat vormt.



Figuur 1.20: principeschets van niet-verdronken en verdronken stromingskarakteristieken bij overlaten.

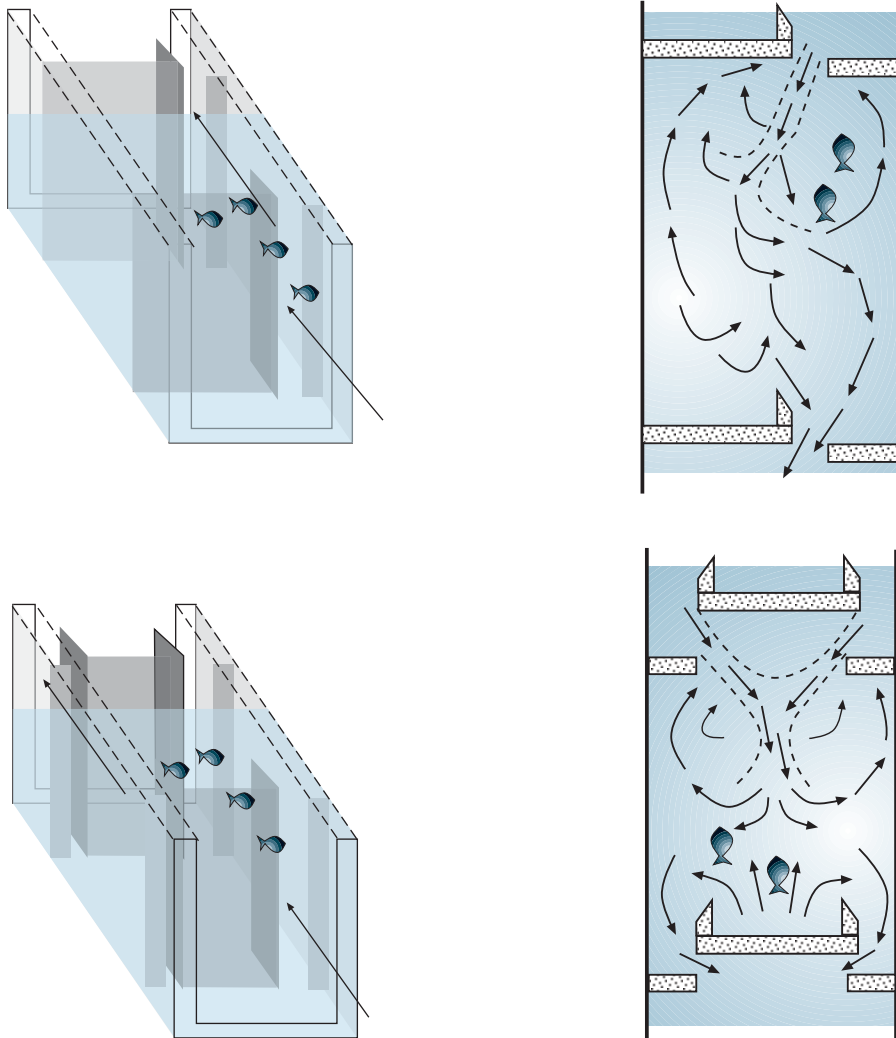
Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
Een gevarieerd stromingspatroon en rustplaatsen. Hierdoor kunnen de meeste vissoorten uit laagland-beken passeren.	Bij een zeer laag debiet mogelijk te lage overstort-hoogte (en luchtgordijn); minder interessant bij grote peilschommelingen.
Ook bij zeer lage debieten blijft water in de bekken aanwezig.	Het hoogteverschil kan voor bepaalde bodemdieren en slechte zwemmers een hindernis blijven.
Geschikt voor een grote variatie aan debieten.	Constructie wordt groter naarmate het hoogteverschil toeneemt.
Geschikt voor hoofdstromen en nevengeulen.	Bij aanleg als bypass veel grondverzet en af te voeren grond. Mogelijk saneren van verontreinigde grond.
Waterpeil stroomopwaarts gemakkelijk te handhaven.	Turbulentie kan ontstaan indien de rechte delen van de dwarsbalken overstromen.
Eenvoudige constructie, weinig onderhoud.	Vraagt bij het ontwerp meer precisie dan bijvoorbeeld een nevengeul.
Natuurlijk ogende oplossing.	

R3T1V2 Vertical slot-vispassage

Omschrijving

Een 'vertical slot'-vispassage bestaat uit bekken die van elkaar zijn gescheiden door schotten. In elk schot bevindt zich een smalle, verticale opening vanaf de bodem tot aan de bovenzijde van het schot. De passage kan worden omschreven als een hellend (of getrapt) rechthoekig kanaal, waarbij het water via de verticale sleuven van bekken naar bekken stroomt. De schotten kunnen zijn uitgevoerd met enkele vensters, dubbele vensters en onderwateropeningen. De vensterposten zijn voorzien van profielen om de stroming te beïnvloeden. Vertical slots kunnen worden gecombineerd met een V-vormige bekkentrap (R3T1V3).



Figuur 1.21: principeschets van het stroombeeld (bovenaanzicht) van een enkele en dubbele vertical-slot vispassage.

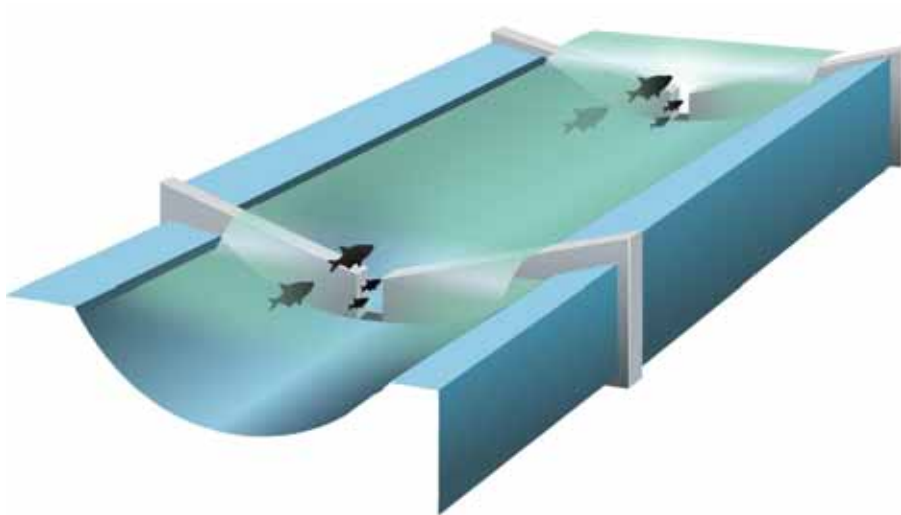
Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
Weinig gevoelig voor peilfluctuaties. Het stromingspatroon in de bekken blijft gelijk en daarmee blijft ook de werking gehandhaafd.	De sleuven beperken de toepassing bij grotere debieten. Voor een groter ontwerpdebiet en grotere lokstroom wordt een combinatie met V-vormige overlagen aanbevolen.
Geschikt voor een variatie aan debieten; ook bij lage debieten is nog vismigratie mogelijk.	Bij zeer lage debieten kan de vistrap leeglopen.
Weinig ruimtebeslag omdat bekkenoppervlak laag kan worden gehouden.	Bij sterk stijgende benedenwaterstanden neemt het verval per bekken af en vermindert de lokwerking.
Migratie van vis over de gehele waterkolom; alle grootte- en leeftijdsclassen kunnen passeren op hun geprefereerde diepte.	Constructie wordt groter naarmate het hoogteverschil toeneemt.
Weinig turbulente stroming. De stroomrichting voert vissen bijna automatisch van bekken naar bekken.	Weinig natuurlijk ogende oplossing, zelfs als de klassieke betonnen wanden worden vermeden.
Lokstroom over de gehele waterkolom, waardoor ook diepzwemmende vis wordt aangetrokken.	Er is wel een ondergrens aan de breedte van de sleuven; sommige (grotere) soorten zoals zalm hebben moeite om smalle openingen (bijvoorbeeld kleiner dan 30 cm) te passeren. Bij het ontwerp moet hier rekening mee worden gehouden.
	Gevoelig voor verstopping door drijfvuil. Mogelijke opstuwning, waardoor het verval naar het volgende bekken groter wordt en de stroomsnelheid in de opening zodanig toeneemt dat de optrek wordt belemmerd.
	Vraagt bij het ontwerp meer precisie dan bijvoorbeeld een nevengeul

R3T1V3 Combinatie V-vormige overlaten/vertical slot

Omschrijving

De combinatie van een V-vormige bekkentrap (R3T1V1) en een vertical slot-vispassage (R3T1V2) is bij uitstek geschikt voor situaties waarin sprake is van sterke waterpeilwisselingen aan de stroomafwaartse zijde. Verwacht kan worden dat ook kleinere soorten profiteren van de combinatie van beide typen visdoorgangen.



Figuur 1.22: principeschets van een combinatie V-vormige overlaat met vertical slot

Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
Geschikt voor een grote variatie aan debieten.	Constructie wordt groter naarmate het hoogteverschil toeneemt.
Een natuurlijk ogende vorm.	Bij sterk stijgende benedenwaterstanden neemt het verval per bekken af en vermindert de lokwerking.
Geschikt voor gebruik in de hoofdstroom en in een nevengeul (met het oog op een flexibel peilbeheer).	Klassieke betonnen of stalen ontwerpen zijn ecologisch niet interessant.
Waterpeil stroomopwaarts gemakkelijk te handhaven.	Vraagt bij het ontwerp meer precisie dan bijvoorbeeld een nevengeul.
Eenvoudige constructie, weinig onderhoud.	
Ook bij lage debieten is er nog vismigratie mogelijk.	
Minder gevoelig voor peilfluctuaties dan bekkentrapen met V-vormige overlaten.	
Lokstroom en migratie over de gehele waterkolom.	
Grotere debieten mogelijk (in vergelijking met 'vertical slot'-passage).	

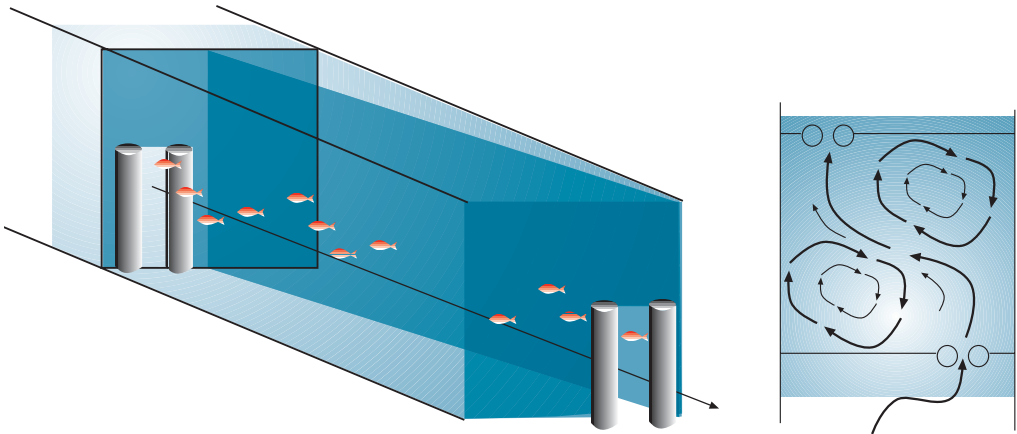
R3T1V4 De Wit-vispassage

Omschrijving

Het principe van een De Wit-vispassage is afgeleid van de vertical slot-vispassage. De constructie bestaat uit een compacte bak met daarin tussenschotten die de bak verdelen in een aantal kamers. In ieder tussenschot is een onderwateropening aangebracht. Deze openingen en schotten verspringen ten opzichte van elkaar. Deze vispassage heeft ten opzichte van de vertical slot als belangrijkste voordeel dat de gemiddelde stroomsnelheden in alle doorzwemvensters dezelfde waarde hebben. Dit is zelfs het geval als het totale verval over de vispassage groter of kleiner wordt dan het ontwerpverval. Er wordt immers geen gebruik gemaakt van overlaten.

Toepassingsgebied

Vlakke gebieden met een vrije afwatering, binnen polders en bij boezem-polderovergangen. Het waterverlies is beperkt.



Figuur 1.23: principeschets stroombeeld (bovenaanzicht) van een De Wit-vispassage.

Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
Geschikt voor een grote variatie aan debieten en sterk fluctuerende waterpeilen. Peilverschillen worden uitgemiddeld over de verschillende kamers (volgens het principe van de communicerende vaten).	Gevoelig voor de ophoping van drijfvuil buiten de constructie. Opstuwung kan de stroomsnelheid in de onderwateropening sterk doen toenemen, waardoor de optrek wordt belemmerd.
Ook bij lage debieten is nog vismigratie mogelijk.	Constructie wordt groter naarmate het hoogteverschil toeneemt.
Eenvoudige plaatsing bij gebruik van geprefabriceerde bakken.	Klassieke betonnen of stalen ontwerpen zijn ecologisch niet interessant.
Waterzuinige vispassage, waardoor de constructie kan worden toegepast in vlakke (licht hellende) gebieden of in gebieden waar weinig water beschikbaar is.	Een minder krachtige lokstroom als bij de semi-natuurlijke visdoorgang of V-vormige bekkentrap.
Ongevoelig voor de ophoping van drijfvuil in de constructie vanwege de onderwateropening.	Niet geschikt voor vissen die zich oriënteren aan het wateroppervlak of vissen die groter zijn dan de openingen.

R3T2 Hevel-vispassage

Omschrijving

Vistrek van een hoog- naar een laaggelegen peil kan van nature niet plaatsvinden tegen de stroom in. Een hevel-vispassage echter maakt het wél mogelijk dat vissen "stroomopwaarts" van hoog naar laag migreren. Deze oplossing is met name geschikt voor poldergebieden die onder zeeniveau liggen. De aangewezen plaats voor dit type vispassage is een gemaal. De hevel-vispassage is oorspronkelijk ontworpen voor de migratie van driedoornige stekelbaars naar paaigebieden in de polder ten behoeve van de voedselvoorziening van lepelaars in Noord-Holland. Aangezien geen gebruik kan worden gemaakt van het vrij verval van water om een natuurlijke lokstroom te verwezenlijken, moet in de bemalen gebieden met behulp van pompen een lokstroom worden bewerkstelligd.

De hevel-vispassage bestaat uit een inzwemcompartiment (verzamelbak) met een inhoud van minimaal 8 m³. Dit compartiment heeft een open verbinding met het hoogst gelegen pand. Vissen worden tot op grote afstand aangetrokken door de uitstroom bij het gemaal.

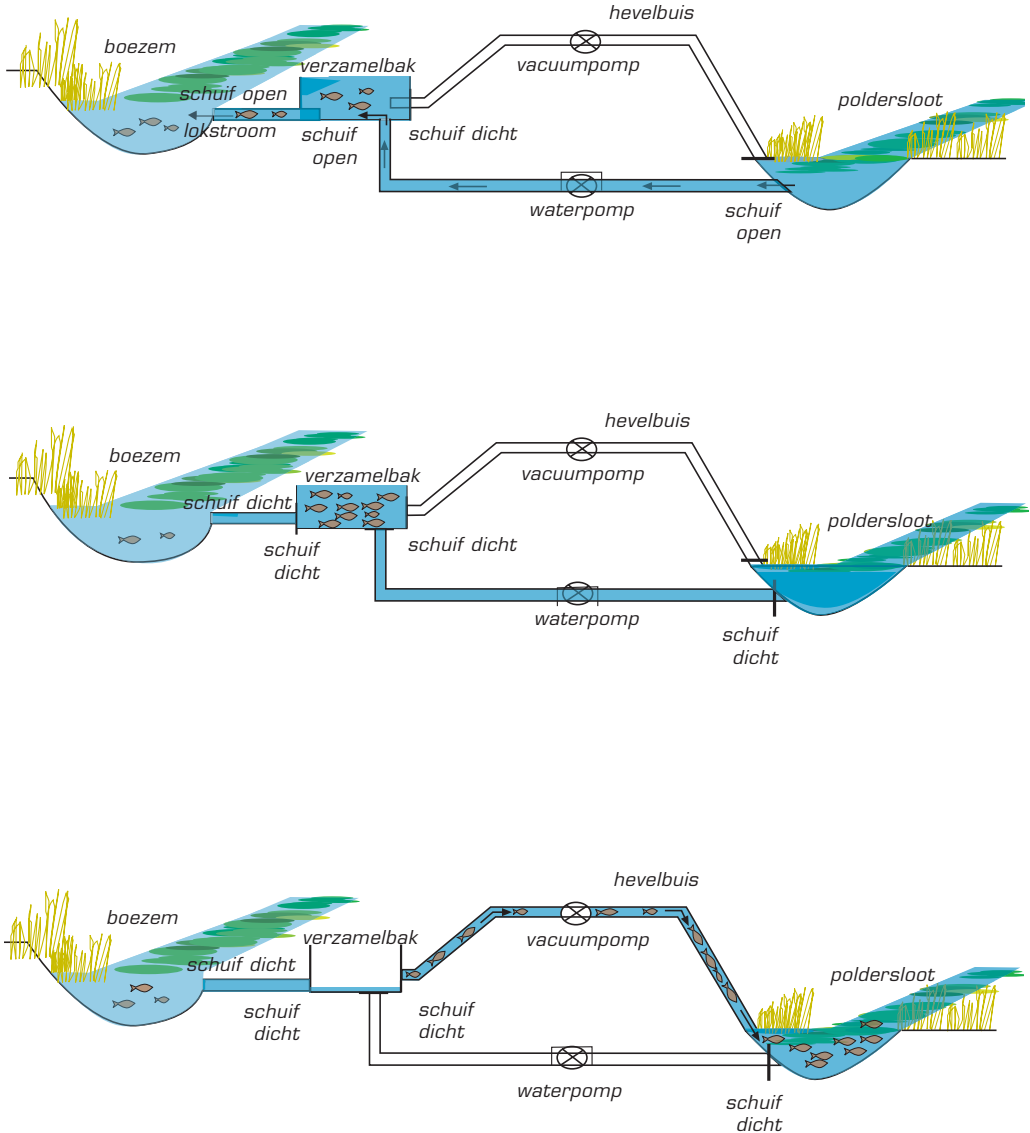
Vanaf dit punt zullen de vissen worden geleid door een waterstroom die vanuit het laagste pand door het inzwemcompartiment naar boven wordt gevoerd. Het inlaatcompartiment is via een hevelbuis met het laagste pand verbonden. Na verloop van tijd (circa 1 uur) stopt de pomp en wordt een hevel in werking gesteld. Dit gebeurt door met een vacuümpomp alle lucht uit de hevelbuis weg te pompen. Als gevolg hiervan zal het water, met vis, van het hoogste pand naar het laagste pand worden overgezet. Als het inlaatcompartiment leeg is, vult de hevelbuis zich met lucht, waardoor het hevelproces automatisch wordt onderbroken. Vervolgens vult het inlaatcompartiment zich weer met water vanuit de polder en kan het proces zich herhalen.

Toepassingsgebied

Vlakke gebieden bij boezem-polderovergangen indien geen vrij verval aanwezig is. Zoet-zoutovergangen waar een aangepast beheer van schutsluizen of een kwelder niet mogelijk is.

Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
Geschikt voor diverse vissoorten, ongeacht de zwemcapaciteit.	Moeilijke doorgang voor grotere vissoorten.
Onafhankelijk van het vrij verval van water.	Een technische constructie die onderhoud vergt.
	Harde zoet-zoutovergang bij toepassing in kustgebieden met mogelijke effecten op het visbestand.
	Geen continue doorgang mogelijk; enkel in cycli.



Figuur 1.24: principeschets van een hevel-vispassage. Via een waterpomp wordt een lokstroom gecreëerd. De verzamelbak heeft een open verbinding met het hoger gelegen water, zodat vissen zich in deze bak kunnen verzamelen. Naar verloop van tijd wordt gestopt met pompen, sluit de verzamelbak via een schuif en worden de vissen door het in werking stellen van een vacuumpomp naar de polder overgeheveld.

R3T3 Visluis

Omschrijving

Vissluizen werken volgens hetzelfde principe als scheepvaartsluizen. De vis wordt met behulp van een waterstroom een inlaatcompartiment binnengelokt. Het compartiment sluit zich, waarna de vis wordt gesloten. Schuiven regelen de uitstroomopening van het water en aldus de in- en uitgang voor migrerende vissen, waarbij de vis op eigen kracht zijn weg kan vervolgen in het lager (of hoger) gelegen peilvak.

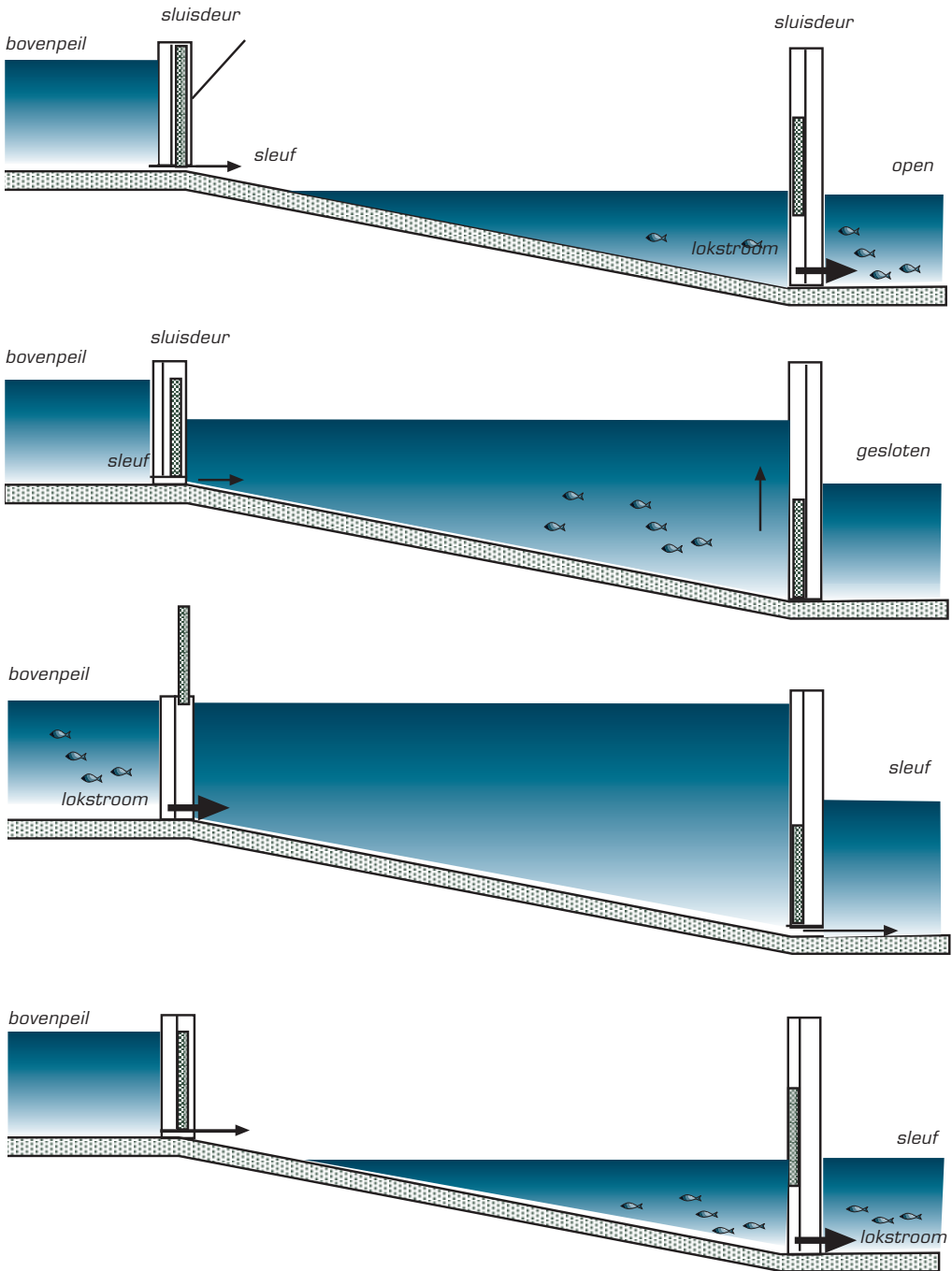
Toepassingsgebied

Vlakke (of licht hellende) gebieden met een vrije afwatering.

Zoet-zoutovergangen waar een aangepast beheer van schutsluizen of een kwelder niet mogelijk is.

Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
Geschikt voor diverse vissoorten, ongeacht de grootte en zwemcapaciteit.	Geen continue doorgang mogelijk, enkel in schutcycli.
Klein benodigd grondoppervlak, ook bij grote hoogteverschillen.	Een technische constructie die onderhoud vergt.
	Harde zoet-zoutovergang bij toepassing in kustgebieden met mogelijke effecten op het visbestand.



Figuur 1.25: principeschets van de werking van een vissluis. Door opening van de sluisdeur ontstaat een lokstroom. Vissen kunnen vrij de kolk inzwemmen. Na verloop van tijd wordt de sluisdeur gesloten. Door het openen van de andere sluisdeur kunnen vissen het bovenstroomse pond bereiken.

R3T4 Palingpassage/aalgoot

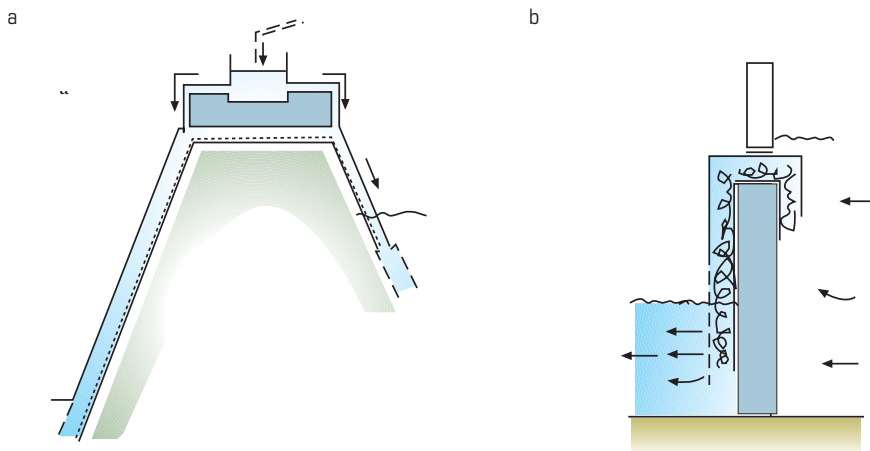
Omschrijving

Voor de migratie van glasalen en jonge paling kunnen speciale passages worden geconstrueerd, al dan niet in combinatie met doorgangen voor andere vissoorten. Aalgoten zijn doorgangen die uitsluitend voor de optrek van glasaal zijn bedoeld. Ze maken gebruik van de eigenschap van glasaal om - desnoods verticaal - kruipend en klimmend een obstakel te passeren. De aalgoot bestaat in veel variaties. Het gaat meestal om buizen en goten met een geringe diameter. De buis of goot wordt over de gehele lengte gevuld met een materiaal waarop de glasaal voldoende grip kan uitoefenen. Vroeger werden hiervoor takkenbossen, gevlochten wilgentenen of riet gebruikt. Tegenwoordig past men vaak kokosmatten, kunststof

borstels of kunstgras toe. Het opvulmateriaal verlaagt de stroomsnelheid zodat de glasaal stroomopwaarts kan klimmen. Aalgoten kunnen vrijwel bij alle typen constructies worden aangelegd. Indien al een vispassage voor schubvis aanwezig is, vervalt de noodzaak van een aalgoot als bij het ontwerp rekening is gehouden met de zwemcapaciteiten van (glas)aal.

Toepassingsgebied

Zoet-zoutovergangen waar een aangepast beheer van schutsluizen of een kwelder niet mogelijk is. Vlakke gebieden bij boezem-polderovergangen indien een vrij verval aanwezig is. Bij overgangen van laag naar hoog bij gebruik van een pomp.



Figuur 1.26: principeschetsen van een tweetal palingpassages/aalgoten
 a) aalgoot of -buis met grove structuren, geplaatst op een steile dam
 b) verticale aalpijp, geplaatst op een stuw of barrière, gevuld met een geotextiel-mat

Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
Ook inpasbaar in constructies.	Geen (of weinig) voordeel voor andere vissoorten.
Technisch eenvoudige oplossing.	De ingang van de aalgoot moet bij de oever in rustig water liggen.
	De aalgoot heeft een te gering debiet om voor een grotere aanlokkende werking te zorgen. Een combinatie met een andere lokstroom of lozing (zoet) water (bijvoorbeeld bij een gemaal) is noodzakelijk.
	Als de aalgoot slechts werkt onder een vrij verval, kan de goot droogvallen.

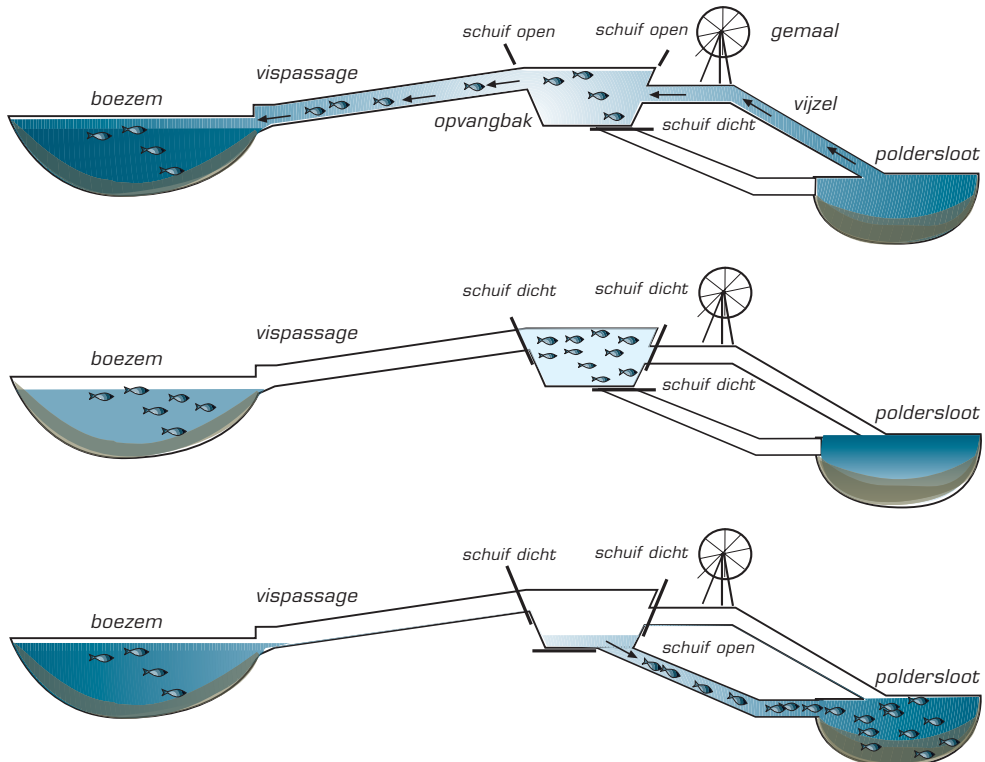
R3T5 Vijzel-vispassage

Omschrijving

De vijzel-vispassage werkt in hoofdlijnen op dezelfde manier als de vishevel en vissluis. Het onderscheid is dat voor het overbruggen van het hoogteverschil tussen het boven- en benedenpand gebruik wordt gemaakt van een vijzel (schroef). Dit biedt de mogelijkheid om vispassage in twee richtingen mogelijk te maken.

Toepassingsgebied

Vlakte gebieden waar geen vrij verval aanwezig is.



Figuur 1.27: principeschetsen van de werking van een vijzelvispassage. Via een vijzelgemaal wordt een lokstroom gecreëerd. De opvangbak ligt hoger dan de boezem, zodat vissen via een vrij verval kunnen opzwemmen tot in de opvangbak. Naar verloop van tijd wordt de schuif van de vispassage en vijzel gesloten. Door het openen van een andere schuif worden de vissen in de opvangbak onder vrij verval via een duiker in de polder overgezet.

Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
Ook passeerbaar voor slechte zwemmers.	Een technische constructie die onderhoud vergt.
Klein benodigd grondoppervlak, ook bij grote hoogteverschillen.	Geen continue doorgang mogelijk wegens de cycli (maar dit weegt minder zwaar als bij sluisen).
Het aantal te passeren vissen is niet afhankelijk van de grootte van een verzamelkamer.	
Passage is in principe in beide richtingen mogelijk.	

R3T6 (her)aanleg of aanpassing duikers en sifons

Omschrijving

Een duiker is een buis of overwelling (al dan niet met een verval) door bijvoorbeeld een dijk of onder een weg. Een sifon of grondduiker is een verbinding tussen twee wateren (bijvoorbeeld kanalen) door een dieper gelegen buis. Als het niet mogelijk is een open verbinding tussen wateren te herstellen of te behouden (R1), kan de toevlucht worden genomen tot de (her)aanleg of aanpassing van duikers. Hierbij moet worden getracht de vismigratie (en migratie van landdieren) te bevorderen, of op zijn minst niet te belemmeren. Dit is mogelijk door de kenmerken van de duiker (stroomsnelheid, bodempeil en verval) zoveel mogelijk te laten overeenkomen met die van de natuurlijke waterloop.

Toepassingsgebied

Stromende wateren en vlakke gebieden.

Typen en varianten

R3T6V1 (her)aanleg van duikers (en sifons)

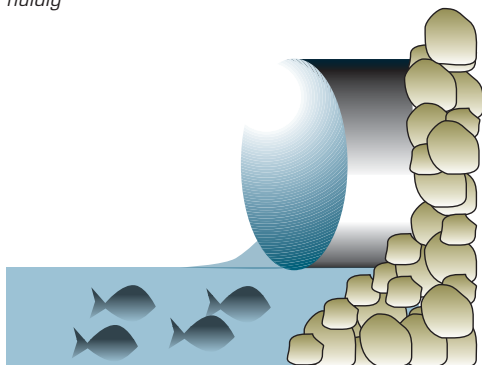
R3T6V2 aanpassing van duikers (en sifons)

R3T6V1 (her)aanleg van duikers en sifons

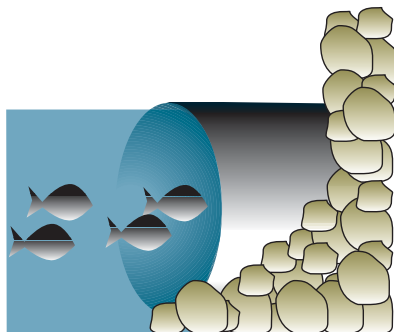
Omschrijving

Bij de (her)aanleg van duikers dient men al in de ontwerpfase rekening te houden met de mogelijkheden voor vismigratie en de migratie voor landdieren.

huidig



opnieuw aangelegd



Figuur 1.28: principeschets van een oplossing bij een te hoge ligging van de duiker.

Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
Een verbetering van de migratiekansen (maar verre van een ideaal).	Duikers vormen een migratiebarrière in de lengterichting van een waterloop, zeker voor landdieren.
	Geen natuurlijke oevers.
	Beperkte mogelijkheden tot habitatverbetering.

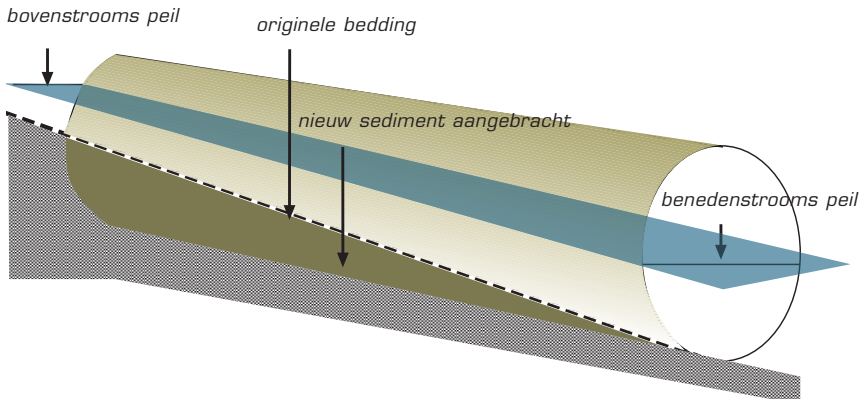
R3T6V2 aanpassing van duikers (en sifons)

Omschrijving

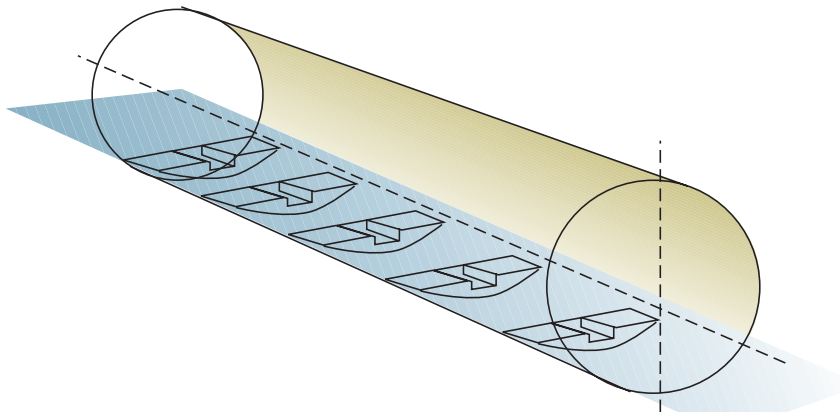
Bestaande duikers kunnen op diverse wijzen de vismigratie belemmeren. Dit gebeurt vooral als sprake is van:

- Een sterkere helling dan het geval is bij de waterloop stroomop- en stroomafwaarts van de duiker.
- Een doorstroomsectie die kleiner is dan die van de waterloop.
- Een te hoge ligging van de duiker.

De gevolgen zijn hoge stroomsnelheden, een onoverbrugbaar verval aan de uitstroom of een te laag waterpeil in de duiker. Soms is het mogelijk om de problemen op te lossen door de duiker aan te passen. Voor andere duikers is heraanleg de enige optie (R3T6V1).



Figuur 1.29: aanpassing van de bodem van de duiker aan de helling van de waterloop.



Figuur 1.29: principeschets. De plaatsing van de schotten vergroot de waterdiepte in de duiker.

Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
Sterke verbetering van de migratiemogelijkheden.	Te grote opstuwung in de duiker kan stroomopwaarts problemen geven door opstuwung in de waterloop.
Steilere waterloophellingen en bijbehorende grotere stroomsnelheden kunnen worden opgevangen.	Bijkomende technische aanpassingen. Schotten kunnen migrerende vissen uitputten als de duiker te lang is.
	Structuren in de duiker beperken de toegankelijkheid voor onderhoudswerktuigen bij grotere duikers.

R4 Aangepast beheer

Omschrijving

Als visbarrières zoals sluizen niet kunnen worden verwijderd, is het wellicht mogelijk om de vismigratie te verbeteren door deze constructies op een aangepaste wijze te beheren. Dit is echter een laatste redmiddel. Bedacht moet worden dat de effectiviteit van dit type oplossing sterk afhankelijk blijft van het menselijk handelen en de lokale situatie. Als er zekerheid bestaat dat de voorgestelde maatregelen doeltreffend worden uitgevoerd, verdient aangepast beheer soms de voorkeur. Afhankelijk van de periode van toepassing en de breedte van de intrek-mogelijkheid krijgt deze richting de voorkeur boven een technische oplossing.

R4T1 Aangepast beheer spuisluizen

Omschrijving

Het beheer van spuisluizen kan aan de vismigratie worden aangepast door de spuisluizen te openen bij geringe peilverschillen tussen binnen- en buitenwater (bij eb). Op deze wijze wordt het water over een langere periode en met een geringe stroomsnelheid geloosd. De vis is dan beter in staat stroomopwaarts te trekken. Hoe lager de stroomsnelheid, hoe meer vissoorten (zelfs in juveniele stadia) kunnen intrekken. Het is dus gunstig om aan de wanden of op de bodem voorzieningen aan te brengen die de stroomsnelheid verlagen. Bij zoet-zoutovergangen gaat de voorkeur uit naar alternatieven waarbij in zekere mate het karakter van de riviermonding wordt hersteld. De optimalisatie van het spuibeheer kan worden uitgevoerd op vier niveau's:

- over langere perioden (seizoenen)
- over korte perioden (getijden)
- in grote gebieden (diverse spuisluizen)
- in kleine gebieden (per spuisluis)

Typen en varianten

- R4T1 Aangepast beheer spuisluizen
- R4T2 Aangepast beheer gemalen
- R4T3 Aangepast beheer onderlossende stuwen
- R4T4 Aangepast beheer terugslagkleppen
- R4T5 Aangepast beheer schutsluizen
- R4T5V1 Via rinketten
- R4T5V2 Via reguliere schuttingen

Hierbij is het wel van belang dat inzicht bestaat in de visstand (in de tijd en in de ruimte). Ook moet er begrip zijn van het selectief getijdentransport bij spuisluizen. Voorts kan modelmatig worden nagegaan welke standen en regimes de intrek het meest bevorderen zonder de zoutindringing landinwaarts te groot te maken. Het testen van de verschillende scenario's kan een belangrijke factor zijn bij het vaststellen van het spuibeheer.

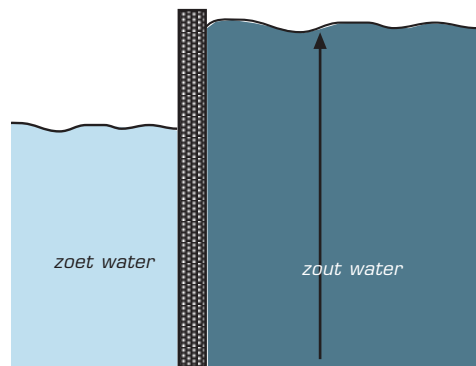
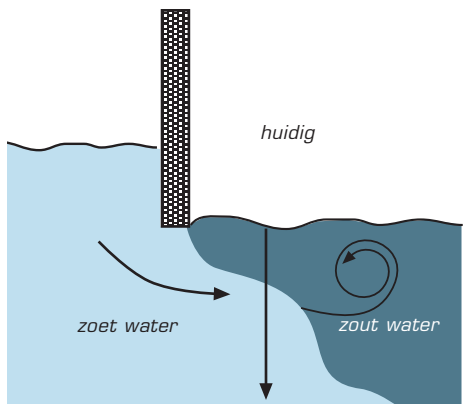
Toepassingsgebied

Zoet-zoutovergangen

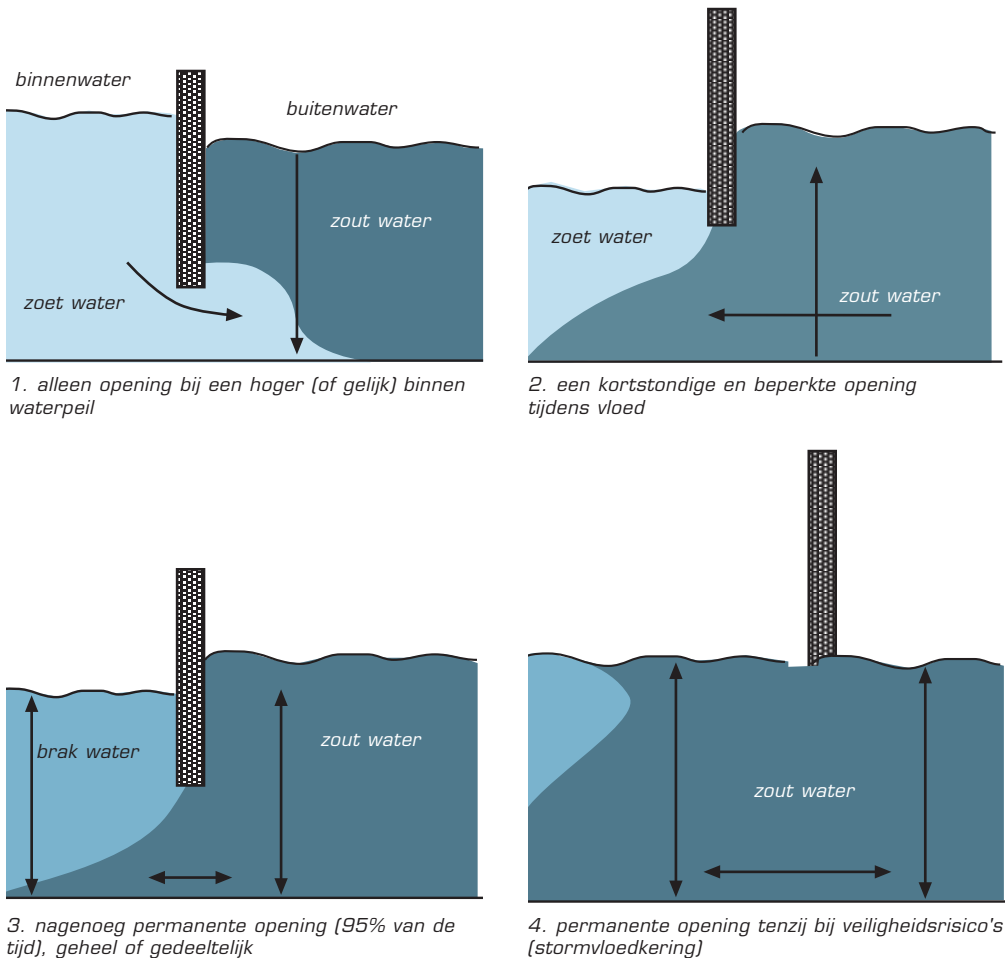
Huidig beheer

eb

vloed



Alternatief beheer



Figuur 1.30: principeschetsen van mogelijkheden voor een aangepast beheer van spuisluizen in zoet-zout overgangen

Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
Verbetering van de migratiemogelijkheden.	Mogelijk verhoogde getijdenwerking en zoutindringing landinwaarts.
Mogelijk herstel van karakter riviermonding.	Tijdelijke intrekmomenten.
Brede zone van intrekbaarheid bij toepassing van het beheer voor verschillende spuisluizen.	Opstellen van bedieningsprotocol.
	Geen duurzame oplossing.

R4T2 Aangepast beheer gemalen

Omschrijving

Bemalen gebieden kunnen soms lozen onder een vrij verval. De betreffende gemalen zijn vaak voorzien van een spuikoker. Afhankelijk van de mate waarin vrije lozing plaatsvindt, is ook hier een aangepast beheer van de spuikoker mogelijk. Het gaat dan om overgangen waarbij het buitenwater een wisselend peil heeft. Meestal betreft dit zoet-zoutovergangen of overgangen van polders naar rivieren.

De stroomafwaartse migratie vraagt om een laag toerental en een visvriendelijke omgeving.

Toepassingsgebied

Bij tijdelijke mogelijkheden van waterlozing onder een vrij verval, bijvoorbeeld zoet-zoutovergangen of polders die waterbezwaar lozen op de grote rivieren.

Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
Er is migratie mogelijk.	Tijdelijke intrekmomenten (laag buitenwater/hoge polderwaterstanden).
	Opstellen van bedieningsprotocol.
	Geen duurzame oplossing.

R4T3 Aangepast beheer onderlozende stuwen

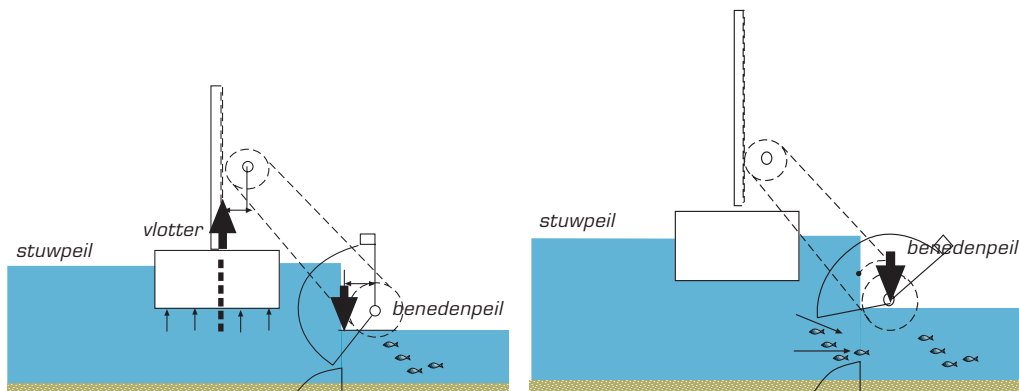
Omschrijving

Tuimelstuwen bieden in geopende toestand vissen de mogelijkheid om onder de stuw door te zwemmen. Evenals bij onderspuierende sluizen (in zoet-zoutovergangen) is bij tuimelstuwen in waterlopen stroomopwaartse migratie mogelijk. Of dit ook gebeurt, hangt sterk af van de turbulentie en vooral de stroomsnelheid onder de stuw. Een AMI-stuw (Automatisch Mechanische Inlaat) is een variant van een tuimelstuw. De AMI-stuw is ontwikkeld om het stroomopwaartse waterpeil te handhaven.

In Nederland is deze stuw succesvol toegepast in combinatie met een De Wit-vispassage. Bij lage afvoeren gaat de vis door de passage en bij hoge afvoeren zwemt de vis onder de stuw door. Het peilverschil van gemiddeld 25-30 cm wordt overbrugd door twee achter elkaar geplaatste onderlozende schuiven.

Toepassingsgebied

Vlakke gebieden en stromende wateren



Figuur 1.31: principeschets van aangepast beheer van met een AMI-stuw (Automatisch Mechanische Inlaat).

Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
Er is migratie mogelijk.	Werking is afhankelijk van de stroomsnelheid onder de stuw.

R4T4 Aangepast beheer terugslagkleppen

Omschrijving

Het openzetten van terugslagkleppen in afwateringssloten tijdens perioden met lage afvoer kan bepaalde vissoorten helpen hun paaiplaatsen in ondiep water te bereiken. De effectiviteit van deze oplossing is sterk afhankelijk van het menselijk handelen en de lokale situatie. Als geen zekerheid bestaat dat de voorgestelde maatregelen doeltreffend worden uitgevoerd, verdienen technische oplossingen de voorkeur.

Toepassingsgebied

Vlakke gebieden en stromende wateren.

Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Er zijn hiermee in de praktijk nog geen ervaringen opgedaan.

R4T5 Aangepast beheer schutsluizen

Omschrijving

Uit enkele onderzoeken is gebleken dat vismigratie mogelijk is via schutsluizen. Zo bleek bij de schutsluis in de Lek bij Hagestein dat de meeste vissen via de schutsluis passeren en niet via de vissluis naast de stuw. Bij een onderzoek naar de visdichtheid in het Kanaal door Voorne met behulp van sonar-apparatuur is geconstateerd dat een grote hoeveelheid vis, met name brasem, in het voorjaar het kanaal binnenzwemt via de schutsluizen bij Hellevoetsluis. In deze situaties blijkt de frequentie van het schutten en (dus) de lokstroom van groot belang. Overigens maken niet alle vissoorten gebruik van de schutsluis.

Het verdient aanbeveling om de nodige stappen voor het schutten van vis vast te leggen in een protocol. Het enthousiasme van sluiswachters en andere betrokkenen helpt de afspraken tot een succes te maken. Bedacht moet worden dat een aangepast beheer voornamelijk toepasbaar is bij gewone schutsluizen. Bij stuw-sluiscplexen is deze oplossing minder geschikt. De lokstroom langs de stuw is namelijk veel groter dan de lokstroom die kan worden ontwikkeld via de sluisen, waardoor de vissen nog steeds vast komen te zitten onder de stuw.

Toepassingsgebied

Bevaarbare wateren en zoet-zoutovergangen.

R4T5V1 Via rinketten

Rinketten zijn schuiven in de sluisdeuren waarmee het waterpeil in de sluisloek kan worden gereguleerd. Het is mogelijk om rinketten aan te brengen met het oog op de

stroomopwaartse vismigratie. Deze werkzaamheden kunnen gebeuren als de sluisdeuren in onderhoud worden genomen.

Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
Verbetering van lokstroom.	Beperkte lokstroom bij stuw-sluiscplexen.
Migratie zonder intervallen (bij voldoende grote rinketten).	Arbeidsintensief.
	Geen permanente werking.
	Geen duurzame oplossing.

R4T5V2 Via loze schuttingen

Een aangepast beheer van schutsluizen kan zorgen voor een betere passeerbaarheid van migrerende vissen. Hierbij wordt gewerkt met 'loze schuttingen' (zonder schepen), waarbij het openzetten van de kleppen en sluisen het beste

kan gebeuren op het ogenblik dat het waterniveau voor en achter de sluis ongeveer even hoog is. Omdat de intrek slechts mogelijk is met intervallen, komt deze oplossing-richting op een laatste plaats.

Voor- en nadelen (ecologisch-hydraulisch)

Voordelen	Nadelen
Migratie wordt mogelijk gemaakt.	Beperkte lokstroom bij stuw-sluiscplexen.
	Arbeidsintensief.
	Geen permanente maar cyclische werking.
	Geen duurzame oplossing.



Ontwerp





*Natuurlijke lokstroom: de monding van de Geul in de Maas (NL)
Foto: E. van der Kerff*

2.1 Algemeen

In deel 1 wordt de werkwijze weergegeven hoe we kunnen komen tot een oplossing voor een vismigratieknelpunt. Op basis van deze informatie kan voor iedere situatie een oplossingstype en -variant worden gekozen. Deel 2 gaat dieper in op het ontwerp. Bij het ontwerp moet rekening worden gehouden met een aantal biologische ontwerpcriteria. Deze criteria zijn uiterst belangrijk voor het maken van een efficiënt en natuurlijk ontwerp.

Deel 2 gaat dieper in op:

1. **de algemene ontwerpcriteria:** deze ontwerpcriteria gelden voor de opmaak van elk type ontwerp;
2. **de aanvullende ontwerpcriteria** voor diverse oplossingstypen en -varianten: deze ontwerpcriteria zijn een aanvulling op de algemene criteria en gelden specifiek voor een bepaald type of variant;
3. **de toetsing van een ontwerp:** elke ontwerpfase zou moeten eindigen met een toetsing, alvorens over te gaan op uitvoering.

Aan de hand van algemene en aanvullende ontwerpcriteria kan de gebruiker het gekozen oplossingstype of variant verder ontwerpen.

Stap 5. Ontwerp via algemene en specifieke ontwerpcriteria



Stap 6. Toetsing van ontwerp

2.2 Algemene ontwerpcriteria

Algemeen

Een oplossing voor een vismigratieknelpunt moet zo efficiënt en natuurlijk mogelijk zijn. Bij alle berekeningen aan een ontwerp moet daarom recht worden gedaan aan de biologische eisen die voor de visdoorgang gelden. Bij het herstel van de natuurlijke situatie (R1) is dit meestal geen probleem. Zo worden bij een hermeandering geen extra ontwerpcriteria ten aanzien van de vismigratie gehanteerd. Bovendien leidt hermeandering tot een integraal herstel van het watersysteem, waarbij ook andere doelstellingen worden gerealiseerd (zoals het herstel van de leefomgeving van vissen). Bij het realiseren van semi-natuurlijke visdoorgangen (R2), technische visdoorgangen (R3) en beheersmaatregelen (R4) wordt de natuurlijke situatie zo dicht mogelijk benaderd. Kennis van het gedrag van vissen is dan een voorwaarde om de efficiëntie van de visdoorgang te maximaliseren.

Efficiëntie komt op de eerste plaats. Indien een bepaalde visdoorgang of beheersmaatregel onvoldoende efficiënt is, moet een andere oplossing worden gezocht die beter past bij het gedrag van vissen. Het verdient aanbeveling om te kiezen voor een passage die het gehele jaar door functioneert. In dat opzicht hebben beheersmaatregelen een nadeel. Zij staan immers migratie slechts periodiek toe, terwijl de paaitijden van vissoorten sterk uiteen kunnen lopen. De permanente beschikbaarheid van een passage is voorts van belang als vissen willen vluchten of gaan overwinteren.

Een visdoorgang is efficiënt als wordt voldaan aan twee voorwaarden: attractief en passeerbaar. Een visdoorgang is attractief als de doorgang het vermogen heeft om vissen aan te trekken tot de ingang. Vaak kunnen vissen de ingang niet of nauwelijks vinden omdat de lokstroom te klein is en/of omdat de ingangen slecht zijn gelegen.

De passeerbaarheid heeft te maken met het gemak waarmee vissen de doorgang nemen als ze de ingang eenmaal hebben gevonden. De vlotheid van de passage hangt af van de vissoort, de lengte en conditie van de vis en van de watertemperatuur. Stroomopwaarts migrerende vissen die herhaaldelijk een doorgang moeten passeren, kunnen zo uitgeput raken dat ze de paaigebieden niet (op tijd) bereiken. Een andere factor die de passeerbaarheid bepaalt is het stromingspatroon in de visdoorgang.

Ontwerpcriterium attractiviteit

Visdoorgang over de volle breedte van de waterloop

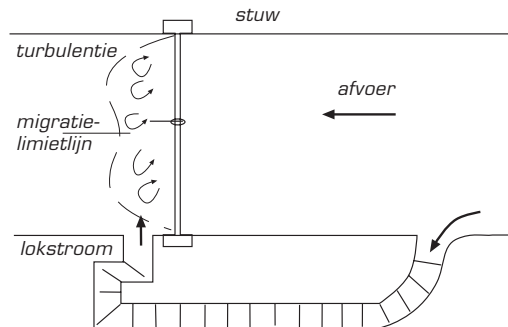
De attractiviteit is maximaal als de visdoorgang de volle breedte van de hoofdloop beslaat. Het totale debiet van de waterloop gaat in dat geval door de visdoorgang.

Visdoorgang in een by-pass of nevengeul

Bij een visdoorgang in een by-pass of nevengeul hangt de attractiviteit onder meer af van de locatie van de ingang en de lokstroom.

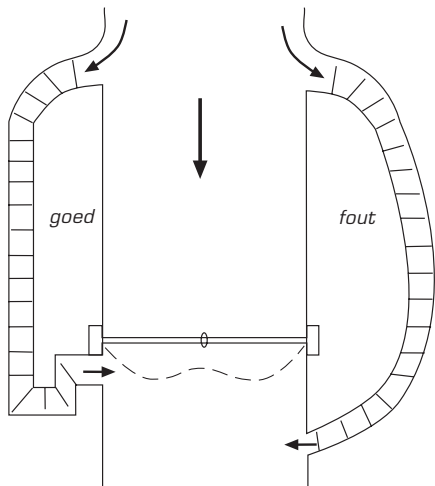
1. De locatie van de ingang

Voor een efficiënte doorgang moet de vis de ingang gemakkelijk kunnen vinden. Vissen zullen in principe de sterkste stroom in de waterloop volgen. Als ze dan op een barrière (muur, watersprong) stuiten, gaan ze vanaf die locatie (de migratielinielij) zoeken naar een uitweg. Dit is de beste plaats voor de ingang van de passage.

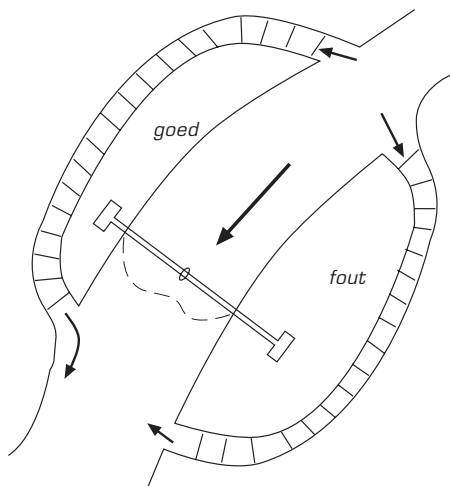


Figuur 2.1: de uitstroom van de visdoorgang moet grenzen aan de migratielinielij.

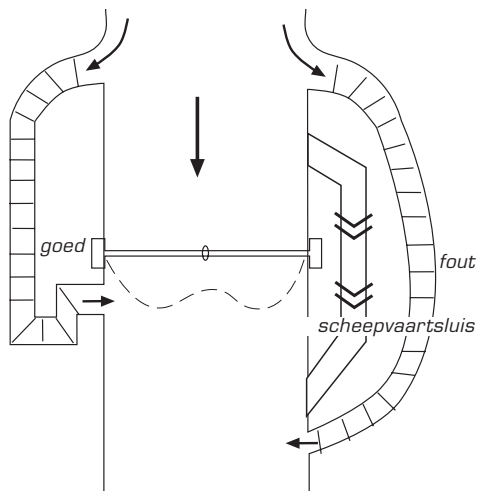
De migratielinielij is de grens van het gebied waarin de turbulenties of stroomsnelheden voor de vis te hoog zijn om nog te kunnen optrekken. Vanaf deze lijn zoekt de vis naar een alternatieve doortrekroute. De ligging van de migratielinielij verschilt per vissoort en is afhankelijk van de afvoer. Aangezien de stroomsnelheid in het midden van de stroom hoger is dan aan de oevers, heeft de migratielinielij meestal een zekere bolling. Vissen kunnen namelijk de stuw dichter benaderen aan de oever en zullen zich dan ook daar verzamelen. Dit pleit ervoor om de uitstroom nabij de stuw aan de oever te plaatsen.



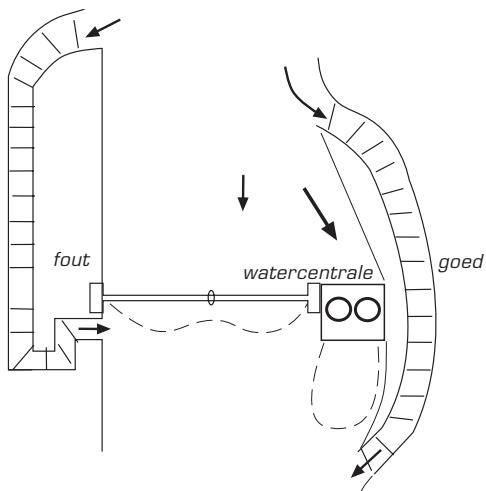
1. Benedenstrooms van de stuw (links) of er te ver van verwijderd (rechts)



2. In de buitenbocht (links) of in de binnenbocht (rechts)

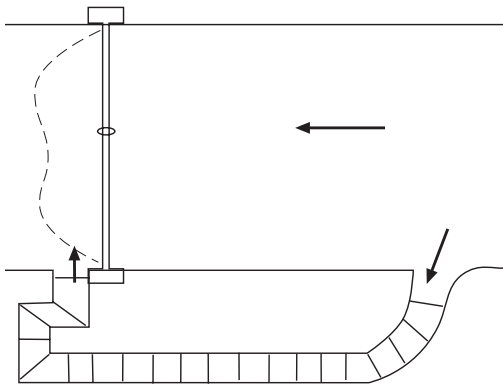


3. Benedenstrooms van de stuw (links) of bij de scheepvaartsluis (rechts)

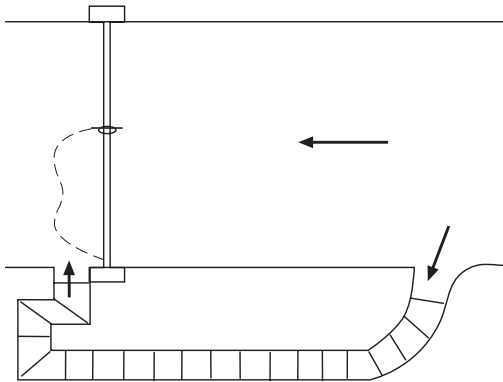


4. Benedenstrooms van de stuw (links) of bij de waterkrachtcentrale (rechts)

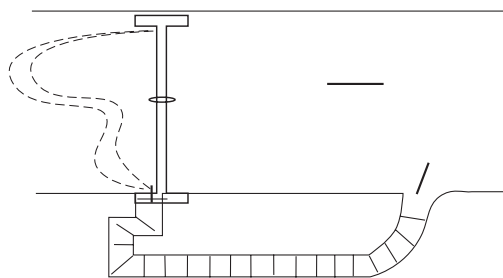
Figuur 2.2: voorbeelden van goed en slecht gekozen uitstroomlocaties.



normale afvoersituatie



lage afvoersituatie



hoge afvoersituatie

Figuur 2.3: sturing van de migratielimietlijn via stuwbeheer bij verschillende afvoeren.

De ligging van de migratielimietlijn is te beïnvloeden door het stuwbeheer. Enerzijds dient de limietlijn te raken aan de uitmonding van de visdoorgang, anderzijds moet de lokstroom in de hoofdloop herkenbaar blijven.

Als het gaat om zalmachtigen ligt de ingang bij voorkeur zo ver mogelijk stroomopwaarts. Voor de migratie van kleinere soorten of karperachtigen is het beter om de ingang meer stroomafwaarts te plaatsen in een kalmere en minder turbulente zone. De doelsoorten moeten daarom vooraf duidelijk zijn.

In brede waterlopen is het bovendien niet alleen raadzaam de vispassage te voorzien van verschillende ingangen, maar ook om een passage aan te leggen op de oever aan de overzijde. Het is immers niet zeker dat de vissen die langs deze oever migreren, óók worden aangetrokken

Als de uitstroom van de visdoorgang niet op de gewenste locatie kan worden aangelegd, zijn er twee alternatieven:

- Het ontwerp van een visdoorgang voor het volledige of overgrote deel van het debiet. De visdoorgang wordt dan de hoofdloop. De oorspronkelijke hoofdloop (met barrière) wordt de by-pass. In dit geval is het belangrijk dat de oorspronkelijke hoofdloop (met barrière) een slechte lokstroom heeft ten opzichte van de nieuwe hoofdloop (visdoorgang).
- De keuze van een ander oplossingstype waarbij wel wordt voldaan aan de biologische eisen.

2. De lokstroom

Een relatief sterke en niet turbulente lokstroom uit de visdoorgang, net achter de migratielimietzone, moet de vis vanuit de hoofdloop direct in de visdoorgang leiden. Deze stroom lokt de vis vanuit de hoofdloop in de visdoorgang. De kwaliteit van de lokstroom hangt af van de locatie van de uitstroomopening ten opzichte van de barrière, de uitstroomrichting, het debiet, de stroomsnelheid en het dwarsprofiel van de uitstroomopening.

Voor een goede lokstroom zijn de volgende punten van belang:

- de hoeveelheid water die door de by-pass of nevengeul stroomt. Het verdient aanbeveling om dit debiet vooraf te bepalen. Bij de uitwerking van een debietverdeling voor een visdoorgang moet worden gelet op de beschikbare ruimte, het benodigde debiet voor zowel de lokstroom als de visdoorgang en het benodigde debiet voor de constructie (bijvoorbeeld een watermolen). Voorts spelen de randvoorwaarden voor het herstel van de leefomgeving van de vissen een belangrijke rol.
- de grootte van de waterloop. Hoe kleiner de waterloop,

hoe groter het debietaandeel voor de visdoorgang moet zijn. Ook bij lage debieten moet immers een minimum waterpeil in de nevengeul worden gehandhaafd. Het gewenste ontwerpdebiet kan echter op grond van bijvoorbeeld kostenoverwegingen of ruimtebeslag soms niet worden gerealiseerd. Het uiteindelijke ontwerpdebiet moet daarom per geval worden bepaald. Voor de grote Franse rivieren geldt voor visdoorgangen een ontwerpdebiet van 10% van de waterafvoer en 1,0% - 1,5% van de hoogste waterafvoer. Nederland hanteert vergelijkbare cijfers. Zo geldt voor de Nederrijn/Lek een ontwerpdebiet van 16% van de gemiddelde waterafvoer en 0,4% van de hoogste waterafvoer. Voor de Boven-Schelde is vastgesteld dat voor een voldoende krachtige lokstroom een ontwerpdebiet benodigd is van 10-15% van de gemiddelde waterafvoer. Bij kleinere rivieren en beken is het veelal wenselijk om het merendeel van het water door de visdoorgang te laten stromen. Voorgesteld wordt om visdoorgangen voor kleinere systemen een ontwerpdebiet te geven van minimaal 50% van de gemiddelde waterafvoer.

In poldergebieden is de waterafvoer over het algemeen gering, zodat het ontwerpdebiet en het type visdoorgang hieraan moet worden aangepast. Veelal is in droge periodes voor een goede werking het volledige debiet benodigd. Een voorbeeld hiervan is een bekkervispassage met onderwateropeningen (De Wit-vispassage). Deze visdoorgang voor licht hellende poldergebieden heeft als ondergrens een ontwerpdebiet van circa 0,05 m³/s. Bij een hogere waterafvoer worden stuwen dikwijls platgelegd en kan migratie via de hoofdloop plaatsvinden. De ontwerpen moeten zowel bij lage als hoge debieten kunnen werken. Voor een maximale efficiëntie is het immers vereist dat de visdoorgang het hele jaar door functioneert;

- Een natuurlijke debietvariatie bevordert de migratie. Bij natuurlijke nevengeulen biedt de keuze tussen bijvoorbeeld winter- en zomerbedding de mogelijkheid om grote debietschommelingen op te vangen en toch een goede lokstroom te handhaven;
- Voor het realiseren van een goede lokstroom kan gebruik worden gemaakt van aanvullende watersystemen. Toch blijft het water van de oorspronkelijke loop belangrijk. Sommige vissoorten raken tijdens hun trek danig in de war als het water van samenstelling verandert;

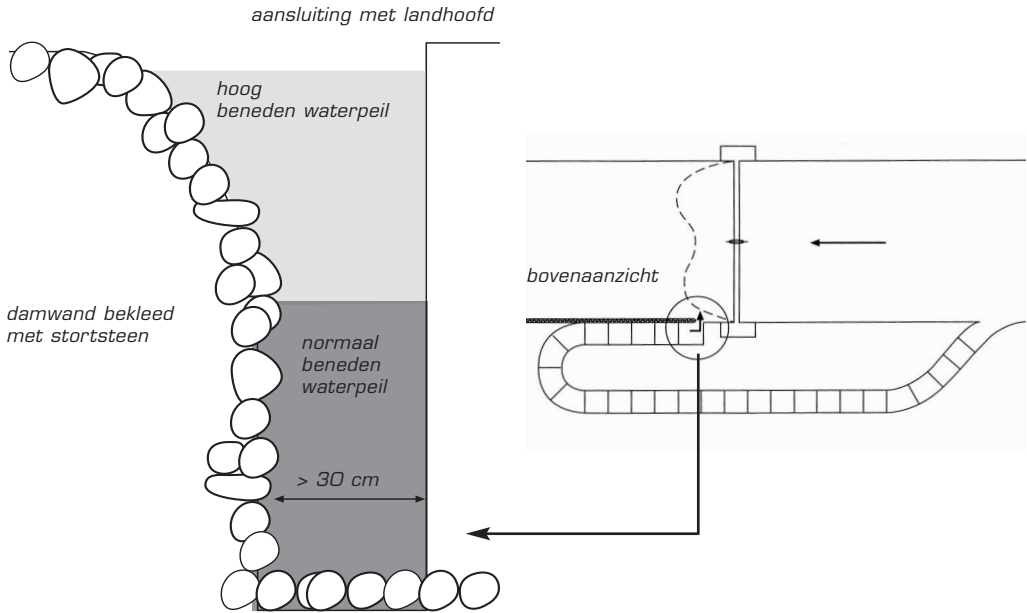
Bij relatief kleine debieten is het nog mogelijk om te zorgen voor een acceptabele stroomsnelheid en een geschikte uitstroombijrichting, bijvoorbeeld door de uitstroom van de visdoorgang te knippen met behulp van een onderwaterstrekdam;

- de stroom uit de by-pass of nevengeul moet - indien

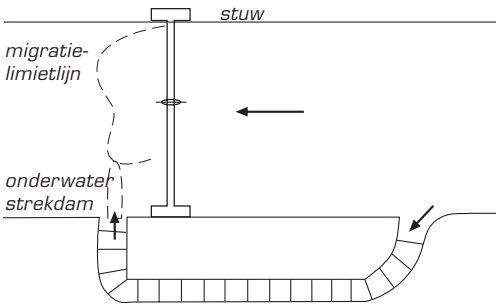
mogelijk - de overkant van de waterloop te bereiken. Bij een laag debiet kan een smallere uitstroombijrichting de stroomsnelheid voldoende verhogen om een lokstroom over de volledige breedte van de waterloop te bewerkstelligen. Voorts kan aan de uitstroombijrichting een zodanig dwarsprofiel worden gegeven dat ook bij hoge debieten een goede lokstroom is gewaarborgd;

- de beste uitstroombijrichting van de visdoorgang ten opzichte van de hoofdloop is afhankelijk van het debiet van de visdoorgang. Bij een laag debiet moet de ingang loodrecht op de waterloop staan (parallel aan de barrière). Ingangen van visdoorgangen met een hoog debiet kunnen het best worden geplaatst onder een hoek van 30 graden met de waterloop. Bij een grotere hoek kunnen stroomkeren ontstaan, wat te allen tijde moet worden vermeden;
- de lokstroom moet krachtig zijn, maar niet zo snel dat vissen niet meer kunnen opzwellen;
- een stuw (of een knelpunt in het algemeen) kan ter hoogte van de ingang van een diepere plek worden aangebracht waardoor de vis zich voornamelijk op die plaats gaat verzamelen. Dit vergroot de kans dat de vis de ingang van de nevengeul of by-pass vindt;

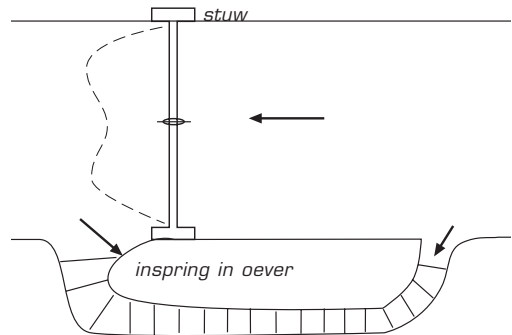
Ter hoogte van de ingang van de visdoorgang kan de rivier worden verbreed. Dit verlaagt plaatselijk de stroomsnelheid waardoor de lokstroom aan kracht wint. De keerzijde is dat de lokstroom bij een verbrede waterloop de overzijde moeilijker bereikt. Een meer technische oplossing om een lokstroom bij lage debieten te concentreren, is de aanleg van een strekdam. Een strekdam kan ook worden toegepast bij grote rivieren als sprake is van sterk wisselende benedenwaterstanden, een relatief klein ontwerpdebiet (dus zwakke lokstroom) of een problematische aansluiting met de bodem benedenstrooms. Een strekdam brengt een krachtige lokstroom tot stand op de juiste plaats bij de stuw. Van belang is dat de bodem van de uitmonding goed aansluit bij de bodem van de hoofdstream in de rivier. Dit betekent namelijk dat ook in verticale richting een krachtige lokstroom ontstaat en bodemvissen gelegenheid krijgen geleidelijk vanuit de diepte de visdoorgang in te zwemmen. De uitmonding van de visdoorgang heeft dan ter hoogte van de strekdam dezelfde diepte als de rivier. Om bij een normale waterstand de stroomsnelheid in de visdoorgang niet te hoog te laten oplopen, wordt de dam aangestort met stenen die zorgen voor de nodige ruwheid. In de dwarsrichting gezien heeft de dam een zekere helling zodat bij toenemende waterstanden de waterstroom zich verbreedt (conform het principe van een V-vormige bekkenpassage). Hierdoor blijft de lokstroom krachtig terwijl de drempels van de visdoorgang zijn verdronken.



Figuur 2.4: het knipen van de uitstroom van de visdoorgang met behulp van een damwand bekleed met stortstenen. De stroomsnelheid neemt toe evenals de diepte waarop de lokstroom nog waarneembaar is.



Figuur 2.5: een onderwaterstrekdam kan de lokstroom verder de hoofdstream inleiden.



Figuur 2.6: een inspringende oever maakt de lokstroom beter waarneembaar.

Voorbeelden van goede lokstromen



Lokstroom bij visdoorgang Kleine Nete kort onder de stuw (B)



Lokstroom via een geleidewand naar de hoofdstroom gericht, Weerijds (NI) Foto: E. van der Kerff



Lokstroom door het knippen van de uitstroom met draadkorven bij Strijbeek (NI) Foto: E. van der Kerff



Lokstroom bij een hoge benedenwaterstand, door het knippen van de uitstroom met een strekdam in de Maas bij Roermond (NI)



Ontwerpcriterium passeerbaarheid

De passeerbaarheid heeft te maken met het gemak waarmee vissen de doorgang nemen als ze de ingang eenmaal hebben gevonden. Het gemak wordt bepaald door de aanwezige hoogteverschillen, de stroomsnelheden en turbulentie en de waterdiepte. Een andere factor die de passeerbaarheid bepaalt, is het stromingspatroon in de visdoorgang. Waar ruimte is kan worden gestreefd naar een natuurlijk stromingspatroon. Een waterloop met een natuurlijk stromingspatroon is voor vissen makkelijker passeerbaar dan een niet-natuurlijke variant waarbij het verval over korte afstand moet worden overbrugd en waarbij de maximale hoogteverschillen, resulterende stroomsnelheden en waterdiepten steeds nauwlettend in het oog moeten worden gehouden.

Constructies in een waterloop zijn barrières als ze aanleiding geven tot een verval of een stroomsnelheid die de vis niet meer kan nemen. Het is dan zaak om de barrière weg te nemen of een nevengeul aan te leggen. Bij deze maatregelen wordt in de waterloop of nevengeul een natuurlijk stromingspatroon (A), een semi-natuurlijk stromingspatroon (B) of een niet-natuurlijk stromingspatroon (C) gerealiseerd.

A. Natuurlijk stromingspatroon

Voor een goede passeerbaarheid van de waterloop of visdoorgang kan het beste worden gestreefd naar het stromingspatroon van de natuurlijke waterloop. Dit is ook de eerste keus voor het herstel van de leefomgeving. Een natuurlijke waterloop (zonder stuwen) heeft een verval dat in relatie staat tot de valleihelling. De stroming wordt beïnvloed door bochten, waterplanten, oevervegetatie en de bodemgesteldheid. De energie in de waterstroom verdeelt zich over de gehele loop waardoor zich typische rivier-aterelen kunnen ontwikkelen, zoals stroomkuilen, stroomversnellingen, zandbanken en holle oevers. Deze structuur- en stroomvariatie is met het kanaliseren en verstuwen van de waterlopen goeddeels verdwenen. De energie in de waterstroom gaat verloren ter hoogte van de stuw. Bij de stuw bouwt zich een waterkolom op waardoor de stroomsnelheden in het stroomopwaartse traject afnemen. Indien het natuurlijke verval niet kan worden hersteld, is de vismigratie en het stromingspatroon te verbeteren door:

- de aanleg van een nevengeul met de kenmerken van een natuurlijke beek, eventueel met een extra verruwing;
- de ruwheid van de waterloop te verhogen op een 'natuurlijke' wijze.

Verruwen van de waterloop

De stroomsnelheid van de waterlopen hangt onder andere af van de ruwheid van de bedding. Deze ruwheid kan worden aangeduid met de zogenaamde Manning-coëfficiënt n (zie ook tabel 2.1). De gemiddelde waarde voor een natuurlijke beek is $n = 0,04$. Hoe groter de ruwheid (grote keien, sterke begroeiing, veel bochten), hoe hoger de n -waarde. De foto's demonstreren de effecten van allerlei vormen van ruwheden op de Manning-coëfficiënt.

Maatregelen die de ruwheid van de waterloop of nevengeul op een 'natuurlijke' manier verhogen, zijn het vermijden van onderhoud, het verlengen van de waterloop en het actief aanbrengen van natuurlijke materialen. Het vermijden of beperken van maaien en ruimen verhoogt de ruwheid van bodem en oever. Water- en oeverplanten hebben in voorjaar en zomer een verruwend effect op de waterloop. De wortels van struiken en bomen hebben het gehele jaar door een verruwend effect. Voorts kan de waterloop worden verlengd door het aantal bochten te verhogen. Dit heeft als effect dat het water wordt opgehouden en de energie in de stroom zich op een natuurlijke wijze kan spreiden. In een natuurlijke loop bevinden zich vaak stenen of houtachtig materiaal (afhankelijk van de omgeving). Stenen en boomstammen die in onregelmatige patronen worden aangelegd, zorgen voor een gevarieerd stromingspatroon. Zo zijn streekeigen losse stenen (Maaskeien) geplaatst in waterlopen in de Maasvallei.

Stromingspatronen en waarden van de ruwheidscoëfficiënten (n) van natuurlijke kleinere waterlopen.



Uniforme, rechtgetrokken waterloop met beperkte ruwheid en weinig variatie ($n = 0,018 - 0,033$)



Hoge ruwheid door losse stenen ($n = 0,033 - 0,040$)



Natuurlijk stroompatroon, hoge ruwheid door variatie in structuur ($n = 0,033 - 0,055$)



Hoge ruwheid door hout ($n = 0,035 - 0,070$)



Hoge ruwheid door losse stenen ($n = 0,033 - 0,040$)



Hoge ruwheid door waterplanten ($n = 0,045 - 0,0110$)

Type waterloop en omschrijving	Minimum	Normaal	Maximum
Uitgegraven of gebaggerde waterloop			
I Aarde, rechtlijnig en gelijkvormige stroming			
A Schoon, recent afgewerkt	0.016	0.018	0.020
B Schoon, na verwerking	0.018	0.022	0.025
C Grind, gelijkvormige doorstroomsectie, schoon	0.022	0.025	0.030
D Met kort gras, weinig kruidachtige vegetatie	0.022	0.027	0.033
II Aarde, kronkelig en trage stroming			
A Geen begroeiing	0.023	0.025	0.030
B Gras, weinig kruidachtige vegetatie	0.025	0.030	0.033
C Dichte begroeiing met kruidachtige vegetatie of waterplanten in diepe geulen	0.030	0.035	0.040
D Aarde bodem en taluds met steenbestorting	0.028	0.030	0.035
E Stenen bodem en begroeide oevers	0.025	0.035	0.040
F Keibodem en schone taluds	0.030	0.040	0.050
III Uitgegraven of uitgebaggerd met sleepemmer (dragline)			
A Geen begroeiing	0.025	0.035	0.040
B Lichte begroeiing met struikgewas op de oevers	0.035	0.040	0.050
IV Rotsinsnijdingen			
A Glad en gelijkvormig afgewerkt	0.025	0.035	0.040
B Ruw en onregelmatig afgewerkt	0.035	0.040	0.050
V Niet onderhouden geulen, kruidachtige vegetatie en niet gesnoeid struikgewas			
A Dichte begroeiing met kruidachtige vegetatie, even hoog als de waterdiepte	0.050	0.080	0.120
B Schone bodem, struiken op de taluds	0.040	0.050	0.080
C Idem, maar bij hoogste waterstand	0.045	0.070	0.110
D Dicht struikgewas, hoge waterstand	0.080	0.100	0.140
Natuurlijke kleinere waterlopen in vlakke gebieden (breedte <30 m)			
1 Schoon, recht, hoge waterstand, geen kloven of grote diepten	0.025	0.030	0.033
2 Idem als 1, maar meer stenen en kruidachtige vegetatie	0.030	0.035	0.040
3 Schoon, bochtig met diepten en ondiepten	0.033	0.040	0.045
4 Idem als 3, maar wat kruidachtige vegetatie en stenen	0.035	0.045	0.050
5 Idem als 4, maar bij hogere waterstanden	0.040	0.048	0.055
6 Idem als 4, maar meer stenen	0.045	0.050	0.060
7 Trage riviervakken, vol kruidachtige vegetatie, grote diepten	0.050	0.070	0.080
8 Heel veel kruidachtige vegetatie, grote diepten of vloedgeulen met zware bebossing en kreupelhout	0.075	0.100	0.150

Tabel 2.1: waarden van een aantal ruwheidscoëfficiënten n ($m^{-1/3} \cdot s$) in bepaalde waterlopen. Uit: 'Open channel hydraulics', Ven Te Chow, 1959.

B. Semi-natuurlijk stromingspatroon

Soms is het niet mogelijk om de waterloop of nevengeul zodanig op natuurlijke wijze te verruimen dat het verval alsnog voor vissen is te overbruggen. In dat geval wordt getracht de ruwheid over korte afstand te verhogen. Dit is mogelijk door de aanleg van stenen of houtige visdoorgangen. Tegelijk ontstaat daarbij een gevarieerd stromingspatroon. Het hoogteverschil wordt overbrugd met stroomversnellingen en poelen. Stenen visdoorgangen worden opgebouwd uit stenen die in de waterloop of nevengeul worden geplaatst. Houtige visdoorgangen bestaan uit boomstammen die in de oever worden verankerd. De visdoorgangen kunnen worden uitgevoerd als een stenen vishelling, een stenen stroomversnelling (poolriffle) of een houten dan wel stenen cascade (drempel-pool).

C. Niet-natuurlijk stromingspatroon

Als het met (semi)natuurlijke verruwingstechnieken niet lukt om binnen de beschikbare ruimte het verval te overbruggen, kan de toevlucht worden genomen tot een bekkenpassage. Deze voorziening bestaat uit bekken die van elkaar worden gescheiden door schotten van hout, steen of beton. Het oorspronkelijke hoogteverschil wordt over een relatief korte afstand verdeeld over een aantal treden die de vis wél kan nemen. Afhankelijk van het type wordt gebruik gemaakt van schotten waar het water over- of doorstroomt. De passeerbaarheid van deze visdoorgangen hangt sterk af van een

nauwkeurige toepassing van de ontwerpcriteria en beschikbare formules. De eisen met betrekking tot stroomsnelheden, hoogteverschillen en waterdiepten moeten nauwlettend in het oog worden gehouden. Een goed ontworpen bekkenpassage is migratievriendelijk maar biedt een stromingspatroon dat niet natuurlijk en dikwijls minder divers is. Om een maximale efficiëntie te bereiken moet een extra inspanning worden geleverd om meer variatie in het stromingsbeeld en de leefomgeving te krijgen.

De variatiemogelijkheid in een bekkenpassage hangt af van:

- het type bekkenpassage (Vertical slot, V-vormige overlaten, De Wit-vispassage);
- de lengte van de bekkenpassage hoe langer hoe beter; bij korte trappen moeten rustzones worden ingericht);
- het materiaalengebruik (een overlaat van stenen geeft een gevarieerder stromingspatroon dan een houten overlaat; houten paaltjes zijn weer beter dan houten damplanken);
- de vormgeving (een afwisseling van vorm en plaats van de overlaten bevordert een gevarieerd stromingspatroon).

Bij de beschouwing van kwantitatieve gegevens over debieten, maximale stroomsnelheden, turbulenties en waterdiepten moet worden bedacht dat deze gegevens slechts richtinggevend zijn.



Stroomsnelheden moeten zoveel mogelijk variëren. Bij de Uffelse Beek te Grathem gebeurt dit door het laten verspringen van de V-vorm van de overlaat. Dit resulteert in een diverser stromingspatroon dan bij het standaard ontwerp het geval is (NI). Foto: W. van Emmerik



Stoorstenen verlagen de stroomsnelheid, wat de migratie van kleine vissen en kruipende organismen bevordert. De stoorstenen zijn toegepast boven- en benedenstrooms van vertical-slots (hier de visdoorgang in de Tongelreep (NI)). Foto: P. Voorn

1. Hoogteverschillen

Aangezien in laaglandbeken de meeste vissoorten niet of nauwelijks kunnen springen, moeten de doorgangen zwemmend kunnen worden genomen. De hoogteverschillen mogen daarom niet veel hoger zijn dan 10 cm voor polder-



Een cascadevispassage in de Beerze waarbij het verval van de stortsteendremmel te groot is. Dit pleit voor een maximaal hoogteverschil van 10 cm per overlaat. De effecten van een foutieve uitvoering (of begroeiing) kunnen dan beter worden opgevangen. (NI)
Foto: P. Voorn

2. Stroomsnelheden en turbulentie

Een ambitie bij het ontwerp van semi-natuurlijke visdoorgangen is het realiseren van een dynamisch geheel van snellen en traagstromende zones over de breedte, diepte en lengte van de waterloop. De gemiddelde stroomsnelheid in zo'n visdoorgang komt overeen met de natuurlijke situatie waarbij er mogelijkheden zijn voor zowel goede als slechte zwemmers.

Overwegend technische doorgangen (zoals bekken-passages) kosten de vis dikwijls meer energie dan natuurlijke doorgangen. Bij het ontwerp van technische doorgangen moet daarom vooral rekening worden gehouden met slechte zwemmers, zeker als de passages komen te liggen in laaglandbeken. Het is belangrijk dat vissen niet uitgeput raken door het nemen van de visdoorgang, zeker als deze nog een lange weg te gaan hebben

Bij de passage van een visdoorgang ondervindt de vis als tegenkrachten stroming en turbulentie (de woeligheid van het water). Deze krachten kunnen de migratie belemmeren. De turbulentie wordt veroorzaakt doordat water van bekken naar bekken stroomt. De turbulentie vertegenwoordigt een hoeveelheid energie die kan worden gedempt.

wateren, 15 cm voor laaglandbeken en 20 cm voor grote rivieren. Overlaten moeten verdrongen zijn zodat zich geen luchtbelgordijnen kunnen vormen.



Grote hoogteverschillen per overlaat maken de visdoorgang in de Velpe slecht passeerbaar (B).

Larinier (1983) definieert de energiedemping per bekken-volume als volgt:

$$\varepsilon = \rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta h / L \cdot B \cdot y_0$$

Hierin is:

ε energie per bekken (W/m³)

ρ dichtheid van water (998 kg/m³)

g versnelling van de zwaartekracht (9,81 m/s²)

Q debiet (m³/s)

Δh niveauverschil tussen twee opeenvolgende bekken (m)

L lengte van het bekken (m)

B breedte van het bekken (m)

y_0 waterdiepte van het bekken (m)

Om de vis gelegenheid tot rust te geven, moet sprake zijn van voldoende energiedemping (een groot bekkenvolume $V = L \cdot B \cdot y_0$) en een rustzone (waarin het water op lage snelheid circuleert). De literatuur geeft voor de maximaal toelaatbare turbulentie verschillende waarden:
< 200 W/m³ voor zalmachtigen;
< 150 W/m³ voor elft, fint en karperachtigen;
< 100 W/m³ voor snoek en snoekbaars.

De zwemcapaciteit van vissen is afhankelijk van de soort, de lengte en conditie van elk individueel exemplaar en de watertemperatuur. Het is dus lastig een inschatting te maken van de zwemcapaciteiten van alle vissen die de doorgang moeten passeren. Volgens Jens (1982) biedt een stroomsnelheid $< 1,0$ m/s alle vissoorten in laaglandbeken gelegenheid te migreren. De maximale stroomsnelheid van $1,0$ m/s geldt vooral voor volwassen exemplaren. Indien de visdoorgang ook passeerbaar moet zijn voor lagere jaarklassen (denk aan de glasaal), gelden lagere maximum stroomsnelheden. Om uitputting van vissen te vermijden, moet de stroomsnelheid in de visdoorgang niet groter zijn dan de kruissnelheden van de migrerende vissen. Daarom wordt voorgesteld bij technische oplossingen (indien financieel en technisch haalbaar) de maximale stroomsnelheid te beperken tot $0,8$ m/s waarbij ook zones voorkomen van $0,4$ m/s.

3. Waterdiepte

De waterdiepte van een visdoorgang moet het hele jaar voldoende groot zijn om migratie toe te staan. De waterdiepte varieert weliswaar over de lengte en breedte van de visdoorgang, maar voor een natuurlijke doorgang geldt dat deze afhankelijk is van de natuurlijke situatie van de waterloop. De waterdiepte voor bijvoorbeeld een bekkenpassage ligt hoger dan in de (semi-) natuurlijke situatie. Men moet er voor waken dat de visdoorgang niet fungeert als zandvang of zelfs droogvalt, waardoor schade ontstaat aan de leefomgeving.

Uit onderzoek blijkt dat de start van de migratieperiode leidt tot een massale optrek. De mogelijkheid om piekmigraties op te vangen hangt af van het type visdoorgang en de grootte van de waterloop. De bodem van de inzwemopening moet zo goed mogelijk aansluiten op de bodem van de hoofdstroom. De bovenstroomse opening sluit bij voorkeur ook goed aan op de beekbodem, maar dit is niet noodzakelijk. Het verdient aanbeveling de visdoorgang over de gehele lengte glooiend te maken.

In de ontwerpfasen moet rekening worden gehouden met de beheersvisie voor de betreffende waterloop. Zo kan men bereiken dat de visdoorgang ook functioneel blijft bij een andere debietverdeling of een gewijzigd peilbeheer. Het is bijvoorbeeld mogelijk om te voorzien in bekkenpassage met stroomafwaarts verdronken overlaten. Een andere maatregel om voorbereid te zijn op een lager debiet is de aanleg van nevengeulen met voldoende poelen. Omgekeerd dient ook het beheer te worden aangepast aan de visdoorgang.

Ontwerpcriterium natuurlijkheid

Het herstel van de vismigratie moet waar mogelijk worden gecombineerd met een herstel van de leefomgeving. Dit geldt zeker voor structuurarme waterlopen. Een vergroting van de variatie aan stroomsnelheden en beplanting resulteert in een meer divers aanbod van vissoorten en andere fauna en flora. Bij de verbetering van de leefomgeving gaat de voorkeur uit naar de inzet van streekeigen, natuurlijke materialen.

Vormgeving

Voor het ontwerp van de visdoorgang zijn berekeningen gemaakt op grond van de gemiddelde waarden voor diverse parameters. Bij de praktische uitwerking van het ontwerp worden deze waarden vertaald naar een gevarieerde vormgeving. Zo zal een afwisseling ontstaan in de dwarsprofielen van een visdoorgang. Ook kan een diversiteit aan bochten en rechte stukken worden gerealiseerd. De oevers kunnen op een natuurvriendelijke manier worden ingericht. De landschappelijke inpassing van de inrichtingsmaatregel is te verduidelijken aan de hand van een 'artist impression'. Zo'n presentatie is tevens nuttig voor de vergroting van het draagvlak voor het project bij een breder publiek.

Materialen

Afhankelijk van de omgeving kan gebruik gemaakt worden van streekeigen stenen, boomstammen en takken. Voor technische oplossingen zijn onder water houtsoorten zoals vuren en grenen geschikt. Bij water-luchtovergangen en boven water kan gebruik worden gemaakt van inlandse eik, robinia of gelabeld hardhout (uit duurzaam beheerde bossen). Meer informatie hierover staat in het Vademecum Natuurtechniek, het Cultuurtechnisch Vademecum en op <http://www.fscnl.org>.

Begeleiding bij uitvoering

Er moet op worden toegezien dat het project in de uitvoeringsfase volgens het ontwerp tot stand komt. Zo zullen aanwijzingen voor het aanbrengen van variatie moeten worden opgevolgd. Het is dus van belang dat de aannemer goed is ingelicht over de ontwerpisen en dat hij wordt begeleid bij de uitvoering van de werkzaamheden.

Dimensioneren van een visdoorgang

De stroomsnelheid in een waterloop of nevengeul is te berekenen met de formule van Manning. Deze formule wordt toegepast bij het herstel van natuurlijke situaties en bij de aanleg van nevengeulen. In figuur 2.7 is de formule van Manning een goed gereedschap voor de indeling van waterlopen naar stromingstypen. Bij technische oplossingen baseert men zich vaak op onderzoek aan hydraulische modellen.

De formule van Manning:

$$V_{\text{gem}} = 1 / n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}, \text{ waarbij geldt: } R = A / P$$

Hierin is:

V_{gem} = de gemiddelde stroomsnelheid in het dwarsprofiel (m/s)

n = Manning-coëfficiënt ($\text{m}^{1/3} \cdot \text{s}$)

R = hydraulische straal van het dwarsprofiel

A = oppervlakte dwarsprofiel (m^2)

P = natte omtrek dwarsprofiel (m)

S = gemiddeld bodemverhang

De Manning-coëfficiënt hangt af van onder andere de wrijvingsweerstand van bedding en oevers. De waarde ervan voor diverse situaties kan worden opgezocht in tabellen. Het is ook mogelijk om de coëfficiënt vast te stellen met de Riggs methode of de formule van Jarret:

$$n = 0,32 \cdot S^{0,38} \cdot R^{-0,16} \text{ geldig voor } 0,002 < S < 0,030 \text{ en } 0,50 < R < 2,00 \text{ m (formule van Jarret)}$$

De formule van Manning kan ook worden gebruikt om het debiet te berekenen in waterlopen die niet breder zijn dan 30 m. Desgewenst is het debiet (Q) te berekenen met:

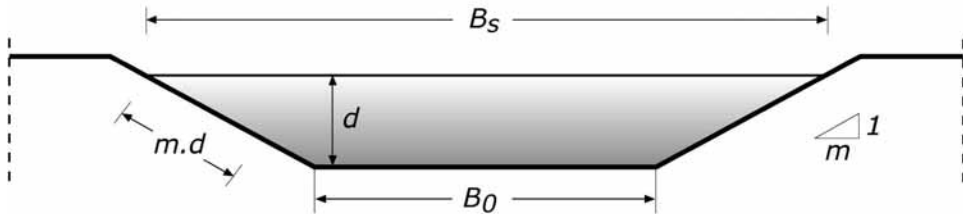
$$Q = V_{\text{gem}} \cdot A \text{ (m}^3/\text{s)}$$

Bij de indeling van waterlopen op basis van morfologische kenmerken wordt ondermeer gekeken naar de afmetingen van het dwarsprofiel (breedte B en diepte d), het gemiddelde bodemverhang S_0 en de ruwheid n volgens Manning. Uit deze informatie kunnen de volgende twee, voor vismigratie interessante, parameters worden afgeleid:

1. de gemiddelde stroomsnelheid $V_{\text{gem}} = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S_0^{1/2}$ waarin R de hydraulische straal
 $n = 0,040$ (goed voor ontwerpdoeleinden)
2. de mate van turbulentie, uitgedrukt in het Froudegetal

$$Fr = V_{\text{gem}} / \sqrt{gd} \text{ met } D = \text{hydraulische diepte (m)}$$

Figuur 2.7 geeft informatie over de hydraulische straal R en de hydraulische diepte D .



Kenmerken geschematiseerd beekprofiel

B_0 breedte op de bodem

B_s waterspiegelbreedte

d waterdiepte

m taludhelling

hydraulische straal

$R = A/P$ met

$P = B_0 + 2 \cdot m \cdot d$

hydraulische diepte

$D = A/B_s$

$A = 0,5(B_0 + B_s) \cdot d$

Figuur 2.7: betekenis hydraulische straal R en de hydraulische diepte D .

Symbolen en notaties

A	oppervlakte dwarsprofiel	m^2
b	sleufbreedte vertical slot vispassage	m
b	breedte doorzwemvenster De Wit-vispassage	m
B_0	bodembreedte	m
B	bekkenbreedte	m
B_s	breedte tussen oevers	m
B_z	breedte beluchte gedeelte overstortende straal bij V-vormige bekkenpassage	m
C	afvoercoëfficiënt bij overlaat of doorlaat	-
C_{dr}	reductiecoëfficiënt voor gestuwde afvoer	-
d	waterdiepte in een waterloop	m
d	inwendige diameter hevelbuis	m
d	diameter steenbestorting	m
D	uitwendige diameter randen doorzwemvenster en hydraulische diepte	m
f_1	verliescoëfficiënt instroming hevel	-
f_2	verliescoëfficiënt door wrijving hevel: $f_2 = \lambda \cdot L / d$	-
f_3	verliescoëfficiënt door bochten in hevel	-
f_4	verliescoëfficiënt uitstroming hevel	-
F_r	Froudegetal, maat voor turbulentie $F_r = V_{gem} / \sqrt{(g \cdot d)}$	-
g	versnelling van de zwaartekracht	m/s^2
h_1	overstorthoogte, bovenwaterstand ten opzichte van kruinhoogte	m
h_2	benedenwaterstand ten opzichte van kruinhoogte	m
H_1	energieniveau $H_1 = h_1 + V_{gem}^2 / 2 \cdot g$	m
h_v	hoogte doorzwemvenster	m
k_s	equivalente zandruwheid	m
L	bekkenlengte	m
L	buislengte van een hevel	m
L_c	kruinlengte van een overlaat in de stroomrichting	m
n	aantal tussenschotten "de Wit"-vispassage	-
n	Manning-coëfficiënt, ruwheid waterloop	$m^{1/3} \cdot s$
n_l	schaalfactor voor lengte, breedte en diepte	-
n_v	schaalfactor voor stroomsnelheid $n_v = (n_l)^{0,50}$	-
n_q	schaalfactor voor debiet $n_q = (n_l)^{2,50}$	-
p	natte omtrek dwarsprofiel	m
p	kruinhoogte overlaat ten opzichte van bovenstroomse bodem	m
Q	debiet, afvoer	m^3/s
Q_d	ontwerpdebiet	m^3/s
R	hydraulische straal dwarsprofiel $R = A/P$	m
S	verdrinkingsgraad $S = h_2 / h_1$	-
S	verhang waterloop	-

S_0	verhang vispassage	-
u_c	stroomsnelheid direct achter de kruin	m/s
u_z	stroomsnelheid hart V-vormige bekkenpassage	m/s
V_{gem}	gemiddelde stroomsnelheid	m/s
V	watervolume van een bekken $V = L \cdot B \cdot y_0$	m^3
WL_1	waterstand bovenstrooms	m
WL_2	waterstand benedenstrooms	m
y_0	karakteristieke waterdiepte voor eerste schot van vertical slot of De Wit-vispassage	m
α	hoek in overlaten V-vormige bekkenpassage	graden
Δh	niveaunderschil tussen twee opeenvolgende bekkenbodems	m
Δh_{ml}	grenswaarde voor $WL_1 - WL_2$ in V-vormige bekkenpassage waarbij WL_1 net niet/net wel wordt beïnvloed door WL_2	m
ΔH	totaal niveaunderschil over een hevel	m
Δt	verschil in bodemhoogte tussen twee opeenvolgende bekkens van een V-vormige bekkenpassage	m
λ	wrijvingsfactor stroming door buizen of over steenbestorting	-
ρ	dichtheid van water $\rho = 998$	kg/m^3
ϵ	energie(vernietiging) per bekkeninhoud $\epsilon = \rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta h/V$	W/m^3
μ	overlaatcoëfficiënt van Poleni	-

2.3 Aanvullende ontwerpcriteria

Algemeen

Per oplossingstype en variant zijn in Deel 1 omschrijvingen en principeschetsen gegeven. In paragraaf 2.2 zijn de algemene ontwerpcriteria besproken. Deze paragraaf behandelt de resterende specifieke ontwerpcriteria die nodig zijn voor het maken van een ontwerp. Voor ontwerp en de uitvoering van grote herstelprojecten waarbij herstel van de natuurlijke situatie centraal staat, wordt aanbevolen om overige literatuur (zoals handboeken voor beekherstel of herstel van zoet-zoutovergangen) te raadplegen. Meer informatie omtrent semi-natuurlijke en technische oplossingen is te vinden in de literatuurlijst waar referenties van veel basiswerken hierover zijn opgenomen.

R1 Herstel natuurlijke situatie

R1T1 Kleine herstelprojecten

Kenmerken en randvoorwaarden

Oplossingsrichting R1 (het herstel van de natuurlijke situatie) houdt in dat een vismigatiebarrière wordt verwijderd en de waterloop zich op natuurlijke wijze aanpast. Als het gaat om een constructie met een klein verval, zal de waterloop het hoogteverschil opvangen zonder dat aanvullende maatregelen nodig zijn. Een groter verval is op te vangen door de bedding en oevers van de waterloop te verruwen. De oplossing die het best in het landschap past, heeft de voorkeur.

Sommige barrières zijn te vervangen door constructies die de waterloop (vrijwel) ongemoeid laten. Zo kan men ervoor kiezen twee wateren niet met elkaar te verbinden middels een duiker, maar gebruik te maken van een brug. Een brug biedt water veel meer ruimte dan een duiker en bovendien kunnen onder de brug ook de oevers doorlopen. Dit bevordert tevens de migratie van landdieren. Sommige kokers (bijvoorbeeld onder een straat) kunnen worden vervangen door duikers zonder bodemversteving. De beekbodem kan dan gewoon doorlopen. Dit bevordert de migratie en verbetert tevens de leefomgeving van organismen. Zie ook de bepalingen voor de aanpassing of (her)aanleg van duikers en kokers in R3T6.

Toetsing

- Laat de vervangende constructie de natuurlijke dynamiek (vrijwel) ongemoeid?
- Verlaagt de verwijdering van de barrière het waterpeil niet te veel (met als gevolg een verdroging van het valleigebied)? Zie ook paragraaf 2.4 'Toetsing van ontwerp'.

R1T2 Grote herstelprojecten

R1T2V1

Hermeandering van stromende wateren

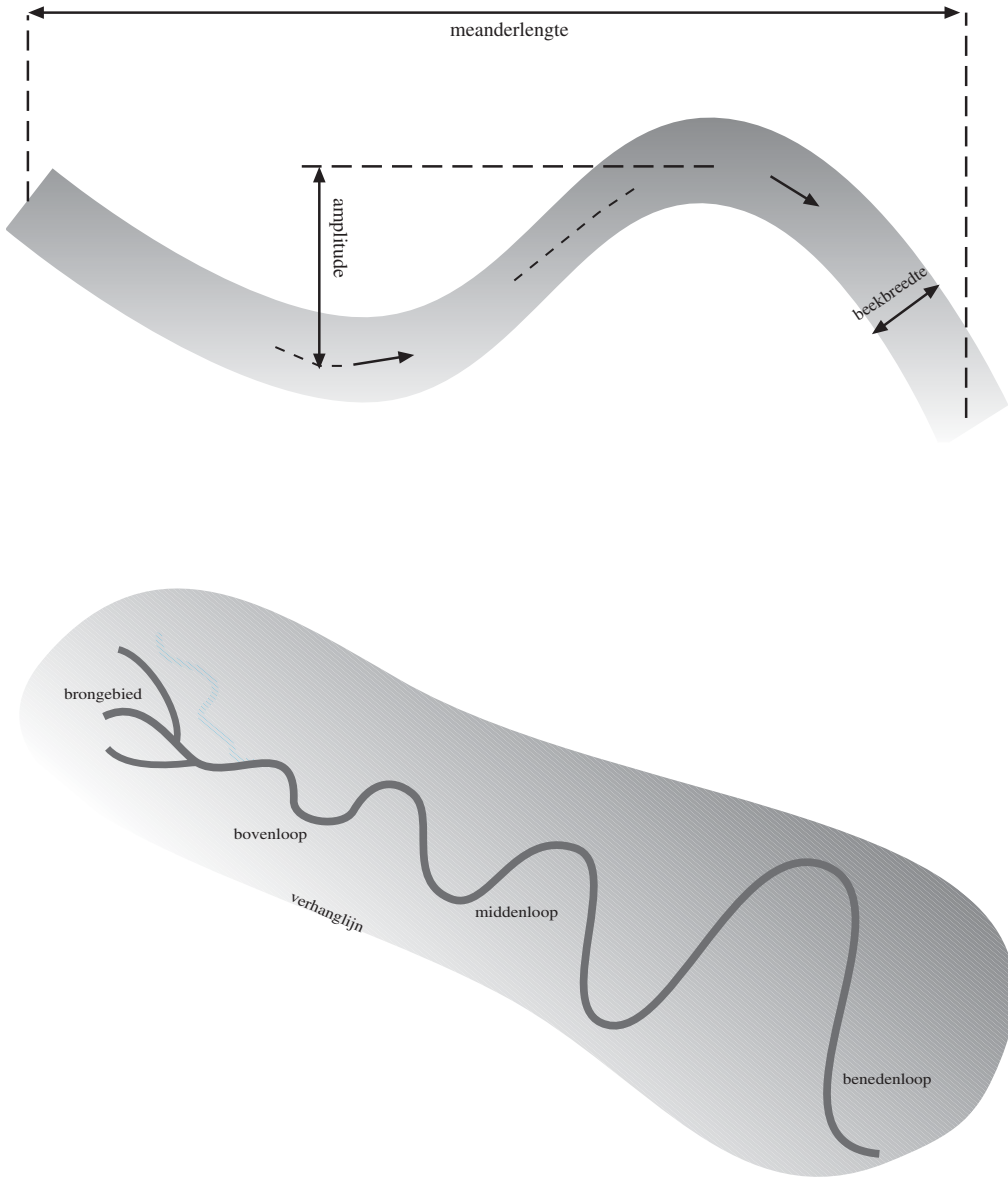
Kenmerken en randvoorwaarden

Een hermeandering (het opnieuw kronkelend maken van een beek) verlengt de waterloop en wijzigt de ligging ervan. Afhankelijk van lokale randvoorwaarden kan hermeandering spontaan optreden of worden gerealiseerd door:

- het uitgraven of heraansluiten van de oorspronkelijke bedding;
- het graven van een nieuwe bedding;
- het graven van een nevengeul (aan één of beide zijden van de rechte loop);
- het aantakken van oude meanders;
- het verwijderen van duikers die een hermeandering verhinderen;
- het verwijderen van oeverversteving en/of het aanbrengen van kribben.

Bij een hermeandering moet bij voorkeur de oorspronkelijke loop worden gevolgd. Als dat niet mogelijk is, kan men het beste zoveel mogelijk de natuurlijke segmentlengtes en boogstralen aanhouden. Er moet voldoende ruimte beschikbaar zijn om de waterloop gelegenheid te geven naar een natuurlijke evenwichtssituatie te evolueren.

Natuurlijke beken volgen zelden een rechte loop over een afstand groter dan tien keer de beekbreedte. De mate van meandering wordt uitgedrukt in sinuositeit. Dat is de verhouding tussen de bochtige beeklengte en de lengte van het beekdal in rechte lijn. Op basis van de sinuositeit kunnen waterlopen in drie typen worden ingedeeld: recht (sinuositeit < 1,1), kronkelend (1,1 < sinuositeit < 1,5) en meanderend (sinuositeit > 1,5). De mate van meandering hangt af van het verhang, het debiet, de stroomsnelheid en ten dele het sedimenttransport. De tracédimensies worden groter naarmate meer water wordt afgevoerd. De meanderdichtheid in de bovenloop is doorgaans lager dan die in de middenloop en benedenloop.



Figuur 2.8: overzicht van de graduele verandering in meanderdichtheid, amplitude en meander(golf)lengte in een waterloop.

Sectie

Het dwarsprofiel (sectie) van een natuurlijke waterloop varieert en is asymmetrisch. Zo moet ook bij hermeandering een afwisseling worden nagestreefd tussen U-vormige en extreem asymmetrisch profielen. Tussen deze profielen kunnen geleidelijke overgangen worden aangebracht. Na verloop van tijd zal de waterloop zelf deze profielen aanpassen aan de lokale situatie, zodat op natuurlijke wijze een stroomkuilenpatroon ontstaat.

Waterlopen met een sterk fluctuerend debiet zijn geholpen met een zomer- en winterbedding. Dit vereist wel de nodige ruimte. Bovendien kan het noodzakelijk zijn retentiebekkens aan te leggen om ook in droge perioden een zeker debiet te kunnen waarborgen. In laaglandbeken waar weinig ruimte beschikbaar is, zijn meertrapskanalen een goed alternatief. Als de hoofdstroom actief kan meanderen binnen een afgebakende zone, verhoogt dit de ecologische en recreatieve waarde van het gebied.

Het waterschap Roer en Overmaas opteert in (landbouw)-gebieden waar vernatting ongewenst is, voor een zomer- en winterbedding. Hiertoe graaft men een ondiepe zone uit (de winterbedding) waarbinnen een smallere beek slingert met een hogere stroomsnelheid. Aan één zijde van de winterbedding (de noordkant) bevindt zich een werkp pad waarlangs kan worden gemaaid om ook bij grotere debieten de afvoer zeker te stellen. De andere zijde wordt niet gemaaid waardoor er een bos ontstaat. De zomerbedding wordt in beginsel niet onderhouden. Deze werkwijze benadert een natuurlijke situatie, mits de winterbedding voldoende breed is. Het waterschap Roer en Overmaas reserveert voor de ingreep gemiddeld vijftien meter grond aan beide zijden van de beek. Samen met de breedte van de beek zelf komt dit neer op een sectie van in totaal 45 meter.

Oeverzone

Het herstel van een vrije meandering vraagt om onverstevigde oevers en een brede oeverzone. Indien men lokaal de bochten toch binnen de perken wenst te houden, kan dit door:

- een versteviging van de oever met bijvoorbeeld houtkanten;
- te opteren voor een semi-natuurlijke meandering;
- het aanleggen van een winter- en zomerbedding waarbij meanderen enkel in de zomerbedding wordt toegestaan;
- het uitgraven van oude meanders met behoud van de huidige loop als overlaat bij hoogwater. Hierbij worden hoge debieten door de huidige loop gestuurd. Aangezien meandervorming vooral optreedt bij deze hoge debieten zal dit proces veel langzamer en minder krachtig plaats vinden.

Verval

Hermeanderen betekent dat de waterloop langer wordt. Het verval is dan beter op te vangen, zodat vissen gemakkelijker stroomopwaarts zwemmen. Als het verval toch nog te groot blijkt, kan men de oever en de bedding van de waterloop op natuurlijke wijze verruwen. Dit verlaagt de stroomsnelheid en geeft aanleiding tot een divers stromingspatroon (zie ook "Algemene ontwerpcriteria").

Dimensionering

Met de formules van Manning kunnen berekeningen worden uitgevoerd aan parameters zoals de ruwheid, het bodemverhang en de afmetingen van meanders (zie ook "Algemene ontwerpcriteria"). Op die manier kan worden beoordeeld of de bochten passen binnen de beschikbare ruimte.

Toetsing

- Ontstaat er een metastabiele waterloop die zich verdraagt met de randvoorwaarden op stroom- en bekken-niveau?
- Is voldoende variatie aanwezig en is de waterloop niet overgedimensioneerd ten opzichte van het beschikbare debiet?
- Wordt het project tijdens de aanleg voldoende begeleid en bijgestuurd?
Zie ook paragraaf 2.4 'Toetsing van ontwerp'

R1T2V2 Inundatie van polders

Kenmerken en randvoorwaarden

Met de inundatie van poldergebieden kan men paai-, opgroei- en foerageergebieden realiseren. Wel moeten deze gebieden aan de volgende voorwaarden voldoen:

- het oppervlak is voldoende groot (bij voorkeur enige hectares);
- de waterdiepte is niet te klein (minimaal 30 cm);
- de inundatieperiode is lang genoeg (in elk geval van januari tot mei);
- er is een geleidelijke waterafvoer mogelijk naar aangrenzend boezemwater;
- de vissen kunnen terugzwemmen (bijvoorbeeld via greppels);
- er is voldoende lang gras aanwezig om te kunnen paaien

Toetsing

- Kunnen vissen tijdens het migratieseizoen optrekken?
- Kunnen vissen veilig de polder verlaten?
Zie ook "Toetsing van ontwerp"

R1T2V3 Herstel estuaria

Kenmerken en randvoorwaarden

Onder natuurlijke omstandigheden is er in estuaria een geleidelijke overgang van zoete wateren via brakke naar zoute milieus.

Toetsing

- Is er sprake van uitbreiding slikken, platen en schorren?
 - Ontstaan zachtere oevers?
 - Is er sprake van herstel mengzone van zoet en zout?
 - Is er sprake van herstel morfologische processen?
 - Is het gehele jaar voldoende zoet water aanwezig?
 - Is er sprake van een zo autonoom mogelijke gebiedsontwikkeling?
- Zie ook "Toetsing van ontwerp"

R2 Semi-natuurlijke doorgangen

R2T1 Nevengeul

Kenmerken en randvoorwaarden

Criteria voor efficiënte en natuurlijke visdoorgangen staan in "Algemene ontwerpcriteria". De dimensies van een nevengeul zijn te bepalen aan de hand van modellen of met behulp van de formule van Manning ("Algemene ontwerpcriteria"). De dimensies van een nevengeul (zoals de breedte, het verhang en de diepte) moeten zoveel mogelijk overeenkomen met die van een natuurlijke waterloop uit eenzelfde regio, met een vergelijkbaar debiet en binnen dezelfde Huet-zone.

Een nevengeul kenmerkt zich bij voorkeur door een natuurlijk, geleidelijk verval. Dit verval is te herstellen door uit te gaan van het laagste punt van de oorspronkelijke bedding (indien de hoofdloop destijds is verlegd) en gebruik te maken van bestaande waterlopen. Deze aanpak benadert het dichtst het herstel van de natuurlijke situatie. Het is echter ook mogelijk een nieuwe nevengeul te graven met een glooiing die in verhouding staat tot de valleihelling. Zo kan een natuurlijke diversiteit aan stroomsnelheden en structuren ontstaan. Ontbreekt de ruimte om de nevengeul voldoende lengte te geven (en dus een geleidelijk verval), dan kunnen de bedding en oevers op een natuurlijke wijze worden verruwd. Eventueel kan de ruwheid van de nevengeul op semi-natuurlijke wijze extra worden vergroot door de aanleg van bijvoorbeeld een stenen visdoorgang (zie R2T2).

De uitstroom van een efficiënte nevengeul kenmerkt zich door een goede ligging en een krachtige lokstroom (zie "Algemene ontwerpcriteria"). Als het waterpeil van de hoofdloop varieert, kan de instroom van de nevengeul fungeren als een debietsregulator. De instroom moet

voldoende capaciteit hebben bij hoge debieten, maar bij lage debieten ook voldoende water doorlaten om een zodanig waterpeil te handhaven dat vismigratie mogelijk blijft. Dit is te realiseren met een zomer- en winterbedding. Eenvoudige constructies kunnen helpen om fluctuaties in de debieten en peilstanden van de nevengeul te beheersen. Nevengeulen moeten zijn berekend op afkalvende oevers, erosie- en sedimentatieprocessen. Een continue doorstroming en eventueel een zandvang aan de ingang voorkomen dat de nevengeul verzandt of dichtslibt.

Sectie

Maximaal wordt voor een zo natuurlijke sectie geopteerd. Op basis van waterlopen met een gelijkaardige dimensionering kan deze in de omgeving opgezocht worden. Eventueel kan gebruik worden gemaakt van historische bronnen. Dezelfde regels als voor hermeandering (Zie R1T2V1) dienen verder toegepast te worden.

Oeverzone

Een oeverzone waar de nevengeul/waterloop enige ruimte krijgt voor natuurlijke ontwikkeling is steeds belangrijk. Bij voorkeur wordt de ruimte voorzien voor spontane meandering (zie R1T2V1). Maar ook een natuurlijke vegetatie op de oevers (bij voorkeur afwisseling van houtkant en grazige zones) is zeer belangrijk voor de habitatkwaliteit van de waterloop. Een oeverzone zorgt er bovendien voor dat oeverversteving tot een minimum beperkt kan worden.

Verval

zie R1T2V1

Dimensionering

zie R1T2V1

Beheer

Het beheer bepaalt in belangrijke mate de natuurlijke ontwikkeling van de nevengeul. Wanneer er voldoende ruimte beschikbaar is kan er geopteerd worden voor een nulbeheer of een beheer dat beperkt wordt tot een jaarlijks maaibeheer van (één van) de oevers. De bodemvegetatie wordt bij voorkeur niet gemaaid gezien deze belangrijk is voor de habitatontwikkeling. Bovendien kan de bodemvegetatie ook een belangrijke factor zijn om de ruwheid van de nevengeul te verhogen (zie ook "Algemene ontwerpcriteria"). Bij aanslibbing zal de nevengeul geruimd moeten worden. Indien dit het geval is wordt bij voorkeur geopteerd voor de aanleg van een slibvang zodanig dat de geruimde zone tot een minimum beperkt kan worden.

Toetsing

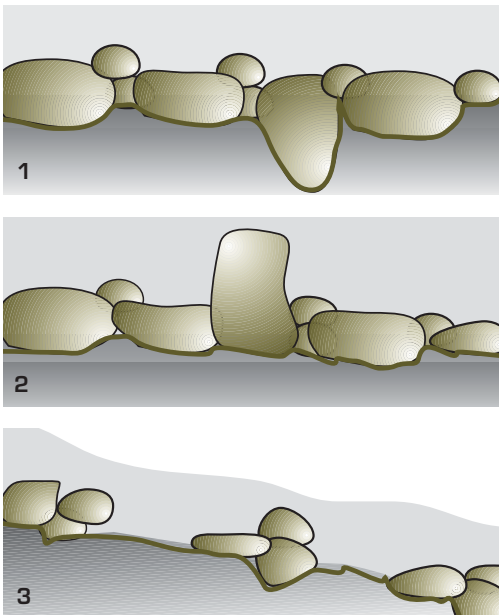
- Ligt de ingang van de visdoorgang nabij de stuw?
- Is de lokstroom (debiet, richting, stroomsnelheid) zo sterk genoeg?
- Is met de diverse belangengroepen een evenwichtige debietverdeling overeengekomen (vismigratie/watermolen)?
- Is er meer variatie in stroomsnelheden en structuur dan in de hoofdloop?
Zie ook "Toetsing van ontwerp"

R2T2 Stenen of houtige visdoorgangen

Kenmerken en randvoorwaarden

Criteria voor efficiënte en natuurlijke visdoorgangen staan in "Algemene ontwerpcriteria". In één visdoorgang kan men diverse stromingspatronen creëren door naast stroomversnellingen (pool-riffles) ook drempels aan te leggen en hierbij verschillende materialen (zoals zetstenen en boomstammen) toe te passen.

De dimensies van een visdoorgang zijn te bepalen aan de hand van modellen of met behulp van de formule van Manning. Afhankelijk van het gewenste stromingspatroon kiest men grote of kleine stenen (of een combinatie hiervan). De voorkeur gaat uit naar streekeigen steensoorten. Om te voorkomen dat de stenen wegspoelen, kunnen ze worden ingebed (figuur 2.9). Een zandige bodem kan hiertoe worden voorzien van platte grids of driedimensionale weefsels.



Figuur 2.9: voorbeelden van het stabiliseren van stenen: 1. Geheel ingebed, 2. Gedeeltelijk ingebed 3. Drempelvorming

Zonodig worden stenen onder het wateroppervlak vastgezet met grenen paaltjes. Bij drempels in de buurt van wandelpaden of op kanoroutes kunnen de stenen worden verankerd in een betonlaag (zie R2T2V2).

Toetsing

- Is een permanente waterstroom gewaarborgd?
- Stroomt ook bij lage debieten het water nog over de stenen (in plaats van ertussendoor)?
- Zijn alle doorzwemopeningen voor de beoogde vissoorten voldoende groot?
Zie ook "Toetsing van ontwerp"

R2T2V1

Stenen stroomversnellingen (pool-riffle)

Kenmerken en randvoorwaarden

Criteria voor efficiënte en natuurlijke visdoorgangen staan in "Algemene ontwerpcriteria". Een stenen stroomversnelling bestaat bij voorkeur uit een afwisseling van zones mét en zonder stenen. Dit type visdoorgang vraagt relatief veel lengte.

R2T2V2 Stenen helling (riprap, vishelling, rocky ramp)

Kenmerken en randvoorwaarden

Criteria voor efficiënte en natuurlijke visdoorgangen staan in "Algemene ontwerpcriteria". Een stenen helling kenmerkt zich door zetstenen die willekeurig in de waterloop zijn geplaatst. De afmetingen van de zetstenen zijn van dezelfde orde grootte als de gemiddelde waterdiepte. Het water stroomt dus vooral tussen de stenen door. Als de visdoorgang een hoogteverschil van meer dan 1,5 meter overbrugt, zijn rustzones (kuilen) nodig. De helling van de visdoorgang moet worden afgestemd op de glooiing van het landschap. Om te voorkomen dat de stroomsnelheden hierdoor te hoog worden, kan men een visdoorgang in zandige gebieden meer lengte geven. Daarbij wordt de bedekkingsgraad van stenen op de bodem tot een minimum beperkt. De maximaal toelaatbare helling hangt af van de beoogde vissoorten (zie tabel 2.2).

Viszone	Forel	Vlagzalm	Barbeel	Brasem
Max. helling	1 : 10	1 : 15	1 : 20	1 : 25

Tabel 2.2: viszone en bijbehorende maximale helling

Oeverzones

De oevers kunnen op natuurlijke wijze worden ingericht. Uitspoeling van de oevers kan de werking van de stroomversnelling te niet doen. Een remedie tegen uitspoelen is het aanbrengen van teenverstevigingen.

De helling kan op diverse manier worden opgebouwd. In kleine waterlopen kunnen in plaats van rijen grote stenen ook ruwe steenbestortingen worden toegepast.

Dimensionering

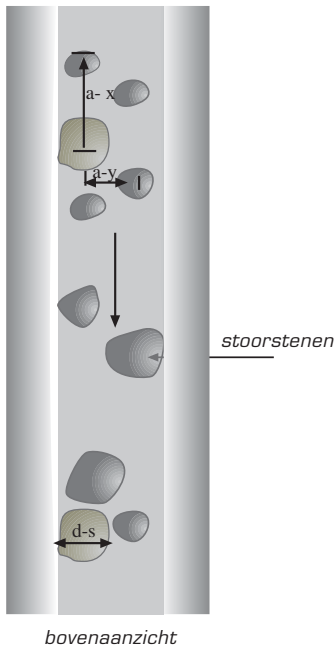
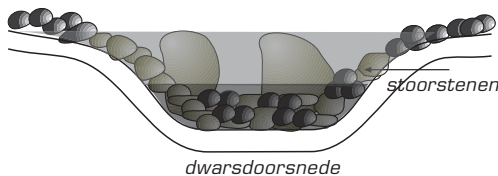
De dimensionering van een vishelling, zoals in figuur 2.10 gebeurt volgens een standaardmethode. a_x = de gemiddelde ruimte tussen de stoorstenen in de stroomrichting [m]
 a_y = de gemiddelde ruimte tussen de stoorstenen dwars op de stroomrichting [m]
 d_s = de gemiddelde diameter van een steen [m]

Als richtlijn voor het plaatsen van stoorstenen geldt:

$$a_x = a_y = 2,5 \cdot d_s$$

waarbij de ruimte tussen de stoorstenen minimaal 0,3 meter bedraagt.

¹ Zie typebestek *natuurvriendelijke oevers (2000)*. AMINAL afdeling Water



Figuur 2.10 Dimensionering van een vishelling met zetstenen

De gemiddelde stroomsnelheid kan worden berekend met de formule van Darcy-Weisbach:

$$V_{\text{gem}} = 1/\lambda \cdot \sqrt{8 \cdot g \cdot R \cdot S}$$

Hierin is:

V_{gem} = de gemiddelde stroomsnelheid [m/s]

λ = wrijvingsfactor [-]

R = hydraulische straal [m]

S = het verhang [m/m]

Voor een vishelling met ruwe bodem kan de wrijvingsfactor worden bepaald met de formule:

$$1/\lambda = -2 \log (k_z / 14,84 \cdot R)$$

Hierin is:

k_z = de equivalente zandruweheidsdiameter [m]

De zandruweheidsdiameter kan bij een ruwe steenbestorting worden vervangen door de gemiddelde steendiameter of de d_{90} diameter, indien het gaat om een steenbestorting met een normaalverdeling.

R2T2V3 Stenen drempels (step-pool; cascade vispassage)

Kenmerken en randvoorwaarden

Criteria voor efficiënte en natuurlijke visdoorgangen staan in "Algemene ontwerpcriteria". Kenmerkend voor stenen drempels zijn de rijen grote zetstenen waartussen en waarover de vis kan migreren. De voordelen van een drempel ten opzichte van een helling zijn dat een hoger waterpeil mogelijk is en dat over een kortere afstand een groter verval kan worden overbrugd. Een nadeel is het optreden van een groter opstuwend effect. Dit effect is echter kleiner dan bij een bekkenpassage, omdat stenen meer water 'verliezen' dan houten damwanden. Een voorwaarde voor stenen drempels is wel dat de waterloop voldoende debiet levert, zodat de hellende vlakken tussen de overlaten goeddeels onder water blijven staan. Met het oog op de migratie van slechte zwemmers moet de helling niet sterker zijn dan 1:20. Over een korte afstand (< 0,75 meter) is een helling van 1:15 mogelijk. Evenals bij vishellingen is de maximaal toelaatbare helling afhankelijk van de vissoort (zie tabel).

Oeverzones

Zonodig kunnen de oevers plaatselijk worden voorzien van een teenversterking. Dit kan een steenbestorting zijn die tegen de oever oploopt.

Dimensionering

De dimensionering van een stenen drempel gebeurt volgens een standaardmethode waarbij gebruik wordt gemaakt van de formule van Poleni:

$$Q = \frac{2}{3} \mu \cdot C_{dr} \cdot \Sigma b_s \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1}$$

Hierin is:

Q = het debiet over de stenen drempel [m³/s]

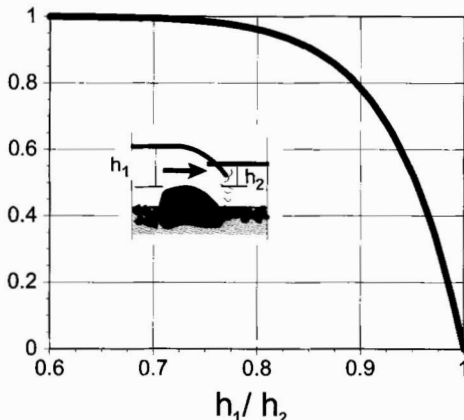
μ = overlaatcoëfficiënt; voor hoekige, scherpe stenen 0,5-0,6, voor ronde stenen 0,6-0,8

C_{dr} = een coëfficiënt afhankelijk van de verdrinkingsgraad (zie figuur 2.15)

Σb_s = de som van de breedtes van de doorlaatopeningen [m]

h_1 = de waterhoogte stroomopwaarts de overlaat [m]

h_2 = de waterhoogte stroomafwaarts de overlaat [m]



Figuur 2.11 De coëfficiënt C_{dr} als functie van de verdrinkingsgraad.

De maximale stroomsnelheid kan worden berekend met de formule:

$$v_{\max} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h}, \text{ waarin } \Delta h = h_1 - h_2$$

Het blijkt echter dat ook andere, moeilijk in te calculeren factoren de waterhoogte en stroomsnelheid bepalen. Het verdient daarom aanbeveling om aan de hand van metingen van waterdiepten en stroomsnelheden vast te stellen of de drempels nog moeten worden aangepast.

R2T3 Gedeeltelijk herstel van riviermondingen (estuaria)

Kenmerken en randvoorwaarden

Een duiker in een dijk tussen de zee en de polder bewerkstelligt in het achterland een gedempt getijde. Hierdoor ontwikkelen zich kwelders, wat neerkomt op een gedeeltelijk herstel van de riviermondingen. De duiker werkt als een knijpopening. Om de energie van het water te breken, moeten de wanden en bodem van de duiker zo ruw mogelijk zijn. Zonodig kan op de bodem van de duiker een vaste steenbestorting worden aangebracht.

Dimensionering

Het ontwerp van de duiker (afmetingen, ruwheid en bodempeil) hangt af van het zeepeil, het maximaal toelaatbare debiet dat de polder mag binnenstromen, de maximaal toelaatbare stroomsnelheid in de duiker en het maximaal toelaatbare peil in de polder.

R2T4 Tijdelijke inundatie/waterberging

Kenmerken en randvoorwaarden

Met een tijdelijke inundatie van poldergebieden kan men paai-, opgroei- en foerageergebieden realiseren. Wel moeten deze gebieden aan de volgende voorwaarden voldoen:

- het oppervlak is voldoende groot (bij voorkeur enige hectares);
- de waterdiepte is niet te klein (minimaal 30 cm);
- de inundatieperiode is lang genoeg (in elk geval van januari tot mei);
- er is een geleidelijke waterafvoer mogelijk naar aangrenzend boezemwater;
- de vissen kunnen terugzwemmen (bijvoorbeeld via greppels);
- er is voldoende lang gras aanwezig om te kunnen paaien.

Het weer droogleggen van de gebieden moet geleidelijk gebeuren, zodat de vissen gelegenheid hebben een veilig heenkomen te zoeken in de boezemwateren. Voor snoek is het daarbij van belang dat de boezem voldoende schuilplaatsen biedt, bijvoorbeeld in de vorm van goed ontwikkelde en 'open' rietkragen. De gewenste inundatiediepte kan zonodig worden bereikt door de gebieden in de wintermaanden kunstmatig te inunderen (bijvoorbeeld via windbemaling). Het geleidelijk droogleggen kan gebeuren met een afsluitbare duiker of middels een vispassage. Voor dergelijke kunstmatige vloedmoerassen komen vooral economisch minder waardevolle poldergebieden in aanmerking.

Toetsing

- Kunnen vissen tijdens het migratieseizoen optrekken?
 - Kunnen vissen veilig de polder verlaten?
- Zie ook "Toetsing van ontwerp"

R3 Technische doorgangen

R3T1 Bekkenpassage

Kenmerken en randvoorwaarden

Bekkenpassages onderscheiden zich naar hun vorm en de wijze van overstorten (overlaat of vertical slot). Ze kunnen langs een barrière worden aangelegd of in de hoofdloop zelf, ter vervanging van een stuw. Voor het ontwerp van een bekkenpassage zijn de zwemprestaties van de zwakste vis maatgevend (wat niet het geval is bij semi-natuurlijke visdoorgangen). Bij doelsoorten zoals biermpje, riviergrondel, rivierdonderpad en kleine modderkruiper passen stroomsnelheden van 0,3-0,5 m/s. Indien de bekkenpassage ter hoogte van een regelbare stuw ligt, moet rekening worden gehouden met het stuwbeheer. Het doel is om de visdoorgang het gehele jaar door te laten werken; bij hoge en lage debieten en bij een hoog en laag stuwpeil. Als het stuwpeil fluctueert (bijvoorbeeld in landbouwgebieden als gevolg van ophopend maaisel) kan men kiezen voor een groter aantal overlaten met een kleiner hoogteverschil (bijvoorbeeld acht in plaats van tien centimeter). Semi-natuurlijke oplossingen zijn vaak minder afhankelijk van een vast stuwpeil dan bekkentrappen.

R3T1V1

Bekkenpassage met V-vormige overlaten

Kenmerken en randvoorwaarden

Criteria voor efficiënte en natuurlijke visdoorgangen staan in paragraaf 2.2 "Algemene ontwerpcriteria". Een bekkenpassage wordt bij voorkeur geplaatst in de waterloop zelf. Het totale debiet gaat dan door de passage, zodat een optimale attractiviteit kan worden gerealiseerd. De bekkentrap neemt hierbij de rol van de stuw over, zodat deze kan worden verwijderd. Het hoogteverschil wordt overbrugd met diverse kleinere stappen.

Eventueel kan de bekkenpassage in een bypass langs het knelpunt worden geplaatst. Men kan kiezen voor een korte bypass of een omleiding met langere bekkens en minder trappen. In het laatste geval moet worden nagegaan of in plaats van een technische oplossing een semi-natuurlijk ontwerp mogelijk is (zie R2). In een bypass is de kwaliteit van de lokstroom van cruciale betekenis.

Bekkens

Voor een goede energiedemping in de bekkens dienen de overlaten voldoende ver van elkaar te staan, afhankelijk van

het debiet. Zo moet bij een debiet van 2,5 m³/s de afstand tussen twee overlaten minimaal acht meter bedragen. Een extra energiedemping kan worden bereikt door de waterloop te verruwen, bijvoorbeeld met vegetatie. Het ontwerpdebiet (Q_d) en de gewenste energiedemping bepalen de afmetingen van de bekkens. Bij een debiet tussen 1/2 Q_d en Q_d dient de passeerbaarheid optimaal te zijn (zie tabel 2.2). Een divers stromingspatroon verhoogt de kwaliteit van de visdoorgang. Naast zones met snelstromend water kunnen ook rustzones worden ingericht, bijvoorbeeld in de vorm van een rustbekken met grotere dimensies. Een bekkenpassage met V-vormige overlaten vraagt relatief veel diepte omdat de vissen zich goed moeten kunnen afzetten. Een creatief ontwerp kenmerkt zich door variabele diepten, diverse overlaatvormen en verschillende afstanden tussen de overlaten.

V-vormige overlaat

De V-vormige overlaat zorgt voor een variërende overlaathoogte ten opzichte van de bodem van de bekkens. De waterloop wordt aan de zijanten geremd, wat een gunstig effect heeft op de diversiteit van het stromingspatroon. Het laagste punt van de overlaat is volledig verdronken, zodat steeds voldoende water voor de vispassage aanwezig is. Voor de verdrinkingsgraad (S) van de overlaat geldt:

$$S = h_2 / h_1$$

Hierin is:

h_2 = de waterstand benedenstrooms [m]

h_1 = de waterstand bovenstrooms [m]

(ten opzichte van de kruin).

Een gunstige waarde voor de verdrinkingsgraad is 0,5. Hierbij komt de gewenste energiedemping tot stand, terwijl het aantal bekkens beperkt blijft en de passage is gewaarborgd. Als voor het aantal overlaten geen beperking geldt, is het aantrekkelijk om de niveaoverschillen kleiner te maken ($S > 0,5$). De overlaten kunnen aan de benedenstroomse zijde worden voorzien van een vertical slot (zie R3T1V3) of worden aangestort met stenen om de optrek mogelijkheden voor vis en andere (bodem)fauna te verbeteren. Bodemvissen kunnen tussen de stortstenen doorzwemmen, terwijl bijvoorbeeld de glasaal langs de bestorting over de overlaat kan kruipen. De steilte van het talud van de overlaat loopt af van 1:1 in het midden tot 1:3 aan de zijanten. De stortstenen zijn te fixeren met beton. Aan de zijanten treden bij een volkomen overstort gunstige stroomsnelheden op voor trage zwemmers. Voorts kunnen op de drempel zelf de stenen zodanig worden gerangschikt dat hier doorzwemspelen ontstaan. Deze doorgangen moeten minimaal 20 centimeter hoog en 20 centimeter breed zijn.

Materialengebruik

Bij de aanleg van een bekkenpassage wordt gebruik gemaakt van houten materialen, steenbestortingen, beton en grids (weefsels). Houten palen kunnen in de bodem worden geduwd en al dan niet worden bedekt met stortstenen. Deze oplossing is geschikt als water tussen de palen mag doorsijpelen. Palen zijn financieel interessanter dan damplanken. Een verduurzaming van deze palen is niet nodig wanneer ze zich steeds onder het wateroppervlak bevinden. Vaak zal echter een deel van het hout zich boven het wateroppervlak bevinden zodat hiervoor voor duurzamere houtsoorten geopteerd moet worden. Voor ronde palen zijn de volgende houtsoorten geschikt:

- Europees vuren (*Picea*-soorten met *Abies*-bijmenging);
- *Abies*-soorten;
- Europees grenen (*Pinus*-soorten);
- Lariks (*Larix*);
- Douglas (*Pseudotsuga menziesii*).

Voor de aanleg van waterdichte bekkens worden damplanken ingezet. Deze situatie doet zich voor als het debiet over een langere periode laag is. Voor damplanken, kantplanken en kessen zijn geschikt:

- Naaldhout (Europese grenen, vuren, Douglas en lariks);
- Eik;
- Kastanje;
- Tropisch hardhout (uit duurzaam beheerde bossen).

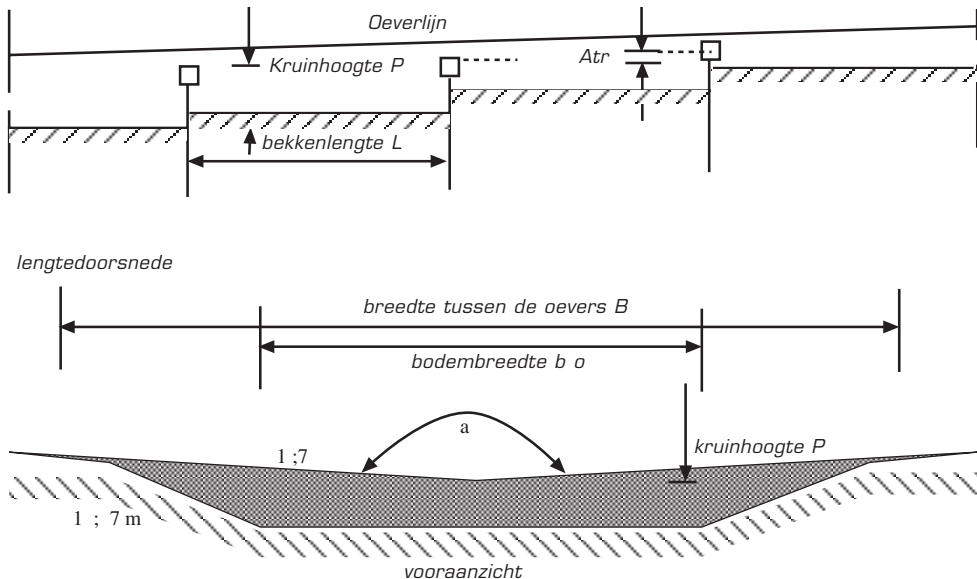
Bestortingen bevorderen de migratie van bodemvissen en voorkomen luchtgordijnen aan de stroomafwaartse zijde. Goed geplaatste stenen bewerkstelligen op de bodem diverse stromingspatronen. Voorts kunnen bestortingen steile oevers verstevigen. Bij bestortingen kan men denken aan steenslag, rolgrind, ruwe steen en brokken puin.

Voor de toepassing van beton is men aangewezen op de producten van BENOR-gekeurde centrales. Indien de bestorting niet 'droog' kan gebeuren, wordt gebruik gemaakt van colloidaal beton. Dit beton kan ook onder water verharden. Voorts heeft dit beton goede kleefeigenschappen, wat de plaatsing van stenen vereenvoudigt. De stenen worden elk voor maximaal een derde deel in het beton vastgezet. Vermeden moet worden dat het beton over de stenen wordt aangebracht waardoor in feite een betonnen overlaat ontstaat.

Onder bestortingen die gevaar lopen in de grond weg te zakken, dient een substraat te worden geplaatst. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van platte grids of driedimensionale weefsels (zonder vulling).

Oevers en bodem

De oevers en bodem van een bekkenpassage dienen zo natuurlijk mogelijk te zijn. In de bodem van een bypass kunnen oneffenheden en poelen worden aangelegd. Wel is



Figuur 2.12 Ontwerpschetsen voor een bekkenpassage met V-vormige overlaten.

het van belang dat de dynamiek van het ontwerp de oevers en bodem niet aantast, waardoor op termijn de efficiëntie van de visdoorgang in het geding komt. Het gevaar bestaat dat, als gevolg van turbulentie, de bodem achter de overlaat uitschuurt. De beste oplossing voor dit probleem is de plaatsing van stortstenen achter de overlaten. Om te beletten dat deze in de bodem wegzakken, kan onder de stenen een geogrid worden aangebracht. Een doordachte plaatsing van de stortstenen kan de stromingspatronen gunstig beïnvloeden. Grote stenen op de bodem, vooral bij de neren, creëren rustgebieden. Damplanken of palenrijen moeten ver genoeg (circa twee meter) in het talud worden geplaatst om achterloopsheid en erosie tegen te gaan. Als het noodzakelijk is om oevers te verstevigen, dient dit te gebeuren in overeenstemming met de regels van de natuurtechnische milieubouw.

Dimensionering

Specifiek voor het debiet van een niet verdrongen V-vormige overlaat geldt:

$$Q = (4/5)^{5/2} \cdot (g/2)^{1/2} \cdot \tan(\alpha/2) \cdot C_D \cdot h_1^{2,50}$$

Hierin is:

Q = debiet over de overlaat [m^3/s]

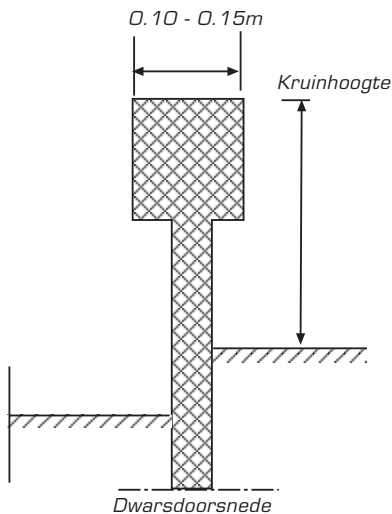
C_D = afvoercoëfficiënt, afhankelijk van de lengte en vorm van de overlaat [-]

g = zwaartekrachtversnelling [m/s^2]

α = de hoek van de V-vormige overlaat [$^\circ$]

H_1 = energiehoogte ten opzichte van de kruin [m]

$$H_1 = h_1 + \frac{v^2}{2 \cdot g}$$



Hierin is:

h_1 = overstorthoogte stroomopwaarts van de overlaat ten opzichte van de kruin [m]

V = stroomsnelheid ter plaatse van het h_1 meetpunt [m/s]

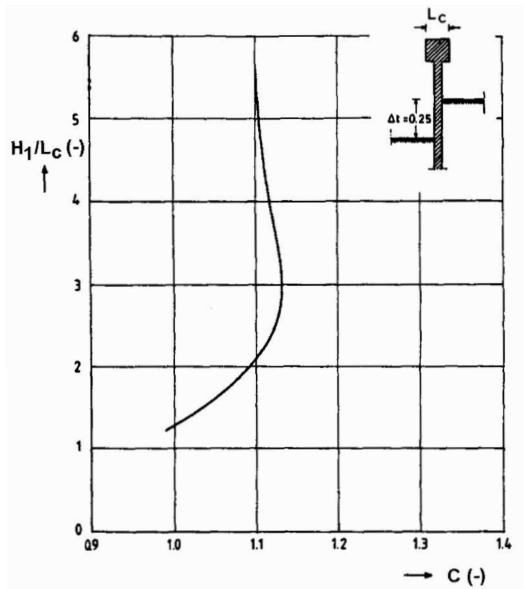
Voor een debietmeting wordt de overstorthoogte (h_1) gemeten op enige afstand bovenstrooms van de eerste (hoogst gelegen) overlaat. De stroomsnelheid is daar laag en bijgevolg de term ($v^2/2g$) verwaarloosbaar klein; $H_1 \approx h_1$. De formule voor het debiet kan dan als volgt worden herschreven:

$$Q = (4/5)^{5/2} \cdot (g/2)^{1/2} \cdot \tan(\alpha/2) \cdot C_D \cdot h_1^{2,50}$$

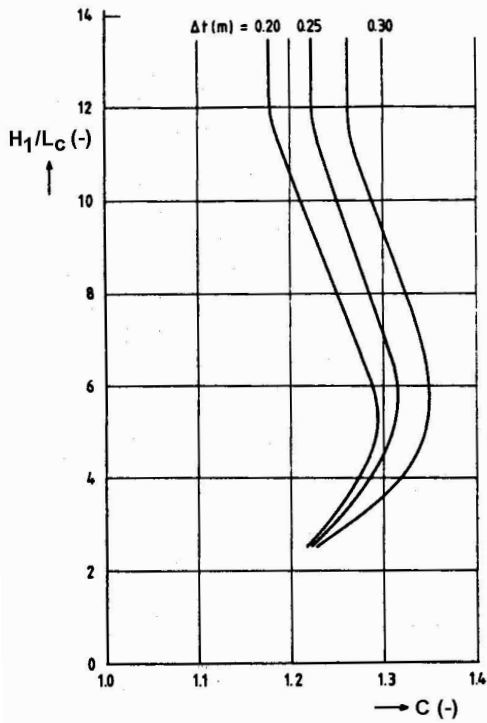
Voor een V-vormige overlaat met $\tan(\alpha/2) = 7$ geldt:

$$Q = 8,87 C_D \cdot h_1^{2,50}$$

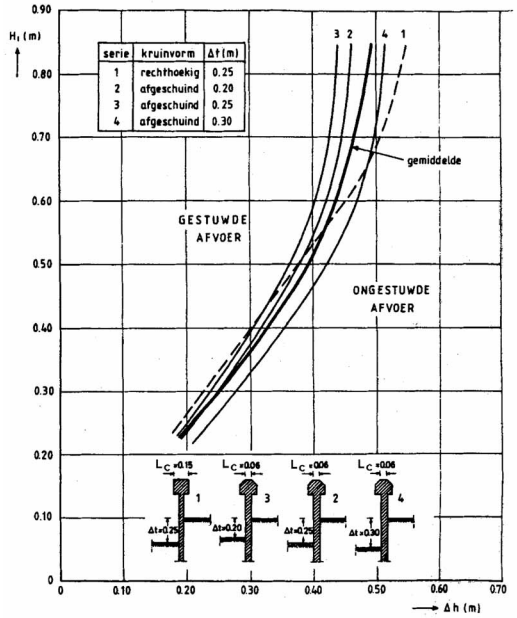
De afvoercoëfficiënt (C_D) is afhankelijk van de verhouding H_1/L_c (zie figuur 2.13). Hierin is L_c de lengte van de kruin in de stroomrichting. Ook van invloed op de afvoercoëfficiënt zijn de vormgeving van de kruin (rechthoekig of afgeschuind) en het verval (Δh) tussen twee opeenvolgende bekkens. De debietformule is eenduidig. Bij elke gemeten overstorthoogte (h_1) behoort slechts één debiet (Q), en omgekeerd. Het maakt niet uit of de stroming over de eerste overlaat ongestuwd of gestuwd is.



Figuur 2.13: afvoercoëfficiënt C_D van een rechthoekige kruin als functie van H_1/L_c .



Figuur 2.14: afvoercoëfficiënt C_D van een afgeschuinde overlaat als functie van H_1/L_c .



Figuur 2.15: de grenzen waarbij de debietformule nog eenduidig is voor ontwerp nr. 6

Nr.	Q_d m ³ /s	Δt m	L m	B m	P m	L_c m	B_2 m	H_1 m	u_c m/s	u_z m/s
1	0,35	0,125	3,75	5,00	0,20	0,075	1,65	0,261	1,74	0,53
2	0,56	0,150	4,50	6,00	0,24	0,090	1,98	0,313	1,91	0,58
3	0,82	0,175	5,25	7,00	0,28	0,105	2,31	0,365	2,06	0,63
4	1,14	0,200	6,00	8,00	0,32	0,120	2,64	0,417	2,21	0,67
5	1,54	0,225	6,75	9,00	0,36	0,135	2,97	0,469	2,34	0,71
6	2,00	0,250	7,50	10,00	0,40	0,150	3,30	0,521	2,47	0,75
7	2,54	0,275	8,25	11,00	0,44	0,165	3,63	0,573	2,59	0,78
8	3,15	0,300	9,00	12,00	0,48	0,180	3,96	0,625	2,70	0,82
9	3,85	0,325	9,75	13,00	0,52	0,195	4,29	0,677	2,81	0,85
10	4,64	0,350	10,50	14,00	0,56	0,210	4,62	0,729	2,92	0,88
11	5,51	0,375	11,25	15,00	0,60	0,225	4,95	0,782	3,02	0,92

Hierin is:

Q_d = het ontwerpdebiet [m³/s]

Δt = verval tussen twee opeenvolgende bekkenbodems [m]

L = lengte bekken tussen de oevers [m]

B = breedte bekken tussen de oevers [m]

P = kruinhoogte overlaat ten opzichte van de bodem bovenstrooms bekken [m]

L_c = lengte van de kruin in de stroomrichting [m]

B_2 = breedte van het beluchte gedeelte van de overstortende straal [m]

H_1 = energiehogte, praktisch $H_1 \approx h_1$ [m]

u_c = stroomsnelheid, direct achter de kruin [m/s]

u_z = stroomsnelheid in het hart van een bekken [m/s]

Tabel 2.3: ontwerpkenmerken van een geoptimaliseerde bekkentrap met V-vormige overlaten.

De eenduidigheid van de debietformule gaat pas verloren als het doorgangs ruim voldoende totaal verval over de visdoorgang sterk wordt gereduceerd. Bij een toenemende waterstand op de benedenloop zullen de waterstanden in de bekkens, te beginnen bij het laagstgelegen bekken, geleidelijk en na elkaar meestijgen. Deze opstuwing bereikt de hoogstgelegen overlaat pas als het totaal verval over de visdoorgang een kritieke waarde passeert. Figuur 2.15 toont in welke gebieden de debietformule al dan niet eenduidig is. Bij het onderzoek naar een optimale bekkentrap is uitgegaan van ontwerp 6. De ontwerpen 1 tot en met 5 zijn neerschalingen, de ontwerpen 7 tot en met 11 zijn opschalingen van ontwerp 6. De ontwerper kan zijn keus voor een van deze ontwerpen (zie tabel 2.3) laten afhangen van bijvoorbeeld:

- het beschikbare debiet in verband met de gewenste breedte B_2 (doorzwemgebied);
- de beschikbare ruimte (breedte en lengte van de visdoorgang);
- de gewenste stroomsnelheden u_c en u_z .

V-vormige bekkentrapen zijn over het algemeen ondiep; bij het geoptimaliseerde ontwerp wordt een bekkentiepte gehanteerd van 1,6 x het bodemverval per bekken (zie tabel 2.4). De diepte tussen twee overlaten bedraagt bij voorkeur minimaal 0,80 meter. De visdoorgang dient echter ook te worden afgestemd op de dimensies van de bestaande waterloop. Wel moet worden gezorgd voor voldoende breedte B_2 , zodat bij kleinere debieten het trapverschil kan worden verkleind naar een tiental centimeters.

Het niveauverschil tussen twee bekkens is bij voorkeur niet groter dan 10 centimeter. In de praktijk blijkt dat bij toepassing van stortstenen het niveauverschil regelmatig te groot wordt. Dit is vaak het gevolg van verkeerd geplaatste stenen of begroeiing tussen de stenen. Een ontwerp-niveauverschil van 15 centimeter leidt dan al snel tot een werkelijk niveauverschil van 18-20 centimeter. De overlaat is dan meestal niet meer passeerbaar.

Beheer

Het beheer van een bekkenpassage bestaat voor een groot deel uit controle. Het onderhoud van de bekkenpassage beperkt zich in het voorjaar (maart-juni) tot het eenmaal per maand verwijderen van drijfvuil in de kritieke passagezones. In het najaar moeten na het maaien het maaisel, blad en takken worden verwijderd. Extra ruwheid in de bekkens zelf is gunstig, maar moet op de overlaat worden vermeden. Natuurlijke sedimentafzetting en uitschuring zijn toegestaan, zolang deze geen negatief effect hebben op de passeerbaarheid van de vistrap. Zonodig moeten de steenbestortingen worden aangevuld en overlaten of oevers worden hersteld.

Toetsing

- Is de waterkolom op de overlaten hoog genoeg?
 - Is de drempelhoogte niet te hoog voor de doelsoorten?
 - Behoren bodemvissen tot de doelsoorten?
 - Zijn er voorzieningen voor bodemvissen?
 - Is een luchtgordijn aanwezig?
 - Bieden de bekkens de vis voldoende gelegenheid uit te rusten?
 - Zijn de bekkens voldoende diep?
 - Heeft de bekkenpassages in een bypass een voldoende sterke lokstroom?
 - Staan de dimensies van de bekkenpassage in verhouding tot de breedte van de waterloop?
- Zie ook "Toetsing van ontwerp"

R3T1V2 Vertical slot-vispassage

Kenmerken en randvoorwaarden

Criteria voor efficiënte en natuurlijke visdoorgangen staan in paragraaf 2.2 "Algemene ontwerpcriteria". Een vertical slot-vispassage bestaat uit bekkens die van elkaar zijn gescheiden door schotten. In elk schot bevindt zich een smalle, verticale opening vanaf de bodem tot aan de bovenzijde van het schot. Het water stroomt via deze sleuven van bekken naar bekken. De stroomsnelheden op de bodem en aan het wateroppervlak verschillen weinig en hangen vooral af van de waterhoogte. Dit maakt het vrij eenvoudig te bepalen bij welke peilstanden de vistrap nog passeerbaar is. Bij hoge debieten treedt een teruggestuwde afvoer op; het hoogteverschil tussen beneden- en bovenwaterstand neemt af.

De eerste vertical-slot vispassages bleken vrij kostbaar. Duits onderzoek in 1990 leidde tot een economischer concept dat vervolgens is geoptimaliseerd. De beste resultaten werden behaald bij een passage met een bekkenbreedte van 1,20 meter, een bekkenlengte van 1,90 meter en een vensterbreedte van 0,17 meter.

Ligging

Een vertical slot-vispassage kan in de bedding van de waterloop zelf worden aangelegd, maar wordt hoofdzakelijk in bypasses toegepast.

Bekkens

De afmetingen van de bekkens blijken minder belangrijk te zijn, zolang ze maar voldoen aan de minimale grootte die nodig is voor de energiedemping. Voor de bekkens wordt een minimale waterdiepte van 0,5 meter aanbevolen. Het verval over de vistrap wordt bepaald door de boven- en benedenwaterstanden. Het bodemniveau van het laagste bekken is de benedenwaterstand minus de minimum waterdiepte in dit bekken. De maatgevende benedenwaterstand is de laagwaterstand die slechts enkele dagen per jaar wordt onderschreden. De bovenwaterstand wordt zodanig gekozen dat deze slechts enkele dagen per jaar wordt overschreden.

Oevers en bodem

De klassieke vertical slot-passage heeft een betonnen bodem en wand. Zo'n betonnen kuip is ecologisch onaantrekkelijk en is alleen te rechtvaardigen in situaties waar de ruimte zeer beperkt is. Een meer natuurlijke bodem of wand (oever) verdient de voorkeur. De overgang tussen de bodems van de visdoorgang en de waterloop mag niet abrupt zijn. Als het gaat om een bypass kan men de bodem voorzien van oneffenheden en poelen.

Vertical slots zonder overstort

Vooraf in het buitenland zijn vertical slots gebouwd in wanden waarbij geen overstort is toegestaan. Het volledige debiet gaat door één of meer slots. De slots zijn gedimensioneerd op basis van de minimaal vereiste waterhoogte en de maximaal toelaatbare stroomsnelheid. De stroomsnelheid mag niet hoger zijn dan de sprintsnelheid van de beoogde vissoorten. Beter nog overschrijdt de stroomsnelheid zelfs niet de kruissnelheid van de vis. Voorts moeten de slots voldoende groot zijn om de vissen ook fysiek toegang te verlenen. Het is aan te raden om de schotten aan de onderzijde van de bekkenpassage hoger te maken dan de overige schotten. Het hoogteverschil tussen deze schotten kan lineair worden opgevangen.

Materialengebruik

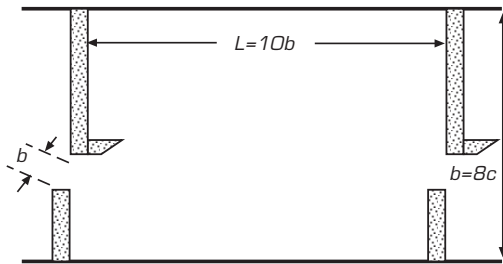
Bij de aanleg van een vertical slot-vispassage wordt, gebruik gemaakt van beton, damwand of steen). Een natuurlijker gebruik zou zijn de toepassing van houten palen (zie R3T1V1). De palen worden op een rij in de bodem geplaatst. In deze rij bevindt zich echter ook een zone zonder palen, waardoor een verticale opening ontstaat. Deze methode is geschikt als er water tussen de palen door mag sijpelen.

Stromingspatroon

Een divers stromingspatroon op de bodem bevordert de passage van zowel goede als slechte zwemmers. Met bijvoorbeeld een steenbestorting kan men naast snelstromende zones ook (bijna) stilstaande zones bewerkstelligen.

Dimensionering

In de literatuur worden diverse vertical slot-vispassages beschreven. Naast 'double slots' ook 'single slots', waarbij de laatste uitvoering de openingen steeds aan één kant heeft of juist laat verspringen. Katopodis (1990) geeft een vrij uitgebreid overzicht van zestien verschillende ontwerpen, elk met een eigen debietformule.



Figuur 2.16 Een veel voorkomende 'single slot' vertical slot-vispassage [Katopodis design nr. 1].

De diverse debietformules zijn geschikt voor ontwerpdoel-einden. Ze verschillen onderling echter te veel (bijna 10%) om er nauwkeurige metingen mee te kunnen uitvoeren. De eenvoudigste vorm is:

$$Q = C \cdot b \cdot y_0 \cdot \sqrt{(2g \cdot \Delta h)}$$

Hierin is:

Q = debiet [m³/s]

C = afvoercoëfficiënt [-]

B = sleufbreedte [m]

y₀ = waterdiepte voor de sleuf [m]

g = zwaartekrachtversnelling [m/s²]

Δh = verval van bekken tot bekken [m]

De afvoercoëfficiënt (C) voor de vertical slot 'Katopodis design nr. 1' is niet eenduidig vastgelegd. Katopodis laat de waarde variëren met de waterdiepte: 0,72 < C < 0,82 voor 0,40 < y₀ < 2,00 meter. Andrew (1990) neemt voor het gehele bereik C = 0,70. Als een vertical slot-vispassage ook wordt benut als een debietmeetpunt, wordt aanbevolen de constructie te laten kalibreren met behulp van een hydraulisch schaalmodel. De gemiddelde stroomsnelheid in een vertical slot bedraagt:

$$V_{\text{gem}} = C \cdot \sqrt{(2g \cdot \Delta h)}$$

In deze formule wordt de afvoercoëfficiënt (C) vaak ten onrechte weggelaten. Hoe meer energie in de bekkens moet worden gedempt, hoe lager de waarde van C. Zo is de afvoercoëfficiënt van 'Katopodis design nr. 3' (met slots die verspringend links en rechts liggen) circa 30% kleiner dan voor design nr. 1. De stroomopwaarts migrerende vis vindt in design nr. 1 meer rust, maar zal gemakkelijker de slots in design nr. 3 passeren. De breedte van de slots voor grote vissen (zalm, karper, snoek) varieert van 30 tot 38 centimeter (10 tot 15 inches). Er is voorgesteld om slots voor kleinere vissen niet groter te maken dan 15 centimeter (6 inches). De dimensies van de passage dienen dan wel proportioneel te worden aangepast.

Beheer

Het beheer van een bekkenpassage bestaat voor een groot deel uit controle. Natuurlijke sedimentafzetting en uitschuring zijn toegestaan, zolang deze geen negatief effect hebben op de passerbaarheid van de vistrap. Zonodig moeten de steenbestortingen worden aangevuld en overlaten of oevers worden hersteld.

Toetsing

- Zijn de vertical slots breed genoeg voor de passage van de beoogde vissen?
- Is steeds voldoende water in de bekkens aanwezig?
- Is de lokstroom voldoende waarneembaar en goed gelokaliseerd? Zie ook "Toetsing van ontwerp"

R3T1V3 Combinatie

V-vormige overlaten/vertical slot

Kenmerken en randvoorwaarden

Criteria voor efficiënte en natuurlijke visdoorgangen staan in "Algemene ontwerpcriteria". In een klassieke V-vormige overlaat (zie R3T1V1) is het mogelijk één of twee vertical slots aan te brengen. De slots kunnen buiten of juist in de hoofdstroom worden aangelegd. In het laatste geval loopt men wel het risico van te hoge stroomsnelheden. Het aanbrengen van slots verbetert de passeerbaarheid voor vis en andere fauna. Belangrijk is dat op korte afstand voor de instroomzijde van een slot een iets bredere stortsteen wordt geplaatst. Deze steen breekt de stroming en bevordert tevens het opstuwend effect bij lage afvoeren.

Stromingspatroon

Net zoals de ligging van het laagste punt bij V-vormige overlaten, is de ligging van de vertical slots bepalend voor het stromingspatroon. De voorkeur gaat naar een verspringend patroon, zodat een meanderend effect ontstaat. Een slot hoeft niet in het diepste punt te liggen. Van de gecombineerde doorgang is geen schaalmodel ontwikkeld, zodat weinig inzicht bestaat in de optredende stromingspatronen.

Dimensionering

De waterhoogte en het debiet over de overlaat zijn bij benadering te bepalen, zoals bij de V-vormige overlaat. Wel moet voor de bepaling van doorstroomsectie boven de overlaat worden vergroot met de oppervlakte van het vertical slot. Ook bij zeer lage debieten zal deze slot zijn invloed doen gelden.

Toetsing

- Zijn de vertical slots breed genoeg voor de passage van de beoogde vissen?
 - Is steeds voldoende water in de bekkens aanwezig?
 - Bieden de bekkens de vis voldoende gelegenheid uit te rusten?
 - Heeft de bekkenpassage in een bypass een voldoende sterke lokstroom?
 - Staan de dimensies van de bekkenpassage in verhouding tot de breedte van de waterloop?
- Zie ook "Toetsing van ontwerp"

R3T1V4 'De Wit'-vispassage

Kenmerken en randvoorwaarden

Criteria voor efficiënte en natuurlijke visdoorgangen staan in paragraaf 2.2 "Algemene ontwerpcriteria". Het principe van een De Wit-vispassage is afgeleid van de vertical slot-vispassage. De constructie bestaat uit een compacte bak met daarin tussenschotten die de bak verdelen in bekkens.

In ieder tussenschot is aan de onderzijde een onderwateropening aangebracht. Deze openingen verspringen ten opzichte van elkaar. Er wordt geen gebruik gemaakt van overlaten. De stroomsnelheid door de opening hangt alleen af van het verschil tussen de waterpeilen stroomopwaarts en stroomafwaarts van het schot. Op de bodem van de bak wordt een laag breuksteen zodanig aangebracht, dat een hellende, traploze bedding ontstaat. De lage stroomsnelheid op de bodem staat ook de passage toe van kleine vissen en andere waterdieren. Een De Wit-vispassage werkt niet met overlaten en reageert daarom goed op sterk wisselende debieten. Peilverschillen worden volgens het principe van de communicerende vaten over de kamers uitgemiddeld. De grootste stroomsnelheden ontstaan tijdens de laagste afvoeren in de waterloop, omdat dan het peilverschil over de stuw het grootst is. Met een toename van de afvoer neemt ook het peilverschil over de stuw af, wat zich vertaalt in lagere stroomsnelheden door de vispassage.

Ligging

Een 'De Wit'-vispassage kan in de bedding van de waterloop zelf worden aangelegd, maar veelal ligt deze langs een stuw. In een bypass is de kwaliteit van de lokstroom van cruciale betekenis.

Bekkens

Voor een goede energiedemping in de bekkens dienen de schotten voldoende ver van elkaar te staan. Voor een bijkomende energiedemping kan gebruik worden gemaakt van stortstenen. Het remmende effect van de stenen zal zich wegens de relatief lage stroomsnelheden beperken tot een zone dicht bij de bodem. De bekkens hebben bij voorkeur een waterdiepte van minimaal 0,5 meter. Een belangrijke randvoorwaarde is dat de openingen altijd zijn verdrongen.

Oevers en bodem

Een volledig betonnen bodem in de visdoorgang moet worden vermeden. Plaatsing van de stortstenen kan de stromingspatronen in de bekkens gunstig beïnvloeden. Ook in de doorzwemopeningen wordt steenbestorting aangebracht, aansluitend op de bodem in de bekkens.

Materialengebruik

Een De Wit-vispassage is vaak een geprefabriceerde bak van plaatstaal met een epoxy-coating, maar er zijn ook voorbeelden van uitvoeringen in gerecycleerde kunststof. De constructie kan (afhankelijk van de lengte) als één geheel worden geleverd en geplaatst. Men dient de bak slechts te stellen naast de vismigratiebarrière. Voor het overige gebruik van materialen zie R3T1V1.

Stromingspatroon

Een gevarieerd stromingspatroon op de bodem bevordert de passage van zowel goede als slechte zwemmers. Naast snelstromende zones kan men ook (bijna) stilstaande zones bewerkstelligen.

Dimensionering

Voor de dimensionering van een De Wit-vispassage kan gebruik worden gemaakt van de volgende debietformule:

$$Q = C \cdot b \cdot hv \cdot \sqrt{(2g \cdot \Delta h)}$$

Hierin is:

Q = debiet [m^3/s]

C = afvoercoëfficiënt [-]

b = vensterbreedte [m]

hv = vensterhoogte [m]

g = zwaartekrachtversnelling [m/s^2]

Δh = verval van de kamers [m]

De gemiddelde stroomsnelheid in een doorzwemvenster bedraagt:

$$V_{\text{gem}} = C \cdot \sqrt{(2g \cdot \Delta h)}$$

Als men een De Wit-vispassage ook benut als een debietmeetpunt, wordt aanbevolen de constructie te kalibreren met behulp van een hydraulisch schaalmodel. De grootte van de afvoercoëfficiënt (C) is namelijk niet bekend. De vispassage richt zich vooral op polders waar de zwemsnelheden van de aanwezige vissoorten relatief laag zijn. Het gemiddelde hoogteverschil tussen opeenvolgende bekkens bedraagt daarom liefst niet meer dan vijf centimeter. Het aantal bekkens is te bepalen door het totale peilverschil (in cm) te delen door vijf, waarbij de uitkomst vaak naar boven wordt afgerond. Afhankelijk van de maximaal toelaatbare stroomsnelheid en het beschikbare debiet kan men de grootte van de doorzwemopening vaststellen.

Aangepaste De Wit-vispassage

In 2003 is in Wageningen onderzoek uitgevoerd naar twee aanpassingen van een De Wit-vispassage: een vergroting van de bekkenlengte van 0,55 naar 0,80 meter (met een optie voor 1,20 meter) en een wijziging van de ligging van de doorzwemvensters. Het doel van het onderzoek was tweeledig:

- Het vaststellen van de afvoercurve (voor de nevenfunctie van debietmeting);
- Het bepalen van de snelheidsverdeling in de doorzwemvensters (voor de vispassage).

Het aangepaste basisontwerp heeft de volgende kenmerken:

bekkenlengte $L = 0,80$ meter

bekkenbreedte $B = 1,20$ meter

aantal tussenschotten $n \geq 4$

waterdiepte y_0 tegen voorkant tussenschot:

$y_0 > hv + 0,25$ meter

breedte doorzwemvenster $b = 0,20$ meter

hoogte doorzwemvenster $hv: 0,25 < hv < 0,65$ meter

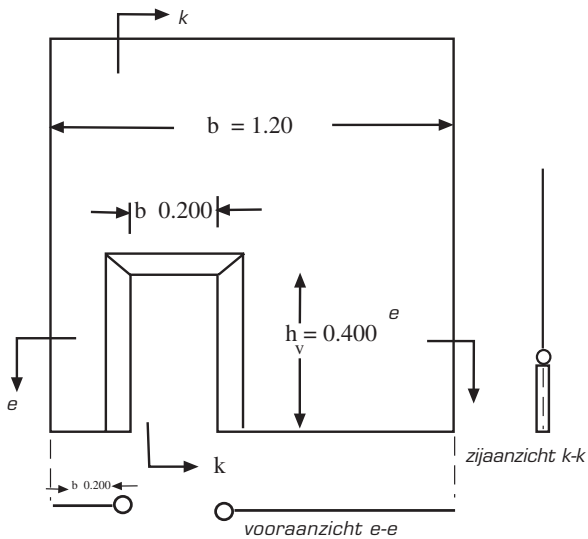
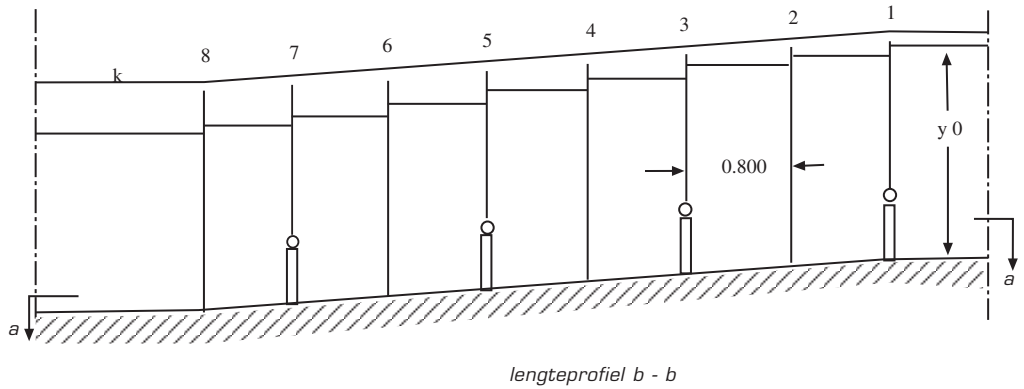
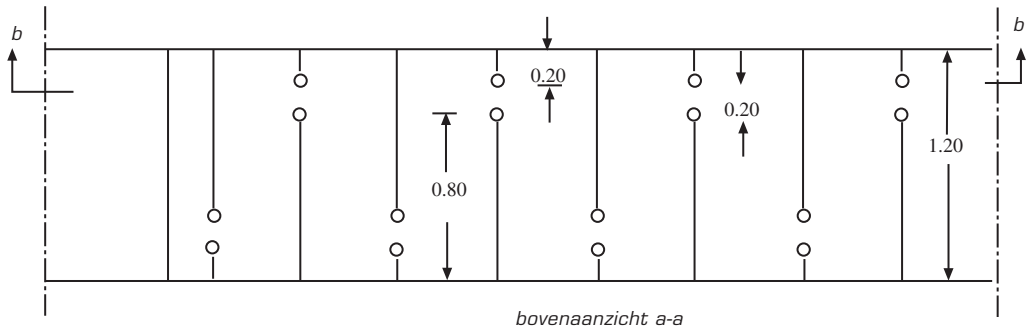
randen doorzwemvenster buisvormig afgerond met

$D = 0,09$ meter

ontwerpverval tussen twee opeenvolgende bekkens

$\Delta h = 0,05$ meter

Het bodemverhang is $S_0 = \Delta h/L = 0,0625$ met een doorgaande helling (geen getrapte bekkens).



Figuur 2.17 Een De Wit-vispassage met $n = 8$ (zeven bekkens) en een tussenschot met een doorzwemvenster op een hoogte van 0,40 meter.

Evenals bij andere visdoorgangen kan de debietformule voor twee doelen worden gebruikt:

- een ontwerper wil het verband kennen tussen het debiet (Q), de vensterhoogte (h_v) en het verval (Δh). Hiertoe volstaat een globale benadering;
- in situaties waarbij de visdoorgang parallel aan een meetstuw ligt of wellicht de meetstuw vervangt, wil een hydroloog het debiet kunnen afleiden uit de gemeten waterstanden. Dit vereist een nauwkeurige berekening.

De afvoercoëfficiënt (C) in de debietformule varieert met de waterdiepte (y_w), de vensterhoogte (h_v) en het verval (Δh). Voor ontwerpdoeleinden kan worden uitgegaan van $C = 0,91$. Wordt de visdoorgang als debietmeetstation gebruikt, dan moet C nauwkeurig bekend zijn. Het benodigde aantal tussenschotten is:

$$n = (WL_1 - WL_2) / \Delta h$$

Hierin is:

WL_1 = de streef-/ontwerpwaterstanden bovenstrooms van de visdoorgang

WL_2 = de streef-/ontwerpwaterstanden benedenstrooms van de visdoorgang

De diepte van de visdoorgang wordt zodanig gekozen dat de bodem hiervan goed aansluit op die van het benedenstroomse pand. De ontwerper dient zich ervan te overtuigen dat ook onder omstandigheden waarbij de waterstanden afwijken van WL_1 en WL_2 , de waterdiepte (y_w) voldoet aan de voorwaarde $y_w \geq h_v + 0,25$ meter. De gemiddelde stroomsnelheid (V_{gem}) in een doorzwemvenster bedraagt voor het verbeterde basisontwerp 0,90 m/s.

Elk van deze parameters kan worden aangepast door een opschaling of neerschaling van het basisontwerp. Alleen het bodemverhang $S_0 = 0,0625$ blijft ongewijzigd. Wordt L , B , b of Δh vergroot met een factor n_1 , dan worden de overige drie parameters eveneens vergroot met de factor n_1 . De stroomsnelheden worden verhoogd met een factor $n_v = n_1^{0,5}$ en de debieten met een factor $n_q = n_1^{2,5}$. Verder onderzoek aan deze passage richt zich op de nauwkeurige vaststelling van de afvoercoëfficiënt (C) en de snelheidsverdeling in het doorzwemvenster. Ook wordt gekeken naar het effect van een steenbestorte bodem op C en de snelheidsverdeling en naar mogelijkheden om het basisontwerp op te schalen.

Beheer

Het beheer van een De Wit-passage bestaat voor een groot deel uit controle. Natuurlijke sedimentafzetting en uitschuring zijn toegestaan zolang deze geen ernstige

gevolgen hebben voor de karakteristieken van de visdoorgang. Meestal is een regelmatige slibruiming noodzakelijk. Zonodig moeten de steenbestortingen worden aangevuld en de doorzwemvensters worden vrijgemaakt.

Toetsing

- Heeft de bekken voldoende lengte voor grotere vissen zoals snoek?
 - Zijn de vensters groot genoeg voor de passage van de beoogde vissen?
 - Is steeds voldoende water in de bekkens aanwezig?
 - Zijn de stroomsnelheden in de vensters laag genoeg?
 - Is de lokstroom goed gelokaliseerd en voldoende waarneembaar?
- Zie ook "Toetsing van ontwerp"

R3T2 Hevel-vispassage

Kenmerken en randvoorwaarden

Een hevel-vispassage maakt het mogelijk dat vissen stroomopwaarts van hoog naar laag migreren. Het systeem is alleen onderzocht voor de migratie van driedoornige stekelbaars. Hiervoor blijkt de passage goed te voldoen. Zo wordt op Texel elk voorjaar tussen de 500 en 1000 kilogram vis over een dijk geheveld. Nader onderzoek moet uitwijzen in hoeverre de hevel-vispassage ook voor andere vissoorten geschikt is en hoe verbeteringen kunnen worden aangebracht. Andere aandachtspunten zijn de inzwemopening en de stroomsnelheid in de hevelbuis (voorkomen moet worden dat sterke zwemmers kunnen terugzwemmen).

De migratie treedt op in twee richtingen waardoor aandacht nodig is voor de stroomafwaartse migratie (van laag naar hoog). Het hevelen ter hoogte van gemalen moet wel-overwogen gebeuren. Schade aan de visstand als gevolg van bemaling moet tot een minimum worden beperkt. De lokstroom (bepaald door het debiet, de richting en de stroomsnelheid) moet zo groot mogelijk zijn. Net als bij de aalgoot is vooral de zoetwaterinstroom verantwoordelijk voor het aantrekken van migrerende vissen in de zoet-zoutovergang.

Aandachtspunten

1. Bij zoet-zoutovergangen wordt het inlaatcompartiment met behulp van een terugslagklep gesloten om te voorkomen dat zout water in het laagste pand komt.
2. De stroomsnelheid in de hevelbuis moet groter zijn dan 1 m/s om te voorkomen dat vis terugzwemt door de hevelbuis.
3. De diameter van de hevelbuis is bij voorkeur groot genoeg om diverse vissoorten te kunnen overhevelen.
4. De hoogte die een hevel kan overbruggen komt in principe overeen met een kolom waterhoogte die een druk

uitoefent gelijk aan de atmosferische druk (1 bar). Deze waterkolom is circa tien meter hoog. In de praktijk moet een hoogte van acht meter niet worden overschreden.

5. De stroomsnelheid door de uitstroombuiging, vanuit het inlaatcompartiment naar het hoogst gelegen pand, mag niet hoger zijn dan 1 m/s.
6. Een goede afwatering van het inlaatcompartiment voorkomt dat na het hevelen vis achterblijft.

Dimensionering

Het volume van het inlaatcompartiment van een hevelvispassage bedraagt minimaal 8 m³. De uitstroombuiging naar het hooggelegen pand kan rond of rechthoekig zijn. Het oppervlak van de uitstroombuiging ligt tussen 0,03 en 0,05 m². Bij een rechthoekige opening moet de smalste zijde minimaal tien centimeter bedragen. Het debiet van de lokstroom is rechtevenredig met het oppervlak van de uitstroombuiging. Voor een stroomsnelheid van 1 m/s door een opening van 0,03 m² is een pomp benodigd met een debiet van 0,03 m³/s (± 10%). De diameter van de hevelbuis is afhankelijk van het verval tussen de bodem van het inlaatcompartiment en het wateroppervlak van het laagste pand. De diameter wordt zo groot mogelijk gemaakt, maar als randvoorwaarde geldt dat de gemiddelde stroomsnelheid in de hevelbuis niet lager mag zijn dan 1 m/s. Bij de stroming door de hevelbuis treden diverse energieverliezen op waarvan de som gelijk is aan het hoogteverschil tussen beide panden:

$$\Delta H = (f_1 + f_2 + f_3 + f_4) \cdot V_{\text{gem}}^2 / 2g$$

Hierin is:

ΔH = hoogteverschil tussen beide panden [m]

f_1 = verliescoëfficiënt door instroming [-]

f_2 = verliescoëfficiënt door wandwrijving; $f_2 = \lambda \cdot L/d$ [-]

λ = wrijvingsfactor [-]

L = lengte hevelbuis [m]

d = diameter hevelbuis [m]

f_3 = som van alle verliezen door bochten [-]

f_4 = verliescoëfficiënt door uitstroming [-]

V_{gem} = gemiddelde stroomsnelheid in de hevelbuis [m/s]

g = zwaartekrachtversnelling [m/s²]

Uit bovenstaande formule volgt:

$$V_{\text{gem}} = \sqrt{2g \cdot \Delta H / (f_1 + f_2 + f_3 + f_4)}$$

Voor elke hevelconfiguratie moeten de verliescoëfficiënten afzonderlijk worden vastgesteld. Het Texelse voorbeeld betreft een stalen buis ($\lambda = 0,012$) met drie bochten, een lengte (L) van 80 meter en een diameter (d) van 0,12 meter.

Hiervoor geldt:

$$f_1 = 0,25 \text{ (geschat)}$$

$$f_2 = \lambda \cdot L/d = 0,012 \cdot 80/0,12 = 8$$

$$f_3 = 3 \cdot 0,50 = 1,50$$

$$f_4 = 1 \text{ (geschat)}$$

$$f_1 + f_2 + f_3 + f_4 = 0,25 + 8 + 1,50 + 1 = 10,75$$

De stroomsnelheid

$$V_{\text{gem}} = \sqrt{2g \cdot \Delta H / 10,75} = 1,35 \sqrt{\Delta H}$$

De gewenste minimale snelheid $V_{\text{gem}} = 1,0$ m/s wordt dus reeds bereikt bij $\Delta H = 0,55$ meter.

Onderhoud

De pompen moeten regelmatig worden nagekeken en onderhouden.

Toetsing

- Is de lokstroom (debiet, richting, stroomsnelheid) zo krachtig mogelijk?
- Beschadigen de vissen niet bij de passage door de hevelbuis?
Zie ook "Toetsing van ontwerp"

R3T3 Vissluis

Kenmerken en randvoorwaarden

Vissluizen werken volgens hetzelfde principe als scheepvaartsluizen. De vis wordt vanuit het lage pand door een lokstroom de schutkolk ingelokt. Hiertoe staat de sluisdeur aan de lage zijde open. Vervolgens sluit deze deur zich en wordt water van het hoge pand in de schutkolk toegelaten, tot de peilstanden van de schutkolk en het hoge pand overeenkomen. Het openen van de sluisdeuren aan de hoge zijde veroorzaakt een lokstroom die de vissen uitnodigt verder het hoge pand in te zwemmen. De migratie kan worden bevorderd door met behulp van een pomp een lokstroom op te wekken die de vis beter in staat stelt vanuit het lage pand de sluisdeuren in te zwemmen. De schutkolk moet voldoende groot zijn voor het beoogde aantal vissen. De schutkolk mag niet te snel worden gevuld om te voorkomen dat luchtbellen en woelingen ontstaan. Hierdoor zouden de vissen onderaan in de schutkolk kunnen blijven. Voorts moeten de vissen voldoende tijd krijgen om de sluisdeuren uit te zwemmen. Ze mogen bij het legen van de sluis niet terug worden gezogen.

Onderhoud

Pompen en deuren moeten regelmatig worden nagekeken en onderhouden.

Toetsing

- Is de lokstroom voldoende krachtig om de vissen in en uit de sluiskolk te lokken?
 - Is de sluiskolk groot genoeg?
 - Leveren de shutcycli in het trekseizoen niet te veel vertraging op?
 - Wordt de sluiskolk geleidelijk genoeg gevuld (worden luchtballen en woelingen vermeden)?
 - Hebben de vissen voldoende tijd om de sluiskolk uit te zwemmen (worden geen vissen terug gezogen)?
- Zie ook "Toetsing van ontwerp"

R3T4 Palingpassage/aalgoot

Kenmerken en randvoorwaarden

Een passage voor aal/paling bestaat uit een goot (of buis) met een opvulmateriaal dat goed doordringbaar is voor water. De stroomsnelheid in de goot wordt hierdoor zodanig verlaagd, dat de vis gemakkelijk door het opvulmateriaal naar boven kan kruipen. De goot wordt omheind en overdekt met gaas om te voorkomen dat de (glas)aaltjes ten prooi vallen aan vogels. Een rechthoekige goot heeft ten opzichte van een buis het voordeel van een groter contactoppervlak tussen de bodem en het opvulmateriaal.

Aal/paling heeft de neiging om zich in kalm water over de bodem langs de oever te verplaatsen. De ingang van de aalgoot dient daarom in de buurt van de oever aan rustig water te liggen. De uitgang moet ver voorbij de vismigratiebarrière liggen in verband met de slechte zwemcapaciteiten van aal. Zo verkleint men de kans dat de aal wordt teruggespoeld. Voorkomen moet worden dat een aalgoot door wisselende bovenwaterstanden droog valt of dat juist te hoge stroomsnelheden ontstaan. Aanbevolen wordt om de helling van aalgoot een laterale gradiënt te geven van bijvoorbeeld 50% (verticaal:horizontaal = 1:2). Dit heeft als voordeel dat verschillende bovenwaterstanden kunnen worden opgevangen.

Lokstroom

Bij zoet-zoutovergangen vereist de migratie van aal/paling een zoetwaterlokstroom. In de meeste gevallen wordt de aalgoot besproeid om het opvulmateriaal en de aal/paling die er overheen kruipt te bevochtigen. Soms is het nodig het debiet met behulp van een pomp te vergroten om de lokstroom krachtiger te maken.

Opvulmateriaal

Het is onduidelijk of met de keuze van een specifiek opvulmateriaal (zoals borstels, betonnen of kunststof blokjes en geotextiel) efficiëntievoordelen kunnen worden behaald. Wel dient het materiaal zodanig ruw te zijn dat de aal er grip op heeft en stroomopwaarts kan klimmen. In Frankrijk wordt

veel gebruik gemaakt van borstels. De tussenruimte van de borstels laat men variëren met het te verwachten aal-formaat. Voor glasaal hanteert men een tussenruimte van 7 mm; voor jonge en rode aal 14 mm. Op locaties waar beide formaten worden verwacht (vooral bij zoet-zoutovergangen en iets verder landinwaarts) past men beide tussenruimtes toe. De verschillende borstels liggen dan in stroken naast elkaar. Bij de keuze van opvulmateriaal kan gebruik worden gemaakt van grids, kokosmatten, al dan niet biodegradeerbare weefsels, nylon borstels en stenen.

Dimensionering

Bij het ontwerp van de aal/palingpassage moet rekening worden gehouden met de grootte van de beoogde aal/paling. De grootte neemt toe van benedenstroms (glasaal; 7 cm) tot bovenstroms (jonge of rode aal; 10 tot 40 cm). Hierbij moet worden gelet op de waterhoogte en de stroomsnelheid in de goot. In de literatuur worden voor de helling van de aalgoot diverse waarden aangetroffen (zie tabel 2.5).

Larinier et al., 2002	DVWK/FAO 2002
Helling: 5% tot 45%	Helling: 1:5 tot 1:10 maar kan steiler
b = 0,20 tot 1,00 meter	b = 0,30 tot 0,50 meter
	h = 0,15 tot 0,25 meter
Knights & White 1998	
Helling: 15°-30°	

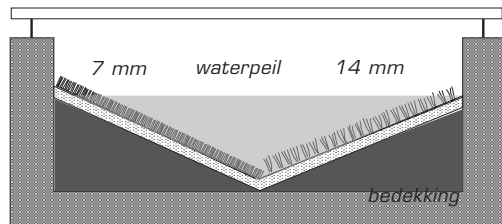
Tabel 2.5: diverse waarden voor de helling van een aalgoot.

Onderhoud

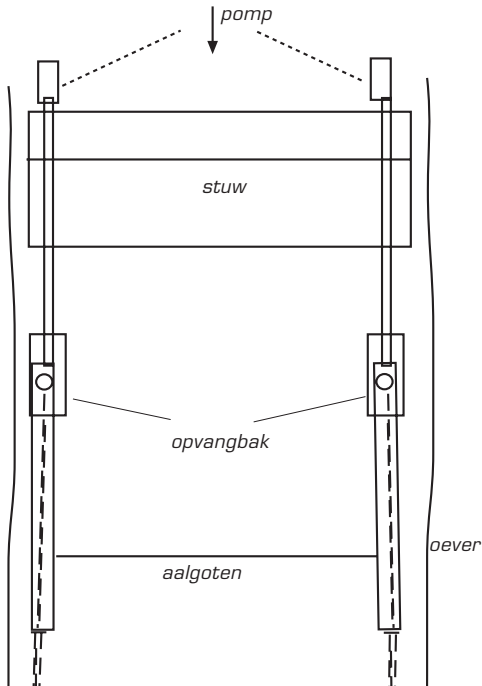
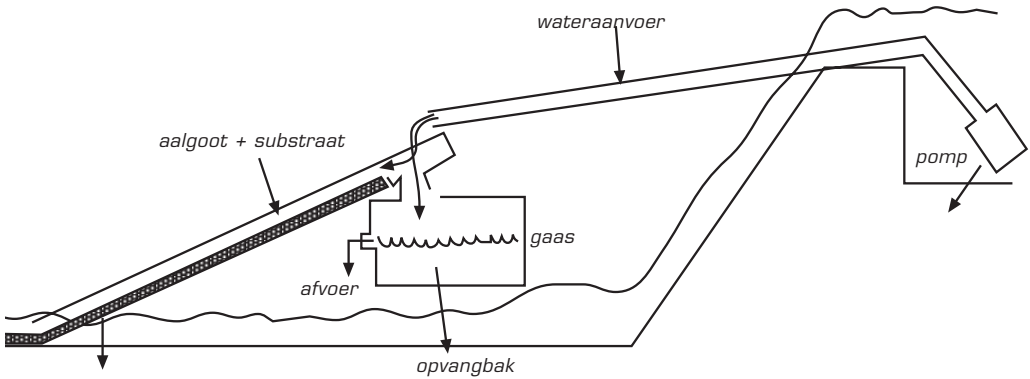
De pomp moet regelmatig worden nagekeken en onderhouden. Voorts moet worden voorkomen dat drijfvuil de aalpassage verstopt.

Toetsing

- Is een zoetwaterlokstroom aanwezig?
- Zie ook "Toetsing van ontwerp"



Figuur 2.18: detailtekening van borstels met verschillende tussenruimtes in V-vorm.



Figuur 2.19: positionering van palingpassages/-aalgoten.

R3T5 Vijzel-vispassage

Kenmerken en randvoorwaarden

Bij een vijzel-vispassage worden hoogteverschillen overbrugd met behulp van een vijzel (schroef). Dit biedt de mogelijkheid om passage van vissen in twee richtingen mogelijk te maken. De passage kan daarmee afwisselend worden ingezet voor stroomopwaartse en -afwaartse trek. Voor de trek van hoog naar laag pompt een vijzel water vanuit het lage pand via een duikerverbinding omhoog naar

een opvangbassin dat hoger is gelegen dan het hoge pand. Vanuit dit opvangbassin kan het water over een vaste overstortdrempel naar het hoge pand stromen. De vis kan vervolgens vanuit het hoge pand het opvangbassin stroomopwaarts inzwemmen. Het opvangbassin staat via een tweede duiker in verbinding met het lage pand. Wanneer deze duikerverbinding wordt opgezet, stromen de vissen vanuit het opvangbassin onder vrij verval naar het lage pand. Bij een omgekeerde trek (van laag naar hoog) pompt de vijzel het water met vis via de duiker naar het opvangbassin. Vanuit het opvangbassin kunnen de vissen hun weg stroomafwaarts vervolgen. Om te verhinderen dat vis terugspoelt naar het lage pand, is op dat moment de tweede duiker (onder vrij verval) gesloten. Om de vis geen schade toe te brengen, moet de vijzel een laag toerental draaien en een visvriendelijke vormgeving hebben.

Onderhoud

De elektromotoren en schuiven moeten regelmatig worden nagekeken en onderhouden.

Toetsing

- Is de lokstroom naar de vijzel voldoende krachtig?
 - Worden de vissen niet door de vijzel beschadigd?
- Zie ook "Toetsing van ontwerp"

R3T6 (her)aanleg en aanpassing duikers en sifons

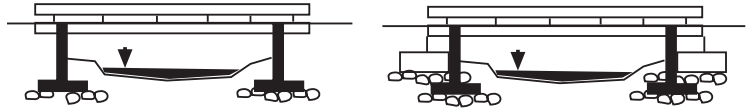
R3T6V1 (her)aanleg van duikers en sifons

Kenmerken en randvoorwaarden

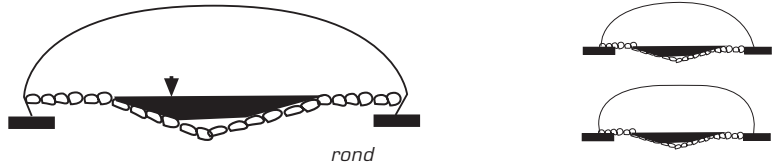
Een duiker is een buis of overwelling door bijvoorbeeld een dijk. Een sifon is een verbinding tussen twee wateren middels een dieper gelegen buis. De uitvoering van de duiker is van grote invloed op de passeerbaarheid voor vissen (zie figuur 2.20).

Bodemloze duiker

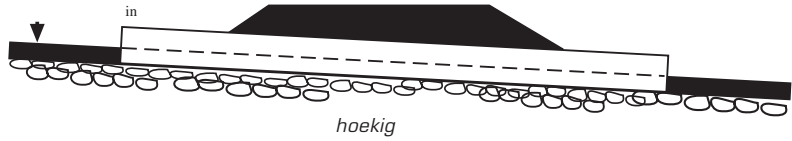
in beton



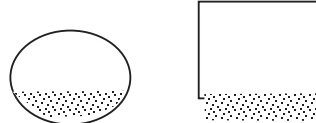
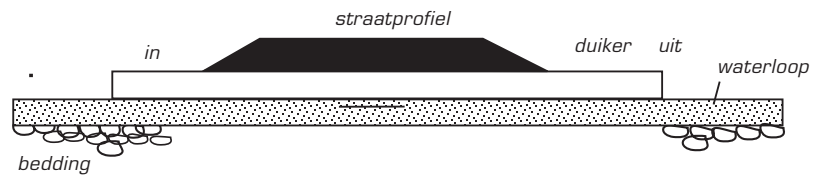
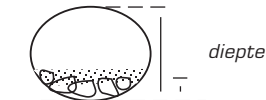
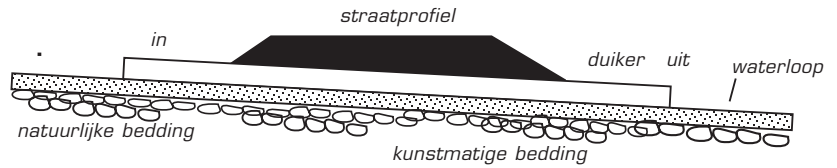
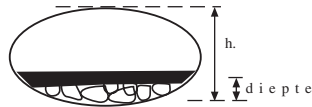
in metaal



rond



hoekig



Figuur 2.20: duikeruitvoeringen op volgorde van afnemende passeerbaarheid:

- 1 bodemloze duikers (zie R1);
- 2 gesloten duiker met elliptische sectie en doorlopende beekbodem;
- 3 gesloten duiker met ronde sectie en doorlopende beekbodem;
- 4 niet ingebedde duiker.

Een duikerontwerp wordt berekend zoals waterlopen, rekening houdend met piekdebieten. De duiker wordt vervolgens overgedimensioneerd. In de hoogte levert dat de nodige lichtinval op. In de breedte ontstaat zo ruimte voor de winterbedding. Op deze wijze blijven de kenmerken van de waterloop zoveel mogelijk in de duiker gehandhaafd en kan de migratie van vissen en andere waterdieren het gehele jaar door plaatsvinden. Bovendien kunnen in de duiker wandelpaden worden voorzien voor de migratie van landdieren.

De duiker wordt zo diep ingebed dat de bodem van de duiker 15 tot 20 centimeter lager ligt dan de bedding van de waterloop. Dit heeft tot gevolg dat de bodem van de waterloop in de duiker doorloopt, de verandering in de stroomsnelheid beperkt blijft en geen onoverbrugbare hoogteverschillen voorkomen. In elk geval dient de onderkant van de duiker goed aan te sluiten op de waterloop. Eventuele hoogteverschillen kan men opvangen met bijvoorbeeld steenaanstormingen. Turbulenties moeten worden vermeden. De wanden van de duiker worden ruw afgewerkt om hoge stroomsnelheden te voorkomen. Bij voorkeur wordt geen gladde beton toegepast. Hoe korter de duiker hoe beter. Bij lange duikers kan men om de 25 meter een lichtpunt plaatsen, dat niet alleen migratie van vissen maar ook die van landdieren bevordert. Dit kan een verticale schacht zijn of een kunstmatig daglicht. Hoe langer de duiker, hoe lager de toegelaten stroomsnelheid.

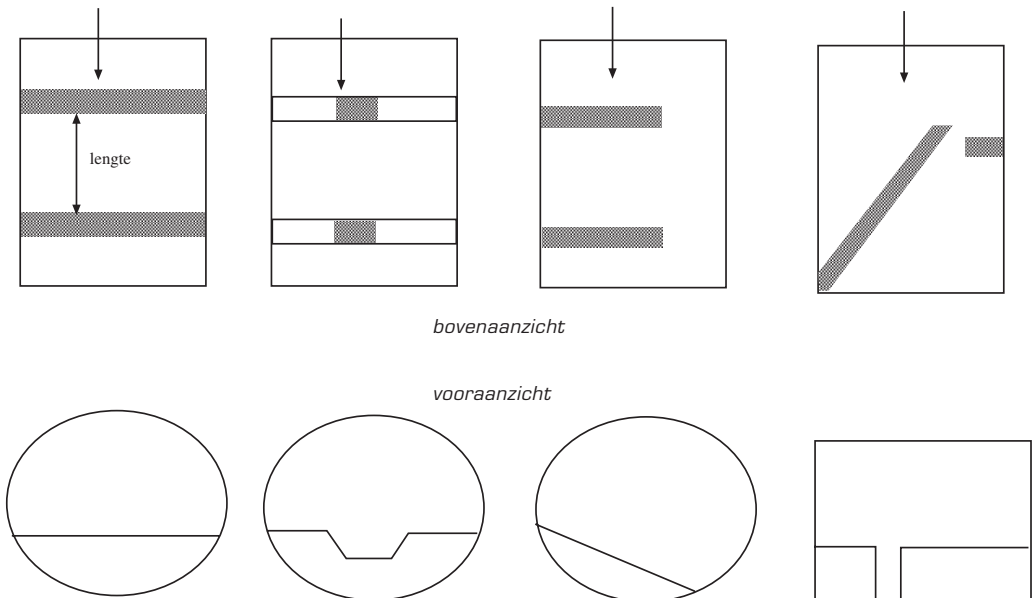
De hellingsgraad van de duiker moet kleiner of gelijk zijn aan de gemiddelde helling van de waterloop ter plaatse. Een kleinere hellingsgraad verlaagt de stroomsnelheid, wat de vismigratie bevordert. Een nadeel is wel dat stroomopwaarts een kleiner gedeelte van de duikerdoorsnede beschikbaar is voor de afvoer van het debiet.

Dimensionering

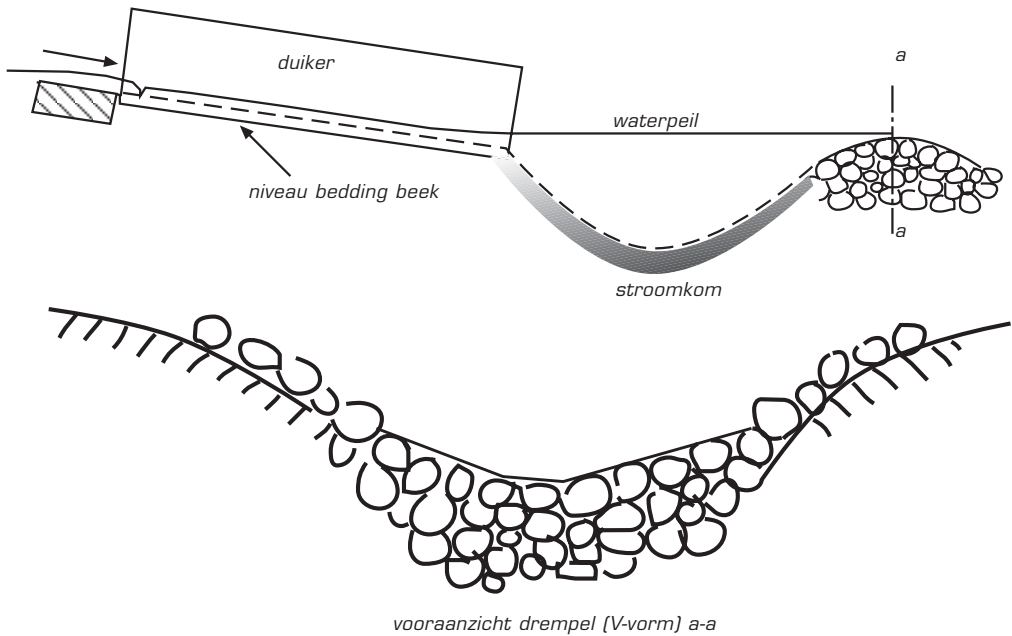
De dimensies van een duiker zijn te bepalen met behulp van de formule van Manning (zie "Algemene ontwerpcriteria"). De coëfficiënten voor betonnen oevers en bodem worden eventueel aangepast aan de aangebrachte ruwheid. De waterdiepte in de duiker hangt af van de doelsoorten en bedraagt minimaal 20 tot 25 centimeter. De stroomsnelheden moeten - ook bij hoge debieten - lager zijn dan 1 m/s.

Toetsing

- Kunnen ook slechte zwemmers de duiker passeren?
 - Kan migratie het gehele jaar door plaatsvinden?
 - Zijn abrupte hoogteverschillen vermeden (zowel bij de in- en uitstroomopening als in de duiker zelf)?
 - Liggen de stroomsnelheden beneden 1 m/s?
- Zie ook "Toetsing van ontwerp"



Figuur 2.21: voorbeelden van schotten en drempels in duikers om de passerbaarheid te verbeteren.



Figuur 2.22: een drempel benedenstrooms een stroomkom laat de stroomkom intact en vergroot de diepte in de duiker. Hiermee zijn zowel de leefomgeving als de passeerbaarheid van de duiker gediend.

R3T6V2 aanpassing van duikers (en sifons)

Kenmerken en randvoorwaarden

Om een duiker (en sifon) optimaal geschikt te maken voor vispassage moeten de stroomsnelheid en het verval worden afgestemd op de zwakste zwemmers. Bij voorkeur wordt de duiker ingebed in de bodem van de waterloop. Een tweede mogelijkheid is het verruwen van de duikerbodem met een laag stenen. Om uitspoeling te voorkomen kan de bestorting worden vastgezet in een bed van colloïdaal beton (zoals voorgesteld in R2T2). Eventueel kunnen schotten of drempels met uitsparingen worden toegepast (zie figuur 2.21). Als echter de duiker minder dan 1,5 meter hoog is, kunnen schotten en drempels de onderhoudswerkzaamheden belemmeren.

Stroomafwaarts kan het verval worden opgevangen door middel van stenen, schotten of een vishelling. De rijen zetstenen in of stroomafwaarts van de duiker veroorzaken een woelige stroming die in de bekkens wordt gedempt. De variërende grootte van de openingen tussen de zetstenen zorgt voor een diversiteit aan stroomsnelheden. Hetzelfde wordt bereikt (weliswaar in mindere mate) bij het gebruik van schotten. Een te sterke turbulentie moet worden vermeden. Aan de uitstroom kan het verval worden opgevangen door de duiker te verdrinken. Zo mogelijk laat men de duiker uitmonden in een permanente 'pool', dus lager

dan de verder stroomafwaarts gelegen stroombedding. De diepere pools kunnen fungeren als rustplaats, waardoor een meer gevarieerde leefomgeving voor de vis ontstaat. Voorzieningen zoals schotten of stenen worden bij voorkeur aangelegd over een lengte van ongeveer één keer de breedte van de beek.

Onderhoud

De koker moet regelmatig worden nagekeken en onderhouden, zeker na perioden van hevige regenval. De aangebrachte verruwing mag niet worden verwijderd.

R4 Aangepast beheer

R4T1 Aangepast beheer spuisluizen

Kenmerken en randvoorwaarden

Aangepast beheer van spuisluizen is mogelijk via meerdere alternatieven afhankelijk van de mate van herstel van estuariene waarden. Een mogelijkheid voor een aangepast beheer van spuisluizen bestaat uit het openen van de spuisluizen bij geringe peilverschillen tussen binnen en buitenwater (bij eb), waardoor het water over een langere periode met een geringe stroomsnelheid geloosd kan worden en aldus condities worden gecreëerd voor stroomopwaartse migratie. De voorkeur gaat uit naar alternatieven

waarbij in zekere mate herstel van estuariene natuurwaarden plaatsvindt. Hiertoe dienen ook bij vloed de deuren van de spuisluisen enige tijd of continu te worden geopend. Hoe groter de sluisopening en de frequentie waarmee ze worden geopend des te beter zijn de condities voor herstel van de estuariene gradiënten en daarmee de intrekbaarheid heden voor diadrome vissoorten. Bij het toelaten van een gedempte getijcyclus is een afweging noodzakelijk van de mate van zoutindringing en getijcyclus.

Toetsing

Zie ook "Toetsing van ontwerp"

R4T2 Aangepast beheer gemalen

Kenmerken en randvoorwaarden

Bemalen gebieden kunnen soms lozen onder een vrij verval. De betreffende gemalen zijn vaak voorzien van een spuiwerker. De spuiwerker heeft dusdanige afmetingen dat passage voor de beoogde aantallen vis mogelijk is. De stroomsnelheid over een lange afstand (langer dan tien meter) is bij voorkeur niet hoger dan 0,5 m/s. Bij zoet-zoutovergangen moet eerst zoet water worden geloosd om een lokstroom te bewerkstelligen. Hiertoe kan de peilstand in het poldergebied tijdelijk worden verhoogd. Om voldoende lage stroomsnelheden te waarborgen, wordt de spuiwerker pas opengezet als het verschil tussen de peilstand in de polder en het buitenwater klein is. Bij het instromen van zeewater hebben vissen de mogelijkheid om zich met de vloedstroom te laten meevoeren. Mocht blijken dat passage via de spuiwerker niet mogelijk is, dan kan worden gekozen voor de aanleg van bijvoorbeeld een bekkenpassage of nevengeul.

Toetsing

Zie ook "Toetsing van ontwerp"

R4T3 Aangepast beheer onderlozende stuwen

Kenmerken en randvoorwaarden

Tuimelstuwen bieden in geopende toestand vissen de mogelijkheid om onder de stuw door te zwemmen. Om hoge stroomsnelheden te voorkomen moet het peilverschil tussen het boven- en benedenstroomse pand kleiner zijn dan 10 tot 15 centimeter. Bij een groter peilverschil kan worden overwogen om twee onderlozende stuwen achter elkaar te plaatsen. In de praktijk zijn goede ervaringen opgedaan met de AMI-stuw (Automatisch Mechanische Inlaat). Het principe van deze prefab stuw berust op een vlotterstelsel waarmee de openingshoogte van een schuif wordt gereguleerd. De hoogte van de onderwateropening bedraagt minimaal 0,25 tot 0,65 centimeter om ook grotere vissen

een goede passagemogelijkheid te bieden (zie ontwerp De Wit-vispassage). Bij voorkeur wordt de bodem bedekt met een laag stenen om de stroomsnelheid richting de bodem te verkleinen.

Toetsing

- Is de stroomsnelheid en turbulentie onder de stuw voldoende laag?
 - Is de opening onder de stuwklep voldoende groot om migratie mogelijk te maken?
- Zie ook "Toetsing van ontwerp"

R4T4 Aangepast beheer terugslagkleppen

Kenmerken en randvoorwaarden

Het openzetten van terugslagkleppen in afwateringssloten tijdens perioden met lage afvoer kan bepaalde vissoorten helpen hun voortplantingsplaatsen in ondiep water te bereiken. De klep dient open te staan bij een gering peilverschil tussen het buiten- en binnenwater. Bij het instromen van zeewater hebben vissen de mogelijkheid om zich met de vloedstroom te laten meevoeren. Het aangepaste beheer van terugslagkleppen is te vergelijken met dat van spuisluisen (R4T1). Er is in de praktijk nog geen ervaring opgedaan met een aangepast beheer van terugslagkleppen bij de zoet-zoutovergangen.

Toetsing

- Kunnen ook slechte zwemmers de terugslagklep passeren?

R4T5 Aangepast beheer schutsluisen

R4T5V1 Via rinketten

Kenmerken en randvoorwaarden

Rinketten zijn schuiven in de sluisdeuren waarmee het waterpeil in de sluisloek kan worden gereguleerd. De vispassage gebeurt in stappen:

- 1) de sluisloek wordt gevuld. Terwijl de rinketten in de bovenstroomse deuren nog open staan, worden de benedenstroomse rinketten op een kier geopend, waardoor een lokstroom ontstaat en vis wordt aangetrokken;
- 2) na een half uur worden de rinketten in de bovenstroomse deuren vrijwel geheel gesloten. Vlak voordat de sluisloek leeg is, worden de benedenstroomse rinketten geopend. De aangetrokken vis kan dan de sluisloek in zwemmen. De schutprocedure wordt herhaald, zodat de vis verder stroomopwaarts kan trekken.

Toetsing

Zie ook "Toetsing van ontwerp"

R4T5V2 Via reguliere schuttingen

Kenmerken en randvoorwaarden

Bij een aangepast beheer van reguliere schuttingen streeft men ernaar het gehele jaar door vis aan te trekken. Als dit niet mogelijk is, dan moet het beheer in elk geval tijdens de migratieseizoenen worden aangepast. Vooral het debiet van de schutsluis bepaalt de kwaliteit van de lokstroom aan de benedenzijde van de sluis. Voordat de vis wordt geschut, opent men de bovenstroomse omloopgeul of sluisdeuren en de benedenstroomse sluisdeuren om een lokstroom te bewerkstelligen. Zo mogelijk wordt een fors debiet geloosd (circa 1 m³/s). Deze fase duurt bijvoorbeeld een half uur

(proefondervindelijk vast te stellen). In deze periode kunnen de aangetrokken vissen zich in de sluisdolk verzamelen. Vervolgens sluit men de benedenstroomse deuren en wordt de sluisdolk gevuld tot het peilverschil met het benedenstroomse pand kleiner is dan 10 tot 15 centimeter. Dan worden de bovenstroomse deuren geopend, zodat de vissen hun weg kunnen vervolgen. Op zijn minst moet vier keer per dag worden geschut.

Toetsing

Zie ook "Toetsing van ontwerp"

2.4 Toetsing van ontwerp

Elk ontwerp moet op zijn biologische kwaliteit worden getoetst. Per oplossingstype zijn hiervoor al specifieke criteria aangereikt. Dit hoofdstuk biedt meer algemene randvoorwaarden voor een toetsing. Deze randvoorwaarden zijn een extra checklist om na te gaan of wordt voldaan aan de basisregels voor een efficiënt ontwerp.

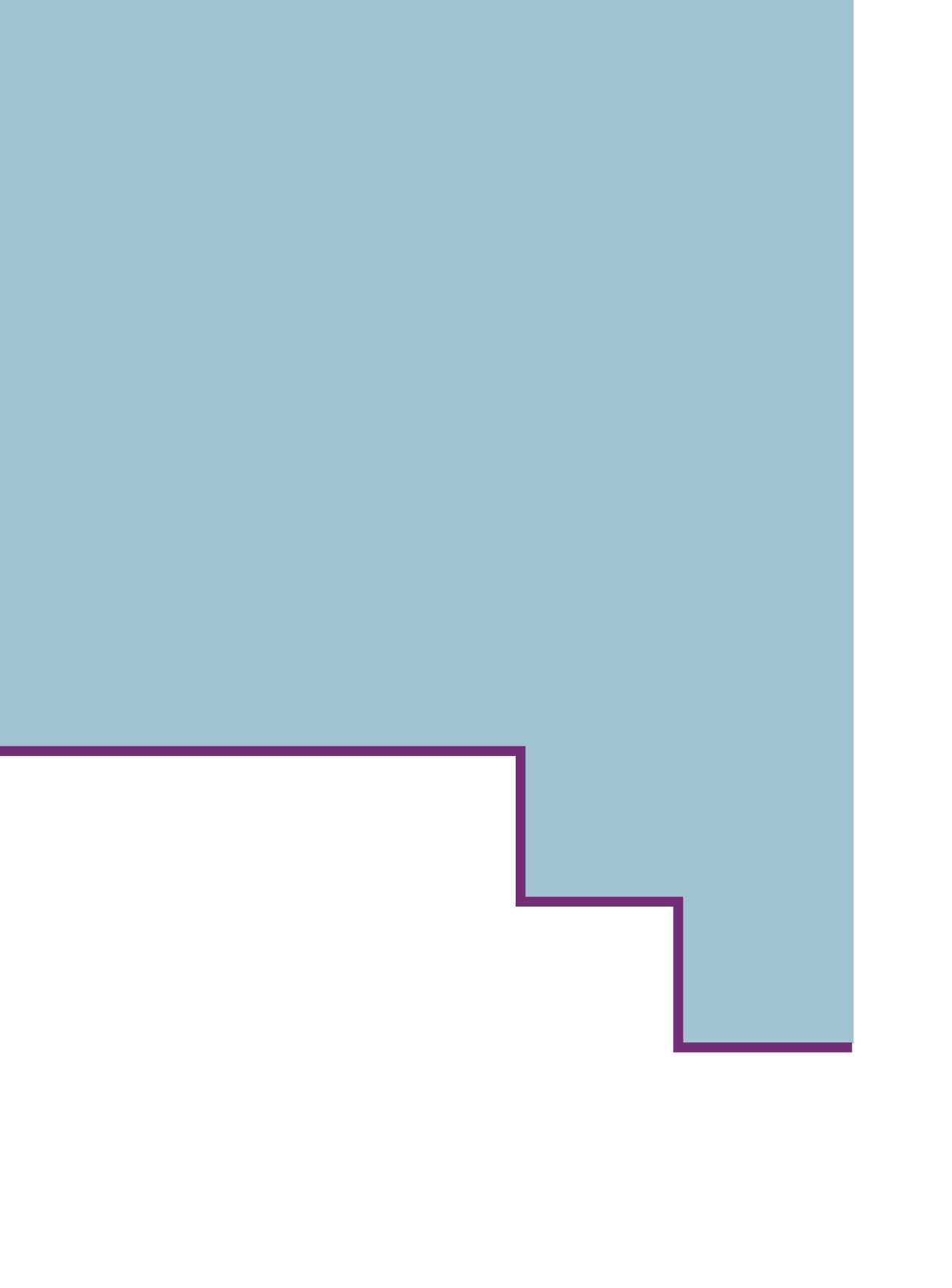
Biologische randvoorwaarden waaraan visdoorgangen moeten voldoen

- De ingang van een visdoorgang moet gemakkelijk bereikbaar zijn. Bij voorkeur kunnen de vissen optrekken over de gehele breedte van de waterloop. Als dat niet mogelijk is, moet worden voorzien in een voldoende krachtige lokstroom met een liefst zo groot mogelijk debiet. Op deze wijze worden vissen - die geneigd zijn de snelste stroming te volgen - vanzelf langs een barrière geleid, zonder hun migratiedrang te verliezen. De ingang van de passage bevindt zich bij voorkeur stroomafwaarts van de barrière op de plaats waar de vis zich ophoopt omdat de stroomsnelheid of turbulentie te sterk wordt.
- Een goede passeerbaarheid is de tweede voorwaarde voor een efficiënte visdoorgang. Als eenmaal de ingang is gevonden, moet de passage uiteraard ook in zijn geheel kunnen worden genomen. Hierbij moet ook worden gelet op zwakke zwemmers. De afstand die moet worden overbrugd, mag bijgevolg het uithoudingsvermogen van geen enkele vissoort of lengte-klasse te boven gaan. Daarom wordt voorgesteld om de visdoorgang te voorzien van rustplaatsen die geschikt zijn voor de doelsoorten.
- Aangezien de meeste vissoorten in laaglandbeken een zeer kleine sprongcapaciteit hebben, moeten visdoorgangen al zwemmend kunnen worden genomen (zonder te springen). De stroomsnelheid in de visdoorgang (zeker in de afzonderlijke bekkens) is bij voorkeur niet hoger dan de kruissnelheid van de doelsoorten en in elk geval kleiner dan 1 m/s.
- Een belangrijke doelstelling naast vismigratie is het aanbrengen van diversiteit in de leefomgeving van vissen. Bij de aanleg van visdoorgangen moet daarom worden gestreefd naar een variatie in stroomsnelheden en structuren, in zowel de breedte- als de lengterichting van de doorgang. De voorkeur gaat uit naar natuurlijke oevers die een voldoende buffer bieden tegen het aanliggende (agrarische) gebied. Als een oever moet worden verstevigd, maakt men gebruik van het typebestek natuurvriendelijke oevers (2000), AMINAL afdeling Water of één van de handleidingen ten aanzien van ontwerp en aanleg van natuurvriendelijke oevers uitgegeven door de Stichting Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving (CUR).
- Een ecologisch verantwoorde vormgeving heeft de voorkeur boven een zuiver economisch-technisch concept. Steenbestortingen of houten structuren (zoals boomstammen en takken) verhogen de ruwheid van de bedding. Dit bevordert de passage van vissen en andere waterdieren en verbetert bovendien de leefomgeving van stroomminnende soorten.
- Migratie moet zoveel mogelijk het gehele jaar door plaatsvinden. Dit betekent dat de visdoorgang moet kunnen functioneren bij uiteenlopende debieten, temperaturen en zuurstofgehalten. Ook bij lage debieten moet de peilstand voldoende hoog zijn om vismigratie toe te staan. Een minimaal debiet is van belang voor de leefomgeving van stroomminnende vissoorten en kan ook nodig zijn om te voorkomen dat de vissen ten prooi vallen aan roofdieren.
- Een visdoorgang moet voldoende ruim worden gedimensioneerd om massale trek (piekmigraties) in de paaitijd of bij het fourageren te kunnen opvangen.
- De uitzwemopening van de visdoorgang moet in stroomopwaartse richting ver genoeg zijn verwijderd van overlaten of turbines om te voorkomen dat vissen stroomafwaarts worden meegevoerd (en worden beschadigd of gedood).



Aanleg van een visdoorgang; de laatste en cruciale fase voor het bereiken van een efficiënte passage.





Evaluatie

3



Monitoring van visdoorgangen is van groot belang om te kunnen beoordelen of deze naar behoren functioneert. De onderzoeksvragen zijn bepalend voor de keuze van een bepaalde methodiek. Door bijvoorbeeld fuikvangsten te combineren met elektrovisserij en merk- en terugvangacties krijgen we een indruk van de mate waarin de diverse vissoorten en lengteklassen van een doorgang gebruik maken.

3.1 Algemeen

De efficiëntie van een visdoorgang wordt vaak niet geëvalueerd. Toch is een evaluatie van groot belang om te beoordelen of een visdoorgang naar behoren functioneert. De aldus verkregen kennis helpt nieuwe ontwerpen te verbeteren. Het wordt aanbevolen om al in een vroeg stadium van een herstelproject een evaluatieprogramma op te zetten. Voor zo'n programma dient men eerst de onderzoeksvragen vast te stellen. Vervolgens moet worden gezocht naar de onderzoeksmethoden die hierbij het beste aansluiten. Daarna kan men zich een beeld vormen van de diverse uitvoeringsaspecten. Deze aanpak wordt in dit Deel 3 op hoofdlijnen uitgewerkt. Voor meer specifieke informatie over methodieken en evaluatievoorbeelden wordt verwezen naar de literatuurlijst.

Stap 7. Vaststellen onderzoeksvragen



Stap 8. Keuze van onderzoeksmethoden



Stap 9. Uitvoering van het onderzoek

3.2 Vaststellen van onderzoeksvragen

Een evaluatie richt zich altijd op de efficiëntie van een visdoorgang. In Deel 2 is uitgelegd dat de efficiëntie vooral afhangt van de attractiviteit, passeerbaarheid en ecologische karakteristieken van een visdoorgang. Deze criteria bepalen ook de aard van de vraagstelling. Enkele concrete onderzoeksvragen zijn:

1. welke vissoorten maken van de doorgang gebruik?
2. maken alle doelsoorten (in alle levensstadia) van de doorgang gebruik?
3. welke fracties (van de migrerende populaties) passeren de doorgang?
4. functioneert de doorgang ook als verblijf- of paaiplaats?
5. welke invloed heeft de doorgang op de visstand?

De derde onderzoeksvraag doelt onder andere op de verhouding tussen het aantal vissen dat de stroomopwaarts trekt en op zoek gaat naar een doorgang ter hoogte van de migratiebarrière.

Aanvullende onderzoeksvragen in dit verband hebben te maken met de passage-efficiëntie en de attractie-efficiëntie (lokstroomwerking) van visdoorgangen die niet de volledige breedte van de waterloop innemen. Voorts kan men onderzoek doen naar de tijd die vissen nodig hebben om de visdoorgang te vinden en vervolgens te passeren. Hierbij komen ook de cumulatieve effecten die optreden aan de orde.

3.3 Keuze van onderzoeksmethoden

De methoden voor het onderzoek van de efficiëntie van een visdoorgang zijn te onderscheiden in vangst-afhankelijke technieken en vangst-onafhankelijke technieken. Vangstafhankelijke technieken berusten op de vangst van gemerkte of ongemerkte vissen. Bij gemerkte (of gelabelde) vissen gaat het meestal om een merk- én terugvangactie. De vangst van ongemerkte vissen heeft te maken met de bepaling van dichtheden (de vangst per inspanningseenheid). Vangst-onafhankelijke technieken behelzen onder andere visuele observatie (videosystemen), automatische tellingen (elektrische weerstandsmetingen) sonar-waarnemingen en telemetrische technieken (radiotelemetrie, acoustische telemetrie, transponders). Niet alle methoden zijn voor de Vlaamse of Nederlandse situatie geschikt. Hieronder volgt een overzicht van technieken die voor de diverse onderzoeksvragen wel geschikt kunnen zijn.

Fuikvangsten en elektrovisserij

Een vangstafhankelijke techniek is het vissen met fuiken. De fuik kan op maat worden gemaakt, bijvoorbeeld over de volle breedte van de visdoorgang aan stroomopwaartse zijde. Een dergelijke fuik heeft een ruime voorkamer die aan een frame is bevestigd. Achter de voorkamer hangen nog twee of meerdere kamers. Het frame wordt aan de visdoorgang bevestigd en de fuik wordt opgespannen met (staal)kabels en eventueel met behulp van kettingen en sloten beveiligd tegen diefstal. Een balk stroomopwaarts kan noodzakelijk zijn om drijfvuil tegen te houden. De fuik wordt dagelijks of om de twee dagen gelicht waarna de gevangen vissen worden gedetermineerd, gemeten, gewogen en eventueel gemerkt. De vis wordt vervolgens in het stroomopwaartse pand vrijgezet.

Fuikvangsten geven een goed beeld van de vissoorten en lengteklassen die van de doorgang gebruik maken (onderzoeksvraag 1).

Fuikvangsten kunnen worden gecombineerd met elektro-

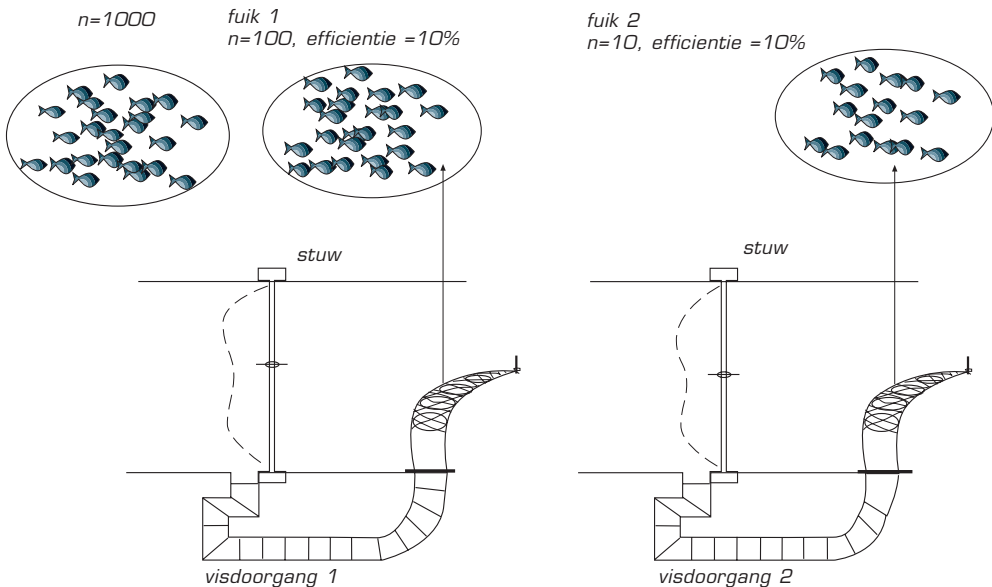
visserij. Men kan bijvoorbeeld wekelijks elektrovisserijen om een indruk te krijgen van het aanbod vissen stroomafwaarts van de doorgang. Deze vangsten kunnen onderdeel zijn van een merk- en terugvangactie.

Merk- en terugvangactie

Bij een merk- en terugvangactie krijgen de gevangen vissen op een of meerdere locaties een merkteken. Het merken van vissen kan gebeuren aan de hand van een groepsmerk, bijvoorbeeld een knip in de vin of een kleuring op of onder de huid door een alcian-bleu injectie, een pan-jet of een VIE (Visible Implant Elastomere). Het is ook mogelijk elke vis afzonderlijk te merken met behulp van een tag (bijvoorbeeld een Floy-tag, Carlin-tag, Petersen-tag, Visible Alpha-numeric Tag). Bij fuikvangsten en elektrovisserij kunnen op een eenvoudige manier grote aantallen vissen worden gemerkt. Afhankelijk van de opzet van het experiment kan, na het terugzetten van de vissen en een hervangst verderop, een uitspraak gedaan worden over de werking en efficiëntie van een bepaald deel van een visdoorgang, een volledige visdoorgang of meerdere visdoorgangen op rij.

In het geval van verschillende (minstens 2) opeenvolgende visdoorgangen, waarbij alle migrerende vissen ter hoogte van de verschillende bovenstroomse uitgangen met behulp van een fuik of vangkooi gevangen en vervolgens gemerkt en bovenstrooms teruggezet worden, is het mogelijk om de passage-efficiëntie van de stroomopwaartse visdoorgang af te leiden uit de verhouding van het aantal vissen dat de eerste visdoorgang passeert en het aantal hervangsten na passage van de eerstvolgende stroomopwaartse vistrap. Wanneer meerdere opeenvolgende visdoorgangen aanwezig zijn, kan men aan de hand van een dergelijk experiment ook een idee krijgen van het cumulatief effect (resterende barrière-effect) van een serie visdoorgangen.

op welke plaats vissen naar een doorgang zoeken ter hoogte van een obstakel. Radiotelemetrie kan bijgevolg veel informatie verschaffen over het functioneren van de doorgang, het gedrag van vissen stroomafwaarts van een barrière en hoe de doorgang (bijvoorbeeld een nevengeul) zich eventueel gedraagt als leefomgeving. Deze kennis kan onder andere gebruikt worden om het ontwerp van de visdoorgang te verbeteren. Een ander voordeel van radiotelemetrie is dat passage-efficiëntie ook vastgesteld kan worden aan de hand van de tijd die een vis nodig heeft om de doorgang te bereiken en vervolgens te passeren. Ook kan men de verhouding vaststellen tussen het aantal 'gezenderde' exemplaren dat de doorgang bereikt en het aantal dat daadwerkelijk passeert.



Figuur 3.1. Schematische voorstelling van de beoordeling van de cumulatieve effecten bij visdoorgangen naar aanleiding van merk- en terugvangacties met behulp van fuiken.

Fuikvangsten, elektrovisserij en merk- en terugvangacties helpen een indruk te krijgen van de mate waarin de diverse vissoorten en lengteklassen van een doorgang gebruik maken (onderzoeksvragen 1,2 en 3).

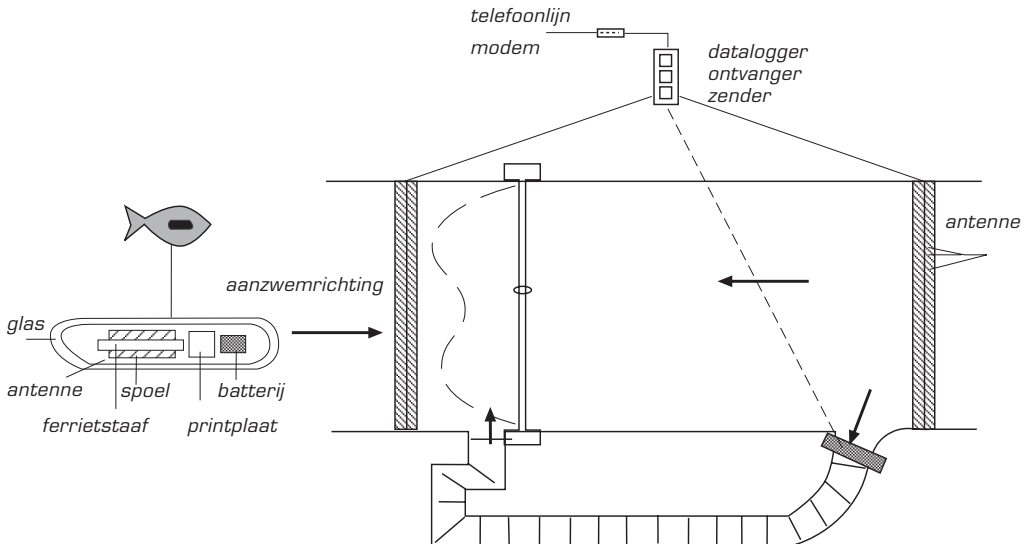
Radiotelemetrisch onderzoek

Bij een radiotelemetrie onderzoek worden vissen uitgerust met een miniatuur radiozender die continu of met een interval een signaal uitzendt. Met behulp van een ontvanger kunnen de vissen op elk gewenst tijdstip gelokaliseerd worden. Zo kan onder andere nagegaan worden of, en op welk ogenblik, een bepaalde vis de visdoorgang passeert, of

Belangrijke nadelen van radiotelemetrie zijn dat alleen grotere vissen in aanmerking komen (vanaf 100 gram) en dat vanwege het arbeidsintensieve karakter slechts kleine aantallen vissen van een zender kunnen worden voorzien. De levensduur van de zenders is onder andere te beïnvloeden met de interval tussen de radiosignalen. Dit interval kan één seconde bedragen, maar ook met een veel groter interval bijvoorbeeld één minuut) zijn ook nog waardevolle metingen mogelijk. Verder kunnen sensoren worden toegepast die aangeven of de vis nog leeft. De zender van een dode vis geeft dan een afwijkend signaal. Dit kan vooral van belang zijn bij onderzoek op paaigronden (van bijvoorbeeld zalm).

Inductiemetingen

Een vrij jonge techniek is inductiemeting (Nedap Trail System®). Het principe wordt veel toegepast bij veeherkenningssystemen en winkeldiefstalpoortjes. Voor de evaluatie van visdoorgangen bestaat het systeem uit een transponder die in de buikholte van de vis wordt geplaatst en een detectielus op de bodem van de waterloop. De transponder werkt op een kleine knoopcelbatterij en zendt slechts een signaal uit als daartoe opdracht wordt gegeven middels de detectielus. Met het systeem kunnen metingen worden gedaan tot een waterdiepte van twintig meter. Het transpondersignaal kan ook met een handantenne worden opgevangen.



Figuur 3.2: schematische voorstelling van de beoordeling van de efficiëntie van een visdoorgang voor individuele vissen op basis van een radiotelemetrisch onderzoek. Vissen (met zender) die over een antennekabel zwemmen, worden gedetecteerd. De signalen worden via een modem doorgestuurd naar een computer.

Radiotelemetrie en inductiemetingen geven informatie over de passage-efficiëntie, de attractie-efficiëntie (lokstroomwerking) en de tijd die vissen nodig hebben om een doorgang te vinden en te passeren (onderzoeksvraag 3). Deze technieken geven ook inzicht in het functioneren van de doorgang als leefomgeving (onderzoeksvraag 4). Men kan de gedragingen van individuele vissen tijdens de migratie volgen en slecht passeerbare trajecten in de doorgang exact lokaliseren.

Tag-scanning

Een ander hulpmiddel bij de evaluatie van visdoorgangen is een PIT-tag (Passive Integrated Transponders) die in de vis worden ingebracht. Als de vis langs een scanner zwemt (bij

de ingang en de uitgang van een visdoorgang), zendt de tag automatisch een signaal uit. Ook met deze techniek kan worden bepaald welk percentage van de vissen dat de doorgang bereikt, die ook daadwerkelijk passeert. Deze techniek is minder arbeidsintensief dan het radiotelemetrische onderzoek en bovendien kunnen ook kleine vissen van een tag worden voorzien (vanaf 5 gram). Een nadeel is dat het gedrag van de vissen stroomafwaarts van de doorgang niet kan worden nagegaan. Alleen vissen die de scanner passeren worden geregistreerd.

De toepassing van PIT-tags geeft informatie over de passage-efficiëntie, de attractie-efficiëntie (lokstroomwerking) van een visdoorgang en de cumulatieve effecten die bij een visdoorgang optreden (onderzoeksvraag 3).

Sonar-waarnemingen

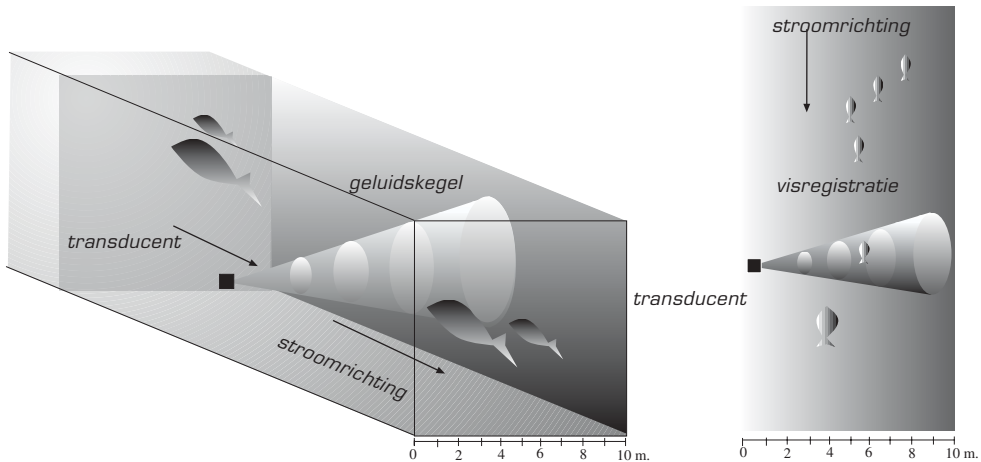
Bij de sonar-techniek (SOund NAVigation and Ranging) worden echo's opgevangen van geluidsgolven die onder water worden uitgezonden. Voor visdoorgangen maakt men gebruik van een vast opgestelde zender. Elke vis die door de geluidsbundel zwemt, veroorzaakt een echo die wordt geregistreerd. Bij toepassing van de 'split beam'-techniek kan de beweging van elke individuele vis binnen de geluidsbundel exact en in drie dimensies worden gevolgd. Zo kan

worden vastgesteld in welke richting (stroomop- of stroomafwaarts) en in welke waterlaag een vis zich voortbeweegt. Ook kan men het tijdstip van de bewegingen en de lengte van de vis bepalen. De resultaten worden in een computer verwerkt en opgeslagen. Raadplegen van de meetgegevens en aanpassen van de instellingen van de sonar kunnen middels een modem op afstand gebeuren.

Een voordeel van sonar is dat over een langere periode kan worden bekeken in welke mate en op welk tijdstip vismigratie plaatsvindt. Een andere gunstige eigenschap is dat de sonar de visbewegingen niet of nauwelijks verstoort. Voorts zijn sonar-waarnemingen weinig arbeidsintensief. Een nadeel is

dat de vissoorten niet worden gedetermineerd zodat hiervoor een aanvullend onderzoek nodig is. Voorts werkt de sonar pas vanaf een diepte van twee meter (waarnemingen dichters aan het oppervlak zijn niet betrouwbaar).

Sonar-waarnemingen helpen een indruk te krijgen van de passage-efficiëntie, de attractie-efficiëntie (lokstroomwerking) en de tijd die vissen nodig hebben om een doorgang te vinden en te passeren (onderzoeksvraag 3). De sonar-techniek geeft ook inzicht in het functioneren van de doorgang als leefomgeving (onderzoeksvraag 4)



Figuur 3.3 Schematische voorstelling van sonar-waarnemingen.

3.4 Uitvoering van het onderzoek

Na het bepalen van de onderzoeksvragen en -methoden kan het evaluatieprogramma in detail worden uitgewerkt. Hierbij dienen onder andere de benodigde mankracht, het aantal terreindagen, actielijsten en tijdschema's vastgelegd te worden. Vaak wordt de efficiëntie van een doorgang afgemeten aan de mate waarin de paaigronden tijdig worden bereikt. Hiervoor moet de evaluatie plaatsvinden tijdens de migratieperiode voorafgaand aan de paai van de doelsoorten (→ zie 'vis en vismigratie'). In andere gevallen gaat het om migratie in verband met het opgroeien, zoals bij glasaal of bot.

Een visdoorgang is doorgaans een prima omgeving voor vismigratie-onderzoek. Men kan hier het gehele jaar door migratiepatronen bestuderen. In sommige gevallen dient ook aandacht besteed te worden aan de geschiktheid van de visdoorgang voor stroomafwaartse migratie. Dit speelt vooral een rol als een barrière (zoals een gemaal, watermolen of waterkrachtcentrale) schade aan de visstand kan toebrengen.

De evaluatie wordt bij voorkeur uitgevoerd door visserij-experts met kennis van visdoorgangen en visbiologie. Vooraf moet worden voorzien in de nodige vergunningen en ontheffingen in verband met de geldende wet- en regelgeving (vangstvergunning, gebruik van (verboden) vistuigen voor wetenschappelijk onderzoek dierexperimentcommissie,

In het algemeen geldt dat tijdens de evaluatie zoveel mogelijk gegevens moeten worden verzameld. Naast informatie over de soort, de lengteklasse, het gewicht, het geslacht en de gezondheid van de vis zijn ook gegevens nodig over de locatie en de waterloop. Hierbij kan men denken aan gegevens over het zuurstofgehalte, de turbiditeit, de temperatuur, het doorzicht en de stroomsnelheden op de diverse plaatsen. Andere belangrijke factoren zijn de inplanting van de vistrap, het debiet door de visdoorgang, de hoogteverschillen van overlaten, de staat van onderhoud van de visdoorgangeventuele bijzonderheden ten aanzien van het watersysteem (zoals milieu-calamiteiten), Al deze gegevens kunnen nodig zijn om te beoordelen in hoeverre de visdoorgang voldoet aan de ontwerpdoelstellingen.



Monitoring anno 2005. Met behulp van sonar krijgen we een beeld van efficiëntie -waaronder attractie en passage- van een visdoorgang.



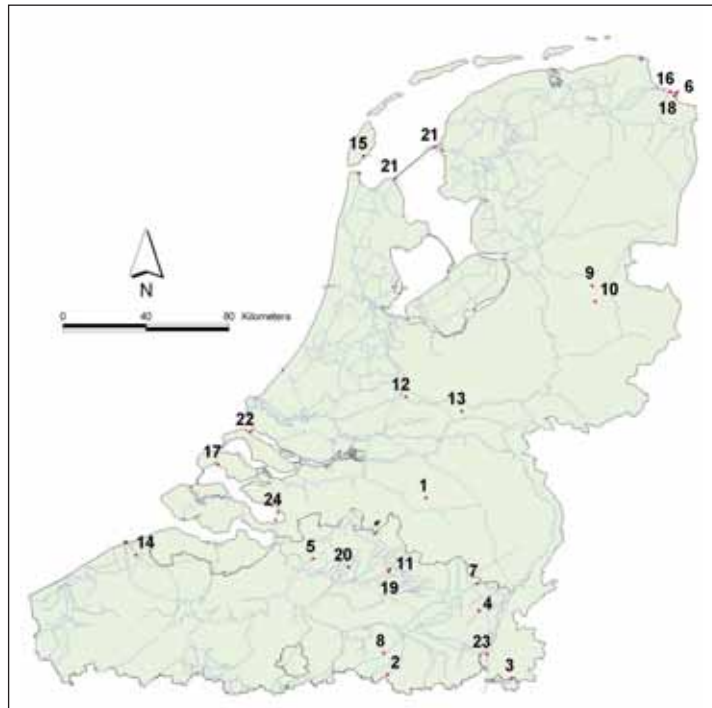
Ontwerpvoorbeelden



Deel 4 Ontwerpvoorbeelden

1. Algemeen

Er is in Nederland en Vlaanderen al een aantal vismigratiekelpunten opgelost. Dit deel geeft een overzicht van de oplossingsrichtingen, typen en varianten die reeds zijn toegepast. Per project wordt detailinformatie gegeven over de maatregel, de inrichting van het gebied, de karakteristieken van het ontwerp en de resultaten van de monitoring voorzover die is uitgevoerd. Aan het eind van dit deel is bovendien nog een aantal foto's te zien van enkele andere gerealiseerde projecten. In de onderstaande tabel met bijbehorende kaart is terug te vinden welke maatregel op welke locatie is uitgewerkt.



Overzichtskaart van de locaties waarvan een voorbeeld verder is uitgewerkt.

Nr.	Oplossingsrichting	Maatregel	Water	Ligging	Type
1	Natuurlijke oplossingen	R1T2V1	Beerze	NI	Stromend water
2	Semi-natuurlijke oplossingen	R2T1	Kleine Gete	VI	Stromend water
3		R2T1	Gulp	NI	Stromend water
4		R2T2V2	Bosbeek	VI	Stromend water
5		R2T2V3	Laarse Beek	VI	Stromend water
6		R2T3	Polder Breebaart	NI	Zoet-zoutovergang
7	Technische oplossingen	R3T1V1	Abeek	VI	Stromend water
8		R3T1V1	Velpe	VI	Stromend water
9		R3T1V1	Regge	NI	Stromend water
10		R3T1V2	Regge	NI	Stromend water
11		R3T1V3	Kleine Nete	VI	Stromend water
12		R3T1V3	Lek	NI	Stromend water
13		R3T1V4	Langbroekerwetering	NI	Polder(-boezemwater)
14		R3T1V4	Ronselaerebeek	VI	Polder(-boezemwater)
15		R3T2	Roggesloot	NI	Zoet-zoutovergang
16		R3T3	Termunterzijldiep	NI	Zoet-zoutovergang
17		R3T4	Polder Schouwen	NI	Zoet-zoutovergang
18		R3T5	Polder Fiemel	NI	Zoet-zoutovergang
19		R3T6V1	Breilooop	VI	Stromend water
20		R3T6V2	Delfte beek	VI	Stromend water
21	Aangepast beheer	R4T1	IJsselmeer	NI	Zoet-zoutovergang
22		R4T1	Haringvliet	NI	Zoet-zoutovergang
23		R4T5V2	Maas	NI	Bevaarbaar water
24		R2T4	Binnenschelde	NI	Polder-boezemwater

R1T2V1 Hermeandering van stromende wateren Hermeandering Beerze

1



Voor. Foto: Waterschap de Dommel



Na. Foto: Waterschap de Dommel



Hoog water. Foto: Waterschap de Dommel

Details van maatregel

Water:	Beerze
Gemeente:	Boxtel
Beheerder:	Waterschap De Dommel
Maatregel:	hermeandering van beek in oorspronkelijke overstromingsvlakte die nu begrensd is door een kade.
Doelstelling:	de beek kan vrij meanderen en overstroom

Details van inrichting gebied

Beeklengte :	hermeandering door gehele projectgebied Landinrichting Viermannekesbrug is 3000 m
Oppervlakte overstromingsgebied:	40 ha
Beeklengte overstromingsgebied:	1500 meter
Bodembreedte op dit traject:	4 meter
Talud buitenbocht:	1:1 (na erosie steil)
Talud binnenbocht:	1:3 à 1:5
Talud rechtstand:	beide oevers 1:1
Debiet:	0.5 – 6.0 kubieke meter/sec
Overstromingsfreq. (ontwerp):	30-90 dagen per jaar
Overstromingsfreq.(praktijk geschat):	>120 dagen/jaar
Beheersvorm:	begrazing zo lang mogelijk (circa 40 koeien).

Resultaten monitoring

Er is nog weinig gemonitord. Kopvoorn en Serpeling hebben hun leefgebied uitgebreid naar dit nieuwe gebied en in natte perioden zijn er bijzonder veel vogels. Op de foto de situatie voor en na hermeandering en bij hoog en laagwater.

R2T1 Nevengeul Nevengeul Kleine Gete

2



Inrichting huidige nevengeul
Foto: S. Monden



Uitgangssituatie voor aanvang van de werken (1996). Foto: D. De Charleroy



Nevengeul Kleine Gete, hoge afvoer
(Be) Foto: D. De Charleroy



Inlaatconstructie nevengeul
Foto: S. Monden

Details van maatregel

Water:	Kleine Gete
Gemeente:	Landen (Eliksem) (provincie Vlaams-Brabant)
Beheerder:	AMINAL afdeling water
Uitvoering:	GNOP project , AMINAL afdeling natuur, gemeente Landen en Provinciale Visserijcommissie Vlaams-Brabant
Knelpunt:	Stuw
Databank nr.:	7161-050
Beschrijving:	Langs de Koningsmolen is een verval van ongeveer 2 meter. Op de rechteroever is een nevengeul aanwezig. Ter bevordering van vismigratie werd de nevengeul ingericht met drempeltjes van losse stenen, versmallen en verbreden, wilgen en dergelijke.
Realisatie:	1996

Details van inrichting gebied

Verval:	2.2 meter
Gemiddeld verhang:	1.2 meter/km
Lengte nevengeul:	250 meter
Bodembreedte:	3 meter

De verdeling van het debiet tussen de molen en de nevengeul gebeurt met een schuif. De verdeling werd niet exact bepaald en wisselt. De nevengeul ligt op privé-grond en de schuif wordt door de moleneigenaar beheerd zonder bijkomende afspraken. In praktijk wordt steeds een groot deel van het water langs de nevengeul gestuurd met een goede lokstroom als gevolg.

Resultaten monitoring

Een radiotelemetrieonderzoek (najaar 2003) toonde aan dat beekforellen de nevengeul gebruiken om stroomopwaarts te migreren. Een inschatting van de efficiëntie van de nevengeul was echter niet mogelijk omdat het najaar te droog was. Hierdoor ontstond er geen grote trekdrang bij de meeste forellen (die voorzien waren van een zender).



Overzicht van een deel van de nevengeul. Foto: R. Gubbels



Inlaatwerk. Foto: R. Gubbels



Perspectieftekening van de nevengeul nabij de Broekermolen. Tekening van Waterschap Roer en Overmaas

Details van maatregel

Water:	Gulp
Gemeente:	Slenaken
Beheerder:	Waterschap Roer en Overmaas
Knelpunt:	Broekermolen
Maatregel:	aanleg van een nevengeul langs de molen door gebruikmaking van oude bedding van de Gulp
Realisatie:	1995
Doelstelling:	herstel migratie van aquatische organismen

Details van inrichting gebied

Verdeling molen nevengeul:	ca. 60 - 40%
Verval:	3.75 meter
Gemiddeld verhang:	6 meter/km
Lengte nevengeul:	850 meter
Beheersvorm :	extensief

Resultaten monitoring

In de nevengeul is het hele jaar een schepnetonderzoek gedaan. Er zijn verschillende levensstadia aangetroffen van: driedoornige stekelbaars, bierpje, rivierdonderpad en beekforel (adulten). Dit komt sterk overeen met het soortenspectrum van de Gulp.

R2T2V2 Stenen helling (riprap; vishelling; rocky ramp) Stenen helling Bosbeek

4



Stenen helling Bosbeek
Foto: S. Monden



Stenen helling Bosbeek
Foto: S. Monden

Details van maatregel

Water:	Bosbeek
Gemeente:	Maaseik (provincie Limburg)
Waterbeheerder:	AMINAL afdeling water
Uitvoering:	in samenwerking met Natuurpunt, Provinciale Visserijcommissie Limburg
Knelpunt:	Stuw
Databank nr.:	10004-150a
Beschrijving:	Opstuwung voor het vullen van een vijver
Maatregel:	stuw is vervangen en meer ruwheid door het aanbrengen van stenen
Realisatie:	1998
Doelstelling:	herstel vismigratie en herwaardering leefomgeving.

Details van vispassage

Afvoer Bosbeek:	0.1-4m ³ /s
Ligging:	hoofdstroom ontwerpdebiet: komt overeen met afvoer
Lengte vispassage:	50 meter
Diameter stenen:	0.75 m
Ruimte tussen stenen:	meer dan 1 meter
Helling: Geschat:	1.5 %
Diepte:	van 15 cm tot 1 meter

Er zijn streekeigen maaskeien gebruikt. Het resultaat is een zone met een diversiteit aan verschillende stroomsnelheden. Het lijkt een natuurlijk stromingspatroon.

Resultaten monitoring

Monitoring is niet nodig aangezien vismigratie geen probleem is in de ruime openingen tussen de stenen.

R2T2V3 Stenen drempels (step-pool; cascade vispassage) Cascade-vispassage Laarse Beek

5



*Detailopname cascade Laarse beek (Be)
Foto: B. Veraart*



*Cascade in meander van Laarse beek (Be)
Foto: B. Veraart*

Details van maatregel

Water:	Laarse beek
Gemeente:	Brasschaat/Schoten in het Peerdsbos
Waterbeheerder:	Provincie Antwerpen
Knelpunt:	stuw met een verval van 0.7 m
Databank nr.:	3432-070
Maatregel:	er is een nevengeul gelegd rond de stuw. De geul bestaat uit V-vormige bekkentrappen (7 overlaten) die zijn opgevuld met stortstenen.
Realisatie:	1998
Doelstelling:	herstel vismigratie en herstel specifieke leefomgeving.

Details van vispassage

Ligging:	in een nevengeul
Lengte vispassage:	25 meter
Afzonderlijke bekkens zijn:	2.0 – 3.2 meter breed en 2.6 – 4 meter lang
Waterdiepte in overlaat 1, 2, 3 en 5 (meest stroomafwaartse is nr. 1) varieert de diepte tussen 11 cm en 20 cm, afhankelijk van de periode, terwijl in overlaat 6 en 7 de diepte varieert tussen 6 cm en 9 cm. In overlaat 4 tenslotte varieert de diepte tussen 9 cm en 12 cm	
Stroomsnelheid (gemeten op diepste punt in de overlaten) bij de vijf meest stroomafwaartse overlaten varieert tussen 0.01 m/s en 0.21 m/s afhankelijk van de periode, terwijl in de 6de en 7de overlaat (de meest stroomopwaartse) de stroomsnelheid varieert tussen 0.31 m/s en 0.62 m/s	

Resultaten monitoring

De Rivierdonderpad passeert alleen de eerste vijf overlaten van de vistrap in stroomopwaartse richting. Deze soort kan de twee meest stroomopwaartse trappen niet over. Dit komt of door een te hoge stroomsnelheid aan de overlaten of door het ontbreken van stenen die als schuilplaats kunnen dienen in de bekkentrappen. Baars en blankvoorn kunnen de vistrap wel in stroomopwaartse richting passeren. De twee stroomopwaartse overlaten worden nog aangepast door het plaatsen van stortstenen en/of het verdiepen van de overlaten.

R2T3 Gedeeltelijk herstel van estuaria Gedempt getij in Polder Breebaart

6



Overzicht van de polder Breebaart Foto: Aerofoto Eelde

Details van maatregel

Water:	Polder Breebaart
Gemeente:	Delfzijl
Beheerder:	Waterschap Hunze en Aa's, Stichting het Groninger Landschap
Maatregel:	uitpoldering kwelder door gat in dijk
Realisatie:	2000-2001
Doelstelling:	Brakwatergetijdengebied met zoet-zoutgradiënt en natuurlijke abiotische en biotische processen. Herstel vismigratie Dollard en achterland, vergroten van natuurbeleving en vergroten draagvlak voor natuurbescherming
Oppervlakte:	Ca. 63 ha

Details van inrichting gebied

Uitvoering maatregel:	uitgraven van slenk met glooiend talud.
Afmetingen slenk:	ca. 2 km lang en 20 meter breed
Waterdiepte:	0.1 tot 1.5 m
In-/uitlaat:	duiker, rechthoekig 1 bij 2 meter, elektronische besturing
Demping getij:	van ca. 3 meter (buitendijks) tot 0.3 meter in polder Breebaart (binnendijks)
Zoetwateraanvoer:	via een vispassage (combinatie vijzel en stenen helling) die boezemwater verbindt.

Resultaten monitoring

Optrek naar achterliggend gebied van aal en driedoornige stekelbaars. Leefgebied voor haring, spiering, bot, kleine zeenaald, brakwatergrondel, dunlipharder en snotolf werd hersteld.

Overige voorbeelden stenen of houtige doorgangen



Vvormige drempels stortsteen in Beerze (NI).
Foto: OVB



Oude beekbedding van de Weerij's weer in gebruik (Be). Foto: S. Manden



Stenen helling Molenleij Breda (NI)
Foto: E. van der Kerff



Stenen helling in de Visbeek (Be)
Foto: S. Monden



Pas aangelegde nevengeul Berkel (NI)
Foto: B. Arendsen



Nevengeul Berkel (NI) krijgt de vrije loop.
Foto: M. Schaap



Aanrengen en fixeren van dood hout met wortels in de rivier de Bröl, Duitsland. Foto: G. Mickoleit



Stroompatronen na aanleg van dood hout, Duitsland. Foto: G. Mickoleit

R3T1V1 Bekkentrapp met V-vormige overlaten Bekkenpassage V-vormige overlaten, Abeek

7



Bekkenpassage met V-vormige overlaten in de Abeek bij normale afvoer (plunging flow). Foto: P. Vanhopplinus



De bekkenpassage met V-vormige overlaten in verdrongen toestand (streaming flow). Foto: T. Gaethofs

Details van maatregel

Water:	Abeek
Gemeente:	Bocholt (prov. Limburg)
Knelpunt:	stuw (nr. 9505-050)
Maatregel:	in de bypass is een V-vormige bekkentrapp aangelegd met houten overlaten. De ruwheid is verhoogd door vegetatie. Hierdoor ontstaat in het voorjaar en in de zomer in plaats van een plunging type een streaming type vispassage met volkomen overstort.

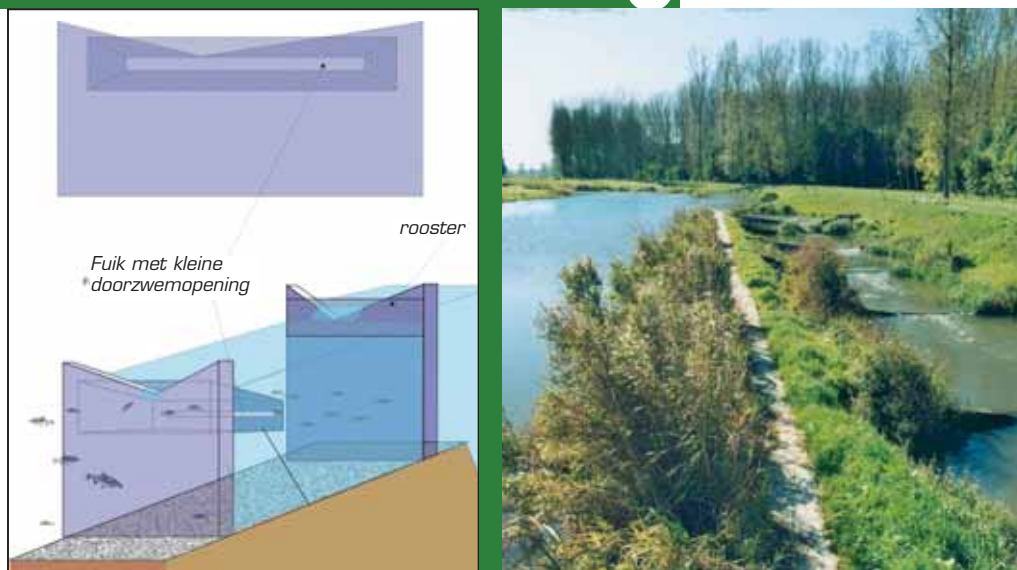
Details van vispassage

Afvoer Abeek:	ca. 0.5 tot 5 m ³ /s
Ligging:	bypass
Aantal bekken:	9 stuks
Niveaoverschil per bekken:	12 cm
Diepte bekken:	van 1.50 tot 0.30 meter
V-vorm:	1:7
Totale lengte:	80 meter
Materialen:	houten damwand met dikke stenen
Bekleding bekken:	oevers in schanskorven

Resultaten monitoring

Er is nog niet gemonitord. Onderhoud is bijna niet noodzakelijk

Bekkentrap V-vormige overlaten Velpe



Bekkenpassage met V-vormige overlaten Velpe. Foto: P. Vanhopplinus

Details van maatregel

Water:	Velpe
Gemeente:	Kortenaken (Hoeleden) (provincie Vlaams-Brabant)
Waterbeheerder:	AMINAL afdeling water
Knelpunt:	stuw (nr. 7155-070)
Maatregel:	langs de stuw is een V-vormige bekkentrap aangelegd. Al het water gaat over de vispassage. Uit onderzoek blijkt dat deze vispassage attractief en passeerbaar is.
Realisatie:	1996

Details van vispassage

Afvoer Velpe:	6 m ³ /s
Ligging:	Bypass
Ontwerpdebiet:	0.5m ³ /s
Bekkenlengte:	8 meter
Aantal bekken:	8
Niveaoverschil per bekken:	0.15 meter
Peilverschil (verval):	1.2 meter
Diepte bekken:	1.25 meter
V-vorm:	1:7
Totale lengte:	68 meter
Bekleding bekken:	schanskorven
Overlaten:	hout

Vlottend vuil wordt van de stuw afgeleid zodat er geen afval in de bekken terecht komt.

Resultaten monitoring

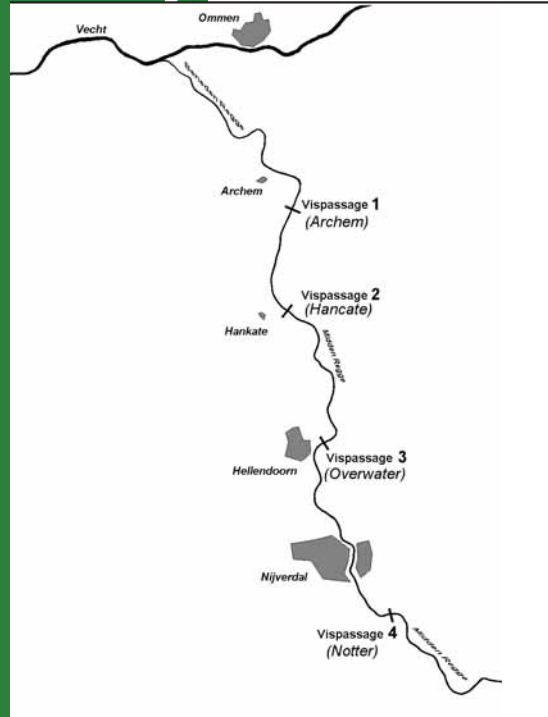
Uit onderzoek blijkt dat deze vispassage passeerbaar is voor de meeste soorten. In totaal zijn er in de Velpe negentien soorten gevangen. Het onderzoek is uitgevoerd door het Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer. Het blijkt dat tijdens de monitoring zestien soorten de bekkentrap opzwoomen waaronder kleinere soorten zoals bittervoorn, grondel, biermje. Er zijn monsters genomen met behulp van een fuik op de op een na bovenste overlaat van de bekkentrap.

Bekkenpassage met V-vormige overlaten Regge

9



Overzicht van de ligging van de vispassage.
Foto: Waterschap Regge en Dinkel



Details van maatregel

Water:	Regge
Gemeente:	Notter
Waterbeheerder:	Waterschap Regge en Dinkel
Realisatie:	1992-1993
Doelstelling:	ecologisch herstel Regge

Details van vispassage

Ligging:	hoofdstroom
Ontwerpdebiet:	1.0 m ³ /s (regelbaar)
Bekkenlengte:	8-13 meter
Niveaueverschil per bekken:	0.20 meter
Aantal bekken:	zomer: 6 winter: 4
Diepte bekken:	1.80 meter
Totale lengte:	75 meter
V-vorm:	1:7
Bekleding bekken:	stortsteen

De vispassage is geïntegreerd in een cascadeduwconstructie voor beluchting van het water. Dit wil zeggen dat naast ieder bekken van de vispassage een bassin is aangelegd waardoor het rustgebied per bekken aanzienlijk is vergroot. Het bovenstroomse bekken doet bovendien dienst als verstelbare stuw. In de zomer kan hiermee een hoger waterpeil worden ingesteld in het bovenstroomse gebied. Het zogenaamde zomerpeil ligt 30 cm hoger dan het winterpeil. Alleen bij afvoeren > 1 m³/sec zal een deel van het water over de nabijgelegen cascadeduw lopen. Het hoogteverschil dat wordt overwonnen is ongeveer 1.3 meter. Hiervoor zijn zes bekken aangelegd. De bekken zijn ongeveer 30 meter breed inclusief de aangrenzende bassins.

Resultaten monitoring

De visfauna van de Regge wordt bepaald door vissoorten die niet afhankelijk zijn van stromend water en die ook in stilstaand water voorkomen (o.a. blankvoorn, baars, alver en snoek). Met uitzondering van riviergrondel, zijn stroomminnende (reofiele) soorten laag frequent aangetroffen. Hiertoe behoren doelsoorten als winde, kopvoorn, serpeling en sneep. Met behulp van fuiken zijn - tussen half maart tot eind mei 1998 - zestien vissoorten gevangen bij de bovenstroomse openingen van de vispassage. Het totaal zijn er 23.413 vissen geteld waarvan het merendeel bestond uit blankvoorn.

R3T1V2 Vertical slot-vispassage Vertical slot-vispassage Regge

10



Overzicht ligging vispassage. Foto: Waterschap Regge en Dinkel



Detailopname van een doorlaat
Foto: OVB

Details van maatregel

Water:	Regge
Gemeente:	Overwater
Waterbeheerder:	Waterschap Regge en Dinkel
Realisatie:	1996-1997
Doelstelling:	Ecologisch herstel Regge

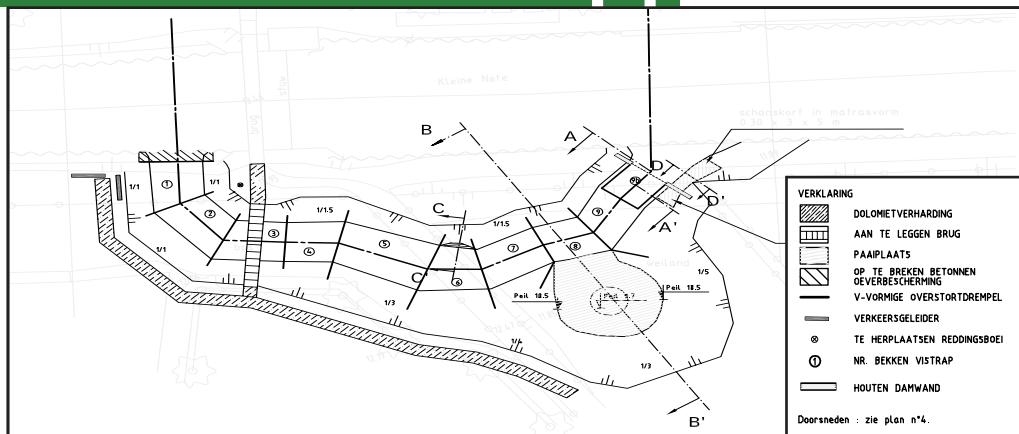
Details van vispassage

Ligging:	bypass
Ontwerpdebiet:	0.7 m ³ /s (zomer) 0.6 m ³ /s (winter)
Bekkenlengte:	7.45 meter
Aantal bekken:	10
Niveaoverschil per bekken:	0.05 meter
Peilverschil (verval):	0.50 meter (zomer) 0.65 meter (winter)
Diepte bekken:	1.16 meter (zomer) 0.8 meter (winter)
Totale lengte:	99 meter
Breedte slot:	Twee keer 30 cm
Bekleding bekken:	Stortsteen

Resultaten monitoring

De visfauna van de Regge bestaat uit vissoorten die niet afhankelijk zijn van stromend water en die ook in stilstaand water voorkomen (o.a. blankvoorn, baars, alver en snoek). Met uitzondering van riviergrondel, zijn stroomminnende (reofiele) soorten laag frequent aangetroffen. Hiertoe behoren doelsoorten als winde, kopvoorn, serpeling en sneep. Met behulp van fuiken zijn van half maart tot eind mei 1998 zeventien vissoorten gevangen bij de bovenstroomse openingen van de vispassage. In totaal zijn er 2.004 vissen geteld waarvan het merendeel bestond uit blankvoorn.

Vertical slot-passages zijn gevoelig voor opstuwing. Dit wordt onder meer veroorzaakt door drijfvuil en/of door stortstenen die zijn verplaatst door spelende (kinder-) handen. Aanbevolen wordt om bij dit type vispassage alle openingen goed op elkaar af te stemmen en schoon te houden.



Stroompatroon van de vispassage na aanleg. Foto: R. Maes



Aanleg van de V-vormige bekkenpassage met vertical slot in de Kleine Nete. De stenen zijn niet overgoten met beton maar in beton geplaatst zodat de ruwheid van de stenen behouden blijft. Foto R.Maes



Details van maatregel

Waterloop:	Kleine Nete
Type kunstwerk:	automatische stuw
Realisatie:	2003
Waterbeheerder:	AMINAL, afdeling water
Maatregel:	aanleg van een vispassage in een bypass langs de stuw met V-vormige overlatten gecombineerd met vertical slot.
Doelstelling:	herstel vismigratie Kleine Nete

Details van vispassage

Afvoer waterloop	
Min:	0.63 m ³ /s
Max:	35.2 m ³ /s
Max. verval over de stuw:	1.40 meter
Max. debiet vispassage:	1.11 m ³ /s
Min. debiet vispassage:	0.63 m ³ /s
Totale lengte:	65 meter
Breedte:	ca. 10 meter
Aantal overlatten:	10
Verval per bekken:	0.14 meter
Breedte vertical slot:	0.15 meter
Hoogte vertical slot:	ca. 0.50 meter
Bekleding bekkenbodems:	Steenbestorting met poelen
Gemiddelde waterdiepte:	0.75 meter

V-vormige bekkenpassage met vertical slot Lek

12



Overzichtsfoto opbouw overlaat.
Foto: C. Dorst



Detailopname van een overlaat (prefab) met sleuf. Foto: C. Dorst



V-vormige bekkenpassage met vertical slot in aanleg. Foto: OVB

Details van maatregel

Waterloop:	Lek
Type kunstwerk:	Twee stuwbogen, onderloosend
Realisatie:	September 2004
Waterbeheerder:	Rijkswaterstaat, Directie Oost Nederland
Maatregel:	Aanleg van een vispassage in een bypass langs de stuw met V-vormige overlaten gecombineerd met vertical slot
Doelstelling:	Herstel vismigratie Rijn en Maas

Details van vispassage

Afvoer Nederrijn / Lek:

min: 25 m³/s (spoldebiet bij gesloten stuwen)

max: ca. 3300 m³/s

max. verval over de stuw: 3.8 meter (ws beneden = NAP-0.80 meter en ws boven NAP+3.0 meter).

max. debiet vispassage: 4.0 m³/s

min. debiet vispassage: 1.0 m³/s

Bekkenlengte:

15 meter

Totale lengte:

ca. 525 meter

Breedte:

ca. 10 meter

Aantal overlaten:

24 (ws boven > NAP+2.6 m) of 21 (ws boven < NAP+2.5 m) via zelfregelend afsluitmechanisme in bypass.

Verval per bekken:

gemiddeld ca. 16 cm

Breedte vertical slot:

0.30 meter

Hoogte vertical slot:

0.92 meter (tot apexniveau)

Breedte middensectie:

2.20 meter

Helling bovenkant middensectie:

1:3

Helling bovenkant buitensectie:

1:7 (breedterichting) en 1:1.5 (lengterichting).

Bekleding bekkenbodems:

stortsteen

Aan weerszijden van het vertical slot (afstand ca. 1 meter) is een goot brok natuursteen geplaatst (diameter ca. 1.0 meter).

Gemiddelde waterdiepte:

ca. 1.5 meter

Resultaten monitoring

Monitoring begint zodra vispassage klaar is.

Monitoringsvoorzieningen:

signalering met drie antennekabels (voor NEDAP Trail system) en fuik.

Afmeting fuiken: Breedte:

ca. 10 meter (sluit vispassage af)

Lengte:

ca. 24 meter, 5 hoepels.



*De Wit-vispassage in aanbouw in de Langbroekerwetering
Foto: OVB*

*Detail van een onderwateropening
Foto: OVB*

Details van maatregel

Waterloop:	Langbroekerwetering
Gemeente:	Driebergen-Rijsenburg (NL)
Type kunstwerk:	automatisch mechanische inlaatstuw (onderlozend)
Verval:	ca 0,30 meter
Capaciteit:	1,5 m ³ /s
Functies/gebruik	landbouw
waterloop:	
Maatregel:	aanleg van een De Wit-vispassage naast een AMI-stuw
Doelstelling:	opheffen van ecologische barrières in de Langbroekerwetering. Bij lage afvoeren is vispassage mogelijk via de vistrap. Bij hoge afvoeren eveneens via de AMI-stuw (onderlozend).
Bouwjaar:	1992
Waterbeheerder:	hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden

Details van vispassage

Lengte vispassage:	2,75 meter
Aantal bekken:	5
Lengte bekken:	0,55 meter
Breedte bekken:	1,20 meter
Diepte bekken:	1,50 meter
Breedte slot:	0,20 meter
Hoogte slot:	0,35 meter
Ontwerpdebiet:	0,05 m ³ /s
Materiaal (prefab):	schotten: staal wanden: staal

Resultaten monitoring

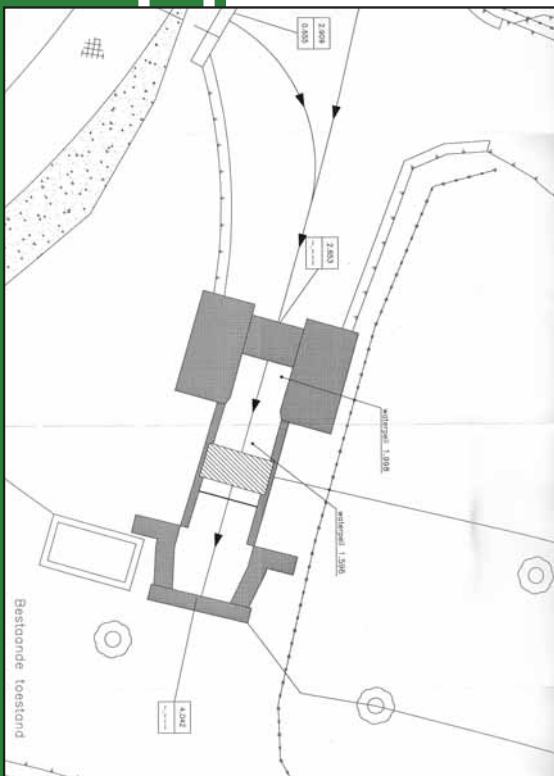
Uit een in 1993 uitgevoerd onderzoek bleek dat alle in de wetering voorkomende vissoorten de vispassage passeerden. De passagemogelijkheden van grotere vissoorten (o.a. snoek > 60 cm) zijn onduidelijk.

De Wit-vispassage, Ronselaerebeek

14



De Wit-vispassage Ronselaerebeek (Be)
Foto: D. Vancraeyst

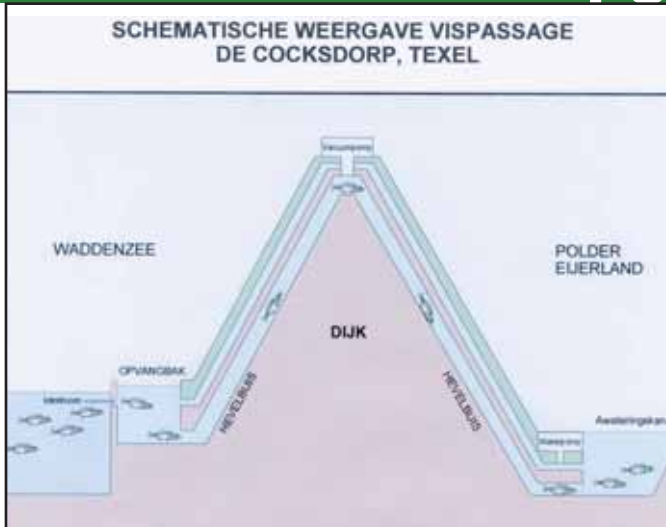


Details van maatregel

Waterloop:	Ronselaerebeek of Ronsaertader (2 ^e cat.)
Gemeente :	Damme (Oostkerke)
Type kunstwerk:	De Wit vispassage naast klepstuw
Verval:	45 cm (tussen 1 apr en 1 okt) 25 cm (tussen 1 okt en 1 apr)
Functies/gebruik waterloop:	afvoer, berging, recreatief, ecologisch
Bouwjaar:	2004
Waterbeheerder:	Zwin-Polder

Details van vispassage

Lengte vispassage:	16 meter
Aantal bekken:	14
Lengte bekken:	1 meter
Breedte bekken:	2 meter
Diepte bekken:	1.65 meter
Breedte slot:	20 cm
Hoogte slot:	50 cm
Materiaal	
(ter plaatse gegoten gewapend beton) :	schotten: gewapend beton wanden: gewapend beton afdekking : roosters in gegalvaniseerd metaal



Inzuigmond met stekelbaars
Foto: G. Wintermans



Uitstroom gemaal en lokstroom
hevel-vispassage
Foto: G. Wintermans

Tekening van Wintermans Ecologen Bureau (1997)

Details van maatregel

Waterloop:	Roggesloot
Gemeente:	De Cocksdoorp (Texel)
Type kunstwerk:	gemaal
Maatregel:	aanleg van een hevel-vispassage nabij gemaal bij de Cocksdoorp
Doelstelling:	intrek van driedoornige stekelbaars als voedselvoorziening voor lepelaars en glasaal ten behoeve van de binnenvisserij.
Bouwjaar:	1995
Waterbeheerder:	Waterschap HollandsKroon in Noord-Hollands Noorderkwartier
Eigenaar:	Staatsbosbeheer

Details van vispassage

Inlaatcomp.:	12 m ³
Lengte hevelbuis:	80 meter
Diameter:	12 cm
Hevelsnelheid:	ontwerpsnelheid 1 m/s; daadwerkelijk ca 0.45 m/s
Capaciteit vacuümpomp:	21 m ³ /h
Vermogen vacuümpomp:	2.2 kW
Capaciteit pomp:	max 45 m ³ /h; ingestelde capaciteit 30 m ³ /h
Bodem inlaatcomp.:	beton
Wanden inlaatcomp.:	stalen damwanden
Buizen:	HDPE

Resultaten monitoring

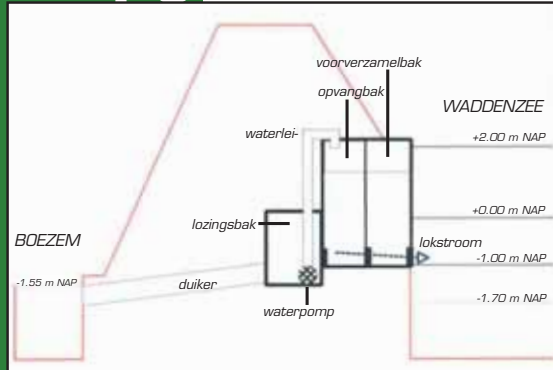
Naast driedoornige stekelbaars profiteren ook glasaal, jonge bot, harder en uitgespoelde zoetwatervissen van de passage.



Lokatie lokstroom met links het zeegemaal Rozema.
Foto: H. Wanningen



Kijkvenster. Foto: H. Wanningen



Schematische weergave vispassage gemaal Rozema
Tekening van Wintermans Ecologen Bureau (1997)

Details van maatregel

Waterloop:	Termunterzijldiep
Gemeente:	Delzijl
Type kunstwerk:	gemaal
Waterbeheerder:	Waterschap Hunze en Aa's
Realisatie:	2000
Doelstelling:	veilig stellen van vistrek vanuit zee naar zoet binnenwater
Maatregel:	aanleg van een vispassage (in de zeedijk) gelijktijdig met de bouw van het gemaal.

Details van vispassage

Via een pomp wordt water vanuit de boezem in twee bakken gepompt die met het buitenwater in verbinding staan. De vissen worden gelokt door de stroom die ontstaat als deze bakken worden gevuld. Na verloop van tijd (bijvoorbeeld een half uur) gaat van één van de bakken de schuif aan de zeekant dicht en de schuif naar de afvoerbuis open. Dan stroomt het water uit de bak, met de aanwezige vissen, door deze sluis naar het Termunterzijldiep (onder vrij verval). De schuif van de betreffende bak wordt daarna weer gesloten en de bak loopt door de pomp weer vol met water. Als het water in de bak weer op hetzelfde niveau staat als het buitenwater, gaat de schuif aan de zeekant weer open. Hierdoor is de lokstroom weer hersteld bij deze bak. Vervolgens kan bij de tweede bak de schuif aan de zeekant dicht en kan deze bak, met vis, worden geleegd.

Ligging:	In haven (zogenaamde bypass) naast gemaalmond
Verval:	Boezempeil -1.54m NAP en zeewaterpeil (GLW): ca. -1.70 meter NAP; GHW: ca. $+1.50$ meter NAP
Debiet:	$8.700\text{ m}^3/\text{dag}$
Pompcapaciteit:	$435\text{ m}^3/\text{uur}$
Grootte bassin:	(ca. $4*3*3,75\text{ m}$), uitvoering met 2 kijkvensters afsluitbare openingen (0.2 en 0.4 m ²) ongeveer 80% van de getijdencyclus
Operationele periode van de passage:	
Diameter aanvoerbuis:	30 cm
Afvoersysteem:	automatisch gestuurde schuiven en afvoerbuis
Lengte afvoerbuis:	50 meter
Verval afvoerbuis:	1:50



Vooraanzicht aalgoot vanaf zee gezien. Foto: A. van der Straat

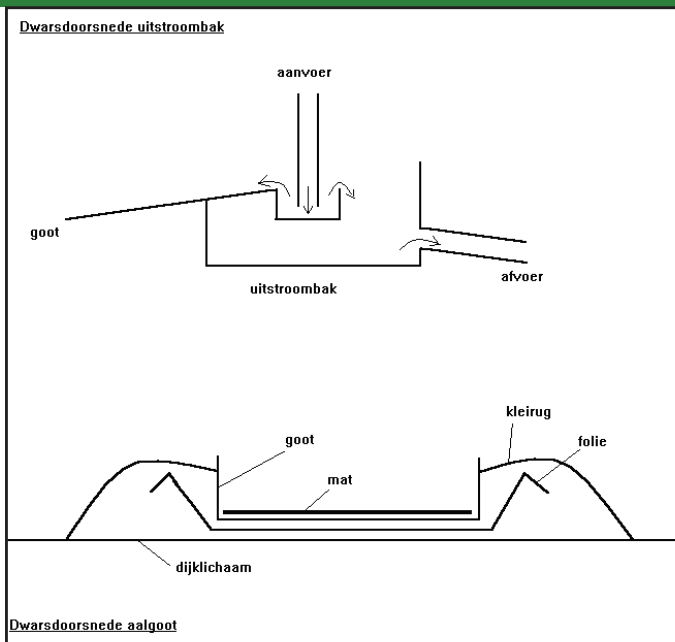


Aal in opvangbak
Foto: A. van der Straat

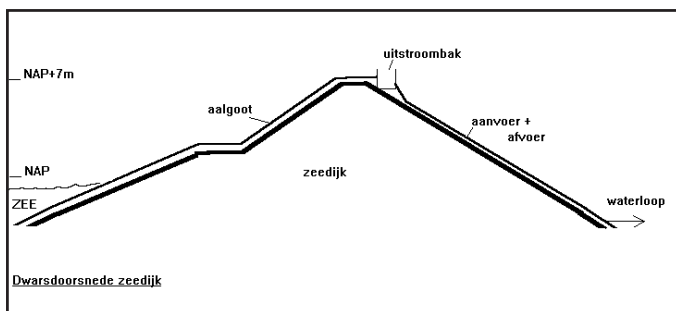
Details van maatregel

Waterloop:	Oosterschelde-Polder Schouwen
Gemeente:	Schouwen-Duiveland
Type kunstwerk:	gemaal / dijk
Verval:	max. ca. 9 meter
Capaciteit gemaal:	2*250m ³ /min
Waterbeheerder:	Waterschap Zeeuwse Eilanden
Maatregel:	aanleg van een aalgoot bij het gemaal Prommelsluis dat op de Oosterschelde loost.
Bouwjaar:	1995
Doelstelling:	het verbeteren van de intrek voor glasaal aan de zuidkust van Schouwen.

R3T4 Palingpassage/aalpassage Aalgoot Prunje



Uitstroom van de bak op het dijklichaam. Foto: A. van der Straat



Details van vispassage

Goot buitendijs:

breedte: 50 cm
hoogte: 15 cm
lengte: 35 meter

Bekleding:

3 lagen los geweven kokosmat, folie en lekbak tegen lekkage

Leiding binnendijs:

diameter: 63 mm
lengte: 50 m
HDPE

Pomp:

capaciteit: ca. 5 m³/h

Het geheel is omheind en overdekt met gaas.

Resultaten monitoring

In de periode medio april tot medio juni 1995 passeerden 20.000-30.000 glasalen door de aalgoot.



Overzicht van de cascade. Foto: M. Kroes

Details van maatregel

Waterloop: Polder Fiemel – Polder Breebaart

Gemeente: Noordpolderzijl

Type kunstwerk: gemaal

Verval: 1.30 meter

Capaciteit: 500 m³/h

Bouwjaar: 2000

Waterbeheerder: Waterschap Hunze en Aa's

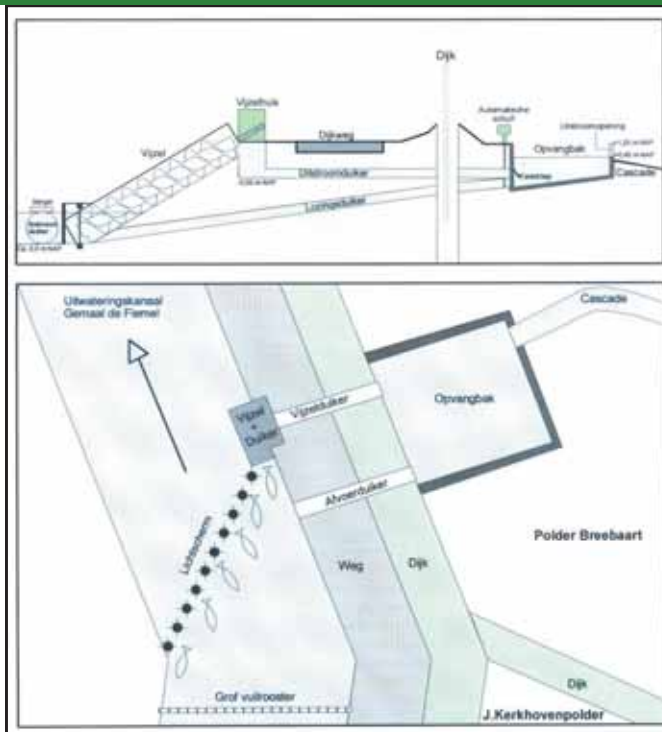
Doelstelling: herstel van vismigratie

Maatregel: aanleg van een visvijzelconstructie met cascade om vismigratie mogelijk te maken tussen het afwateringskanaal en de polder Breebaart

Details van vispassage

Instroomduiker:	lengte: 4.0 meter diameter: 1.25 meter
Vijzel:	diameter: 1240 mm toerental: 25 t/min hoek: 30 ° lengte: 8 meter
Opvangbassin:	lengte: 5 m breedte: 2 m inlaatcompartiment: beton buizen: HDPE

R3T5 Vijzel-vispassage Vijzelvispassage polder Fiemel



Monitoring opvangbak
Foto: M. Kroes

schematische weergave vispassage polder Fiemel. Tekening van Wintermans Ecologen Bureau

Resultaten monitoring

De vispassage is drie jaar gemonitord. In het voorjaar (begin maart - half juni 2003) zijn driedoornige stekelbaars, glasaal, spiering, bot en enkele zoetwatervissoorten gevangen. Ook zijn er kreeftachtigen gezien. In totaal werden 11.391 vissen gevangen. Het merendeel van de vangst bestond uit driedoornige stekelbaars (ca. 82%). In het najaar (half sept.-begin nov. 2003) zijn in totaal slechts dertien vissen gevangen, waarvan 11 alen en 2 baarzen. In totaal zijn gedurende 2003 ca. 84 alen via de vijzel naar zee getrokken. Met deze gegevens is een goed beeld gekregen van gebruik van de vispassage door vissoorten in het voorjaar en een minder eenduidig beeld van het gebruik in het najaar. Aandachtspunten bij het beheer zijn mogelijke opslibbing van de cascade, migratie naar vijzel van uitstroombuiker, verbeterde geautomatiseerde besturing en het functioneren van het lichtscherm.



Situatie voor de maatregel
Foto: B. Veraart



Situatie na de maatregel
Foto: B. Veraart

Details van maatregel

Water:	Breilooop
Gemeente:	Geel (provincie Antwerpen)
Beheerder:	Provincie Antwerpen
Knelpntn databank	8522-040
Beschrijving:	oorspronkelijk lag er een duiker met steenafval dat een verval veroorzaakte
Maatregel:	de duiker werd vervangen door een dek op de oever.
Realisatie:	2002
Doelstelling:	herstel vismigratie over het volledige traject van de Breilooop samen met enkele ecologische herstelmaatregelen (aanleg meander).

Details van inrichting gebied

De overwelving is noodzakelijk voor passage van landbouwvoertuigen. Het dek op de oever is daarom een stevige, betonnen constructie. De taluds onder de brug zijn verstevigd met schanskorven. Deze versteviging is nodig omdat er geen begroeiing mogelijk is onder de brug en er anders erosie kan optreden. Dankzij de trapsgewijze plaatsing van de schanskorven kunnen landdieren ook gemakkelijker de brug passeren (van onderen).

Tegelijk met het oplossen van dit vismigratieknelpunt werden ook alle andere knelpunten opgelost (overbruggen van een stuw door aanvulling van stortstenen). De waterloop verbindt namelijk de Kleine Nete met een provinciaal groendomein. Verder stroomopwaarts werden ook ecologische herstelmaatregelen uitgevoerd: er werden paaiplaatsen en meanders aangelegd.

Resultaten monitoring

Uit een in 2003 uitgevoerde monitoring bleek dat de meeste soorten die gevonden zijn in de Breilooop en de Kleine Nete kunnen migreren in het volledige traject van de Breilooop.

R3T6V2 Aanpassing van duikers (en sifons) Aanpassing van duiker, Delfte Beek

20



Plunge pool voor de ingreep biedt leefomgeving voor grote stroomminnende vissoorten, maar is niet passeerbaar voor de kleine beekvissen. Foto: C. van Liefveringe



Na de ingreep is de duiker passeerbaar en ontstaat tevens leefomgeving voor kleine stroomminnende vissoorten. Foto: B. Veraart

Details van maatregel

Water:	Delfte Beek
Gemeente:	Malle (prov. Antwerpen)
Beheerder:	Provincie Antwerpen
Knelpt nr:	8713-030
Knelpunt:	duiker
Maatregel:	de betonnen vloer onder de weg ligt 0.25 meter hoger dan het waterpeil in het verdere verloop van de beek. Het waterpeil is er laag. Met een steenbestorting (stenen vishelling) stoomafwaarts van de duiker is de bodemplaat in verdrinken toestand gebracht.
Realisatie:	2003
Doelstelling:	de waterloop zelf heeft een hoge ecologische waarde (visfauna, waardevolle structuurkenmerken) en stroomt door het natuurreservaat De Kluis. De verbinding tussen de Molenbeek/Bollaak (hoofdwaterloop) en een natuurreservaat is hersteld.

Details van inrichting gebied

Ligging:	in de hoofdstroom
Lengte duiker:	20 meter
Diameter stenen:	klasse B1
Waterdiepte:	de bodemplaat ligt nu minstens 20 cm onder het waterpeil
Sortering bodem:	stortsteen
Overige maatregelen:	ook de andere duikers in deze waterloop werden binnen de bedding van de waterloop zelf aangepakt zodat over een lang traject vismigratie weer mogelijk is.

Resultaten monitoring

Er is geen monitoring geweest.

Overige voorbeelden technische oplossingen



Vertical slot-vispassage en aalgoot Dijke, (Be)
Foto: P. Vanhopplinus



Detailopname van de aalgootborstels, Dijke (Be)
P. Vanhopplinus



Vertical slot-vispassage Weerijis (NI)
Foto: E. van der Kerff



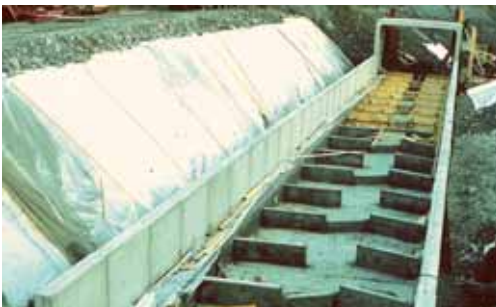
Vertical slot-vispassage Bovenrijn, Iffezheim (Du)
Foto: M. Kroes



Bekkenpassage met V-vormige overlaten Grote Gete, te Tienen (Be). Foto: S. Monden



De Wit vispassage Bijloop (NI)
Foto: E. van der Kerff



Schotten in een duiker in constructie, Noorwegen
Foto: B. Iuell



Stroompatroon in duiker na aanleg
Foto: B. Iuell



Foto: Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied

Details van maatregel

Water:	IJsselmeer
Gemeente:	Gemeente Den Oever
Beheerder:	Rijkswaterstaat
Maatregel:	om visintrek te bevorderen is het spuiregime van de spuisluisen in de Afsluitdijk aangepast in de periode van 1 maart tot 1 september. Door een aantal sluisdeuren beperkt omhoog te zetten ontstond een doorstroombopening van 50 cm.
Realisatie:	1993
Doelstelling:	bevordering visintrek vanuit Waddenzee

Protocol beheer spuisluisen

Lengte spuiwerker:	50 meter
breedte spuiwerker:	12 meter
Waterdiepte:	gemiddeld 4.20 meter

- Afhankelijk van de afvoer zijn er drie situaties mogelijk. In alle situaties zijn de schuiven in de spuiwerkers volledig geopend, bij laag water gaan de schuiven van alle kokers maximaal open. Visintrek is dan nagenoeg onmogelijk vanwege de grote stroomsnelheid in de kokers.
1. Normaal spuibeheer per complex worden de buitenste schuiven tot 0.50 meter vanaf de bodem geheven.
 2. Minder afvoer alleen de buitenste schuiven per complex worden 0.50 meter geheven.
 3. Minimale afvoer

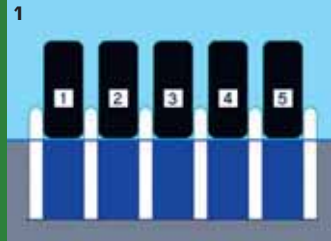
De schuiven worden pas omhoog gezet zodra het buitenpeil 0.10 meter lager is dan het binnenpeil. Om zoutindringing te voorkomen worden de sluisen gesloten als het peilverschil minder wordt dan 0.10 meter. De maatregel leidt ertoe dat onder de buitenste deuren bij maximaal peilverschil een stroomsnelheid kleiner dan 1.0 m/s voorkomt. Onder de naastliggende deur is de stroomsnelheid ca. 5-6 m/s. De stroomsnelheid in de buitenste kokers bij maximaal peilverschil is 0.2 – 0.5 m/s.

Resultaten monitoring

Uit onderzoek in 1993 bleek dat de intrek van vissen sterk afhankelijk is van de stroomsnelheid (peilverschil). In het voorjaar was er vooral 's nachts veel activiteit.

Conclusies ten aanzien van beheer:

- de maatregel bleek het meest effectief voor visintrek wanneer er alleen met de buitenste kokers werd gespuid (situatie 3);
- bij grote afvoeren wordt er zoveel mogelijk overdag gespuid (situatie 1).



Drie situaties bij verschillende afvoeren

1. normaal spuibeheer
2. minder afvoer
3. minimale afvoer

Haringvlietsluizen op een Kier



foto's: Rijkswaterstaat directie Zuid-Holland

Details van maatregel

Water:	Haringvliet
Maatregel:	zowel bij eb als bij vloed sluisen beperkt openen, met beperkte zoutindringing
Realisatie:	2007
Doelstelling:	realiseren van geleidelijke zoet-zoutovergang en verbeteren passagemogelijkheden voor vissen.
Compenserende maatregelen:	verleggen van vier zoetwater-innamepunten voor landbouw en productie drinkwater.

Bedieningsvoorschrift spuisluizen

Aantal spuisluizen:	17 (lengte sluis 60 meter)
Aantal te openen:	afhankelijk van de afvoer bij Lobth.
Ligging van de geopende spuisluizen:	Zuidzijde, bij voorkeur spuisluis 16 en 17
Openingsperiode:	88% van de ebperiodes en 73% van de vloedperiodes
Hoogte van de opening:	afhankelijk van de afvoer bij Lobth.

Resultaten monitoring

Uit een experiment met een kierproef in 1994 bleek dat soorten als driedoornige stekelbaars, haring, sprout, wijting, tong en bot profiteerden van de vloedstroom om de sluisen te passeren.



Vooraanzicht stuw en schutsluis (links) Borgharen. Foto: E. van der Kerff

Details van maatregel

Water:	Maas
Gemeente:	Borgharen
Waterbeheerder:	Rijkswaterstaat Directie Zuid-Nederland
Realisatie:	2000
Doelstelling:	herstel zalm in Rijn en Maas
Maatregel:	uitvoering van loze schuttingen

Protocol beheer schutsluizen

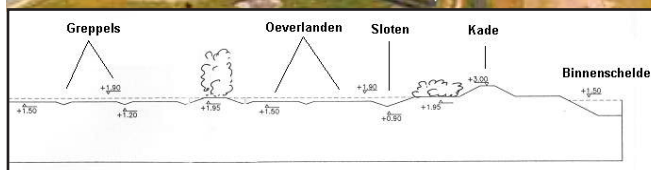
In 2001 en 2002 is er in de trekperiode (half oktober tot kerst) twee keer per dag geschut (onder werkuren) ten behoeve van de optrek van zeeforel bij het sluisje van de stuw Borgharen. Er is geen scheepvaart op de Grensmaas dus het betreft een loze schutting.

Resultaten monitoring

In die twee trekperiodes zijn in totaal 9 zeeforellen (met zenders) in de Grensmaas gesignaleerd bij Stevensweert, en van die 9 zijn er 4 de sluis gepasseerd (er lag een detectiekabel in het sluisje). Ook werd met het oog veel vis gezien in de sluis. Het najaar 2003 was te droog om te schutten en er is ook geen zeeforel gemerkt.



Foto: Waterschap de Brabantse Delta



Tekening: Witteveen & Bos



Foto: Witteveen & Bos

Details van maatregel

Water:	Binnenschelde (ca. 172 ha)
Gemeente:	Bergen op Zoom
Waterbeheerder:	Waterschap Brabantse Delta
Realisatie:	1994-1995
Maatregel:	Inundatiegebied, ca. 14 ha
Doelstelling:	vergroten van paai- en opgroei gebied voor snoek

Details van inrichting gebied

Type oeverlanden:	ruig, extensief beheerd grasland
Periode inundatie:	vanaf 1 december tot eind mei, begin juni (moment van aflaten)
Inundatiediepte:	ca. 35 cm
Aan/ en afvoer:	Opmaling via twee watermolens en slootstelsel
Functie sloten:	<ol style="list-style-type: none"> 1. tijdelijk onderkomen voor paaisnoek (vlak voor en tijdens de paaiperiode) 2. afvoersloot voor larven snoek 3. beschutting tegen wind en predatie (via ingroeiende wilgen)
Capaciteit watermolen:	1100-1400 m ³ /dag, gemiddelde windsnelheid 6.5 m/s in dec/jan
Aantal en type vistrappen:	V-vormige bekkentrap, 8 overlaten
Ontwerpdebiet:	overcapaciteit wordt over de vistrap afgevoerd die vanaf eind januari en in de paaiperiode (maart-april) dienst doet als een lokstroom voor de vispassage.
Wateraflaten:	vanaf mei/ juni trapsgewijs verlagen van waterpeil via schotbalkstuw tot niveau van Binnenschelde (ca. 1.40 m +NAP). Via een duiker met spindel-schuif wordt resterende water naar Plaatvliet afgevoerd en worden de snoekjes opgevangen en overgebracht naar de Binnenschelde. Daarna voornamelijk 's nachts doorspoelen om ervoor te zorgen dat vissen die zijn achtergebleven in de minder goed afwaterende sloten alsnog het aflatpunt kunnen bereiken.

Resultaten monitoring

Vanaf 1996 een productie van circa 25.000 snoekjes per jaar. In 2001 wordt de totale aanwas geschat op circa 28.000. In 2001 konden circa 130 paaisnoeken (van 3-5 jaar oud (lengte 40-70) die in het paaigebied zijn geboren) zelfstandig het paai- en opgroei gebied voor snoek bereiken via de aangelegde vistrap.

Achtergrondinformatie

Vis en vismigratie



Ecologisch netwerk

Een waterloop is een samenhangend geheel van oppervlaktewater, grondwater, bodems en oevers, met inbegrip van de bijbehorende vegetatie en levensgemeenschappen. Waterlopen hebben niet alleen zelf een grote natuurwaarde, maar zijn bovendien een onmisbaar onderdeel van het ecologisch netwerk. Ze vormen in het landschap lijnvormige elementen die als migratieroute dienen voor zowel water- als landdieren.

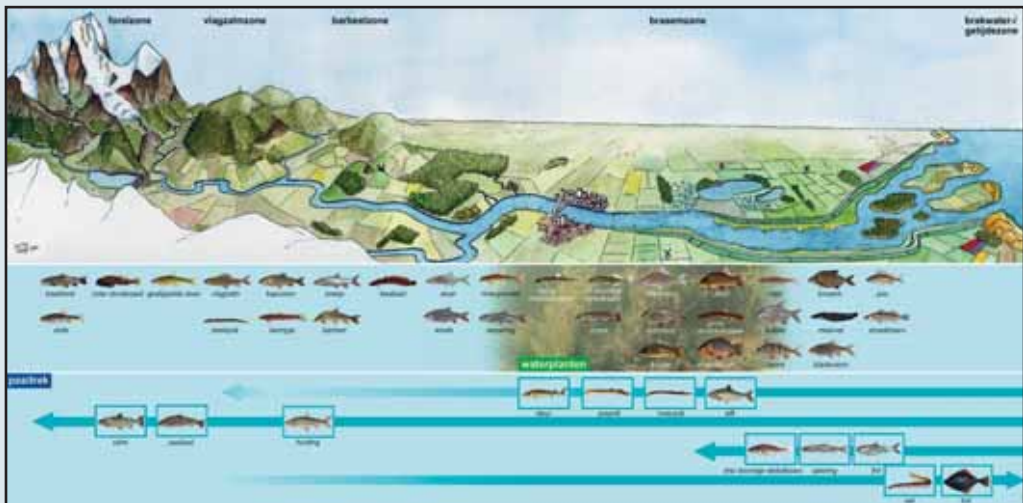
De aan te treffen vissoorten

De samenstelling van de visgemeenschappen in een watersysteem hangt van veel factoren af. Enkele hiervan zijn de geografische ligging, de fysisch-chemische waterkwaliteit, de bodemgesteldheid en de variatie aan leefomgevingen. Algemeen wordt aangenomen dat waterlopen met een vergelijkbare breedte, diepte en verval, in de diverse trajecten ook vergelijkbare levensgemeenschappen herbergen. Dit heeft geleid tot de zogeheten Huet-zonering, die waterlopen indeelt op basis van de aan te treffen vissoorten. Een riviersysteem wordt hierbij van bron tot

monding (de brakwater/getijden-zone) onderverdeeld in vijf zones waarbinnen achtereenvolgens de volgende vissoorten kunnen voorkomen: forel, vlagzalm, barbeel, brasem en spiering. In de betreffende zones wordt het meest aan de leefvoorwaarden van de bijbehorende vissoort voldaan. De zones kunnen verschuiven of elkaar overlappen, afhankelijk van natuurlijke omstandigheden en technische ingrepen in de waterloop.

Figuur A1 toont een riviersysteem met de vissoorten die voor de diverse zones het meest karakteristiek zijn. Een andere groep vormen diadrome vissoorten, trekvissen die een levensfase in zee doorbrengen. Van deze groep is de lengte van de trekroute aangegeven, in de richting van de paaitrek.

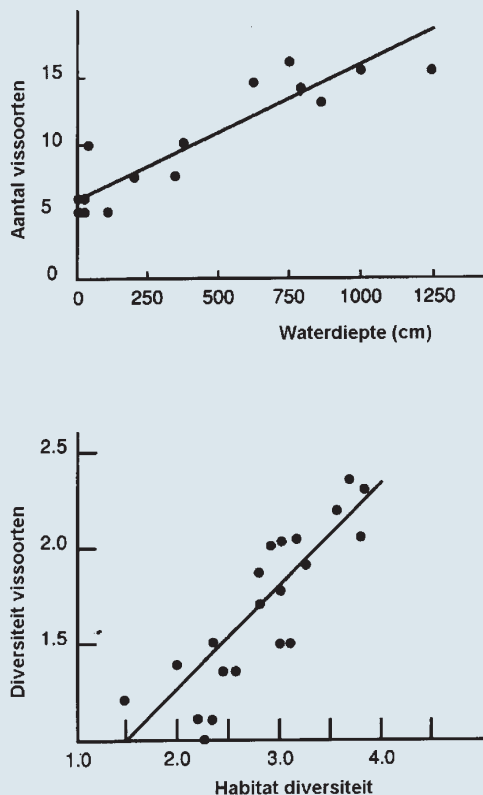
De zuurtegraad en vooral het zuurstofgehalte van het water zijn mede van invloed op de verdeling van de vissoorten. Zonder voldoende zuurstof is geen leven mogelijk. In de riviermonding speelt bovendien het zoutgehalte een belangrijke rol.



Kenmerken viszone	Forelzone	Vlagzalmzone	Barbeelzone	Brasemzone	Spieringzone
Gem. stroomsnelheid	30 – 50 cm/s	25 – 50 cm/s	0 -25 cm/s	0 – 10 cm/s	afh. van getij
Bodemsubstraat	Rotsen, kiezels, grind en zand	Voornamelijk grind, zand en kiezels	zand, grind	Zand of klei, slib en organisch materiaal	Zand, klei en slib
Watertemperatuur	tot 10°C	tot 15°C	tot 15°C	20°C of meer	20°C of meer
Waterdiepte	10 – 100 cm	50 – 200 cm	100 – 200 cm	100 – 400 cm	0 – 400 cm

Figuur A1: indeling in viszones op basis van de stroomsnelheid, het bodemsubstraat, de watertemperatuur en de waterdiepte.

Er bestaat een direct verband tussen de variatie aan leefomgevingen in een waterloop en de aanwezige populaties. Een grote variatie aan leefomgevingen biedt mogelijkheden voor de schuil- en paaiplaatsen waar waterdieren van afhankelijk zijn. De dynamiek van natuurlijke waterlopen waarborgt deze diversiteit, zodat men hier een variëteit aan levensgemeenschappen kan aantreffen. Ook de kwaliteit van de populaties is dan beter. Figuur A2 geeft het verband tussen de diversiteit aan vissoorten en de variatie aan leefomgevingen (habitat).



Figuur A2: relatie tussen het aantal vissoorten, de waterdiepte en de habitatdiversiteit.

Verstuwung en kanalisatie vormen een regelrechte bedreiging voor de overleving van veel stroomminnende vissoorten. Zij zijn op dit punt veel gevoeliger dan andere soorten. De stroomminnende soorten lopen bij verstuwung gevaar te worden verdrongen door vissoorten die minder eisen stellen aan hun leefomgeving.

De variatie aan leefomgevingen bepaalt niet alleen welke vissoorten worden aangetroffen, maar is ook van invloed op de aantallen vis en de leeftijdsopbouw van de aanwezige soorten. Een ideale leefomgeving voorziet in paai-, opgroei- en overwinteringsgebieden. Deze gebieden moeten goed bereikbaar zijn over zowel de lengte als de breedte van de waterloop. Dan pas is de vis in staat om zijn levenscyclus te voltooien.

Voor diverse ecologische processen is een goede interactie nodig tussen de waterloop en de riviervallei. Men kan hierbij denken aan de uitwisseling van voedingsstoffen en de opname en afbraak van organisch materiaal. Een periodieke overstroming van de oevers is van belang voor de vegetatieontwikkeling (waarvan veel water- en landdieren afhankelijk zijn) en de reproductie van sommige vissoorten (zoals snoek en kwabaal). Daarnaast zijn natuurlijke, ondiepe oevers met een variatie aan stroomsnelheden voor veel vissoorten als opgroei gebied van levensbelang. Ook aangetakte of meestromende nevengeulen en de plassen in uiterwaarden kunnen als opgroei gebied een belangrijke rol vervullen.

Vismigratie

Vismigratie is een bekend fenomeen. Vissen bewegen zich om een geschikte omgeving voor de voortplanting te vinden, een beter voedselaanbod te zoeken of voor roofdieren te schuilen. De afstand waarover vissen migreren kan sterk variëren tussen de soorten en tussen de populaties van dezelfde soort. Zelfs binnen een populatie kunnen migratieverschillen optreden. Bij vismigratie kan een onderscheid worden gemaakt tussen vistrek, visverplaatsing en dispersie.

Bij vistrek is sprake van een seizoensgebonden beweging in verband met de noodzakelijke wisseling van leefomgeving. Een voorbeeld is de trek van winterverblijf naar paai- en opgroei gebieden.

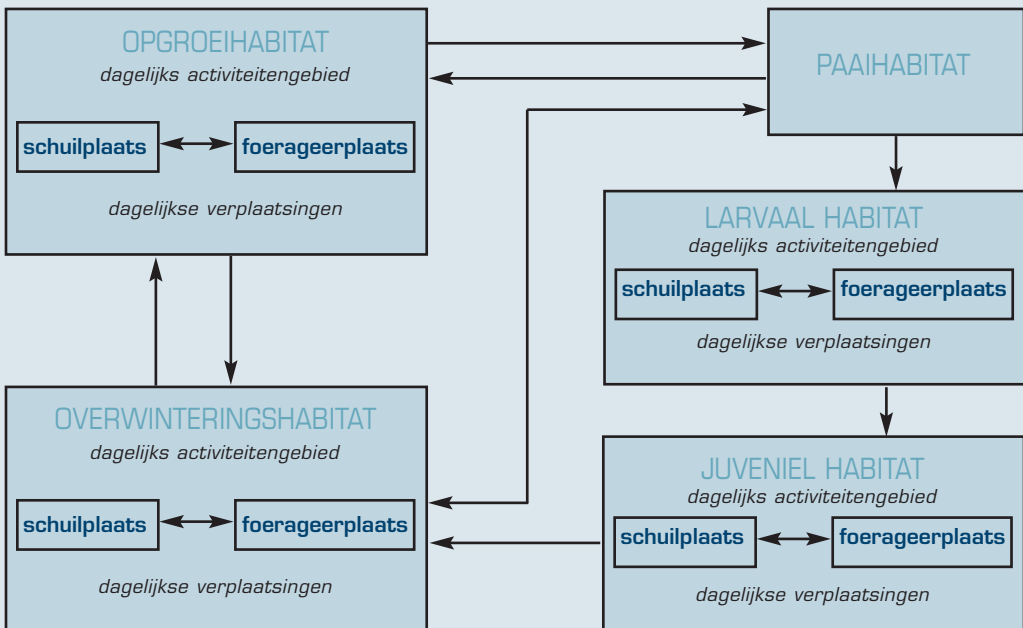
Men spreekt van een visverplaatsing als de vis relatief korte afstanden overbrugt; denk aan de dagelijkse verplaatsingen. In alle leefgebieden van vissen treden dagelijkse verplaatsingen op. Bij het zoeken naar voedsel worden relatief grote afstanden afgelegd, afhankelijk van de voedselbehoefte van de soort, de populatie-omvang, de beschikbaarheid van voedsel en het schoolgedrag. Veel vissoorten hebben een gebied waarbinnen dagelijks heen en weer wordt getrokken op zoek naar voedsel. De wisseling van dag- en nachtverblijf voltrekt zich vaak over korte afstand; van het open water naar de oeverzone. Sommige verplaatsingen hebben te maken met vluchtgedrag. Dit kan bijvoorbeeld optreden bij waterverontreiniging, hoge watertemperaturen, lage

zuurstofconcentraties, piek- en daldebieten en uiteraard bij het droogvallen van beekdelen. Deze omstandigheden zijn namelijk direct van invloed op de overlevingskans van de vis. Meestal gaat het niet om verplaatsingen over grote afstanden. Bij hoge watertemperaturen vlucht de vis doorgaans naar diepere lagen. Bij piekdebieten worden vaak de oevers, diepere stroomkuilen of zijbeken opgezocht. Als vissen desondanks worden meegevoerd naar stroomafwaarts gelegen gebieden, zullen veel (stand)vissoorten trachten naar hun oorspronkelijke territorium terug te keren ('homing'-gedrag).

Dispersie betreft de uitbreiding van populaties, de uitwisseling tussen deelpopulaties en ongerichte bewegingen van individuele vissen. Een vrije uitwisseling tussen kleine populaties is van belang om inteelt te vermijden. Zonder een

zekere mate van verspreidingsvermogen kunnen geïsoleerd levende populaties (lokaal) uitsterven, zelfs als de milieuomstandigheden geschikt zijn. Dispersie maakt het mogelijk om leefgebieden uit te breiden en nieuwe wateren te (her)bevolken. Of dit ook gebeurt, hangt sterk af van de kwaliteit van de nieuwe leefgebieden en de aanwezigheid van bijvoorbeeld roofdieren of parasieten.

Dit handboek bezigt de term vismigratie in de brede betekenis en niet uitsluitend als een term voor de seizoensgebonden, verplichte trek. Wel wordt vismigratie in Nederland en Vlaanderen over het algemeen gekenmerkt door vistrek (cyclische verplaatsingen tussen de verschillende leefomgevingen). Binnen een leefomgeving heeft men te maken met dagelijkse verplaatsingen. Dispersie treedt op bij migratie naar nieuwe gebieden. Figuur A3 presenteert een algemeen overzicht van de levenscyclus van een vis in relatie tot de vistrek en de dagelijkse verplaatsingen.



Figuur A3: de vis trekt tijdens zijn levenscyclus naar diverse leefomgevingen waarbinnen de dagelijkse verplaatsingen optreden. De dispersie is niet weergegeven.

Indeling vissoorten op basis van het migratiegedrag.

Vissoorten kunnen op basis van hun migratiegedrag worden onderscheiden in twee groepen: potadrome en diadrome vissoorten.

1. Potadrome vissoorten

De potadrome vissoorten leven uitsluitend in zoet water en kunnen over korte (lokaal, ook wel standvissoorten genoemd) en lange afstanden (regionaal) migreren. Stroominnende zoetwatervissen zoals beekforel, vlagzalm, kopvoorn, sneep, winde en barbeel migreren over langere afstand (tussen rivieren en meren en bovenlopen van beken). Soorten zoals snoek, meerval en kwabaal zijn minder gevoelig voor stromingscondities maar stellen andere specifieke eisen aan hun leefomgeving. Deze soorten kunnen daarom ook over langere afstand migreren. Daarbij trekken de vissen niet alleen in de lengterichting van de waterloop maar ze migreren ook over de breedte, op zoek naar geschikte paaiplaatsen (zoals ondergelopen weilanden). Overige vissoorten zoals rietvoorn, blankvoorn en rivierdonderpad migreren alleen over korte afstanden. Een eventuele paaitrek kan vervallen als de bestaande leefomgeving voldoende paaimogelijkheden biedt.

2. Diadrome vissoorten

Diadrome vissoorten migreren tijdens hun levenscyclus van zout- naar zoetwatergebieden. Deze soorten, ook wel zoet-zout migrerende soorten genoemd, kunnen worden ingedeeld in drie groepen: anadrome, katadrome en amphidrome soorten.

Anadrome soorten zijn bijvoorbeeld zalm, zeeforel, elft, driedoornige stekelbaars, rivierprik, zee-prik, houting, grote marene en steur. Deze soorten reproduceren in zoetwater, maar groeien op in zee. Eenmaal volwassen trekken ze terug naar hun geboortestreek om zich daar voort te planten.

Katadrome soorten zoals paling en bot, planten zich voort in zout water maar groeien op in zoet water.

Amphidrome soorten zijn bijvoorbeeld haring, sprot en dunlipharder. Deze soorten kunnen vertoeven in zowel zoet als zout water. Migratie gebeurt hier niet met het oog op reproductie, maar heeft te maken met het zoeken naar voedsel- of en schuilgebieden.

De precieze migratieperiode van veel vissoorten is moeilijk in te schatten. Migratie kan soms massaal en stootsgewijs optreden (denk aan de paaitrek), maar ook het gehele jaar door plaatsvinden.

Dagelijkse verplaatsingen

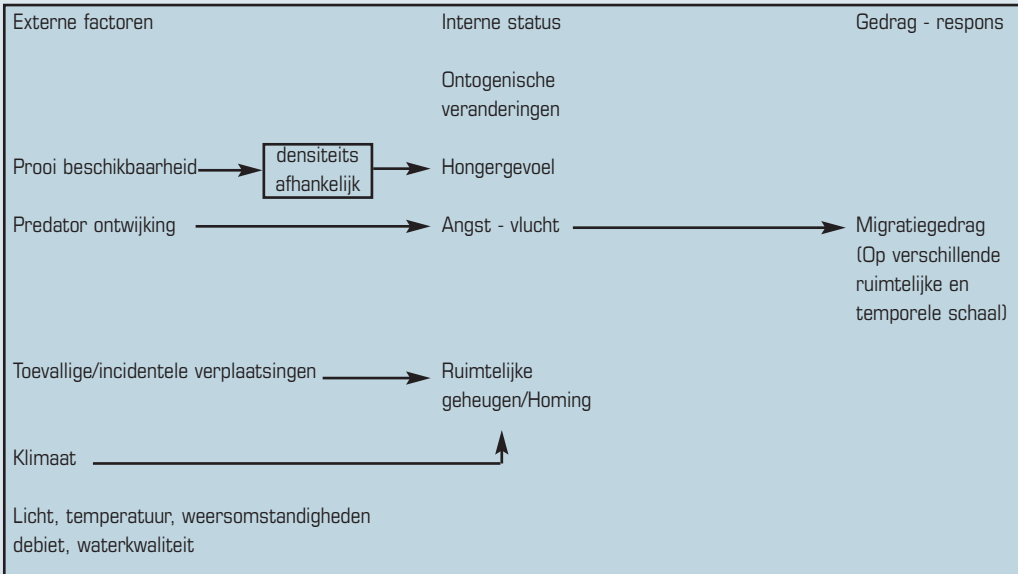
In alle leefgebieden van vissen treden dagelijkse verplaatsingen op. Bij het zoeken naar voedsel worden relatief grote afstanden afgelegd, afhankelijk van de voedselbehoefte van de soort, de populatie-omvang, de beschikbaarheid van voedsel en het schoolgedrag. Veel vissoorten hebben een gebied waarbinnen dagelijks heen en weer wordt getrokken op zoek naar voedsel. De wisseling van dag- en nachtverblijf voltrekt zich vaak over korte afstand; van het open water naar de oeverzone.

Vluchtgedrag

Sommige verplaatsingen hebben te maken met vluchtgedrag. Dit kan bijvoorbeeld optreden bij waterverontreiniging, hoge watertemperaturen, lage zuurstofconcentraties, piek- en daldebieten en uiteraard bij het droogvallen van beekdelen. Deze omstandigheden zijn namelijk direct van invloed op de overlevingskans van de vis. Meestal gaat het niet om verplaatsingen over grote afstanden. Bij hoge watertemperaturen vlucht de vis doorgaans naar diepere lagen. Bij piekdebieten worden vaak de oevers, diepere stroomkuilen of zijbeken opgezocht. Als vissen desondanks worden meegevoerd naar stroomafwaarts gelegen gebieden, zullen veel vissoorten trachten naar hun oorspronkelijke territorium terug te keren ('homing'-gedrag).

Uitbreiding en uitwisseling

Een vrije uitwisseling tussen kleine populaties is van belang om inteelt te vermijden. Zonder een zekere mate van verspreidingsvermogen kunnen geïsoleerd levende populaties (lokaal) uitsterven, zelfs als de milieuomstandigheden geschikt zijn. Dispersie maakt het mogelijk om leefgebieden uit te breiden en nieuwe wateren te (her)bevolken. Of dit ook gebeurt, hangt sterk af van de kwaliteit van de nieuwe leefgebieden en de aanwezigheid van bijvoorbeeld roofdieren of parasieten.

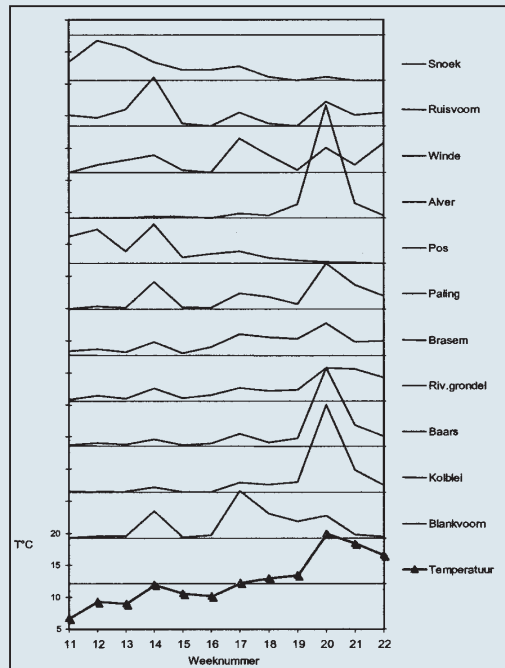


Figuur A4: overzicht van interne en externe factoren die vismigratie kunnen stimuleren.

Stimuli voor vismigratie

De omstandigheden die een vis aanzetten om te migreren, hebben een intern of een extern karakter. Interne factoren zijn bijvoorbeeld de hormonale huishouding van de vis, het leergedrag en het hongergevoel. Bij externe factoren kan men denken aan het voedselaanbod, de aanwezigheid van roofdieren en de dag- en nachtcycli (soms maancycli). Bij de paaitrek speelt de verandering van de daglengte een belangrijke rol. Andere externe factoren zijn veranderingen in bijvoorbeeld de weersomstandigheden, de watertemperatuur en het debiet (figuur A4). De interactie tussen interne en externe factoren bepaalt uiteindelijk of een individuele vis al dan niet migreert. Het tijdstip van de migratie is daarom niet nauwkeurig aan te geven en zal van jaar tot jaar verschillen. De piekmigratie ligt voor de meeste vissoorten in de periode die vooraf gaat aan de paai. De migratie van zalmachtigen is het grootst na verhoogde debieten, terwijl de migratie van bijvoorbeeld karperachtigen vooral op gang komt na temperatuursverhogingen (zie figuur A5).

Men spreekt van dispersie als vissen in een populatie elkaar verdringen naar gebieden die minder dicht bezet zijn. In welke periode deze bewegingen zich voordoen, is moeilijk in te schatten. De drift van jonge vissen gebeurt vooral in het late voorjaar en de vroege zomer. Andere dispersieve bewegingen zijn afhankelijk van externe factoren die zich het gehele jaar door kunnen voordoen.



Figuur A5 Het verloop van de vistrek via de passages in de Regge (NI) relatie tot de tijd (weeknummer) en temperatuur (°C). De pijlen geven de drie perioden aan waarin een snelle temperatuurswisseling heeft plaatsgevonden.

Vissoorten en hun kenmerken

Tabel A1 geeft een overzicht van kenmerken van vissoorten die in Nederland en Vlaanderen voorkomen. Als kenmerken worden beschouwd de stromingsvoorkeur, de voortplantingswijze, het migratietype, de positie in de waterkolom, de migratieperiode, de paaitemperatuur en de sprintsnelheid (zwemcapaciteit). Bij het herstel van vrije vismigratie en habitats is het belangrijk om met deze kenmerken rekening te houden.

De stromingsvoorkeur geeft aan of een vissoort al dan niet afhankelijk is van stromend water. Men onderscheidt drie groepen: reofiele, eurytope en stagnofiele vissoorten.

Reofiele vissoorten zijn stroomminnend en worden daarom ook wel stroomminnende vissoorten genoemd. Zij kunnen daarbij voor hun gehele levenscyclus zijn gebonden aan stromend water (obligaat reofiel) of voor een deel van hun levenscyclus (partieel reofiel). Ook vissoorten die zich bij voorkeur ophouden in stromend water zijn 'partieel reofiel'.

Eurytope vissoorten zijn niet gevoelig voor stromingscondities en dus niet gebonden aan stromend water.

Stagnofiele vissoorten zijn gebonden aan stilstaande of zeer langzaam stromende wateren.

De voortplantingswijze geeft informatie over de paaiwijze of het type bodem (substraat) waarop de vissoorten bij voorkeur (of noodzakelijk) paaien. Sommige soorten stellen specifieke eisen terwijl andere minder selectief zijn. Bij de indeling in categorieën is uitgegaan van de eisen die vissen stellen aan de paaiomgeving. Deze omgeving is namelijk met vismigratie-herstelprojecten te beïnvloeden. De grindpaaiër, steenpaaiër en zandpaaiër zijn afhankelijk van respectievelijk grind, (rots)steen en zand om eieren af te zetten. Deze categorieën zijn **lithofiel**. De plantpaaiër (**fytofiel**) heeft vegetatie nodig om eieren op af te zetten. Die vegetatie kan ook zeewier zijn. Er zijn vissoorten die paaien in open water (**pelagofiel**), in natuurlijke holttes (**speleofiel**) of in de bodem. Andere leggen eieren in levende schelpen of huizen van bijvoorbeeld mossels of krabben (**ostracofiel**). Ook zijn er vissoorten zonder voorkeur of een specifiek gedrag (**polyfiel**). Andere vissoorten planten zich niet in Nederland of Vlaanderen voort.

Het migratietype duidt op de richting (anadroom of katadroom) en de afstand van het traject die een vissoort aflegt voor bijvoorbeeld de paai of overwintering. De afstand van het traject varieert van lokaal (kleine afstanden) tot regionaal (middelgrote afstanden). Veel anadrome en katadrome vissoorten hebben populaties (of exemplaren) die alleen lokaal of regionaal migreren. Vaak is dit nood-

gedwongen omdat de verbindingen tussen zoet water en de zee ontoegankelijk zijn geworden. Als deze overgangen weer open zijn, kan de diadrome trek zich herstellen.

De positie in de waterkolom geeft aan op welke diepte de vissoort vertoeft. Als in de levenscyclus wijzigingen in deze positie optreden, is uitgegaan van het leef- en foerageergebied van de volgroeide vis. Men onderscheidt posities aan het oppervlak of in het midden van de waterkolom (**pelagisch**), op of nabij de bodem (**demersaal**) of op en in de bodem (**bentisch**). Sommige vissoorten leven en voeden zich zowel nabij de bodem als in het midden van de waterkolom (pelagisch/demersaal).

De migratieperiode heeft betrekking op de paaitrek of de migratie naar opgroei-gebieden.

De paaitemperatuur is de temperatuur waarbij vissen bij voorkeur paaien.

De sprintsnelheid zegt iets, maar niet alles over de zwemcapaciteit van de vissoort. Men kan namelijk vier snelheidsklassen hanteren: kruissnelheid, verhoogde snelheid, sprintsnelheid en maximum snelheid. De kruissnelheid is de snelheid die een vis langdurig kan aanhouden (>200 minuten) zonder uitgeput te raken. De verhoogde snelheid kan enige tijd worden volgehouden (>15 seconden), bijvoorbeeld om een moeilijker traject te passeren. De sprint is slechts van korte duur (< 15 seconden) en kan worden aangewend om bijvoorbeeld een hindernis te nemen. De maximum snelheid kan een vis slechts bereiken bij een explosieve krachtsinspanning. Dit vermogen is voor de passage van visdoorgangen van minder belang omdat de duur zeer kort is (< 1 seconde). De vermelde sprintsnelheden zijn gebaseerd op literatuurgegevens. Voor alle vissoorten is uitgegaan van het volwassen stadium. De feitelijke zwemcapaciteiten zijn sterk afhankelijk van de conditie van de vis, de lengte van de vis en de watertemperatuur. De gegevens moeten dus met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd.

De kenmerken van enkele vissoorten die karakteristiek zijn voor een type gebied Zoet-zout overgangen



Aal

Migratie: katadroom
Stromingsvoorkeur: tolerant
Positie waterkolom:
bentisch (adult) pelagisch (juveniel)



Driedoornige stekelbaars

Migratie: anadroom
Stromingsvoorkeur: tolerant
Positie waterkolom: pelagisch/demersaal



Spiering

Migratie: anadroom
Stromingsvoorkeur: stroomminnend
Positie waterkolom: pelagisch

Stromende wateren



Serpeling

Migratie: lokaal/regionaal
Stromingsvoorkeur: stroomminnend
Positie waterkolom: pelagisch/demersaal



Bermpje

Migratie: lokaal
Stromingsvoorkeur: stroomminnend
Positie waterkolom: benthisch



Winde

Migratie: lokaal/regionaal
Stromingsvoorkeur: stroomminnend
Positie waterkolom: pelagisch

Polder-boezemwateren



Snoek

Migratie: lokaal/regionaal
Stromingsvoorkeur: tolerant
Positie waterkolom: pelagisch/demersaal



Blankvoorn

Migratie: lokaal/regionaal
Stromingsvoorkeur: tolerant
Positie waterkolom: pelagisch



Baars

Migratie: lokaal/regionaal
Stromingsvoorkeur: tolerant
Positie waterkolom: pelagisch/demersaal

Bevaarbare wateren



Zeeforel

Migratie: anadroom
Stromingsvoorkeur: stroomminnend
Positie waterkolom: pelagisch



Elft

Migratie: anadroom
Stromingsvoorkeur: stroomminnend
Positie waterkolom: pelagisch



Rivierprik

Migratie: anadroom
Stromingsvoorkeur: stroomminnend
Positie waterkolom: pelagisch

Vissoort	Stromingsvoorkeur	Voortplantingswijze	Migratietype	Positie waterkolom	Migratie periode	Peaitemp. (oC)	Sprintsnelheid (m/s)
alver (partieel)	stroomminnend (partieel)	niet gespecialiseerd	regionaal	pelagisch	apr-jul	15-22	
Amerikaanse hondsvijs	tolerant	plantpaaier	lokaal	demersaal	apr-mei	14-15	
Atlantische steur	stroomminnend (obligaat)	grindpaaier	anadroom	demersaal			
Atlantische zalm	stroomminnend (obligaat)	grindpaaier	anadroom	pelagisch	jun-nov	3-9	4, 1-8,8
baars	tolerant	niet gespecialiseerd	lokaal/regionaal	pelagisch/demersaal	mrt-apr	8-14	1,45
barbeel	stroomminnend (obligaat)	grindpaaier	lokaal/regionaal	pelagisch/demersaal	mrt-mei	10-12	4
beekforel	stroomminnend (obligaat)	grindpaaier	lokaal/regionaal	pelagisch/demersaal	okt-dec	3-9	2,0-4,2
beekprik	stroomminnend (obligaat)	grindpaaier	lokaal	benthisch	mrt-jun	11-14	
bermpje	stroomminnend (partieel)	zandpaaier	lokaal	benthisch	mrt-apr	14-18	1,5
bittervoorn	stijlstaand water	ostracofiel	lokaal	pelagisch/demersaal	apr-jun		
blankvoorn	tolerant	plantpaaier	lokaal/regionaal	pelagisch	apr-mei	12-15	2,1-4,5
blauwband	tolerant	steen/plantpaaier	lokaal	pelagisch/demersaal	apr-jun	15-24	
bot	tolerant	pelagofiel	katadroom	benthisch	mei-jul		
brasem	tolerant	plant/bodempaaier	lokaal/regionaal	pelagisch/demersaal	apr-jun	14-16	0,9-1,0
bruine Amerik. dwergmeerval	tolerant	plantpaaier	lokaal	demersaal	jun-jul	21	
diklipharder	-	pelagofiel	regionaal	pelagisch	jul-okt		4,3
donaubrasem	stroomminnend (partieel)	grindpaaier	regionaal	pelagisch/demersaal			
driedoornige stekelbaars	tolerant	plantpaaier	anadroom	pelagisch/demersaal	mrt-apr		1,5
dunlipharder	-	pelagofiel	regionaal	pelagisch	jun-aug		
elft.	stroomminnend (obligaat)	grindpaaier/pelagofiel	anadroom	pelagisch	mei-jul		
elrits	stroomminnend (obligaat)	grindpaaier	lokaal	pelagisch	apr-jul	> 10	

Tabel A1: vissoorten in Nederland en Vlaanderen en hun kenmerken

Vissoort	Stromingsvoorkeur	Voortplantingswijze	Migratietype	Positie waterkolom	Migratie periode	Paaitemp. (°C)	Sprintsnelheid (m/s)
Europese meerval	tolerant	plant/bodempaaier	lokaal	demersaal			
Europese aal of paling (adult)	tolerant	pelagofiel	katadroom	benthisch	jun-dec		1
Europese aal of paling (juv.)	tolerant		katadroom	pelagisch	apr-mei		0,5
fint	stroomminnend (obligaat)	grindpaaier/pelagofiel	anadroom	pelagisch	apr-jul	15-20	
gestippelde alver	stroomminnend (obligaat)	steen/grind/zandpaaier	lokaal	pelagisch/demersaal	apr-jun		
gewone zonnebaars	tolerant/stilstaand water	plant/bodempaaier	lokaal	pelagisch/demersaal	mei-aug	> 20	
gibel of goudvis	tolerant/stilstaand water	plantpaaier (vnl. ongeslachtelijk)	lokaal	pelagisch/demersaal	apr-mei	15-20	2-2,2
grote marene	stroomminnend (partieel)	grind/zandpaaier/ pelagofiel	anadroom	pelagisch			
grote modderkruiper	stilstaand water	plant/bodempaaier	lokaal	benthisch	mrt-mei	13-14	
houting	stroomminnend (obligaat)	zand/grindpaaier	anadroom	pelagisch			
karper	tolerant	plantpaaier	lokaal/regionaal	pelagisch/demersaal	mei-jul	16-20	0,6-1,7
kleine marene	stroomminnend (partieel)	pelagofiel/grind/ zandpaaier	anadroom	pelagisch			
kleine modderkruiper	tolerant	niet gespecialiseerd	lokaal	benthisch	apr-mei		
kolblei	tolerant	plant/bodempaaier	lokaal	pelagisch/demersaal	mei-jun	14-16	
kopvoorn	stroomminnend (partieel)	steen/grind/plantpaaier	lokaal/regionaal	pelagisch/demersaal	apr-jun	9-10	0,5-3,8
kroeskarper	stilstaand water	plantpaaier	lokaal	pelagisch/demersaal	apr-mei	14-20	
kwabaal	stroomminnend (partieel)	zandpaaier	lokaal/regionaal	demersaal	nov-mrt		
pos	tolerant	grind/plantpaaier	lokaal	demersaal	mrt-mei	10-15	1,3
regenboogforel	stroomminnend (partieel)	geen voortplanting	regionaal	pelagisch/demersaal	feb-mrt		8
rieverdonderpad	stroomminnend (partieel)	speleofiel	lokaal	benthisch	mrt-apr	8-11	

Table A1: vissoorten in Nederland en Vlaanderen en hun kenmerken

Vissoort	Stromingsvoorkeur	Voortplantingswijze	Migratietype	Positie waterkolom	Migratie periode	Paaitemp. (oC)	Sprintsnelheid (m/s)
rievergrondel	stroominnend (partieel)	grind/zandpaaier	lokaal	pelagisch/demersaal	apr-mei	12-17	0,6-2,0
rieverprik	stroominnend (obligaat)	grindpaaier	anadroom	pelagisch	sept-apr	10-14	
roofblei	stroominnend (partieel)	steen/grindpaaier	lokaal	pelagisch/demersaal			
ruisvoorn of rietvoorn	stilstaand water	plantpaaier	lokaal	pelagisch	apr-jun	> 15	1,74
serpeling	stroominnend (obligaat)	steen/grind/zandpaaier	lokaal/regionaal	pelagisch/demersaal	feb-mrt	8	2,4
sneep	stroominnend (obligaat)	steen/grindpaaier	lokaal/regionaal	pelagisch/demersaal	mrt-apr	8-10	
snoek	tolerant	plantpaaier	lokaal/regionaal	pelagisch/demersaal	feb-mrt	6-14	3-6,9
snoekbaars	tolerant	niet gespecialiseerd	lokaal/regionaal	pelagisch/demersaal	mrt-apr	10-12	
spiering	stroominnend (partieel)	steen/grind/zand/ plantpaaier	anadroom	pelagisch	feb-mrt		
tiendoornige stekelbaars	tolerant	plantpaaier	lokaal/regionaal	pelagisch/demersaal	mrt-apr	10-12	
vetje	stilstaand water	plantpaaier	lokaal	pelagisch	apr-jun	18-22	
vlagzalm	stroominnend (obligaat)	zand/grindpaaier	lokaal/regionaal	pelagisch/demersaal	mrt-apr	7	2,3-4,7
winde	stroominnend (partieel)	grind/plantpaaier	lokaal/regionaal	pelagisch	feb-mei	> 10	
zeeforel	stroominnend (obligaat)	grindpaaier	anadroom	pelagisch/demersaal	jun-nov	3-9	3,4-6,9
zeelt	stilstaand water	plantpaaier	lokaal	pelagisch/demersaal	mei-jun	18-20	
zeeprik	stroominnend (obligaat)	grindpaaier	anadroom	pelagisch	apr-jun	10-14	1,2
zwarte Amerik. dwergmeerval	tolerant	plantpaaier	lokaal	demersaal	jun-jul	20-21	

Tabel A1 : vissoorten in Nederland en Vlaanderen en hun kenmerken

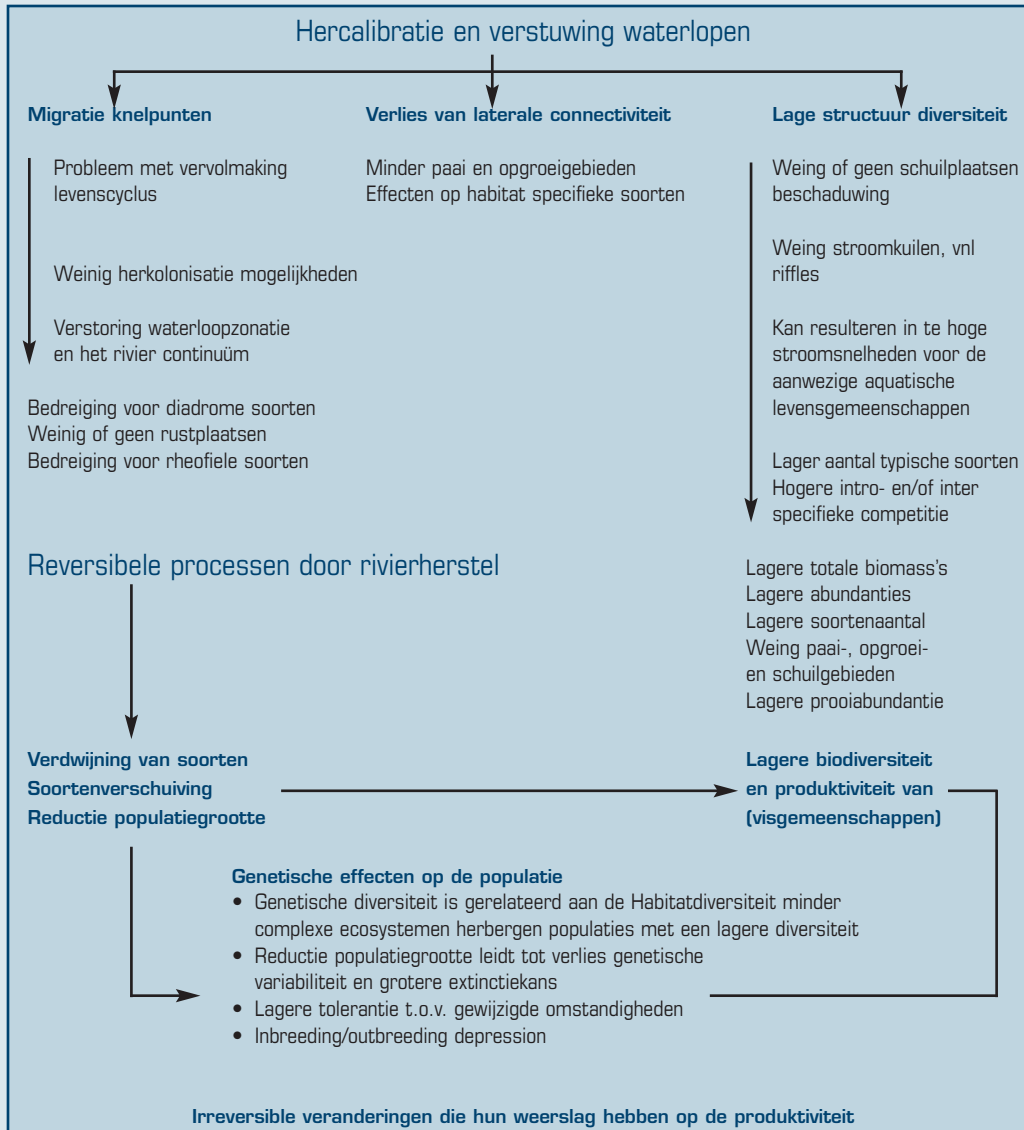
Achtergrondinformatie
Vismigratieproblematiek



Watersystemen

Watersystemen vervullen veel functies. Ze leveren drinkwater, voeren afvalwater af, zorgen voor koelwater en verschaffen energie voor het malen of de opwekking van elektriciteit. Voorts is zonder waterlopen geen scheepvaart denkbaar. Tot honderd jaar geleden waren grote waterlopen zelfs de enige weg voor het transport van massagoederen en zware installaties. Het beheer van de watersystemen was dan ook vooral gericht op het optimaliseren van al deze functies. Zo werd zorggedragen voor een snelle waterafvoer en een minimale waterdiepte. Men kanaliseerde waterlopen en installeerde grote aantallen

kleine en grote stuwen. Deze activiteiten gingen ten koste van de ecologische functies van watersystemen. Het water verontreinigde, flora en fauna verdwenen en de versnippering van watersystemen nam toe. Dit had rampzalige gevolgen voor de leefomgeving van vissen. Enkele specifieke problemen waren de stijging van de watertemperatuur, grotere temperatuurfluctuaties, veranderingen in de stromingspatronen en stroomsnelheden en een teloorgang van de diversiteit in leefomgevingen. Het verdwijnen van stroomkuilen, zandbanken en holle oevers betekende dat diverse groepen planten en dieren zich niet meer konden handhaven (zie figuur A6).



Figuur A6: de visbeheerproblematiek bij kanalisaties (hercalibratie).

Fragmentatie

De fragmentatie van waterlopen vermindert de ecologische samenhang in een stroomgebied. Zowel de omvang als de bereikbaarheid van de diverse trajecten neemt af. Het gaat hierbij niet alleen om een fysieke, ruimtelijke versnippering, maar ook om fysisch-chemische barrières zoals vermessing of thermische blokkades. Deze zogeheten functionele versnippering kan al dan niet een permanent karakter hebben. De ruimtelijke en functionele versnippering leidt onvermijdelijk tot een kwaliteitsverlies van de leefomgeving van vissen. Dit kwaliteitsverlies kan zich op twee niveau's voordoen. (figuur A7).

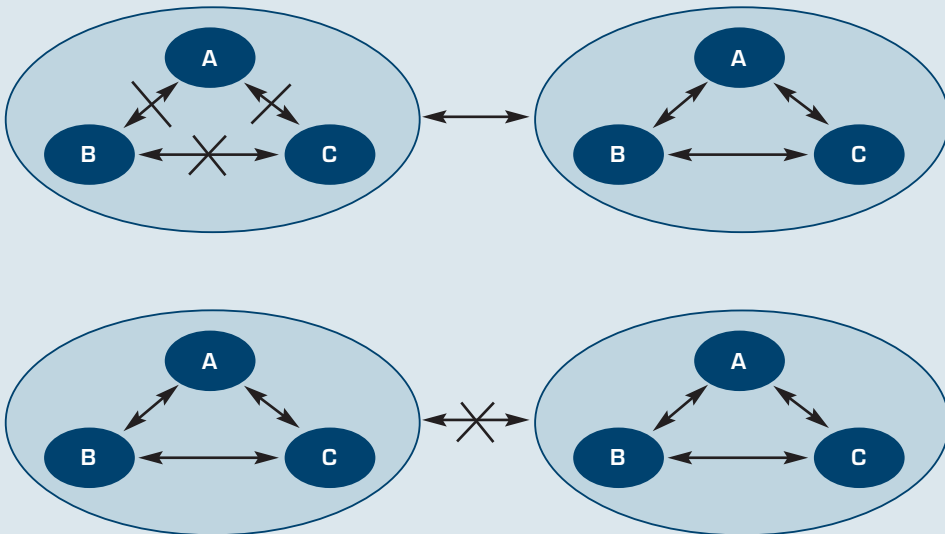
- 1) binnen een populatie kunnen de verschillende leefgebieden van elkaar worden afgesneden. Hierdoor ontstaan gescheiden deelpopulaties. De levenscyclus van de soort kan dan niet worden vervuld, met alle gevolgen van dien voor de biodiversiteit in de betreffende leefgebieden. Vooral vissoorten met een groot leefgebied (diadrome soorten) zijn hiervoor gevoelig.
- 2) de barrière kan zich ook voordoen tussen populaties. Elke populatie kan dan wel de levenscyclus vervullen, maar niet dispergeren naar een groter leefgebied. De uitwisseling tussen de verschillende populaties blijft achterwege. Hiervoor zijn vooral de standvissoorten gevoelig.

Fragmentatie heeft ecologische gevolgen. Men krijgt te maken met gedragsveranderingen, fysiologische problemen en genetische achteruitgang bij vissen en een verarming van de structuur van waterlopen.

Ecologische en gedragsbiologische aspecten

Vissoorten die riviermondingen gebruiken als kraamkamer, verdwijnen als deze brakwatergebieden plaats maken voor harde zoet-zoutovergangen. Constructies dienen daarom de getijdenwerking zoveel mogelijk intact te laten. De larven van bijvoorbeeld fint en (anadrome) spiering kunnen zonder getijdenwerking uitspoelen naar zee, waar ze afsterven. Sommige soorten zoals jonge platvis en glasaal laten zich meevoeren met vloed en drukken zich tegen de bodem bij eb. Zonder getijdenstroming vraagt deze stroomopwaartse trek een grote krachtinspanning.

Voorts leiden constructies soms tot gedragsveranderingen bij vissen. Zo kan een barrière de migratiedrang van vissen, die ineens en massaal optreedt, plotseling doen verdwijnen. Dit is te wijten aan enerzijds het oponthoud ter hoogte van de barrière, en anderzijds het abrupte wegvallen van de stroming. Het gevolg kan zijn dat de trek stopt en de voorplanting achterwege blijft. Oponthoud brengt ook andere risico's met zich mee. Bij enkele vissoorten (zoals de barbeel) zijn de eitjes na rijping slechts enkele dagen levensvatbaar. Sommige zeevissen kunnen zich slechts een korte periode in zoet water ophouden om zich voort te planten. Elke vertraging, zowel stroomop- als stroomafwaarts, kan leiden tot een gedeeltelijk of zelfs volledig falen van de voortplanting.



Figuur A7: fragmentatie kan de kwaliteit van leefgebieden schaden op twee niveau's.

1) Binnen een populatie en 2) tussen populaties. A, B en C stellen de verschillende leefgebieden voor.

Fysiologische aspecten

Natuurlijke riviermondingen kenmerken zich door snelle en sterke veranderingen van de leefomstandigheden. Dit legt een zekere druk op de aanwezige organismen. Toch zijn riviermondingen belangrijke overgangsgebieden. De geleidelijke verandering van de zoutconcentratie en temperatuur stelt vissen in staat om zich fysiologisch aan te passen aan de nieuwe leefomgeving (in zee of in zoet water). Harde zoet-zoutovergangen (zoals bij spuisluisen) kunnen trekkende vispopulaties indirect schade berokkenen. Zo is vastgesteld dat bot bij scherpe zoet-zoutovergangen gemakkelijker infecties (huidzweren) oploopt.

Populatie-ecologie en genetische aspecten

Naarmate een populatie kleiner is, neemt het risico van uitsterven toe. Onder normale omstandigheden kunnen gebieden worden geherkoloniseerd vanuit nabijgelegen regio's (middels dispersie). Barrières echter kunnen het natuurlijk evenwicht tussen verdwijning en herkolonisatie verstoren, waardoor de overlevingskansen van de soort ter plaatse afnemen. De isolatie van kleinere populaties heeft bovendien nadelige genetische gevolgen. Deze gevolgen blijven mogelijk zichtbaar als de populatie weer groter wordt. Kleine populaties kunnen als gevolg van inteelt uitsterven omdat ze een slechte constitutie hebben en minder bestand zijn tegen veranderende levensomstandigheden. Overigens heeft de aanwezigheid van migratieknelpunten niet noodzakelijk een effect op de genetische variabiliteit van vispopulaties. De redenen hiervoor zijn de mogelijkheid van migratie bij (zeer) hoge waterstanden en overstromingen, voldoende grote populaties boven en onder de barrière of de relatief korte periode dat de barrière bestaat.

Structuur-aspecten

De constructies in waterlopen kunnen ook indirect een negatieve invloed op de visstand hebben. Verstuwde waterlopen hebben niet meer het gevarieerde stromingsbeeld van bron tot monding dat natuurlijke waterlopen kenmerkt. De energie van de rivier wordt hierdoor niet meer verspreid over de gehele waterloop, maar komt slechts vrij ter hoogte van de stuwen. Achter de stuw bevindt zich een relatief korte zone met een redelijk hoge stroomsnelheid die stelselmatig afneemt tot de volgende stuw. Dit patroon herhaalt zich telkens weer, waardoor de waterloop min of meer transformeert in stilstaande deelbekkens. Hierdoor verdwijnen de typische, natuurlijke structuurvariëaties en ontstaat een verarmde, statische waterloop met een uniforme bedding zonder stroomkuilen.

Fragmentatiegevoeligheid

Niet alle vissoorten lijden evenveel onder de fragmentatie van waterlopen. De gevoeligheid hangt af van de tolerantie ten aanzien van de leefomgeving of waterkwaliteit, de omvang van het benodigde leefgebied, het dispersievermogen (zwemcapaciteit) en de reproductiecapaciteit. Deze eigenschappen verschillen niet alleen tussen soorten maar ook tussen de verschillende levensstadia binnen een soort. De gevoeligheid van een vissoort bepaalt men daarom in het voor fragmentatie meest kritische levensstadium.

Leefomgeving en leefgebied

Fragmentatiegevoelige vissen hebben zich vaak ingesteld op een specifieke leefomgeving. Vaak betreft dit reofiele soorten, zoals rivierdonderpad en beekprik. Eurytope soorten (zoals de blankvoorn en brasem) zijn tolerant ten aanzien van het stromingsbeeld en daarom weinig fragmentatiegevoelig. Sommige eurytope soorten echter (bijvoorbeeld alver, meerval en paling) hebben een groot leefgebied nodig, waardoor de fragmentatiegevoeligheid weer toeneemt. Soms speelt de tolerantie ten aanzien van functionele versnippering een belangrijke rol. In dat geval zijn de soorten die het meest tolerant zijn ten aanzien van bijvoorbeeld verontreiniging of zuurstofarm water het minst versnipperingsgevoelig.

Dispersie en reproductie

Soorten met een klein dispersievermogen (bijvoorbeeld kleine modderkruiper en beekprik) zijn fragmentatiegevoelig omdat ze minder gemakkelijk een gebied kunnen (her)koloniseren dan soorten met een groot dispersievermogen (bijvoorbeeld paling). Dikwijls is het dispersievermogen gerelateerd aan de zwemcapaciteit. Hoe lager de zwemcapaciteit, hoe lager het dispersievermogen. Desondanks kunnen ook vissen met een uitgesproken neiging om naar het oorspronkelijke leefgebied terug te keren (homing-gedrag) een laag dispersievermogen hebben. Zo zal een migrerende, paarijpe zalmopulatie homing-gedrag vertonen, waarbij de vissen zich richten op hun geboortestreek. Als dit gebied voor de paai ongeschikt- of door fragmentatie onbereikbaar is geworden, zal de populatie niet geneigd zijn om een ander paaigebied te zoeken. Het dispersievermogen is bijgevolg zeer gering. Soorten met een hoge reproductiecapaciteit brengen veel nakomelingen voort en zijn dus in staat om op redelijk korte termijn gebieden te (her)koloniseren. Bovendien kunnen een aantal soorten ook afgelegen wateren bereiken omdat hun eieren of visbroed worden verspreid door watervogels. Deze soorten zijn dus minder fragmentatiegevoelig dan soorten met een gering aantal eieren (zelfs als daarvan een groter aandeel wordt uitbroed).

Om een indruk te krijgen van de fragmentatiegevoeligheid van de in Nederland en Vlaanderen voorkomende vissoorten zijn de vier benoemde soorteigenschappen (leefomgeving, leefgebied, dispersie en reproductie) opgedeeld in drie klassen en geïndexeerd van 1 tot 3. De optelling van de afzonderlijke scores geeft een indruk van de fragmentatiegevoeligheid van de verschillende vissoorten gevormd. Hoe hoger de som, hoe hoger de gevoeligheid).

Bedreigde vissoorten

In Europa worden 67 soorten zoetwatervissen in hun voortbestaan bedreigd. Hiervan zijn 25 soorten 'sterk bedreigd'. Deze zijn bijna verdwenen of komen in dermate lage aantallen voor dat een herstel van de populaties onwaarschijnlijk is. Daarnaast geldt voor 32 soorten dat zij 'kwetsbaar' zijn. Dit betreft zeldzame soorten die zeer gevoelig zijn voor veranderingen in hun leefomgeving. De overige 10 soorten vormen een categorie tussen de sterk bedreigde en de kwetsbare vissoorten in. Voor de meeste soorten (tussen 55-60%) blijken migratiekelpunten medeverantwoordelijk te zijn geweest voor de afname van de populaties. In Vlaanderen staan vooral diadrome vissoorten (de grote trekvisser) er bedroevend slecht voor. De situatie in Nederland is iets beter, maar ook hier zijn de vispopulaties ernstig verstoord. De belangrijkste boosdoeners zijn migratiekelpunten in zoet-zoutovergangen (zoals spui- en schutsluizen), waterverontreiniging (hoewel die de laatste jaren aanzienlijk is teruggedrongen), verarming van de leefomgeving en overbevissing.

Rode Lijst

Volgens de Rode Lijst (zie tabel A2) zijn in Vlaanderen minstens acht grote trekvisseren zo goed als verdwenen: houting, grote marene, elft, fint, Atlantische steur, Atlantische zalm, zeeforel en zeeprík. Wel worden fint, zeeforel en zeeprík weer in de Zeeschelde waargenomen, maar het is onduidelijk of deze soorten ook geschikte paai-gebieden vinden. In de Maas komen zalmen en zeeforellen voor, maar de weg naar de paaigronden in Wallonië is nog niet (volledig) open. Drie andere grote migratoren zijn bot, spiering en rivierprík. Deze soorten zijn door de IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) geklassificeerd als 'susceptible' (gevoelig), maar zijn de laatste jaren niet beduidend achteruit gegaan. De palingstand daarentegen is in deze periode wel gedece-meerd. Dit is niet alleen te wijten aan stroomopwaartse migratiebelemmeringen voor de glasaaltjes. Een andere oorzaak is de grote sterfte van volwassen schieralen die bij hun paaitrek in de turbines van waterkrachtcentrales het leven laten.

Ook in Nederland worden twee anadrome vissoorten als verdwenen beschouwd: de Atlantische steur en de fint. Dit wil zeggen dat populaties hiervan zich niet meer met succes voortplant. Van de fint worden nog de laatste jaren herhaaldelijk exemplaren in Nederland aangetroffen (bijvoorbeeld langs de kust in het Noordzeekanaal). Van de Atlantische steur wordt sporadisch nog een exemplaar gemeld. Het verdwijnen van deze heeft te maken met de hoge eisen die deze soorten stellen aan hun leefomgevingen in de diverse levensstadia. Deze leefomgevingen liggen bovendien ver uit elkaar. De steur en de fint, maar ook reofiele soorten uit laaglandbeken (zoals beekprík, winde en kopvoorn) lopen dan een relatief hoog risico. In Nederland zijn een aantal vissoorten in de Flora- en Faunawet beschermd. Hierin is gesteld dat populaties van de soorten beekprík, biermpje, bittervoorn, elrits, gestippelde alver, grote, modderkuiper, kleine modderkuiper, meerval, rivierdonderpad en rivierprík geen achteruitgang mogen vertonen. Ook in de Habitatrichtlijn worden vissoorten genoemd die moeten worden beschermd en waarvan een duurzame voortbestaan van populaties wordt gewaarborgd. Een uitwerking hiervan is het aanwijzen van speciale beschermingszones waarbinnen de populaties van deze soorten gericht moeten worden beheerd. Er zijn negen vissoorten genoemd, waaronder; beekprík, bittervoorn, grote modderkuiper, fint, kleine modderkuiper, rivierdonderpad, rivierprík, zalm en zeeprík.

	Vlaanderen	Nederland
1. Verdwenen		
IUCN - Extinct	houting grote marene elft fint atlantische zalm zeeforel atlantische steur zeeprík vlagzalm kwabaal europese meerval	fint atlantische steur beekforel vlagzalm
2. Bedreigd		
IUCN - Critically endangered	gestippelde alver	
IUCN - Endangered		beekprík barbeel sneep elrits kwabaal
IUCN - Vulnerable	beekprík	kopvoorn serpeling kroeskarper vetje bittervoorn grote modderkruiper
IUCN - Susceptible	bot spiering rivierprík harder rivierdonderpad kopvoorn serpeling barbeel elrits beekforel sneep bruine am. dwergmeerval kleine modderkruiper am. hondsvís	gestippelde alver winde

	Vlaanderen	Nederland
3. Nog niet bedreigd		
IUCN - Safe / Low risk ars	bempje riviergrondel zonnebaars alver giebel rietvoorn zeelt snoek tiendoorn goudvis paling / gele aal brasem kolblei karper blankvoorn pos baars snoekbaars driedoornige stekelbaars	geen categorie in de Rode lijst
4. Niet bekend		
IUCN - Insufficiently known	winde zwarte am. dwergmeerval grote modderkruiper bittervoorn vetje kroeskarper	geen categorie in de Rode lijst

Tabel A2: de 'Rode Lijst' verdeelt de zoetwatervissen in Vlaanderen en Nederland in verdwenen, bedreigde en nog niet bedreigde soorten. Tevens zijn de corresponderende categorieën weergegeven zoals die door de IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) worden gehanteerd.

Tabel A3: overzicht van diverse typen knelpunten en hun kenmerken.

Categorie 1: Belemmering van migraties in lengterichting van watersystemen (longitudinaal) (Naar Buijse *et al.*, in druk)

Type barrière	Omschrijving	Effect op migratiemogelijkheden Stroomopwaarts (so)
Dam	Volledige afdamming waterweg	Totale blokkade
Stuw	Waterkering, ter verhoging van de waterspiegel. Meestal ten behoeve van de waterbeheersing, vernatting, voeding van vijvers en veedrinkplaatsen. Vaste stuwen hebben een constant verval, regelbare stuwen een wisselend verval. Lage afvoer: groot hoogteverschil. Hoge afvoer: gering hoogteverschil en eventueel hoge stroomsnelheden in stuwopening	Verval. Belemmering afhankelijk van spronghoogte, zwemcapaciteit en stroomsnelheden (meestal geringe mogelijkheden)
Bodemval	Constructie die verval veroorzaakt	Verval
Schot	Afsluiting in hout, metaal of kunststof die niet kan worden bewogen. Soms gebruikt als afsluiting van stilstaande wateren	Afsluiting (indien water tussen schotbalken sijpelt) of verval
Schuif	Afsluiting in hout, metaal of kunststof die verticaal kan worden bewogen, meestal als afsluiting van stilstaand waterlichaam.	Afsluiting
Sifon	Grondduiker; een volledig overkapte verbinding van twee waterlooptrajecten door een dieper gelegen buis (dikwijls onder kanalen). Het diepste punt in de sifon ligt bijgevolg lager dan zowel de bovenstroomse ingang als de benedenstroomse uitgang	Belemmering afhankelijk van diameter en lengte, maar ook van verval in de sifon. Bij te hoge ligging (door erosie sa): verval, dunne waterfilm. Bij schuine ligging: verval, dunne waterfilm, hoge stroomsnelheid. Mogelijke aanwezigheid van obstakels of vernauwingen (hoge stroomsnelheden)
Duiker	Buis, koker of overwelling voor een korte of lange afstand door een dijk, dam of onder een weg of plein. Volledig overkapte (vaak buisvormige) verbinding in wateren. Meestal horizontaal georiënteerd of onder gering verval	Belemmering afhankelijk van diameter en lengte. Bij te hoge ligging (door erosie sa): verval, dunne waterfilm in koker. Bij schuine ligging: dunne waterfilm, hoge stroomsnelheid, verval. Mogelijke aanwezigheid van obstakels of vernauwingen (hoge stroomsnelheden)

Effect op migratiemogelijkheden Stroomafwaarts (sa)	Kennisniveau	Locatie
Totale blokkade, sterfte t.g.v. grote hoogte (door uitspoeling via overloop)	Onderzoek van sterftcijfer in relatie tot valhoogte en lengte vis16. Minder van toepassing in Nederlandse en Belgische wateren	Stromende wateren
Mogelijk vertraging door 'aarzeling' boven stuw. Met grote valhoogte op ondiepe, harde ondergrond mogelijk beschadiging of sterfte. Bij hoge afvoer geen effect	Inschatting van passagemogelijkheden i.r.t. zwemcapaciteit en temperatuur veelal goed mogelijk. Effect van gedrag veel minder goed bekend	Stromende wateren / vlakke gebieden
Afhankelijk van valhoogte. Bij hogere afvoeren geen effect	Inschatting van passagemogelijkheden in relatie tot zwemcapaciteit en temperatuur veelal goed mogelijk. Effect van gedrag veel minder goed bekend	Stromende wateren
Indien water tussen schotbalken sijpelt: blokkade. Bijkomende effecten: zie stuw		Stromende wateren / vlakke gebieden
Blokkade	Niet van toepassing	Vlakke gebieden
Afhankelijk van diameter en lengte, vrijwel geen tot ernstige belemmering	Lengte: tot 100 m passeerbaar8,10,11 voor zowel limnofiele als eurytope vissoorten. Zonder hoogteverschillen aan de in- en uitstroomopening is voornamelijk de stroomsnelheid een bepalende factor	Stromende wateren
Afhankelijk van diameter en lengte, vrijwel geen tot ernstige belemmering	Voor jonge zalm veel bekend, voor andere vissoorten veel minder. Lengte: tot 100 m passeerbaar voor zowel limnofiele als eurytope vissoorten. Zonder hoogteverschillen aan de in- en uitstroomopening, is voornamelijk de stroomsnelheid een bepalende factor	Stromende wateren

Categorie 1: Belemmering van migraties in lengterichting van watersystemen (longitudinaal) (Naar Buijse *et al.*, in druk)

Type barrière	Omschrijving	Effect op migratiemogelijkheden Stroomopwaarts (so)
Vloeddeur	Deuren die door waterdruk automatisch sluiten of openen en het instromen van vloedwater in de waterloop beletten	Belet migratie door tijdelijke afsluiting
Spuisluis	Onder vrij verval spuien van overtollig water. Stroomsnelheden afhankelijk van verschil in waterpeil (meestal onder invloed van getijdencyclus)	Bij gering verval en lage stroomsnelheid mogelijkheden voor actieve zwemmers. Selectief getijdentransport (SGT) niet mogelijk
Scheepvaartsluis	Waterkering met ten minste twee paar deuren die schepen in staat stelt peilver- schillen te overbruggen. Principe: perio- diek inlaten van water vanuit boven- stroomse richting bij opwaarts schutten, en uitlaten van water bij neerwaarts schutten. Deuren openen als er vrijwel geen stroming meer is	Migratie is mogelijk, maar veelal ernstig belemmerd door kortdurende lokstroom, het wegvallen van de lokstroom bij het openen van de sluisdeuren en de verstoring door schepen
Waterkrachtcentrale	Constructie die potentiële energie van het water middels een verval (stuw) omzet in elektrische energie. Het water drijft een schoepenrad (turbine) aan, wat gepaard gaat met een snelle drukveran- dering in de turbine	Volledige blokkade. Verval
Gemaal	Constructie met vijzels of pompen om water naar een hoger gelegen pand te voeren of binnenkomend water te spuien	Verval. Tegen de pomprichting in mogelijk een volledig blokkade
Watermolen	Constructie die potentiële energie van het water middels een verval omzet in bewegingsenergie	Verval
Monnik	Constructie met schotbalken of schuiven om het peil van een vijver te regelen	Verval
Terugslagklep	Klep die door waterdruk automatisch afsluit of opent en het instromen van vloedwater in de waterloop belet	(Tijdelijke) afsluiting van zijwaterloop, soms met verval of een hoge ligging. Kleine doorlaat- opening, laag waterpeil en relatief hoge stroomsnelheid kunnen migratie bemoeilijken

Effect op migratiemogelijkheden Stroomafwaarts (sa)	Kennisniveau	Locatie
Vertraging door discontinue openingen van de vloeddeuren	Weinig over bekend	Zoet-zoutovergangen
Veelal weinig effect, wellicht vertraging bij het 'vinden' van de spuisluis in grote wateren, zeker in perioden waarin weinig wateroverschot is	Relatief weinig over bekend, met name voor soorten die SGT2 gebruiken. Voor sterkere zwemmers is meer bekend	Zoet-zoutovergangen
Jonge levensstadia kunnen worden meegevoerd, maar grotere vissen worden waarschijnlijk belemmerd	Relatief weinig over bekend, maar indirect bewijs voor ernstige belemmering van migratie in beide richtingen, hoewel passage is aangetoond. Migratiemogelijkheden in stuwsluiscomplexen zijn veel beperkter dan bij gewone sluisen	Bevaarbare wateren (kanalen, zoet-zoutovergangen)
Ernstige schade en verhoogde sterfte wegens turbine, vooral bij grotere vissen en bij stroomafwaartse trek. Met name bij volwassen paling, jonge zalm en zeeforel	Veel kennis over schade in relatie tot de lengte van de vis. Weinig over effect van drukverschil op vislarven en jonge vis. Bulb-turbines (horizontale Kaplan) veroorzaken minder verwondingen dan verticale Kaplan turbines en Francis-turbines. Verticale turbines zijn ongunstiger dan horizontale.	Stromende wateren / bevaarbare wateren
Met pomprichting mee een ernstige blokkade (krooshek). Schade en sterfte wegens gemaal	Schade afhankelijk van gemaaltype. Een schroefpomp is zeer schadelijk, een vijzel schadelijk, een centrifugaalpomp weinig schadelijk en een hevelpomp onschadelijk	Vlakke gebieden
Mogelijk vertraging door 'aarzeling' boven stuw. Met grote valhoogte op ondiepe harde ondergrond mogelijk schade of sterfte	De effecten herleiden zich tot die van stuwen	Stromende wateren
	Niet van toepassing	Vlakke gebieden
Voor kleinere vissen vermoedelijk geen probleem. De kleine doorlaatopening belemmert wellicht grotere vissen	Relatief weinig over bekend maar vermoedelijk een ernstige belemmering van migratie, vooral in stroomopwaartse richting	Zoet-zoutovergangen / stromende wateren

Categorie 1: Belemmering van migraties in lengterichting van watersystemen (longitudinaal) (Naar Buijse *et al.*, in druk)

Type barrière	Omschrijving	Effect op migratiemogelijkheden Stroomopwaarts (so)
Bodemplaat / Afzink	Betonnen of stenen bodemversteving, vaak onder brug of aan de monding van een waterloop. Eventueel schuin oplopend	Bij te hoge ligging (na erosie sa): verval, dunne waterfilm. Bij schuine ligging: verval, dunne waterfilm, hoge stroomsnelheid
Rooster	Krooshek, een raamwerk met kruisende of evenwijdige staven dat so van een constructie drijvend vuil tegenhoudt	Te kleine afstand tussen de staven, verval (door afval)
Afval	Geen	Verval. Laag waterpeil. Verhoogde stroomsnelheid
Hindernis	Elke belemmering voor vismigratie	Verval. Dunne waterfilm. Afsluiting. Verhoogde stroomsnelheid.

Categorie 2: Belemmering van migraties in breedterichting van watersystemen (lateraal)

Type barrière	Omschrijving	Effect op migratiemogelijkheden Stroomopwaarts (so)
Winterdijk	Inperking vanloedvlaktes van grote rivieren	Volledige blokkade. Vooral soorten die heldere, plantrijke wateren bewonen die slechts zelden worden overstroomd, worden belemmerd in de verspreiding en uitwisseling tussen populaties
Zomerdijk	Inperking van toegang tot (geïsoleerde wateren in) uiterwaarden	Belemmering tenzij bij hoge waterstanden de uiterwaarden overstroomden (kortdurend)
Vooroevers	Kunstmatige 'dammen' veelal van stortsteen, die oevers beschermen tegen erosie/afkalving	Geen belemmering als voldoende openingen zijn aangebracht voor de trek naar de oever (voor paai of voedsel) of naar open water (jonge vis)

Effect op migratiemogelijkheden Stroomafwaarts (sa)	Kennisniveau	Locatie
Met grote valhoogte op ondiepe, harde ondergrond schade of sterfte. Bij hogere afvoeren mogelijk geen effect	Relatief weinig over bekend. Stroomsnelheid is de limiterende factor naast de hoogte van de waterkolom	Stromende wateren
Voor kleinere vissen vermoedelijk geen probleem. Grottere vissen worden meer belemmerd, afhankelijk van staafafstand		Stromende wateren
Veelal weinig effect, wellicht enige vertraging		Overall; vooral stromende wateren
Afhankelijk van de aard en vorm van de hindernis; meestal van weinig invloed		Stromende wateren

Effect op migratiemogelijkheden Stroomafwaarts (sa)	Kennisniveau	Locatie
	Veel bekend over verlies van leefomgeving, maar weinig over mate van uitwisseling en dispersie	Stromende wateren / bevaarbare wateren
Mogelijke 'insluiting' van vis bij het zakken van de waterstand in opdrogende 'poelen' of geïsoleerde uiterwaardwateren	Toenemende kennis over belang van uiterwaardwateren voor paai en opgroei (connectiviteit voor volwassen vis en 'larvale drift')	Stromende wateren / bevaarbare wateren
	Onderlinge afstand en grootte van openingen zijn van belang	Bevaarbare wateren

Categorie 3: Risicoverhogende factoren tijdens migratie in de lengterichting

Type barrière	Omschrijving	Effect op migratiemogelijkheden Stroomopwaarts (so)
(Koel)water-inlaten	Constructie die water via een inlaatkanaal en vuilroosters aan de waterloop onttrekt voor industriële doeleinden	Bij inlaat mogelijke inzuiging en sterfte. Bij uitlaat nauwelijks effect tenzij vertraging door misleidende lokstromen
Visserij	Commercieel (staande netten, voornamelijk fuiken en kieuwnetten) en recreatief (hengelsport)	Sterfte door commerciële (bij)vangst en recreatieve vangst en/of beschadiging. Vertraging bij terugplaatsing van gevangen vis
Onnatuurlijk waterbeheer	Veranderingen van natuurlijke stroomrichting	Vertraging of belemmering door desoriëntatie van vis
Scheepvaart	Aanzuiging van water door scheepsschroeven	Directe sterfte door scheepsschroef; indirecte sterfte door predatie (vogels); verstoring door geluid
Verhoogde prooikans	Sterke aanwezigheid van roofvogels of roofvissen	Sterfte door predatie. Vooral ter hoogte van gemalen of turbines waar verwonde of gedesoriënteerde exemplaren een gemakkelijke prooi vormen ¹⁵

Vismigratieknelpunten

Vismigratieknelpunten kunnen de migratie belemmeren in zowel de lengterichting (longitudinaal) als de breedterichting (lateraal) van de waterloop. Bovendien kunnen knelpunten risico's voor de vistrek opleveren. Tabel A3 vermeldt diverse categorieën knelpunten en hun typische locatie. Tevens wordt informatie gegeven over de effecten van deze knelpunten op de migratiemogelijkheden (stroomop- en stroomafwaarts). Ook wordt aangegeven wat uit onderzoeken bekend is over de barrièregraad van deze knelpunten.

Barrières in de lengterichting

In de loop der tijden zijn in waterlopen allerlei constructies aangelegd om diverse, vooral economische doelen te dienen. Zo zijn vanaf de tweede helft van de negentiende eeuw zelfs riviermondingen afgesloten van zee. Een ecologisch gevolg was dat vissen werden belemmerd vanuit zee de rivieren op te trekken. Bovendien bemoeilijkten stuwen, gemalen en watermolens de stroomopwaartse migratie in rivieren en beken. Bij stroomafwaartse migratie kunnen gemalen en waterkrachtcentrales leiden tot verwonding en sterfte.

Om meer zicht op deze problematiek te krijgen, is kennis nodig van de gedragingen van migrerende vissen die op een barrière stuiten. Zo kunnen betere ontwerpcriteria voor visdoorgangen worden aangelegd. Vervolgens kan dieper worden ingegaan op de verschillende soorten knelpunten en hun barrièregraad.

Visgedragingen bij constructies

De laatste decennia zijn diverse onderzoeken uitgevoerd naar het gedrag en de verspreiding van vissen benedenstrooms van constructies die belemmeringen veroorzaken bij stroomopwaartse migratie. Hierbij is ook gekeken naar de effecten van grote hoogteverschillen en hoge stroomsnelheden. Uit deze studies kunnen de volgende algemene stellingen worden afgeleid.

- de vis nadert de constructie langs de oever met de sterkste stroming;
- de vis verzamelt zich dicht bij de constructie, afhankelijk van de stroomsnelheid;
- de vis voert zoekbewegingen uit en oriënteert zich langs een denkbeeldige migratielimitlijn;
- de ligging van de migratielimitlijn (of zone) is afhankelijk van de zwemcapaciteit van de vis en het debiet over of door de constructie;

**Effect op migratiemogelijkheden
Stroomafwaarts (sa)**
Kennisniveau
Locatie

Sterfte jonge vis (tijdens larvale drift of stroomafwaartse migratie). Weinig effect op grotere vis, afhankelijk van stroomsnelheid in inlaatkanaal

Veel bekend. De sterfte is in te schatten aan de hand van de densiteiten en het inlaatdebiet in relatie tot het debiet van de hoofdstroom^{5, 12}

Stromende wateren / bevaarbare wateren / zoet-zoutovergangen

Effecten van visserij op de relatieve sterfte ten opzichte van de populatie is vaak onbekend

Stromende wateren / bevaarbare wateren / zoet-zoutovergangen

Weinig over bekend, lijkt minder groot probleem

Vlakke gebieden

Weinig over bekend, lijkt minder groot probleem (behalve op drukke vaarwegen)

Bevaarbare wateren

Weinig over bekend, lijkt minder groot probleem

Overal

- de voorste grens van de migratielimietslijn ligt daar waar de stroming sterk turbulent is of waar de stroomsnelheid gelijk is aan de 'verhoogde snelheid' van de vis (dit is de snelheid die de vis slechts een beperkte tijd kan volhouden; meestal 1 à 2 m/s);
- nadat de migratielimietslijn is bereikt, hoopt de vis zich op in de luwtezones langs de oever;
- de vis zal verschillende keren per dag de lengte en de breedte van de zoekzone doorkruisen.

Sommige soorten zullen bij het tegenkomen van een barrière hun eitjes ter hoogte van het knelpunt afleggen. Vervolgens keren ze terug naar hun vaste leefgebied zonder op zoek te zijn geweest naar meer geschikte gebieden (zoals stroomafgelegen zijbeken).

Van verschillende typen knelpunten is het barrière-effect duidelijk (zie tabel A3). Stuwen en molens belemmeren de vrije vismigratie. Bij andere constructies ligt het barrière-effect minder voor de hand. Dit is het geval bij duikers, sifons, sluizen en terugslagkleppen, maar ook bij schuin oplopende bodemplaten.

Deze veel voorkomende constructies kunnen een belangrijke invloed uitoefenen op de lokale vispopulaties en de biodiversiteit. Wat de constructies en het stromingsbeeld betreft, zijn de volgende omstandigheden voor migratie ongunstig:

- een laag waterpeil in, boven of nabij de constructie
- grote hoogteverschillen en zeer sterke stromingen
- te kleine doorgangen
- zwakke lokstromen

De mate waarin de vismigratie wordt belemmerd, is echter ook afhankelijk van zwemcapaciteit en gedragingen van de vis. De eigenschappen van de vis zijn daarbij vooral gebonden aan de soort, de lengte van de vis en de watertemperatuur. Andere factoren die hierbij een rol spelen zijn het levensstadium en de conditie van de vis.

Het voorgaande hoofdstuk behandelde kenmerken van vissen die voor migratie van belang zijn. Over de sprongcapaciteit kan in het algemeen worden gesteld dat deze voor de meeste vissoorten in Vlaanderen en Nederland gering is, met name bij eurytope en limnofiele (vegetatieminnende) vissoorten zoals karpersachtigen. Dit betekent dat peilverschillen groter dan circa tien centimeter niet of nauwelijks met een sprong kunnen worden overwonnen. Paling is hierop een uitzondering omdat deze soort de mogelijkheid heeft een obstakel kruipend te passeren. Vooral glasaal staat bekend om zijn uitzonderlijke klimvermogen (op voorwaarde dat het wandoppervlak voldoende vochtig en ruw is). Om meer zicht te krijgen op de barrièregraad van constructies, kunnen deze het best per type worden beschouwd.

Stuwen

Stuwen veroorzaken een peilverschil waardoor stroomopwaartse vismigratie vaak onmogelijk is. Elk hoogteverschil zal op zijn minst een vertraging van de migratie tot gevolg hebben. Als stuwen bij grote debieten geheel verdrinken, is wel weer vispassage mogelijk. Deze situatie doet zich meestal maar kort voor, doorgaans in de winterperiode (november-maart). In deze periode is echter de watertemperatuur en daarmee de zwemcapaciteit van de vissen het laagst. Onder deze omstandigheden kunnen vooral grote, snelzwemmende vissen vrij migreren. In het voorjaar passeren ook kleinere vissen. Onderlopende stuwen of tuimelstuwen zijn voorzien van een afsluitbare opening, waar vissen doorheen kunnen zwemmen. In principe is hiermee vismigratie toegestaan. Het stromingsbeeld bepaalt echter of dat ook gebeurt. Turbulentie en vooral de stroomsnelheid (afhankelijk van het peilverschil) kunnen alsnog een barrière opwerpen. Naast het verval over de stuw is ook de doorzwenmhoogte van de opening van belang. De barrière-

graad is bijgevolg sterk afhankelijk van het debiet. Stuwen en veel andere constructies zijn stroomopwaarts niet, maar stroomafwaarts wel passeerbaar. Dit brengt het risico met zich mee dat de vis uitspoelt en zich benedenstrooms ophoopt. Zo'n ophoping kan ten koste gaan van de conditie en de groei van de vis, met als gevolg het uitbreken van ziektes en uiteindelijk vissterfte. De visstand in deze trajecten is daarom vaak zeer instabiel en soortenarm. Ook de bovenstroomse visstand is dikwijls niet duurzaam omdat een belangrijk deel van de populatie (meestal jongere jaarklassen) kan uitspoelen.

Duikers en sifons

In Nederland en Vlaanderen bestaan talloze constructies die verband houden met het wegen- en waternetwerk, zoals duikers, kokers, sifons en bodemplaten of afzinken. Uit onderzoek blijkt dat zowel duikers als sifons over het algemeen redelijk tot goed passeerbaar zijn. Een voorwaarde is dan wel dat de stroomsnelheden en het verval binnenin of aan de in- of uitstroomopening van de duikers en sifons niet te groot mag zijn. Een verval treedt bijvoorbeeld op als de bodemplaten onder een brug hoger liggen dan de beekbodem stroomafwaarts, of als sifons worden voorzien van een overlooptrempel. De beekbodem kan stroomafwaarts steeds dieper komen te liggen als gevolg van ruiming van het dynamische karakter van de beek. Dit resulteert uiteindelijk in onoverbrugbare vervallen of te lage waterstanden. De vis kan hierdoor zijn zwemcapaciteit niet meer volledig benutten. Een ander risico is dat de vis zich schuurt aan de bodem. Zo ontstaan verwondingen die de zwemcapaciteit verder verlagen en de vis tot een gemakkelijke prooi maken. Het is van belang dat de stroomsnelheden in de duikers en sifons niet te hoog worden. Hoge stroomsnelheden kunnen optreden bij een hoge vullingsgraad of als zich in de constructie vernauwingen of obstakels bevinden. Ook de ophoping van drijfvuil of de aanwezigheid van een grofvuilrooster kan de vismigratie negatief beïnvloeden. Uit onderzoeken blijkt dat zowel stagnofiele als eurytope vissoorten tot honderd meter lange duikers en sifons stroomop- en afwaarts kunnen passeren. Het gaat dan voornamelijk om grotere vissen, maar ook om kleine soorten (zoals driedoornige stekelbaars) en zelfs juveniele exemplaren. Andere studies hebben bovendien aangetoond dat sifons ook in populatie-genetisch opzicht geen migratiebarrière vormen, zelfs niet voor kleine soorten en slechte zwemmers zoals de rivierdonderpad.

Scheepvaartsluizen

De barrièregraad van scheepvaartsluizen hangt vooral af van de migratiedrang van de vis. Deze drang is sterk aanwezig op belangrijke migratieroutes, zoals kanalen die in verbinding staan met grote rivieren. De sluizen in deze kanalen hebben daarom een lagere barrièregraad dan dezelfde sluizen in andere waterlopen, maar kunnen desondanks een aanzienlijke belemmering voor de vis migratie vormen. Het barrière-effect van enkelvoudige sluizen is overigens belangrijk kleiner dan dat van stuw-sluiscplexen, mits de vis populaties een uitgesproken migratiedrang vertonen. Onderzoek heeft aangetoond dat bij het schutten grote scholen stroomopwaarts kunnen migreren. Wel is een beperkte uitwisseling tussen verschillende kanaalvakken vastgesteld. Bij stuw-sluiscplexen is vis migratie niet of nauwelijks mogelijk. Dit is te wijten aan het ontbreken van een lokstroom. De meeste vis wordt immers aangetrokken door de stuwgeul, waar ze vervolgens geen uitweg vinden en hun trek noodgedwongen moeten staken. Studies in de Verenigde Staten hebben aangetoond dat minder dan 1,5% van de vis erin slaagt stuw-sluiscplexen te passeren. Ook de paling migratie is klein. De belangrijkste oorzaken zijn de lage stroomsnelheden en de zwakke lokstroom ten opzichte van de hoofdloop.

Schuine bodemplaten

Een vis die een traject aflegt, levert een extra inspanning als tevens een hoogteverschil wordt overbrugd. Behalve de wrijvingskracht als gevolg van de horizontale verplaatsing moet de vis immers ook de zwaartekracht overwinnen. Naarmen aanneemt gaat dat laatste gemakkelijker als de vis geheel onder water zwemt. Als dit wegens een geringe waterdiepte niet (voortdurend) het geval is, kan de vis slechts voor het ondergedompelde deel profiteren van de opwaartse druk van het water.

Uit onderzoek bij kopvoorn, blankvoorn en beekforel is echter gebleken dat de sprintsnelheid van deze vissen over een helling met een dunne waterfilm even groot is als die van volledig ondergedompelde vissen. De waterdiepte alleen is dus niet de bepalende factor voor migratie over een schuine bodemplaats. Ook de stroomsnelheid speelt een rol. Als water over een afzink stroomt, wordt de waterkolom in de stroomrichting kleiner waarbij de stroomsnelheid toeneemt. Het onderzoek toonde aan dat grotere vissen die slechts voor 1/3 waren ondergedompeld wel konden passeren, maar kleinere, volledig ondergedompelde vissen niet. Kennelijk is de stroomsnelheid van meer belang voor de migratiemogelijkheden dan de hoogte van de waterkolom. De voornaamste parameters van een afzink zijn derhalve de hellingsgraad (van invloed op de stroomsnelheid) en de lengte (van invloed op de totale door de vis te leveren

inspanning). Zoals kan worden verwacht, blijken vissoorten met een grote zwemcapaciteit (zoals forel) de afzink het gemakkelijkst op te zwemmen. Karperachtigen (zoals kopvoorn) hebben hiermee wat meer moeite. Minder sterke zwemmers (zoals blankvoorn) kunnen een helling van 20% niet passeren. Bij een helling van 5% slaagt slechts 1/3 van de blankvoornpopulatie erin de barrière te passeren.

Waterkrachtcentrales en gemalen

In stroomopwaartse richting zijn waterkrachtcentrales en pompgemalen niet passeerbaar. De stroomafwaartse migratie levert eveneens grote problemen op. De vissen worden bij passage door centrales en gemalen vaak beschadigd door draaiende delen (schoepen) of grote drukverschillen. De onmiddellijke vissterfte kan zelfs oplopen tot 100%, afhankelijk van de vissoort, de lengte van de vis en het type gemaal of turbine (en het debiet en de stroomsnelheid). De grootste sterfte treedt op bij turbines met een kleine diameter (kleine schoepafstanden) die een hoge snelheid ontwikkelen. Ook de valhoogte van het water is van belang. Meestal wordt alleen de direct waarneembare schade aan de visstand gerapporteerd. De uitgestelde sterfte, die kan oplopen tot een veelvoud van de directe sterfte, blijft dan buiten beschouwing. Vooral de grote migranten lopen risico's omdat ze voor de voltooiing van hun levenscyclus vaak verscheidene waterkrachtcentrales moeten passeren. Voor vissoorten die over relatief korte afstand migreren, zijn de centrales minder bedreigend, tenzij het gaat om kleine of zeldzame populaties.

Natuurlijke hindernissen

Ophoppingen van natuurlijk materiaal zoals takken en bladeren treft men vooral aan in bovenlopen of bosbeekjes. Meestal vormen deze hindernissen geen ernstige knelpunten, hoewel ze soms een aanzienlijk verval veroorzaken. Maar ook dan moeten ze niet worden verwijderd. De ophoppingen lossen op termijn vanzelf op dankzij het dynamische karakter van de (natuurlijke) waterlopen. Op de vis migratie-tijdschaal zijn de ophoppingen van korte duur. Bovendien dragen ze bij aan de structuurdiversiteit en zorgen ze voor een gevarieerd stromingspatroon. De ophoppingen veroorzaken poelen die ten goede komen aan stroomminnende vissoorten.

Barrières in de breedterichting

Al voor de Middeleeuwen werden door de aanleg van dijken waterlopen van hun valleien afgesloten. De intensivering van de landbouw en de inpoldering leidde ertoe dat waterpartijen verdwenen of werden geïsoleerd. Valleigebieden werden verkaveld, waarbij woningen vaak tot tegen de waterkant zijn gebouwd. Veel waterlopen verloren hierdoor hun dynamiek en moesten aan laterale migratiemogelijkheden inboeten. Vissoorten die in de natuurlijke overstromingsgebieden voorkwamen, werden door de aanleg van winter- en zomerdijken sterk in hun verspreiding belemmerd. Dit maakte soorten zoals kwabaal en snoek, die voor hun reproductie van deze gebieden afhankelijk zijn, tot een zeldzame verschijning. Andere barrières in de breedterichting zijn de oeververdedigingen (vooroevers) die waterlopen (vooral kanalen) moeten beschermen tegen erosie en afkalving. Pas als hierin voldoende openingen zijn aangebracht kan de vis weer onbelemmerd migreren; naar de oevers om te paaien of te fourageren en naar de waterloop (bijvoorbeeld vislarven) om op te groeien.

Risicoverhogende factoren

Risico-verhogende factoren manifesteren zich op vijf vlakken:

- Koelwaterinlaten
- Visserij
- Scheepvaart
- Onnatuurlijk waterbeheer
- Verhoogde prooikans

Koelwaterinlaten

De onttrekking van koelwater uit een waterloop gebeurt middels een zuigbuis. Het ingezogen drijfvuil maar ook de ingezogen vissen worden middels een vuilrooster afgescheiden en als afval afgevoerd. Behalve larven en jonge vis kunnen ook volgroeide exemplaren van migrerende vissoorten worden ingezogen. De vispopulatie in de waterloop kan hierdoor schade oplopen. Het effect van de uitstroom van koelwater is veel beperkter. De misleidende lokstroom van de koelwateruitlaat kan de migratie vertragen. De impact van de visinzuging in bijvoorbeeld het Albertkanaal zou vergelijkbaar zijn met de jaarlijkse onttrekking van vis door hengelaars. De relatieve schade van de koelwaterinlaten van kerncentrales in grote wateren (zoals de Kerncentrale Doel) is nog beperkter. Zo is geschat dat de sterfte onder de vispopulaties in de Beneden-Zeeschelde circa 0,1% bedraagt. Dit percentage kan nog worden verlaagd door het risico van inzuiging te verlagen en de kans op overleving na inzuiging te verhogen. Het effect van de centrales op zeldzame soorten is moeilijker in te schatten, maar is waarschijnlijk sterker dan het effect op de algemeen voorkomende soorten.

Visserij

De visserij kan migratie vertragen door vis te onttrekken (zowel commercieel interessante vissoorten als bijvangst) of juist vis uit te zetten. Herbepotingen van vis kunnen namelijk een schadelijke invloed hebben op de inheemse populaties. Een herstel van de vismigratie zal leiden tot een natuurlijke herkolonisatie. Inheemse populaties versterken zo hun positie ten opzichte van de uitgezette populaties.

Scheepvaart

Scheepsschroeven kunnen vissen aanzuigen en verwonden of doden. Vooral vislarven en jonge vis lijden hierdoor schade. Voorts vormen vissen in het schroefwater een gemakkelijke prooi voor vogels. Bovendien kunnen vispopulaties worden verstoord door de golfslag, turbulentie en geluidshinder van schepen.

Onnatuurlijk waterbeheer

Een onnatuurlijk waterbeheer kan veranderingen in stromingspatronen of zelfs de stroomrichting veroorzaken. De vissen raken hierdoor gedesorïenteerd, wat de migratie kan vertragen en zelfs belemmeren.

Verhoogde prooikans

Ter hoogte van migratiebarrières worden meestal hoge aantallen vis waargenomen, zeker als sprake is van een accumulatie van uitgespoelde vissen of een onneembare barrière. Roofdieren zullen zich dan in deze gebieden concentreren, waardoor veel vissen een prooi worden. Bij gemalen en turbines zijn verwonde en gedesorïenteerde exemplaren het eerste slachtoffer.

Achtergrondinformatie
Vismigratie en beleid

3



Internationaal

De bescherming van de visstand, de waterkwaliteit en de leefomgeving van vissen in Nederland en België wordt gewaarborgd door een groot aantal internationale regels. Naast de verbetering van de waterkwaliteit staan de bescherming en verbetering van geschikte leefgebieden en het herstel van de migratie naar deze leefgebieden centraal.

Zo hebben de Ministers van de Benelux Economische Unie op 26 april 1996 de Benelux-beschikking M96 - inzake de vrije vismigratie in de stroomgebieden van de Benelux - goedgekeurd. Deze beschikking is krachtens het Benelux-verdrag van 3 februari 1958 bindend. De beschikking bepaalt dat de verdragspartijen een programma moeten opstellen en uitvoeren om vóór 1 januari 2010 vrije vismigratie in de Benelux-stroomgebieden mogelijk te maken.

Het doel van de Europese Habitatrictlijn van 21 mei 1992 (92/43/EEG) is de instandhouding van de natuurlijke habitat en de wilde flora en fauna binnen de Europese Unie. De richtlijn is van kracht geworden in 1994. Deze richtlijn richt zich op de bescherming van soorten en hun natuurlijke habitat met uitzondering van vogels en hun leefgebieden. Om een duurzaam behoud van biodiversiteit te verzekeren gaat de Habitatrictlijn uit van de aanwijzing van speciale beschermingszones. Deze beschermingszones worden onder meer voor de bescherming van bedreigde vissoorten aangeduid.

Sinds 22 december 2000 is de Europese kaderrichtlijn Water van kracht. De doelstelling van deze richtlijn is streven naar duurzame, ecologisch verantwoorde watersystemen met een goede water- en structuurkwaliteit. Ten slotte zijn internationale verdragen in Europese wetgeving omgezet. Het verdrag van Bonn (1979) - inzake de bescherming van trekkende wilde diersoorten - is in 1990 bekrachtigd. Ook het Verdrag van Bern van (1979) - inzake het behoud van wilde dieren en planten en hun natuurlijk leefmilieu in Europa - is bekrachtigd in 1990.

Vlaanderen

Naast internationale regels is ook het Vlaamse beleid bepalend voor het herstel van vrije vismigratie.

Zo heeft het Vlaamse Parlement op 9 juli 2003 het Decreet betreffende het Integraal Waterbeleid goedgekeurd. Hierin zijn ondermeer de volgende doelstellingen opgenomen:

- De vrije migratie voor alle vissoorten vóór 1 januari 2010 in alle Vlaamse stroomgebieden.
- Het voorkomen van nieuwe migratiekelpunten.
- Het behoud en herstel van natuurlijke watersystemen.

In het milieubeleidsplan 2003-2007 van de Vlaamse Regering wordt de vrije vismigratie 'in zoveel mogelijk prioritaire waterlopen' als doelstelling opgenomen. Concreet is afgesproken dat 75% van de belangrijke vismigratiekelpunten tegen het einde van de planperiode zijn opgelost. Dit tempo is noodzakelijk is om de doelstellingen van het Decreet Integraal Waterbeleid vóór 2010 te realiseren.

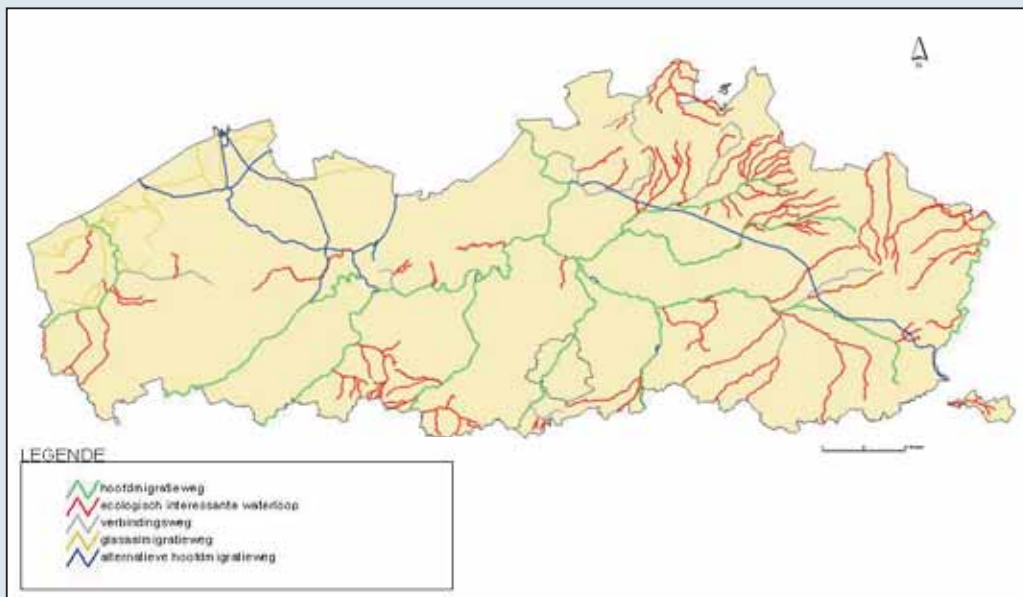
Het decreet betreffende het Natuurbehoud en het Natuurlijk Milieu (1997), biedt een algemeen kader voor het vaststellen van concrete maatregelen. Zo bepaalt artikel 51 van dit decreet dat de Vlaamse Regering alle maatregelen neemt die zij nuttig acht om populaties van soorten of ondersoorten van organismen in stand te houden, te herstellen of te ontwikkelen. In artikel 14 en 16 wordt bovendien een zorgplicht opgelegd bij uitvoeringstaken of het verlenen van vergunningen en toestemmingen.

Het Vlaams Gewest stelt subsidies ter beschikking voor de sanering van vismigratiekelpunten op waterlopen die beheerd worden door de lokale waterbeheerders (provincies, gemeenten en Polders & Wateringen).

Prioritaire waterlopen

De afgelopen jaren zijn in Vlaanderen her en der projecten voor het herstel van de vrije vismigratie uitgevoerd. Het werd duidelijk dat een meer gecoördineerde benadering de voorkeur verdient. Er is daarom een plan gemaakt voor een beter gestructureerde en wetenschappelijk onderbouwde aanpak. In het plan werken alle waterbeheerders samen aan de vrije vismigratie in een netwerk van zorgvuldig gekozen waterlopen. Het netwerk is in de eerste plaats opgezet om bedreigde vissoorten in stand te houden ('stand still'-principe). Hiertoe wordt voor deze soorten de vrije migratie hersteld op en naar waterlopen met een hoge structuurdiversiteit. Behalve de ecologisch meest waardevolle waterlopen zijn ook strategisch belangrijke waterlopen geselecteerd. Voor de hoofdwaterlopen in het netwerk (de grote assen van elk bekken) zijn enkele alternatieven aangewezen. Ook is voorzien in migratiewegen voor glasaal. Het plan werd voorgelegd aan de bekkencomité's en vervolgens op 9 oktober 2001 goedgekeurd door het VIWC. In dit orgaan waren alle betrokken waterbeheerders vertegenwoordigd (AWZ, afdeling Water, provincies, gemeenten, Polders & Wateringen). Het VIWC is de voorganger van de CIW (Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid

Van de 20.000 kilometer aan waterlopen in Vlaanderen maakt 3.000 kilometer deel uit van de prioriteitenkaart. Het netwerk omvat de volgende typen waterlopen (figuur A8):



Figuur A8: prioriteitenkaart voor het herstel van vismigratie in Vlaanderen (B)

Hoofdmigratiewegen (hmw). Hiertoe behoren alle grote assen in de verschillende bekken van het Vlaams Gewest: Schelde, Maas, IJzer, Demer, Dijle, Leie, Zenne, Dender, Grote Nete, Kleine Nete, en Rupel.

Alternatieve hoofdmigratiewegen (ahmw). Dit zijn de kanalen in Vlaanderen die eventueel kunnen worden ingeschakeld als hoofdmigratieweg.

Ecologisch interessante waterlopen (eiw). Deze waterlopen zijn geselecteerd op basis van onder andere de kaart van ecologisch (zeer) kwetsbare waterlopen, de Habitatrictlijn-gebieden, de kwaliteitsdoelstellingen oppervlaktewater, de waterkwaliteitsgegevens en visstandopnames.

Verbindingswegen (vw). Dit zijn de waterlopen die een verbinding vormen tussen de hoofdmigratiewegen en de ecologisch interessante waterlopen.

Glasaalmigratiewegen (gmw). Deze waterlopen zijn geselecteerd met het oog op de palingmigratie, die de laatste twintig jaar sterk is afgenomen. In de lijst staan waterlopen naar zee en waterlopen die een verbinding leggen met poldergebieden. Polders kunnen namelijk dienen als opgroei-gebieden voor paling.

Databank

De prioritaire waterlopen zijn van bron tot monding geïnventariseerd. Dit project is uitgevoerd door het Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer en de Universiteit Antwerpen (UA) en gefinancierd door de Provinciale Visserijcommissies en AMINAL afdeling Bos en Groen. De inventarisatiegegevens zijn opgeslagen in een databank en kunnen via de website

www.vismigratie.be worden opgevraagd. Men kan nagaan hoe de inventarisatie is uitgevoerd, waarom een waterloop is geselecteerd, welke knelpunten per waterloop aanwezig zijn en welke prioriteit een knelpunt heeft. Per knelpunt kan een beschrijving met foto worden opgevraagd. De gegevens kunnen worden gepresenteerd als een laag in GIS. Als men beschikt over een (aan te vragen) wachtwoord, kan men bovendien fouten verbeteren en gegevens toevoegen, bijvoorbeeld over de aanleg van een vispassage of het ontstaan van nieuwe knelpunten. De aanpassingen worden door de databankbeheerder verwerkt, zodat de databank actueel blijft.

Bekkenbeheer

Het aantal prioritaire waterlopen kan in de toekomst worden uitgebreid binnen de kaders van de bekkenbeheerplannen. Zo zijn momenteel bijna geen waterlopen in het Leie-bekken geselecteerd. De reden is de slechte visstand als gevolg van de lage waterkwaliteit. Na een verbetering van de waterkwaliteit kan ook hier worden gestreefd naar een actieve sanering van de vismigratieknelpunten. Het is dus niet zo dat deze waterlopen onbelangrijk zijn. Er geldt een zorgplicht en nieuwe knelpunten moeten te allen tijde worden voorkomen.

De (deel)bekkenbeheer-plannen voorzien in de te nemen acties, maatregelen, middelen en termijnen om de doelstellingen ervan te bereiken. Voor de bepaling van het type oplossing voor de sanering van een migratieknelpunt kan gebruik worden gemaakt van de aanzetten in dit handboek.

Nederland

De afgelopen decennia was het overheidsbeleid inzake vismigratie vooral gericht op het herstel van de trekmogelijkheden voor zalm en zeeforel in de Rijkswateren. In 1987 werd door de ministeries van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (LNV) en Verkeer en Waterstaat (VW) het Interdepartementaal Zalmoverleg opgericht voor het herstel van de trekvisstand in het Nederlandse deel van de Rijn en de Maas en de Overijsselse Vecht. De voornaamste doelstellingen waren het herstel en de bevordering van de vrije vismigratie, de paai- en opgroeigebieden en het natuurlijke karakter van rivieren (met name het stromingsbeeld). Met de intrede van het integrale waterbeheer kwam in het overheidsbeleid meer aandacht voor de ecologische waarde van watersystemen. Het thema vismigratie was de afgelopen jaren dan ook steeds vaker terug te vinden in diverse beleidsplannen en visies. In de Derde Nota Waterhuishouding (1989) stelde het Rijk voor de stimulering van regionale voorbeeldprojecten van integraal waterbeheer vanaf 1992 jaarlijks 5 miljoen gulden (ruim 2,25 miljoen euro) beschikbaar (REGIWA-regeling). Hiermee werden diverse vispassages gerealiseerd. De Nota stelde als tussendoel dat in 1995 de Nederlandse stroomgebieden passeerbaar moesten zijn en doorgangsroutes moesten bieden naar kleinere wateren. Op het vlak van vismigratie werden de volgende beleidsdoelen genoemd:

- Het aanbrengen van vispassages bij drie stuwen in de Rijn, vijf stuwen in de Maas en vier stuwen in de Overijsselse Vecht. (Destijds waren er al twee vispassages aangelegd in de Maas en twee in de Overijsselse Vecht)
- Het zo mogelijk aanbrengen of herstellen van vispassages bij werkzaamheden aan stuwen en sluisen (door de waterbeheerder).
- Het aanbrengen van visgeleidingssystemen bij de inlaten van waterkrachtcentrales om te voorkomen dat stroomafwaarts trekkende vissen in de turbines komen (door elektriciteitsmaatschappijen).
- Het waar nodig bereikbaar houden van kleine, ondiepe, plantrijke wateren voor vissen en het restaureren van schuil-, paai- en opgroeigebieden (door de waterbeheerder).
- Het toepassen van een spui-beheer naar zee dat zoveel mogelijk is afgestemd op de trek van glasaal, schieraal en zalmachtigen.
- Het opstellen van een integraal beleidsplan voor het Haringvliet, waarin afspraken worden gemaakt over het toekomstig spui-beheer van de Haringvliet-sluisen.

Ook het natuurbeleid van de overheid, verwoord in het Natuurbeleidsplan van LNV (1990), staat voor een duurzame oplossing voor de fragmentatie van watersys-

temen (de oorzaak van veel vismigratieknelpunten). De instrumenten hiervoor zijn de realisering van de Ecologische HoofdStructuur (EHS), het soortenbeleid en het doelgroepenbeleid. Vooral de EHS en het soortenbeleid zijn belangrijk voor vismigratie. De EHS voorziet in verbindingzones tussen de verschillende kerngebieden. Deze zones maken de verbreding, migratie en uitwisseling van organismen mogelijk. Het soortenbeleid richt zich voor zocht water op zalm, (zee)forel, snoek, bittervoorn, kleine- en grote modderkruiper. Dit heeft geleid tot de opstelling van de 'Rode Lijst', die mede richtinggevend is voor het natuurbeleid. Het ministerie stimuleert partijen bij de bescherming en het beheer van gebieden om met de vissoorten op deze lijst rekening te houden.

In 1991 verscheen de LNV-Nota "Zalm terug in onze rivieren – de verbetering van de vismigratie in de Rijn, de Maas en de Overijsselse Vecht". Deze Nota presenteert de rijksactiviteiten en afspraken die moeten leiden tot het herstel van de vistrek in de Nederrijn/Lek, Maas en Overijsselse Vecht. Voorts gaat de Nota in op de problematiek bij intrekpunten langs de kust. PKB-kaart 13 van het Structuurschema Groene Ruimte van LNV (1995) presenteert de aan te leggen vispassages in de Rijkswateren.

Voor het voortgaande ecologisch herstel van watersystemen zet de Vierde Nota Waterhuishouding (1997) in op het verder investeren in fysieke maatregelen. Vaak gaat het daarbij om de aanpak van de diffuse verontreiniging en de sanering van vervuilde waterbodems. Bij de ontwikkeling van de fysieke structuren van de regionale watersystemen en in waterakkoorden wordt aandacht gegeven aan het vergroten van de trek- en paaimogelijkheden van vis. In de grote rivieren ligt het accent op behoud, herstel en ontwikkeling van de natuur. De natuurstreefbeelden (zoals de aanwezigheid van zalm in de Rijn en Maas in 2000) blijven van kracht.

Het Beleidsbesluit Binnenvisserij (1999) geeft een aantal toekomstvisies voor 2010 als uitgangspunten voor beleid. Zo streeft men naar een verbetering van de migratiemogelijkheden door een sterke compartimentering. Andere streefbeelden zijn de grotere verscheidenheid van leefomgevingen beoogd en een toename van de biodiversiteit. De toekomstvisies behelzen ook dat diverse (eerst verdwenen) vissoorten terugkeren en bedreigde vissoorten voldoende herstellen om zichzelf in stand te kunnen houden. Aan de waterbeheerders wordt expliciet gevraagd om zich voor het behoud en de ontwikkeling van de visstand meer in te zetten.

LNV heeft in 2000 ter verdere bescherming van trekvis-

(zalm en zeeforel) de volgende beleidsmaatregelen ingevoerd:

- De invoering van gesloten tijd voor zalm en zeeforel gedurende het gehele jaar in alle binnenwateren, kustwateren en het zeegebied binnen de 12 mijlszone.
- De beëindiging van het uitgeven van nieuwe visrechten en het herverhuren van vrijkomende rechten binnen een straal van 300 meter van sluizen, stuwen, vispassages en nevengeulen in trekroutes.
- Het inschakelen van visstandbeheerders.
- Een vijfjaarlijkse evaluatie van de aanvullende beschermingsmaatregelen en het eventueel overwegen van extra maatregelen.

Het LNV-natuurbeleidsplan 'Natuur voor Mensen en Mensen voor Natuur' (2000) wil de realisatie van de EHS met kracht voortzetten. In deze Nota wordt ook ingezet op kwaliteitsverbetering van de EHS. Het voornemen is dat in 2020 door het opheffen van fysieke barrières de migratiemogelijkheden binnen en tussen eenheden natuur zijn veiliggesteld. Om eenheden natuur te vergroten en met elkaar te verbinden wordt een oppervlak van circa 27.000 hectare aangewend. De verbindingen met het oog op het herstel van de vismigratie zijn de 'Natte As' (Lauwersmeergebied en Eems-Duitsland tot Biesbosch en Zeeuwse Delta), de rivieren en de Delta (in samenhang met maatregelen ter vergroting van de veiligheid). De 'natte' (aan water gebonden) EHS krijgt hiermee beduidend beter vorm.

Zoet-zoutovergangen

Voor veel zoet-zoutovergangen zijn de afgelopen jaren passages of verbindingen gerealiseerd. Voor andere zoet-zoutovergangen liggen de plannen klaar. De aanleiding hiervoor ligt in landelijke Nota's zoals de Derde Nota Waterhuishouding (1988) en Vierde Nota Waterhuishouding (1997), de EvaluatieNota Water (1994) en de invulling van de (provinciale) EHS.

De Vierde Nota Waterhuishouding streeft voor de zuidelijke Delta naar meer natuurlijke zoet-zoutovergangen. Voor het beheer van de Haringvlietssluisen in 2008 is besloten om deze stapsgewijs te openen volgens de 'Getemd Getij'-variant, op basis van de in de MER aangedragen informatie. De sluizen worden hierbij op een 'kier' gezet, zodat een geleidelijke zoet-zoutovergang ontstaat en de vismigratie wordt bevorderd. Dit is een eerste stap op weg naar het ecologisch herstel van het mondingsgebied van de Rijn en Maas. Een ander actiepoint van de Vierde Nota Waterhuishouding is een verkenning van de mogelijkheden van een brakwaterzone langs de Afsluitdijk. Op dit moment vinden studies plaats naar een aangepast spuibeheer bij Den Oever en Kornwerderzand. In de Derde Kustnota (2000) is

het onderwerp kustveiligheid nader uitgewerkt, waarbij ook aandacht is gegeven aan andere functies, waaronder vismigratie. Om alle kennis en ervaring met betrekking tot zoet-zoutovergangen te bundelen hebben RIZA en RIKZ eind 2001 een landelijk platform zoet-zoutovergangen opgericht. De vispassages langs de kust dienen voor de migratie van vissoorten zoals paling en driedoornige stekelbaarzen vanuit zee naar de binnenwateren. De passages naar grotere watersystemen zoals bij het Haringvliet en de Afsluitdijk richten zich op de intrek van zalm, zeeforel en prikken. De stroomafwaartse migratie blijft hierbij buiten beschouwing. De belangstelling voor de steur als doelsoort neemt toe. Dit is onder meer het resultaat van een studie naar de terugkeer van de Atlantische steur in de Rijn door het WNF. In het Beheersplan Nat van Rijkswaterstaat directie Zuid-Holland (1997) is voor de benedenrivieren de steur opgenomen als doelsoort in de natuurstreefbeelden voor 2020. Ook bij het onderzoek naar de mogelijkheden van een brakwaterzone langs de Afsluitdijk is de steur een doelsoort. In 2001 is door de OVB een workshop georganiseerd waarbij de terugkeer van de steur in het Rijnsysteem centraal stond.

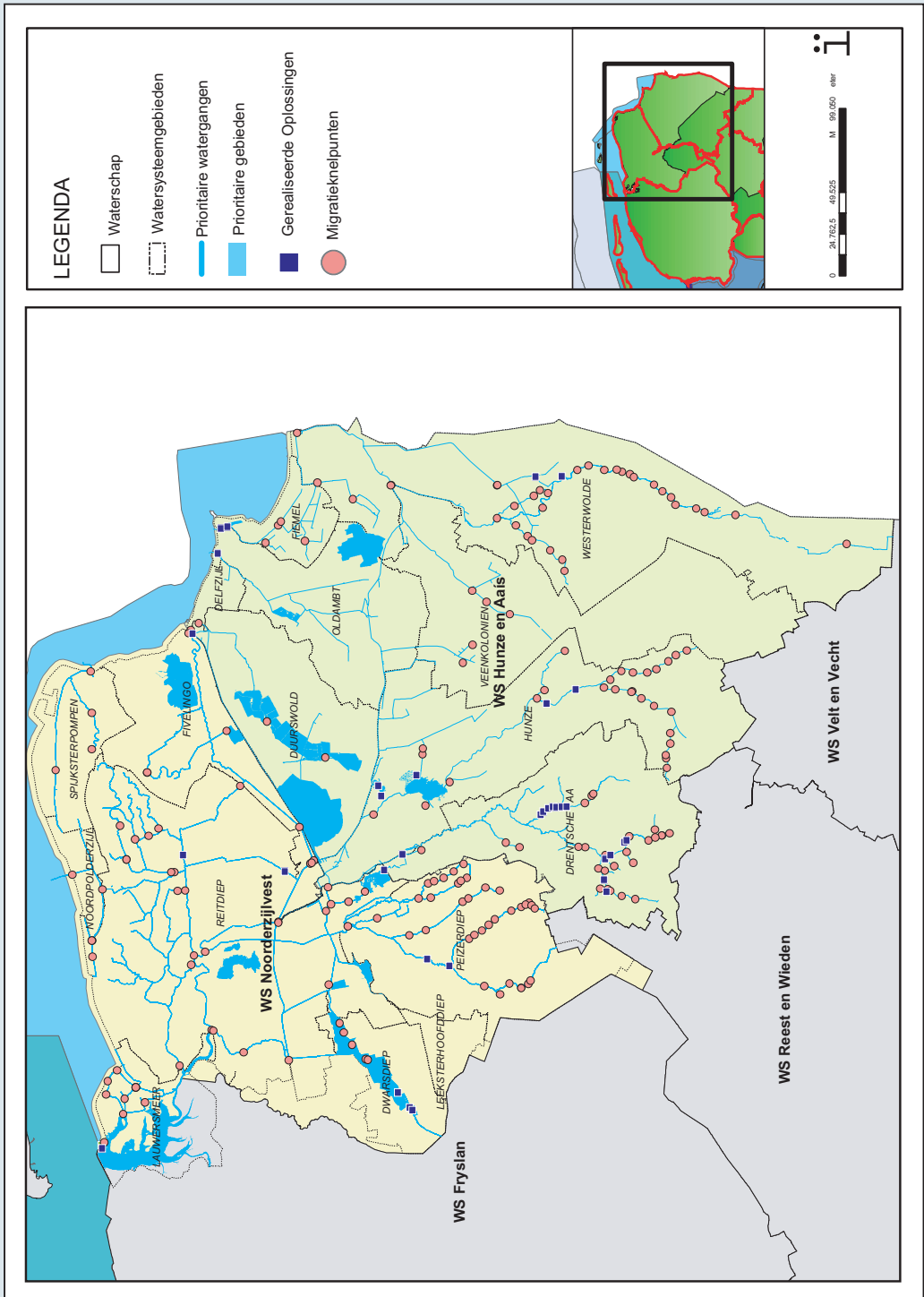
Regionaal beleid

In de praktijk zorgen overheden gezamenlijk voor de ontwikkeling en uitvoering van beleid. Daarbij stuurt de rijksoverheid op hoofdlijnen en zijn andere overheden verantwoordelijk voor de concrete invulling en uitvoering van het beleid. Voor wat betreft het integraal waterbeheer wordt het rijksbeleid veelal geconcretiseerd in provinciale waterhuishoudingsplannen. Deze plannen vormen weer de basis voor de regionale waterbeheerders (waterschappen en zuiveringschappen) om integrale beheerplannen te maken. In de beheerplannen is het beleid het meest concreet uitgewerkt.

In de loop der jaren is het oplossen van vismigratieknelpunten een reguliere taak geworden van de regionale waterbeheerders. Deze taak wordt echter bij de diverse waterbeheerders verschillend ingevuld. In pleistoceen Nederland zijn bij het opheffen van vismigratieknelpunten aanzienlijke vorderingen gemaakt; in holoceen Nederland is dit veel minder het geval. Dit is overigens niet verwonderlijk. Pleistoceen Nederland heeft veel stromende wateren met beek- en rivierdissen die een duidelijk trekgedrag vertonen. De migratieproblematiek springt hier meer in het oog. Bovendien hebben stromende wateren een min of meer continu debiet dat kan worden ingezet om een vispassage te laten functioneren. Nut, noodzaak en technische haalbaarheid zijn eenduidiger, waardoor in pleistoceen Nederland een groter bestuurlijk draagvlak voor investeringen bestaat.

Diverse waterschappen, met name in het oosten en zuiden van het land, hebben de laatste jaren vismigratieplannen ontwikkeld met een looptijd van 10 tot 20 jaar. In deze plannen zijn de belangrijke knelpunten geïnventariseerd en schema's gemaakt voor de aanleg van vismigratievoorzieningen. Een andere ontwikkeling is dat visrecht-hebbenden (vooral de sport- en beroepsvisserij) steeds meer initiatieven ontplooiën om de vismigratieproblematiek planmatig op stroomgebiedsniveau aan te pakken in samenwerking met provincie, waterschappen en terreinbeherende organisaties. Voorbeelden zijn de Stimuleringsnota Vismigratie in Noord-Holland (VIN-project) (1999) en het plan van aanpak voor de vismigratie

in Groningen en Drenthe. Voorts is de OVB momenteel bezig met de verwezenlijking van het VismigratieGIS. Dit geografisch informatiesysteem biedt beschrijvingen van de vismigratieknelpunten in de belangrijke waterlopen. Ook zijn gegevens beschikbaar over de fasering van het opheffen van deze knelpunten en de inmiddels gerealiseerde vispassages in Nederland. Inmiddels is van dit systeem een (desktop)-pilotversie beschikbaar voor de provincies Groningen en Drenthe. In 2005 zal een landelijke versie via het internet bereikbaar zijn.



Figuur A9 De prioritaire waterlopen en gebieden met daarin de vismigratieknelpunten in het beheergebied van waterschap Hunze en Aa's en waterschap Noorderzijlvest. (NI)

Aanbevolen literatuur



1. Sleutelpublicaties

- Beach, M.H., 1984. Fish pass design-criteria for the design and approval of fish passes and other structures to facilitate the passage of migratory fish in rivers. Fisheries Research Technical Report., no. 78. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Lowestoft. 46 pp.
- Bell, M.C., 1986. Fisheries handbook of engineering requirements and biological criteria. Army Corps of Engineers AD/A167 877. Portland OR. 290 pp.
- Clay, C.H., 1995. Design of fishways and other fish facilities. CRC Press, Inc., Florida. Second edition, 248 pp.
- Cowx, I.G. & Welcomme, R., 1998. Rehabilitation of Rivers for Fish. Oxford: Fishing News Books. 260 pp.
- Jansen, S.A.W. & Kwaadsteniet, P.I.M., de, 2000 [Redaktie]. Themadag: vismigratie boven water. OVB Onderzoek Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Tauw Civiel en Bouw bv. Nieuwegein. 65 pp.
- Jens, G., 1982. Der Bau von fischwegen. Fischtreppe, Aalleiturn und Fischschleusen. Verlag Paul Parey, Hamburg & Berlin, 96 pp.
- Jungwirth, M., Schmutz, S. & Weiss, S., 1998 [Editors]. Fish migration and fish bypasses. Fishing News Books, Oxford: Blackwell Science Ltd. Publisher. 438 pp.
- Gebler, R.J., 1991. Sohlrampen und Fischaufstiegen. Ingenieurbüro Wasserbau und Umwelt Dr. Ing. Rolf-Jürgen Gebler, Walzbachtal, Karlsruhe. 145 pp.
- Komura, S. [Editor], 1990. Proceedings of the International Symposium on Fishways '90, Gifu, Japan. Oktober 8-10-1990. Publications Committee of the International Symposium on Fishways '90 in Gifu, Japan 529 pp.
- Larinier, M., Travade, F. & Porcher, J.P., 2002. Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. Bulletin France de la Pêche et de la Pisciculture., 364 suppl., 208 pp.
- Lucas, M.C. & Baras, E., 2001. Migration of Freshwater Fishes. Blackwell Science Ltd, Oxford, 420 pp.
- Marmulla, G., 2002. Fishpasses: Design, dimensions and monitoring. Published by the FAO in arrangement with DVWK. Rome.
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Water, Instituut voor Natuurbehoud en Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer, 2003. Studiedag 'Vismigratie en visdoorgangen in Vlaanderen: naar herstel van een vrije migratie van vissen in onze wateren'.
- Pavlov, D.S., 1989. Structures assisting the migrations of non-salmonid fish. FAO Food and Agriculture Organization. Rome, 97 pp. Fisheries Technical Paper; 308.
- Raat, A.J.P., 1994 [Redaktie]. Vismigratie, visgeleiding en vispassages in Nederland. Lezingen en posterpresentaties van de Studiedag Vismigratie, Jaarbeurs Utrecht 15 december 1993. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. 279 pp.
- Riemersma, P., 1990. Vispas: Passeerbaarheid van kunstwerken. Deelrapport 1 van de Literatuurstudie Vispassages : Een literatuurstudie verricht in het kader van het project "Ecologisch herstel van de zalm en zeeforel in het stroomgebied van de Rijn". Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. OVB-onderzoeksrapport Sa/OVB 1990-01, 56 pp.
- Riemersma, P & Quak, J., 1991. Vismigratie en de aanleg van visoptrek-voorzieningen. Deelrapport 2 van de Literatuurstudie Vispassages : Een literatuurstudie verricht in het kader van het project "Ecologisch herstel van de zalm en zeeforel in het stroomgebied van de Rijn". Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. OVB-onderzoeksrapport Sa/OVB 1991-1, 103 pp.
- Riemersma, P., 2000. Vismigratie in Noord-Holland. Technische Nota. Organisatie ter verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein, 106 pp + bijlagen.
- Vivash, R. & Murphy, D., 1999. Manual of river restoration techniques. The River Restoration Centre (RRC), Silsoe; Edition 1 1999, Edited by Janes, M., Holmes, N. & Haycock, N.

2. Overige uitgaven naar categorie ingedeeld

Vis en vismigratie

- Coeck J., Collazo S., Meire P. en Verheyen R., 2000. Herinproductie en herstel van kopvoornpopulaties in het Vlaamse Gewest. Instituut voor natuurbehoud, Universiteit Antwerpen; rapport IN 2000.15, 176 pp.
- Dijkstra, M., Laak, G.A.J., de, Moquette, F. & Vriese, F.T., 2003. Samen tegen de stroom in. Herstel van de zalm in Rijn en Maas, 2003. NVVS Nederlandse Vereniging van Sportvissersfederaties, OVB Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nutreco, Nieuwegein. 92 pp.
- Dumortier M, De Bruyn L, Peymen J, Schneiders A, Van Daele T, Weyembergh G, van Straaten D & Kuijken E, 2003. Natuurrapport 2003. Toestand van de natuur in Vlaanderen: cijfers voor het beleid. Mededelingen van het Instituut voor Natuurbehoud nr. 21, Brussel.
- EC-LNV, 2000. Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren. Deel 2, Beken; Achtergronddocument bij het "Handboek Natuurdoeltypen in Nederland". Alterra, afdeling Ecologie & Milieu. Wageningen. EC-LNV 128pp. Rapport EC-LNV, Aquatisch supplement; AS-02.
- Helmer, W., Litjens, G., Overmars, W., Barneveld, H., Klink, A., Sterenburg, H., Janssen, B. & van Campen, M., 1993. Levende rivieren. Studie in opdracht van het Wereld Natuur Fonds, Zeist. 28 pp.
- Huet, M., 1962. Influence du courant sur la distribution des poissons dans les eaux courantes. Revue suisse d'hydrologie, 14 (2), 412-432.
- Nie, H.W., de, 1996. Atlas van de Nederlandse zoetwater-vissen. Media Publishing, Doetinchem, 115 pp.
- Ommering, G. van, Walter, J. & Poorter, E.P.R., 1994. Soortbeschermingsplan Iepelaar. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Den Haag. 97 pp.
- Ovidio M. 1999. Cycle annuel d'activité de la truite commune (*Salmo trutta* L.) adulte: étude par radio-pistage dans un cours d'eau de l'ardenne belge. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 352: 1-18.
- Raat, A.J.P., 1992. Visbiologische en visserijtechnische aspecten van het herstel van salmoniden in de stroomgebieden van Rijn en Maas. OVB Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. OVB-Onderzoeksrapport 1992-13.
- Schneiders, A., Wils, C., Peymen, J & Verheyen, R.F., 1995. Onderzoek naar de verspreiding en de typologie van ecologisch waardevolle waterlopen in het Vlaamse gewest. Finalisering. Kaarten. Rapport Universitaire Instelling Antwerpen i.o.v. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Water.
- Vandelannoote, A., Yseboodt, R., Bruylants, B., Verheyen, R., Coeck, J., Maes, J., Belpaire, C., Van Thuyne, G., Denayer, B., Beyens, J., De Charleroy, D. & Vandenabeele, P., 1998. Atlas van de Vlaamse Beek- en riviervisserij. WEL v.z.w., Wijnegem 303 pp.
- Verdonschot, P.F.M., 1992. Beken en beekdalen in Nederland; ecologische referenties en natuurdoeltypen. De toekomst van beekdalen. Stichting Natuur en Milieu, Ede.
- Verdonschot, P.F.M., 1995 [Redactie]. Beken Stromen. Leidraad voor ecologisch beekherstel. STOWA Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer/WEW Werkgroep Ecologisch Waterbeheer, Utrecht 180 pp.

Problematiek

Buijse, A.D., F.T. Vriese & H.V. Winter, in druk. Verkenning knelpunten vismigratie. RIZA-notanr xx.xx. Lelystad.

Hoe "groen" is hydro-elektriciteit? Nota betreffende de ecologische effecten van de productie van hydro-elektriciteit op waterlopen in het Vlaamse Gewest. Adviesrapport Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer en Instituut voor Natuurbehoud : IBW.Wb.V.Adv.2000.68 & IN.R.2000.1 (IN.A.2000.28).

Cazemier, W.G., 1990. Perspectieven van onderzoek naar de invloed van intrekbarrières langs de kust, op de migratie van anadrome vissoorten, vooral toegespitst op de Haringvlietsluizen. RIVO DLO Rijksinstituut voor Visserijonderzoek Dienst Landbouwkundig Onderzoek. IJmuiden. 19 pp. RIVO-Rapport; 89-02.

Dekker, W. & van Willigen, J.A., 2000. De Glasaal heeft het tij niet meer mee! RIVO-Nederlands Instituut voor Visserijonderzoek, IJmuiden. RIVO-Rapport C055/00.

Geraerts C., 2002. Evaluatie van vismigratiemogelijkheden doorheen een aantal duikers en sifons op waterlopen in het Vlaamse Gewest. Licentiaatsverhandeling Katholieke Universiteit Leuven.

- Germonpré E., Denayer B., Belpaire C. & Ollevier F., 1994. Inventarisatie van pompgemalen in het Vlaamse Gewest en preliminair onderzoek naar de schade van diverse pomptypes op vissen na gedwongen blootstelling. Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer, IBW.Wb.V.R.94.21, 68 pp. + Bijlagen.
- Haas, A.W. de, 1990. Inventarisatie van en verbeteringsplanning voor de fysieke belemmeringen voor de migratie van vis op de grote Nederlandse rivieren. RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling. Lelystad. 31 pp. RIZA nota; 90.028.
- Kemper, J.H., 1997. Onderzoek naar der passeerbaarheid van sifons. Organisatie ter verbetering van de Binnenvisserij. 31pp OVB-Onderzoeksrapport 1997-18.
- Knaepkens, G., Verheyen, E., Galbusera, P. & Eens, M., 2004. The use of genetic tools for the evaluation of a potential migration barrier for the bullhead. *Journal of Fish Biology*, 2004. Volume 64 (Nr. 6), p 1737-1774.
- Kraats, J.A. [editor], 1994. Rehabilitation of the river Rhine. Proceedings of the International Conference on Rehabilitation of the River Rhine 15-19 March 1993 Arnhem. IAWQ Waterscience & Technology. Vol. 29. Nr. 3. 1994. 394 pp.
- Kristensen, J. & Summers, S.A., 1981. Fish populations in the Peace-Athabasca Delta and the effects of water control structures on fish movements : Data. Department of Fisheries and the Environment. Winnipeg, MB. IV + 216 pp. Data Report; 61.
- Larinier, M., 2000. Dams and fish migration. Contributing paper to the World Commission on Dams, 26 pp.
- Leeuw, C.C., de, & Backx, J.J.G.M., 2001. Naar een herstel van estuariene gradiënten in Nederland. Een literatuurstudie naar de algemene ecologische principes van estuariene gradiënten, ten behoeve van herstelmaatregelen langs de Nederlandse kust. RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, RIKZ Rijksinstituut voor Kust en Zee. Lelystad. 167 pp. RIZA Rapport/RIKZ Rapport 2000.034.
- Legault, A., 1989. Gestion des barrages estuariens et migration d'anguilles. In: Eifac Communication Working Group on Eel, Porto, 10 pp.
- Lindeboom, R., 1990. Migratiemogelijkheden en leefomstandigheden van vis in de Rijkskanalen. RWS Directie Noord Nederland, Assen. 35 pp.
- Monden S., Van Liefvering C., Vandenauweele I., Simoens I., Beyens J., Denayer B., Yseboodt R., Meire P. & De Charleroy D. Databank vismigratieknelpunten op prioritaire waterlopen in het Vlaamse Gewest. IBW-UIA databank, www.vismigratie.be.
- Ovidio M. & Philippart J.C. 2002. The impact of small physical obstacles on upstream movements of six species of fish. Synthesis of a five years telemetry study in the River Meuse Basin. *Hydrobiologia*, 483: 55-69.
- Paalvast, P., Iedema, W., Ohm, M. & Posthoorn, R., 1998. MER Beheer Haringvlietssluisen. Over de grens van zoet en zout. Deelrapport ecologie en landschap. RIZA 98.051. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA, Lelystad. 132 pp.
- Parren, P. & De Charleroy, D., 2003. Visstandsonderzoek en studie naar vismigratie doorheen de sluisen op het kanaal Leuven-Dijle. Studie in opdracht van de Provinciale Visserijcommissie van Vlaams-Brabant. Ontwerp Eindrapport Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer IBW.Wb.V.R. 2003.
- Powers, P.D. & Osborn, J.F., 1985. Analysis of barriers to upstream fish migration: An investigation of the physical and biological conditions affecting fish passage success at culverts and waterfalls. Final report. Washington State University. Pullman, WA. 120 pp. New concepts in fishladder design; part 4.
- Riemersma, P. & Kroes, M.J., 2004. Van Wad tot Aa; visie vismigratie. Groningen - Noord-Drenthe. In opdracht van Hengelsportfederatie Groningen-Drenthe, waterschap Hunze & Aa's en waterschap Noorderzijlvest. Grontmij, Drachten/OVB, Nieuwegein.
- RWS, 2001. Waterkrachtcentrales en vismigratie in de Maas. RWS Directie Limburg Rijkswaterstaat, Maastricht. 34 pp.
- Schulte-Wülver, A. & Froehlich-Schmitt, B., 1999. Lachs 2000: ist der Rhein wieder ein Fluss für Lachse? Internationale Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR). – Koblenz. 63 pp.
- Viaene, P., De Charleroy, D., Verbiest, H. & Vandenaabeele, P., 1999. Onderzoek van enkele specifieke knelpunten voor vismigratie. Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer, IBW.WB.V.R.99.68.
- Voorn, P.J.J.J., 1996. Uitwerking beleid vismigratie. Waterschap De Dommel, Boxtel. 47 pp.

Vriese, F.T. & Haddingh, R.H., 1998. Vismigratie en visleiding in relatie tot de E.C.I. centrale te Roermond. Deelrapport 1: fase I en II.a. OVB Onderzoek Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Waterschap Roer en Overmaas. Nieuwegein. 118 pp. OVB-Onderzoeksrapport; OND00057.

Beleid en vismigratie

Beschikking van het Comité van ministers van de Benelux Economische Unie inzake de vrije migratie van vissoorten in de hydrografische stroomgebieden van de Beneluxlanden van 26 april 1996 M (96) 5.

EU, juni 1979. Verdrag van Bonn inzake de bescherming van trekkende wilde diersoorten van 23 juni 1979 en bekrachtigd door de wet van 27 april 1990 houdende goedkeuring van het Verdrag inzake de bescherming van trekkende wilde diersoorten, en van de bijlagen I en II, opgemaakt te Bonn op 23 juni 1979

Verdrag van Bern inzake het behoud van wilde dieren en planten en hun natuurlijk leefmilieu in Europa van 19 september 1979 en bekrachtigd door de wet van 20 april 1990 houdende goedkeuring van het Verdrag inzake het behoud van wilde dieren en planten en hun natuurlijk milieu in Europa en van de bijlagen I, II, III en IV, opgemaakt te Bern op 19 september 1979

Besluit 82/72/EEG van de Raad van 3 december 1981 betreffende de sluiting van het Verdrag inzake het behoud van wilde dieren en planten en hun natuurlijk milieu in Europa

Besluit 82/461/EEG van de Raad van 24 juni 1982 betreffende de sluiting van het Verdrag inzake de bescherming van trekkende wilde diersoorten

Richtlijn 92/43/EEG van de Raad van de Europese Gemeenschappen inzake de instandhouding van de natuurlijke habitatten en de wilde flora en fauna van 21 mei 1992

Richtlijn 2000/60/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 oktober 2000 tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid

LNV, 1992. Zalm terug in onze rivieren: De verbetering van de vismigratie in de Rijn, de Maas en de Overijsselse Vecht. Brochure uitgegeven door de ministeries van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij en Verkeer en Waterstaat. (Nederland). 27 p.

Ministeries van Landbouw, Natuurbeheer & Verkeer en Waterstaat. (Nederland): LNV, 1991

Zalm terug in onze rivieren: De verbetering van de vismigratie in de Rijn, de Maas en de Overijsselse Vecht. Brochure uitgegeven door de. 27 p.

Monden S., De Charleroy D., Coeck J., Van Liefveringe C., Verbiest H., Janssens L., Van Craen L. en Vandenabeele P., 2001. Voorstel tot implementatie van de Benelux Beschikking inzake vismigratie in het Vlaamse beleid (versie 2, 2 maart 2001). Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer, IBW.Wb.VR.2000.83; Instituut voor Natuurbehoud, IN.R.2000.8, 19pp.

Vlaams Gewest, 2001. Samenwerkingsovereenkomst 2002-2004 tussen het Vlaams Gewest en de gemeenten en de provincies, december 2001 Milieu als opstap naar een duurzame ontwikkeling

Vlaams Gewest, 2002. Milieubeleidsplan 2003-2007, Brussel

Vlaamse Regering, 1997. Decreet van de Vlaamse regering betreffende het natuurbehoud en het natuurlijk milieu van 21 oktober 1997

Vlaamse Regering, 2002. Besluit van de Vlaamse Regering van 18 januari 2002 houdende het toekennen van een gewestbijdrage aan Polders en Wateringen, verenigingen van polders of verenigingen van wateringen voor het uitvoeren van bepaalde waterhuishoudkundige werken en tot vastlegging van de procedure inzake subsidiëring van deze werken

Vlaamse Regering 2003, Decreet van de Vlaamse Regering betreffende het integraal waterbeleid van 18 juli 2003

Zwemsnelheid, migratiegedrag en paaiperiode

Ali, M.A. [editor], 1992. Rhythms in fishes. NATO ASI series A Life sciences vol. 236. Plenum Press, New York.

Beamish, F.W.H., 1978. Swimming capacity. In: W.S. Hoar & D.J. Randall [editors]. Fish Physiology, Vol. VII: Locomotion. New York; London: Academic Press, pp 101-189.

Brannon, E.L. & E.D. Salo, 1982 [Editors]. Proceedings of the salmon and trout migratory behaviour symposium; June 3-5, 1981. First international symposium. University of Washington. Seattle, WA. 309 pp.

- Brummelen, T.C.V., 1990. Chemicals affecting the spawning migration of anadromous fish by causing avoidance responses or oriental disability, with special reference to concentrations in the River Rhine. RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene, RIVO DLO Rijksinstituut voor Visserijonderzoek Dienst Landbouwkundig Onderzoek. Lelystad. Publikaties en Rapporten van het Projekt "EHR"; 17-1989.
- Clough, S.C. & Turnpenny, A.W.H., 2001. Swimming speeds in fish. Phase 1. R&D Environment Agency, Technical report W2-026/TR1. 94 pp.
- Hasler, A.D. & A.T. Scholz, 1983. Olfactory imprinting and homing in salmon. Springer, Berlin, Heidelberg, New York. 134 pp.
- Lanzing, W.J.R., 1959. Studies on the river Lamprey, *Lampetra fluviatilis*, during its anadromous migration. Utrecht : RUU. 82 pp. Proefschrift Utrecht.
- McDowall, R.M., 1988. Diadromy in Fishes: Migrations Between Freshwater and Marine Environments. London: Croom-Helm. 308 pp.
- Mc Cleave, J.D., Arnold, G.P. & Dodson, J.J., 1984 [Editors]. Mechanisms of migration in fishes. New York (etc.). Plenum Press.
- Smith, R.J.F., 1985. The control of fish migration. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, Springer Verlag.
- Videler, J.J., 1993. Fish swimming. Chapman & Hall, Londen, Glasgow, New York, Tokyo, Melbourne, Madras.
- Type oplossing en ontwerp**
- Akkerman, G.J., M. van der Wal & S.A.H. van Schijndel, 1998. Samengestelde overlaten, vispassages Driel, Amerongen en Hagestein. In opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie Oost-Nederland. WL/Delft Hydraulics, Delft. 53 pp.
- Bates, K. & Whiley, T., 2000. Fishway guidelines for Washington State. Washington Department of Fish and Wildlife. Draft 4/25/00.
- Boer, W.F., de, 2001. Verbetering van vismigratie door de Afsluitdijk: wat wil de vis? Werkdocument RIKZ/AB; 2001.605X. RIKZ Rijksinstituut voor Kust en Zee, Verkeer en Waterstaat, Lelystad. 91pp.
- Boiten, W., 1989. De V-vormige vistrap: optimalisatie van het hydraulisch ontwerp. Modelonderzoek Q930. Waterloorkundig Laboratorium (WL), Delft. 24 pp.
- Boiten, W., 1990. Afvoerrelatie V-vormige vistrap. Landbouwniversiteit Wageningen, Vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica, Wageningen. 37pp.
- Boiten, W., & Dommerholt, A., in druk. De aangepaste De Wit vispassage. Wageningen Universiteit, Sectie Waterhuishouding.
- Bos, M.G., 1989. 'Discharge measurement structures'. ILRI Publication 20, Wageningen.
- Burgdorffer, M., 1991. De locatie van de vistrapmonding bij de stuw te Hagestein: het effect van stroomsnelheid en turbulentie.
- Werkdocument 91.086X. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling. RWS, RIZA, Arnhem. 44 pp.
- Buringa, R., Djajapermana, G., Loots, J., Loots, M & Visser, K.J., 2003. De overtreffende trap: Een beoordelingsmodel voor de keuze van vistrappen. Afstudeerscriptie: Opleiding Civiele Techniek Hanzehogeschool Groningen.
- Claus, K. & Janssens, L., 1994. Vademecuum natuurtechniek. Inrichting en beheer van waterlopen. Ministerie van de Vlaamse gemeenschap, Departement LIN, werkgroep NTMB, Brussel.
- Coeck, J., Vandellannoote, A. & Yseboodt, R., 1991. Rapport INA.91.50 Maart 1991. Visdoorgangen voor laaglandbeken. Werking, bouw en evaluatie. Instituut voor natuurbehoud.
- Dane, B.G., 1978. A review and resolution of fish passage problems at culvert sites in British Columbia. Technical Report; 810. Department of Fisheries and the Environment. 4rth ed. Vancouver: Dept. Fisheries and Environment, 1983. 1rst ed. 1978. 126 pp.

- Dane, B.G., 1978. Culvert guidelines : recommendations for the design and installation of culverts in British Columbia to avoid conflict with anadromous fish. Technical Report; 811. Department of Fisheries and the Environment. 4th ed. Vancouver: Dept. Fish. Oceans, 1981. 1st ed. 1978. 57 pp.
- Ekelboom, H. & Wintermans, G., 1997. Handleiding Hevel-vispassage. WEB-rapport nr. 97-02. Wintermans Ecologen Bureau, Texel.
- Haas, A.W., 1989. Vispassages Nederrijn-Lek. Werkdocument ; 89.005 X. Arnhem, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Dienst Binnenwateren/RIZA. 6 pp.
- Kamula, R., 2001. Flow over weirs with application to fish passage facilities. Department of Process and Environmental engineering. University of Oulu, Finland, 90pp + app.
- Kemper, J.H., 1990. Hevel-vispassage ten behoeve van migratie van driedoornige stekelbaars en voedselvoorziening van lepelaars. Technische beschrijving & handleiding voor onderhoud. 13 pp.
- Knights, B. & White, E., 1994. A review of eel passes. Oviedo. In: EIFAC/FAO working party on Eels, Spain 1994, 7 pp.
- D.J. Solomon & M.H. Beach. R&D, 2003. Fish Pass Design for Eel and Elver (*Anguilla anguilla*). Technical Report W2-070/TR1. Environment Agency.
- Klein Breteler, J.G.P., 1994. Intrekmogelijkheden voor glasaal in Zeeuwse wateren. OVB-Onderzoeksrapport; 1994-06., Provincie Zeeland/Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. 43pp.
- Klein Breteler, J.G.P., 1995. Een advies over mogelijkheden en wenselijkheden van vismigratie in het Twenthekanaal. OVB-Onderzoeksrapport; 1995-18. RWS Directie Oost Nederland Rijkswaterstaat/ Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. 25 pp.
- Kroes, M.J. & Vriese, F.T., 2001. Vismigratievoorzieningen in de Oude IJssel. OVB-Onderzoeksrapport; OND00122. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Waterschap Rijn en IJssel. Nieuwegein. 60 pp.
- Kroes, M.J., Vriese, F.T. & Muyres, W.J.M., 2003. Optimalisering lokstroom en stroomopwaartse visgeleiding bij de E.C.I. centrale Roermond. OVB-Onderzoeksrapport; 00159. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. 23 pp.
- Kroes, M.J. & Vriese, F.T., 2001. Nieuwe kansen voor vis om de Haringvlietsluizen te passeren: De Haringvlietsluizen op een kier. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. 24 pp.
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 2000. Anlagen zur Herstellung der Durchgängigkeit von Fliessgewässern; Rauhe Rampen und Verbindungsgewässern. Karlsruhe. 192 pp.
- Lauman, J.E., 1976. Salmonid passage at stream-road crossings: A report with department standards for passage of salmonids. Oregon Department of Fish and Wildlife. Portland, OR. 78 pp.
- Mallen-Cooper, M., 1994. Fishways in Australia; Past Problems, Present successes and Future Opportunities. Ancold Bulletin, 93, 22-33.
- Meersschaut, Y., van, Verbiest, H. & De Charleroy, D., 1998. Ontwerp van vistrappen en nevengeulen als vispassages voor de stuwen te Asper, Oudenaarde en Kerkhove. Deel 1 tekst en tabellen en deel II : figuren. Ministerie van de Vlaamse gemeenschap, Departement leefmilieu en Infrastructuur, Administratie Waterwegen en Zeewezen - Afdeling Bovenschede. Rapport Waterbouwkundig Laboratorium ism Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer.
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, departement LIN, AMINAL, afdeling water, 2000. Typebestek natuurvriendelijke oevers. Concepten en bestekbepalingen voor de onbevaarbare waterlopen.
- Molen, P. van der, 1998 [Redactie]. Stuweiland Driel: inrichtingsplan. RIZA rapport 98.039. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling. Lelystad. 43 pp.
- Moore, K., Furniss, K., Firor, S. & Love, M., 1999. Fish passage through culverts. Stream crossing annotated bibliography. Six rivers National Forest Watershed Interactions Team. KM/MF/SF/ML. 37 pp.
- Naudin-Ten Cate, R., Tjoetink, T., & Wentink, M., 2000 [Redactie]. Cultuurtechnisch Vademecum. Handboek voor inrichting van land, water en milieu. Elsevier bedrijfsinformatie bv, Doetinchem. 1090 pp.
- NMFS, 2000. Guidelines for salmonid passage at stream crossings. Final draft (May 16 2000) of the National Marine Fisheries Service, Southwest region, 12 pp.

- Raat, A.J.P. & Kemper, J.H., 1994. Advies over het optimaliseren van de passage van vis bij spuicomplexen te IJmuiden en Schellingwoude. OVB-Onderzoeksrapport; 1994-27. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, RWS Directie Noord-Holland. Nieuwegein. 34 pp.
- Robison, E.G., Mirati, A & Allen, M., 1999. Oregon road/stream crossing restoration guide. Advanced fish passage training version, Oregon Department of Forestry. 79 pp.
- See, D.R., & van Gennep, D.R.O., 1992. Rapportage lokstroom IJmuiden. RWS Directie Noord-Holland. Haarlem. 23 pp.
- Taken Landschapsplanning BV., 1995. Vispassage Hagestein; Bekkentrap zuidzijde. In opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie Oost-Nederland. Taken Landschapsplanning BV, Roermond. 12 pp.
- Taken Landschapsplanning BV., 1996. Vispassage Amerongen: twee varianten. In opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie Oost-Nederland. Taken Landschapsplanning BV, Roermond. 13 pp.
- Thorncraft, G. & Harris, J.H., 2000. Fish passage and Fishways in New South Wales: A status report. Technical Report No. 1/2000 published by the CRC for Freshwater Ecology.
- Van Liefferinge C., De Weerd, B., Van Rompaey, A., Govers, G., De Smedt, D., Van Poucke, L., Verhoeven, R. & Meire, P., 2002. Onderzoek naar de mogelijkheden, nut en relevantie van hermeandering in verschillende gebieden en voor verschillende waterlooptypen in Vlaanderen. Rapport onderzoeksgroep ecosysteembeheer UIA/2002-10.
- Ven Te Chow, 1959. Open Channel Hydraulics. Mc Graw-Hill Book Company, London.
- Wal, M. van der & Callander, S.J., 1991. Hydraulisch ontwerp vistrap Hagestein: verslag bureaustudie. RWS Directie Gelderland, Waterloopkundig Laboratorium, Delft. 26 pp.
- Wintermans, G.J.M., 1997. Advies voor de aanleg van een vispassage bij het nieuwe gemaal van Termunterzijl. WEB-rapport 97-03. Wintermans Ecologen Bureau, Texel.
- Evaluatie en monitoring**
- Beek, G.C.W. van & J.H. Kemper; 2002. Vismonitoring van de vispassage op het stuweiland Driel. OVB-Onderzoeksrapport 00145. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. 22 pp.
- Belpaire, C., 2002. Monitoring van de glasaalrecrutering in België. Rapportnr. IBW.Wb.V.WR.2002.87. Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer - Wetenschappelijke Instelling van de Vlaamse gemeenschap. 22 pp.
- Bol, R., 1995. Een snuffe zout ...! Verslag van de metingen naar zoutindringing via de Haringvlietsluizen in het kader van de Praktijkproef Visintrek. RIZA-Nota nr. 94.051. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad. 127 pp.
- Buysse D., Vlietinc K., Martens S., Baeyens R., Coeck J. 2002. Onderzoek naar vismigratie in de Ringvaart aan de sluis van Evergem. Rapport van het Instituut voor Natuurbehoud 2003.06, Brussel. 131 pp.
- Buysse D., Coeck J., Martens Seth en Baeyens R., 2003. Eerst evaluatie van 3 vistrappen op de Grote gete te Tienen. Instituut voor Natuurbehoud.
- Cazemier, W.G., 1990. De vismigratie via de bekken-vistrap bij de Maasstuw te Linne. RIVO-Rapport; 90-501. RIVO DLO Rijksinstituut voor Visserijonderzoek Dienst Landbouwkundig Onderzoek, IJmuiden. 20 pp.
- Cazemier, W.G., de Jong, P. & de Jong, H.B.H.J., 1998. De vismigratie via de bekkenvistrap bij de Maasstuw te Sambeek in 1997. RIVO-Rapport C018/98. RIVO DLO Rijksinstituut voor Visserijonderzoek Dienst Landbouwkundig Onderzoek, IJmuiden 17 pp.
- Dijkers, C., Wolters, G. & Jonker, R., 2000. Study on an information system for Salmonid research : feasibility study to the possibilities of a web based information system. Report 00.1562. Aquasense. Amsterdam. 46 pp.
- During, R., 1989. Zalm- en zeeforeltrek via het Noordzeekanaal. TNO-rapport 89/29. TNO Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek. Delft. 48 pp.
- Foqué, D., 2003. Onderzoek naar de invloed van enkele habitatverbeterende maatregelen op de visstand in de Breilooop. Licentiaatsverhandeling Universiteit Antwerpen (UIA).

- Genneep, D.R.O. van, 1992. Vistrek in het Noordzeekanaal: Evaluatie van onderzoek 1988-1992. RWS Directie Noord-Holland, Haarlem (Nederland). 43pp.
- Heermans, M.J. & Stolwijk, H.P.M., 1991. Verslag onderzoek vispassage via bekkenvistrap Vechterweerd in de Overijsselse Vecht in 1991. RIVO DLO Rijksinstituut voor Visserijonderzoek Dienst Landbouwkundig Onderzoek. IJmuiden (Nederland). 9pp. RIVO-Rapport 91-02.
- Jager, Z., 1999. Floundering : Processes of tidal transport and accumulation of larval flounder (*Platycthus flesus* L.) in the Ems-Dollard nursery. Proefschrift: Universiteit van Amsterdam; 192 pp.
- Jansen, S.A.W., J.P.G. Klein Breteler & F.T. Vriese, 1997. Evaluatie vispassages in het beheergebied van waterschap Peel en Maasvallei. OVB-Onderzoeksrapport 1997-25. Deelrapport 1 en 2. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. 51 pp en 52 pp.
- Jong, H.B.H.J. de., 1995. Vismigratie via de bekkenvistrap bij de Maasstuw te Roermond voorjaar 1994. Rivo-Rapport 95.008. RIVO-DLO Rijksinstituut voor Visserijonderzoek Dienst Landbouwkundig Onderzoek, IJmuiden. 17 pp.
- Geeraerts C., 2002. Evaluatie van vismigratiemogelijkheden doorheen een aantal duikers en sifons op waterlopen in het Vlaamse Gewest. Licentiaatsverhandeling Katholieke Universiteit Leuven.
- Kemper, J.H., 1993. Mogelijkheden voor het onderzoek naar vismigratie met sonarapparatuur. OVB-Onderzoeksrapport 1993-24. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. 2 pp.
- Kemper, J.H., 1994. Onderzoek naar de migratie van pelagische vis i.h.b. zeeforel (*Salmo trutta trutta*) met sonar apparatuur bij de spuisluisen in Den Oever. OVB-Onderzoeksrapport 1993-31. RWS Directie IJsselmeergebied/Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. 10 pp.
- Kemper, J.H., 1994. Onderzoek naar de zoetwatermigratie van bot (*Platycthus flesus*) met sonar apparatuur bij de spuisluisen in Den Oever. OVB-Onderzoeksrapport 1993-28. RWS Directie Noord Nederland/Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. 15 pp.
- Kemper, J.H., 1997. Sonar-onderzoek naar visbewegingen, onder invloed van het openstellen van de Haringvlietsluisen in 1997. OVB-Onderzoeksrapport; 1997-07. RWS Directie Zuid-Holland Rijkswaterstaat/Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein: 23 pp.
- Kemper, J.H. & de Laak, G.A.J., 1999. Onderzoek naar de doelmatigheid van vier vispassages in de Regge, 1998. OVB-Onderzoeksrapport 00055. Waterschap Regge en Dinkel/Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. 44 pp.
- Klinge, M., 1993. Fish migration via the shipping lock at the Hagestein barrage: Results of an indicative study. Deventer, Witteveen + Bos Raadgevend Ingenieurs. 4 pp.
- Kroes, M.J. & Kemper, J.H., 2002. Vis-ecologische beoordeling meanders stroomgebied Drentsche Aa. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij. Nieuwegein (Nederland). 44pp. OVB-Onderzoeksrapport 00143.
- Laak, G.A.J. de, Vriese, F.T. & Merx, J.C.A., 1995. Onderzoek naar de doelmatigheid van de vistrap in de Beerze. OVB-Onderzoeksrapport 1995-14. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. 43 pp.
- Laak, G.A.J. de, 2003. Vangen en merken van zeeforel in de Maas, 2000-2003. OVB Onderzoeksrapport OND00189. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. 15 pp.
- Lanters, R.L.P., 1993. De bekkenvistrap Belfeld: Monitoring van de visoptrek en hydraulische waarnemingen in 1993. RIVO-Rapport 93.023. RIVO DLO Rijksinstituut voor Visserijonderzoek Dienst Landbouwkundig Onderzoek, IJmuiden. 36 pp.
- Lanters, R.L.P., 1994. Het belang en de efficiëntie van de vistrap Lith voor zeeforel (*Salmo trutta trutta* L.) en zalm (*Salmo salar* L.) in 1993. RIVO-Rapport 94.002. RIVO DLO Rijksinstituut voor Visserijonderzoek Dienst Landbouwkundig Onderzoek. IJmuiden. 32 pp.
- Lanters, R.L.P., 1995. Vismigratie door de bekkenvistrappen Lith en Belfeld in de Maas. Publikaties en Rapporten van het Project "EHRM" 59-1995. Dienst Landbouwkundig Onderzoek, IKSR Internationale Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigung, LNV GRR Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Groene Ruimte en Recreatie, Witteveen + Bos Raadgevende Ingenieurs, RIVO DLO Rijksinstituut voor Visserijonderzoek, IJmuiden. 50 pp.

- Odeh, M., Noreika, J.F., Haro, A.M., Castro-Santos, T. & Cada, G.F., 2002. Evaluation of the effects of turbulence on the behavior of migratory fish. Report to Bonneville Power Administration. Oak ridge National Laboratory Final Report. 55 pp.
- Pelz, G.H., 1985. Fischbewegungen uber verschiedenartige Fischpasse am Beispiel der Mosel. Frankfurt: Forschungsinst. Senckenberg, 1985 . 190 pp.
- Peletier, H., Meijer, M.-L., Wanningen, H., Borrius, K. & Speelman, B., 2002. De polder Breebaart. De ontwikkelingen in de polder Breebaart, resultaten van de monitoring in 2001. Werkdocument RIKZ/AB/2002.610x. RIKZ Rijksinstituut voor Kust en Zee, Haren. 35 pp.
- Riemersma, P. & de Wit, W.G.J., 1993. Evaluatie vispassage Langbroekerwetering: Onderzoek naar de doortrekmogelijkheden voor vis van een experimentele op waterkracht werkende stuw met onderdoorlaat en vispassagemogelijkheden. Project OVB/BV/KR/93-01: voorjaar 1993., Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden/OVB Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. 46 pp
- Semmekrot, S. & Grimm, M.P., 1997. Onderzoek vispassages: Waterschap Peel en Maasvallei. Witteveen+Bos, Deventer. 46 pp.
- Semmekrot, S., Grimm, M.P. & Klinge, M., 1998. Onderzoek naar de migratie van vis door de vissluis, de schutsluis en het gemaal bij Den Deel. Witteveen + Bos Raadgevende Ingenieurs. Deventer. 39 pp.
- Solomon, D.J., Sambrook, H.T. & Broad, K.J., 1999. Salmon migration and river flow : Results of tracking radio tagged salmon in six rivers in South West England. Research & Development Publication; 4. Environment Agency, Albury, 110 pp
- Vaate, A., bij de & A. Breukelaar, 2001. De migratie van zeeforel in Nederland. RIZA Rapport; 2001.046. RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad. 176 pp.
- Van Beek, G.C.W., 1994. Visintrek via Haringvliet-spuisluizen bij vloedinlaat (onderdeel bij totale rapportage Haringvlietluizenexperiment). Concept. RWS Directie Zuid-Holland Rijkswaterstaat/Bureau Waardenburg bv. Adviseurs voor milieu en ecologie, Culemborg. 13 pp.
- Verbiest, H., De Charleroy, D. & Vanden Auweele, I., 1998. Onderzoek naar de passeerbaarheid van een vispassage op de Velp te Hoeleden. Onderzoeksrapport IBW, nr. IBW.Wb.V.R.98.063. 33 pp + bijlagen.
- Viaene P, Verbiest H., Quataert P., De Charleroy D., 2002. De Evaluatie van een De Wit- vispassage. Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch onderzoek en het Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer, 51 pp.
- Welleman, H.C. & Dekker, W., 1988. Computer simulation of glasseel immigration through the sluices of Den Oever. ICES C.M. 1988/M:14. ICES International Council for the Exploration of the Sea. Copenhagen. 6 pp.
- Wintermans, G.J.M., 2003. Monitoringsverslag vispassage polder Breebaart 2003 (2de jaar beheerssituatie). WEB-rapport 03-04. Wintermans Ecologenbureau, Finsterwolde.

Verantwoording



De basis voor het handboek is gelegd in een algemene studie, die werd uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AMINAL, afdeling Water. De studie werd uitgevoerd door:

- C. van Liefveringhe en P. Meire (Universiteit Antwerpen. Departement Biologie. Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer, België)
- B. Jacobs en D. van Erdegheem (Soresma. Adies- en Ingenieursbureau. Afdeling Waterbeheer en Infrastructuur, België)

en gebeurde in samenwerking met:

- M.J. Kroes, F.T. Vriese en J.H. Kemper (Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nederland)
- S. Monden en K. Martens (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Departement Leefmilieu en Infrastructuur. AMINAL, afdeling Water, België)

De resultaten zijn vastgelegd in een rapport. Het rapport is vervolgens voorgelegd aan een deskundigengroep op het gebied van ontwerp, beheer, aanleg en hydraulica van visdoorgangen en communicatie.

België: Namens AMINAL, afdeling Water

- V. Vens
- G. Vanderwaeren
- F. Raymaekers
- G. Vandereycken
- M. Decat
- F. Van Passel
- P. Thomas

De leden van de werkgroep vismigratie, subwerkgroep van het VIWC:

- H. Vereecken (AWZ, afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch onderzoek)
- N. Devaere (AWZ, afdeling beleid havens, waterwegen en zeewezen)
- M. Goris (vertegenwoordiger van het Vlaams Integraal Water Overlegcomité)
- B. Veraart (Vereniging voor Vlaamse Provincies)
- J. Coeck (Instituut voor Natuurbehoud)
- C. Dankaerts (Dienst voor de Scheepvaart)
- A. Goossens (Vereniging van Vlaamse Polders en Wateringen)
- E. Vogelaers (NV Zeekanaal)
- M. Plouy (Vereniging voor Vlaamse Steden en Gemeenten)
- S. Vrielynck (AMINAL, afdeling Bos en Groen Provinciale Visserijcommissie West-Vlaanderen)
- A. Denayer (AMINAL, afdeling Bos en Groen Provinciale Visserijcommissie Limburg)

- R. Yseboodt (AMINAL, afdeling Bos en Groen Provinciale Visserscommissie Antwerpen)
- P. Seeuws (AMINAL, afdeling Natuur)
- G. Verhaegen (Vlaamse Milieumaatschappij)
- L. Janssens (AMINAL, afdeling Algemeen Milieu- en Natuurbeleid)
- D. de Charleroy (Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer)
- H. de Vuyst (AROHM, afdeling Monumenten en Landschappen)
- D. Vancrayenest (Vereniging van Vlaamse Polders en Wateringen)

Nederland:

- P. van Yperen (Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij)
- P.J.J.J. Voorn (Waterschap de Dommel)
- H. Lansink (Waterschap Regge en Dinkel)
- W. Boiten (Wageningen Universiteit)
- C. Dorst (Bouwdienst RWS)
- A.W. Breukelaar (RIZA)

Bijdragen aan de voorbeelduitwerkingen van:

- M. Burgers (RWS, directie Zuid-Holland)
- P.J.J.J. Voorn (Waterschap de Dommel)
- C. Dorst (Bouwdienst RWS)
- H. Bakker (RWS, directie Limburg)
- G. Butijn (RWS, directie IJsselmeergebied)
- R. Gubbels (Waterschap Roer en Overmaas)
- H. Wanningen (Waterschap Hunze en Aa's)
- G. Wintermans (Wintermans Ecologen Bureau)
- A. van der Straat (Provincie Zeeland)
- J. Samuels (Waterschap Brabantse Delta)

Relevante internetadressen: België

Databank vismigratiekelpunten op prioritaire waterlopen in het Vlaamse Gewest
<http://www.vismigratie.be>

Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid CIW
<http://www.civwlaanderen.be>

AMINAL, afdeling water
<http://www.waterinfo.be>

Administratie Waterwegen en Zeewezen
<http://www.awz.be/>

Administratie Milieu-Natuur-Land en Waterbeheer (AMINAL)
<http://www.mina.be>

AMINAL, afdeling water
<http://www.waterinfo.be>

Vereniging van Vlaamse Provincies
<http://www.vlaamseprovincies.be>

Vereniging van Vlaamse Steden en Gemeenten
<http://www.vvsg.be>

Vereniging van Vlaamse Polders en Wateringen
<http://www.vvpw.be>

Vlaamse Milieumaatschappij
<http://www.vmm.be>

Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer
<http://www.ibw.vlaanderen.be/>
Instituut voor Natuurbehoud
<http://www.instnat.be/>

Waterbouwkundig Labo en Hydrologisch Onderzoek
<http://watlab.lin.vlaanderen.be/>

Wegwijzer naar alle milieuinformatie van overheidsinstanties
<http://www.milieuintfo.be>

Relevante internetadressen: Nederland

OVB. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij.
www.ovb.nl

RIZA. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling.
www.riza.nl

RIVO. Nederlands Instituut voor Vissenijonderzoek.
www.rivo.dlo.nl

RIKZ. Rijksinstituut voor Kust en Zee.
www.rikz.nl

Wageningen Universiteit. Environmental Sciences.
www.wau.nl

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
www.minlnv.nl

Rijkswaterstaat
www.rijkswaterstaat.nl

Unie van Waterschappen
www.uvw.nl



