

Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) BV

Postbus 68
1970 AB IJmuiden
Tel.: 0255 564646
Fax.: 0255 564644
E-mail: visserijonderzoek.asg@wur.nl
Internet: www.rivo.wageningen-ur.nl

Centrum voor
Schelpdier Onderzoek
Postbus 77
4400 AB Yerseke
Tel.: 0113 672300
Fax.: 0113 573477

Rapport

C084.04

Effecten van maatregelen met betrekking tot stuurvariabelen die van invloed zijn op de doelvariabelen in de deelmaatlaten voor vis in rivieren

Joep de Leeuw, Wouter Patberg, Nicola Tien & Erwin Winter

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat RIZA
Postbus 600
8200 AP Lelystad

Project nummer: 3251212113/5

Akkoord: Drs E. Jagtman
afdelingshoofd

Handtekening: _____

Datum: 25 november 2004

Aantal exemplaren: 20
Aantal pagina's: 27
Aantal tabellen: 4
Aantal figuren: 7
Aantal bijlagen: 3

In verband met de
verzelfstandiging van de
Stichting DLO, waartoe tevens
RIVO behoort, maken wij sinds 1
juni 1999 geen deel meer uit van
het Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit. Wij
zijn geregistreerd in het
Handelsregister Amsterdam nr.
34135929
BTW nr. NL 811383696B04.

De Directie van het Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) BV is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van het Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) BV; opdrachtgever vrijwaart het Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) BV van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets van dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
1. Inleiding.....	3
1.2 Definities	3
2. Methode	4
2.2 Vissen in de Kaderrichtlijn Water	5
3. Effecten van menselijke invloeden op de visstand in beken en rivieren	6
3.1 Waterkwaliteit.....	6
3.2 Migratiemogelijkheden	8
Ecologische netwerken	8
Fysisch.....	8
Chemisch.....	9
Thermisch.....	9
Habitat.....	9
3.3 Habitatveranderingen.....	9
3.3.1 Netwerk natuurlijke situatie	9
3.3.2 Rol van natuurlijke oevers	10
3.3.3 Rol van uiterwaardwateren	12
4. Maatregelen.....	13
4.1 Maatregelen om migratiemogelijkheden te verbeteren	13
Maatregelen om passeerbaarheid van stuwen te verbeteren.....	13
stroomopwaartse migratie.....	15
stroomafwaartse migratie.....	15
4.2 Maatregelen om habitats te verbeteren	16
4.3 Voorbeelden van effecten van maatregelen op de visstand in Nederlandse rivieren	17
4.4 Prioriteren van maatregelenpakketten.....	20
5. Literatuur.....	24

1. Inleiding

In het kader van het DGW-project “Beleidstools KRW” en het stuurboordproject “maatregelen Kaderrichtlijn Water”, onderzoekt RIZA welke maatregelen mogelijk zijn voor het realiseren van de ecologische doelstellingen van de KRW. In dit specifieke onderdeel van het project wordt gestreefd naar een overzichtelijke set van stuurvariabelen die van invloed zijn op de doelvariabelen in de deelmaatlatten voor vis, zoals deze zijn geformuleerd voor de stromende watertypen R5, R6, R7, R8, R14, R15 en R16 (Kranenbarg et al. 2003 en Vriese et al. 2004). Doel van het project is een overzicht te genereren van stuurvariabelen die in verband kunnen worden gebracht met de doelvariabelen van de deelmaatlatten vis in riviersystemen en het verband tussen stuurvariabelen en doelvariabelen zoveel mogelijk kwantitatief te onderbouwen.

De Nederlandse rivieren en stromende wateren worden meestal zeer intensief door de mens gebruikt, hetgeen heeft geresulteerd in een optelsom van antropogene drukken die het ecologisch functioneren beïnvloeden. In het kader van waterbeheer en scheepvaart is de morfologie drastisch veranderd en zijn vele specifieke habitats, met name in de uiterwaarden, verloren gegaan en barrières zoals sluizen, dammen en stuwen gebouwd. De effecten van barrières op migratiemogelijkheden en de effecten van habitatveranderingen in de uiterwaarden op paai- en opgroeigebieden van riviervissen vormen het centrale thema in deze studie. Bij barrières moeten we daarbij zowel denken aan effecten van stuwen en sluiscomplexen als effecten van waterkrachtcentrales op passerende vissen. Als belangrijke stuurvariabelen met betrekking tot de uiterwaardmorfologie richt deze studie zich op de aanleg van nevengeulen en de overstromingskarakteristieken van uiterwaarden (met name verwijderen van zomerdijken en verlagen van de uiterwaarden). Andere drukken die voor visgemeenschappen van belang zijn, zijn bijvoorbeeld chemische en thermische verontreinigingen of visserij. Aangezien vele oorzaken en invloeden gelijktijdig inwerken op het ecologisch functioneren zijn causale en kwantitatieve verbanden tussen afzonderlijke impacts en respons van de visgemeenschap hierop niet eenvoudig te leggen. Door echter bestaande kennis uit de literatuur hierover te combineren met een meta-analyse van bestaande datasets in verschillende Europese riviersystemen (met elk hun eigen set aan menselijke invloeden) wordt hiertoe een eerste aanzet gegeven.

1.2 Definities

In het kader van deze opdracht worden onder *stuurvariabelen* met name die *pressoren* bedoeld waarbij eventueel te treffen maatregelen binnen het bereik van waterbeheerders liggen. Onder *doelvariabelen* worden specifiek de ontwikkelde (*deel*)*maatlatten* t.b.v. de KRW bedoeld, waarbij het achterliggende perspectief van het ecologisch functioneren van een systeem voor vis eveneens kan worden betrokken als blijkt dat de maatlatten hierin nog niet dekkend zijn.

2. Methode

Om inzicht te krijgen in welke beheersmaatregelen effectief zijn ten gunste van de visstand is eerst een overzicht gemaakt van wat bekend is over de (voornamelijk negatieve) gevolgen van menselijke invloed op de visstand. Daaruit wordt afgeleid welke stuurvariabelen onderkend kunnen worden en welke herstelprocessen nodig zijn. Deze worden zoveel mogelijk kwantitatief onderbouwd met voorbeelden van herstelmaatregelen en vergelijkingen met riviersituaties elders in Europa.

Er zijn verschillende categorieën stuurvariabelen beschouwd, welke hiërarchisch zijn opgebouwd uit verschillende pressoren. De mate van detaillering is afhankelijk van de verwachte mate van impact op basis van expert judgement, waarbij de focus van de analyses op de volgende factoren ligt:

- migratie barrières
 - o stroomopwaarts: sluisen, dammen en stuwen
 - o stroomafwaarts: waterkrachtcentrales
- hydromorfologie van uiterwaarden
 - o permanent toegankelijke wateren: nevengeulen en aantakkingen
 - o tijdelijk toegankelijke wateren: vloedvlakte en geïsoleerde wateren
- verontreiniging
 - o trofiegraad (eutrofiëring) (algemeen: eurytope soorten)
 - o toxische stoffen (typen vervuiling: PCB's in aal, oestrogene stoffen in brasem etc (EU-projecten COMPREHEND, MODELKEY)
 - o thermische belasting (koelwaterlozingen) (kwabaal, spiering, verspreiding salmoniden)
- visserij

Andere mogelijke pressoren als bijvoorbeeld scheepvaart zullen in de als 'door de mens gemodificeerde wateren' aangemerkte Nederlandse rivieren als een onvermijdelijke randvoorwaarde moeten worden beschouwd.

Aan de hand van beschikbare datasets en internationale literatuur zijn verkennende case-studies uitgevoerd met name voor de categorieën barrières en uiterwaardmorfologie. Daarbij worden de volgende onderdelen onderscheiden:

1. Screening van wetenschappelijke literatuur op kwantitatieve verbanden tussen stuurvariabelen, herstelmaatregelen en veranderingen in visgemeenschappen.
2. Analyse van gegevens van de visstand in uiterwaardwateren (uit AIO-project uiterwaarden Waal, Griff 2001) aangevuld met MWTL visstandgegevens van grote rivieren (RIVO-database).
3. Relatie tussen visstand in kerngebieden van MWTL vismonitoring grote rivieren en het areaal specifieke habitats in relevante riviertrajecten op basis van GIS-ecotopenkaarten (RIZA).
4. Analyse van het effect van de aanleg van vistrappen op de visgemeenschap in de Overijsselse Vecht, Rijn en Maas en de consequenties voor doelvariabelen ten behoeve van de stuurvariabele stroomopwaartse barrières (AIO-project vismigratie Vecht, Winter, vismigratieprojecten RWS/LNV/RIVO).
5. Vergelijking met datasets van buitenlandse rivieren en beken (o.a. Noordwest-Europa (Frankrijk, Duitsland, Polen, Litouwen, Rusland) en Wolga), onder andere via de FAME database van stromende wateren. Daarin zijn opgenomen de database van visstandbemonsteringen met het elektrisch schepnet voor Nederlandse beken van de OVB en van de grote rivieren (MWTL) in de periode 1996-2003 (in beheer bij RIVO). Gegevens op basis van korvangsten en fuikregistraties van de grote rivieren uitgevoerd door het RIVO in het kader van MWTL zijn eveneens beschikbaar in een opgewerkte versie waarbij metriecken zijn berekend voor relevante riviertrajecten (Centrale FRISBEE-database RIVO).

2.2 Vissen in de Kaderrichtlijn Water

De kaderrichtlijn geeft aan dat de ecologische toestand van rivieren gemeten moet worden aan de hand van verschillende biologische en chemische parameters (zogenaamde maatlatten). Zo dient de toestand voor vissen te worden beoordeeld aan de soortsmenstelling (welke soorten komen voor), de abundantie (hoeveel vis is er) van bepaalde ecologisch gevoelige groepen, zoals stroomminnende soorten, diadromen, plantenminnende soorten, en leeftijdsstructuren van de visstand (is er een evenwichtige opbouw van jonge en oude vis). Dat sluit goed aan op inspanningen die nationaal (in KRW-expertgroepen <http://www.stowa.nl/~krw-experts>, <http://www.kaderrichtlijnwater.nl>) en internationaal (o.a. in Amerika en EU-verband, zie <http://fame.boku.ac.at/>) zijn gepleegd om tot een visstandbeoordelingssysteem te komen op basis van maatlatten (een zogenaamde IBI - Index voor Biotische Integriteit).

Vissen zijn vooral maatgevend voor het voorkomen van specifieke rivierhabitats en mogelijkheden om zich vrij te kunnen verplaatsen door het rivierengebied of van en naar de zee. De visstand in de rivieren wordt daarom beoordeeld op basis van:

- aantal soorten dat deels in zoet en deels in zout water leeft (diadrome trekvis)
- aantal stroomminnende soorten
- aantal plantenminnende soorten
- aandeel stroomminnende soorten (als percentage van totaal aantal soorten)
- aandeel plantenminnende soorten (als percentage van totaal aantal soorten)
- leeftijdsstructuur karakteristieke 0+ stroomminnende soort (afhankelijk van riviertype barbeel of winde)

(de Leeuw et al. 2002, Kranenbarg et al. 2003).

Voor beken zijn maatlatten opgesteld aan de hand van typekenmerkende soorten (zie Achtergronddocument KRW expertgroep Vis, Vriese & Beers 2004):

- typekenmerkende reofiele soorten;
- typekenmerkende eurytope soorten;
- typekenmerkende soorten met migratie regionaal/zee;
- typekenmerkende soorten gevoelig of intolerant voor habitatverstoring.

Het indelen van de typekenmerkende soorten naar de onderscheiden groepen binnen de indicatoren vindt plaats volgens de indeling die binnen FAME wordt gehanteerd (zie Noble & Cowx, 2002). De deelmaatlatten voor beken bestaan uit respectievelijk het aantal waargenomen soorten en de relatieve abundantie (uitgedrukt in kans op voorkomen) van deze soortgroepen.

De maatlatten geven een soort rapportcijfer op basis van deze eigenschappen van de visstand waarbij de huidige toestand wordt vergeleken met het streefbeeld. Hierbij wordt de toestand beoordeeld volgens de volgende indeling: zeer goed, goed, matig, ontoereikend, slecht.

Het ontwikkelen van de maatlatten en beoordeling van wateren is nog volop aan de gang. De huidige stand van zaken is dat er maatlatten zijn voorgesteld voor verschillende watertypen uitgaande van natuurlijke situaties. Deze maatlatten worden nu toegepast op bestaande monitoringsgegevens om te zien of de maatlatten goed functioneren voor ecologische beoordeling en in hoeverre we al kunnen zien wat er moet gebeuren om een goede ecologische toestand te bereiken. In deze studie wordt uitgegaan van de huidige stand van zaken met betrekking tot de IBI, maar wordt ook soortspecifieker gekeken om relevante processen te kunnen benoemen.

3. Effecten van menselijke invloeden op de visstand in beken en rivieren

Op basis van literatuuronderzoek en *expert judgement* zijn in het kader van het ontwikkelen van maatlatten vis overzichten opgesteld van menselijke invloeden (ook genoemd: pressoren of menselijke drukken) op beek- en riviersystemen en hun effecten op de visstand. Het gaat om vooral kwalitatieve overzichten (zie bijlage 1 en 2 voor uitgebreide overzichten; de Leeuw et al. 2002). Een kwantitatieve onderbouwing ontbreekt in veel gevallen, omdat in rivieren vrijwel altijd meerdere invloeden tegelijkertijd optreden en gestandaardiseerde visstandgegevens veelal ontbreken om goede vergelijkingen te maken tussen riviersystemen in goede danwel slechte ecologische conditie of vergelijkingen in de tijd (met veranderingen in menselijke invloeden). Van de reeks menselijke invloeden convergeren de meeste naar bepaalde groepen van vissen. De belangrijkste menselijke invloeden en gevoelige ecologische visgroepen staan vermeld in tabel 1 en vormden de basis voor het formuleren van deelmaatlatten vis in stromende wateren. Om maatregelen die de visstand kunnen verbeteren te prioriteren is het van belang de hoofdeffecten op de belangrijkste visgroepen zoveel mogelijk kwantitatief te onderbouwen. De hoofdeffecten vallen uiteen in 3 groepen:

1. waterkwaliteit: is het water leefbaar?
2. migratie: zijn de leefgebieden bereikbaar?
3. habitat: zijn de noodzakelijke leefgebieden voldoende aanwezig?

Deze worden in onderstaande besproken.

3.1 Waterkwaliteit

Vissen zijn net als veel andere organismen gevoelig voor verschillende vormen van waterkwaliteit. Giframpen (bijvoorbeeld Sandoz 1986) of sterke organische vervuiling (lozingen aardappelmeelfabrieken) zijn bekende voorbeelden die tot massale vissterfte leiden. In kleine wateren kunnen lozingen of hevige regenval zuurstofloosheid en dientengevolge vissterfte veroorzaken. Meer geleidelijke vormen van vergiftigingen in de vorm van zware metalen, organochloorverbindingen of oestrogene stoffen uiten zich vaak in voortplantingsstoornissen (EU project COMPREHEND). Hoewel in Nederlandse rivieren de waterkwaliteit enorm is verbeterd sinds de jaren '60 en '70 is het van belang rekening te houden met de desastreuze effecten van vervuiling voor de visstand, met name in kleinere wateren. Het is een belangrijke randvoorwaarde om ecologisch herstel in de vorm van habitatverbeteringen en migratieverbeteringen mogelijk te maken en meetbaar te maken aan de visstand (De Leeuw et al. 2002). Reofiele vissoorten behoren meestal tot de gevoeligste soorten voor waterkwaliteit vanwege hun voorkomen in doorgaans zuurstofrijk, stromend water. In geval van thermische vervuiling verschilt de respons logischerwijs tussen zogenaamde koudwater ('noordelijke') soorten en warmwater ('zuidelijke') soorten.

Maatregelen om de waterkwaliteit voor vissen te verbeteren zijn van algemene aard, dat wil zeggen ook van toepassing op andere organismen. Dit type maatregelen wordt in het vervolg van dit rapport dan ook alleen zijdelings meegenomen.

Tabel 1. Geselecteerde indicatoren, voor het opstellen van metrieken, in relatie tot gevoeligheid voor pressoren. De indicator reofiele soorten is in de tabel opgesplitst in reofiel a en reofiel b soorten en de indicator diadrome soorten in katadrome en anadrome soorten. (zie bijlage 1 en 2 voor uitgebreidere overzichten van pressoren op de visstand).

		Geselecteerde indicatoren						
		1		2	3		4	
		REOFIELE SOORTEN (reofiel a)	REOFIELE SOORTEN (reofiel b)	LIMNOFIELE SOORTEN	DIADROME SOORTEN (katadroom)	DIADROME SOORTEN (anadroom)	0+ REOFIELE SOORTEN (reofiel a)	0+ REOFIELE SOORTEN (reofiel b)
Pressoren	Effect op habitat/ecotoop							
Dijken en oevers	Met het vastleggen van oevers verdwijnen de bij de stromingsomstandigheden behorende natuurlijke (ondiepe) oeverhabitats.	**	**	*	*	*	***	***
	Dijken zijn van invloed op de overstromingsfrequentie van uiterwaardgebieden en hiermee de beschikbaarheid van voedsel en structuurrijke ondiep watergebieden.	**	**	*			***	***
Stuwen/ sluisen/ dammen	Verandering natuurlijk afvoerloop heeft effect op de aanwezige rivierdynamiek en hiermee op de beschikbaarheid en het ontstaan van specifieke rivierhabitats.	***	**		*	**	***	**
	Afname connectiviteit waardoor bepaalde habitats voor vissoorten niet/moelijk bereikbaar zijn.	**	**		**	***	**	**
	Veranderende stroomsnelheden waardoor de migratie van trekvisen bemoeilijkt wordt (ontbreken lokstroom of juist te hoge stroomsnelheden).	**	**		***	***		
Normalisatie/Kanalisatie	Door uniform stromingspatroon kunnen typische rivierhabitats zoals stroomversnellingen, zandbanken, grindbanken, nevengeulen en strangen niet langer op natuurlijke wijze ontstaan	***	**		*	**	***	**
Waterkrachtcentrales /koelwaterinlaat	Vermindering zuurteofgehalte.	*	*				*	*
	Ontrekken vis aan hoofdstroom door inname van vis in turbines centrale/koelwaterinlaat.	**	**		*	***		
Wijziging waterkwantiteitsbeheer	Zie stuwen/sluisen/dammen.							
Scheepvaart	Golfslag t.g.v. scheepvaart verhoogt dynamiek in de oeverzone en verslechtert lichtklimaat waardoor mogelijkheden voor aquatische vegetatie in de oeverzone verminderen.	*	*	**			**	**
	Verstoring zooplankton/macropauna productie waardoor voedselbeschikbaarheid kan afnemen.	**	**				**	**
Baggeren en winning delfstoffen	Verslechtert lichtklimaat en toename diepte waardoor mogelijkheden voor aquatische vegetatie verminderen.	**	**	*			**	**
	Verstoring zooplankton/macropauna productie waardoor voedselbeschikbaarheid kan afnemen.	**	**				**	**
	Verdwijnen paaihabitats	***	**	*		**	***	**
Lozingen	Aanvoer microverontreinigingen via vervuild slib.	*	*	*			*	*
	Aanvoer nutriënten via lozing ongezuiverd rioolwater.	**	**				**	**

Gevoeligheid indicator voor effect:

- *) klein
- ***) middel
- ***) groot

3.2 Migratiemogelijkheden

Ecologische netwerken

Vissen behoeven een reeks van biotopen om hun levenscyclus te vervullen. Voor bijv. reofiele soorten zullen de eieren afgezet worden in stromend zuurstofrijk water. De larven vereisen daarna echter omstandigheden met zo gering mogelijke stroming. Dit kunnen ondiepe natuurlijke oevers, binnenbochten, of zand- en grindbanken in de hoofdstroom zijn, zoals in de Grensmaas, of aangetakte nevenwateren, zoals we die langs de Rijntakken vinden. Naarmate ze groter worden gedurende hun eerste zomer verlaten ze de ondiepe luwe zones (bescherming tegen vispredatie) naar dieper stromend water, omdat ze daar beter beschermd zijn tegen vogelpredatie (Schlosser 1991). Vismigratie tussen verschillende habitats voor bijvoorbeeld paai, opgroei van jonge vis en overwinteringsgebieden is meer regel dan uitzondering en betreft doorgaans afstanden in de orde van grootte van enkele tot honderden kilometers. De meest uitgesproken migranten behoren tot de diadrome vissoorten die een deel van hun levenscyclus in zee doorbrengen en een deel in zoet water, niet zelden in specifieke ver stroomopwaarts gelegen habitats. Daarnaast hebben zelfs residente soorten uitwisseling tussen deelpopulaties nodig om inteelt te voorkomen en nieuwe (tijdelijk) geschikte habitats te kunnen koloniseren. Onbelemmerde verbindingen zijn daarom voor veel vissoorten een levensvoorwaarde. In de eerste helft van de twintigste eeuw verdwenen vele lange-afstandstrekkingen (vooral diadrome soorten) uit de Nederlandse rivieren (De Leeuw et al. 2002, De Nie & van Ommering 1998). Dit had niet alleen met de riviervisserij te maken (steur, zalm, houtingen, elft en fint) maar werd ook veroorzaakt door de combinatie van het verdwijnen van habitat en enorme beperkingen in migratiemogelijkheden door het afsluiten van zeegaten (o.a. de Boer 2001) en de aanleg van stuwen. Migratiebelemmeringen kunnen van verschillende aard zijn (zie uitgebreid overzicht in bijlage 2):

Fysisch

In het Nederlandse binnenwater is een groot aantal fysische barrières aanwezig (zie bijlage 2 voor een overzicht per type). Deze obstakels hebben het binnenwater sterk versnipperd (bijv. Dynesius & Nilsson 1994). Vaak is een combinatie van barrières aanwezig, zoals stuwen met waterkrachtcentrales of scheepvaartsluizen of dammen met spuisluizen. De directe effecten op vismigratie variëren sterk voor de verschillende typen fysische barrières; van totale blokkade voor alle vissoorten en levensstadia in zowel stroomopwaartse als stroomafwaartse richting (dammen en veelal ook gemalen, zie bijlage 3 voor een overzicht voor Europese grote rivieren) of in laterale richting (winterdijk), sterfte van een deel van vis (waterkrachtcentrales stroomafwaarts, visserij en wellicht scheepvaart), blokkade voor een deel van de vissoorten en levensstadia of voor een deel van de tijd (stuw en spuisluis stroomopwaarts, zomerdijk), tot geringe vertraging (stuw en spuisluis stroomafwaarts en duiker en sifon).

Omdat vissen vaak series barrières moeten passeren kunnen zelfs geringe vertragingen of relatief grote passeerkansen per barrière, uiteindelijk toch leiden tot een groot effect. Dit cumulatieve effect wordt vaak onderschat (Winter, subm.).

Naast de directe effecten veroorzaken barrières vaak een sterke concentratie van vis. Hierdoor zijn deze veel kwetsbaarder voor predatie door roofvis of visetende vogels of exploitatie door commerciële of recreatieve visserij.

Harde zoet-zoutovergangen zoals Haringvliet en Afsluitdijk leggen sterke beperkingen aan migratie op doordat de enige verbindingsmogelijkheden bestaan uit scheepvaartsluizen en spuisluizen waar doorgaans met kracht water zeewaarts wordt uitgespoeld. Voor sommige kleine vis die vanuit zee stroomopwaarts willen trekken (bijvoorbeeld glasaal of jonge bot) is het verdwijnen van de getijdendynamiek die noodzakelijk is voor passief transport (selectief getijdentransport, zie Dekker & van Willigen 2000) een bijkomende belemmering.

Chemisch

De waterkwaliteit van wateren kan migratie op diverse manieren beïnvloeden of verhinderen (Lucas & Baras 2001):

Blokkade van migratie door 'proppen' zuurstofloos water, bijvoorbeeld in regionale wateren door lozingen van organische stoffen, riooloverstorten en dergelijke, maar ook in grotere watersystemen zoals voorheen in de Schelde bij Antwerpen. Ook direct benedenstrooms van turbines van waterkrachtcentrales kunnen zeer lage zuurstofspanningen optreden door de tijdelijke onderdruk van het water bij turbinepassage. Deze gebieden met lage zuurstofgehalten kunnen vis bijvoorbeeld verhinderen om vispassages te bereiken. Naar de effecten hiervan is weinig onderzoek uitgevoerd.

Verhinderend door hoge concentraties verontreinigende stoffen door lozingen of calamiteiten. Over de mate van verandering door hoge gehalten contaminanten is zeer weinig bekend.

Verstoring of misleiding van vissoorten die specifieke geurstoffen gebruiken voor hun oriëntatie, zoals zalm en pike. Aangezien vaak niet duidelijk is welke stoffen hierbij gebruikt worden is het momenteel niet in te schatten of deze verstoringen ook werkelijk optreden.

Met de huidige kennis is het moeilijk in te schatten in hoeverre de waterkwaliteit belemmerend kan werken op vismigratie.

Thermisch

Temperatuur speelt een belangrijke rol in het leven van koudbloedige vissen. Door koelwaterlozingen kunnen lokaal duidelijke temperatuurverhogingen en onnatuurlijke temperatuurgradiënten optreden. Zo wordt de Maas bij Luik gemiddeld 3 graden warmer. Veranderingen in temperatuur en drempelwaarden zijn vaak belangrijke prikkels voor de timing van paaitrek of andere veranderingen van habitat gedurende het seizoen. Door thermische verontreiniging kan de timing van migratie en paai worden verschoven, waardoor deze niet meer aansluit op de optimale milieuomstandigheden.

Habitat

Over de eisen die vissen stellen aan de kwaliteit van verbodingshabitats is niet veel bekend (KleinBreteler & Kranenbarg 2000). In veel watersystemen zijn op grote schaal onnatuurlijke materialen gebruikt als damwand, betonnen bodems (denk aan het stroombed van veel beken door dorpen), verharde oevers met stortsteen en dergelijke. Daarnaast hebben barrières vaak habitatveranderingen tot gevolg. Door verstuwning veranderen de tussenliggende panden in diepere en langzaamstromende watersystemen, welke bijvoorbeeld de larvale drift beïnvloeden.

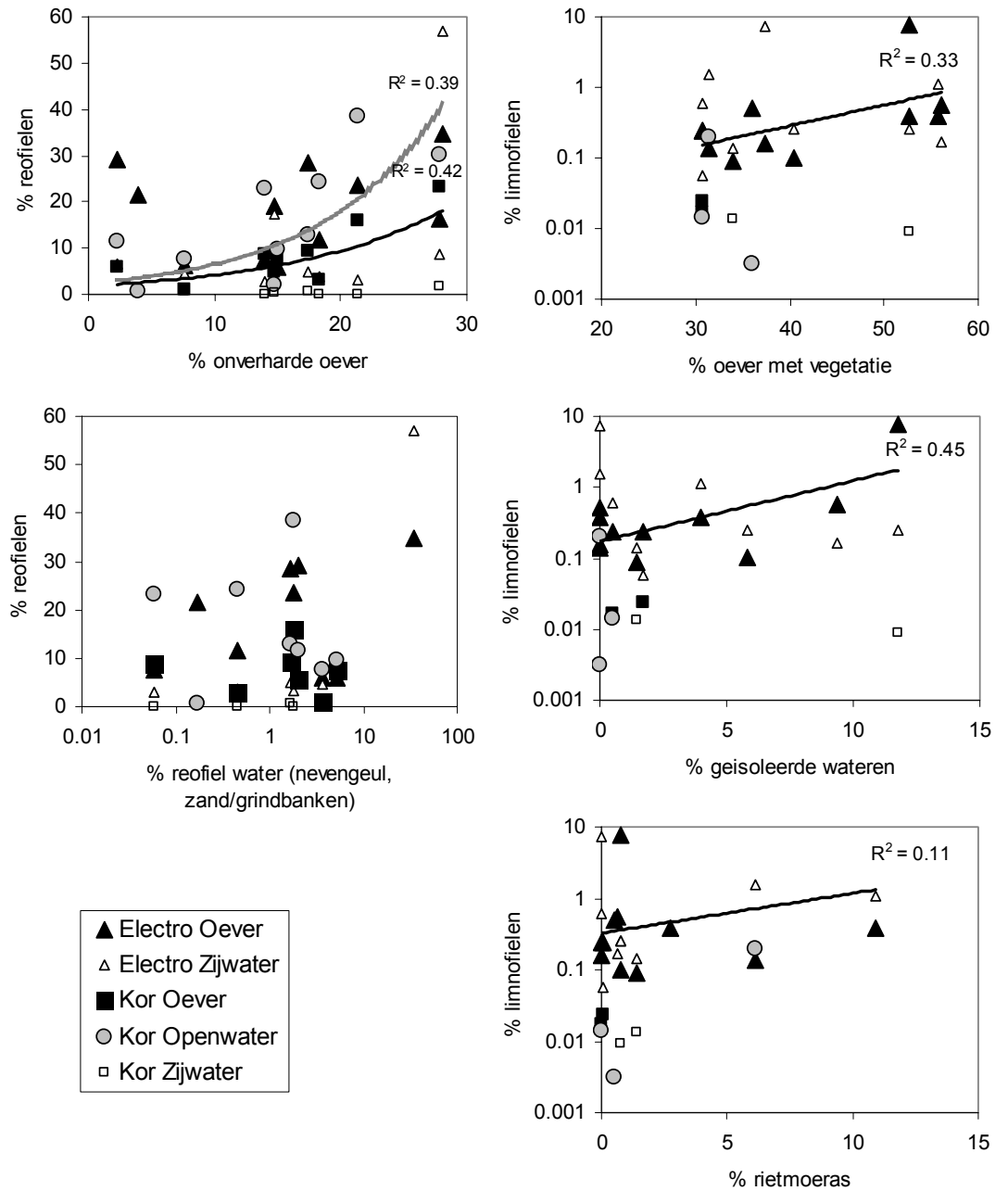
3.3 Habitatveranderingen

3.3.1 Netwerk natuurlijke situatie

In voorgaande paragraaf werd al genoemd dat voor vissen het samenstel van noodzakelijke habitats belangrijk is en of deze te verbinden zijn. Dat betekent dat vaak op grote schaal netwerken van soort-specifieke en levensfase-specifieke habitats beschikbaar moeten zijn (Ward & Stanford 1995). Over de schaalfactoren en hoe dergelijke netwerken eruit moeten zien voor een goed functioneren is nog weinig bekend. In het Nederlandse rivierengebied is wel duidelijk dat sterke regulering van de rivier door stuwen, kribben en uitgebaggerde scheepvaartroutes omzoomd door dijken die de uiterwaarden doorgaans isoleren van de hoofdstroom, het aanbod aan habitats drastisch is afgenomen ten opzichte van een meer natuurlijke situatie waarin de dynamiek in afvoer zorgt voor een breed scala aan (vaak tijdelijke, seizoensgebonden) habitats. Rivieren als Biebrza en Narew (Polen), Don en Wolga (Rusland) en delen van de Donau (Oostenrijk, Roemenië) zijn voorbeelden waar die dynamiek en bijbehorende habitats duidelijk aanwezig zijn en verantwoordelijk voor een hoge biodiversiteit en visproductie (FAME documenten in voorbereiding).

3.3.2 Rol van natuurlijke oevers

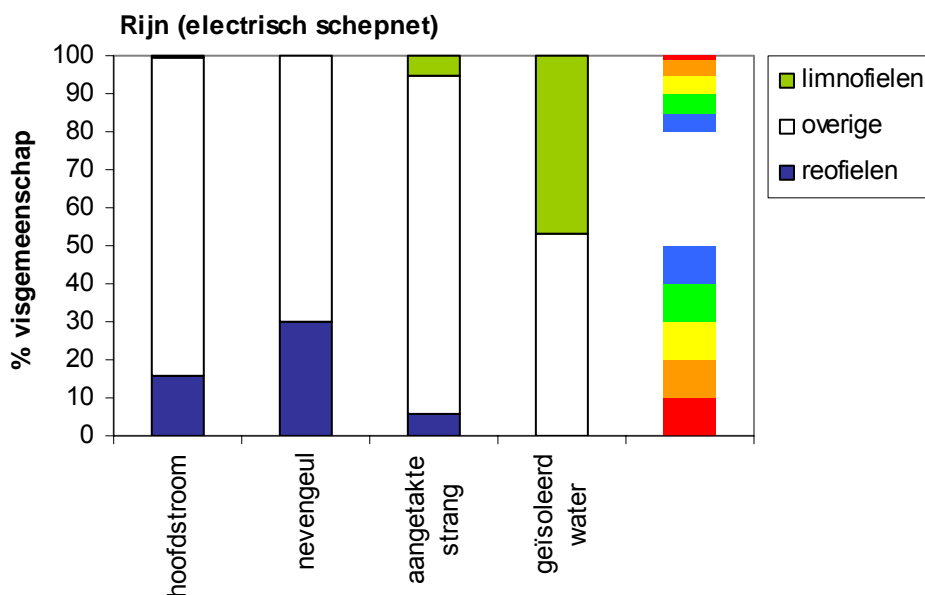
Oevers zijn in natuurlijke toestand rijk gestructureerde habitats met (zeer) beperkte stroming. Natuurlijke oeverzones kunnen bestaan uit geleidelijke taluds van sediment van zand of grind, al of niet met vegetatie (zowel ondergedoken als helofytisch). Tal van vissoorten vindt in jongere levensstadia langs dergelijke oeverzones foerageermogelijkheden en schuilplekken die van belang zijn als opgroeigebieden. Langs verharde oevers ontbreekt dergelijke gestructureerde variatie die in het bijzonder wordt benut door jonge reofiele vis (met name zandige oevers) en limnofiele soorten (begroeide oevers met deels onderwater vegetatie). De MWTL vismonitoring wordt in 11 riviertrajecten (kerngebieden) in het Nederlandse rivierengebied uitgevoerd. De jaarlijkse visstandgegevens in de periode 1997-2004 zijn gekoppeld aan ecotopenkaarten (GIS RIZA) om te zien in hoeverre variatie in oeverconstructie e.d. samenhangt met het huidige voorkomen van vissen (daarbij dient vermeld te worden dat vergelijkingen tussen kerngebieden slechts beperkt mogelijk zijn, Tien et al. 2004) (Figuur 1). Het blijkt dat het aandeel onverharde oevers een verband vertoont met vooral het voorkomen van reofielen. Voor limnofielen lijkt, zoals verwacht, de aanwezigheid van oevers met vegetatie gunstig uit te pakken. Daarbij moet worden opgemerkt dat limnofielen vooral in uiterwaardplassen mogen worden verwacht, die echter niet worden bemonsterd in de MWTL-monitoring; daarom levert de huidige monitoring slechts een zwakke afspiegeling van de limnofiele visgemeenschap.



Figuur 1. Relatie tussen relatieve abundantie van reofielen (links) en limnofielen (rechts) in 11 kerngebieden van de MWTLmonitoring (1997-2004) en het voorkomen van voor vissen belangrijke ecotopen in die riviertrajecten.

3.3.3 Rol van uiterwaardwateren

De rol van uiterwaarden is in Nederlandse rivieren marginaal geworden. De natuurlijke werking van veranderingen in beek- en rivierlopen door meanderen en vlechten, waardoor meestromende nevengeulen of natuurlijke zijwateren danwel geïsoleerde riviertakken ontstaan, is aan banden gelegd. Daardoor is de diversiteit aan habitats enorm verminderd. Er zijn enkele nevengeulen aangelegd in de jaren '90 (Tabel 3) in het kader van rivierherstel. Intensieve bemonsteringen van de visstand in nevengeulen en andere uiterwaardwateren laten zien dat nevengeulen van belang zijn voor reofiele soorten (bijvoorbeeld barbeel, kopvoorn, winde) en dat meer geïsoleerde plassen van belang kunnen zijn voor limnofiele soorten (bijvoorbeeld zeelt, kroeskarper, ruisvoorn en bittervoorn) (figuur 2; Grift 2001). In het Nederlandse rivierengebied zijn nevengeulen echter nog erg zeldzaam en zijn uiterwaarden afgescheiden van de rivier door zomerdijken. Onze uiterwaarden overstromen schoksgewijs en alleen bij hoge waterstanden, maar vormen geen natuurlijk onderdeel met het riviersysteem. Het kan ook anders: rivieren als Wolga, Donau, en sommige rivieren in Polen en Litouwen hebben een veel natuurlijker dynamiek behouden. De uiterwaarden vormen hier een dynamisch geheel met de hoofdstroom van de rivier en zijn veel rijker aan limnofiele en reofiele vissoorten. Vooral wanneer vloedvlaktes onderlopen tijdens de piek in de rivierafvoer in het voorjaar maken vele soorten gebruik van deze tijdelijk beschikbare habitats voor paai en/of opgroei van jonge vis. Wanneer het water zich geleidelijk terugtrekt verzamelt vis zich in een netwerk van plassen en geulen of in de hoofdstroom van de rivier, in aantallen die ons inmiddels vreemd zijn.



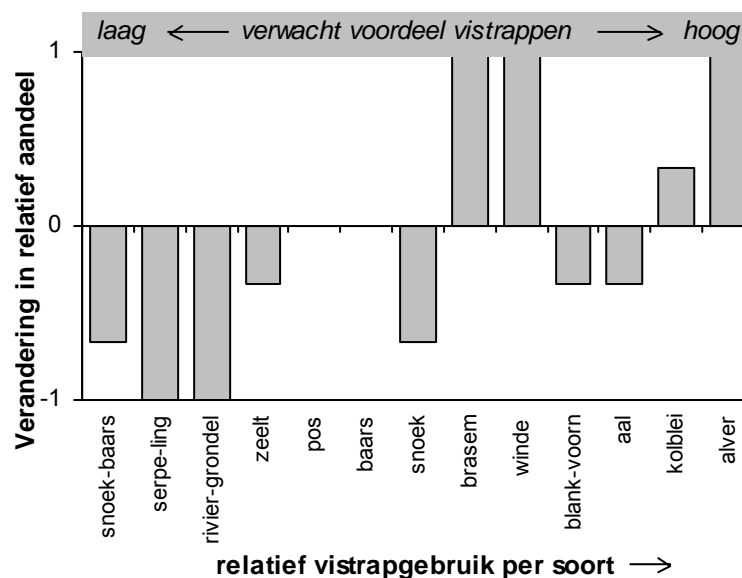
Figuur 2. Aandeel van verschillende ecologische groepen in de visstand in de Rijn en Waal op basis van bemonsteringen met het elektrisch schepnet in respectievelijk de hoofdstroom (MWTM monitoring) en in verschillende typen uiterwaardwateren langs de Waal (Grift 2001). De rechter kolom geeft de maatlatten voor limnofielen (boven) en reofielen (onder).

4. Maatregelen

4.1 Maatregelen om migratiemogelijkheden te verbeteren

Maatregelen om passeerbaarheid van stuwen te verbeteren.

Met name in de jaren '90 zijn veel vistrappen aangelegd, hetzij om stuwcomplexen van grotere rivieren heen, hetzij vormen van vispassages over de volle breedte van beken. Het resultaat van deze inspanningen anno 2004 is dat alle 6 stuwen in de Overijsselse Vecht zijn voorzien van vispassages, alle 3 in het Nederlandse deel van de Rijn en in de Maas 5 van de 7. Daarmee is de Maas optrekbaar tot Grave (wordt in 2005 voorzien dat er met de bouw van de vistrap wordt aangevangen) en vervolgens weer tot de in Nederland meest stroomopwaarts gelegen stuw bij Borgharen, die pas later van een vispassage wordt voorzien in afwachting van een besluit over de aanleg van een waterkrachtcentrale. De vispassages in de Maas zijn geëvalueerd op passeerbaarheid voor groottes en soorten. In de Overijsselse Vecht is een uitgebreid promotieonderzoek gewijd aan de evaluatie (o.a. Winter & van Densen 2001, Winter subm.). De algemene conclusies luiden dat de V-vormige bekkenvistrappen passeerbaar zijn voor een breed scala aan soorten en ook voor kleinere exemplaren van 5 cm. Hiermee is het belangrijkste resultaat bereikt: de vrije optrek in de grote rivieren is in principe mogelijk. Onduidelijk is echter welk deel van de populatie daadwerkelijk de uitstroomopening van de vispassage kan localiseren en daardoor gemotiveerd wordt om verder op te trekken. Ervaringen met de winde in de Overijsselse Vecht laten zien, dat stuwen ook indien deze zijn voorzien van een vispassage een dagenlange vertraging in de stroomopwaartse migratie kunnen veroorzaken en dat slechts een gedeelte van de vissen, die zich onder de stuw bevinden, de vispassage gebruiken om verder te trekken (Winter subm.). Dit kan betekenen dat het bereiken van de paaigebieden vertraagd wordt. Zeker als er een groter aantal stuwen gepasseerd moet worden zou slechts een deel van de populatie arriveren. De consequenties hiervan zijn onduidelijk, maar kunnen verstrekkend zijn. Bij grotere rivieren neemt de efficiëntie van omleidingsvistrappen af omdat de kans op (tijds) locatie van de vistrap afneemt met de breedte en afvoer van de rivier.



Figuur 3. Relatie tussen veranderingen in het aandeel dat soorten innemen in de visstand in de jaren 1970 en na 1990 en de mate waarin soorten gebruik maken van vistrappen in de Vecht (vangsten in hoofdstroom > vangsten in vistrappen; Winter, subm.).

De mate waarin gebruik wordt gemaakt van vistrappen en het relatieve voordeel van de aanleg van vistrappen is goed onderzocht in de Overijsselsche Vecht (o.a. Winter, subm.). Soorten die weinig gebruik maken van vistrappen – links in de fig. 3 – blijken ten opzichte van de periode voor aanleg van vistrappen naar verhouding afgenomen (dat wil niet zeggen dat de populatie als zodanig ook is afgenomen). Soorten die relatief veel gebruik maken van vistrappen – rechts in de grafiek - zijn verhoudingsgewijs toegenomen in de populatie. Interessant aan deze studie is dat een reofiele soort als winde dus wel is toegenomen en baat lijkt te hebben gehad bij de verbeterde mogelijkheden, maar een reofiele soort als serpeling niet. Serpeling is een soort die van andere habitats gebruik maakt, bijvoorbeeld kleinere stromende zijriviertjes en beken. Deze zijn nog altijd door stuwen afgescheiden van de Vecht en het aanleggen van vistrappen in de Vecht heeft voor deze soort dus niet of nauwelijks een toegevoegde waarde gehad.

Er zijn verschillende mogelijkheden om de effecten van barrières te verminderen (tabel 2). Het volledig opheffen van de barrière is de meest doeltreffende oplossing, aan andere oplossingen kleven altijd beperkingen.

Tabel 2. Mitigerende maatregelen bij fysische barrières

Categorie maatregelen	Beheers-optie	Voorbeelden	Effectiviteit en bepalende factoren	Kennisbehoefte
Opheffen barrière	Herstel	Weghalen van zomerdijken ('ruimte voor rivieren') en stuwen (beken)	Volledig effectief	Belang van de barrière voor andere dan natuurfuncties
Barrière continu beter passeerbaar maken	Vispassage (vistrap)	V-vormige bekkentrap, Vertical slot, de Witpassage, hevelpassage, aalgoot ¹	Soortspecifieke werking die varieert met temperatuur en afvoer. Vistrappen die stuwen vervangen (kleine wateren) meer effectief dan in omleiding	Zwemcapaciteit (sprint- en sprongvermogen), zoekgedrag en mate van 'vinden' en acceptatie van geboden omleiding
	Visgeleidings-systeem	Afleiding van vis naar vispassage of beter passeerbaar deel van barrière m.b.v. Louvre-systemen, kantelbare roosters, licht-, geluid-of bellen- of elektrische schermen	Alleen voor stroomafwaartse migratie en zeer soortspecifieke effectiviteit die varieert met afvoer. De meest effectieve oplossingen (bijv. kantelbare roosters) zijn zeer kostbaar in aanleg en gebruik.	Huidige oplossingen zijn veelal in te geringe mate effectief voor een breed spectrum aan soorten. Stroomopwaartse visgeleidings-systemen zijn nauwelijks beschikbaar. ^{2,3}
Barrière tijdelijk beter passeerbaar maken	Sluisbeheer	Spuisluizen een groter gedeelte van getijcyclus open laten staan. Extra schuttingen van scheepsluizen, of tijdelijk strijken van stuwen in migratieperioden	Soortspecifieke werking die varieert met temperatuur, afvoer en stromingsrichting (actief getijden transport)	Zwemcapaciteit (sprint- en duurvermogen), timing van migratie, optimalisering spuiregime ⁴
	Periodieke stopzetting	Waterkrachtcentrales	Effectief voor doelsoorten waarvan migratiepieken kort duren en voorspelbaar zijn.	Timing van migraties en omgevingsvariabelen die deze bepalen of ontwikkeling van vroegwaarschuwingssystemen
Verplaatsen van vis langs barrière	Overbruggingsmaatregel	Vangen van vis en deze langs (serie) barrières verplaatsen	Afhankelijk van vangstefficiëntie. Arbeidsintensief en stressvol voor vis: weinig effectief	Effect van stress door vangst en behandeling.

1 Clay 1995, 2 Popper & Carlson 1998, 3 Larinier & Travade 1999, 4 De Boer 2001

stroomopwaartse migratie

Voor het verbeteren van stroomopwaartse migratie zijn vistrappen een beproefd middel (o.a. Clay 1995, Jungwirth et al. 1998, Winter, subm.). Bij voorkeur worden deze aangelegd over de volledige breedte (zoals in beken mogelijk is), anders als omleiding.

De volgende typen omleidingen worden onderscheiden:

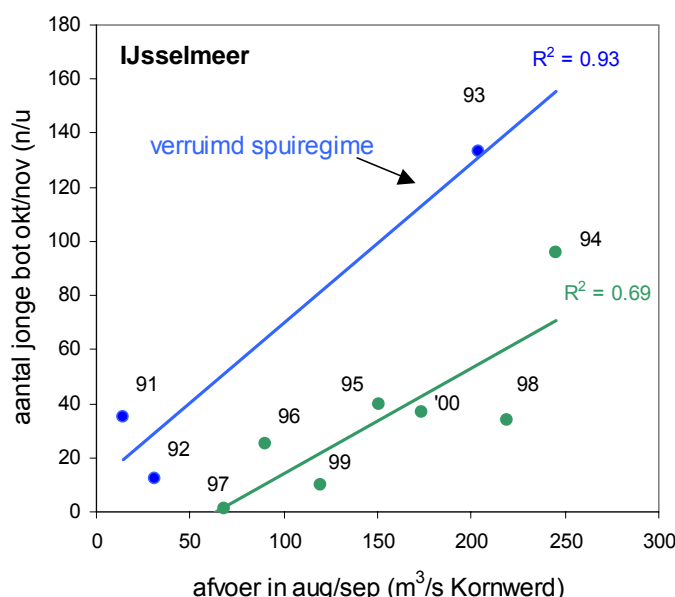
- bekkentrappen met v-vormige overlaten: veelvuldig gebruikt, wellicht minder geschikt voor snoekbaars, pos en bot
- vertical slot: relatief goed voor bodemvissen
- denil: voor sterke zwemmers
- hevelpassage: voornamelijk geschikt voor driedoornige stekelbaars (Wintermans)
- De Wit-passage: vooral in polder- en boezemwateren
- aalgoten: specifiek voor glasaal aangelegd
- visluizen: functioneren veelal niet goed, discontinue lokstroom

Bij zoet-zoutovergangen is de stroomopwaartse migratie via spuisluizen te verbeteren door aangepast sluisbeheer (bijvoorbeeld 'de kier' Haringvliet 2005, Afsluitdijk 1991-1993 (fig. 4) en in toekomst). Voor kleine vis is het herstellen van mogelijkheden voor selectief getijden transport door het toestaan van getijdebewegingen van belang (Dekker & van Willigen 2000).

stroomafwaartse migratie

Er bestaan verschillende typen visgeleidingssystemen om vissen om obstakels (met name waterkrachtcentrales) te leiden (o.a. Coutant & Whitney 2000, Larinier & Travade 1999):

- licht (Hadderingh KEMA): zeer soortspecifieke werking waarbij sommige soorten worden afgestoten en andere juist aangetrokken, minder goed bij hoge afvoer en troebel water, juist wanneer meeste stroomafwaartse verplaatsingen plaatsvinden
- geluid (Turnpenny UK, Popper & Carlson 1998): lijkt weinig efficiënte oplossing
- louvers (N-Amerika): kunnen deel vis afleiden
- roosters: duur en onderhoudsgevoelig, maar goed werkzaam mits schuin geplaatst
- periodiek stilzetten van turbines: (RIVO, KEMA, Duitse partners 2002-2003, schieraal) werkt goed als de timing van de migratie goed voorspelbaar is en in sterke kortdurende pieken plaatsvindt



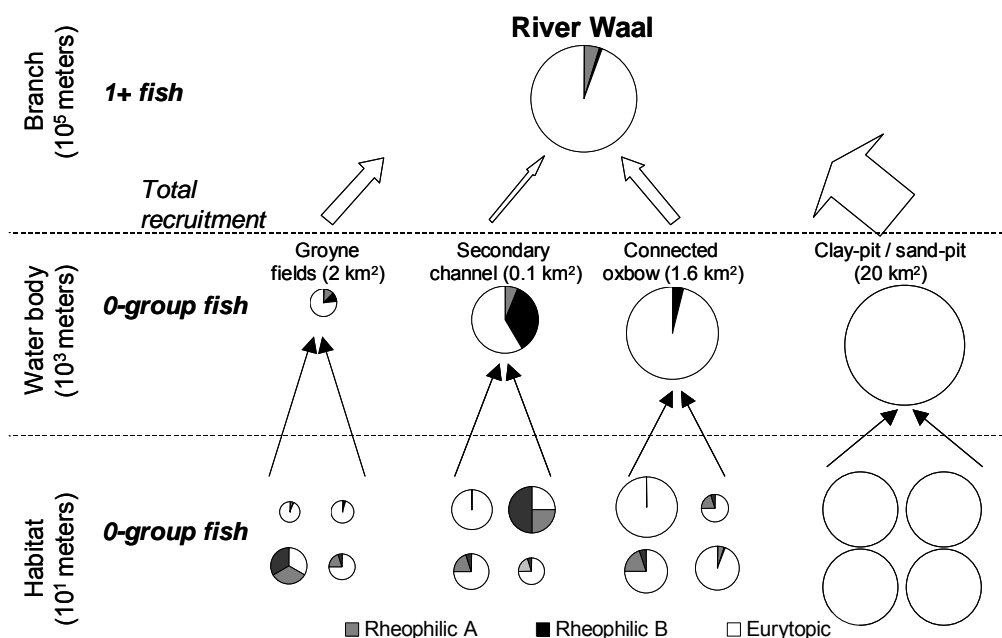
Figuur 4. Relatie tussen aantal jonge bot in het IJsselmeer en de afvoer bij de spuisluizen in Kornwerd. Bij een verruimd spuisbeheer (sluizen langer open) zoals toegepast in de periode 1991-1993 nemen de aantallen intrekende botten toe.

4.2 Maatregelen om habitats te verbeteren

De belangrijkste habitatverbeteringen betreffen het uitbreiden van structuurrijke, meer natuurlijke oevers en het betrekken van uiterwaarden in een meer natuurlijke dynamiek met de hoofdstroom.

Voor reofielen zijn natuurlijke onbegroeide zwakstromende oever zones het meest aantrekkelijk, terwijl limnofielen meer profiteren van vegetatierijke oevers.

Het beter integreren van uiterwaarden in de natuurlijke rivierdynamiek kan door weinig stromende habitats te bevorderen. Met name licht meestromende nevengeulen zijn geschikt als opgroeigebied voor reofielen, en eventueel eenzijdig aangetakte ondiepe wateren. Voor limnofielen zijn geïsoleerde wateren van belang: afgelegen plantenrijke wateren die zelden onder lopen zijn ideaal voor zeelt, kroeskarper en grote modderkruiper, soorten die tolerant zijn tegen lage zuurstofspanningen. Onderzoek naar de bijdrage van verschillende habitats aan de productie van jonge vis in de Waal geeft een goede kwantitatieve onderbouwing (Fig. 5, Grift 2001). De diversiteit van habitats in nevengeulen draagt bij aan een aanzienlijke soortdiversiteit (met name aan reofiele soorten), terwijl zand- en kleiputten vooral een bijdrage leveren aan eurytope soorten als brasem. Aan de relatieve abundanties is ook te zien dat het uitbreiden van



het aantal nevengeulen en verminderen van zand- en kleiputten een gunstig effect heeft op de relatieve abundantie van reofielen.

Figuur 5. Bijdrage van habitatdiversiteit in verschillende typen uiterwaardwateren aan de productie van jonge vis in de Waal (synthese Grift 2001). De grootte van de taartdiagrammen weerspiegelt de relatieve abundantie van visgroepen.

Behalve de bijdrage van specifieke habitats in de uiterwaarden kunnen veel vissoorten profiteren van een geleidelijk patroon van overstromingen en weer terugtrekken van water. Daarvoor is het nodig dat zomerdijken geen hindernis vormen. In veel gevallen zullen uiterwaarden verlaagd moeten worden (nu liggen uiterwaarden vaak aanzienlijk hoger dan het waterniveau in de hoofdstroom).

4.3 Voorbeelden van effecten van maatregelen op de visstand in Nederlandse rivieren

Met het oog op verbeteringen in de visstand in rivieren is men in de jaren '90 begonnen met een aantal projecten om nevengeulen te (her)creëren ten behoeve van stroomminnende soorten (Tabel 3). In het kader van 'Ruimte voor Rivieren' zal het ecologisch functioneren van vloedvlakten en uiterwaardwateren verder worden verbeterd. Daarnaast zijn langs de meeste stuwen vistrappen aangelegd of gepland voor de komende jaren. In de Nederlandse Rijntakken zijn alle stuwen van vistrappen voorzien. In de Maas zijn vijf van de zeven stuwen uitgerust met een vistrap. Grave en Borgharen volgen nog. De dammen aan de zeezijde (Afsluitdijk, Haringvlietdam) vormen waarschijnlijk nog belangrijke barrières, met name voor kleinere soorten of levensstadia. Ook is de waterkwaliteit aanzienlijk verbeterd sinds de '70-er jaren, met name in de Rijn. In de Maas is dit in mindere mate het geval, maar de waterkwaliteit in de Maas is nooit zo slecht geweest als in de Rijn op haar dieptepunt het geval was.

Tabel. 3. Overzicht beheersmaatregelen voor herstel visstand in Nederlandse rivieren.

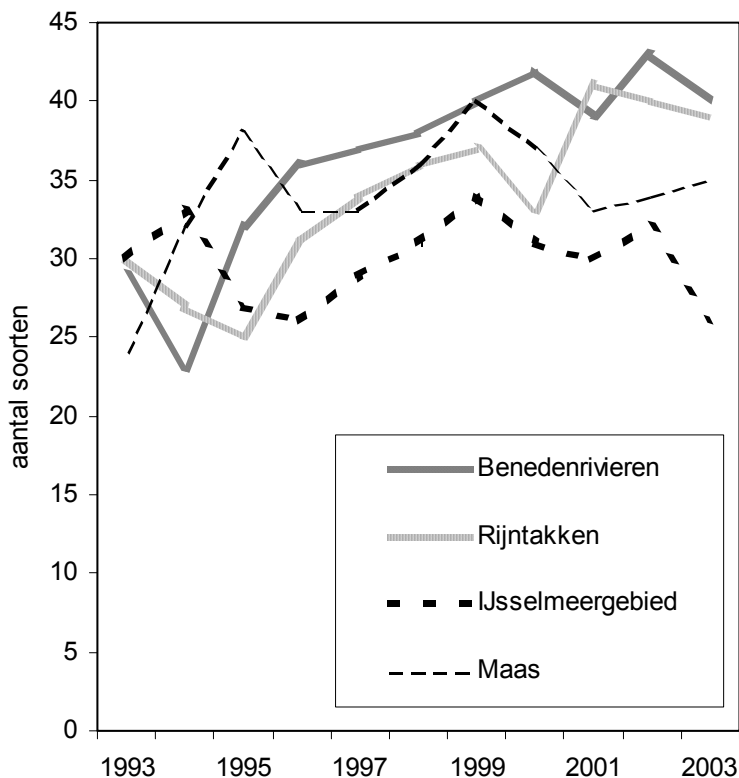
Beheersmaatregel	Rivier	Locatie	Type	Jaar
Toegevoegd uiterwaardwater	IJssel	Duursche Waarden	Aangetakte strang	1989
	Neder-Rijn Nieuwe Merwede Waal	Blauwe Kamer	Aangetakte strang	1992
		Dordtse Biesbosch	Nevengeul	1992
		Opijnen	Nevengeul	1994
		Beneden-Leeuwen	Nevengeul	1995/97
		Gameren	Nevengeul	1996/99
		Wetland Passewaaij	Aangetakte strang	1996
		Klompewaard	Nevengeul	2000
		Grensmaas	Meers	Aangetakt water	2000
Vispassages	Maas	Lith		1992
		Grave		gepland
		Belfeld		1993
		Sambeek		1994
		Roermond		1993
		Linne		1991
	Neder-Rijn	Borgharen		gepland
		Hagestein		2004
		Amerongen		2004
		Driel		2001

In hoeverre hebben al deze herstelmaatregelen een positief effect gehad op de visgemeenschappen in onze rivieren? Om de ontwikkelingen in een scala aan riviervissoorten te kunnen volgen, inclusief de vaak kritische zeldzamere soorten, is er in 1992 een monitoringprogramma van start gegaan. Op dertig locaties in Nederland wordt in samenwerking met beroepsvissers de vangsten in fuiken bijgehouden gedurende een groot deel van het jaar (april-november). Met een dergelijke grote inspanning is het mogelijk om ook trends in de zeldzamere soorten te bepalen (De Leeuw et al. 2002, in press). Aangezien elke vissoort specifieke eisen stelt om zijn levenscyclus te kunnen voltooien kunnen trends in aantallen van die soorten graadmeters zijn van het ecologische functioneren van rivieren en mogelijke knelpunten duidelijk maken.

Over de afgelopen tien jaar is het aantal soorten dat in de fuiken is gevangen duidelijk toegenomen in de Rijntakken en het Benedenrivierengebied. In de Maas is hooguit een lichte toename te zien, terwijl in het IJsselmeer het aantal aangetroffen soorten redelijk constant blijft (Fig. 6).

Tabel 4. Trends in aantallen per fuiketmaal voor de zoetwatervissoorten in een viertal watersystemen: Benedenrivieren, Maas, Rijntakken en IJsselmeer, en de trend berekend voor deze vier watersystemen samen gebaseerd op de passieve monitoring gedurende 1993-2002 met behulp van log-lineaire regressiemodellen: ++ : significante toename ($p < 0.05$), +: mogelijke toename ($p < 0.1$), - : significante afname ($p < 0.05$), -: mogelijke afname ($p < 0.1$), 0 : geen trend, . : onvoldoende data (De Leeuw et al in druk).

Soort	Totaal	Beneden- rivieren	Maas	Rijn- takken	IJssel- meer
Stroominnend zoet					
Beekprik (<i>Lampetra planeri</i>)	++	0	.	0	0
Barbeel (<i>Barbus barbus</i>)	+	++	++	0	.
Sneep (<i>Chondrostoma nasus</i>)	+	.	.	.	.
Riviergrondel (<i>Gobio gobio</i>)	0	++	0	0	-
Kopvoorn (<i>Leuciscus cephalus</i>)	++	0	.	0	.
Winde (<i>Leuciscus idus</i>)	0	--	+	0	-
Serpeling (<i>Leuciscus leuciscus</i>)	0	--	.	0	.
Roofblei (<i>Aspius aspius</i>)	++	.	0	0	.
Houting (<i>Coregonus lavaretus</i>)	++	+	.	.	+
Elrits (<i>Phoxinus phoxinus</i>)	.	.	.	.	.
Gestippelde alver (<i>Alburnoides bipunctatus</i>)	.	.	.	.	.
Kleine modderkruiper (<i>Cobitis taenia</i>)	++	.	.	++	--
Bermpje (<i>Barbatula barbatula</i>)	0	.	.	0	.
Kwabaal (<i>Lota lota</i>)	++	0	++	++	.
Rivierdonderpad (<i>Cottus gobio</i>)	0	0	0	0	0
Stroominnend zoet-zout					
Rivierprik (<i>Lampetra fluviatilis</i>)	0	0	++	0	-
Zeeprik (<i>Petromyzon marinus</i>)	++	0	0	0	0
Fint (<i>Alosa fallax</i>)	++	--	0	0	0
Elft (<i>Alosa alosa</i>)	.	.	.	.	.
Spiering (<i>Osmerus eperlanus</i>)	++	0	0	++	0
Houting (<i>Coregonus oxyrinchus</i>)	++	.	.	.	.
Forel (<i>Salmo trutta</i>)	++	-	.	0	0
Zalm (<i>Salmo salar</i>)	++	.	.	+	0
Atlantische teur (<i>Acipenser sturio</i>)	.	.	.	.	.
Driedoornige stekelbaars (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)	0	-	.	0	0
Bot (<i>Platichthys flesus</i>)	--	--	.	--	0
Niet-specifiek					
Paling (<i>Anguilla anguilla</i>)	0	0	0	0	0
Kolblei (<i>Blicca bjoerkna</i>)	--	--	0	0	0
Alver (<i>Alburnus alburnus</i>)	--	--	0	--	0
Giebel (<i>Carassius auratus</i>)	+	0	0	++	.
Karper (<i>Cyprinus carpio</i>)	0	0	+	++	0
Snoek (<i>Esox lucius</i>)	0	--	0	--	0
Meerval (<i>Silurus glanis</i>)	++	++	++	++	0
Plantenminnend					
Kroeskarper (<i>Carassius carassius</i>)	++	0	++	0	+
Vetje (<i>Leucaspis delineatus</i>)	0	.	.	0	.
Bittervoorn (<i>Rhodeus sericeus</i>)	0	.	.	0	.
Ruisvoorn (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)	--	--	-	0	0
Zeelt (<i>Tinca tinca</i>)	++	0	0	0	0
Grote modderkruiper (<i>Misgurnus fossilis</i>)	++	0	.	++	--
Tienddoornige stekelbaars (<i>Pungitius pungitius</i>)	.	.	.	.	.



Figuur 6. Ontwikkeling in het aantal inheemse soorten die in de gebieden IJsselmeer, Benedenrivierengebied, Maas en Rijntakken zijn aangetroffen in de periode 1993-2002.

Per soort bekeken over alle gebieden tezamen is er voor veel soorten een significante toename in de periode 1993-2002 te zien (Tabel 4). Per gebied zijn minder trends significant. Vrijwel alle in Nederland voorkomende zoetwatervissen zijn aangetroffen. In het rivierengebied zijn de veranderingen groter en met name in de Rijntakken en Maas nemen een aantal soorten toe. De ontwikkelingen in de laatste 10 jaar lijken op een herstel te wijzen van de riviervisfauna, waarbij in ogenschouw moet worden genomen dat de situatie voor de start van het monitoringsprogramma in 1992 nog slechter is geweest. Omdat er meerdere herstelmaatregelen gelijktijdig zijn uitgevoerd is het moeilijk om uit trends het effect van afzonderlijke ingrepen te evalueren. Het is echter duidelijk dat vergeleken met de visstand zoals die er rond 1900 moet hebben uitgezien of de visstand in andere meer natuurlijke grote rivieren zoals de benedenlopen van de Wolga of de Donau, nog veel soorten in veel lagere aantallen voorkomen. Met name de riviervissen, waarover relatief veel historische gegevens beschikbaar zijn, zijn nog ver verwijderd van de eens veel grotere visbestanden.

4.4 Prioriteren van maatregelenpakketten

Om inzicht te krijgen in welke maatregelen het meest wenselijk zijn om de visstand in stromende wateren te verbeteren en hoe maatregelen samenhangen is een beslisboom opgesteld (figuur 7).

Nu de waterkwaliteit sterk is verbeterd en migratiebelemmeringen steeds meer worden weggenomen lijkt het belangrijkste knelpunt voor veel riviervissen de geringe aanwezigheid van specifieke essentiële habitats. Met name de huidige kwaliteit van uiterwaardwateren, de geringe beschikbaarheid van vloedvlaktes en de abrupte zout-zout overgangen, danwel afwezigheid van goed functionerende estuaria en zoetwatergetijdengebieden zal voor een aantal soorten beperkend zijn.

Diadrome soorten als steur en zalm hebben een bijna mythische status (c.q. hoge aaibaarheid) waarvoor veel geld voor herstel van de populatie in principe gereserveerd wordt. Als min of meer uitgestorven soorten is een herintroductie nodig. Voor zalm is een dergelijk programma, evenals voor diadrome houting, al gaande. Voor steur worden herintroducties in overweging genomen. Voor andere diadrome soorten als fint en mogelijk zelfs ook de zeldzamere elft lijken voldoende vissen aanwezig die zich nu nog gedragen als zogenaamde 'strayers', dat wil zeggen soorten die in kleine aantallen al de rivieren weten te bereiken vanuit andere populaties maar hier nog geen eigen populatie opbouwen, vermoedelijk vanwege gebrek aan geschikt habitat. Prikken en zeeforel vormen zichzelf in stand houdende populaties, zij het dat de aantallen laag zijn.

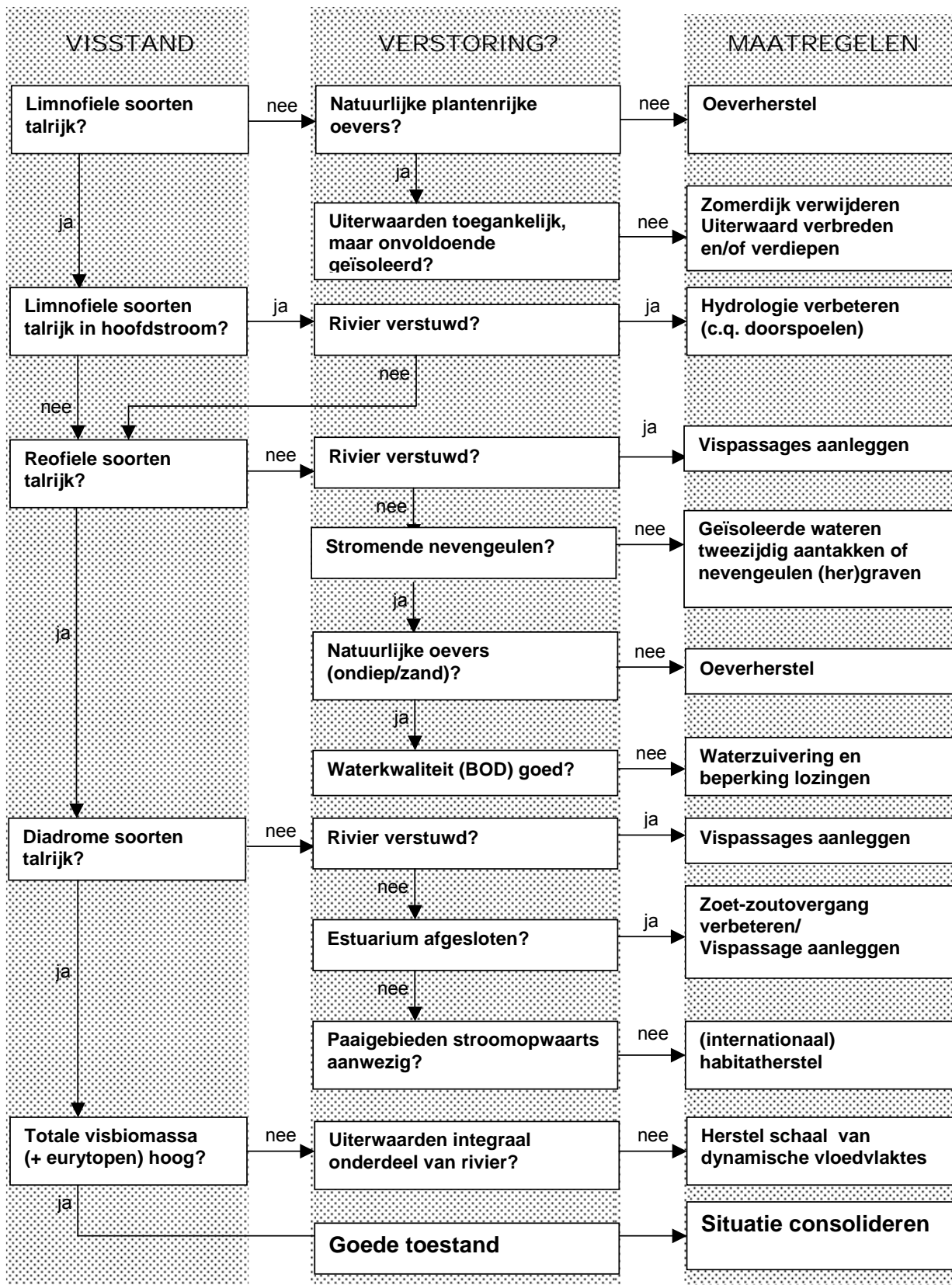
Diadrome soorten zijn vooral gebaat bij goede trekroutes tussen zee en paaigebieden. Over de kwaliteit van paaigebieden is feitelijk vrij weinig bekend. De zeeforel heeft zich kunnen handhaven in beide stroomgebieden en ook de zalm kan zich succesvol voortplanten in enkele zijriviertjes van de Duitse Rijn. In hoeverre de huidige potentiële paaiplaatsen ook weer geschikt zijn voor houting, elft en steur is nog onbekend. Met name voor de steur die een voorkeur heeft voor diepe stroomkommen in de buitenbochten van de hoofdstroom zouden de paaiplaatsen wellicht ontoereikend zijn.

Reofiele soorten zijn over het algemeen ook soorten die worden beperkt door geblokkeerde trekroutes, maar vermoedelijk meer door het ontbreken van karakteristieke variatie in stromende habitats. De ironie wil dat in meer gereguleerde systemen met weinig habitat-heterogeniteit, vissen die verschillende habitats nodig hebben vaak over grotere afstanden moeten trekken.

Stromende nevengeulen zijn waarschijnlijk beperkend habitat voor reofiele soorten als barbeel en sneep (Grift 2001). Naarmate er meer nevengeulen (of vlechtende rivieren) zijn kan het aantal reofielen toenemen. Paaihabitats kunnen ook beperkend zijn of worden. Wanneer sprake is van keuze van locaties voor herstelmaatregelen met betrekking tot bijvoorbeeld stromende nevengeulen voor jonge reofielen, dan kan het verstandig zijn rekening te houden met de locatie van potentiële paaiplaatsen als grindbanken; na de paai migreren vislarven naar stroomafwaarts gelegen opgroeigebieden ('larvale drift'). Herstel van opgroeigebieden stroomafwaarts van paaigebieden is dan uiteraard veel effectiever dan stroomopwaarts van paaigebieden, maar in het algemeen is nog erg weinig bekend over deze ruimtelijke componenten.

De meest karakteristieke limnofiele soorten zijn zogenaamde 'blackfish' een Amerikaanse term voor vissen die resistent zijn tegen lage zuurstofwaarden en voorkomen in geïsoleerde plantenrijke wateren die slechts zelden overstromen. Het betreft soorten als zeelt, kroeskarper en grote modderkruiper. Schaarre overstromingen zijn noodzakelijk voor genetische uitwisseling van (tijdelijk) geïsoleerde limnofiele populaties, herkolonisatie na verdwijnen van de soort en kolonisatie van nieuw gevormde geschikte habitats. Voor het herstellen van deze specifieke groep vissen zijn zeer brede vloedvlaktes noodzakelijk met een gradiënt in natuurlijke overstromingsfrequenties.

Binnen de huidige door winterdijken afgesneden vloedvlakte is de overstromingsfrequentie vaak te hoog voor de ontwikkeling van wateren met veel hogere waterplanten. Behalve als indicator voor natuurlijke vloedvlaktes, kunnen limnofiele soorten ook een negatieve indicator zijn voor verstuwde beken en rivieren wanneer voorheen stromende habitats worden vervangen door stagnante stuwwakken. Met name bij kleine rivieren en beken zouden maatregelen om de negatieve effecten van verstuwing geprioriteerd moeten worden.



Figuur 7. Beslisboom voor maatregelen ter verbetering van de visstand op basis van karakteristieke deelmaatlaten vis

Eurytope soorten genieten geen hoog aanzien in Nederland en worden vaak als negatieve indicatoren afgeschilderd (bijvoorbeeld 'verbraseming'). Toch zijn eurytope soorten nog altijd de meest abundante soorten in ecologisch zeer goed functionerende riviersystemen. Waar reofiele soorten kenmerkend zijn voor bepaalde stromende habitats en limnofielen voor de meest geïsoleerde stagnante wateren, vullen de eurytopen grote delen van de hoofdstroom en aangetakte wateren of frequent overstroomde uiterwaardplassen. In een dynamische vloedvlakte zullen juist ook eurytopen profiteren van de geboden paai- en opgroeigebieden, resulterend in een sterk toenemende totale visbiomassa van het riviersysteem (zie Fig. 5 en 7).

Duidelijk is dat soorten verschillen in de mate waarin migratiemogelijkheden, habitattherstel en eventueel waterkwaliteit nodig zijn voor verbeteringen. Van belang voor het prioriteren van maatregelen zijn studies naar bottlenecks in de gehele levenscyclus om uit te kunnen maken welke maatregelen op dit moment het meest effectief zullen zijn. Dergelijke studies zijn echter bijzonder schaars.

Op basis van bovengeschetste ervaringen zijn tentitatief een aantal belangrijke maatregelen te benoemen.

1. vispassages ter verbetering van migratiemogelijkheden: deze zijn grotendeels gerealiseerd in rivieren, maar vormen in kleinere stromende wateren nog belangrijke hindernissen. Ook bij zoet-zoutovergangen is nog veel winst te boeken. Verbeteringen aan de effectiviteit van reeds aangelegde passages zijn waarschijnlijk mogelijk en belangrijk.
2. het verbeteren van stromende habitats door aanleg van nevengeulen lijkt effectief en zou op veel grotere schaal toegepast moeten worden langs grote rivieren
3. verbeteringen aan oevers door het aanbrengen van zandige en/of plantenrijke taluds in plaats van steenstort. Intensieve scheepvaart (golfwerking) vermindert echter de effectiviteit van deze maatregel.
4. het gebruik van uiterwaarden zoals ze ooit ontstaan zijn, namelijk als een actief onderdeel in de vloedvlakte kan zeer belangrijk bijdragen aan een rijkere visstand. Uit kosteneffectiviteitsoverwegingen zou daarbij direct aansluiting gezocht moeten worden bij ontwikkelingen op het gebied van 'ruimte voor rivieren' zoals die in het kader van waterbeheersing worden ontworpen. Dit gaat om grootschalige, mogelijke zeer kostbare projecten. Het verdiepen van uiterwaardterrassen is een belangrijk aspect om de situatie voor vissen te verbeteren.
5. overige maatregelen met betrekking tot bijvoorbeeld waterkwaliteit zijn een blijvende zorg. In kleinere rivieren en beken gaat het vooral om eutrofiering door landgebruik en verstedelijking, maar ook het gebruik van persistente stoffen met giftige bijwerkingen die op welke wijze dan ook in het oppervlaktewater komen vormen randvoorwaarden voor verbeteringen aan de visstand.

5. Literatuur

- Boer, W.F. de, 2001. Verbetering van vismigratie door de Afsluitdijk; wat wil de vis?. Haren : RIKZ, 2001. 73 p.
- Clay, C.H., 1995. Design of Fishways and other Fish Facilities, 2nd Edition. Lewis Publishers, Boca Raton. 248 pp.
- Coutant, C.C. & R.R. Whitney, 2000. Fish behavior in relation to passage through hydropower turbines: a review. Transactions of the American Fisheries Society 129, 351-380.
- Cowx, I.G. & R.L. Welcomme, 1998. Rehabilitation of Rivers for Fish. Fishing News Books, Blackwell Science Ltd. Oxford. 260 pp.
- Dekker, W. & J.A. van Willigen, 2000. De glasaal heeft het tij niet meer mee! RIVO-rapport C055/00, 34 p.
- De Leeuw, J.J., H.V. Winter & A.D. Buijse 2002. Riviervis terug in de rivieren? De Levende Natuur 103: 10-15.
- De Leeuw, J.J., H.V. Winter & A.D. Buijse (in press). Management and monitoring the return of riverine fish. Archiv für Hydrobiologie.
- De Leeuw, J.J., J.G.P. Klein Breteler en H.V. Winter 2002. IBI rijkswateren. Verkenning van visindices volgens IBI-methode voor ecologische beoordeling van de rijkswateren. RIVO rapport C059/02
- Dynesius M. & Nilsson C. (1994) Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world. Science, **266**, 753-762.
- Grift, R.E. 2001. How fish benefit from floodplain restoration along the lower River Rhine. Proefschrift Wageningen Universiteit. 205 p.
- Jungwirth, M., S. Schmutz & S. Weiss (eds.), 1998. Fish Migration and Fish Passes. Fishing News Books, Blackwell Science Ltd, Oxford. 438 pp.
- Ketelaars, H.A.M., M. Klinge, A.J. Wagenvoort, J. Kampen & S.M.A. Vernooij, 1998. Estimate of the amount of O+ pumped into a storage reservoir and indications of the ecological consequences. International Review of Hydrobiology 83, 549-558.
- Klein Breteler, J.G.P. & Kranenbarg, J. (2000) Gidssoortenmatrix ecologische netwerkstudies: annex vis. OVB Onderzoeksrapport 87. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. 56 p. + bijlagen
- Kranenbarg, J., J.J. de Leeuw, J. Backx, M. van de Ven 2003. Ecologische beoordeling KRW Achtergronddocument Vissen in grote rivieren KRW expertgroep STOWA/RIZA.
- Larinier, M. & F. Travade, 1999. Downstream migration: problems and facilities. Bulletin Francais de la Peche et la Pisciculture 353/354, 181-210.
- Lucas, M.C. & E. Baras, 2001. Migration of freshwater fishes. Blackwell Science Ltd, Oxford. 420 pp.
- Nie, H.W. de & G. van Ommering (1998) Bedreigde en kwetsbare zoetwatervissen in Nederland. Toelichting op de rode lijst. IKC-Natuurbeheer rapport, **33**, 56 p.
- Noble, R. & I. Cowx 2002. Classification of European fish species. EU FAME report.
- Popper, A.N. & T.J. Carlson, 1998. Application of sound and other stimuli to control fish behavior. Transactions of the American Fisheries Society 127, 673-707.
- Quak, J. (1994) Klassificatie en typering van de visstand in stromend water. p. 59-84 in: A.J.P. Raat [red.] Vismigratie, visgeleiding en vispassages in Nederland. Lezingen en presentaties van de Studiedag Vismigratie, Jaarbeurs Utrecht, 15 december 1993. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. 279 p.
- Schlosser, I.J. (1991) Stream fish ecology: a landscape perspective. Bioscience, **41**, 704-712
- Tien, N.S.H., H.V. Winter & J.J. de Leeuw 2004. Jaarrapportage Actieve Vismonitoring Zoete Rijkswateren. Samenstelling van de visstand in de grote rivieren gedurende het winterhalfjaar 2002/2003. RIVO rapport C0../04
- Vriese, F.T. & M.C. Beers, 2004. Referenties en maatlatten beken KRW Fase I en II. OVB Onderzoeksrapportnummer OND00229.
- Ward J.V. & Stanford J.A. (1995) The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain rivers. Regulated Rivers: Research and Management, **10**, 159-168.

Winter H.V. & W.L.T. van Densen, 2001. Assessing the opportunities for upstream migration of non-salmonid fishes in the weir-regulated River Vecht. *Fisheries Management and Ecology* 8, 513-532.

Winter, H.V. (submitted). Rehabilitating riverine fish communities in the weir-regulated River Vecht: An evaluation of the effect of fishways. *River Research & Applications*.

Bijlage 1. Overzicht menselijke invloeden (pressures) op habitat en visstand

Pressures	Effect op habitat/ecotoop	Effect op vis
Stuwen/sluizen/dammen		
	verbreking longitudinale connectiviteit tussen bovenstroomse en benedenstroomse delen	versnippering, verlies van (migratieroutes van) potamodrome en diadrome soorten; in overgangswateren en zoute meren verschuiving visstand van ER, MJ, MA en MS soorten naar ER en MJ soorten
	vermindering dynamiek afvoer benedenstrooms	verschuiving visstand van rheofiele naar eurytope soorten
	vermindering peildynamiek bovenstrooms: effect op vegetatie en beschutting	verlies vegetatie- en beschuttingsgevoelige soorten
	vergroting sedimentatie bovenstrooms	verlies van substraat- en plantpaaiers; verlies van obligaat fytofiele soorten
	vermindering overstroming uiterwaarden benedenstrooms	verminderde productie epi-benthivoren; verminderde voortplantingsmogelijkheden fytofiele paaiers
	verhoging fyto- en zooplankton productie bovenstrooms	verschuiving visstand naar zooplanktivoren
	verhoging zomertemperatuur beneden- en bovenstrooms	verlies koudwatersoorten
	Onnatuurlijk hoge concentraties vis, gevoelig voor predatie en visserij	verlies diadrome soorten
	verschuiving van hoofdwatertypen 2 en 3 naar hoofdwatertype 4	verlies hoofdwatertype 2 en 3 soorten en toename hoofdwatertype 4 soorten
	verlies getijden- en zoet-zoutdynamiek bovenstrooms zeedam of -sluis	verlies brak- en zoutwatersoorten; verlies diadrome soorten
Waterkrachtcentrales		
	directe invloed op stroomafwaarts migrerende soorten	directe en uitgestelde sterfte van vooral grotere vissen; verlies van diadrome soorten
	vermindering O2-gehalte door drukverandering	verminderde toegang tot vistrappen direct bij waterkrachtcentrales en daardoor migratie belemmerend
Dijken en oevers		
	verbreking laterale connectiviteit tussen hoofdstroom en uiterwaarden	versnippering, verlies van (migratieroutes van) obligate plantenpaaiers die in de hoofdstroom leven
	verschuiving van nevenwatertypen 2 en 3 naar nevenwatertype 4	verlies van nevenwatertypen 2 en 3 soorten en toename van nevenwatertype 4 soorten
	vermindering dynamiek overstroming uiterwaarden, ruimtelijk en temporeel	verschuiving visstand van rheofiele naar eurytope soorten; vermindering productie epi-benthivoren; vermindering biodiversiteit
	vergroting van afvoer en dynamiek van hoofdstroom	vergrote uitspoeling vislarven niet-plantpaaiers
	verlaging fyto- en zooplankton productie uiterwaarden	vermindering productie zooplanktivoren
	verharding oevers	verlies limnofiele en vegetatie-gebonden soorten
	verhoging zomertemperatuur uiterwaarden, verlaging in hoofdstroom	verlies koudwatersoorten
Normalisatie/Kanalisisatie		
	vastlegging hoofdstroom door kribben: verlies rivierdynamiek	verlies pioniersoorten; verlies biodiversiteit
	rechttrekken hoofdstroom: vergroting stroomsnelheid	uitspoelen vislarven en broed; verlies niet-plantpaaiers
	rechttrekken hoofdstroom: afname oeverlengte en (verblijftijd) uiterwaarden	afname limnofiele soorten
	afsluiting nevengeulen	verlies paai- en opgroeihabitat rheofiele soorten
Baggeren		
	verlies substraat met biota en bodemvoedsel	verminderde productie benthivore vis

Pressures	Effect op habitat/ecotoop	Effect op vis
Bergen van specie		
	verondiepen van bestaande winputten in uiterwaarden	toename van biomassa benthivore soorten en aandeel vegetatie gebonden soorten
Winning van delfstoffen		
	uitdieping waterbodem of uitgraving uiterwaard	afname vegetatiegebonden soorten; verminderde visproductie
	afgraving kiezel-, zand- of kleisubstraat	verlies substraatpaaiers (kiezel- en zandsubstraat)
Ontbossing in stroomgebied		
	vergroting sediment afvoer	verlies substraatpaaiers en vegetatiegebonden soorten
	vergroting piekafvoer	uitspoelen vislarven en broed
	verhoging zomertemperatuur hoofdstroom	verlies koudwatersoorten
Wateronttrekking		
	aanzuiging en gebruik water	mortaliteit en beschadiging van met name jonge vis
Waterverdeling		
	verandering van verdeling van de afvoer benedenstreams	verandering stimulus migratie diadrome soorten
Waterberging		
	aanleg nevengeulen	toename jonge rheofiele vissen
	aanleg binnen- of buitendijkse retentiebekkens of polders	toename limnofiele en fytofiele vissoorten
Verbinding stroomgebieden		
	directe invloed	kolonisatie door uitheemse vissoorten; verlies inheemse vissoorten; hybridisatie
	kolonisatie door exoten-niet_vissoorten (incl. ziekteverwekkers)	verandering van voedselbasis inheemse vissen; verlies inheemse vissoorten
Scheepvaart en recreatie		
	direct effect	verstoring en beschadiging of sterfte door schroeven
	ballastwater	introductie nieuwe soorten en ziekten
	golfslag, directe beschadiging vegetatie	afname vegetatiegebonden soorten en in oeverzone opgroeiende jongste levensstadia
	sediment-opwerveling: effect op vegetatie en zuurstofgehalte	afname vegetatiegebonden vissoorten; afname zuurstofgevoelige vissoorten en biomassa vis
	verstuwning	zie stuwen/sluizen/dammen
	oeververharding	zie dijken en oevers
Visserij		
	direct effect	beschadiging, sterfte (bijvangsten en doelsoorten), beïnvloeding leeftijds-opbouw
	vis uitzettingen, e.e.a. in afhankelijkheid van uitgezette soort	verminderde groei door concurrentie; veranderde predatiedruk, genetische vervuiling van natuurlijke populaties
Lozingen		
nutriënten	eutrofiëring, vermindering zichtdiepte, verlies submerse vegetatie	afname limnofiele vissen, toename eurytope vissen
zout	verhoogd zoutgehalte	direct effect (sterfte) op vooral jonge stadia (embryo's, eieren) van zoutgevoelige soorten
koelwater	verhoogde watertemperatuur	verminderde productie of overleving van temperatuur-gevoelige soorten/stadia
organische	verlaagd zuurstofgehalte	verminderde productie of overleving van zuurstof-gevoelige soorten/stadia
microverontreinigingen, hormonale en chemische	direct effect	specifieke effecten, afhankelijk van de soort verontreiniging; wordt hier verder buiten beschouwing gelaten

Bijlage 2. Overzicht van diverse typen migratiebarrières, de effecten hiervan op vismigratie en het huidige kennisniveau.

Type barrière	Omschrijving	Effect op migratiemogelijkheden		Kennisniveau
		Stroomopwaarts	Stroomafwaarts	
<i>Categorie 1: Belemmering van migraties in lengterichting van watersystemen (longitudinaal)</i>				
Dam	Volledige afdamming waterweg	Totale blokkade	Totale blokkade	N.v.t.
Stuw	Lage afvoer: groot waterhoogteverschil Hoge afvoer: gering waterhoogteverschil en hoge stroomsnelheden in stuwopening.	Afhankelijk van spronghoogte (meestal geringe mogelijkheden) Afhankelijk van zwemcapaciteit i.r.t. stroomsnelheden	Mogelijk vertraging door 'aarzeling' boven stuw. Met grote valhoogte op ondiepe harde ondergrond ook sterfte/beschadiging. Bij hoge afvoer geen effect	Inschatting van passagemogelijkheden i.r.t. zwemcapaciteit en temperatuur veelal goed mogelijk. Effect van gedrag veel minder goed bekend. ¹
Spuisluis	Onder vrij verval spuien van overtollig water. Stroomsnelheden afhankelijk van waterhoogte-verschil (meestal o.i.v. getijdencyclus)	Bij gering verval en lage stroomsnelheden mogelijkheden voor actieve zwemmers. Selectief getijden transport (SGT) niet mogelijk	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 SGT ² gebruiken. Voor sterkere zwemmers beter bekend ³
Gemaal	Verpompen van water tegen waterverval in	Tegen pomprichting in: volledig geblokkeerd.	Met pomprichting mee: zware blokkade (krooshek) en sterfte in gemaal.	Weinig bekend over de mate van schade i.r.t. gemaaltype
Scheepvaartsluis	Periodiek inlaten van water vanuit bovenstroomse richting bij schutten omhoog, en uitlaten van water bij schutten omlaag. Deuren gaan pas open als er vrijwel geen stroming meer is.	Migratie is mogelijk, maar door kortdurende lokstroom, wegvallen van lokstroom bij openen van de sluisdeuren en verstoring door schepen veelal ernstig belemmerd	Jonge levensstadia kunnen worden meegeschut, maar grotere vis waarschijnlijk ernstiger belemmerd	Relatief weinig over bekend, maar indirect bewijs voor ernstige belemmering van migratie in beide richtingen, hoewel passage is aangetoond.
Duiker/sifon	Volledig overkapte (vaak buisvormige) verbinding in wateren	Afhankelijk van diameter en lengte, vrijwel geen tot ernstige belemmering.	Afhankelijk van diameter en lengte, vrijwel geen tot ernstige belemmering.	Voor jonge zalm veel bekend, voor andere vissoorten veel minder.
Waterkrachtcentrale	Doorstromend water drijft turbine met schoepraden, hetgeen gepaard gaat met een snelle drukverandering in de turbine	Volledige blokkade	Ernstige schade en verhoogde mortaliteit door schoepraden, met name voor grotere lengtes.	Veel kennis over schade i.r.t. lengte. Weinig over effect van drukverschil op vislarven en jonge vis. ⁴
<i>Categorie 2: Risicoverhogende of versturende factoren tijdens migratie in lengterichting</i>				
(Koel-)waterinlaten	Industrieel benutten van water, wat via een inlaatkanaal en vuilroosters ingepompt wordt.	Vrijwel geen effect, hooguit enige vertraging door misleidende lokstromen	Sterfte onder jonge vis (tijdens larvale drift of stroomafwaartse migratie), weinig effect op grotere vis (afhankelijk van stroomsnelheid in inlaatkanaal)	Veel gegevens over bekend en relatieve sterfte vermoedelijk goed inschatbaar a.h.v. inlaatdebiet t.o.v. debiet van de hoofdstroom ⁵
Visserij	Commercieel: staande netten, voornamelijk fuiken en kieuwnetten. Recreatief: met hengel	Extra sterfte (commerciële soorten plus deel van bijvangst en door meenemen/beschadigen door hengelsporters) of vertraging (terugzet gevangen vis)		Visserij-inspanning en relatieve sterfte t.o.v. populatie vaak onbekend

Onnatuurlijk waterbeheer	Veranderingen van natuurlijke stroomrichting	Vertraging of belemmering door desoriëntatie van vis		Weinig over bekend, lijkt minder groot probleem
Scheepvaart	Aanzuiging van water door scheepsschroeven	Directe sterfte door scheepsschroef, indirecte sterfte door predatie door vogels in schroefwater danwel verstoring door geluid		Weinig over bekend, lijkt minder groot probleem (behalve drukke vaarweg)
<i>Categorie 3: Belemmering van migraties in breedterichting van watersystemen (lateraal)</i>				
		Van hoofdstroom	Naar hoofdstroom	
Winterdijk	Inperking van oorspronkelijke vloedvlaktes van grote rivieren	Volledige blokkade, vooral soorten die heldere plantenrijke wateren bewonen (limnofielen) die slechts zeer zelden worden overstroomd, worden hierdoor belemmerd in hun verspreiding en uitwisseling tussen populaties		Veel kennis van habitatverlies, maar over mate van uitwisseling en dispersie van limnofielen is weinig bekend ⁶
Zomerdijk	Overstromingsduur van geïsoleerde wateren in uiterwaarden verminderd en beperkte toegang tot uiterwaardwateren	Bij overstroming van uiterwaarden benutting van uiterwaarden mogelijk gedurende kortere tijd (uiterwaard overstroomt bij hogere waterstanden)	Grotere kans op 'insluiting' van vis bij het vallen 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') ⁶
Vooroevers	Kunstmatige 'dammen' veelal van stortsteen die oevers beschermen tegen erosie/afkalving	Wanneer voldoende openingen zijn aangebracht geen belemmering voor naar oever trekkende vis (bijvoorbeeld voor paai of voedsel) of naar open water (jonge vis)		Onderlinge afstand en grootte van openingen

1 Winter & van Densen 2001, 2 Dekker & van Willigen 2000, 3 Bij de Vaate & Breukelaar 2001, 4 Coutant & Whitney 2000, 5 Ketelaars e.a. 1998, 6 Grift 2001

Bijlage 3. Voorbeelden van effecten van dammen en stuwen op de visstand in grote rivieren in Europa

River	Change in Fish Community	Major Causes of change	Sources
Volga River River length: 3550 km Drainage area: 1 440 000 km ²	Reduction of abundance of phytophilous species: <i>Abramis brama</i> , <i>Abramis ballerus</i> , and <i>Rutilus rutilus</i>	Dams, floods alteration by damming	Chikova (1974)
Danube River River length: 2850 km Drainage area: 817 000 km ²	River fisheries have changed dramatically since the early 1900s. Danube sturgeon fishery has almost disappeared, and current fisheries are maintained through aquaculture and introduction of exotic species. Long migrations are stopped of: <i>Huso huso</i> , <i>Acipenser güldenstadi</i> , <i>A.stellatus</i> , and <i>Alosa pontica</i> , and the local ones reduced of: <i>Chondrostoma nasus</i> , <i>Barbus barbus</i> , and salmonids. Loss of fisheries, decrease of biodiversity, and species composition changes.	Dams, creation of channels, pollution, loss of floodplain areas, water pumping, sand and gravel extraction, and nonnative species introductions.	Bacalbaça-Dobrovici (1989)
Rhine River River length: 1320 km Drainage area: 185 000 km ²	Up to 2500 km long migrations of sturgeons are blocked at Danube-km 931, resulting in disappearance of diadroms upstream (except single fish, e.g. 1 <i>Huso huso</i> in 1987) Forty-four species have become rare or disappeared between 1890 and 1975. Salmon and sturgeon fisheries disappeared, and the yield from the eel fisheries declined, even if maintaining by stocking. Loss of fisheries, decrease of biodiversity, and species composition changes.	Construction of the weir Iron Gate I in early 1970s Dams, canals, pollution	Waidbacher & Haidvogel (1998) Lelek (1989)
Vistula River River length: 1068 km Drainage area: 194 000 km ²	Reduction in rheophilic fishes from 37,62 % in natural stretches upstream dam to 3,13% in Włocławek Reservoir and 7,21 in regulated stretches downstream dam. Loss of migratory fish (<i>vimba</i> and eel) in stretches upstream dam. Changes in community structure due to reservoir creation.	Dam creation, river regulation downstream dam	Wiśniewolski et al. (2001) Backiel et al. (2000)
Guadiana River River length: 834 km Drainage area: 67561 km ²	23 native fish species declined markedly in last 20 years and one (<i>Anaocypris hispanica</i> , Steindachner) is critically endangered. Decrease of biodiversity, and species composition changes.	Watershed use, habitat degradation, exotic species introduction and damming.	Collares-Pereira et al. (2000)
Nemunas River River length: Drainage area:	Decrease in long distance migrating diadromous species (sturgeon, salmon, sea trout) Decrease (and subsequent increase) in number of species Decrease (and subsequent recovery) of diadromous twaite shad, smelt, and vimba Decrease (and poor recovery) of rheophylic species (barbel, burbot, nase) Increase in eurytopic species (bream, silver bream, roach)	Pollution, dam creation Pollution Pollution Pollution Pollution	(Virbickas, Kemunas, Repecka, in prep)