

Evaluatie van de vistrappen in de Nederrijn-Lek

dr. ir. H.V. Winter

Rapport C064/10



IMARES Wageningen UR

(IMARES - institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat Dienst Oost-Nederland
Postbus 9070
6800 ED Arnhem

Publicatiedatum:

31 Augustus 2010

IMARES is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

© 2010 IMARES Wageningen UR

IMARES is geregistreerd in het Handelsregister Amsterdam nr. 34135929, BTW nr. NL 811383696B04.

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES 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 uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A_4_3_1-V78.0

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Samenvatting	4
1. Inleiding.....	6
2. Passeerbaarheid en efficiëntie van vistrappen.....	8
3. Vistrappen in de Nederrijn-Lek	10
4. Overzicht van gebruikte onderzoeken en datasets	12
4.1 Monitoring van de optrek via de vistrappen	12
4.2 Merk- en zenderexperimenten	13
4.3 Hydrologische data en waterbeheer	14
5. Geschiktheid van de vistrappen voor optrek	15
5.1 Vistrapmonitoringen	15
5.2 Geschiktheid van de vistrappen in relatie tot de hydraulische omstandigheden.....	17
6. Efficiëntie van de serie vistrappen	20
6.1 Efficiëntie van de vistrappen voor zeeprik	20
6.2 Efficiëntie voor optrekkende zalm, zeeforel en houting.....	23
6.3 Optrek van salmoniden voor en na de aanleg de vistrappen.....	26
6.3 Lokstroom, stuwbeheer en de vindbaarheid van de ingang van de vistrap	29
7. Effectiviteit van de vistrappen voor populatieherstel	32
8. Discussie en conclusies.....	33
9. Kwaliteitsborging	36
Referenties	37

Samenvatting

In 2001-2004 zijn de drie stuwen in de Nederrijn-Lek voorzien van een vistrap. Het toegepaste type was een bekkenvistrap met V-vormige overlaten en een 'vertical slot' sleuf in het midden tot op de bodem. Deze vistrappen zijn de eerste van dit type die gebouwd zijn. Het ontwerp is zodanig dat deze vistrappen geacht worden alle vissoorten van alle formaten te faciliteren in het passeren van de stuwen.

Om te kunnen beoordelen of deze vistrappen voldoen heeft Rijkswaterstaat een evaluatie-onderzoeksprogramma uitgevoerd. In het voorjaar van 2002 is een monitoring uitgevoerd bij de vistrap van Driel. In 2005 en 2006 is de optrek van vis via de vistrappen bij Maurik / Amerongen (alleen in het voorjaar) en bij Hagestein (in het voorjaar en in 2006 ook in het najaar) gemonitord. Daarnaast zijn er merkexperimenten uitgevoerd met zeeprik, en zenderexperimenten met zalm, zeeforel, houting en zeeprik om het migratiegedrag langs de serie vistrappen te onderzoeken. Tevens heeft RWS een uitgebreid hydraulisch onderzoek uitgevoerd in en rond de vistrappen.

De effectiviteit van vistrappen wordt niet alleen bepaald door de omstandigheden in de vistrap zelf, maar ook door de mate waarin de vis de ingang van de vistrap weet te vinden. Stroomopwaarts optrekkende vis oriënteert zich veelal op waterstroming. De lokstroom ('lokkende' stroming van water uit de vistrap in relatie tot de 'concurrerende' maar 'doodlopende' stroming bij de stuw) is een belangrijke factor bij het 'vinden' van de ingang van de vistrap. Tijdens de monitoring in 2005 en 2006 zijn daarom bij Hagestein aanvullende proeven uitgevoerd met aangepast stuwbeheer. Om de week werd het water eerst zoveel mogelijk door de noordelijke stuwboog afgevoerd (ver van ingang van de vistrap) en vervolgens door de zuidelijke stuwboog (dicht bij de ingang van de vistrap).

De vismonitoringen in de vistrappen bij Driel, Maurik en Hagestein laten zien dat een zeer grote verscheidenheid aan vissoorten en levensstadia de vistrappen weet te passeren. In totaal 34 vissoorten hebben in 2002, 2005 en 2006 gebruik gemaakt van deze vistrappen. Voor veel soorten zijn zowel volwassen als kleine juveniele exemplaren waargenomen. Het ontwerp met de vertical slot aanpassing van de V-vormige overlaat van vistrap is zeer geschikt gebleken, gezien het feit dat bijvoorbeeld ook erkend slecht zwemmende en bodem-georiënteerde soorten als rivierdonderpad en marmergrondel door deze vistrappen kunnen passeren. Daarnaast is dit type vistrap ook zeer geschikt gebleken voor de passage van kreeftachtigen, met name de zeer talrijk aangetroffen wolhandkrab maar ook Amerikaanse rivierkreeft en steurgarnalen.

De hydraulische metingen geven aan dat de uiteindelijke uitvoering van de vistrappen zeer dicht bij het ontwerp lagen. De debieten en waterstroomsnelheden kwamen overeen met hetgeen vooraf was ingeschat. Dat er zowel in de vistrap van Maurik (tussen drempel 7 en 8) als Driel (tussen drempel 1 en 2) een korter bekken is opgenomen waarin de turbulentie niet volledig wordt gedempt, lijkt geen beperking op te leveren voor de geschiktheid van de vistrap. Er is geen wezenlijk verschil tussen Hagestein en Maurik in de soorten- en lengtesamenstelling van de passerende vissen. In Driel zijn naar verhouding zelfs meer kleinere vis gepasseerd, terwijl het effect van een dergelijk korte drempel eerder voor kleine vis beperkingen zou opleveren. Het lijkt derhalve niet noodzakelijk deze bekkens aan te passen.

De vismonitoringen met fuiken, merk- en zenderexperimenten geven geen eenduidig beeld over de efficiëntie van de vistrappen, d.w.z. welk deel van de vis die aankomt bij de barrière er in slaagt de vistrappen te passeren. De meest directe meting van efficiëntie is met gezenderde vis. Deze experimenten suggereren een geringe efficiëntie van de vistrap bij Hagestein, en een hoge efficiëntie bij Maurik en Driel, gegeven dat de enkele vissen die Hagestein passeren allen en binnen korte tijd de overige vistrappen eveneens passeren. Echter de aantallen zijn zeer gering. Voor het feit dat slechts ca 20% van de gezenderde zalmen en zeeforellen via Hagestein optrekt staan meerdere verklaringen nog open. De merk-experimenten en vismonitoringen laten voor zeeprik zien dat een klein percentage (5-25%) dat Hagestein passeert doortrekt via de vistrap Maurik. Voor de groep zeeprikken die de Lek optrekt kan worden geconcludeerd dat deze deels doortrekken via de vistrappen, deels alternatieve routes nemen langs de stuw-complexen (bijvoorbeeld scheepssluisen of geheven stuwen, maar wellicht ook via Amsterdam-Rijn-Kanaal naar Waal), deels weer stroomafwaarts zakken en deels paai in onnatuurlijke habitats met harde substraten. Hoe de verhouding tussen deze gedragingen ligt is niet duidelijk.

Het lijkt aannemelijk dat de 'werkelijke' efficiëntie van de vistrap bij Hagestein hoger ligt dan de 'waargenomen' efficiëntie. Voor zeeprik en rivierprik is het waarschijnlijk dat tenminste een deel de habitats direct

benedenstrooms van de stuw en wellicht de vistrap benutten als paaihabitat. Zeeforel benut wellicht voor een deel de benedenstroomse habitats voor foerageren. Voor andere riviervissen is het vaak nog moeilijker om te bepalen hoe groot de efficiëntie van de vistrappen is, omdat het moeilijk is om onderscheid te maken of alle vis die een barrière benadert ook daadwerkelijk gemotiveerd is om stroomopwaarts te migreren. Een deel kan ook om andere redenen bij een stuw opduiken, bijvoorbeeld om te foerageren, te paaien of om de hogere zuurstofgehalten.

Om de effecten van het altenerend stuwbeheer op de efficiëntie van vistrap bij Hagestein te kunnen bepalen is een langere onderzoeksperiode noodzakelijk. De gegevens suggereren echter dat er meer vis via de vistrap die aan de zuidelijke zijde is gelegen optrekt wanneer de noordelijke stuwboog meer afvoer voert dan wanneer de zuidelijke stuwboog meer afvoer voert. Dit is tegengesteld aan wat vooraf was gedacht. Wellicht doordat de lokstroom in die situatie over een grotere breedte van de rivier merkbaar is.

Concluderend

De grote soortenrijkdom aan vis, en zelfs kreeftachtigen, en de variatie in levensstadia en grootte van de passerende vis, geeft aan dat er in de drie vistrappen geen belangrijke bottlenecks voor stroomopwaartse migratie plaatsvindt. Er is geen enkele aanleiding gevonden om technische aanpassingen van (onderdelen van) vistrappen uit te voeren.

De efficiëntie van de verschillende vistrappen is minder goed vast komen te staan in het evaluatieonderzoek door het geringere aantal vissen dat gezenderd kon worden dan vooraf op ingezet was. De gegevens suggereren dat de efficiëntie van de vistrappen bij Maurik/Amerongen en Driel hoog is. In hoeverre de efficiëntie van de vistrap bij Hagestein lager is, is momenteel onbekend. Aanvullend zenderonderzoek in de Nederrijn-Lek en een vergelijkende analyse met de zendergegevens uit onderzoek van Rijkswaterstaat in de afgelopen jaren bij de serie stuwen met vistrappen in de Maas kan hier meer duidelijkheid over geven.

1. Inleiding

Gedurende 2001-2004 zijn drie bekkenvistrappen met V-vormige overlaten met vertical slot aangelegd in de Nederrijn-Lek. Ten behoeve van een grondige evaluatie van de geschiktheid en effectiviteit van deze vistrappen om vismigratie te herstellen zijn in het verleden tal van onderzoeken uitgevoerd en meetreeksen beschikbaar. Van de drie Rijntakken die door Nederland stromen is alleen de Nederrijn-Lek gestuwd. De Waal en IJssel zijn ongestuwd en zonder barrières voor visoptrek (afgezien van de Afsluitdijk in het IJsselmeer). In 2001 is een vistrap aangelegd langs de stuw bij Driel in de Nederrijn. Nadat in 2004 eveneens vistrappen waren aangelegd langs de stuw bij Hagestein en Amerongen, zijn alle barrières in de Nederrijn-Lek voor vis optrekbaar gemaakt. Dit is conform een convenant dat tussen de Ministeries van Verkeer en Waterstaat en Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit was afgesloten.

Bij alle drie stuwen in de Nederrijn-Lek is hetzelfde type vistrap toegepast: een bekkenvistrap met V-vormige overlaten en een sleuf tot de bodem in het midden (een zogenaamde 'vertical slot'). De vispassages liggen in een omleiding om de stuw heen ('bypass-channels'). De bekkenvistrap met V-vormige overlaten is een type vispassage dat in Nederland is ontwikkeld (Cazemier & Muijres, 1981) en speciaal is ontworpen om een grote variëteit aan vissoorten en levensstadia in stroomopwaartse richting te kunnen laten passeren. Bijvoorbeeld in de Maas (Winter & Buijse 2003) en de Overijsselse Vecht (Winter et al. 2005) zijn inmiddels complete series van dit type aangelegd. Een nieuw aspect dat in het ontwerp van de vistrappen in de Nederrijn-Lek is toegepast ten opzichte van eerdere vistrappen is het aanbrengen van een vertical slot in het midden van de drempel (van Beek & Kemper 2002).

Rijkswaterstaat heeft een evaluatie-onderzoeksprogramma uitgevoerd om te kunnen beoordelen of deze vistrappen voldoen. In het voorjaar van 2002 is een monitoring uitgevoerd door de OVB bij de vistrap van Driel (van Beek & Kemper 2002). In het voorjaar van 2005 is een monitoring uitgevoerd door IMARES (voorheen RIVO) in samenwerking met Visserijbedrijf v/h Fa. W. Klop en Zonen bij de vistrappen op het eiland van Maurik bij Amerongen en bij Hagestein met behulp van fuiken aan de bovenstroomse instroomopening van de vistrap (Winter e.a. 2005). In navolging hierop is in opdracht van het RWS-RIZA in het voorjaar (bij Hagestein en Maurik) en in het najaar (bij Hagestein) van 2006 deze monitoring wederom uitgevoerd door IMARES en Visserijbedrijf Klop. Daarnaast heeft een telemetrie studie naar salmoniden plaatsgevonden op de Lek-Nederrijn in 2005-2006 (Winter & de Leeuw, 2007).

De effectiviteit van vistrappen wordt niet alleen bepaald door de omstandigheden in de vistrap zelf, c.q. of deze goed passeerbaar is voor een breed scala aan vissoorten en levensstadia, maar ook door de mate waarin de vis de vistrap weet te vinden. Stroomopwaarts optrekkende vis oriënteert zich op waterstroming. De lokstroom ('lokkende' stroming van water uit de vistrap in relatie tot de 'afleidende' stroming bij de stuw) is een belangrijke factor bij het 'vinden' van de ingang van de vistrap. Stromingspatronen bij de stuw hebben invloed op de vertraging die vis oploopt bij het vinden van de vistrap. Tijdens de monitoringen in 2005 en 2006 zijn daarom bij Hagestein aanvullende proeven uitgevoerd met aangepast stuwbeheer. Om de week werd het water eerst zoveel mogelijk door de noordelijke stuwboog afgevoerd (ver van de ingang van de vistrap) en vervolgens door de zuidelijke stuwboog (dicht bij de ingang van de vistrap).

Het functioneren van vistrappen kan op verschillende niveaus worden geëvalueerd (Winter 2007):

- 1) De *passeerbaarheid* van de hydraulische en fysieke omstandigheden in de vistrap
- 2) De *vindbaarheid* van de vistrap: bepaald door de fractie van de optrekkende vissen die de ingang van de vistrap weet te vinden
- 3) De *efficiëntie* van de vistrap: bepaald door de fractie van alle optrekkende vis die de vistrap succesvol weet te passeren (deze is een optelsom van 1) en 2)). Daarnaast kunnen cumulatieve effecten ontstaan bij passering van series vistrappen.
- 4) De *effectiviteit* van de vistrappen in het herstellen van populaties of visgemeenschappen.

Inzicht in het gedrag van vis is een belangrijke en helaas vaak zwaar onderschatte factor bij het bepalen van het functioneren van vistrappen op al deze niveaus, maar voor zalm, zeeforel en in mindere mate zeeperk zijn zender-

en merkeexperimenten beschikbaar om naast de 'geschiktheid' van de vistrap ook de efficiëntie van de vistrappen te beschouwen.

Het vinden van de ingang van de vistrap blijkt onder andere afhankelijk van de verhouding tussen de lokstroom uit de vistrap en de 'afleidende' stroming over de stuw. Hoe kleiner de afvoer via de vistrap ten opzichte van de totale rivierafvoer, hoe geringer de kans op het vinden van de vistrap. In grote rivieren is deze verhouding vaak erg ongunstig, terwijl de vistrappen juist daar een enorm achterland moeten ontsluiten voor optrekkende vis. Over het zoekgedrag van vis bij barrières is nog heel weinig bekend. Hierdoor is het moeilijk om bijvoorbeeld de beste locatie voor de ingang van een vistrap te bepalen. Of om vis te 'leiden' naar de ingang door de waterstromingen te optimaliseren via gericht stuwbeheer. Hiermee is in 2005 en met name in 2006 bij Hagestein geëxperimenteerd.

De evaluatie in dit rapport is gebaseerd op de volgende gegevenssets:

- monitoring vispassage voorjaar 2005-2006 en najaar 2006 Hagestein & Maurik (RWS, IMARES)
- monitoring vispassage Driel 2002 (RWS, OVB)
- merk-terugvangst experiment zeeprik 2006 (RWS, IMARES)
- telemetrie-datasets salmoniden en andere riviertrekvisen (RWS, Visadvies, IMARES)
- monitoring zalmsteken en fuikregistratie (IMARES)
- hydraulische data (RWS Max Schropp)
- dagelijkse afvoer- en temperatuurreksen Nederrijn-Lek en Waal 1993-2009 (RWS)

Waarbij de volgende onderzoeksvragen aan de orde komen:

- Hoe geschikt is dit nieuwe type vistrap voor de passage van vis en andere taxa? (focus op het innovatieve ontwerp en omstandigheden i.r.t. passeerbaarheid in de vistrap zelf)
- Wat is de efficiëntie van de vistrappen en welke factoren spelen hierbij een rol? (focus op vinden ingang van de vistrap, passagesucces van vis)
- In hoeverre kan optimalisatie van het (stuw)beheer de efficiëntie van de serie vistrappen vergroten? (focus op stuwbeheer experimenten in 2005 en 2006)
- Hoe effectief is de serie vistrappen voor het scala aan vissoorten en andere taxa voor het herstel van migratie? (focus op herstel van populaties)

2. Passeerbaarheid en efficiëntie van vistrappen

In deze paragraaf wordt een conceptuele benadering voor het bepalen van de passeerbaarheid, efficiëntie en effectiviteit van vistrappen en welke factoren hierbij van belang zijn weergegeven (Winter, 2007). Succesvolle passage van vis die een barrière passeert via een vistrap hangt van vele factoren af: zowel fysieke factoren (zoals de zwemcapaciteit van vis ten opzichte van de hydraulische omstandigheden) als gedragsfactoren (mate van zoekgedrag, acceptatie van alternatieve passeerbare routes, motivatie tot migratie). Deze zullen sterk verschillen tussen verschillende vissoorten en levensstadia.

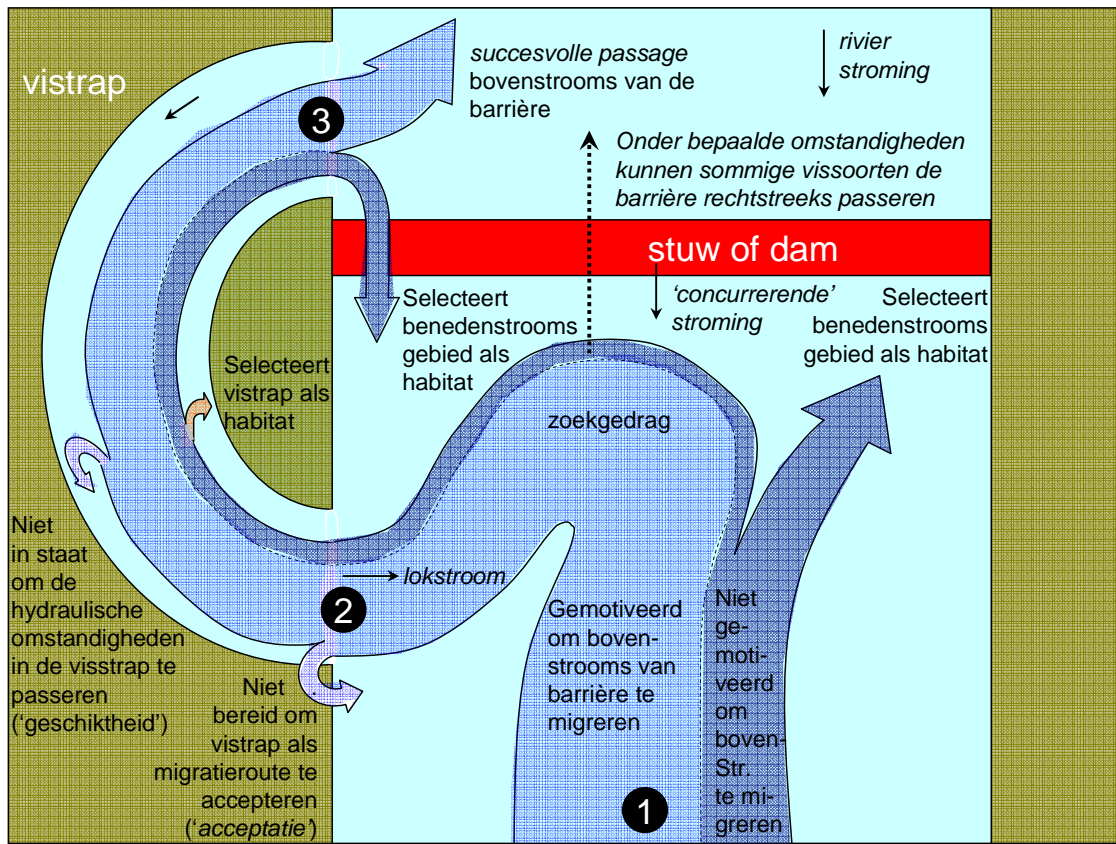
Vis die stroomopwaarts trekt en op een barrière stuit, zoals een stuw of dam, zal zoekgedrag vertonen om een doorgang te vinden. Hierbij oriënteert deze zich waarschijnlijk met name op stromingspatronen, maar hier is nog weinig over bekend. De stroming die via de stuw loopt (hetzij overstortend zoals bijvoorbeeld in de Maas en Overijsselse Vecht hetzij onderlossend zoals in de Nederrijn-Lek) is voor veel vissen in gestuwde situatie niet passeerbaar en deze 'doodlopende maar stromende weg' zal 'concurreren' met de stroming die uit de ingang van de vistrap stroomt ('lokstroom') bij het zoeken naar een passeerbare route. Hoe beter deze lokstroom in de hoofdstroom merkbaar is hoe sneller vis de ingang waarschijnlijk zal lokaliseren. Als de vistrap 'acceptabel' is voor vis (d.w.z. bereid is deze in te zwemmen) en de vistrap is fysiek passeerbaar gegeven de heersende waterstromsnelheden, watertemperatuur en zwemcapaciteit van de vis, dan kan deze de vistrap vervolgens succesvol passeren (figuur 1).

Om de uiteindelijke effectiviteit van series vistrappen te kunnen evalueren kan dus een onderverdeling de volgende stappen worden gemaakt, waarbij vanuit de richting van stroomopwaarts migrerende vis wordt geredeneerd:

- 1) De passeerbaarheid van de barrière zelf. Stuwen zijn bij hoge afvoer in gestreken of volledig geheven toestand passeerbaar voor die vissoorten en levensstadia die tegen de vaak hoge stroomsnelheid in kunnen komen. Of ze kunnen springend het hoogteverschil bij een barrière overbruggen (in geval van overstortende stuw met niet al te groot hoogteverschil) (Winter et al. 2001).
- 2) De 'vindbaarheid' van de ingang van de vistrap. Hierbij spelen de mate waarin zoekgedrag plaatsvindt en in hoeverre de stroming uit de ingang van de vistrap merkbaar is in de hoofdstroom ('lokstroom').
- 3) De bereidheid van vis om de vistrap te accepteren als een migratieroute ('acceptatie'). Hierbij kunnen de 'onnatuurlijkheid' van het ontwerp van vistrappen of versturende omgevingsfactoren een rol spelen.
- 4) De mate waarin de vistrap fysiek passeerbaar is ('geschiktheid' van de vistrap). In hoeverre zijn de verschillende trajecten met heersende stroomsnelheden passeerbaar voor vis. De zwemcapaciteit van vis is sterk afhankelijk van de vissoort, de grootte van de vis en de temperatuur van het water. Bij een 10 graden hogere temperatuur is de sprintcapaciteit twee maal hoger.

De efficiëntie van een vistrap wordt vaak uitgedrukt in het percentage van de vis die benedenstrooms bij een barrière aankomt dat er daadwerkelijk in slaagt de vistrap te passeren. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in 'attractie-efficiëntie' (dat deel dat de ingang van de vistrap weet te vinden, en de 'passage-efficiëntie' (dat deel van de vis die de ingang heeft gevonden dat er in slaagt de vistrap te passeren. Gezamenlijk bepalen ze de 'totale efficiëntie' van een vistrap voor een bepaalde soort. Deze wordt dus bepaald door een cumulatie van fysieke en gedragsfactoren in relatie tot heersende (hydraulische) omstandigheden (figuur 1).

Een complicerende factor hierbij is dat niet voor elke vis die een barrière benadert te bepalen is of deze gemotiveerd is om deze te passeren. Sommige vissen zullen wellicht de habitats direct benedenstrooms van stuwen selecteren als (tijdelijke) leefomgeving. Bijvoorbeeld omdat hier een betere zuurstofconcentratie is, meer voedsel aanwezig is of deze een voorkeur heeft voor snelstromende habitats met hard substraat (stortsteen). Voor enkele soorten, zoals bijvoorbeeld zalm, kan worden aangenomen dat alle individuen die bij een barrière in de Nederrijn-Lek aankomen ook daadwerkelijk gemotiveerd zijn om stroomopwaarts te trekken. Echter voor de meeste riviervis is dit onderscheid lastig te maken. Hierdoor kan de efficiëntie van de vistrappen voor bepaalde soorten worden onderschat wanneer deze volgens totaal aanbod benedenstrooms versus vistrap-passage-percentage wordt bepaald (figuur 1). De 'werkelijke efficiëntie' is dan hoger omdat ook 'ongemotiveerde' vissen worden meegenomen in de berekening van de efficiëntie.



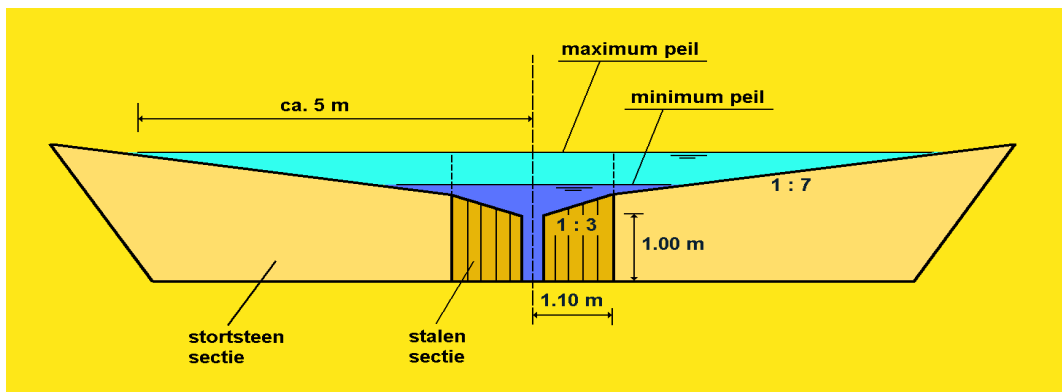
- | | | |
|----------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| ① n vis die barrière benadert | ②/① % attractie efficiëntie* | ①→② Zoektijd ingang** |
| ② n vis die ingang vistrap vindt | ③/② % passage efficiëntie* | ②→③ Duur passage vistrap** |
| ③ n vis die vistrap passert | ③/① % totale efficiëntie* | ①→③ Totale passageduur** |

* Wanneer alleen gemotiveerde migranten: 'werkelijke ... efficiëntie' ; ** alleen gemotiveerde migranten

Figuur 1. Conceptueel overzicht om de efficiëntie van stroomopwaartse passage van barrières middels een vistrap in een omleiding te bepalen. Vis die aankomt bij een barrière kan verschillend gedrag en interne migratie motivatie vertonen. Voor sommige soorten is deze motivatie duidelijk (bijvoorbeeld zalm), maar voor veel rivierfossen is het moeilijk om habitat selectie en zoekgedrag te onderscheiden, waardoor werkelijke efficiëntie gemakkelijk onderschat kan worden (Winter 2007).

3. Vistrappen in de Nederrijn-Lek

De vistrap bij Driel (meest oostelijk stroomopwaarts gelegen) is aangelegd in 2001. De vistrappen bij Hagestein (meest westelijk stroomafwaarts gelegen locatie) en Maurik (tussengebied) zijn aangelegd in 2004. De vistrappen liggen in een omleiding om de stuw heen. Het type dat is toegepast is een bekken vistrap met grote bekkens, die worden gescheiden door V-vormige overlaten waarin in het midden een sleuf tot op de stortsteen bodem is aangebracht (een zogenaamd 'vertical slot', zie figuur 1). De combinatie V-vormige overlaat en vertical slot is een innovatie op eerdere vistrappen (zie Schropp, 2010, voor meer detail over ontwerp en uitvoering).



Figuur 1. Schematisch voorwaanzicht van een V-vormige vistrap-overlaat met vertical slot.

De filosofie achter deze combinatie is dat deze een breder assortiment aan vissoorten en levensstadia bedient doordat vis kan selecteren of ze langs de bovenrand van de overlaat passeren, dan wel in het ruimere maar harder stromende midden ofwel vlak langs de bodem tussen de stortsteen door via de vertical slot waar het weer minder hard stroomt. Met name kleinere en op de bodem georiënteerde vis wordt zodoende verondersteld betere passeermogelijkheden te hebben dan in vistrappen met enkel een V-vormige overlaat.



Vistrap bij Hagestein met 'dubbele' instroomopening i.v.m. variaties in bovenstroomse waterstanden



De drie stuw-complexen met vistrappen in omleiding bij Driel, Maurik / Amerongen en Hagestein.

Omdat de bovenstroomse waterstanden bij de stuw bij Driel sterk varieert met de afvoer van de Rijn, is hier een 'dubbele' instroomopening gecreëerd (zie foto).

4. Overzicht van gebruikte onderzoeken en datasets

4.1 Monitoring van de optrek via de vistrappen

- monitoring vispassage voorjaar 2005-2006 en najaar 2006 Hagestein & Maurik (RWS, IMARES)
- monitoring vispassage Driel 2002 (RWS, OVB)

Gedurende 2005 en 2006 zijn de vistrappen bij zowel Hagestein als Maurik gemonitord (Winter et al. 2005, Winter 2006). In het najaar van 2006 alleen bij de vistrap Hagestein (Winter 2007). Hierbij is stroomopwaarts van het bovenste bekken in de vistrappen bij Hagestein en Maurik bij de aanleg een frame geïnstalleerd dat de hele instroomopening van de vistrap (tevens uitzwemopening voor optrekkende vis) afdekt. Dit frame kan omhoog worden gelierd. Aan dit frame is een fuik bevestigd die tegen de stroom in via een katrol en lier kan worden 'strak getrokken'. De monitoringsinfrastructuur en bijpassende fuiken zijn al tijdens de aanleg van de vistrappen gemaakt ten behoeve van onderzoek. De fuik bestaat uit een grote voorkamer overlopend in een fuik met grote hoepels (Hagestein 7 hoepels, Maurik 5) en twee 'kelen'. De maaswijdte van de fuik is 26 mm gestrekte maas en in de voorkamer van Hagestein 32 mm en Maurik 26 mm. De laatste kamer is ruim gedimensioneerd om de optrekkende vis zo min mogelijk te beschadigen tijdens de monitoring.



Het lichten en schoonspuiten van de fuik in de vistrap bij Hagestein. De V-vormige opening is geheven.

Omdat op voorhand niet duidelijk is in hoeverre de uitvoering van een monitoring de vrije optrek van vis hindert, is gekozen voor een opzet waarbij de vistrap een deel van de tijd is 'afgesloten' met een fuik voor onderzoek en een

deel van de tijd omhoog is gelierd en vrije optrek mogelijk is. Elke maandagochtend omstreeks 8 uur is de fuik in werking gesteld. Elke woensdag en vrijdagochtend werd de fuik gelicht (vis zit dus maximaal 2 dagen in de fuik). Na de vrijdagochtend-lichting werd de fuik opgelierd en is er van vrijdagochtend tot maandagochtend vrije optrek mogelijk.

Na het lichten van de fuik werd de vis uit de fuik geschept en overgebracht in teilen met water. Van daaruit op soort gebracht en gemeten in cm (naar beneden afgerond). In verband met het welzijn van de vis wordt hier zo zorgvuldig als mogelijk mee omgesprongen. De grote kamer achter in de fuik zorgde voor een goede overleving van de vis. De tweedagelijkse lichtingsfrequentie bleek voldoende om sterfte en beschadiging verwaarloosbaar laag te houden. Vervolgens wordt de vis stroomopwaarts van de vistrap uitgezet om de stroomopwaartse migratie te kunnen hervatten. Andere organismen buiten vis die in de fuik waren aangetroffen zijn alleen geteld (zoals Chinese wolhandkrab).

In het voorjaar van 2002 is met een fuik de optrek van vis gemonitord in de vistrap bij Driel (Van Beek & Kemper 2002).

4.2 Merk- en zenderexperimenten

- merk-terugvangst experiment zeeprik 2006 (RWS, IMARES)
- telemetrie-datasets salmoniden en andere riviertrekvisen (RWS, Visadvies, IMARES)

Om individueel gedrag van vis te meten bij de stuw-vistrappen complexen en inzicht in de efficiëntie van de vistrappen te krijgen zijn merk- en zenderexperimenten ingezet. Tijdens het voorjaar van 2006 is voor zeeprik een merk-terugvangst experiment uitgevoerd (Winter et al. 2006). Daarnaast zijn tijdens de periode 1996-2009 een groot aantal salmoniden met name in het kustgebied bij Haringvliet (grotere aantallen zeeforel dan zalm) voorzien van zenders die met het NEDAP-TRAIL systeem middels een uitgebreid netwerk aan detectiestations konden worden gevolgd (bij de Vaate & Breukelaar 2001, bij de Vaate et al. 2003, Winter & de Leeuw 2007, Jurjens 2006, Breukelaar et al. 2009). Daarnaast zijn nog kleinere aantallen gezenderd van enkele andere riviertrekvissoorten: houting en zeeprik (Winter 2006, Winter & de Leeuw 2006).

Gedurende de vistrapmonitoring in 2005-2006 zijn in de Lek in totaal 24 salmoniden van een zender voorzien (14 zalmen en 10 zeeforellen). Daarnaast zijn 3 houtingen en 7 zeeprikken van een zender voorzien. Het merendeel van de salmoniden is met één van beide zalmsteken (passieve vismonitoring) gevangen. Twee zalmen, één zeeforel, zeven zeeprikken en twee houtingen zijn in de vistrapfuik gevangen en bovenstrooms uitgezet na operatie.

Daarnaast zijn in het voorjaar van 2006 merk-experimenten uitgevoerd met zeeprik die gevangen werden bij Hagestein (Winter 2007). Hierbij zijn 85 zeeprikken voorzien van een Floy-tag (zie foto).



Zeeprik die gemerkt is met een Floy-tag.



Operatie opstelling voor het inbrengen van zenders in zeeforel en zalm bij stuw Hagestein.

4.3 Hydrologische data en waterbeheer

- hydraulische data (RWS)
- dagelijkse afvoer- en temperatuurreeksen Nederrijn-Lek en Waal 1993-2009 (RWS)
- gericht experiment met alternerend stuwbeheer

RWS heeft specifiek onderzoek verricht naar de hydraulische omstandigheden in de vistrappen (Schropp, 2010), zowel in de bekkens als bij de drempels (waterhoogteverschillen, stroomsnelheden, debieten). Daarnaast is er gemeten in hoeverre de lokstroom uit de vistrappen merkbaar was in de hoofdstroom onder verschillende afvoersituaties.

Verder is er gebruik gemaakt van door RWS gemeten reeksen met watertemperatuur, waterstanden, afvoeren.

In 2005 en 2006 is bij stuw Hagestein geëxperimenteerd met het alternerend openzetten van de noordelijke stuw dan wel de zuidelijke stuwboog. Hierbij is de hypothese dat dit stuwbeheer vis zou kunnen 'gidsen' naar de zuidelijk gelegen vistrap ingang en zodoende de efficiëntie te verbeteren.

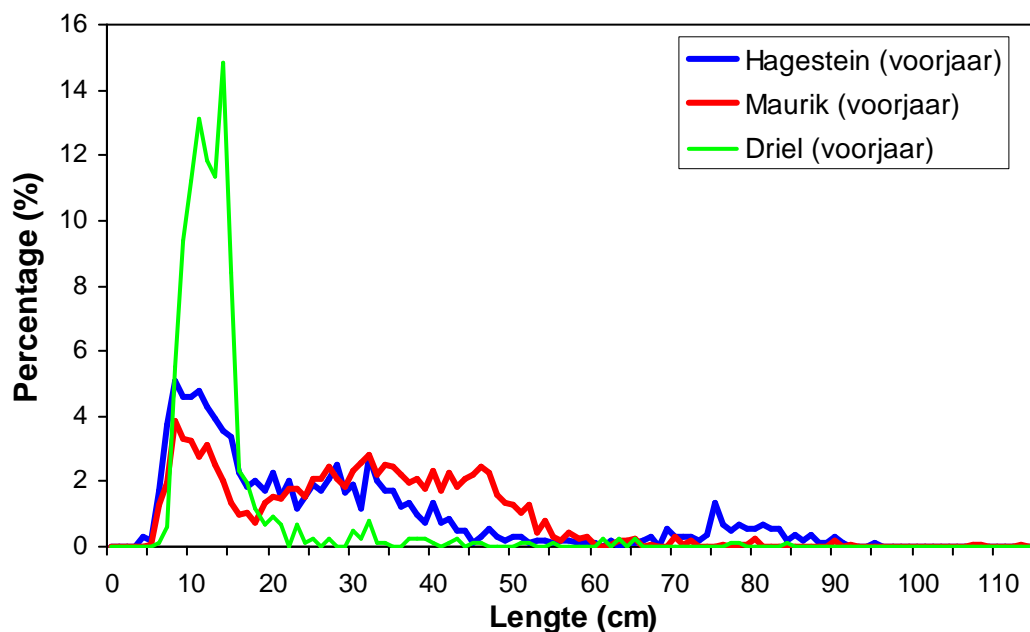
5. Geschiktheid van de vistrappen voor optrek

5.1 Vistrapmonitoringen

In totaal zijn er 34 vissoorten en drie soorten kreeftachtigen waargenomen die succesvol de vistrappen hebben weten te passeren tijdens de uitgevoerde vistrapmonitoringen (tabel 1). Dit is meer dan in welke andere vistrapmonitoring elders in Nederland uitgevoerd. De meest talrijke soorten zijn de eurytope soorten alver en blankvoorn. Dit is vergelijkbaar met vistrap onderzoek in andere Nederlandse rivieren als de Maas (Winter & Buijse 2003) en de Overijsselse Vecht (Winter 2007).

Naast vis zijn er ook kreeftachtigen die de vistrappen passeren. Met name wolhandkrab die massaal de vistrap bij Hagestein passeert. Internationaal is er nog weinig ervaring met passages die andere taxa dan vis faciliteren in hun optrek. De V-vormige bekkenvistrappen in de Nederrijn-Lek zijn ook voor kreeftachtigen zeer goed passeerbaar. Meest waarschijnlijk is dat deze via de stortstenen bodem van de vertical slot passeren.

De lengtesamenstelling van de vis die via de vistrappen passeert varieert van 4 cm tot 113 cm. De verschillen in lengtesamenstelling voor Hagestein en Maurik verschillen niet wezenlijk van elkaar (figuur 2). In de vistrap Driel in 2002 trok relatief meer kleinere vis door. Wellicht trekken er na het gereed komen van de vistrappen bij Maurik en Hagestein ook meer grotere vis door de vistrap bij Driel, maar deze vistrap is na 2002 niet meer gemonitord.

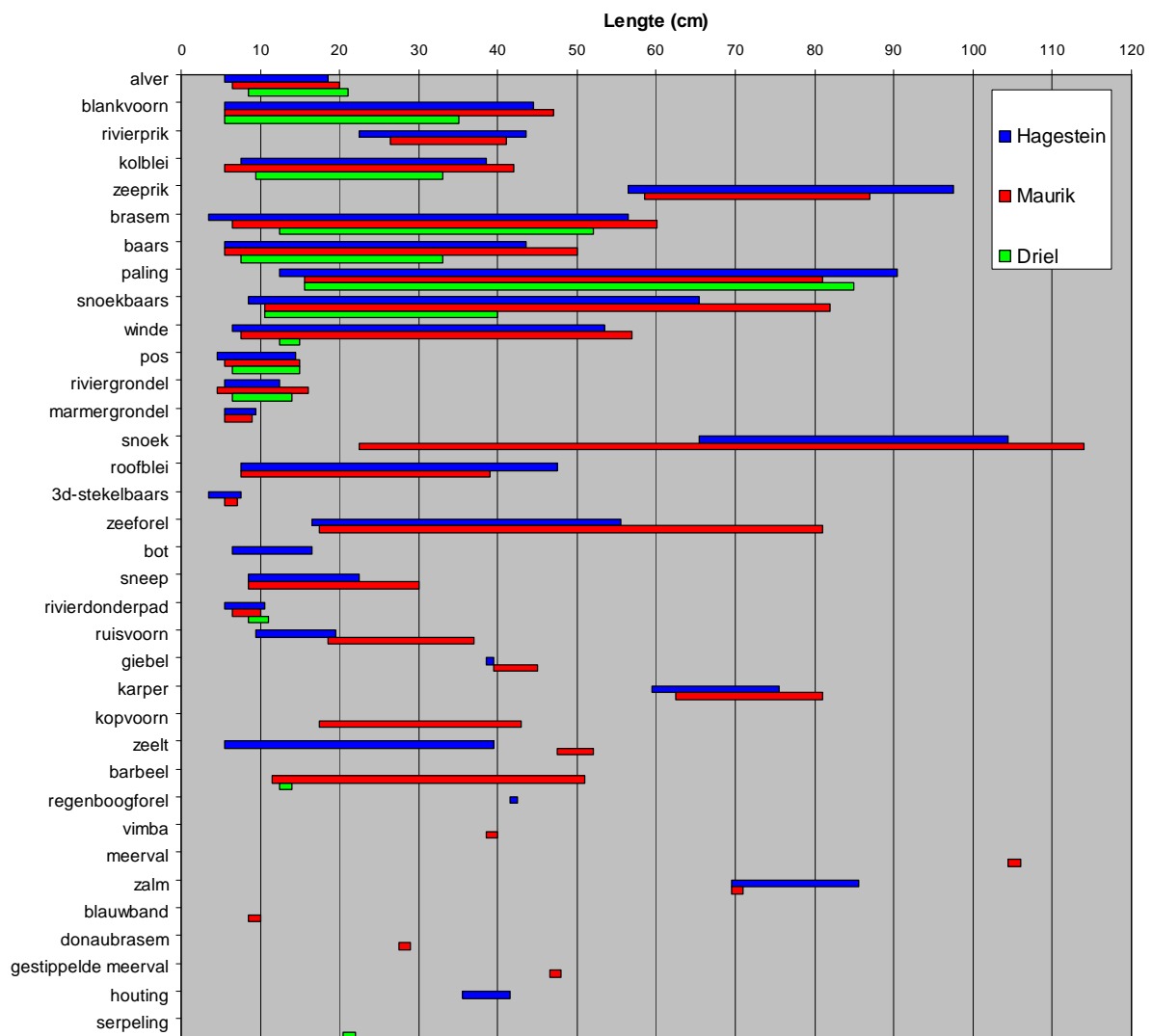


Figuur 2. De lengtesamenstelling van vis die de vistrappen bij Hagestein, Maurik en Driel heeft gepasseerd.

Wanneer we de lengteranges per vissoort en per vistrap bekijken valt op dat er voor 18 vissoorten exemplaren kleiner dan 10 cm in staat waren de vistrappen te passeren (figuur 3). Daarnaast is de soortenrijkdom zeer groot en groter in Maurik en Hagestein dan in Driel. Dit laatste komt mogelijk doordat de monitoring in Driel een kortere periode betrof en bovendien plaatsvond voordat de andere twee vistrappen in de Nederrijn-Lek gereed waren. Zo zijn in Driel in 2002 geen diadrome ('tussen zee en zoetwater trekkende') soorten als zeeprick, rivierprick, zalm en zeeforel aangetroffen.

Tabel 1. Vergelijking tussen de geschatte (op basis van vier dagen monitoring per week) aantallen vissen en kreeftachtigen per lokatie en per jaar. Er is onderscheid gemaakt tussen voorjaar (vj) en najaar (nj).

Jaar Lokatie	vj 2006 Hagestein	vj 2006 Maurik	vj 2005 Hagestein	vj 2005 Maurik	nj 2006 Hagestein	vj 2002 Driel
alver	3.507	3.559	2.987	4.452	842	6.378
blankvoorn	903	1.752	2.867	1.255	1.402	17
rivierprik	4.368	308	723	889	177	
kolblei	77	248	123	2.419		78
zeeprik	105	5	1.398	249		
brasem	37	647	9	835	30	3
baars	541	130	340	54	163	165
paling	135	162	23	404	42	27
snoekbaars	20	75	207	123	37	9
winde	41	152	54	100	628	3
pos	142	73	2	5		154
riviergrondel	21	17	9	16	28	28
marm grondel	36	9		4		
snoek	11	26	5	5		
roofblei	7	13	9	7	39	
3d-stekelbaars	21	4				
zeeforel	3	10	2	7		
bot	19		2		2	
sneep	1	4	4	12	2	
rivierdonderpad	10	5		2		2
hybride	4	4	2	5		
ruisvoorn	8	1	4	2		
giebel	3	3		7		
karper	2	2	2	7		
kopvoorn		7		5		
zeelt	4	4				
barbeel		6				1
regenboogforel	2					
vimba		2				
meerval				2		
zalm				2	2	
blauwband		1				
donaubrasem		1				
gestippelde meerval		1				
houting					4	
serpeling						1
Totaal aantal vissen	10.028	7.229	8.768	10.866	3.395	6.866
<i>Kreeftachtigen:</i>						
wolhandkrab	69.183	10.403	11.821	784	32	
steurkrab	27					
am.rivierkreeft	31	2			9	



Figuur 3. De lengteranges van de vissoorten die de vistrappen in de Nederrijn-Lek zijn gepasseerd tijdens de diverse monitoringen.

5.2 Geschiktheid van de vistrappen in relatie tot de hydraulische omstandigheden

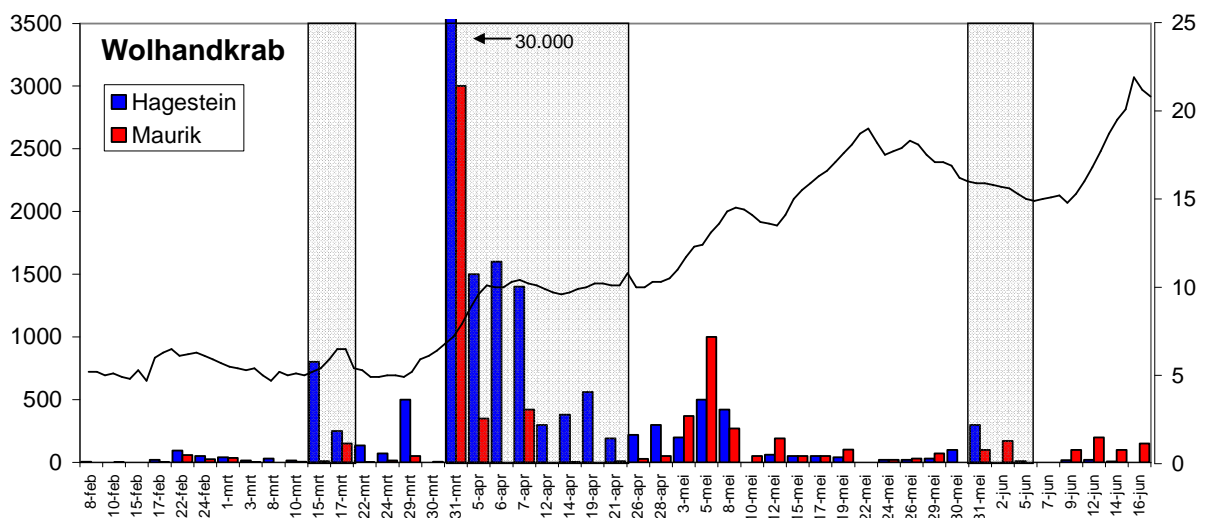
Er zijn een aantal hydraulische aspecten gemeten in de vistrappen in de Nederrijn-Lek (Schropp, 2010). Allereerst de hydraulische omstandigheden in de vistrappen zelf: de stroomsnelheden, afvoerdebieten en hoogteverschillen tussen de bekkens. Daarnaast is de lokstroom benedenstrooms van de vistrappen met drijvers onderzocht. De overlaten die tussen de bekkens is toegepast zijn V-vorming met een vertical slot in het midden. Dit type is in Nederland voor het eerst toegepast in de vistrappen in de Nederrijn-Lek.

De afvoer door de vistrappen is afhankelijk van de bovenstroomse waterhoogte en kan variëren van 0.5 m³/s bij extreem lage waterstanden tot 10 m³/s bij extreem hoge waterstanden bij Driel, terwijl voor Hagestein en Maurik/Amerongen in verband met waterkrachtwinning de debieten door de vistrap maximaal 4 m³/s zouden moeten bedragen. Tijdens de metingen in de vistrappen voerden deze veelal tussen de 2-5 m³/s. De gemeten debieten lagen dicht bij de verwachte waarden volgens de ontwerpcurves.

Het verval tussen bekkens lag volgens het ontwerp op 0.15 m bij Driel en 0.16 m bij Maurik en Hagestein. Het maximale gemeten verval over de drempels bedroeg 0.23 m voor elk van de vistrappen. De meeste metingen lagen tussen de 0.14-0.20 m voor niet verdrongen bekkens. In de vistrappen Driel bij drempel 1 en 2 en Maurik bij drempel 7 en 8 is nog iets anders aan de hand. Doordat het bekken hier relatief klein is, wordt de turbulentie niet volledig gedempt in het tussenliggende bekken. Het verval bij de benedenstroomse drempel is dan relatief klein, en bij de bovenstroomse relatief groot. Dit zou een extra belemmering kunnen betekenen voor vismigratie. Aangezien dit zich in de vistrap van Hagestein niet voordoet en de lengtesamenstelling van de doortrekkende vis niet wezenlijk verschilt tussen Maurik en Hagestein (figuur 2), en met name het voorkomen van lengteklassen van 5-10 cm in beide vistrappen, is het niet waarschijnlijk dat deze situatie de vismigratie ernstig belemmert.

De profielgemiddelde stroomsnelheden boven de drempels zouden maximaal 0.8-1.0 m³/s mogen bedragen. De stroomsnelheden boven de drempels bleken lastig meetbaar. De variatie in gevonden stroomsnelheden op verschillende waterdieptes boven de drempel was groot en varieerden rond de ontwerpkromme. Uit de lengtesamenstelling van de doortrekkende vis (figuur 2 en 3) is af te leiden dat vis met een brede lengterange van 4 tot 114 cm in staat is om de vistrappen te passeren. Daarnaast is er een erg groot soorten aanbod (Tabel 1), groter dan bij enig andere vistrap in Nederland is aangetroffen. Zowel bodemvissen van klein tot groot formaat als vissoorten die wellicht meer de waterkolom benutten weten de vistrappen te passeren.

De vismonitoring geeft geen enkele aanleiding aan te nemen dat er moeilijk passeerbare drempels of sectoren aanwezig zijn in elk van de drie vistrappen. De gevonden lengterange en vissoortenspectrum zijn ook in internationaal verband groot en wijzen op uitstekend te passeren hydraulische omstandigheden in de vistrappen in de Nederrijn-Lek. Daarnaast bleek de vistrap ook uitstekend passeerbaar voor kreeftachtigen. Met name wolhandkrab weet massaal de vistrappen te passeren (figuur 4), waarbij de aantallen bij Hagestein het grootste zijn. Opvallend is dat er telkens aan het begin van een periode met hoge afvoer, geheven stuw en 'verdrongen' vistrap de grootste aantallen wolhandkrabben doortrekken. Wellicht vindt er ophoping benedenstrooms plaats en zijn de vistrappen waar in verdrongen toestand geringere stroomsnelheden aan de bodem van de vertical slot plaatsvinden (Schropp, 2010), beter passeerbaar voor deze kreeftachtige. Al is bewezen dat wolhandkrabben ook in staat zijn om de V-vormige drempels in de vistrappen te passeren (zie foto).



Figuur 4. De aantallen wolhandkrab per vistrap (linkeras) en datum waarop de fuiken zijn gelicht in het voorjaar van 2006. Perioden met hoge afvoeren en geheven stuw zijn grijs weergegeven. De lijn geeft de ontwikkeling in watertemperatuur in graden (rechteras).

Omdat de hydraulische omstandigheden in vistrap voor vis nauwelijks beperkend lijken, zal de efficiëntie van de vistrappen vermoedelijk vooral afhangen van de mate waarin vis de ingang weet te vinden en de mate waarin de vistrap wordt 'geaccepteerd'.

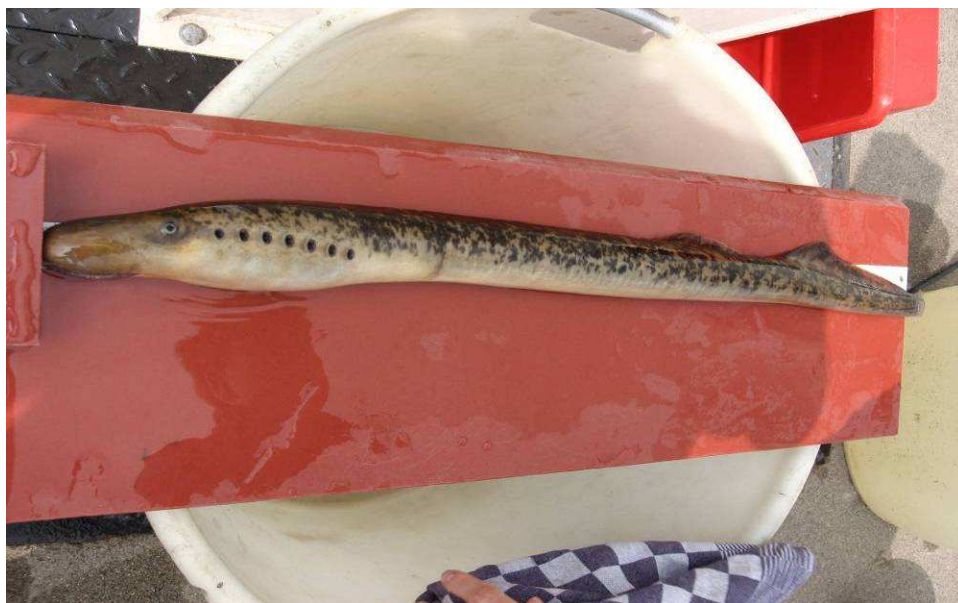


Wolhandkrab is in staat om de vistrappen via de drempels te passeren.

6. Efficiëntie van de serie vistrappen

6.1 Efficiëntie van de vistrappen voor zeeprík

In het voorjaar van 2006 zijn er in totaal 85 van de 105 zeepríkken gemerkt bij Hagestein die elk zijn voorzien van een Floy-tag (Winter 2006). Van de in totaal 105 zeepríkken die in de vistrap bij Hagestein zijn gevangen, bevonden zich 4 teruggevangen gemerkten (Tabel 2). Deze zijn dus of via de stuw of via de vistrap langs het frame gekropen en daarna weer stroomopwaarts voor een tweede maal de fuik ingezwommen.



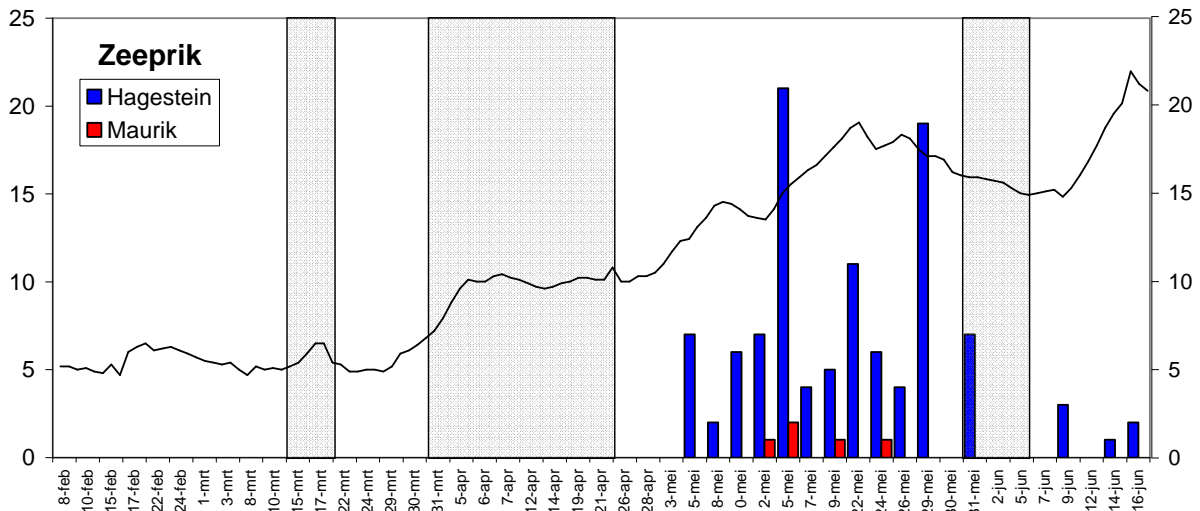
Zeeprík van 82 cm gevangen bij Hagestein.

Naast de 4 teruggevangen zeepríkken die een rondje bij Hagestein hadden gezwommen, is er slechts één teruggevangen in de vistrap van Maurik. Deze heeft 6 tot 7 dagen gedaan over de afstand tussen beide stuwen, afhankelijk van hoelang deze in de fuik bij Maurik heeft gezeten. In totaal zijn 5 zeepríkken gevangen bij Maurik waarvan er 4 ongemerkt waren. Daarnaast is er nog één zeeprík teruggemeld uit Duitsland. Deze was gevangen door een beroepsvisser in de Rijn bij Bonn. In totaal heeft deze zeeprík er maximaal 12 dagen over gedaan om deze afstand te overbruggen. Deze zeeprík is echter niet via de vistrap van Maurik gegaan, omdat deze de gehele tussenliggende periode onafgebroken is gemonitord met een fuik. Het is mogelijk dat deze vis via de scheepsluis of stuw van Maurik is opgetrokken en zo ongezien de stuw bij Maurik heeft gepasseerd, of dat deze is teruggekeerd en via de Waal is opgetrokken.

Tabel 2. Samenvattend overzicht van de resultaten van het merk-experiment met zeepríkken in 2006.

Aantal zeepríkken gemerkt bij Hagestein (8 mei - 9 juni)	Teruggevangen bij Hagestein (tot 16 juni)	bij Teruggevangen bij Maurik (tot 16 juni)	Teruggevangen elders
85 van de in totaal 105	4 op in totaal 105	1 op in totaal 5	1 bij Bonn (D)
7 kwamen voor merkactie, 3 nadien, 7 zijn ontsnapt uit de tank en 4 waren teruggevangen gemerkten	3 met merk en 1 met merkverlies	12 mei Hagestein, 19 mei bij Maurik (5-7 d. onderweg)*	22 mei Hagestein, 3 juni in Duitsland gevangen (max 12 d onderweg)*

* zijn twee verschillende zeepríkken



Figuur 5. De aantallen zeeprik per vistrap (linkeras) en datum waarop de fuiken zijn gelicht in het voorjaar van 2006. Perioden met hoge afvoeren en geheven stuw zijn grijs weergegeven. De lijn geeft de ontwikkeling in watertemperatuur in graden (rechteras).

De aantallen zeeprik die gevangen zijn bij Hagestein in 2006 waren veel lager dan in 2005 (105 tegen 1398, figuur 5). Bij Maurik is het verschil nog groter tussen 2006 en 2005 (5 tegen 249). In beide jaren zijn er veel meer zeeprikken via de vistrap bij Hagestein opgetrokken dan via de vistrap bij Maurik.

Voor het feit dat er veel meer zeeprikken bij de vistrap in Hagestein worden waargenomen dan bij Maurik zijn de volgende verklaringen denkbaar:

- 1) *Methodologische* verklaring dat er *toevallig* pieken gemist kunnen worden.
- 2) Doordat *dubbeltellingen* bij Hagestein frequenter voorkomen dan bij Maurik, veroorzaakt door een grotere kans om via de vistrap of stuw weer naar beneden te 'stromen': a) de uitzwemopening van de vistrap vlakbij de stuw is gelokaliseerd, b) doordat de vis vanaf de steiger wordt gemeten en teruggezet welke bij Hagestein in de vistrap is en bij Maurik stroomafwaarts van de vistrap.
- 3) Wanneer de optrek uiterst *langzaam* verloopt en de periode tussen merken en terugvangen niet lang genoeg is geweest.
- 4) Zeeprikken kiezen voor *alternatieve routes* tussen Hagestein en Maurik anders dan de vistrap bij Maurik, meest aannemelijke kandidaat-routes a) scheepssluis langs de stuw, b) via de stuw wanneer deze geheven is, c) via Amsterdam-Rijn-Kanaal naar de Waal.
- 5) Zeeprikken *kunnen* de vistrap van Hagestein beter passeren dan bij Maurik, door hetzij a) de omstandigheden in de vistrap zelf, of b) het vinden van de ingang van de vistrap.
- 6) Zeeprikken *willen* niet via de vistrap van Maurik verder trekken, door hetzij a) de vistrappen niet als geschikte migratieroute te accepteren of herkennen, of b) door (suboptimale) paaihabitats als einddoel te nemen die wellicht direct benedenstrooms van elke stuw gelegen zijn of in de vistrap zelf en derhalve niet gemotiveerd zijn om diep het achterland in te trekken.

Uiteraard kan een optelsom van meerdere oorzaken tezamen het verschil verklaren. Hieronder worden de verschillende verklaringen achtereenvolgens besproken en beoordeeld.

Ad 1) Onwaarschijnlijk. Lijkt met de nieuwe merk-resultaten en gevangen aantallen bij Hagestein en Maurik terwijl er in 2006 in alle dagen van de week is gemonsterd af te vallen als potentiële verklaring.

Ad 2) Waarschijnlijk, maar verklaart slechts voor een beperkt deel de resultaten. Dubbeltellingen zijn bij Hagestein geconstateerd, maar met 4 op 105 kan dit nooit het grote verschil verklaren, hooguit een zeer kleine fractie van het verschil.

Ad 3) Onwaarschijnlijk. De optreksnelheid in vrij optrekbare rivieren ligt gemiddeld op 0.18 km/u (Hardisty, 1979). Om de 20 km tussen Hagestein en Maurik te overbruggen zou dan circa 100 uur nodig zijn. De enige

waarneming die we hebben is 116-164 uur. Gegeven het feit dat de zeeprik een merkactie heeft ondergaan en de vistrap moest lokaliseren is deze tijd niet eens veel hoger dan gemiddeld verwacht kon worden. Verder zouden in geval van zeer langzame optrek de meeste zeeprikken na 16 juni bij Maurik moeten optrekken, wat gezien hun paaiperiode (Mei-Juni) erg laat is.

Ad 4a) Waarschijnlijk deels, Scheepsluizen kunnen vistrek faciliteren, maar zijn gewoonlijk weinig effectief. Dat er van de 5 zeeprikken bij Maurik slechts 1 gemerkt was, terwijl bij Hagestein 80 % van de via de vistrappen trekkende zeeprikken is gemerkt suggereert dat er bij de passage van het Hagestein stuw-complex alternatieve routes worden genomen. Verder is bekend dat zeeprik (en rivierprik) op de Maas het stuw-complex bij Grave wisten te passeren toen daar nog geen vistrap beschikbaar was, waarschijnlijk via de scheepsluizen dan wel tijdens gestreken stuw situaties.

Ad 4b) Mogelijk deels. Dan zouden de meeste zeeprikken dan gedurende 31 mei – 5 juni via de geheven stuw bij Maurik moeten zijn gegaan.

Ad 4c) Waarschijnlijk deels. Gezien het zeer intensieve scheepsgebruik van de sluizen naar de Waal, zou dit zeker in tijden van geringe afvoer op Nederrijn een mogelijke alternatieve route zijn. De terugvangst van één zeeprik in Duitsland zonder dat deze de vistrap bij Maurik is gepasseerd duidt er op dat er alternatieve routes op de Nederrijn zijn genomen (dan wel dat deze zich heeft laten afzakken om vervolgens via de Waal op te trekken).

Ad 5a) Onwaarschijnlijk. Gezien het grote spectrum aan soorten en vislengtes die de vistrap kunnen passeren, lijkt dit erg onwaarschijnlijk voor een sterke zwemmer als zeeprik. Deze zouden moeiteloos de vistrappen kunnen passeren. Bovendien zou dan verwacht kunnen worden dat er dan een grootselectie plaats vindt en de gemiddelde lengte in Maurik hoger ligt. Dit was in 2005 niet het geval.

Ad 5b) Mogelijk. Hiervoor is meer kennis nodig van het aanbod aan vis dat beneden een stuw aankomt. Als bijvoorbeeld slechts 10 % van alle zeeprikken die een stuw op de Nederrijn-Lek benaderen erin slaagt om de vistrap te lokaliseren, is er niet eens een verschil tussen de situatie van Hagestein en Maurik nodig om de waarnemingen te verklaren. Uiteraard kan er door een andere ligging van de opening van vistrap en specifieke hydrologische omstandigheden ook verschillen in efficiëntie tussen beide vistrappen optreden.

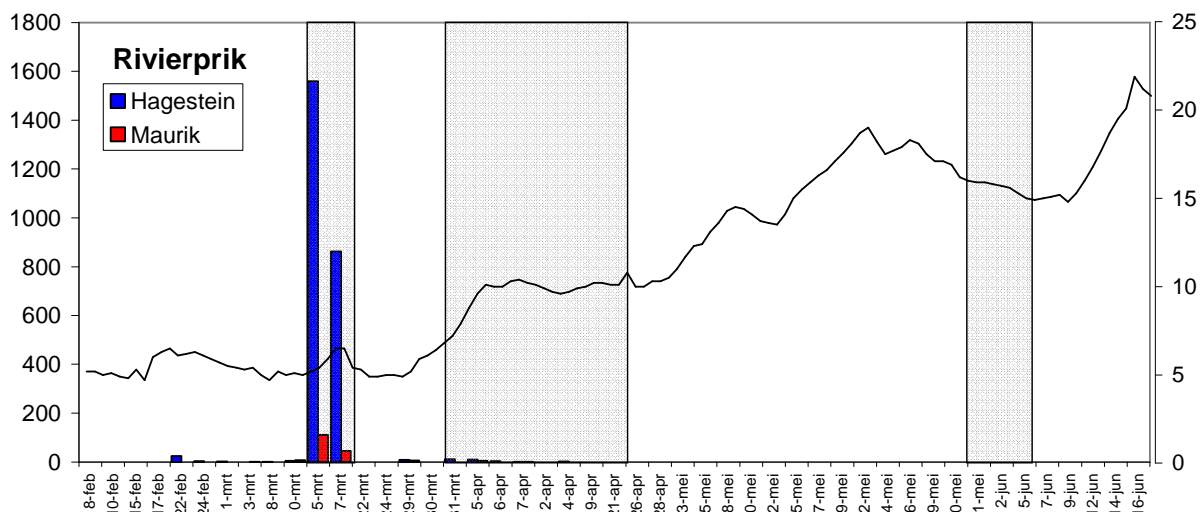
Ad 6a) Onwaarschijnlijk. Het onderscheid tussen niet willen en kunnen passeren is weliswaar lastig te meten. Maar dit gaat in ieder geval niet voor alle zeeprikken op, want er vindt duidelijk optrek plaats.

Ad 6b) Mogelijk. Dit lijkt in strijd met de gangbare opvatting dat zeeprik naar bovenstroomse delen van stroomgebieden moet trekken om op grindbedden te paaien. Echter, lopend onderzoek in de Drentse Aa laat zien dat onnatuurlijk substraat in de vorm van stortsteen als paaisubstraat wordt gebruikt door rivierprikken (Winter & Griffioen 2007). De onnatuurlijke 'bovenloop' situaties direct beneden stuwen (of wellicht zelfs in de vistrappen) met veel hogere stroomsnelheden dan voorheen in de natuurlijke situatie en de aanwezigheid van een variëteit aan harde onnatuurlijke substraten (strotsteen) die voor paai gebruikt kunnen worden maakt dat deze hypothese reëel kan zijn. Zelfs in het geval dat er paai plaats vindt direct beneden de stuwen of in de vistrappen, dan kan dit ook een secundair effect zijn van barrièrewerking, waarbij zeeprikken wel gemotiveerd zijn om stroomopwaarts te trekken, hier niet in slaagden (door één van bovenstaande oorzaken) en dan kiezen voor suboptimale paaihabitats. Hierbij past de waarneming van Visserijbedrijf Klop van stervende zeeprikken benedenstrooms Hagestein.

Wanneer we ook de gegevens van een pilot-studie van 7 zeeprikken die in het voorjaar van 2005 benedenstrooms van Hagestein van een transponder zijn voorzien erbij betrekken (de Leeuw en Winter, 2006): 6 van 7 zeeprikken zwommen na terugzetting stroomafwaarts voorbij het detectiestation bij Nieuwegein. Geen van de zeeprikken passeerde de vistrappen bij Hagestein of Maurik. Eén zeeprik zwom vervolgens via de Waal bij Vuren door tot in Duitsland. Anderen zwommen in benedenrivierengebied bij diverse stations langs. Deze resultaten zijn in lijn met de waarnemingen hierboven.

Ook voor rivierprik worden dezelfde signalen waargenomen als voor zeeprik. Veel kleinere aantallen bij de vistrap Maurik dan bij Hagestein (tabel 1, figuur 6). Daarnaast is het opmerkelijk dat de aantallen rivierprik uitzonderlijk hoog waren juist in de periode dat de stuw geheven was en de vistrap verdronken. Dit kan verklaard worden doordat alleen onder deze omstandigheden de vistrap passeerbaar was voor rivierprikken of 'acceptabel' voor passage. Een alternatieve verklaring is dat ook rivierprik (deels) benedenstrooms van de stuw of in de vistrappen

als paaihabitat benut. Priklarven onderzoek op de Nederrijn-Lek in 2007 (Winter, ongepubliceerd), waarbij geen prikclarven werden gevonden in slib-habitats in de stuwpannen tussen Maurik en Driel, maar wel direct benedenstrooms van Hagestein onderschrijft deze hypothese. Het ontbreken van prikclarven in de bemonsteringen tussen Maurik en Driel en het verspreidingspatroon van de prikclarven die benedenstrooms van Hagestein werden gevonden (alleen in de eerste grote slibbank stroomafwaarts van de stuw, terwijl in slibbanken verder stroomafwaarts geen prikclarven werden gevonden) suggereert een veel meer lokale oorsprong van de prikclarven dan drift over grote afstanden. In dat geval zouden prikclarven meer gelijkmatig verspreid moeten worden gevonden. In de Drentsche Aa werd gevonden dat drift van larven slechts over kleine afstand plaatsvindt (Winter & Griffioen, 2007).



Figuur 6. De aantallen rivierprik per vistrap en datum waarop de fuiken zijn gelicht in het voorjaar van 2006. Perioden met hoge afvoeren en geheven stuw zijn grijs weergegeven. De lijn geeft de ontwikkeling in watertemperatuur (rechteras).

6.2 Efficiëntie voor optrekkende zalm, zeeforel en houting

In 2005-2006 zijn in totaal 14 zalmen, 10 zeeforellen en 3 houtingen gezenderd bij Hagestein (tabel 3). Hiervan zijn er vier gezenderde salmoniden teruggevangen: twee in de zalmsteken benedenstrooms van Hagestein en twee in de vistrapfuij bij Maurik. Allen zijn uiteraard na vangst weer teruggezet.

Na uitzetting is het individuele migratiegedrag van elk van de gezenderde vissen gevolgd met behulp van de uitgebreide infrastructuur aan detectiestations in Nederland (Bij de Vaate & Breukelaar 2001). De meeste detecties waren van stroomafwaarts gelegen detectiestations (tabel 3). Van de 24 salmoniden zijn er slechts 3 de hele serie van vistrappen langs de stuwen in de Neder-Rijn gepasseerd (waarvan 1 gezenderd is beneden Hagestein en twee zijn gezenderd na passage van de vistrap bij Hagestein). Opvallend genoeg waren de enige twee salmoniden die in de vistrap-fuij zijn gevangen beiden succesvol in het passeren van de volgende twee vistrappen op de Nederrijn. Alle op één na in de zalmsteek gevangen vissen zijn naar beneden getrokken na de operatie ofwel niet meer gedetecteerd (tabel 3).

Een transponder die wordt gedetecteerd door een detectiestation schakelt na detectie zichzelf automatisch voor ruim 2 minuten uit, alvorens deze weer een nieuwe detectie kan geven. Hiermee wordt voorkomen dat de transponder terugzendt op elk ondervragingssignaal dat om de 4 seconden wordt uitgezonden. Bij langdurig verblijf boven een detectiestation zou dan de batterij van de transponder veel sneller uitgeput raken (Bij de Vaate & Breukelaar 2001). Hierdoor kenmerkt een langer verblijf boven een detectiestation zich als een serie van detecties met 2-3 minuten tijdsinterval. Een dergelijke serie is beschouwd als één 'passage' van het station. Voor elke gezenderde vis is per station het aantal 'passages' vastgesteld (tabel 3). Het is opvallend dat op het

detectiestation in de Lek bij Nieuwegein veel meer passages per vis worden waargenomen dan bij andere stations. Dit geeft aan dat hier een intensiever 'heen en weer' zwemgedrag plaatsvindt.

Tabel 3: Detectiegegevens van gezenderde vissen na uitzet bij Hagestein in de Lek/Nederrijn in 2005-2006. Per soort is het transponder (of visnr) aangegeven, de uitzetdatum, de datum van de laatste detectie, het aantal dagen tussen de uitzet en de laatste detectie en het aantal passages per detectie-station (een serie detecties met 2-3 min tijdsintervallen is als één passage beschouwd).

soort	visnr	Uitzet	laatste detectie	aantal dagen tot laatste detectie	Bergsche Maas	Oude Maas	Beneden Merwede	Vuren Waal	De Noord-Kinderdijk	Nieuwegein Lek	Hagestein (vistrap)	Maurik (vistrap)	Arnhem	Xanten	Lippe
zalm	1823	16/11/2005	10/01/2006	55		1	4	4	5	10					
zalm	1809	30/11/2005	geen												
zalm	2100	27/04/2006	16/05/2006	19								1		1	
zalm	2103	29/06/2006	30/06/2006	1						4					
zalm	2161	29/06/2006	geen												
zalm	2293	06/10/2006	08/10/2006	2						1					
zalm	2296	19/10/2006	06/12/2006	48	1			2	3	6					
zalm	2306	19/10/2006	22/10/2006	3						2					
zalm	2310	20/10/2006	21/10/2006	1						9					
zalm	2322	25/10/2006	14/01/2007	81						17	3	1		1	1
zalm	2323	25/10/2006	04/01/2007	71						1					
zalm	2303	01/11/2006	02/11/2006	1						13					
zalm	2297	24/11/2006	10/12/2006	16					2	1					
zalm*	2101	29/06/2006	geen												
zeeforel	1870	30/11/2005	12/12/2005	12					2	3					
zeeforel	1822	30/11/2005	geen												
zeeforel	2110	24/05/2006	11/06/2006	18								1		1	
zeeforel	2108	13/06/2006	13/06/2006	0						1					
zeeforel	2107	13/06/2006	14/06/2006	1					1	6					
zeeforel	2106	13/06/2006	13/06/2006	0						1					
zeeforel	2109	13/06/2006	geen												
zeeforel	2102	29/06/2006	geen												
zeeforel	2105	29/06/2006	01/07/2006	2						1					
zeeforel	2301	27/11/2006	28/11/2006	1						2					
houting	1978	09/12/2005	20/02/2006	73								1	2		
houting	2291	17/11/2006	geen												
houting	2302	17/11/2006	geen												

In totaal zijn er twee zalmen, één zeeforel en één houting verder stroomopwaarts getrokken via de vistrappen op de Nederrijn. Voor elk van deze vissen is in tabel 4 aangegeven met welke tijdsintervallen deze stroomopwaarts via vistrappen zijn opgetrokken. Het is opvallend dat alle vissen die minimaal één vistrap passeerden tevens de complete serie tot voorbij vistrap Driel passeerden. De passage van deze serie kan zeer snel verlopen zoals zalm 2322 laat zien: in drie dagen tijd zowel de vistrappen bij Hagestein, Maurik en Driel en doorzwemmen tot voorbij Xanten in Duitsland. Ook de andere zalm en zeeforel zwemmen vrij snel stroomopwaarts. Dat beiden zijn teruggevangen in de vistrapfuij bij Maurik (en daarbij vermoedelijk 2-3 dagen in de grote achterste kamer van de fuij hebben gezeten, zie bijlage 2) heeft hen er niet van weerhouden daarna ook Driel te passeren en tot in Duitsland door te zwemmen. De houting 1978 is in korte tijd na uitzet zowel vistrap Maurik gepasseerd als Driel. Is vervolgens gedurende de paaitijd bovenstrooms van Arnhem verbleven (maar niet tot in Duitsland), alvorens in februari 2006 terug te zwemmen via Arnhem. Daarna is deze niet meer waargenomen.

Deze resultaten suggereren dat de efficiëntie van de vistrappen bij Maurik en Driel hoog zijn, al zijn de aantallen gezenderde vissen erg gering. Het is vervolgens de vraag of de efficiëntie van de vistrap bij Hagestein veel lager is, of dat er andere factoren in het spel zijn die de 'werkelijke efficiëntie' gedeeltelijk maskeren. Hier zal in de discussie verder op in worden gegaan.

Tabel 4: Tijdsintervallen tussen uitzet en passage van de serie vistrappen op de Nederrijn (in stroomopwaartse richting Hagestein, Maurik en Driel) voor de vier gezenderde vissen die de vistrappen hebben gepasseerd.

Soort en visnr.	Benedenstrooms van Hagestein -> passage van vistrap Hagestein	Bovenstrooms vistrap Hagestein -> passage van Vistrap Maurik	Vistrap Maurik -> Nederrijn bij Arnhem (via vistrap Driel)	Vistrap Maurik -> Rijn bij Xanten (via vistrap Driel)
Zalm 2100		9 dagen	-	8 dagen*
Zalm 2322	71 dagen	1 dag		2 dagen
Zeeforel 2110		2 dagen		13 dagen*
Houting 1978		2 dagen	13 dagen	

* na uitzet bij terugvangst in de vistrapfuij bij Maurik

Als we de resultaten van de salmoniden die in juni 2006 bij hogere watertemperaturen (19-20 °C) zijn geopereerd vergelijken met de resultaten van de salmoniden die gedurende oktober-mei zijn geopereerd (< 17 °C), zien we een duidelijk verschil (Tabel 5). Zowel bij zalm als bij zeeforel die in oktober-mei is gezenderd is het deel van de vissen dat later gedetecteerd wordt op minimaal één van de stations groter en is het aantal dagen tussen uitzet en de laatste detectie veel groter. De salmoniden die in juni van een transponder zijn voorzien zijn in veel grotere mate niet meer gezien daarna, of hooguit slechts voor 1-2 dagen na uitzet. Verder is er van 9 die in juni zijn geopereerd geen enkele via de vistrappen op de Nederrijn verder stroomopwaarts getrokken, terwijl er van de 15 die gedurende oktober-mei zijn geopereerd in totaal 3 zijn verder getrokken.

Tabel 5: Samenvatting van de resultaten van het zender-experiment onderverdeeld per soort en periode van opereren, waarbij de salmoniden die in juni-juli zijn geopereerd met water-temperaturen tussen 19-20 °C zijn vergeleken met salmoniden die tijdens oktober-mei zijn geopereerd met veel lagere watertemperaturen. Voor elke soort en periode is aangegeven hoeveel er van een zender zijn voorzien (n), hoeveel en welk percentage hiervan zijn gedetecteerd bij minimaal één van de detectiestations, hoeveel dagen er gemiddeld zat tussen uitzet en de laatste detectie van elk individu, en welk aantal en percentage via de vistrappen in de Nederrijn stroomopwaarts verder migreerde.

soort	periode	n	gedetecteerd	gem. n dagen	optrek via vistrappen
zalm	okt-mei	11	10 91%	30	2 18%
zalm	jun-jul	3	1 33%	1	0 0%
<i>zalm</i>	<i>totaal</i>	<i>14</i>	<i>11 79%</i>	<i>27</i>	<i>2 14%</i>
zeeforel	okt-mei	4	3 75%	10	1 25%
zeeforel	jun-jul	6	4 67%	1	0 0%
<i>zeeforel</i>	<i>totaal</i>	<i>10</i>	<i>7 70%</i>	<i>15</i>	<i>1 10%</i>
salmoniden	okt-mei	15	13 87%	25	3 20%
salmoniden	jun-jul	9	5 56%	1	0 0%
<i>salmoniden</i>	<i>totaal</i>	<i>24</i>	<i>18 75%</i>	<i>23</i>	<i>3 13%</i>

Van de 24 salmoniden zijn in totaal 18 salmoniden (75%) gedetecteerd bij minimaal één van de detectiestations. Hiervan zijn er slechts 3 salmoniden via de vistrappen op de Nederrijn-Lek verder stroomopwaarts getrokken

(13%). Wanneer we de groep die in juni is geopereerd buiten beschouwing laten vallen deze percentages hoger uit: 13 uit 15 salmoniden zijn gedetecteerd (87%), waarvan er 3 via de vistrappen zijn doorgetrokken (20%).

Er is veel meer frequentere 'heen en weer' zwemgedrag waargenomen benedenstrooms van Hagestein (Nieuwegein) dan bij andere detectiestations. Dit zou een reactie kunnen zijn op het uitvoeren van de operatie, echter dan is het wel opmerkelijk dat er van de 3 salmoniden die in de vistrapfuij bij Hagestein zijn gevangen en geopereerd er 2 direct na de operatie verder trokken en ook de vistrap bij Maurik en Driel passeerden in een kort tijdsbestek. In geval van een groot effect van de operatie valt dit dan niet te verwachten.

Daarnaast is er een opvallend verschil in de vangstmethode. Uit 21 salmoniden die met de zalmsteek zijn gevangen en benedenstrooms van Hagestein is uitgezet, is er maar 1 via de vistrap van Hagestein verder opgetrokken, terwijl er van de 3 die in de vistrapfuij zijn gevangen 2 stroomopwaarts verder zijn doorgetrokken via de vistrappen. Beide vistuigen staan op stromend water, beide worden door hetzelfde visserijbedrijf gevangen en behandeld, beide worden meestal om de 2 dagen gelicht en maximaal na 3 dagen, alleen de maaswijdte in de zalmsteken is veel groter dan in de vistrapfuij. Het lijkt niet erg aannemelijk dat hier het verschil in beide groepen op terug is te voeren.

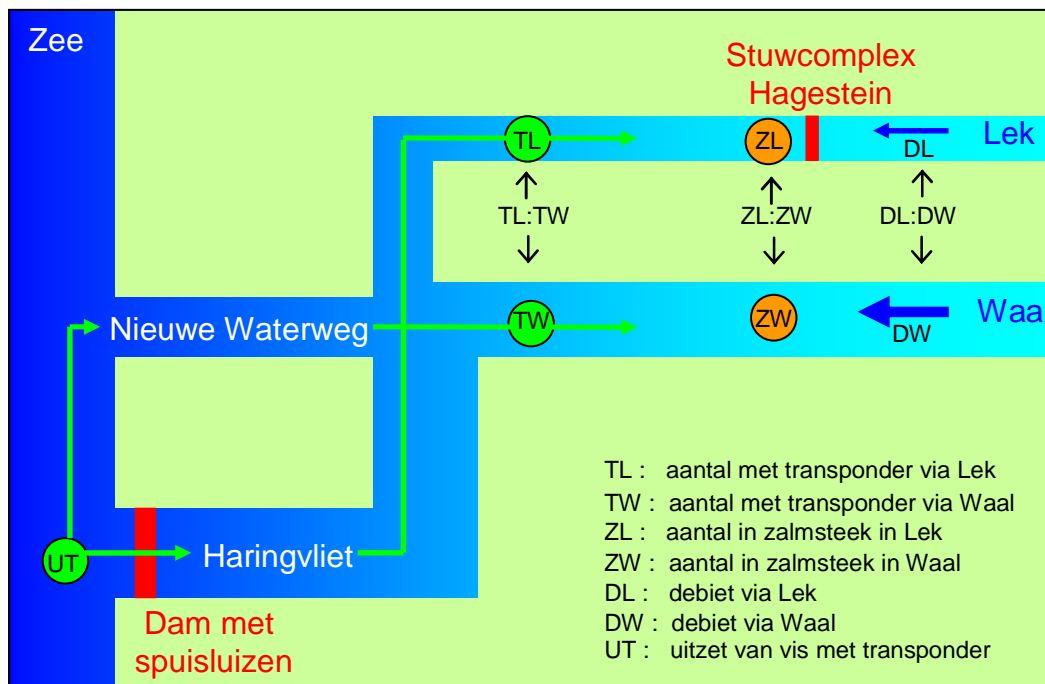
Een andere potentiële verklaring voor de gevonden verschillen zou kunnen zijn dat er een verschil in motivatie is in individuen is die zich benedenstrooms aandienen en diegenen die ook daadwerkelijk de vistrap bij Hagestein zijn gepasseerd. Voor zeeforel, die tijdens de groeifase de Nederlandse kustzone en estuaria afschuimen, zou het dan bijvoorbeeld kunnen gaan om exemplaren die de Getijden-Lek opzwellen om bijvoorbeeld te foerageren of gunstige zuurstofomstandigheden op te zoeken, maar niet de motivatie hebben om de vistrap te passeren. Voor zalm is dit een stuk minder logisch. Deze trekken vanuit hun opgroeigebieden op open oceaan naar onze kustzone en rivieren met het doel op te trekken. Aangezien de slechte doortrek van benedenstrooms gevangen en uitgezette salmoniden zowel voor zeeforel als voor zalm op gaat, lijkt dit zeker niet de enige verklaring.

Daarnaast is het mogelijk dat er een knelpunt is in het vinden of het passeren van specifiek de vistrap bij Hagestein. Met het vergelijkend vistraponderzoek in 2005 en 2006 in Hagestein en Maurik blijken een breed scala aan vissoorten en lengte deze te kunnen passeren (Winter e.a. 2005, Winter 2006). Passeerbaarheid van de vistrap is zeker geen knelpunt voor salmoniden. Blijft over de vindbaarheid, danwel de 'acceptatie' van de ingang van de vistrap; aangezien de detecties alleen ver benedenstrooms van Hagestein en bovenin de vistrap plaatsvinden is momenteel geen onderscheid te maken tussen exemplaren die de ingang van de vistrap bezoeken maar deze niet opzwellen en het niet kunnen lokaliseren van de ingang.

6.3 Optrek van salmoniden voor en na de aanleg de vistrappen

Tijdens de periode 1994-2008 zijn de aantallen optrekkende zalm en zeeforel in de belangrijkste takken van de Nederlandse rivieren gemonitord met zogenaamde zalmsteken binnen het MWTL programma. Dit zijn fuiken die in het verleden werden gebruikt om specifiek op zalm te vissen. Aan weerszijden van de hoofdstroom en ca. 300 m benedenstrooms van de stuw zijn hiertoe elk jaar gedurende 2 perioden van 6 weken in juni-juli en in oktober-november zalmsteken geplaatst (Wiegerinck *et al.*, 2009). Deze weken zijn belangrijke trekperioden voor zalm en zeeforel.

Daarnaast zijn grote aantallen zeeforel en geringere aantallen zalmen vanaf 1996 gevangen, gezenderd en uitgezet aan de buitenzijde van het Haringvliet (bij de Vaate & Breukelaar 2001, Jurjens 2007). Aan de hand van de verhouding tussen vangsten in de zalmsteek en in de optrek van zalm en zeeforel gemeten d.m.v. telemetrie, wordt onderzocht in hoeverre de situatie voor de aanleg veranderd is ten opzichte van de situatie na de aanleg van de serie vistrappen in de Nederrijn-Lek.



Figuur 7. Schematisch overzicht van de aanpak om te bepalen of er en in welke mate er direct benedenstrooms van het stuw-complex bij Hagestein concentratie/zoekgedrag plaatsvindt bij optrekkende zalm en zeeforel. Gedurende 1996-2005 zijn buitengaats van het Haringvliet zalm en zeeforel gevangen en uitgerust met een transponder (zender). Een deel van deze vis trekt via de Nieuwe Waterweg binnen, een deel via de spuisluizen in de Haringvlietdam. Daarna trekt een deel verder via de Lek en een deel via de Waal.

Als we aannemen dat:

- 1) de verhouding van de aantallen gezenderde zalm en zeeforel die de Lek opzwemmen in vergelijking met de aantallen die de Waal op zwemmen (TL : TW, zie figuur 7) indicatief zijn voor de verhouding in ongezonderde zalm en zeeforel die beide takken opzwemmen. In hoeverre dit het geval is, is op basis van de huidige data niet te bepalen en zal afhankelijk zijn van het aanbod bij Haringvliet en Nieuwe Waterweg en in welke mate beide routes worden gevolgd. èn
- 2) de selectiviteit van de zalmsteken in de Lek en de Waal identiek zijn, dat wil zeggen dat ze met even grote kans een eenmalig langstreckende zalm of zeeforel vangen. Aangezien optrek in stromende wateren voornamelijk langs de oevers gaat, lijkt dit gezien het feit dat er langs de oever met dezelfde zalmsteken wordt gevestigd in beide wateren, eveneens een redelijk realistische aanname. èn
- 3) er geen enkele concentratie of zoekgedrag zou plaatsvinden benedenstrooms van Hagestein en hier evenals in de vrij optrekbare Waal geen migratiebelemmering optreedt.

Dan zal de verhouding in de zalmsteekvangsten in de Lek en de Waal (ZL : ZW) gelijk zijn aan de verhouding in de aantallen gezenderde zalm of zeeforel (TL : TW).

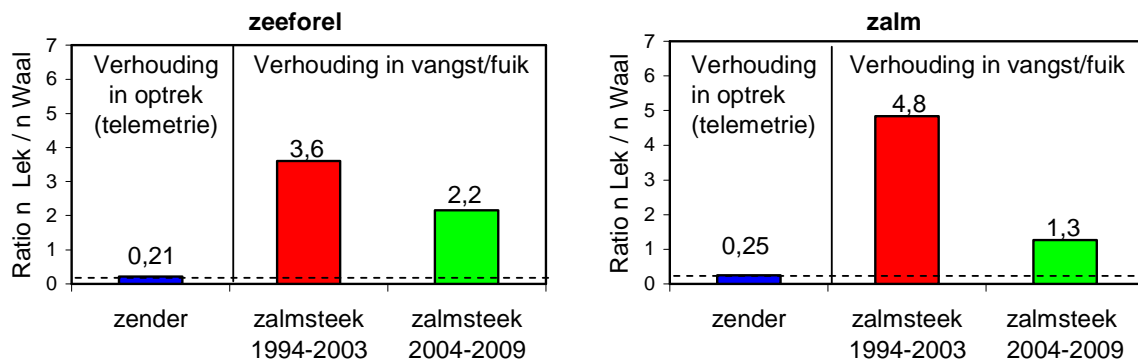
Als de verhouding in de zalmsteekvangsten in de Lek t.o.v. de Waal hoger is dan op basis van de verhouding in de gezenderde optrekkende zalm en zeeforel, dan zal dit duiden op het voorkomen van concentraties en zoekgedrag benedenstrooms van de stuw bij Hagestein.

Aangezien het feit dat de Lek en Nederrijn een aftakking van de Waal is en dus dezelfde 'oorsprong' van het water heeft als de Waal is er geen aanleiding om te veronderstellen dat er een duidelijke selectie in 'geur' plaatsvindt van de ene Rijntak boven de andere, is de verhouding in het gemiddelde debiet wellicht ook een goede schatter voor de verhouding in optrekkende zalm en zeeforel.

Gedurende 1994-2005 zijn er in totaal 131 gezenderde zeeforellen en 8 gezenderde zalmen de Waal opgezwommen, terwijl er 27 gezenderde zeeforellen en 2 gezenderde zalmen de Lek op zijn gezwommen (Jurjens, 2006). Dit betekent een TL : TW van 0.21 voor zeeforel en een TL : TW van 0.25 voor zalm. De

verhouding in het langjarig gemiddelde debiet DL : DW bedraagt 0.16. Redelijk goed overeenkomend met de gevonden verhoudingen voor optrekkende zalm en zeeforel. Dat de verhouding voor zalm en zeeforel iets hoger ligt dan volgens het gemiddelde debiet zou verklaard kunnen worden door het feit bij lagere afvoer (en relatief veel debiet via de Waal ten opzichte van de dan vrijwel stagnante Lek), en bij watertemperaturen hoger dan 20 °C de optrek van zalm en zeeforel vrijwel stil komt te liggen ((Jurjens, 2006). Het debiet is indicatief voor een spectrum aan stroomsnelheden die in een dwarsdoorsnede optreden en deze vormen de daadwerkelijke prikkels voor optrekgedrag en oriëntatie van salmoniden.

Gedurende 1994-2009 is er op de Lek en de Waal een zalmsteekmonitoring uitgevoerd (Wiegerinck *et al.*, 2009). Na de aanleg van de laatste vistrap in 2004 bij het stuw-complex bij Hagestein is de verwachting dat er vóór 2004 een grotere kans op concentraties en zoekgedrag benedenstrooms van de stuwen bij Hagestein plaats vond dan vanaf 2004. Er is een vergelijking gemaakt tussen de verhoudingen in de zalmsteekvangsten tijdens de periode 1994-2003 zonder vistrap, en 2004-2008 met vistrap. Per periode is de gemiddelde vangst per zalmsteek per etmaal uitgerekend voor zeeforel en zalm (ZL : ZW). Deze verhoudingen zijn vervolgens vergeleken met de verhouding in optrek van gezenderde zalm en zeeforel (Figuur 8).



Figuur 8. De verhouding in de optrek van gezenderde zalm en zeeforel tussen de Lek en de Waal (TL : TW), in vergelijking met de verhouding in de vangsten per zalmsteek tussen de Lek en de Waal (ZL : ZW), uitgesplitst over twee perioden 1994-2003, toen er geen vistrap aanwezig was bij Hagestein, en 2004-2009, toen er wel een vistrap langs de stuwen aanwezig is. Als er in beide perioden geen migratiebelemmeringen waren bij het stuw-complex van Hagestein en het gedrag van optrekkende zalm en zeeforel identiek is als in de vrij optrekbare Waal, dan zouden alle weergegeven verhoudingen even hoog als de stippellijn moeten zijn. Als er door migratiebelemmering bij Hagestein wel concentraties en zoekgedrag plaatsvindt zullen de verhoudingen hoger liggen.

Figuur 8 geeft aan dat zowel voor zeeforel als voor zalm de verhouding in de zalmsteekvangsten vele malen hoger liggen, dan in geval van onbelemmerde doortrek kon worden verwacht. Er treedt dus sterke concentratie en zoekgedrag op direct benedenstrooms van de stuwen bij Hagestein. Zowel bij zeeforel als bij zalm is de verhouding na het gereedkomen van de vistrap in 2004 gedaald, hetgeen duidt op een verbetering van de doortrekmogelijkheden. Maar nog steeds is de verhouding ondanks de aanwezigheid van de vistrap nog vele malen hoger dan bij vrije doortrek mag worden verwacht. Er vindt dus benedenstrooms van de stuw bij Hagestein nog steeds meer 'heen en weer' zwemgedrag plaats dan in een ongestuwde situatie (als op de Waal) verwacht kan worden. Verder is het opvallend dat voor het gereedkomen van de vistrap de verhouding voor zalm groter is dan voor zeeforel, terwijl dit na het gereedkomen van de vistrap net andersom is. Dit doet vermoeden dat er een verschil in gedrag is tussen beide soorten, danwel dat de efficiëntie van de vistrap voor zalm veel hoger is dan voor zeeforel. Wat hierbij een rol speelt is dat bij zeeforel wellicht niet elk individu dat zich benedenstrooms bij Hagestein aandient ook daadwerkelijk gemotiveerd is om stroomopwaarts te migreren. Als kust- en riviermondingen -foerageerder heeft een deel van de zeeforel mogelijk niet de neiging om de vistrap te zoeken en verder te trekken, maar bezoekt die deze locatie om te foerageren. Voor zalm die ver op de oceaan foerageert is het zeer waarschijnlijk dat alle zalm die benedenstrooms van Hagestein aankomt ook daadwerkelijk gemotiveerd is om stroomopwaarts te trekken en geen andere motivatie kent.

6.3 Lokstroom, stuwbeheer en de vindbaarheid van de ingang van de vistrap

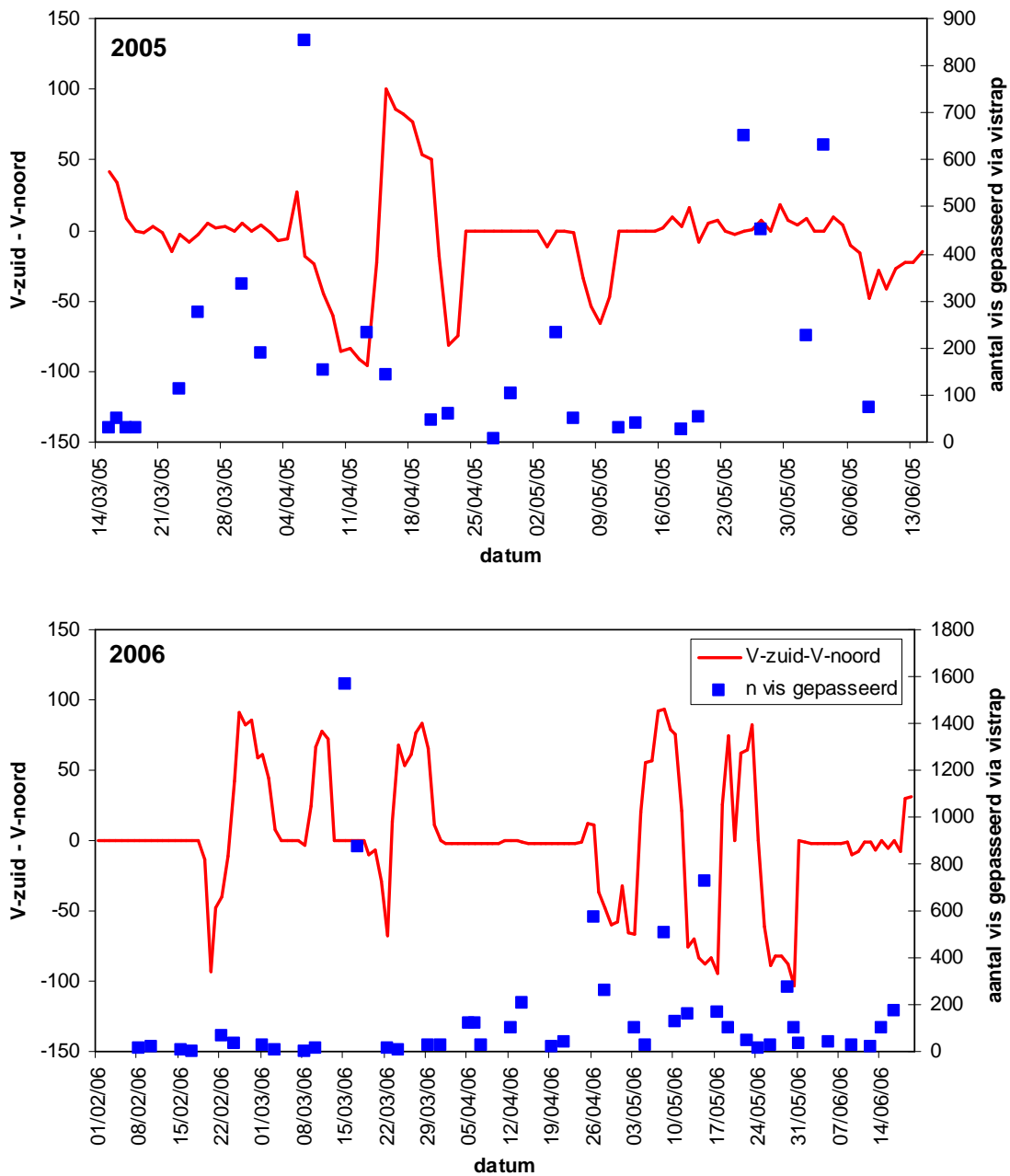
Met behulp van drijvers is de lokstroom gekarakteriseerd bij de vistrap Driel (zie figuur 9). Bij toenemende afvoer is de lokstroom merkbaar over een geringere breedte (groen) dan bij lagere afvoer (rood en blauw). De reikwijdte van de lokstroom strekt zich maximaal over de helft van de rivierbreedte uit. Het feit dat er een drempel ligt in de uitstroomopening oostelijk van het 'eilandje' (zie foto), lijkt niet belemmerend voor het intrekken van vis, omdat de westelijke opening ten allen tijde water voert en voldoende diepgang heeft.



Figuur 9. Lokstroom bij Driel zoals gemeten met behulp van drijvers bij hoge afvoer (groen) en lagere afvoer (rood en blauw) (figuur uit Schropp, 2010)

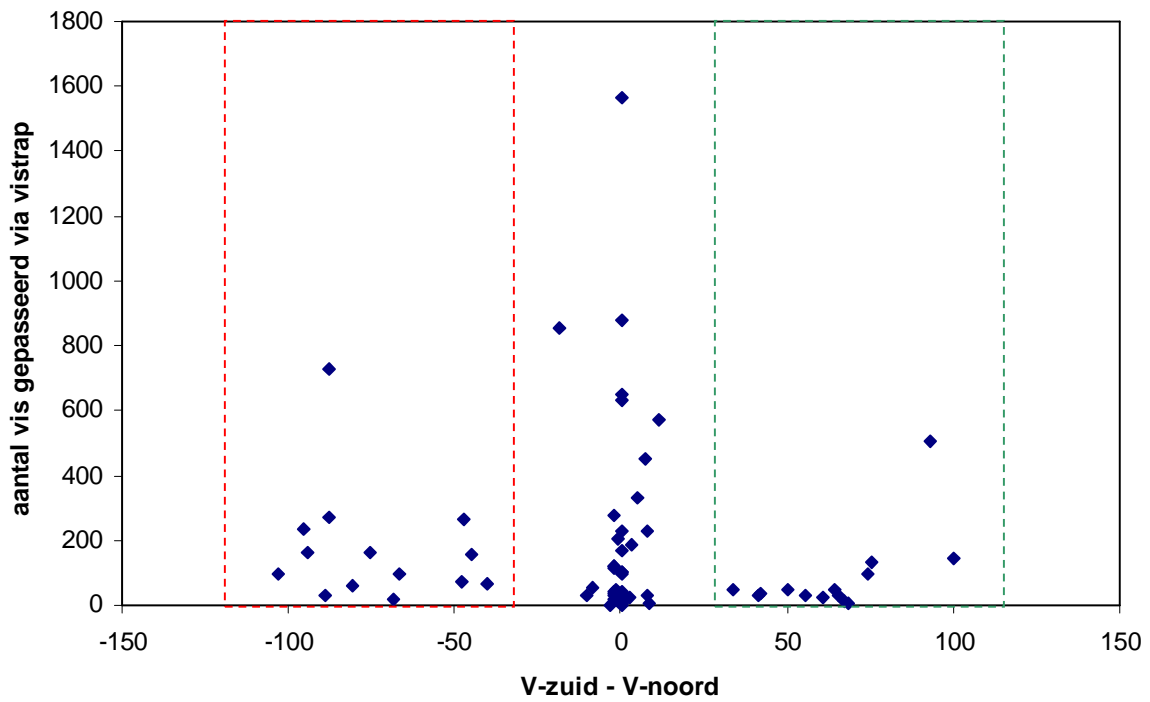
In 2005 is gedurende twee weken een alternerend stuwbeheer uitgevoerd bij Hagestein. In 2006 is dit tijdens 10 weken uitgevoerd. Als index voor de verhouding is de mate van geheven stuw aan de zuidzijde minus de mate van geheven van de stuw aan de noordzijde ('V-zuid –V-noord') genomen, waarbij een negatief getal meer afvoer via de noordelijke stuw betekent en een positief getal verhoudingsgewijs meer afvoer via de zuidelijke stuw. De vistrap grenst aan de zuidelijke stuw. De hypothese is dat een grotere stroming via de stuw aan de zuidzijde de vis al meer in de buurt van de ingang van de vistrap 'lokt', waarna de ingang van de vistrap sneller gevonden zou kunnen worden.

De V-zuid –V-noord voor 2005 en 2006 is uitgezet tegen de aantallen vissen die via de vistrap zijn gepasseerd zoals binnen de monitoring is gemeten. Omdat de fuiken 1x per 2 dagen werden gelicht is hierbij de V-zuid – V-noord van de dag voor de lichting genomen. Aangezien de migratieperiode pieksgewijs verloopt en er slechts twee jaren en dan ook nog slechts gedeeltelijk beschikbaar zijn, is er geen onderscheid gemaakt op soortniveau. Hierdoor middelen korte piekperiodes voor verschillende soorten zich wellicht uit. In perioden met hoge afvoer moesten beide stuwen geheven worden en ligt V-zuid –V-noord derhalve rond nul (figuur 10).



Figuur 10. De verhouding in stuwbeheer, waarbij V-Zuid - V-Noord als index is gebruikt (rood) en de totale aantallen vis zoals die door de vistrap trokken (blauw).

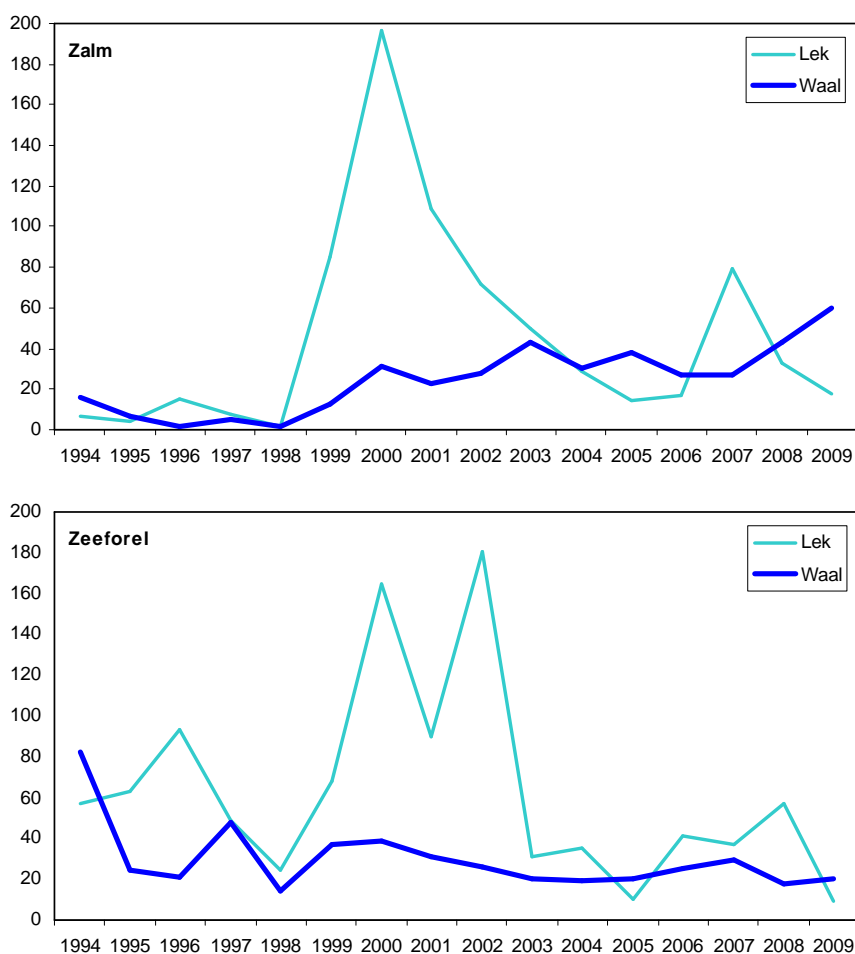
Wanneer we V-zuid –V-noord uitzetten tegen het aantal vissen dat via de vistrap passeert over de gehele periode 2005-2006 (figuur 11), dan zien we dat in de situatie met meer afvoer via de noordelijke stuw, er de dag daarna meer vis via de vistrap optrekt dan in het geval de zuidelijke stuw meer afvoer kent. Dit is tegengesteld aan wat vooraf werd gedacht. Mogelijk reikt de lokstroom verder de rivier op aan de zijde waar minder of geen afvoer via de stuw wordt geleid en trekt daardoor relatief meer vissen dan wanneer de lokstroom minder ver de rivier op reikt als de afvoer direct naast de ingang hoger is. De steekproef is echter erg klein en om dit goed te onderzoeken zou dit gedurende een reeks van jaren uitgevoerd moeten worden. Bovendien is het dan ook mogelijk om dit op soort niveau te beschouwen. Maar de resultaten suggereren dat het de moeite lijkt te lonen om dit verder te onderzoeken.



Figuur 11. De verhouding V-zuid – V-noord in relatie tot het aantal vissen wat door de vistrappen trok tijdens de monitoringen van 2005 en 2006. Het rode blok geeft aan dat er meer afvoer via de noordelijke stuw gaat. Het groene blok geeft aan wanneer er relatief meer afvoer via de zuidelijke stuw wordt gevoerd.

7. Effectiviteit van de vistrappen voor populatieherstel

Uiteindelijk is het doel van de aanleg van vistrappen dat migrerende populaties zich kunnen herstellen en dat er voldoende uitwisseling tussen niet-migrerende populaties plaats kan vinden. Populaties herstellen zich echter alleen indien migratiebottlenecks de voornaamste reden waren voor een afname van een populatie migrerende vis. Wanneer we trends bekijken in het voorkomen van zalm en zeeforel in de Rijn (met de zalmsteek monitoringen als graadmeter, figuur 12), dan zien we dat de aantallen zalmen op de Lek geen verbetering laten zien na het gereed komen van de serie vistrappen in 2004. Voor zalm treden complicerende factoren op: 1) er vinden nog steeds uitzettingen plaats in de bovenstroomse delen van het stroomgebied; 2) er vinden diverse andere drukken plaats (zoals visserij, waterkracht, paai- en opgroei-habitatkwaliteit) en 3) het gedrag en de vangkans van zalm benedenstrooms van een barrière zonder vistrap is anders dan met vistrap (figuur 8). Hierdoor hoeven hogere vangsten in de periode voor 2004 niet noodzakelijkerwijs hogere aantallen zalmen op de Lek betekenen, maar vooral een hogere vangkans per individuele zalm die bij Hagestein aankomt. De trend op de Waal is wel positief. De aantallen zalmen in de zalmsteekvisserij in de Waal houdt gelijke tred met de aantallen volwassen zalmen die de bovestroomse paaigebieden binnen trekken. Wat de toegenomen migratiemogelijkheden door de aanleg van de vistrappen in de Lek-Nederrijn bijdragen aan deze toename is moeilijk te bepalen, maar aangezien de toename al voor 2004 is ingezet lijkt het aannemelijk dat er op zijn minst andere factoren eveneens een rol spelen. Voor zeeforel zijn zowel in de Lek als de Waal geen toename te zien.



Figuur 12. Trends in de aantallen zalm en zeeforel van de zalmsteekmonitoringen.

8. Discussie en conclusies

De geschiktheid van het nieuwe type vistrap in de Nederrijn-Lek

De vispassages bij Driel, Maurik/Amerongen en Hagestein laten een zeer grote diversiteit zien. Liefst 34 vissoorten hebben in 2002, 2005 en 2006 gebruik gemaakt van deze vistrappen. Voor veel soorten betrof het daarbij zowel volwassen als kleine juveniele exemplaren. Het ontwerp met de vertical slot aanpassing van de v-vormige overlaat van vistrap lijkt zeer geslaagd, gezien het feit dat er ook erkend slecht zwemmende en bodemgeoriënteerde soorten als rivierdonderpad en marmergroedel door deze vistrappen kunnen passeren.

Vergelijking van het soortenspectrum en lengtesamenstelling van de migratie via de vistrappen met V-vormige overlaat en vertical slot in het midden in de Nederrijn-Lek met vistrappen met uitsluitend een V-vormige overlaat in de Maas (Winter & Buijse 2003) en de Overijsselse Vecht (Winter 2007) laat de volgende overeenkomsten en verschillen zien:

- Alver en blankvoorn zijn in alle vistrappen in de Nederrijn-Lek, Maas en Overijsselse Vecht de meest talrijke optrekkers in het voorjaar
- Het soortenspectrum is groot; 34 in Nederrijn-Lek, 32 in Maas en 22 in Overijsselse Vecht
- De lengterange is groot van zowel vissen van 6-10 cm als grote vis tot meer dan 100 cm
- Diadrome vissoorten, met name zeeprík en rivierprík, trekken in veel groter aantal via de vistrappen in de Nederrijn-Lek (met name Hagestein, zie efficiëntie discussie) dan in de Maas en Overijsselse Vecht
- Veel grotere aantallen kreeftachtigen in de vistrappen in de Nederrijn-Lek dan in de Maas en Overijsselse Vecht, met name wolhandkrab

Het feit dat deze vistrappen ook zeer geschikt zijn gebleken voor kreeftachtigen, met name de zeer talrijk aangetroffen wolhandkrab maar ook Amerikaanse Rivierkreeft en Steurgarnalen geven aan dat dit type vistrap ook geschikt is voor andere taxa dan vis. Internationaal is hiervoor nog relatief weinig aandacht geweest (Roscoe & Hinch 2010).

De meeste monitoringen van optrek via vistrappen blijven in Nederland beperkt tot het voorjaar, omdat er dan verwacht wordt dat de meeste optrek plaatsvindt. In de vistrap bij Hagestein is ook in het najaar van 2006 de optrek via de vistrap geregistreerd. Hierin waren eveneens alver en blankvoorn de meest talrijke optrekkers. Daarnaast relatief veel (jonge) winde en rivierprík. Voor de laatste soort begon de optrek net voor het einde van de registratie in november. Daarnaast werd houting voor het eerst in een Nederlandse vistrap aangetroffen, zij het in kleine aantallen.

Dat er zowel in de vistrap van Maurik (tussen drempel 7 en 8) als Driel (tussen drempel 1 en 2) een korter bekken is opgenomen waarin de turbulentie niet volledig wordt gedempt (Schropp, 2010), lijkt geen beperking op te leveren voor de geschiktheid van de vistrap. Er is geen wezenlijk verschil in de soorten- en lengte samenstelling tussen Hagestein en Maurik. In Driel zijn naar verhouding zelfs meer kleinere vis gepasseerd, terwijl het effect van een dergelijk korte drempel eerder voor kleine vis beperkingen zou opleveren. Het lijkt derhalve niet noodzakelijk deze bekkens aan te passen.

Concluderend kan worden vastgesteld dat de vistrappen in de Nederrijn-Lek uitstekend geschikt zijn migratie van zowel vis als kreeftachtigen.

De efficiëntie van de vistrappen

Het vaststellen van de 'werkelijke' efficiëntie van vistrappen is niet eenvoudig (zie hfst 2 en 6). De vismonitoringen met fuiken, merk- en zenderexperimenten geven geen eenduidig beeld. De meest directe meting van efficiëntie is met gezenderde vis. Deze suggereren een geringe efficiëntie van de vistrap bij Hagestein, en een hoge efficiëntie bij Maurik en Driel, gegeven dat de enkele vissen die Hagestein passeren (2 zalmen, 1 zeeforel en 1 houting) allen en binnen korte tijd de overige vistrappen eveneens passeren. Echter de aantallen zijn zeer gering. Voor het feit dat slechts ca 20% van de gezenderde zalmen en zeeforellen via Hagestein optrekt staan meerdere verklaringen nog open.

De merk-experimenten met zeeprik laten zien dat een zeer klein percentage dat Hagestein passeert doortrekt via de vistrap Maurik. Ditzelfde beeld komt ook uit de vismonitoring voor zeeprik in zowel 2005 als 2006 en rivierprik in 2005, maar niet in 2006, naar voren (tabel 1). Waarbij moet worden opgemerkt dat het zwaartepunt van de optrek van rivierprik (november-april) buiten de monitoringsperioden valt, terwijl de optrekperiode van zeeprik (mei-juni) volledig wordt gedekt door de monitoringsperioden. Voor de populatie zeeprik die de Nederrijn optrekt kan worden geconcludeerd dat deze deels doortrekken via de vistrappen, deels alternatieve routes nemen langs de stuw-complexen (bijvoorbeeld scheepssluizen of geheven stuwen, maar wellicht ook via Amsterdam-Rijn-Kanaal naar Waal), deels weer stroomafwaarts zakken (hetzij onverrichter zake, hetzij om vervolgens stroomopwaarts te trekken via de Waal, hetzij na paai in onnatuurlijke habitats met harde substraten. Hoe de verhouding tussen deze gedragingen ligt is nog niet duidelijk.

Het lijkt aannemelijk dat de 'werkelijke' efficiëntie van de vistrap bij Hagestein hoger ligt dan de 'waargenomen' efficiëntie, ten minste voor zeeprik en rivierprik die waarschijnlijk voor een deel de habitats direct benedenstrooms van de stuw en wellicht de vistrap benutten als paaihabitat. Zeeforel benut wellicht voor een deel de benedenstroomse habitats voor foerageren. Voor andere riviervissen is het vaak nog moeilijker om te bepalen hoe groot de efficiëntie van de vistrappen is.

De effecten van het altenerend stuwbeheer op de efficiëntie van vistrap bij Hagestein kunnen op basis van de beschikbare gegevens niet worden bepaald. Daarvoor is de duur het experiment en de frequentie van alterneren te gering geweest. De gegevens suggereren dat er meer vis via de vistrap die aan de zuidelijke zijde is gelegen optrekt nadat de noordelijke stuw meer afvoer voert dan wanneer de zuidelijke stuw meer afvoer voert. Dit is tegengesteld aan wat vooraf was gedacht. De gegevensset is echter beperkt en de waarnemingen zijn niet onafhankelijk. Om dat werkelijk vast te stellen zal dit moeten worden herhaald over een langere periode van meerdere jaren.

De effectiviteit van de serie vistrappen

Vragen over de effectiviteit van vistrappen zijn niet eenvoudig te beantwoorden en de effecten op populatieniveau liggen nog een stap verder. Er spelen veel factoren door elkaar die allen zeer soortspecifiek uitpakken. Over hoe belangrijk migratie is voor verschillende populaties en welke andere bottlenecks er voor populaties optreden is vaak weinig bekend. Daarnaast speelt de schaal waarop migratie plaatsvindt een rol (deze lijkt voor alver bijvoorbeeld groter dan voor blankvoorn, brasem en baars), het deel van de populatie dat daaraan deelneemt (zowel volwassen vis als juveniele voor bijvoorbeeld blankvoorn, winde en baars en uitsluitend een klein deel van de volwassen vis voor bijvoorbeeld brasem). Als verbinding tussen (deel)populaties zullen de vistrappen goed functioneren gezien het grote soortenspectrum en lengteranges die waargenomen zijn. In welke mate deze effectief zijn op populatieniveau voor elk van de soorten is hierbij de vraag.

Het valt te verwachten dat met name diadrome vissoorten profiteren van toegenomen migratiemogelijkheden door de aanleg van vistrappen. Echter, omdat de Nederrijn-Lek een zijtak van de Rijn is die ook ongestuwde takken (Waal) kent, is het uiteindelijke effect van de serie vistrappen niet direct vast te stellen. De populatie zalm lijkt nog steeds teveel bottlenecks te kennen (bijvoorbeeld migratiebarrières in bovenlopen, waterkracht, visserij, kwaliteit van paai- en opgroeihabitats) om een zichzelf in stand houdende populatie te vormen. Natuurlijke paai vindt plaats, maar er worden nog steeds veel zalmen uitgezet in de bovenlopen van het Rijn-stroomgebied.

Het leidt echter geen twijfel, gezien de grote geschiktheid van de toegepaste vistrappen, dat de migratiemogelijkheden in de Nederrijn-Lek door de aanleg sterk zijn toegenomen. Indien migratie een beperking was op de populatiegrootte van sommige soorten, dan zal deze zeker verminderd zijn.

Concluderend

De vistrappen blijken uitstekend geschikt voor stroomopwaartse passage van een breed spectrum aan vissoorten van verschillende levensstadia en zelfs grote aantallen kreeftachtigen. Er is geen enkele aanwijzing gevonden dat in één of meerdere vistrappen ongewenste bottlenecks voor migratie optreden die verband houden met het ontwerp of de uitvoering van de vistrappen. Het lijkt niet noodzakelijk om de vistrappen op onderdelen aan te passen.

Over de efficiëntie van de vistrappen is minder data beschikbaar. De efficiëntie van de vistrappen bij Maurik/Amerongen en Driel zoals binnen de transponderexperimenten zijn gevonden lijken hoog. Bij Hagestein daarentegen is voor meerdere soorten (zeeprik, zeeforel, zalm) veel terugkeergedrag en een relatief laag doortrekpercentage gevonden. In hoeverre dit ligt aan een verminderde vindbaarheid van de opening van de vistrap, dan wel dat de efficiëntie wordt onderschat doordat trekvis het gebied direct benedenstrooms van de stuw als habitat benut, is momenteel niet goed te bepalen. De locatie van de ingang van de vistrap is niet wezenlijk anders gesitueerd dan bij de vistrappen in Maurik/Amerongen en Driel. De enige factor die wezenlijk verschilt met de stroomopwaartse stuwen is dat er benedenstrooms van Hagestein een getijverschil optreedt (tot 1 m). In hoeverre dit de vindbaarheid van de vistrap beïnvloed is onbekend.

Aanbevelingen

De aantallen gezenderde vissen die via de Nederrijn-Lek zijn opgetrokken zijn gering. Om de efficiëntie van met name Maurik/Amerongen en Driel beter te bepalen is extra zenderonderzoek aan te bevelen. Daarnaast is het zoekgedrag en de mate waarin de ingang van de vistrap benedenstrooms van de stuw bij Hagestein grotendeels onbekend. Aanvullend transponderonderzoek met een extra detectiestation in de ingang van de vistrap bij Hagestein kan hierover duidelijkheid geven. Dit zou eventueel in samenhang met alternerend stuwbeheer uitgevoerd kunnen worden.

In hoeverre habitats direct benedenstrooms van stuwen (in het geval van de Nederrijn-Lek met name bij Hagestein) voldoen als paai- en foerageergebied van de diverse riviertrekvisen die stroomopwaarts trekken is momenteel een kennishiaat dat met het oog op een inschatting van de efficiëntie van de vistrappen nader onderzocht zou moeten worden.

In het evaluatieonderzoek is de meest onzekere factor de vindbaarheid van de ingang van de vistrap bij Hagestein. Dit is de enige stuw in de Nederrijn-Lek waar ook een relatief groot getijdenverschil optreedt. Als het getijdenverschil de vindbaarheid beïnvloed, dan is het verwachten dat er in de Maas een soortgelijke situatie optreedt. Ook hier treedt bij de meest benedenstrooms gelegen stuw (bij Lith) een getijdenverschil op, waar dit bij meer bovenstrooms gelegen stuwen niet het geval is. In de afgelopen jaren is veel zenderonderzoek uitgevoerd op de Maas met diverse vissoorten. Een vergelijkende analyse tussen de datasets van de Maas met de datasets van de Nederrijn-Lek kunnen wellicht meer duidelijk maken of het getijdenverschil een beïnvloedende factor is.

9. Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2000 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 08602-2004-AQ-ROT-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2009. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Het laatste controlebezoek vond plaats op 22-24 april 2009. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Milieu over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

Referenties

- Bij de Vaate, A. & Breukelaar, A.W. (2001). De migratie van zeeforel in Nederland, RIZA-report 2001.046.
- Bij de Vaate, A., Breukelaar, A.W., Vriese, T., De Laak, G., & Dijkers, C. (2003) Sea trout migration in the Rhine delta. *Journal of Fish Biology*, 63, 892-908.
- De Leeuw, J.J., Buijse, A.D., Grift, R.E., & Winter, H.V. (2005) Management and monitoring of the return of riverine fish species in the Netherlands. *Archiv für Hydrobiologie*, 155, Large Rivers 15, no.1-4: 391-411.
- De Leeuw, J.J. & Winter, H.V. (2006). Telemetriestudie naar migratiebarrières voor riviervis (winde, barbeel, kopvoorn, sneep), IMARES-report C074/06.
- Cazemier W.G. & Muyres W.J.M. (1981) Over de doelmatigheid van een experimentele vistrap in de Neerbeek. RIVO-rapport ZS 81-1.
- Hardisty, 1979. *Biology of the Cyclostomes*. Chapman & Hall, London.
- Jansen, H.M., Winter, H.V., Tulp, I., Bult, T., van Hal, R., Bosveld, J., & Vonk, R. (2008). Bijvangst van salmoniden en overige trekvis vanuit een populatieperspectief, IMARES report C039/08.
- Jurjens, H. (2006). The migration of salmonids through the Rhine Delta, MSc Thesis Wageningen University 007/2006.
- Schropp, M.H.I. (2010). *Hydraulische metingen vispassages Nederrijn-Lek*. Rijkswaterstaat.
- Van Beek G.C.W. & J.H. Kemper (2002). *Vismonitoring van de vispassage op het stuweiland Driel*. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. OVB- rapport. OND-000145, 22p.
- Wiegerinck, J.A.M., de Boois, I.J., van Keeken, O.A., & Westerink, H.J. (2009). Jaarrapportage Passieve Vismonitoring Zoete Rijkswateren: fuik- en zalmsteekregistraties in 2008, IMARES-report C028/09.
- Winter, H.V. & W.L.T. van Densen (2001). Assessing the opportunities for upstream migration by non-salmonid fishes in the weir-regulated River Vecht. *Fisheries Management and Ecology* 8: 513-532.
- Winter, H.V. & A.D. Buijse (2003). Het belang van migratie voor de visstand in de Maas. *Natuurhistorisch Maandblad*, Oktober 2003 jaargang 92: 243-248.
- Winter, H.V., R.W. Klop, W. Klop, K. Klop & B. Baks (2005). *Vismigratie via de vistrappen bij Hagestein en maurik tijdens het voorjaar van 2005*. Rapport C055/05.
- Winter, H.V. & A.B. Griffioen, 2007. *Verspreiding van rivierprik-larven in het Drentsche Aa stroomgebied*. IMARES-rapport C015/07.
- Winter, H.V. & de Leeuw, J.J. (2007). *Zender-experiment met zalm en zeeforel in de Lek/Nederrijn bij Hagestein gedurende 2005-2006*, IMARES-report C053/07.
- Winter, H.V. (2006). *Vismigratie via de vistrappen bij Hagestein en Maurik tijdens het voorjaar van 2006*. IMARES rapport C092/06.
- Winter, H.V. (2007). *A fisheye view on fishways*. Proefschrift, Wageningen Universiteit.
- Winter, H.V. (2009). *Voorkomen en gedrag van trekvis nabij kunstwerken en consequenties voor de vangkans met vistuigen*. IMARES rapport C076/09. 57 pp.

Verantwoording


Rapport C064/10
Projectnummer: 430.21004.01

Verantwoording

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Dr. M. de Graaf
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 31 Augustus 2010

Akkoord: Drs. J. Asjes
Afdelingshoofd van Afdeling Vis

Handtekening:



Datum: 31 Augustus 2010

Aantal exemplaren:	25
Aantal pagina's:	38
Aantal tabellen:	5
Aantal figuren:	12
Aantal bijlagen:	0