

## Het belang van dispersie, connectiviteit en habitatheterogeniteit voor vissen

Tom Buijse (Deltares)

Dispersiecapaciteit, connectiviteit en habitatheterogeniteit zijn samen van grote invloed op de levensvatbaarheid van populaties. Dit document richt zich op het belang van dispersie, connectiviteit en habitatheterogeniteit voor vissen. Het is complementair aan andere notities van de Kennisimpuls Waterkwaliteit over habitatheterogeniteit en het belang van dispersie en connectiviteit voor macrofauna en planten. De relatie tussen dispersie in opeenvolgende levensstadia, connectiviteit en habitats verschilt voor groepen van vissoorten, die hiervoor in gildes worden gegroepeerd. Bij de keuze voor maatregelen lijkt er meer aandacht voor herstel van connectiviteit dan van habitats te zijn. Het is van belang dat hier een goede balans voor gevonden wordt.

1	Inleiding.....	2
2	Dispersie, connectiviteit en habitatdiversiteit .....	2
2.1	Visgildes .....	3
2.2	Migratiebehoeften van vissen .....	5
2.3	Habitat-eisen .....	6
3	Maatregelen.....	7
3.1	Stromende wateren .....	7
3.2	Stilstaande wateren .....	8
3.3	Herintroductie .....	9
4	Conclusies .....	9
5	Literatuur .....	9
6	Colofon .....	11

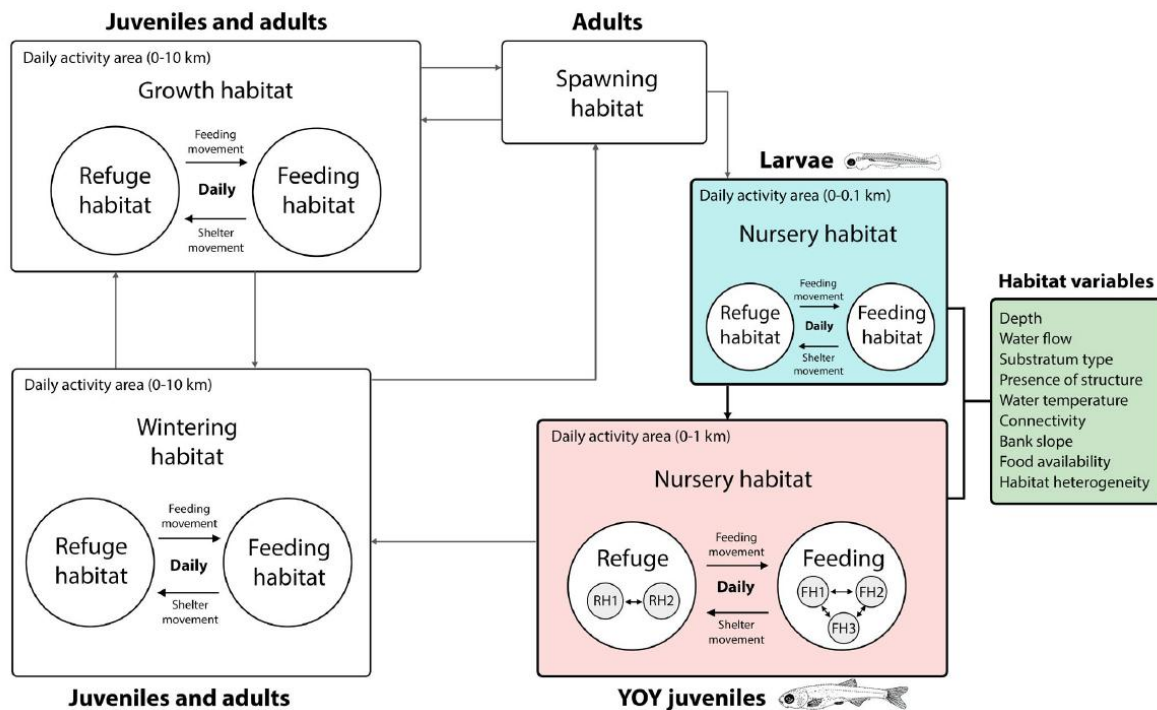
## 1 Inleiding

Zowel dieren als planten verspreiden zich gedurende hun levenscyclus. Dit wordt dispersie genoemd en kan passieve of actieve wijze plaatsvinden. Passief is bijvoorbeeld via de wind, het water of andere dieren. Actief is op eigen kracht: zwemmend, lopend, vliegend. Een specifieke vorm van dispersie is migratie, waarbij een (groot) deel van de populatie een gerichte verplaatsing laat zien die doorgaans seizoensgebonden is. Ze verplaatsen zich bijvoorbeeld omdat de eisen die ze stellen aan hun omgeving veranderen vanwege het levensstadium waarin ze verkeren. In tegenstelling tot migratie verspreiden organismen zich door dispersie om nieuwe gebieden te koloniseren. Evolutionair gezien om het risico te verkleinen dat een soort zou uitsterven door het lokaal verdwijnen van populaties. Voor succesvolle dispersie moeten geschikte leefgebieden of habitats bereikbaar zijn (vissen: Radinger & Wolter 2014, Wolter et al. 2015). Bereikbaar impliceert dat het traject passeerbaar is en dat de afstand overbrugbaar is voor het organisme (dispersiecapaciteit). De dispersiecapaciteit verschilt sterk tussen aquatische organismen. Zo verplaatsen trekvissen, zoals de zalm of aal, zich over grote afstanden van honderden km, terwijl de range voor macrofauna in beken minder dan 100 m kan zijn en planten volledig afhankelijk zijn van passief transport. Voor veel aquatische organismen is de actieve verplaatsing door het water in stroomopwaartse richting vaak gering terwijl ze zich gemakkelijk passief stroomafwaarts met de stroom mee laten voeren, maar vissen vormen wat dit betreft een uitzondering. Dit document richt zich op het belang van dispersie, connectiviteit en habitatheterogeniteit voor vissen. Het is complementair aan andere notities van de Kennisimpuls Waterkwaliteit over habitatheterogeniteit en het belang van dispersie en connectiviteit voor macrofauna en planten (van der Lee et al. 2020; Verdonschot & Verdonschot 2020).

## 2 Dispersie, connectiviteit en habitatdiversiteit

Dispersiecapaciteit en connectiviteit zijn samen van grote invloed op de levensvatbaarheid van populaties. Geïsoleerde kleine populaties hebben een grotere kans om te verdwijnen wanneer de omstandigheden om de een of andere reden verslechteren. Deze interactie is geïllustreerd in Figuur 2 aan de hand van verschillende levensstadia van vissen. Eieren worden afgezet in paaihabitats waar voldoende zuurstof aanwezig is. Daarvandaan verspreiden larven zich in eerste instantie vooral passief, maar snel ook al actief naar opgroeihabitats. Vanwege de geringe dispersiecapaciteit in dit levensstadium kunnen geschikte habitats niet te ver uit elkaar liggen. Voor zowel larven en juvenielen geldt vervolgens dat de opgroeihabitats zowel foerageer- en schuilmogelijkheden moeten bieden op korte afstand van elkaar (Figuur 1). Daarbij moet gedacht worden aan afstanden, die tussen dag en nacht overbrugd kunnen worden of soms in een nog korter tijdsbestek. Een speciaal geval vormen de larvale levensstadia van prikken (ammocoetes) omdat deze enkele jaren in de bodem doorbrengen en zich dan niet verplaatsen. De milieuomstandigheden moeten daarvoor continu geschikt zijn. Connectiviteit kent dus naast ruimtelijke ook nadrukkelijk temporele aspecten. Dit kan zowel het seizoen betreffen waarin dispersie of migratie plaatsvindt of de tijdsduur waarbinnen deze moet plaatsvinden. Volwassen (adulte) exemplaren zullen naast de habitats met geschikte foerageer- en schuilmogelijkheden ook naar paaihabitats trekken om eieren af te zetten.

Dit kan eenmalig zijn wanneer ze naderhand sterven of meerdere keren zijn. Vissen trekken om te paaien voor een korte periode beken en zijrivieren op of uiterwaarden in om vervolgens weer terug te gaan naar de grotere rivieren. Ook in stilstaande wateren vindt migratie naar paaihabitats plaats. Vanuit het open water van de meren trekken de vissen naar de oeverzones of kleine zijwateren. In 2019 is er een themanummer 'ecologische riviernetwerken' van het tijdschrift Landschap gewijd aan dit thema (Jongman & De Blust 2019). Dispersie tussen opeenvolgende levensstadia maakt het mogelijk nieuwe habitats te koloniseren en daarmee de levensvatbaarheid van de populaties te vergroten (Error! Reference source not found.).

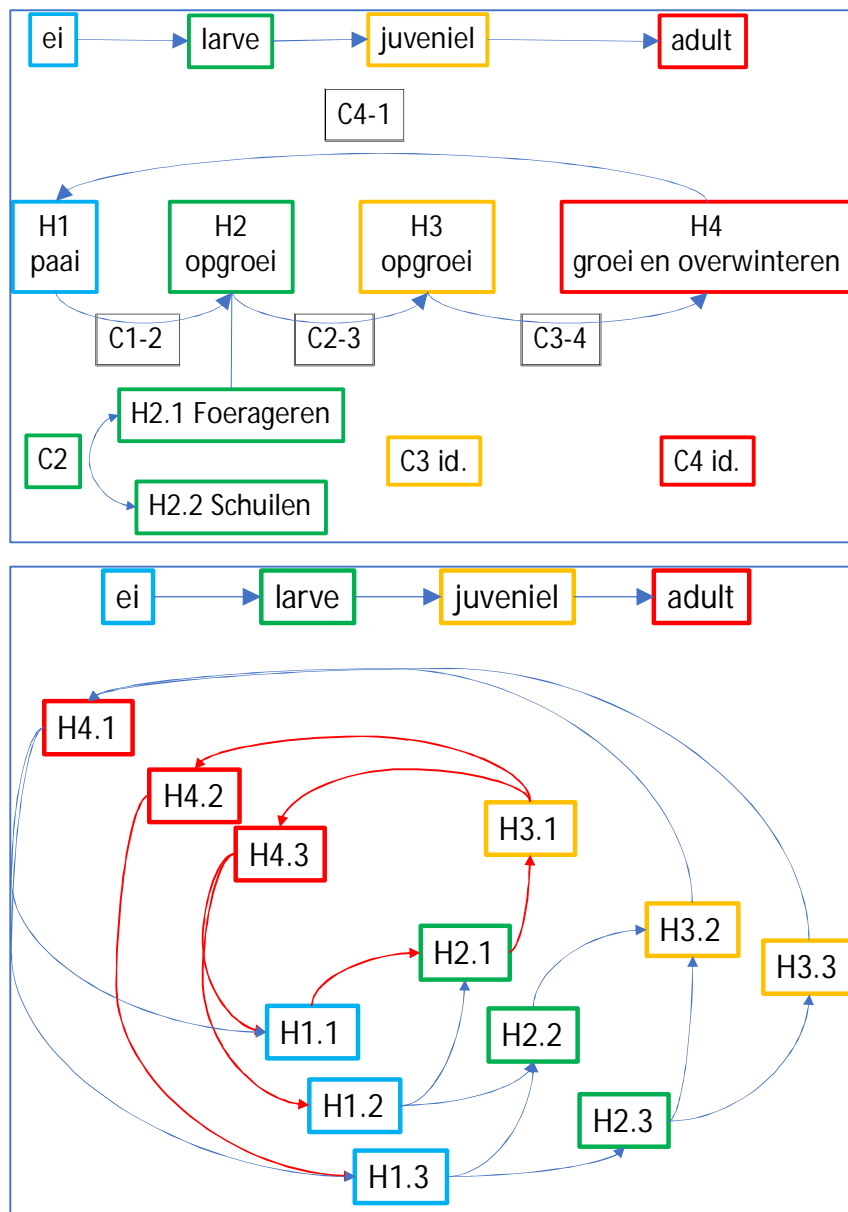


Figuur 1 Functionele eenheden in de ecologie van riviervissen, met de nadruk op de kenmerken van de kraamkamer habitat van de larvale en juveniele levensstadia stadia (Stoffers et al. 2021). Een dynamisch en heterogeen aquatisch milieu over kleine afstanden is belangrijk voor hun groei en overleving aangezien zij gedurende deze vroege levensfase gebruik maken van opeenvolgende microhabitats (refuge = schuilhabitat; feeding = foerageerhabitat; nursery = kraamkamer).

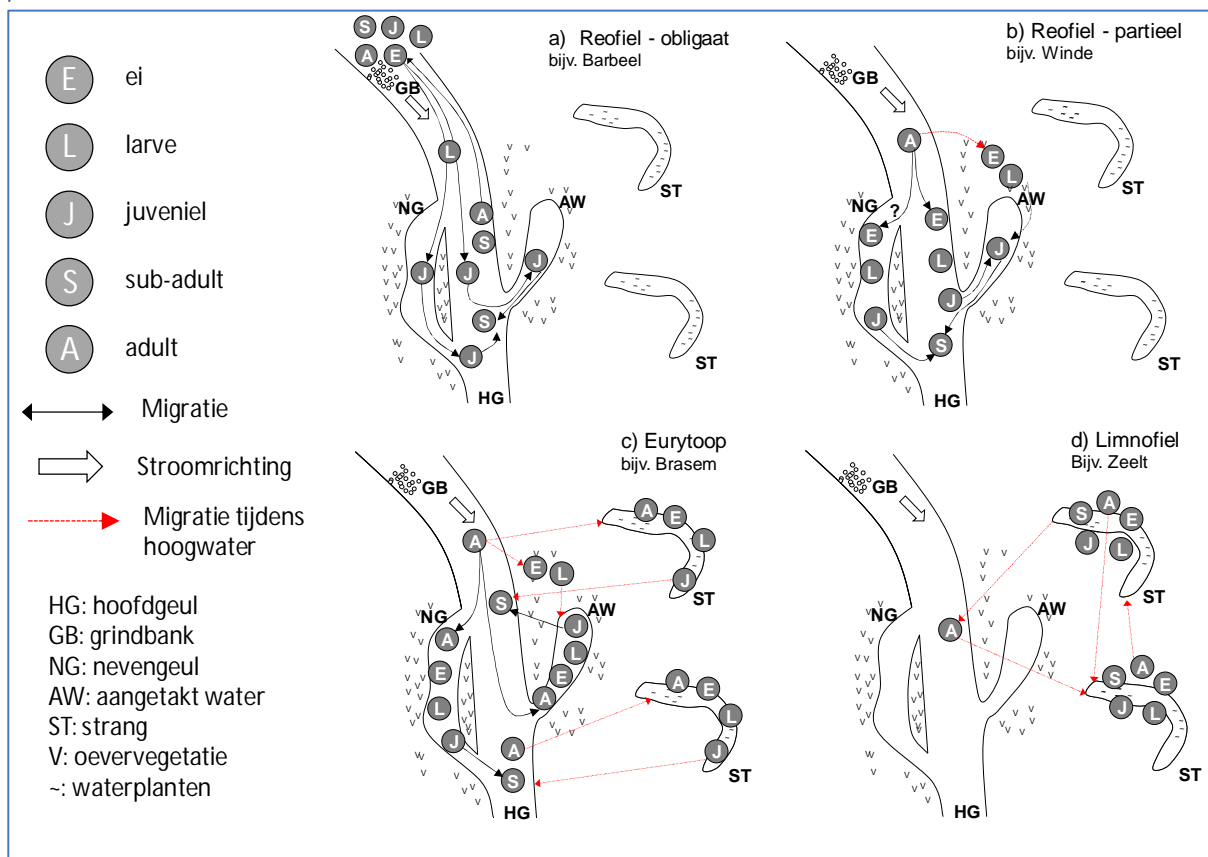
## 2.1 Visgildes

De relatie tussen dispersie in opeenvolgende levensstadia, connectiviteit en habitats verschilt voor groepen van vissoorten, die andere eisen aan hun leefomgeving stellen en wordt geïllustreerd aan de hand van een riviertraject met uiterwaarden (Figuur 3). Zo'n groep wordt aangeduid als een gilde. Een gilde is een begrip in de ecologie dat gebruikt worden om dieren en planten te groeperen op basis van vergelijkbare eigenschappen of eisen, die ze aan hun omgeving stellen. Zo is de barbeel een representant van het stromingsminnende (reofiele) gilde. Deze soort leeft in alle levensstadia in stromend water, maar stelt binnen ieder stadium verschillende eisen. Eieren worden afgezet in stromend zuurstofrijk water. Larven prefereren vervolgens ondiepe en stroomluwe plaatsen waar het water sneller opwarmt. Anders kunnen ze zich niet handhaven en worden ze met de stroom meegevoerd. Zodra ze groter worden zoeken ze stapsgewijs dieper water op onder andere om de kans predatie te verkleinen. Aan de andere kant van

het spectrum staat het plantenminnende (limnofiele) gilde, waartoe een soort als de zeelt gerekend wordt. Deze soort kan zijn hele levenscyclus in plantenrijke stilstaande wateren voltooien en gebruikt de hoofdstroom uitsluitend om van de ene naar andere plas in de uiterwaarden te trekken. Dit is mogelijk wanneer de uiterwaarden tijdens een hoogwater overstromen en dan tijdelijk met elkaar in verbinding staan.



Figuur 2 Schematische weergave van connectiviteit (boven) en dispersie (onder) tussen verschillende habitats voor opeenvolgende levensstadia (1 'ei' -> 4 'adult') van vissen. H = Habitat; C = connectiviteit. De aanwezigheid van verschillende habitats, die geschikt zijn voor foerageren en schuilen geldt ook voor de juveniele en adulte levensstadia. Adulte dieren kunnen 1 of meerdere keren naar paaihabitats (H1) trekken om eieren af te zetten. De rode pijlen (onder) illustreren hoe organismen vanuit oorspronkelijk één locatie (H1. 1) na het doorlopen van hun complete levenscyclus nieuwe locaties kunnen kiezen. Dispersie draagt zo bij aan de risicospreiding voor de populatie.



Figuur 3 Voorbeeld van relaties tussen dispersie, habitats en connectiviteit voor verschillende visgilden (aangepast naar Grift 2001) in hoofdgeul, nevengeulen en zijwateren in de overstromingsvlakte van een rivier waarbij onderscheid wordt gemaakt in opeenvolgende levensfasen. Reofiel = voorkeur voor stromend water; eurytoop = generalist; limnofiel = voorkeur voor stilstaand plantenrijk water.

Bovenstaande figuren laten het belang zien van voldoende variatie in habitats en dat deze onderling bereikbaar zijn in opeenvolgende levensstadia. De normalisatie van beken en rivieren, het peilbeheer in meren en de aanleg van duizenden barrières (stuwen, sluizen, duikers, dammen) hebben samen geleid tot een reductie van de habitatheterogeniteit en connectiviteit tussen leefgebieden. Ook een verslechterde waterkwaliteit (eutrofiëring, slib) beïnvloedt de samenstelling en diversiteit van habitats. Hierdoor is de diversiteit van visgemeenschappen verminderd en de samenstelling onevenwichtiger. Anderzijds heeft verbinding tussen de stroomgebieden van de Donau en Rijn er wel toe bijgedragen dat er veel nieuwe vissoorten zijn bijgekomen (zie Spikmans et al. 2019 voor een overzicht van inheemse en uitheemse vissoorten). Sommige invasieve exoten gedijen juist extra goed door de kanalisaties bijv. omdat de schuilmogelijkheden tussen stortsteen, die als oeverbescherming gebruikt wordt, geschikt habitat zijn.

## 2.2 Migratiebehoeften van vissen

Het belang van vrije vismigratie werd al onderkend voor de inwerkingtreding van de KRW middels de Benelux beschikking vrije vismigratie (1996, herzien in 2009). Bij de herziening van de beschikking is onderscheid gemaakt in het belang van migratieroutes vooral vanwege het belang voor de Habitatrichtlijn genoemde anadrome trekvis, zoals de

zalm, zeeprik en fint en daarnaast voor de aal. Dit is voor Nederland uitgewerkt voor vijf verschillende migratiegildes van enerzijds de zalm, die vanuit zee door Nederland naar Duitsland, Frankrijk en België trekt en anderzijds de beekprik, die uitsluitend in kleine beken wordt aangetroffen (Brevé et al. 2014). Op basis hiervan is voor alle waterlichamen aangegeven voor welke migratietype(n) ze van belang zijn. In eerste instantie is dit gebeurd op basis van verschillende watertypen en vervolgens gedetailleerd per waterlichaam met lokale kennis van de regionale waterbeheerders. Dit heeft vervolgens de basis gevormd voor de nationale visroutekaart waarin barrières, vismigratievoorzieningen en bereikbare leefgebieden getoond worden.

*Tabel 1KRW typen en migratiegildes voor vissen. De nummers geven het type aan bijv. K1, O2, R7 en M8.*

Migration type	Species	KRW-type			
		Kust (K)	Overgang (O)	Beek en Rivier (R)	Meer, kanaal, sloot (M)
1	Zalm, elft, forel, zeeprik	1, 2, 3	2	7, 8, 15, 16	
2	3-doornige stekelbaars, spiering	1, 2, 3	2	8	8, 10, 14, 21, 27, 30, 31, 32
3	rivierprik, winde, barbeel, kopvoorn, kwabaal, sneep, serpeling	1, 2, 3	2	5, 6, 7, 8, 12, 14, 15, 16, 18	
4	aal	1, 2, 3	2	5, 6, 7, 8, 16	3, 6, 7, 10, 14, 20, 21, 27, 30, 31, 32
5	beekprik			4, 5, 14, 18	

### 2.3 Habitatieisen

Vissen stellen verschillende eisen aan hun leefomgeving in opeenvolgende levensstadia. Een overzicht van de habitatieisen voor de verschillende levensstadia van vissen is online beschikbaar in AqMaD (<https://www.stowa.nl/nieuws/webapplicatie-aqmad-vernieuwd>; <https://deltares.shinyapps.io/rAqmad/>: zie het onderdeel 'vissen' bij de achtergrondinformatie). Dit overzicht is gebaseerd op het vroege werk van Quak (1994) en Kroes et al. (2007). Tabel 2 geeft aan de hand van twee vissoorten, barbeel en snoek, een overzicht van welke habitatieisen informatie beschikbaar is. Dit is een schat aan informatie op basis van kennisdocumenten, die door Sportvisserij Nederland voor elke vissoort zijn gemaakt, maar de informatie is nog niet voor iedere vissoort compleet omdat bepaalde kennis ontbreekt. De ene vissoort is in dit opzicht beter onderzocht dan de andere.

Tabel 2 Overzicht van de klassenindeling per parameter geïllustreerd voor de verschillende levensfasen van vissoorten barbeel en snoek. Eu/Pl = eurytoop, plantenminnend.

Vissoort	Levensstadium	Meren	Rivieren	Temperatuur (oC)	Stroomsnelheid (m/s)	Diepte (m)	Taludtype	Substraat	Beschutting	pH (<= min; > max)
			Eurytoop Habitat-gevoelig Migratie regionaal/zee Reotiel	>5 - 10 >10 - 15 >15 - 20 >20 - 25 >25 - 30 >30	<=0,05 >0,05-0,1 0,1-0,3 >0,3-0,5 >0,5-1,0 >1,0	<=0,3 >0,3 - 0,5 >0,5 - 1,0 >1,0 - 3,0 >3,0	Hoofdstroom Flauw (<1:4) Stell(>1:4)	stenen grind zand silb organische detritus (geïndeerd) vegetatie boomwortels overig	holle oevers overhangende vegetatie boomwortels vegetatie grind/stenen obstakels diepe kommen open water in de bodem zoetwatermosselen	5 6 7 8 9 10 11
barbeel	e/larve		1 1 1	1 1	1 1	1 1	1	1 1 1 1	1 1 1	
barbeel	juveniel		1 1 1	1 1 1 1	1 1 1	1 1 1	1	1 1 1 1	1 1 1	
barbeel	adult		1 1 1	1 1 1 1 1	1 1 1	1 1 1	1	1 1 1 1	1	
snoek	e/larve	Eu/Pl	1 1	1 1	1 1	1 1	1	1 1 1 1	1	1 1 1 1 1 0 0
snoek	juveniel	Eu/Pl	1 1	1	1 1	1	1	1 1 1 1	1	1 1 1 1 1 0 0
snoek	adult	Eu/Pl	1 1	1 1 1 1 1	1 1 1	1 1 1	1	1 1 1 1	1	1 1 1 1 1 0 0

### 3 Maatregelen

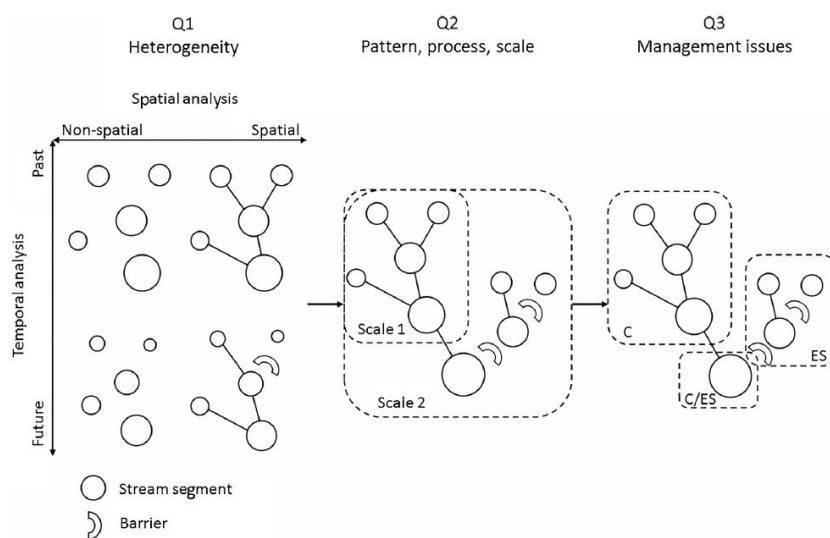
Het mag duidelijk zijn dat migratie, dispersiecapaciteit connectiviteit en habitatdiversiteit met elkaar samenhangen. Het palet aan herstelmaatregelen moet zodoende al deze aspecten beschouwen. Het heeft weinig zin om de connectiviteit te verbeteren wanneer daar vanuit het volbrengen van de levenscyclus geen noodzaak voor is. Ook moet overwogen worden of isolatie juist niet gewenst. Denk hierbij aan de komst van invasieve exoten door de verbindingen die tussen stroomgebieden gemaakt zijn (bij de Vaate et al. Xx).

Voor de keuze van herstelmaatregelen is het van belang om inzicht te hebben in de migratiecapaciteit van soorten en de eisen, die ze aan habitats voor verschillende levensfasen stellen. Het mag duidelijk zijn dat onze kennis hierover beperkt is en daarmee maar tot op zekere hoogte concrete adviezen te geven zijn voor het herstel van aquatische ecosystemen. Het groeperen van soorten in gildes kan daarbij een goed hulpmiddel zijn. Een of enkele soorten zijn daarbij dan representatief voor een grotere groep. Ondanks de beperkte kennis over de exacte vereisten van soorten kan het gegeven dat soorten in opeenvolgende levensstadia verschillende eisen stellen aan hun leefomgeving en ook in een kort tijdsbestek in staat moeten zijn zich om tussen verschillende habitats te verplaatsen gebruikt worden om richtinggevend advies te geven over herstelmaatregelen.

#### 3.1 Stromende wateren

De normalisatie van beken en rivieren en het reguleren van peilen in al het binnenwater hebben bijgedragen aan de verandering en versimpeling van het mozaïek aan habitats. Hierdoor is de verscheidenheid tussen aquatische ecosystemen verminderd en de biodiversiteit sterk veranderd en afgenomen. Het is dus voor het herstel van populaties van belang om verschillende type maatregelen te combineren voor het herstel van de dispersiemogelijkheden van soorten om geschikte leefgebieden te bereiken. Uitsluitend de connectiviteit verbeteren draagt onvoldoende bij aan het ecologisch herstel. In de huidige praktijk van herstelmaatregelen gaat onevenredig veel aandacht uit naar het verbeteren van de connectiviteit zonder daarbij vraag te stellen of de verbonden habitats de benodigde kwaliteit en verscheidenheid hebben. Zo verbetert een vispassage de connectiviteit tussen stuwpanden, maar blijven de habitats onveranderd als er geen andere maatregelen genomen worden (Fuller et al. 2015). Zowel de connectiviteit als de

habitatgeschiktheid moeten beide op orde zijn binnen de afstanden, die soorten binnen hun levenscyclus kunnen overbruggen. Herstel van connectiviteit moet dus hand in hand gaan met het herstel van de habitatkwaliteit en diversiteit. Een ruimtelijke en temporele analyse van habitatheterogeniteit en connectiviteit kan als basis dienen voor de ecologische gewenste inrichting en beheer (Figuur 4). Voor het herstel van habitats in stromende wateren is een belangrijk principe dat inzicht in de omvang van hydromorfologische processen nodig is om herstel- en beheermaatregelen te kiezen, die passen bij het krachtenspel van het watersysteem en het ecologisch duurzaam verbeteren. Bouwen met natuur is hiervan een goed voorbeeld met maatregelen, zoals het verwijderen van barrières, extensief onderhoud van vegetatie, aanbrengen van houtpakketten, zandsuppleties.



*Figuur 4 Illustratie hoe een ruimtelijke en temporele analyse van habitatheterogeniteit en connectiviteit als basis kan dienen voor de beheer en inrichting van watersystemen voor het herstel van vispopulaties (bron: Erős & Lowe 2019) Q1 behandelt de kwantificering van de ecologische heterogeniteit van rivierlandschappen. Ruimtelijke analyses omvatten de karakterisering van de habitat (b.v. grootte, kwaliteit, configuratie, connectiviteit). Temporele analyses karakteriseren vroegere, huidige en toekomstige omstandigheden van de habitat. Q2 berust op analyses van ruimtelijke en temporele heterogeniteit om proces-patroonrelaties en schaafeffecten te begrijpen. Deze analyses zijn nodig om Q3, beheerskwesties aan te pakken (bijv. het optimaliseren van de ruimtelijke toewijzing van beschermde gebieden of hulpbronnen voor behoud [C] of andere ecosysteemdiensten [ES])*

### 3.2 Stilstaande wateren

In stilstaande wateren is de noodzaak voor verbetering van connectiviteit vaak lastiger te duiden. Dit komt omdat de meeste vissoorten in staat zijn om hun levenscyclus binnen een watersysteem te volbrengen. Indien ze afwezig zijn ligt de oorzaak eerder bij de habitatkwaliteit en – diversiteit dan bij de connectiviteit. Verbinding tussen stilstaande wateren van verschillende kwaliteit kan wel van belang zijn. Visonderzoek in de Donau Delta heeft laten zien dat meren, die met elkaar in verbinding staan sterk kunnen verschillen in soortsaamenstelling (Navodaru et al. 2002). Later onderzoek liet zien dat er gedurende het seizoen verschuivingen in de soortsaamenstelling optreden, die duiden op



verplaatsingen van het ene naar andere meer. Vissoorten migreren doorgaans naar de kleinere plantenrijke wateren en begroeide oeverzones voor hun voortplanting en trekken daarna weer terug naar het open water. Voor enkele trekvisen (aal, driedoornige stekelbaars, spiering) is verbinding met mariene wateren van belang. Een groot knelpunt in veel stilstaande wateren is de beperkte kwaliteit en omvang van de begroeide oeverzone, omdat deze voor veel soorten van groot belang op enig moment in hun levenscyclus. Het gereguleerde peil dat maar zeer beperkt maar variëren is een van de belangrijkste oorzaken hiervan, want dit versmalt de zone die geschikt is voor de ontwikkeling van oever- en waterplanten. Het herstel van stilstaande wateren heeft zich vooral gericht op de verbetering van de waterkwaliteit, maar voor herstel van de oeverzone is een natuurlijker peilvariatie essentieel (Coops et al. 2008).

### 3.3 Herintroductie

Indien de omstandigheden geschikt zijn maar er geen kolonisatie van de verwachte en gewenste soorten optreedt dan kan overwogen worden om soorten te herintroduceren. De bronpopulaties zijn dan te ver afgelegen om het gebied te koloniseren. Voor een soort als de beekprik, die sterk geïsoleerde populaties kent, kan dit overwogen worden. In de afgelopen jaren zijn door droogvallende beken verschillende lokale populaties (nagenoeg) verdwenen.

## 4 Conclusies

- Voor de onderbouwing voor de noodzaak voor een goede connectiviteit is kennis over de habitateisen van soorten in opeenvolgende levensstadia nodig. Dit beperkt zich niet alleen tot de omstandigheden in het water. Ook de structuur van de oeverzone is van groot belang.
- Connectiviteit tussen habitats omvat zowel verbinding in de lengterichting van boven naar benedenstrooms als in de breedte tussen de hoofdstroom/open water en de oever/uiteerwaard.
- Habitatdiversiteit op verschillende schaalniveaus in ruimte en tijd is essentieel voor de draagkracht voor populaties van soorten.

## 5 Literatuur

Bilton, D.T., Freeland, J.R. and Okamura, B., 2001. Dispersal in freshwater invertebrates. Annual review of ecology and systematics, 32(1), pp.159-181.

Brevé, Niels W.P., Anthonie D. Buijse, Martin J. Kroes, Herman Wanningen, Frederik T. Vriese (2014) Supporting decision-making for improving longitudinal connectivity for diadromous and potamodromous fishes in complex catchments. Science of the Total Environment 496: 206–218.

Buijse, A.D., R.C.M. Verdonschot, P.J.T.M. van Puijenbroek & P.F.M. Verdonschot (2019) De haarvaten van het ecologisch rivierennetwerk: Consequenties van fragmentatie en het belang van landbruggen en oeverzones. Landschap 36: 69-77.

Coops, H., L.L. Buijse, A.D. Buijse, A. Constantinescu, S. Covaliov, J. Hanganu, B.W. Ibelings, G. Menting, I. Navodaru, W. Oosterberg, M. Staras & L. Török (2008) Trophic gradients in a large-river delta: ecological structure determined by connectivity gradients in the Danube Delta (Romania). *River research & applications* 24: 698–709.

Cusell, C. & S. Teurlincx (2018) Uitwerking ESF habitatgeschiktheid. STOWA 2018-04

Erős, T. & W.H. Lowe (2019) The Landscape Ecology of Rivers: from Patch-Based to Spatial Network Analyses. *Current Landscape Ecology Reports* 4: 103–112.

Fuller, M.R., Doyle, M.W. and Strayer, D.L., 2015. Causes and consequences of habitat fragmentation in river networks. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1355(1), pp.31-51.

Grift, R.E., 2001. How fish benefit from floodplain restoration along the lower River Rhine. PhD thesis Wageningen University.

Haterd, R. van de, B. Grutters, M. Droog, B. Achterkamp, H. Soomers, M. Soons (2018) Ecologische sleutelfactoren verspreiding & connectiviteit. Tussenrapportage. STOWA 2018 – 29

Jongman, R. & G. de Blust [red.] (2019) Themanummer 'Ecologische riviernetwerken'. *Landschap* 2019/2

Kroes, M.J., F.T. Vriese & W.A.M. van Emmerik (2007) Vis in stromende wateren Deel 1: Doelvariabelen, stuurvariabelen, ingrepen en maatregelen. Studie in opdracht van RWS-RIZA. Visadvies rapport VA2006\_56B

Lee, G.H. van der, R.C.M. Verdonschot & P.F.M. Verdonschot (2020). Factsheet: Habitatheterogeniteit. Kennisimpuls Waterkwaliteit. Notitie KIWK, Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. 14 pp.

Navodaru, I., A.D. Buijse & M. Staras. 2002. Effects of hydrology and water quality on the fish community in Danube delta lakes. *International Review of Hydrobiology* 87: 329-348.

Quak, J., 1994. De visstand in stromende wateren. In Raat [eds.], 1994. 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.

Radinger, J. & Wolter, C., 2014. Patterns and predictors of fish dispersal in rivers. *Fish and Fisheries*, 15: 456-473.

Spikmans, F., Kranenbarg, J., Veenliet, P., van Emmerik, W., Roos, M., Kouwets, F., Verreycken, H., de Ruiter, R. & Buijse, T., 2019. Standaardlijst namen zoetwatervissen van Nederland en Vlaanderen anno 2019. *RAVON*, 21(1): 8-12.

Stoffers, T., A.D. Buijse, J.A.J. Verreth & L.A.J. Nagelkerke (2021) Environmental requirements and heterogeneity in European rheophilic fish nursery habitats: current insights and future challenges. *Fish and Fisheries* 23: 162-182.

Verdonschot P.F.M. & Verdonschot R.C.M. (2020). Het belang van dispersie en connectiviteit voor macroinvertebraten en planten. Kennisdocument Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK), Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. 16 pp.

Wolter, C., A.D. Buijse & P. Parasiewicz (2016) Temporal and spatial patterns of fish response to hydromorphological processes. *River Research and Applications* 32: 190-201.

Online bronnen:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Biological\\_dispersal](https://en.wikipedia.org/wiki/Biological_dispersal)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Landscape\\_connectivity](https://en.wikipedia.org/wiki/Landscape_connectivity)

<https://en.wikipedia.org/wiki/Habitat>

AqMaD:

<https://deltares.shinyapps.io/rAqmad/>

Nationale visroutekaart:

<https://storymaps.arcgis.com/stories/784f89c209bb4362b6453e6ad8f733be>

Kennisdocumenten vissoorten:

<https://www.sportvisserijnederland.nl/vis-water/vissoorten/#>

Bouwen met natuur in beken:

<https://www.stowa.nl/onderwerpen/waterkwaliteit/realiseren-van-ecologische-waterkwaliteitsdoelen-krw/bouwen-met-natuur>

## 6 Colofon

Utrecht, juni 2022

Auteur(s): Tom Buijse (Deltares)

Leesgroep: p.m.

Te citeren als: Buijse, T. (2022) Factsheet: Het belang van dispersie, connectiviteit en habitatheterogeniteit voor vissen. Notitie Kennisimpuls Waterkwaliteit