



Vlaanderen
is wetenschap

Evaluatie van vismigratie in de Demer in Diest Evaluatie van de Grote Steunbeer als potentieel knelpunt en de Zwarte Beek als alternatieve route voor vismigratie

Ine Pauwels, David Buysse, Ans Mouton, Raf Baeyens, Nico De Maerteleire, Sebastien Pieters, Karen Robberechts, Emilie Gelaude & Johan Coeck

**INSTITUUT
NATUUR- EN BOSONDERZOEK**

Auteurs:

Ine Pauwels, David Buysse, Ans Mouton, Raf Baeyens, Nico De Maerteleire, Sebastien Pieters, Karen Robberechts, Emilie Gelaude & Johan Coeck
Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) is het Vlaams onderzoeks- en kenniscentrum voor natuur en het duurzame beheer en gebruik ervan. Het INBO verricht onderzoek en levert kennis aan al wie het beleid voorbereidt, uitvoert of erin geïnteresseerd is.

Vestiging:

INBO Brussel
Kliniekstraat 25, 1070 Anderlecht
www.inbo.be

e-mail:

Johan.Coeck@inbo.be

Wijze van citeren:

Ine Pauwels, David Buysse, Ans Mouton, Raf Baeyens, Nico De Maerteleire, Sebastien Pieters, Karen Robberechts, Emilie Gelaude & Johan Coeck Pauwels I.S., Buysse D., Mouton A.M., De Maerteleire N., Pieters S., Robberechts K., Gelaude E. & Coeck J. (2014). Evaluatie van vismigratie in de Demer in Diest. Evaluatie van de Grote Steunbeer als potentieel knelpunt en de Zwarte Beek als alternatieve route voor vismigratie. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2014 (INBO.R.2016.7009776). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

D/2016/3241/194

INBO.R.2016.7009776

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Maurice Hoffmann

Druk:

Managementondersteunende Diensten van de Vlaamse overheid

Foto cover:

De Grote Steunbeer (stroomopwaartse zijde) op de Demer in Diest.
INBO/David Buysse

Studie in opdracht van:

De Vlaamse Milieumaatschappij (VMM)



Evaluatie van vismigratie in de Demer in Diest

Evaluatie van de Grote Steunbeer als potentieel knelpunt en de Zwarte Beek als alternatieve route voor vismigratie

Ine Pauwels, David Buysse, Ans Mouton, Raf Baeyens, Nico De Maerteleire, Sebastien Pieters, Karen Robberechts, Emilie Gelaude & Johan Coeck

Onderzoek in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM)

Dankwoord/Voorwoord

Graag danken we de lokale rivierbeheerders: Hans De Vries van Waterwegen en Zeekanaal NV en Walter Martens van de Vlaamse Milieumaatschappij, Afdeling Operationeel Waterbeheer - buitendienst Hasselt, voor de vlotte communicatie over de toestand van ons onderzoeksmateriaal in de Demer tijdens deze studie.

Samenvatting

Vrije vismigratie is voor alle diadrome en de meeste potamodrome vissoorten essentieel om te overleven en hun populaties in stand te houden. In Vlaanderen wordt vismigratie regelmatig gehinderd door allerlei kunstwerken zoals stuwen, sluizen, watermolens, pompgemalen en terugslagkleppen. Dit is een van de oorzaken van de achteruitgang van de zoetwatervissen in Vlaanderen. Via wetgeving probeert de overheid hier iets aan te doen. Zo verplicht de Benelux-beschikking van 1996 en 2009 de betrokken lidstaten om de vrije vismigratie in alle hydrografische stroomgebieden te verzekeren. Het oplossen van vismigratieknelpunten die diadrome vissen hinderen in hun migratie naar paai- en opgroeigebieden, is hierbij prioritair.

De Demer stroomt in het Oosten van het stroomgebied van de Schelde. Een vis die vanuit zee het stroomopwaartse gebied van de Demer wil bereiken, moet drie migratieknelpunten passeren. Het doel van deze studie is om voor de meest stroomopwaartse daarvan, de Grote Steunbeer in Diest, de passeerbaarheid voor vis te onderzoeken. Daarnaast onderzochten we de potentie van de Zwarte Beek als alternatieve route naar het stroomopwaartse gebied in de Demer. De Zwarte Beek is een zijbeek van de Demer die 450 m stroomafwaarts van de Grote Steunbeer in de Demer uitmondt en 1422 m stroomopwaarts in verbinding staat met de Demer via een verbindingskanaal. In dat kanaal verhindert klepstuw 'K31' eveneens vrije vismigratie. De klepstuw werd onderzocht als potentieel knelpunt. Naast het evalueren van het effect van deze knelpunten op de vismigratie, onderzochten we ook of de passeerbaarheid van de knelpunten beïnvloed wordt door het debiet.

We onderzochten het effect van de vismigratieknelpunten met behulp van akoestische telemetrie. Dat is een dynamische techniek die toelaat om meerdere studiedieren tegelijk gedurende geruime tijd van op afstand te volgen en hun bewegingen in kaart te brengen. Elk studiedier krijgt een zender in de buikholte die een akoestisch signaal uitzendt. Ontvangers (receivers) die op strategische plaatsen in het studiegebied zijn opgesteld, vangen deze signalen op.

Voor deze studie zenderden we 16 vissen van 4 verschillende soorten: blankvoorn (2), kopvoorn (3), zeeperk (2) en Europese meerval (9). De studiedieren werden gevolgd m.b.v. 23 receivers in de Demer tussen Aarschot en Webbekom (Diest). De vissen werden gezenderd en vrijgelaten in april en mei 2014 en opgevolgd tot 1 december 2014. Aan de hand van de resultaten van de akoestische telemetrie evalueerden we de routes die de vissen in het studiegebied volgden, en hoeveel keer ze daarbij een van de twee knelpunten passeerden of de Zwarte Beek opzwommen.

Het algemene gedrag van de gezenderde vissen in het studiegebied varieerde sterk. Zo passeerden enkele dieren geen enkel knelpunt, terwijl twee grote meervallen zich langs alle routes doorheen het studiegebied verplaatsten. Deze dieren zwommen zowel de Grote Steunbeer als klepstuw K31 in stroomop- en afwaartse richting over. Uiteindelijk slaagden zeven vissen er samen 16 keer in om de Zwarte Beek als alternatieve route stroomopwaarts te nemen, terwijl maar vier studiedieren meermaals de Grote Steunbeer stroomopwaarts konden passeren. Deze vier vissen, samen met twee anderen, werden ook 127 keer gedetecteerd aan de receiver stroomafwaarts van de Grote Steunbeer, zonder deze over te zwemmen. Aan de monding van de Zwarte Beek werd slechts 15 keer een vis gedetecteerd zonder dat die de Zwarte Beek als alternatieve route stroomopwaarts gebruikte. Gezien het lage aantal succesvolle passages aan de Grote Steunbeer en klepstuw K31, kon de relatie met het debiet niet statistisch getest worden. We observeerden wel dat de Grote Steunbeer enkel bij lage debieten gepasseerd werd. De relatie tussen de kans op passage en het debiet in de monding van de Zwarte Beek kon wel statistisch getest worden. De test wijst geen significant effect van het debiet aan op de kans dat een vis de Zwarte Beek als alternatieve route gebruikt om stroomopwaarts te geraken.

Deze studie toont aan dat de Grote Steunbeer een knelpunt is voor stroomopwaartse vismigratie. Enkel krachtige zwemmers kunnen het knelpunt passeren en dit slechts onder beperkte omstandigheden, zoals een relatief laag debiet. De vissen die dit knelpunt tijdens de studie konden passeren, waren in het algemeen zeer actief en zwommen ook de Zwarte Beek op en klepstuw K31 over. In tegenstelling tot de Grote Steunbeer konden ook kleinere, minder goede zwemmers de route van de Zwarte Beek stroomopwaarts volgen. Hoewel de studiedieren minder poogden om de Zwarte Beek als alternatieve route te gebruiken voor de route langs de Grote Steunbeer, slaagden ze er wel beter in om stroomopwaarts te zwemmen langs de Zwarte Beek eens ze die beek opgezwoomen waren. Stroomopwaarts worden ze verhinderd door de klepstuw wanneer die hoger staat dan het waterpeil. Op alle momenten dat een vis tijdens de studie klepstuw K31 kon passeren, stond deze minstens 40 cm onder water.

Om vrije vismigratie terug mogelijk te maken in de Demer in Diest, moet prioritair het knelpunt van de Grote Steunbeer aangepakt te worden. De Zwarte Beek vormt een matig alternatief voor vismigratie naar het stroomopwaartse gebied van de Demer. Dat komt omdat de aantrekking tot de beek kleiner blijkt dan de aantrekking van vissen tot de Grote Steunbeer. Tegelijk verhindert klepstuw K31 stroomopwaartse migratie naar de Demer wanneer ze boven het waterpeil staat. Het passeerbaar maken van klepstuw K31 voor vis, kan de potenties van de Zwarte Beek als alternatieve route voor stroomopwaartse migratie verbeteren.

Aanbevelingen voor beheer en/of beleid

De Grote Steunbeer

De studie toont aan dat de Grote Steunbeer een knelpunt is voor stroomopwaartse vismigratie. Enkel krachtige zwemmers kunnen het knelpunt passeren en dit slechts onder beperkte omstandigheden. Om vrije stroomopwaartse vismigratie toe te laten voor zoveel mogelijk vissen, moet dit knelpunt prioritair opgelost worden. Een laag debiet over dit knelpunt is niet voldoende om stroomopwaartse migratie mogelijk te maken voor niet-sterke zwemmers en kleine vissen.

De Zwarte Beek

De Zwarte Beek vormt een matig alternatief voor vismigratie naar het deel van de Demer stroomopwaarts van de Grote Steunbeer. Zowel kleine als grote vissen en minder sterke als sterke zwemmers die de monding van de Zwarte Beek vinden, kunnen deze stroomopwaarts opzwemmen tot aan de klepstuw. Daar wordt vrije migratie naar de Demer verhinderd op alle momenten dat de klep boven water staat.

Het totaal aantal waarnemingen van gezenderde vissen aan de monding van de Zwarte Beek lag lager dan de detecties aan de Grote Steunbeer. Dat wijst er op dat de Zwarte Beek vis minder aantrekt dan de Grote Steunbeer. Of het mogelijk is om de attractiviteit van de Zwarte Beek ten opzichte van de Grote Steunbeer te verhogen, kan niet beantwoord worden op basis van de onderzoeksresultaten. Een algemeen principe is dat aan de uitstroom van een zijbeek of nevengeul een voldoende hoge lokstroom nodig is om vis aan te trekken.

De efficiëntie van deze route om het stroomopwaartse gebied van de Demer te bereiken, kan in de eerste plaats verhoogd worden door het oplossen van het knelpunt aan de klepstuw. Niet alle vissen die de Zwarte Beek opzwommen tot aan de klepstuw, konden deze passeren richting Demer.

Een mogelijk aandachtspunt in de Zwarte Beek is verder nog de aanwezigheid van een houten schot op enkele meters stroomopwaarts van de monding. Tijdens de studie heeft dit de gezenderde vissen vermoedelijk niet gehinderd bij stroomopwaartse migratie in de Zwarte Beek, maar als dit schot geen specifieke functie heeft, kan het beter verwijderd worden. Het schot bevindt zich ter hoogte van de tweede receiver op de Zwarte Beek vanaf de monding (zie Figuur 2).

English abstract

Longitudinal and lateral connectivity of rivers is necessary for fish to successfully fulfill their life cycle. In Flanders, fish are obstructed in their essential free migrations by weirs, sluices, mills, pumping stations, ..., which are needed to control the water level. Consequently, more than half of the freshwater fish species in Flanders are regionally extinct, (critically or near) endangered or vulnerable. To rehabilitate fish populations and prevent further loss, the Benelux decision about free fish migration states that the member states should guarantee free fish migration in all hydrographic basins. Herein, the enhancement of free migration to spawning- and nursery habitats for diadromous fish species has highest priority.

The river Demer drains the eastern part of the Scheldt basin. Fish migrating from the sea to the river Demer is obstructed by three hydraulic constructions. In this study we aim to evaluate the possibilities for fish migration around the most upstream of these three constructions, the Grote Steunbeer in the city of Diest (obstruction nr. 7151-040). Therefore we first evaluated the effect of the Grote Steunbeer on fish migration. Beside, we evaluated the potential of the tributary Zwarte beek as an alternative route to the upstream habitats in the river Demer. The Zwarte beek flows in the river Demer 450 m downstream of the Grote Steunbeer. 1422 m upstream of the Grote Steunbeer, the tributary receives water from the river Demer via a weir. The effect of this weir on fish migration is studied here as part of the assessment of the Zwarte beek as alternative route. Further, we evaluated the relation between the chance a fish passes the studied barriers and the flow.

The effect of the barriers on fish migration was evaluated by acoustic telemetry. This is a dynamic technique that allows to remotely evaluate the movement of several fish in time. Each studied animal carries a tag, which emits a unique acoustic signal, in its belly. The signal is received by specific devices, called receivers, which are installed in the water at strategic places in the study area.

In this study 16 fish were tagged of four species: roach (2), chub (3), sea lamprey (2) and catfish (9). The fish were tracked by 23 receivers between Aarschot and the area upstream of the city of Diest. The animals were caught, tagged and released in april and may 2014 and tracked till December 2014. First, we evaluated the routes each fish followed during the study. Beside, we evaluated when tagged fishes passed one of the two barriers upstream and when they entered the Zwarte beek and under which flow condition.

The behaviour of the fish in this study differed much between individuals. Some fish never passed one of the studied barriers, whereas two large (8-15 kg) catfish passed them all up- and downstream. These fish followed all potential migration routes through the study area. Seven fish succeeded, together 16 times, in entering the Zwarte beek and migrated upstream along this tributary towards weir "K31". In contrast, only four individuals succeeded in passing the barrier of the Grote Steunbeer upstream. These were one relative large chub and three large catfish, which are generally known as powerful fish. These fish, together with two other fish that never passed the Grote Steunbeer, were detected 127 times near the Grote Steunbeer, whereas fish were only detected 15 times near the mouth of the Zwarte beek without entering it. Due to the low number of successful passages of the barriers, the relation with the flow could not be statistically tested. A statistical model based on the observations of fish at the Zwarte beek did not indicate a significant relation between the chance a fish swims upstream along the Zwarte beek and the flow.

The results indicate that the Grote Steunbeer obstructs fish migration upstream, as only powerful swimmers could pass it and only at low flow conditions. Small, less powerful fish are not able to pass this barrier upstream. The fish that passed the Grote Steunbeer were generally very active and also passed weir "K31" and migrated upstream along the Zwarte beek. In contrast to the Grote Steunbeer, small, less powerful fish, like one roach, could also migrate upstream along the Zwarte beek. Although the receivers at the mouth of the Zwarte beek detected fish less often than the receivers at the Grote Steunbeer, more fish succeeded more often to migrate upstream via the Zwarte beek. Once upstream they were obstructed by weir "K31", which they only passed six times and only when the valve of the weir was completely drowned.

To allow free upstream fish migration in the river Demer, the barrier of the Grote Steunbeer needs to be solved with highest priority. The Zwarte beek partly offers an alternative route for fish to the habitat upstream. To enhance the potential of this tributary as alternative route upstream, first the weir needs to be adapted to allow free fish migration. Second, the attractivity of the tributary for fish in the river Demer needs to be enhanced. The unique catch of two sea lamprey upstream of the Grote Steunbeer indicates the occurrence of suitable upstream lamprey habitat and further supports the need for free fish migration from sea to the river Demer and in the river Demer.

Inhoudstafel

Dankwoord/Voorwoord.....	4
Samenvatting	5
Aanbevelingen voor beheer en/of beleid	7
English abstract.....	8
Lijst van figuren	12
Lijst van tabellen.....	14
1 Inleiding	16
1.1 Migratiestrategieën.....	16
1.2 Belang van vrije vismigratie.....	16
1.3 Wettelijke context.....	16
1.4 Vismigratieknelpunten in de Demer	18
1.5 Doel.....	18
2 Materiaal en methode.....	20
2.1 Studiegebied	20
2.1.1 Algemene beschrijving	20
2.1.2 Migratiemogelijkheden	23
2.2 Migratiegedrag.....	24
2.2.1 Akoestische telemetrie	24
2.2.2 Gedrag van de gezenderde individuen.....	30
2.2.2.1 Soorten.....	30
2.2.2.1.1 Blankvoorn (<i>Rutilus rutilus</i> L.)	30
2.2.2.1.2 Kopvoorn (<i>Squalius cephalus</i> L.).....	31
2.2.2.1.3 Zeeprik (<i>Petromyzon marinus</i> L.).....	32
2.2.2.1.4 Europese meerval (<i>Silurus glanis</i> Burton)	33
2.2.2.2 Evaluatie van de migratieroutes	34
2.2.2.3 Evaluatie van de passage van de knelpunten.....	37
2.2.3 Omgevingsvariabelen.....	37
3 Resultaten.....	40
3.1 Migratiegedrag in het studiegebied (migratieroutes)	40
3.2 Evaluatie van de knelpunten	41
3.2.1 Migratiegedrag.....	41
3.2.1.1 Geen knelpunten gepasseerd.....	41
3.2.1.2 Zwarte Beek opgezwommen.....	42
3.2.1.3 Grote Steunbeer overgezwommen	44
3.2.1.4 Klepstuw overgezwommen	46
3.2.2 Passage knelpunten	47
3.2.2.1 Algemeen	47
3.2.2.2 Relatie met debiet.....	47
4 Bespreking	52
4.1 Hypothese 1: Vissen in de Demer kunnen stroomopwaarts migreren onder de schuif van de Grote Steunbeer door.	52
4.2 Hypothese 2: Vissen in de Demer kunnen stroomopwaarts migreren door gebruik te maken van de Zwarte Beek als bypass en door het stroomopwaarts passeren van klepstuw K31 i(richting Demer).	52
4.3 Hypothese 3 De passeerbaarheid van de knelpunten is afhankelijk van het debiet.	53
4.4 De brug van Diest	53
4.5 Soorten.....	53

5	Referenties.....	55
6	Bijlage 1: Migratieroutes	57
6.1	Verloren vissen.....	57
6.2	Geen knelpunten gepasseerd.....	58
6.3	Route Zwarte Beek (P01 – P04).....	59
6.4	Route Demer (P01 – P02 – P03)	59
6.5	Route Demer + route zwarte Beek (P01 – P04 – P02 – P03 – P02 – P04 - ...).....	60
6.6	Route Zwarte Beek – Demer (P01 – P04 – P05 – P03).....	61
6.7	Route Demer – Zwarte Beek – Demer (P01 – P02 – P03 – P05 – P04 – P02) / Route Zwarte Beek – Demer – Zwarte Beek (P01 – P04 – P05 – P03 – P02)	61
7	Bijlage 2: Migratiegedrag versus debiet	63

Lijst van figuren

Figuur 1 Prioriteringskaart voor vismigratie in Vlaanderen (kader: zoom op de waterlopen rond het studiegebied; rode punten: Grote Steunbeer en klepstuw K31).	17
Figuur 2 Situering van het studiegebied in Vlaanderen (boven), het volledige studiegebied (midden) en een detail van het deel van het studiegebied rond de Grote Steunbeer en de Zwarte Beek in Diest (onder). zwarte driehoeken = locaties van de receivers; blauwe lijn = Demer (dik) en Zwarte Beek (dun); groene cirkels = locaties van de debietmetingen; gele bollen = locaties waarvoor het debiet berekend werd; rode kruisen = Grote Steunbeer (links) en klepstuw K31 (rechts); witte vierkanten = vangstlocaties 4 t.e.m. 8 van de gezenderde vissen, zie ook Tabel 1).	21
Figuur 3 Zicht op de brug van Diest bij het basisdebiet van 5,73 m ³ /s. Onderaan zijn de contouren van de bodemplaat zichtbaar.	22
Figuur 4 Stroomafwaarts zicht op het kunstwerk en potentieel vismigratieknelpunt de Grote Steunbeer in Diest (foto stroomafwaarts). Het water stroomt onder de centrale schuif, die naargelang het debiet neergelaten kan worden. Rechts en links van de centrale schuif bevinden zich vaste muren, waar bij hoog debiet het water over stroomt.	22
Figuur 5 Monding van de Zwarte Beek in de Demer. De monding ligt 450 m stroomafwaarts van de Grote Steunbeer en 80 m stroomopwaarts van de brug in Diest.	23
Figuur 6 Zicht op klepstuw K31 tussen de Demer en de Zwarte Beek in Diest. Vooraan is de Demer zichtbaar, voorbij de stuw de Zwarte Beek.	23
Figuur 7 Schematische voorstelling en indeling van het studiegebied in vijf zones waarvan de toegankelijkheid wordt onderzocht. De letters geven het begin (A) en de eindpunten (B en C) van enkele potentiële stroomopwaartse migratieroutes aan. (rode punt = monding van de Zwarte Beek; rode sterren = onderzochte knelpunten;).	24
Figuur 8 Zenderen van een blankvoorn (a), een meerval (b) en een zeeprik (c). De vissen worden verdoofd en er wordt een zender in de buikholte aangebracht. Daarna wordt de wonde dichtgenaaid met verteerbare chirurgische draad. Eenmaal terug bij bewustzijn, worden de vissen teruggezet op de vangstlocatie. De hele operatie neemt een 20-tal minuten in beslag.	26
Figuur 9 De met verteerbare chirurgische draad dichtgenaaide wonde na het aanbrengen van een zender in de buikholte van de vis.	26
Figuur 10 Voorbeeld van een opgestelde dubbele schietfuis in de Schelde(?).	27
Figuur 11 De akoestische receiver (zwart) is bevestigd aan een gewicht en wordt met behulp van een stalen kabel (a) aan een obstakel langsheen het water bevestigd (een boom, een brugpijler, een piket of een muur; b). De receiver wordt door de kabel en/of een boei verticaal gehouden tijdens de metingen (c).	30
Figuur 12 Schematische voorstelling van het studiegebied (Figuur 7) met aanduiding van de receiver locaties. De codes zijn de unieke nummers van de receivers. De afstanden zijn niet waarheidsgetrouw weergegeven. (rode bol = monding van de Zwarte Beek; rode sterren = onderzochte knelpunten).	30
Figuur 13 Blankvoorn (<i>Rutilus rutilus</i> L.; bron: www.abc-sportvissen.be)	31
Figuur 14 Kopvoorn (<i>Squalius cephalus</i> L.; bron: www.abc-sportvissen.be)	31
Figuur 15 Volwassen zeeprik (<i>Petromyzon marinus</i> L.; volledige lichaamslengte (a), detail van de ronde bek met rasptanden (b) en detail van het hoofd en de kieuwopeningen (c); foto's: vangst van het INBO in de Demer in Diest)	33
Figuur 16 Europese meerval (<i>Silurus glanis</i> Burton; volledige lichaamslengte (a) en detail van de kop en borst (b); foto's: vangst van het INBO in de Demer in Diest)	34
Figuur 17 Schematische weergave van de twee routes waarbij enkel het stroomafwaartse deel van het studiegebied bezocht werd. De locaties van de akoestische receivers kunnen in het onderste geval niet uitsluiten of een vis tot op de bodemplaat raakte of niet. De bodemplaat vertoont bij basisdebiet een verval	

	(Figuur 3). Het is wel zeker dat ze niet tot aan de monding van de Zwarte beek zwommen. (A = vertrekpunt/begin van de stroomopwaartse migratieroute; rode bol = monding van de Zwarte Beek) ...35
Figuur 18	Schematische voorstelling van de route via de Zwarte Beek. Een gezenderde vis gaat van punt A naar punt B (en/of omgekeerd) en passeert de brug van Diest en zwemt de Zwarte Beek op via de monding.....35
Figuur 19	Schematische voorstelling van de route Demer. Een gezenderde vis gaat van punt A naar C (en/of omgekeerd) en passeert de brug van Diest, de monding van de Zwarte Beek en de Grote Steunbeer.....35
Figuur 20	Schematische voorstelling van de combinatie van de route van de Demer en de route van de Zwarte Beek. Een gezenderde vis zwemt van A naar B en passeert de brug van Diest en de monding van de Zwarte Beek (rode bol). Vervolgens zwemt hij terug naar de Demer, passeert de Grote Steunbeer en zwemt naar C. Het traject kan in ook in omgekeerde volgorde gevolgd worden en verschillende keren na elkaar.....36
Figuur 21	Schematische voorstelling van de route via de Zwarte Beek en het verbindingskanaal tot in het stroomopwaartse gebied van de Demer. Een gezenderde vis zwemt van punt A naar punt C en passeert daarbij de brug van Diest, de monding van de Zwarte Beek en de klepstuw.36
Figuur 22	Schematische voorstelling van de route Demer – Zwarte Beek via het verbindingskanaal. Een gezenderde vis zwemt van A naar C en passeert de brug van Diest en de Grote Steunbeer en zwemt vervolgens de klepstuw over naar de Zwarte Beek, maar zwemt nooit terug naar de Demer.36
Figuur 23	Schematische voorstelling van route Demer – Zwarte Beek – Demer of omgekeerd. Een gezenderde vis passeert achtereenvolgens de monding van de Zwarte Beek, de klepstuw en de Grote Steunbeer, en zwemt terug naar de monding van de Zwarte Beek of omgekeerd.37
Figuur 24	Gemeten debiet (m ³ /s) van de Demer stroomafwaarts van Diest (a; Figuur 2; ruwe meting), berekend debiet aan de klepstuw (b; Figuur 2; o.b.v. de klepstuwstand) en gemeten debiet in de Zwarte Beek net stroomopwaarts van het verbindingskanaal met de Demer (c; Figuur 2; ruwe meting). (bron: Vlaamse Milieumaatschappij)38
Figuur 25	Berekend debiet voor de monding van de Zwarte Beek (blauwe lijn) en de Grote Steunbeer (rode lijn) op basis van de gemeten waarden aan de brug van Diest (paarse lijn) en in de Zwarte Beek stroomopwaarts van het verbindingskanaal met de Demer (grafiek weergegeven in Figuur 24). Niet voor alle datums waren juiste debietswaarden beschikbaar. Deze werden uit de grafiek weggelaten (bron: VMM).39
Figuur 26	Afstand ten opzichte van de meest stroomafwaartse receiver (Aarschot) doorheen de tijd van de Europese meervallen A69-1601-26535 (1402 g, 580 mm, a) en A69-1601-26530(1595 g, 645 mm, b) en van zeeprink A69-1601-16148 (706 g, 675 mm, c). Alle datums zijn van het jaar 2014 (open cirkels = receiver detectie, rode lijn = locatie brug Diest, groene lijn = locatie monding Zwarte Beek, oranje lijn = locatie Grote Steunbeer).42
Figuur 27	Afstand ten opzichte van de meest stroomafwaartse receiver (Aarschot) doorheen de tijd van Europese meerval 26529 (613 g, 450 mm, a), blankvoorn A69-1601-16130 (233 g, 231 mm, b), kopvoorn A69-1601-28294 (1128 g, 410 mm, c), Europese meerval A69-1601-28297 (8750 g, 1040 mm, d), kopvoorn A69-1601-26538 (1564 g, 493 mm, e), A69-1601-26534 (15000 g, 1250 mm, f) en Europese meerval A69-1601-26536 (8000 g, 1050 mm, g). Alle datums zijn van het jaar 2014 (open cirkels = receiver detectie; rode lijn = locatie brug Diest, groene lijn = locatie monding Zwarte Beek, oranje lijn = locatie Grote Steunbeer, paarse lijn = locatie klepstuw).43
Figuur 28	Afstand ten opzichte van de meest stroomafwaartse receiver (Aarschot) doorheen de tijd van kopvoorn A69-1601-28295 (1318 g, 486 mm, a), Europese meerval A69-1601-28298 (905 g, 515 mm, b), Europese meerval A69-1601-28297 (8750 g, 1040 mm, c), Europese meerval A69-1601-26534 (15000 g, 1250 mm, d) en Europese meerval A69-1601-26536 (8000 g, 1050 mm, e). Alle datums zijn van het jaar 2014 (open cirkels = receiver detectie, rode lijn = locatie brug Diest, groene lijn = locatie monding Zwarte Beek, oranje lijn = locatie Grote Steunbeer, paarse lijn = locatie klepstuw)45
Figuur 29	Afstand ten opzichte van de meest stroomafwaartse receiver (Aarschot) doorheen de tijd van kopvoorn A69-1601-26538 (1564 g, 493 mm, a; datum x-as: 13 en 14 mei 2014), Europese meerval A69-1601-26534 (15000 g, 1250 mm, b) en Europese meerval A69-1601-26536 (8000 g, 1050 mm, c). Alle datums zijn van het jaar 2014 (open cirkels = receiverdetectie, paarse lijn = locatie klepstuw).46

Figuur 30 Een overzicht van de pogingen en successen (y-as: 1 = succes, 0 = mislukte poging; zwarte bolletjes) per studiedier per “knelpunt” (ZB = monding van de Zwarte Beek, SB = Grote Steunbeer en Klep = klepstuw K31). In plaats van de vis ID van de studiedieren wordt de lichaamslengte weergegeven in mm. Enkel de studiedieren die minstens ergens één poging of één succes leverde worden gevisualiseerd.....	48
Figuur 31 Overzicht van de mislukte pogingen en successen per “knelpunt” (Klep = klepstuw K3”, SB = Grote Steunbeer en ZB = monding van de Zwarte Beek).	49
Figuur 32 Overzicht van de mislukte pogingen en successen en het overeenstemmende gemiddelde debiet (zwarte lijn) aan de monding van de Zwarte Beek, de Grote Steunbeer en klepstuw K31. De periodes waarin een foute debietsmeting optrad aan de klepstuw, en die bijgevolg niet geïnterpreteerd mogen worden, zijn aangegeven met een rode dikke lijn op y = 0.	50
Figuur 33 De relatie (niet significant; zwarte lijn) tussen het debiet aan de monding van de Zwarte Beek en de kans dat een vis de monding van de Zwarte beek opzweemt. Zwarte bolletjes zijn de verzamelde gegevens (y = 0: een mislukte poging, y = 1: een succes).	51
Figuur 34 Schematische weergave van de migratieroutes van zeeprik A69-1601-26537 (678 g; 676 mm; a) en blankvoorn A69-1601- 16129 (92 g; 176 mm; b). Europese meerval A69-1601-28296, die kort na zending uit het studiegebied verdween, werd slechts aan één receiver gedetecteerd (611 g; 476 mm; niet gevisualiseerd).	57
Figuur 35 Schematische weergave van de migratieroutes van meervallen A69-1601-26535 (1402 g, 580 mm, a) en A69-1601-26530 (1595 g, 645 mm, b) en van zeeprik A69-1601-16148 (706 g, 675 mm, c).	58
Figuur 36 Schematische weergave van de migratieroutes van meerval A69-1601-26529 (613 g, 450 mm, a), blankvoorn A69-1601-16130 (233 g, 231 mm, b) en kopvoorn A69-1601-28294 (1128 g, 410 mm, c).	59
Figuur 37 Schematische weergave van de migratieroutes van kopvoorn A69-1601-28295 (1318 g, 486 mm; a = volledige route, b = detail van het eerste deel van de route, c = detail van het laatste deel van de route), en meerval A69-1601-28298 (905 g, 515 mm; d = volledige route, e = detail van het eerste deel van de route, f = detail van het tweede deel van de route).	60
Figuur 38 Schematische weergave van de migratieroutes van meerval A69-1601-28297 (8750 g, 1040 mm; a = volledige route, b tot e = detail van de route).....	60
Figuur 39 Schematische weergave van de migratieroute van kopvoorn A69-1601-26538 (1564 g, 493 mm)	61
Figuur 40 Schematische weergave van de migratieroutes van meerval A69-1601-26534 (15000 g, 1250 mm; a = volledige route, b tot c = zoom van de route).	61
Figuur 41 Schematische weergave van de migratieroutes van meerval A69-1601-26536 (8000 g, 1050 mm: a = volledige route, b tot d = zoom van de route, b-d)	62
Figuur 42 Boxplots van het debiet bij de pogingen en successen per vismigratie”knelpunt” (links:mondning van de Zwarte Beek, midden: Grote Steunbeer, rechts: klepstuw K31)	63
Figuur 43 Boxplots van het debiet in de monding van de Zwarte Beek bij de pogingen en successen per soort en per vislengte.	63
Figuur 44 Boxplots van het debiet over de Grote Steunbeer bij de pogingen en successen per soort en per vislengte. ...	64
Figuur 45 Boxplots van het debiet over klepstuw K31 bij de pogingen en successen per soort en per vislengte.	64

Lijst van tabellen

Tabel 1 Biotelemetrische gegevens van de gezenderde vissen. Niet van alle vissen kon het geslacht bepaald worden (-). Het aantal observaties is het aantal keer dat een vis onafgebroken binnen het detectiebereik van een receiver kwam over heel de studieperiode.	28
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Tabel 2	Overzicht van het algemene migratiegedrag van 16 gezenderde vissen in de Demer in Diest. Zie paragraaf 2.2.2.2 voor uitleg over de routes.	40
Tabel 3	Overzicht van het debiet in de monding van de Zwarte Beek tijdens stroomopwaartse migratie van enkele gezenderde vissen.	44
Tabel 4	Overzicht van het debiet tijdens opwaartse migratie van enkele gezenderde vissen over de Grote Steunbeer. ...	45
Tabel 5	Overzicht van het debiet tijdens de passage van enkele gezenderde vissen over klepstuw K31.	47
Tabel 6	Overzicht van het aantal pogingen en successen van passages door de monding van de Zwarte Beek, de Grote Steunbeer en klepstuw K31. Het aantal gezenderde vissen dat de pogingen ondernam of effectief de knelpunten passeerde, is weergegeven tussen haakjes. De pogingen zijn uitsluitend mislukte pogingen.	47

1 Inleiding

1.1 Migratiestrategieën

Potamodrome vissoorten verplaatsen zich enkel in zoet water. Het overgrote deel van onze beek- en riviervissen behoort tot deze groep. De zoetwatervissen in onze inlandse wateren voeren migraties uit van verschillende omvang. Rivierdonderpad bijvoorbeeld heeft beperktere zwemcapaciteiten dan winde en voert daarom migraties uit binnen eenzelfde beek of rivier. Winde daarentegen kan omvangrijke migraties uitvoeren tussen verschillende rivierbekkens.

Tot de **diadrome** groep behoren vissoorten die omvangrijke verplaatsingen ondernemen tussen leefgebieden in zee en zoetwater. Diadromie omvat drie mogelijke migratiestrategieën. Katadrome soorten, zoals de Europese paling, groeien op in rivieren en trekken als volwassen individuen naar zee om zich voort te planten. Anadrome soorten daarentegen groeien op in zee en migreren naar de rivieren om zich voort te planten. Bij amfidrome soorten tenslotte, is de migratie tussen de mariene en zoetwater omgeving niet gerelateerd aan de voortplanting, maar eerder aan voeding en groei. Amfidrome en katadrome soorten dringen de rivieren binnen als juvenielen, die zich in de eerste fase vestigen in de benedenstroomse zones. Van hieruit koloniseren ze verder de zoetwaterzones van de rivieren. Anadrome soorten daarentegen dringen de rivieren binnen als adulten en migreren zo snel mogelijk stroomopwaarts naar de bovenstroomse paaigebieden.

1.2 Belang van vrije vismigratie

Vissen kunnen hun populaties enkel in stand houden als ze zich kunnen **voortplanten, voeden, groeien** en beschermen in hun leefgebied. Bij al deze aspecten speelt migratie een rol. Vissen moeten in stroomop- en stroomafwaartse richting kunnen migreren over kleine tot (middel)grote afstanden op zoek naar paai-, opgroei- en overwinteringsgebieden. Bovendien moeten vissen kunnen **vluchten** voor predatoren of tijdelijk ongunstige omstandigheden (bv. vervuiling; Coeck 2002). Vismigratie is dus een complex gedrag dat afhankelijk van de soort en van het levensstadium van de vis sterk kan verschillen.

De meeste **kunswerken** in een waterloop vormen echter een **belemmering voor de vrije migratie** van vissen en zorgen ervoor dat de ecologische functies van een waterloop niet of slechts gedeeltelijk benut kunnen worden. De fragmentering van de vishabitat heeft niet alleen directe gevolgen voor de overleving van een populatie. Wanneer populaties van elkaar geïsoleerd raken, leidt dit in vele gevallen tot verlies van genetische variatie en verhoogt het risico op lokale extinctie (Raeymaekers et al. 2009).

De migratieprocessen van echte zoetwatervissen zijn meestal minder opvallend en bekend dan deze van diadrome soorten, maar wel even belangrijk voor de overleving van deze soorten (Northcote 1998). Vismigratie wordt voor de volledige visgemeenschap als een belangrijk gedragskenmerk beschouwd (Northcote 1978). Afgelegde afstand maakt diadrome migraties niet belangrijker in functionele termen dan de minder opvallende potamodrome migraties. Gesynchroniseerde seizoensale migraties van een paar honderd meter in rivieren, kunnen even belangrijk zijn voor een levenslange goede conditie als langeafstandsmigraties van of naar de zee. Deze korte migraties kunnen als bewegingen tussen habitats beschouwd worden, die nuttig of noodzakelijk zijn voor het vervolledigen van de levenscyclus ongeacht welke afstand werd afgelegd (Lucas & Baras 2000, Lucas et al. 2001).

Vrije migratie tussen verschillende habitats en ongeacht de omvang van de bewegingen, van enkele honderden meters tot honderden kilometers, is **noodzakelijk voor alle zoetwatervissoorten**.

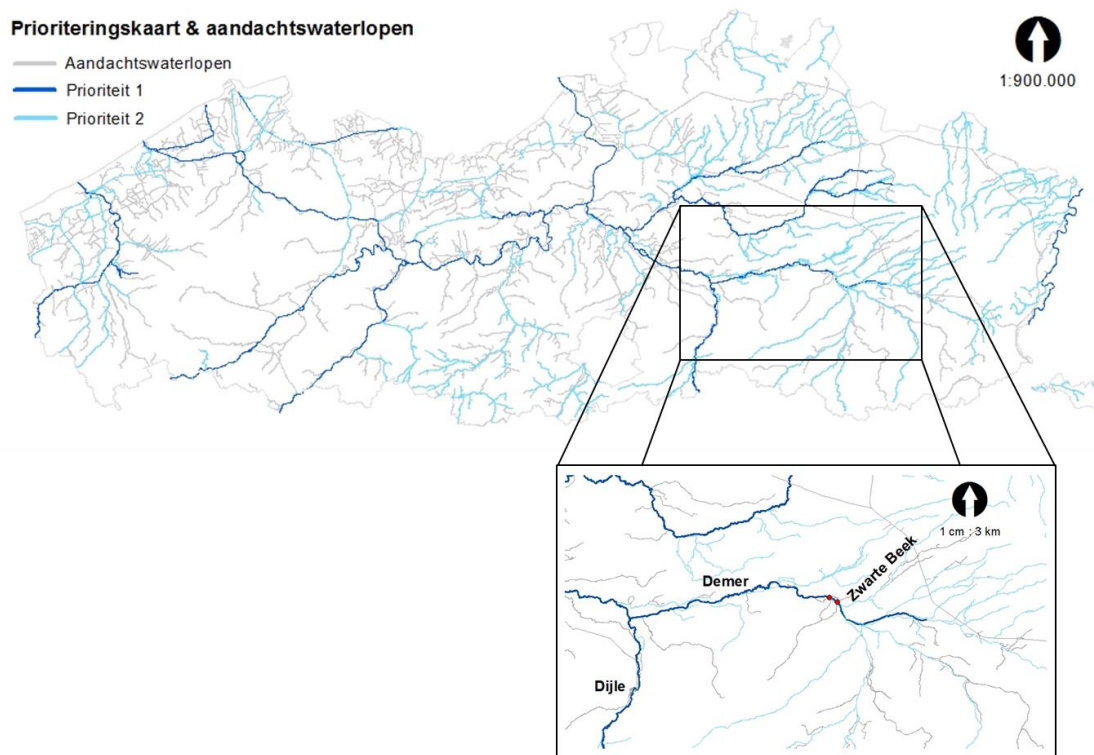
Stuwen, sluizen, watermolens, pompgemalen ... belemmeren vissen in hun noodzakelijke migraties richting paai-, opgroei- en overwinteringsgebieden, en in hun noodzakelijke dagelijkse verplaatsingen (foerageren, vluchten). Ze verkleinen ook het leefgebied van veel soorten.

1.3 Wettelijke context

De problematiek van de versnippering van het rivierenennetwerk en het belang van het opheffen van vismigratieknelpunten is beschreven in talrijke beleidsdocumenten, richtlijnen en decreten.

De **Benelux-beschikking** (dd. 26 april 1996; Benelux Economische Unie 1996; Monden et al. 2001) stelt dat de betrokken regeringen de vrije migratie van de vissoorten in alle hydrografische stroomgebieden moet verzekeren.

Het herstel van de migratie van de grote diadrome trekvissoorten van en naar de paai- en opgroeigebieden is hierbij prioritair. Die trekbewegingen moesten aanvankelijk voor 1 januari 2010 mogelijk gemaakt worden voor alle soorten vis in alle hydrografische stroomgebieden ongeacht de beheerder (www.vismigratie.be). Deze Benelux-beschikking werd ondertussen geëvalueerd. De algemene conclusie was dat al heel wat knelpunten weggewerkt waren, maar dat de voorziene timing niet haalbaar was en dat gefocust moest worden op de prioritaire waterlopen. Op 16 juni 2009 werd een nieuwe Benelux-beschikking (M (2009) 1) goedgekeurd. Hiervoor werd een prioriteitenkaart opgemaakt die de waterlopen omvat die ecologisch belangrijk zijn en/of een verbindingsfunctie hebben voor tenminste de Europees beschermde soorten (Stevens & Coeck 2010) (Figuur 1).



Figuur 1 Prioriteringskaart voor vismigratie in Vlaanderen (kader: zoom op de waterlopen rond het studiegebied; rode punten: Grote Steunbeer en klepstuw K31).

De nieuwe Benelux-beschikking wil het beleid inzake de vrije vismigratie afstemmen op de Europese regelgeving. Zo zijn de uitvoeringstermijnen afgestemd op de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW; EU 2000). De nieuwe Benelux-beschikking (M (2009) 1) legt de lidstaten een aantal richtlijnen/verplichtingen(?) op:

- De tot dusver met succes geleverde inspanningen moeten voortgezet worden om de knelpunten voor de vrije migratie in de ecologisch belangrijke waterlopen, met inbegrip van de verbindingswaterlopen, weg te werken.
- Binnen de 12 maanden na de inwerkingtreding van deze beschikking moet een strategische prioriteitenkaart opgemaakt worden die de ecologisch belangrijke waterlopen, met inbegrip van de verbindingswaterlopen, omvat. De kaart moet ten minste de waterlopen omvatten die van belang zijn voor de Europees beschermde soorten.
- Er moet voorrang gegeven worden aan de hindernissen aangeduid op de strategische prioriteitenkaart.
- 90% van de hindernissen van eerste prioriteit moeten weggewerkt zijn voor 31 december 2015, de resterende 10% voor 31 december 2021 (Figuur 1).
- 50% van de hindernissen van tweede prioriteit moeten weggewerkt zijn voor 31 december 2015, de overige in twee delen van telkens 25%, het eerste deel voor 31 december 2021 en het tweede deel voor 31 december 2027 (Figuur 1).

- Binnen de 12 maanden na de inwerkingtreding van deze Beschikking, moet speciale aandacht besteed worden aan afstemming van maatregelen voor grensoverschrijdende trajecten Dit omvat concrete realisaties voor het saneren van de knelpunten en zo nodig de verhoging van de efficiëntie van bestaande vispassages. Dit moet gebeuren volgens een gemeenschappelijk uitvoeringsprogramma op basis van de nationale c.q. regionale strategische prioriteitenkaarten, waarop de tegen 2015, 2021 en 2027 af te stemmen grensoverschrijdende trajecten zijn gespecificeerd.
- Bij het uitvoeren van werken aan kunstwerken die een hindernis opleveren, moet de hindernis voor vissen passeerbaar gemaakt worden.
- Er mogen geen nieuwe hindernissen zoals stuwen, waterkrachtturbines, pompen en gemalen gecreëerd worden zonder dat een oplossing wordt voorzien voor de vrije migratie.

Herstel van vrije vismigratie staat ook centraal in de Vlaamse wetgeving. In het **Decreet Integraal Waterbeleid** van 9 juli 2003 (www.integraalwaterbeleid.be) werd vooropgesteld dat vrije vismigratie voor alle vissoorten voor 1 januari 2010 in alle Vlaamse stroomgebieden mogelijk moest zijn, nieuwe migratieknelpunten moesten voorkomen worden en natuurlijke watersystemen behouden en hersteld moesten worden.

Specifiek voor Europese paling (*Anguilla anguilla* L.) vaardigde de Europese Ministerraad een Palingverordening (EU 2003) uit, die alle lidstaten verplichtte om tegen eind 2008 voor elk stroomgebied een beheerplan op te maken voor de bescherming en het herstel van de palingbestanden. Voor België werd een prioritering opgesteld voor het oplossen van de belangrijkste migratiebarrières voor paling.

1.4 Vismigratieknelpunten in de Demer

Ook in de rivier de Demer worden vissen belemmerd in hun verplaatsingen. Vrije stroomopwaartse vismigratie vanuit de Noordzee tot de Demer is mogelijk tot aan de stuw op de Dijle in Mechelen. Theoretisch kunnen de vissen deze stuw passeren bij aangepast (visvriendelijk) stuwbeheer. Dit wordt in de toekomst praktisch verder geëvalueerd. Vanaf de stuw kunnen vissen vrij migreren tot de monding van de Demer. Het eerste potentiële knelpunt dat een stroomopwaarts migrerende vis in de Demer tegenkomt, is een bodemplaats ter hoogte van Werchter (knelpunt nr. 7156-010), vanaf daar tot in Diest volgen achtereenvolgens de molens van Aarschot (knelpunten 16814-010 en 7151-010), een bodemplaats onder de brug van Diest (knelpunt 7151-038; Figuur 3) en de Grote Steunbeer in Diest (knelpunt 7151-040; Figuur 4; <http://vismigratie.vmm.be/vismigratie/>). De passeerbaarheid van de 's Hertogenmolens werd in 2012 onderzocht (Stevens et al. 2012). De studie wees uit dat het molencomplex in de meeste gevallen niet passeerbaar is voor vis. De vangst van bot (kolonisatie vanuit zee) suggereert echter dat sommige soorten onder specifieke omstandigheden de molen toch kunnen bereiken en passeren. Veldmetingen zijn noodzakelijk om hier verder uitsluitsel over te kunnen geven. De passeerbaarheid van de knelpunten stroomopwaarts van Aarschot tot in Diest, is niet gekend en wordt in deze studie onderzocht.

De Demer behoort tot één van de prioritaire waterlopen voor sanering van vismigratieknelpunten (Figuur 1). Het wegwerken van vismigratieknelpunten in deze waterloop kadert in de Benelux-beschikking (M (2009) 1) en is specifiek belangrijk voor:

- een succesvolle stroomopwaartse migratie van diadrome en potamodrome vissen die het bovenstroomse gebied van het Demerbekken gebruiken als voortplantings- en opgroeihabitat, of in de toekomst zullen gebruiken;
- de uitwisseling van genetisch materiaal, specifiek tussen de geïsoleerde populaties van een aantal bedreigde en beschermde soorten die in het Demerbekken voorkomen (bv. beekprik, grote modderkruiper en rivierdonderpad) en het voortbestaan van deze populaties op langere termijn;
- de herkolonisatie van het Demerbekken door soorten zoals kleine modderkruiper vanuit naburige bekkens.

1.5 Doel

Het doel van deze studie is om de mogelijkheid voor vrije vismigratie in de Demer te onderzoeken ter hoogte van de Grote Steunbeer (knelpunt 7151-040; Figuur 4) in Diest. Hiervoor worden prioritair het effect van de Grote Steunbeer en klepstuw K31 (knelpunt 7151-050; Figuur 6) onderzocht als knelpunten voor vrije vismigratie. Daarnaast onderzoeken we de potentie van de Zwarte Beek als alternatieve route rond de Grote Steunbeer. De

Zwarte Beek is een zijrivier van de Demer die op 540 m stroomafwaarts van de Grote Steunbeer in de Demer vloeit (Figuur 5). Op ongeveer 1422 m stroomopwaarts van de Grote Steunbeer is er een tweede verbinding tussen de Zwarte Beek en de Demer. Die verbinding wordt geregeld via klepstuw (K31) (Figuur 6).

Om een inzicht te krijgen in de potenties voor vrije stroomopwaartse vismigratie in de Demer ter hoogte van de Grote Steunbeer en de Zwarte Beek in Diest onderzoeken we in deze studie volgende hypothesen:

H1: Vissen in de Demer kunnen stroomopwaarts migreren onder de schuif van de Grote Steunbeer door.

H2: Vissen in de Demer kunnen stroomopwaarts migreren door gebruik te maken van de Zwarte Beek als bypass en door het stroomopwaarts passeren van klepstuw K31 (richting Demer).

H3: De passeerbaarheid van beide kunstwerken is afhankelijk van het debiet.

Hoewel we dit niet expliciet onderzoeken, houden we ook rekening met de bodemplaat onder de brug van Diest als mogelijk vismigratieknelpunt. De hypothesen werden onderzocht met behulp van akoestische telemetrie. Deze dynamische techniek laat toe om de verplaatsing van enkele studiedieren op te volgen gedurende een bepaalde tijd.

2 Materiaal en methode

2.1 Studiegebied

2.1.1 Algemene beschrijving

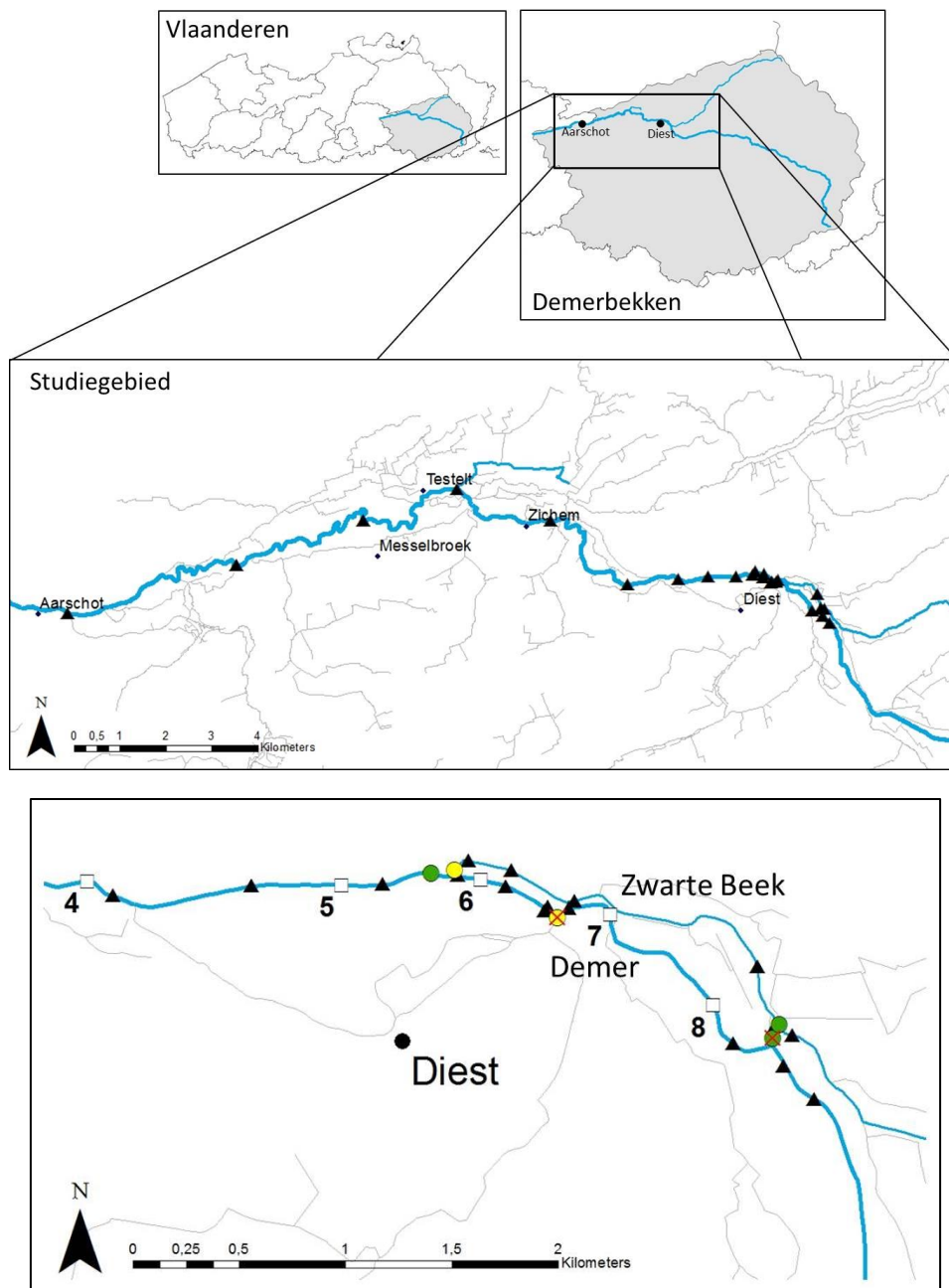
Het stroomgebied van de Demer, (een deelbekken van de Schelde, situeert zich in het zuidoosten van Vlaanderen en spreid zich uit over de provincies Limburg (boven-Demer) en Vlaams-Brabant (beneden-Demer). De Demer ontspringt in Ketsingen nabij Tongeren, stroomt aanvankelijk naar het noorden en buigt bij Bilzen af naar het westen richting Diest. Na ongeveer 80 km mondt ze uit in de Dijle ter hoogte van Werchter. De rivier is bevaarbaar tot Diest. In Diest zelf is het een onbevaarbare waterloop van eerste categorie. De breedte van de Demer evolueert van 2 m tot 16 m. De gemiddelde diepte is redelijk beperkt en bedraagt ongeveer 1,5 m. De Demer heeft een gemiddeld verhang van 0.37% (30 m over 80 km).

Hoewel in de bovenloop van de Demer meerdere bronwaterlopen voorkomen, wordt de Demer als een regenrivier aanzien. De Demer reageert immers vrij hevig op neerslag, met hoge piekdebieten als gevolg. In de zomer of in tijden van droogte kan het debiet in de waterloop heel laag zijn. Zo bedraagt het gemiddelde debiet in augustus 6,4 m³/s, terwijl dat in december gemiddeld 33,9 m³/s is.

Zijrivieren zijn de Herk, de Velp, de Zwarte Beek en de Gete. Vanaf Schulen, ten oosten van Diest, stroomt de Demer door een brede vallei waar ze ook nog het water opvangt van de Hulpe, de Motte en de Winge.

Het studiegebied situeert zich rond de monding van de Zwarte Beek en de Grote Steunbeer in Diest (Figuur 2). De Zwarte Beek is een natuurlijke beek met een berekende basisafvoer van 0,94 m³/s (Van Daele et al. 2000). De beek ontspringt in Hechtel-Eksel en stroomt daarna via Beringen, Lummen en Halen tot in Diest. Het stroomgebied is 144 km². De Zwarte Beek mondt ongeveer 540 m stroomafwaarts van de Grote Steunbeer uit in de Demer (Figuur 4). Ongeveer 1422 m stroomopwaarts van de Grote Steunbeer wordt een deel van het water van de Demer via de klepstuw K31 naar de Zwarte Beek geleid (Figuur 6). De stand van de klepstuw bepaalt de hoeveelheid Demerwater dat naar de Zwarte Beek vloeit. Tijdens een momentopname, bij een terreinbezoek op 21 februari 2014 en bij een relatief laag winters debiet van de Demer, werd er een afvoer van 5,7 m³/s gemeten over de klepstuw naar de Zwarte Beek (Bron: Luc De Leeuw, VMM). Het overige Demerwater werd afgevoerd onder de schuif van de Grote Steunbeer. Bij (sterk) verhoogde afvoer stroomt het water ook over de vaste stuwmuur links en rechts van de centrale schuif van de Grote Steunbeer.

De Grote Steunbeer beïnvloedt, samen met het wachtbekken in Schulen en het Webbekomsbroek, in belangrijke mate het hydraulische regime van de Demer. De Grote Steunbeer stuwt het water stroomopwaarts Diest op om, indien nodig, het water in het wachtbekken in Schulen te kunnen bergen en zo een piekdebiet in Diest en het meer stroomafwaartse gedeelte van de Demer te kunnen afvlakken.



Figuur 2 Situering van het studiegebied in Vlaanderen (boven), het volledige studiegebied (midden) en een detail van het deel van het studiegebied rond de Grote Steunbeer en de Zwarte Beek in Diest (onder). zwarte driehoeken = locaties van de receivers; blauwe lijn = Demer (dik) en Zwarte Beek (dun); groene cirkels = locaties van de debietmetingen; gele bollen = locaties waarvoor het debiet berekend werd; rode kruisen = Grote Steunbeer (links) en klepstuw K31 (rechts); witte vierkanten = vangstlocaties 4 t.e.m. 8 van de gezenderde vissen, zie ook Tabel 1).



Figuur 3 Zicht op de brug van Diest bij het basisdebiet van $5,73 \text{ m}^3/\text{s}$. Onderaan zijn de contouren van de bodemplaat zichtbaar.



Figuur 4 Stroomafwaarts zicht op het kunstwerk en potentieel vismigratieknelpunt de Grote Steunbeer in Diest (foto stroomafwaarts). Het water stroomt onder de centrale schuif, die naargelang het debiet neergelaten kan worden. Rechts en links van de centrale schuif bevinden zich vaste muren, waar bij hoog debiet het water over stroomt.



Figuur 5 Monding van de Zwarte Beek in de Demer. De monding ligt 450 m stroomafwaarts van de Grote Steunbeer en 80 m stroomopwaarts van de brug in Diest.

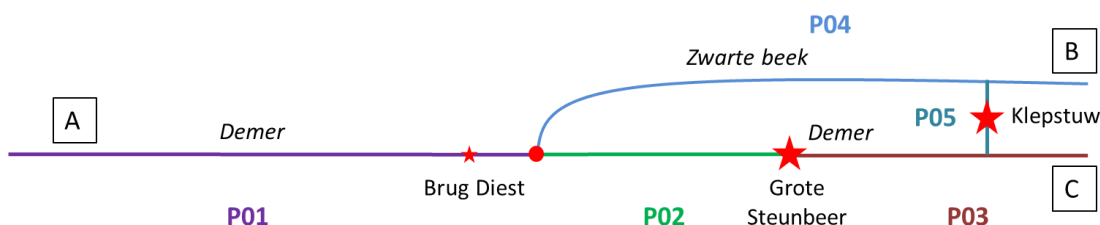


Figuur 6 Zicht op klepstuw K31 tussen de Demer en de Zwarte Beek in Diest. Vooraan is de Demer zichtbaar, voorbij de stuw de Zwarte Beek.

2.1.2 Migratiemogelijkheden

Een vis die de stroomopwaartse paai- en of opgroehabitat wil bereiken in de Demer ter hoogte van Diest (van punt A naar C in Figuur 7), kan twee routes volgen. De meest waarschijnlijke route is het opzwellen van de Demer,

omdat het grootste debiet meestal uit deze richting komt (zones P01, P02 en P03 in Figuur 7). Hierbij moet de vis achtereenvolgens de bodemplaat onder de brug van Diest en de Grote Steunbeer passeren. Een alternatieve route is deze langs de Zwarte Beek en het verbindingskanaal tussen de Zwarte Beek en de Demer. Hierbij passeert de vis de bodemplaat onder de brug van Diest, de monding van de Zwarte Beek en klepstuw K31. In deze studie onderzoeken we specifiek de toegankelijkheid van zone P04 vanuit de zones P01 en P02, van zone P03 vanuit zone P02, en van zone P03 vanuit zone P04 (Figuur 7).



Figuur 7 Schematische voorstelling en indeling van het studiegebied in vijf zones waarvan de toegankelijkheid wordt onderzocht. De letters geven het begin (A) en de eindpunten (B en C) van enkele potentiële stroomopwaartse migratieroutes aan. (rode punt = monding van de Zwarte Beek; rode sterren = onderzochte knelpunten;).

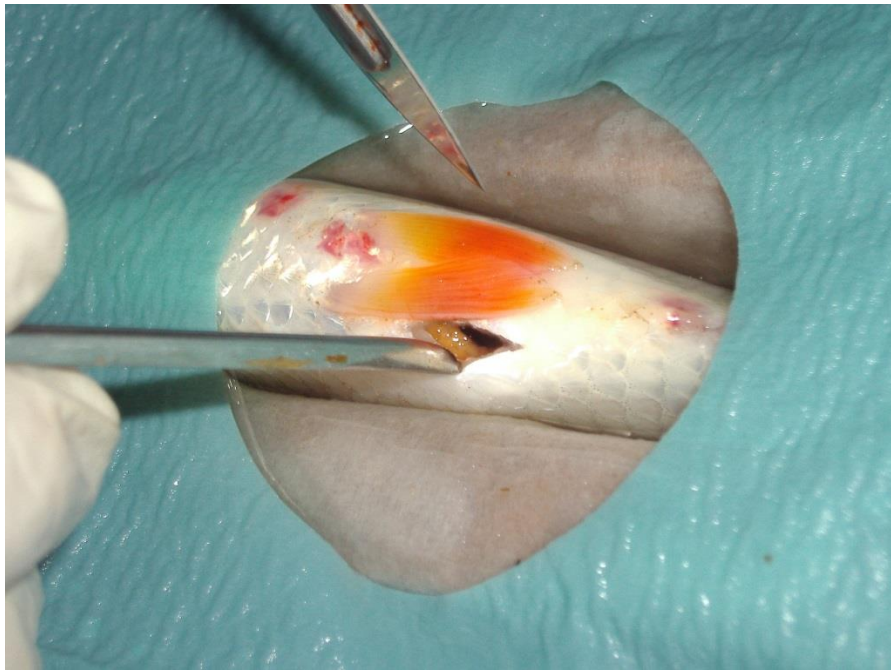
2.2 Migratiegedrag

2.2.1 Akoestische telemetrie

De zwemroutes en het gedrag van vis ter hoogte van potentiële migratieknelpunten kunnen in kaart worden gebracht met akoestische telemetrie. Deze technologie gebruikt geluidsgolven in water om vissen te bestuderen. Elk studiedier wordt met behulp van een korte operatie uitgerust met een akoestische zender of akoestische tag. Akoestische zenders zijn kleine geluidsproducenten die het mogelijk maken om zwemmende vissen op afstand te traceren en hun bewegingen in kaart te brengen. Omdat een vast aantal dieren gedurende een lange periode permanent gevolgd kan worden, laat het ook toe om de passeerbaarheid van een traject te kwantificeren. Een mogelijk nadeel is dat slechts een klein deel van de totale aanwezige populatie bestudeerd wordt en dat enkel voldoende grote dieren onderzocht kunnen worden. De dieren worden namelijk uitgerust met een zender die een bepaald percentage (2%) van het lichaamsgewicht niet mag overstijgen om de beweging van de dieren niet te hinderen. De technologie wordt gebruikt om op kleine schaal visgedrag te bestuderen. Studies die deze technologie gebruiken, vinden meestal plaats in rivieren, meren, estuaria en op zee, en bij waterkrachtcentrales en dammen.

Met een kleine chirurgische ingreep onder verdoving met kruidnagelolie, wordt een akoestische zender in de buikholte van een vis aangebracht (Figuur 8 en 9). Na de chirurgische ingreep worden de vissen bewaard in een kuip met beluchting tot ze gerecupereerd zijn. Vervolgens worden de vissen teruggezet, meestal op hun oorspronkelijke vangstlocatie, maar soms ook na bewuste translocatie.

De zender zendt onder water een geluidssignaal of akoestische 'ping' uit met een eigen pulsduur en tijdsinterval tussen de pulsen. Het signaal is uniek voor elke vis. Op strategische plaatsen in de waterloop worden receivers opgehangen, die het geluidssignaal van de gezenderde vissen opvangt (Figuur 11). Deze receivers zetten het geluidssignaal vervolgens om in digitale data en slaan het op. en via een PC gedownload en opgeslagen kunnen worden. Iedere receiver kan het signaal van een zender pas detecteren, wanneer die zich binnen een voldoende kleine afstand van de receiver bevindt. Wanneer de receiver het signaal van de zender kan detecteren, zeggen we dat de zender zich binnen het detectiebereik van de receiver bevindt. De grootte van het detectiebereik is afhankelijk van de morfologie van de rivier en de aanwezigheid van andere onderwatergeluiden, zoals turbulentie ten gevolge van sterke stroming, of de passage van een schip. Het bereik van de receivers in deze studie was op alle momenten voldoende groot om de breedte van de rivier te overspannen. Bijgevolg kon een vis in dit studiegebied een receiver niet passeren zonder gedetecteerd te worden.



(a)



(b)



(c)

Figuur 8 Zenderen van een blankvoorn (a), een meerval (b) en een zeeprík (c). De vissen worden verdoofd en er wordt een zender in de buikholte aangebracht. Daarna wordt de wonde dichtgenaaid met verteerbare chirurgische draad. Eenmaal terug bij bewustzijn, worden de vissen teruggezet op de vangstlocatie. De hele operatie neemt een 20-tal minuten in beslag.



Figuur 9 De met verteerbare chirurgische draad dichtgenaaide wonde na het aanbrengen van een zender in de buikholte van de vis.

We plaatsten in het studiegebied 23 akoestische receivers. In april 2014 voorzagen we 16 vissen van een zender, waaronder 2 blankvoorns, 3 kopvoorns, 2 zeepríkken en 9 Europese meervallen (Tabel 1). Drie vissen (2 blankvoorns en 1 zeeprík) werden uitgerust met een zender die enkel actief was tijdens de paaiperiode (type V7-4L-A69-1601 VEMCO akoestische tag). Dit type zender is 70 dagen actief vanaf het moment dat hij de eerste keer aan gaat. De

zender is geprogrammeerd om vervolgens 295 dagen geen signaal meer uit te zenden. Na deze 295 dagen gaat hij terug aan en zendt hij opnieuw 69 dagen een signaal uit. Dit systeem verbruikt minder energie, waardoor de batterij en bijgevolg de zender veel kleiner zijn. Hierdoor kunnen er kleinere studiedieren gezenderd worden zonder dat de zender 2% van het lichaamsgewicht van de dieren overschrijdt. De vissen die een V7 -zender kregen, waren tussen 176 en 675 mm groot en 92 en 706 g zwaar. De gemiddelde lengte bedroeg 361 mm, het gemiddelde gewicht 344 g (Tabel 1). De overige vissen kregen een type zender dat een signaal uitzendt tot ongeveer 36 maanden nadat de zender de eerste keer wordt aangezet (type V13-1x-A69-1601 VEMCO akoestische tag). We plaatsten deze zenders in 3 kopvoorns, 9 Europese meervallen en 1 zeeprík. De lengte van de kopvoorns varieerde van 410 tot 493 mm en het gewicht van 1128 tot 1564 g. De gemiddelde lengte en het gemiddelde gewicht bedroegen respectievelijk 463 mm en 1337 g. De lengte van de Europese meervallen varieerde van 450 en 1250 mm en het gewicht van 611 en 15000 g. De gemiddelde lengte en het gemiddelde gewicht bedroegen respectievelijk 716 mm en 4027 g. De zeeprík was 676 mm groot en 678 g zwaar. We konden niet van alle studiedieren het geslacht bepalen (Tabel 1). Geen van de studiedieren werd teruggevangen.

De vissen werden gevangen met dubbele schietfuiken. De vangsten vonden plaats op acht verschillende locaties in de Demer, op acht verschillende dagen (17, 23, 24 en 29 april en 6, 7, 20 en 27 mei 2014) (Figuur 2; Figuur 10). Elke fuik werd gedurende maximaal 24 uur in het water geplaatst. Per etmaal werden verschillende locaties bevestigd en op iedere locatie plaatsten we twee dubbele schietfuiken. In totaal visten we gedurende 10 etmalen op 3 tot 4 verschillende locaties tegelijk. Daarbij ving we 16 studiedieren van voldoende grootte. De gewenste soorten waren blankvoorn en kopvoorn. Omdat we na de eerste vangstinspanningen te weinig dieren van voldoende grootte vingen van deze soorten, besloten we bijkomend meerval en zeeprík te zenderen. Meervallen en zeepríken zijn gemiddeld groter en zijn ook geschikt voor deze studie omdat ze voldoende ver stroomopwaarts migreren tijdens de paaiperiode. Bovendien zijn deze soorten ook representatief voor het visbestand in de Demer. Zeeprík was historisch een veelvoorkomende soort in het Demerbekken (Vrielynck et al. 2002), waar ze rond 1940 nog geobserveerd werd. Bevissing van eind jaren '90 bevestigden echter het verdwijnen van deze soort uit de rivier (Breine et al. 1999). De vangst van twee zeepríken in deze studie is dan ook op zijn minst opvallend te noemen.

Niet alle vissen werden op dezelfde plaats terug uitgezet als waar ze gevangen werden. De vissen die stroomafwaarts van de Grote Steunbeer werden gevangen, zetten we opnieuw uit op de vangstlocatie. Vissen die stroomopwaarts van de Grote Steunbeer werden gevangen, zetten we uit stroomafwaarts van de brug in Diest om hun stroomopwaartse migratie te kunnen evalueren langs hetzij de Grote Steunbeer, hetzij de alternatieve route langs de Zwarte Beek. Alle uitzettingen gebeurden in de buurt van een akoestische receiver, zodat een eerste detectie gebeurde op de plaats van uitzetting.



Figuur 10 Voorbeeld van een opgestelde dubbele schietfuik in de Schelde(?).

Tabel 1 Biotelemetrische gegevens van de gezenderde vissen. Niet van alle vissen kon het geslacht bepaald worden (-). Het aantal observaties is het aantal keer dat een vis onafgebroken binnen het detectiebereik van een receiver kwam over heel de studieperiode.

Soort	Geslacht	Datum zenderen	Aantal observaties	Lengte (mm)	Gewicht (g)	Vis ID (zendernummer)	Zendertype	Vangstlocatie (zie Figuur 1)
blankvoorn (<i>Rutilus rutilus</i> L.)	vrouw	17/04/2014	2	176	92	A69-1601-16129	V7	6
blankvoorn (<i>Rutilus rutilus</i> L.)	man	23/04/2014	50	231	233	A69-1601-16130	V7	4
Europese meerval (<i>Silurus glanis</i> Burton)	man	23/04/2014	3	476	611	A69-1601-28296	V13	6
Europese meerval (<i>Silurus glanis</i> Burton)	man	23/04/2014	582	1040	8750	A69-1601-28297	V13	4
Europese meerval (<i>Silurus glanis</i> Burton)	man	24/04/2014	251	515	905	A69-1601-28298	V13	6
kopvoorn (<i>Squalius cephalus</i> L.)	vrouw	29/04/2014	28	486	1318	A69-1601-28295	V13	8
zeeprik (<i>Petromyzon marinus</i> L.)	-	6/05/2014	3	676	678	A69-1601-26537	V13	8
kopvoorn (<i>Squalius cephalus</i> L.)	vrouw	6/05/2014	30	493	1564	A69-1601-26538	V13	7
kopvoorn (<i>Squalius cephalus</i> L.)	vrouw	6/05/2014	234	410	1128	A69-1601-28294	V13	8
zeeprik (<i>Petromyzon marinus</i> L.)	-	7/05/2014	14	675	706	A69-1601-16148	V7	8
Europese meerval (<i>Silurus glanis</i> Burton)	-	20/05/2014	42	580	1402	A69-1601-26535	V13	5
Europese meerval (<i>Silurus glanis</i> Burton)	-	20/05/2014	337	1050	8000	A69-1601-26536	V13	5
Europese meerval (<i>Silurus glanis</i> Burton)	man	26/05/2014	217	450	613	A69-1601-26529	V13	2
Europese meerval (<i>Silurus glanis</i> Burton)	-	26/05/2014	133	645	1595	A69-1601-26530	V13	2
Europese meerval (<i>Silurus glanis</i> Burton)	-	26/05/2014	198	1250	15000	A69-1601-26534	V13	1
Europese meerval (<i>Silurus glanis</i> Burton)	man	17/06/2014	3	555	1183	A69-1601-26531	V13	3

Vervolgens observeerden we het gedrag van deze vissen aan de hand van de akoestische receivers (Figuur 11). De 23 receivers werden aangebracht op strategische plaatsen in het studiegebied, zoals stroomaf- en stroomopwaarts van de brug in Diest, van de monding van de Zwarte Beek, van de Grote Steunbeer en van de Klepstuw (Figuur 12). Verder plaatsten we een receiver in de monding van de Zwarte Beek en een aan de klepstuw. Er werden ook receivers stroomaf- en stroomopwaarts van de in- en uitgang van het verbindingkanaal tussen de Demer en de Zwarte Beek geplaatst, om het gedrag om en rond de klepstuw in kaart te brengen. Dit netwerk werd opgebouwd op 10 en 17 april 2014. Op 5 mei 2014 werd het netwerk uitgebreid tot en met Aarschot om het gedrag van de vissen (specifiek Europese meerval) vóór de stroomopwaartse paaitrek op te volgen. Vijftien meter stroomafwaarts van de Grote Steunbeer plaatsten we uitzonderlijk twee receivers op dezelfde locatie: één receiver op de linkeroever en één op de rechteroever. Dit was de enige locatie in het studiegebied waar een akoestische signaal niet over de gehele breedte van de rivier ontvangen kon worden. Dit is een gevolg van de hoge turbulentie vlak onder de Grote Steunbeer. Door het plaatsen van een receiver op elke oever, kon een signaal steeds opgevangen worden door minstens een van de twee receivers.



(a)

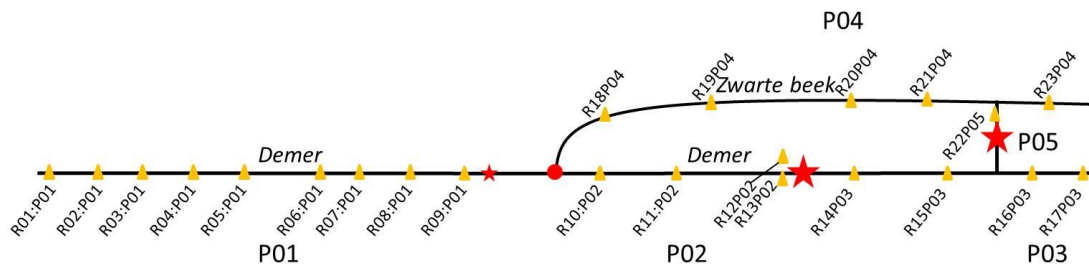


(b)



(c)

Figuur 11 De akoestische receiver (zwart) is bevestigd aan een gewicht en wordt met behulp van een stalen kabel (a) aan een obstakel langsheen het water bevestigd (een boom, een brugpijler, een piket of een muur; b). De receiver wordt door de kabel en/of een boei verticaal gehouden tijdens de metingen (c).



Figuur 12 Schematische voorstelling van het studiegebied (Figuur 7) met aanduiding van de receiver locaties. De codes zijn de unieke nummers van de receivers. De afstanden zijn niet waarheidsgetrouw weergegeven. (rode bol = monding van de Zwarte Beek; rode sterren = onderzochte knelpunten).

2.2.2 Gedrag van de gezenderde individuen

In paragraaf 2.2.2.1 beschrijven we kort de algemene biologie per onderzochte soort, met focus op het paaigedrag. Daarna beschrijven we in paragrafen 2.2.2.2 en 2.2.2.3 hoe we dat gedrag onderzochten.

2.2.2.1 Soorten

2.2.2.1.1 Blankvoorn (*Rutilus rutilus* L.)

De blankvoorn is een typische karperachtige. De kleur van de vis kan sterk variëren. De rugzijde varieert van blauwgroen tot blauwbruin. De buik is meestal zilverwit en de kleur van de vinnen varieert van oranje tot bijna rood en van bruin tot donkerbronsbruin (Figuur 13). Een typerend kenmerk is de rode vlek in het grote ronde oog. De blankvoorn wordt makkelijk verward met ruis- of rietvoorn, alver, winde, serpeling, jonge roofblei en kopvoorn (van Emmerik & de Nie 2006).

De blankvoorn zwemt meestal in scholen die uit vissen van dezelfde jaarklasse bestaan. De groepen houden zich vaak op bij waterplanten in de oeverzone (litoraal), maar ook wel op diepere delen in het open water. In het

voorjaar verplaatsen de scholen met volwassen vissen zich naar de paaiplaatsen. De paaiplaatsen liggen in de oeverzone. De paai vindt plaats in de periode begin april tot eind mei in ondiepe watergedeelten. De eieren worden over het algemeen afgezet op waterplanten, zoals riet, zegges of wortels van wilgen. In stromend water vindt de afzet van eieren vooral plaats op stenen, maar ook overhangende vegetatie en ander uitstekend materiaal komen in aanmerking als paaisubstraat. Meestal wordt ieder jaar op dezelfde plaatsen gepaaid. Het mannetje is tijdens de paaiperiode bedekt met witte paaiuitslag (Vandelannoote et al. 1998). De blankvoorn is een vrij algemene soort in diverse watertypen. Hij kan ook goed overleven onder minder goede omstandigheden, zoals een slechte zuurstofhuishouding van het water en bij verontreinigingen (van Emmerik & de Nie 2006).



Figuur 13 Blankvoorn (*Rutilus rutilus* L.; bron: www.abc-sportvissen.be)

2.2.2.1.2 Kopvoorn (*Squalius cephalus* L.)

De kopvoorn is eveneens een typisch karperachtige vis. Hij lijkt op de graskarper, maar wordt soms ook verward met winde. Hij heeft een cilindrisch lichaam en een tamelijk brede, platte kop (Figuur 14). Kopvoorn zet zijn eieren af op rotsen, stenen of grind (lithofiele paaiër), maar soms ook op planten of op wortels van wilgen. De paai vindt meestal plaats in mei, maar kan uitzonderlijk ook in april plaatsvinden. In hoger gelegen gebieden paait de kopvoorn pas in juni of juli. De paai vindt plaats op ondiepe grindbedden, op een diepte van 10 tot 20 cm. Vlak voor de paai trekken kopvoorns stroomopwaarts. In de Rhône (Frankrijk) is waargenomen dat kopvoorns elk jaar vanuit het gekanaliseerde gedeelte van de rivier naar (stromende) zijarmen of zijriviertjes trekken. Volwassen kopvoorns worden echter ook wel gedurende het gehele jaar bij de paaiplaatsen gezien. Buiten de paai is de kopvoorn een standvastige vis, met afgelegde afstanden die doorgaans niet hoger zijn dan 4 km (van Emmerik & de Nie 2006).



Figuur 14 Kopvoorn (*Squalius cephalus* L.; bron: www.abc-sportvissen.be)

De kopvoorn zou gezien zijn habitateisen (van beneden-forelzone tot boven-brasem-zone) en historische verspreiding (algemeen in het Maasbekken, aanwezig in de bovenlopen van het Scheldebekken) in een groot aantal rivieren in Vlaanderen kunnen voorkomen (Dillen et al. 2005). Uit een analyse van historische visstandopnames blijkt dat de soort voorheen wijd verspreid was in Vlaanderen en als een representatieve stroomminnende soort

mag beschouwd worden voor de meeste Vlaamse beken en rivieren (Vrielynck et al. 2002). Uit habitatonderzoek in de Grote Nete blijkt dat zowel adulte als juveniele kopvoorns in de Grote Nete een voorkeur hebben voor microhabitats die aan de oeverzone gebonden zijn (Coeck et al. 2000). Tot deze microhabitats behoren o.a. holle oevers, trajecten met hogere stroomsnelheden en dood hout. Adulte kopvoorns maken in de zomer gebruik van microhabitats met een hogere stroomsnelheid en veel overhangende vegetatie.

2.2.2.1.3 Zeeprik (*Petromyzon marinus* L.)

Het lichaam van een volwassen zeeprik heeft een palingachtige vorm: het voorste gedeelte is rond en naar achteren is het dier zijdelings afgeplat. De zeeprik is variabel van kleur: meestal lichtgrijs of groenachtig, met een donkere marmertekening op de rug. De onderzijde is bleker van kleur. Achter de ogen zitten zeven ronde kieuwopeningen. De bek van een zeeprik is een ronde zuigschijf (Figuur 15). In deze schijf zitten vele tientallen hoornachtige tanden in concentrische banen rond de keelopening (van Emmerik & de Nie 2006).

Zeeprikken worden geboren in zoet water. Ze leven daar enkele jaren als larf in de modder. Pas als ze volwassen zijn, migreren ze naar zee. Zeeprikken zwemmen na hun verblijf op zee terug naar de midden- of bovenlopen van grote rivieren om te paaien. Deze paaimigratie begint in het voorjaar of de vroege zomer. Over de habitateisen van de zeeprik is weinig bekend. Voor de zeeprik geldt bijna hetzelfde als voor andere trekkende vissoorten: er mogen geen absolute migratiebarrières zijn. De zeeprik moet de middenlopen van de rivieren vanaf zee vlot kunnen bereiken (van Emmerik & de Nie 2006). De zeeprik werd verondersteld sinds 1940 in België te zijn uitgestorven. In 2010 werd hij terug aangetroffen in de Schelde, nabij Dendermonde. In juni 2012 ving het INBO een exemplaar in een visnevengeul van het stuwcomplex in het Oost-Vlaamse Asper. De vangst van twee zeeprikken stroomopwaarts van de Grote Steunbeer tijdens deze studie is dus zeer opmerkelijk en wijst erop dat vrije vismigratie vanuit zee tot stroomopwaarts de Grote Steunbeer voor deze soort onder bepaalde omstandigheden mogelijk is.





(b)



(c)

Figuur 15 Volwassen zeepriek (*Petromyzon marinus* L.; volledige lichaamslengte (a), detail van de ronde bek met rasptanden (b) en detail van het hoofd en de kieuwopeningen (c); foto's: vangst van het INBO in de Demer in Diest)

2.2.2.1.4 Europese meerval (*Silurus glanis* Burton)

De Europese meerval heeft een grote afgeplatte kop en een brede bek met zes tastdraden: vier op de onderkaak en twee lange draden bij de mondhoeken op de bovenkaak. Hij heeft zeer kleine ogen en een opvallend kleine en ver naar voren geplaatste rugvin. Aan de onderzijde van het schubloze lichaam is een lange vin (vinzoom) aanwezig. De kleur van de meerval is sterk afhankelijk van zijn omgeving en kan variëren van zwart tot bruin op de bovenkant en van geel tot marmertachtig wit op de onderkant (Figuur 16). Typerend is vaak de marmertekening op de flanken, met name bij kleinere exemplaren (van Emmerik & de Nie 2006).

De Europese meerval is een nachtelijke rover. Overdag houdt hij zich meestal schuil in een vaste rustplaats in een holte of onder een overhangende oever. Pas in de schemering en 's nachts wordt de meerval actief. In de herfst trekt de meerval naar diepere gebieden, waar ze overwinteren op beschutte plaatsen. In het voorjaar gaat hij terug naar ondiepere delen om te foerageren en te paaien. De paai begint meestal in mei of juni tot zelfs begin juli. Het mannetje bouwt een soort nest van plantendelen op ondergelopen land of ondiep water met begroeiing. De eieren plakken vast aan het nest, aan riet, biezen en onderwaterplanten (van Emmerik & de Nie 2006).

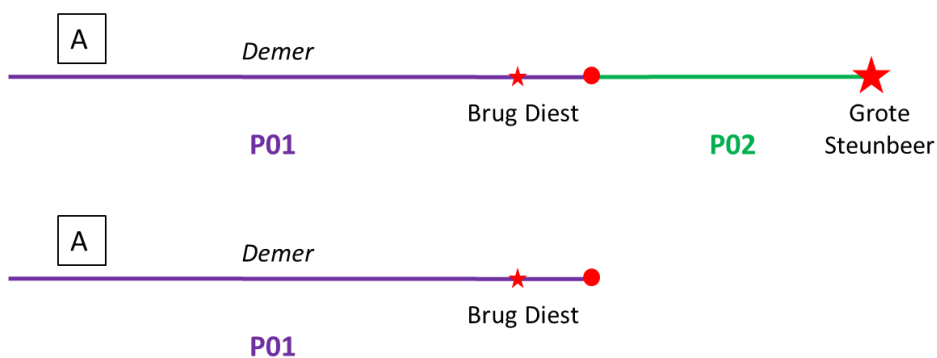


Figuur 16 Europese meerval (*Silurus glanis* Burton; volledige lichaamslengte (a) en detail van de kop en borst (b); foto's: vangst van het INBO in de Demer in Diest)

2.2.2.2 Evaluatie van de migratieroutes

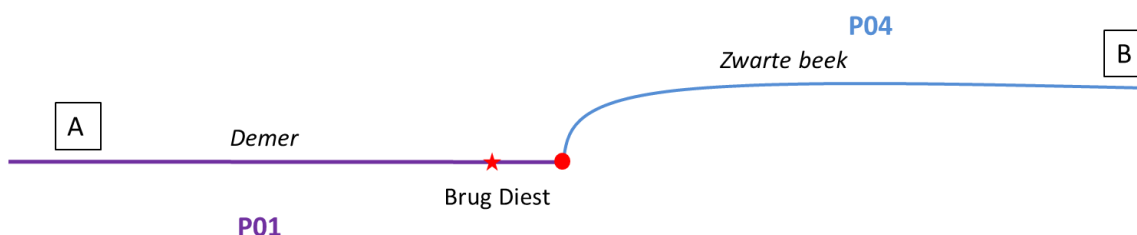
Om te evalueren in welke mate de potentiële knelpunten in dit studiegebied het gedrag van de gezenderde vissen beïnvloedt, namen we zeven verschillende routes in beschouwing. Het zijn alle mogelijke trajecten die een vis op die locatie kan volgen om het bovenstroomse gebied van de Demer al dan niet te bereiken. Langs die trajecten evalueerden we hoeveel en welke studiedieren er gebruik van maakten. De routes worden schematisch voorgesteld in de Figuren 13 tot en met 19.

Een eerste migratieroute die we in beschouwing namen is deze waarbij de vissen enkel de brug van Diest passeerden of **geen enkel knelpunt passeerden**. We maakten daarbij een onderscheid tussen vissen die stroomopwaarts zwommen tot aan de brug van Diest en vissen die stroomopwaarts zwommen tot aan de Grote Steunbeer, zonder de Zwarte Beek op te zwemmen (P01 en P01 – P02; Figuur 17).



Figuur 17 Schematische weergave van de twee routes waarbij enkel het stroomafwaartse deel van het studiegebied bezocht werd. De locaties van de akoestische receivers kunnen in het onderste geval niet uitsluiten of een vis tot op de bodemplaat raakte of niet. De bodemplaat vertoont bij basisdebiet een verval (Figuur 3). Het is wel zeker dat ze niet tot aan de monding van de Zwarte beek zwommen. (A = vertrekpunt/begin van de stroomopwaartse migratieroute; rode bol = monding van de Zwarte Beek)

Een tweede potentieel gedrag is dat waarbij een vis de brug van Diest passeert en vervolgens de **Zwarte Beek opzwemt** (P01 – P04; Figuur 18). We veronderstellen daarbij dat de lokstroom aan de monding van de Zwarte Beek voldoende groot is zodat vissen uit de Demer de monding makkelijk kunnen vinden.



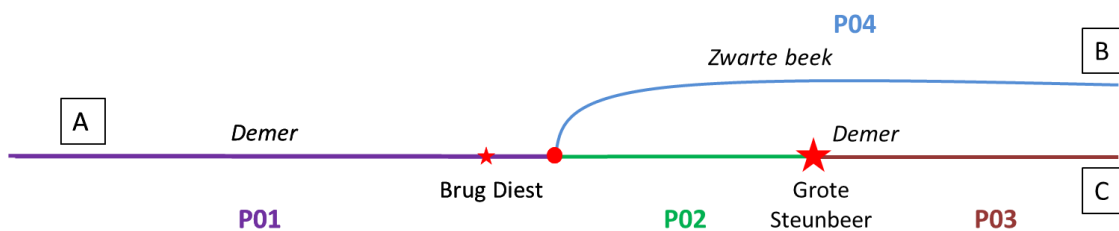
Figuur 18 Schematische voorstelling van de route via de Zwarte Beek. Een gezenderde vis gaat van punt A naar punt B (en/of omgekeerd) en passeert de brug van Diest en zwemt de Zwarte Beek op via de monding.

Een derde potentieel gedrag is dat waarbij een vis de brug van Diest passeert, naar de **Grote Steunbeer** zwemt, deze **stroomopwaarts passeert** en vervolgens in het stroomopwaartse gebied van de Demer blijft (P01 – P02 – P03; Figuur 19). Door de hoge stroomsnelheid onder de centrale schuif van dit kunstwerk, verwachten we dat geen enkele vis, behalve de sterke zwemmers, dit knelpunt stroomopwaarts kunnen passeren.



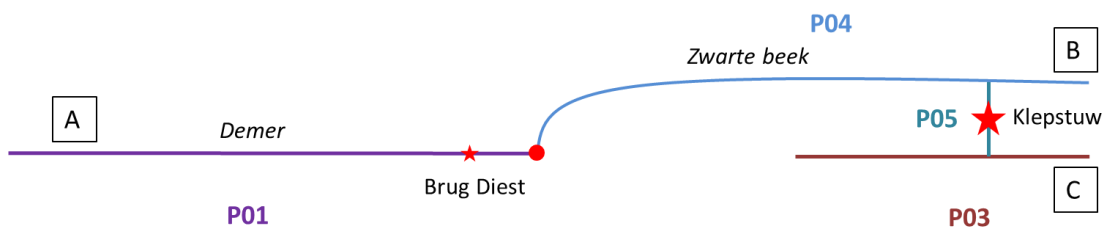
Figuur 19 Schematische voorstelling van de route Demer. Een gezenderde vis gaat van punt A naar C (en/of omgekeerd) en passeert de brug van Diest, de monding van de Zwarte Beek en de Grote Steunbeer.

Een vierde mogelijk route is dat een vis **zowel de route langs de Demer als de route langs de Zwarte Beek** neemt (P01 – P04 – P02 – P03 – P02 – P04 - ...; Figuur 20). De vis passeert hierbij de brug van Diest en zwemt vervolgens stroomopwaarts in hetzij de Demer, hetzij de Zwarte Beek. In de Demer passeert hij de Grote Steunbeer zowel stroomop- als stroomafwaarts, om nadien terug stroomafwaarts te zwemmen en de andere route te nemen via de monding van de Zwarte Beek. Het is mogelijk dat een vis dit gedrag verschillende keren herhaalt.



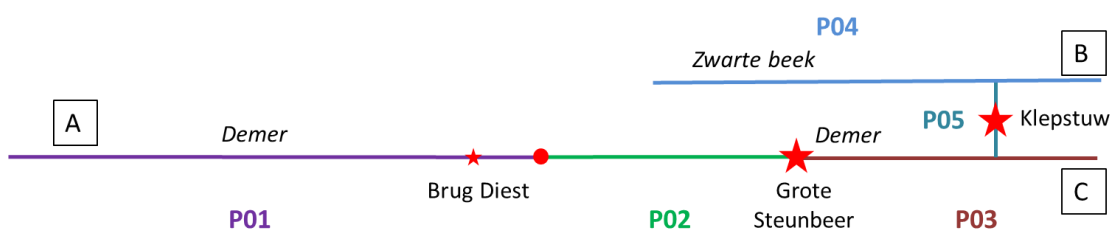
Figuur 20 Schematische voorstelling van de combinatie van de route van de Demer en de route van de Zwarte Beek. Een gezenderde vis zwemt van A naar B en passeert de brug van Diest en de monding van de Zwarte Beek (rode bol). Vervolgens zwemt hij terug naar de Demer, passeert de Grote Steunbeer en zwemt naar C. Het traject kan in ook in omgekeerde volgorde gevolgd worden en verschillende keren na elkaar.

Een vijfde mogelijkheid is dat een vis de **Zwarte Beek** opzwemt, vervolgens de **klepstuw** passeert in het verbindingskanaal en zo naar het stroomopwaartse gebied van de Demer zwemt. Bij deze route passeert de vis dus achtereenvolgens de bodemplaat onder de brug van Diest, de monding van de Zwarte Beek en de klepstuw (P01 – P04 – P05 – P03; Figuur 21).



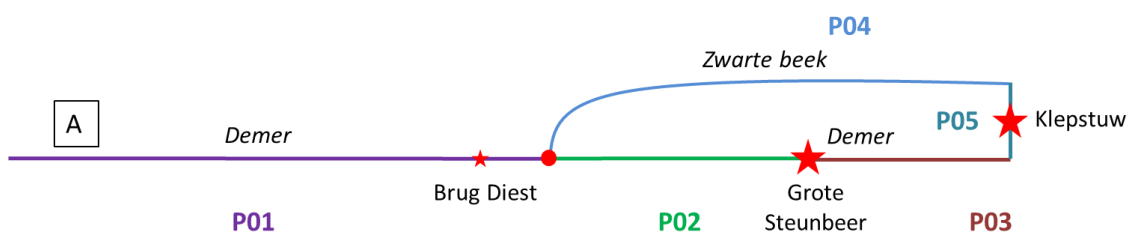
Figuur 21 Schematische voorstelling van de route via de Zwarte Beek en het verbindingskanaal tot in het stroomopwaartse gebied van de Demer. Een gezenderde vis zwemt van punt A naar punt C en passeert daarbij de brug van Diest, de monding van de Zwarte Beek en de klepstuw.

Een zesde mogelijke route is dat een vis die via de brug van Diest en de **Grote Steunbeer** in het stroomopwaartse gebied van de Demer terechtgekomen is, de **klepstuw** overzwemt naar de Zwarte Beek (P01 – P02 – P03 – P05 – P04; Figuur 22).



Figuur 22 Schematische voorstelling van de route Demer – Zwarte Beek via het verbindingskanaal. Een gezenderde vis zwemt van A naar C en passeert de brug van Diest en de Grote Steunbeer en zwemt vervolgens de klepstuw over naar de Zwarte Beek, maar zwemt nooit terug naar de Demer.

De zevende onderzochte mogelijkheid is dat de vissen **langs één van beide routes** (via de Demer met passage van de Grote steunbeer of via de Zwarte Beek) **stroomopwaarts** zwemmen en **langs de andere route weer stroomafwaarts** zwemmen na passage van de klepstuw. Dit kunnen ze eenmaal of meermaals na elkaar doen en in beide richtingen (P01 – P02 – P03 – P05 – P04 – P02 en/of P01 – P04 – P05 – P03 – P02; Figuur 23).



Figuur 23 Schematische voorstelling van route Demer – Zwarte Beek – Demer of omgekeerd. Een gezonderde vis passeert achtereenvolgens de monding van de Zwarte Beek, de klepstuw en de Grote Steunbeer, en zwemt terug naar de monding van de Zwarte Beek of omgekeerd.

2.2.2.3 Evaluatie van de passage van de knelpunten

Daarnaast (paragraaf 0) selecteerden we alle momenten waarop een vis een knelpunt langs deze trajecten in stroomopwaartse richting benaderde (verder ‘poging’ genaamd) en het knelpunt succesvol passeerde (verder ‘succes’ genaamd). We evalueerden daarvoor het aantal keren dat een studiedier tijdens de hele studieperiode gedetecteerd werd door een receiver. Eén detectie was daarbij gelijk aan een ononderbroken aanwezigheid van het dier binnen het detectiebereik van de receiver. Dit aantal werd enerzijds vergeleken met het aantal keer dat een dier gedetecteerd werd door een receiver aan de stroomafwaartse zijde van de Grote Steunbeer, de klepstuw en de monding van de Zwarte Beek (‘poging’) en anderzijds het aantal keer dat de eerstvolgende detectie gebeurde aan een receiver stroomopwaarts van respectievelijk de steunbeer, de klepstuw en de monding van de Zwarte Beek. Dit laatste wijst op een passage van het knelpunt (succes).

We vergeleken deze pogingen en successen met het debiet aan het betreffende knelpunt. Voor de Grote Steunbeer en de klepstuw kon dit enkel visueel (a.d.h.v. aflezen van figuren) gebeuren, terwijl voor de monding van de Zwarte Beek een statistische analyse mogelijk was. Specifiek evalueerden we aan de hand van een binomiaal veralgemeend lineair model of er een significant verband is tussen het aantal successen en het debiet aan de monding van de Zwarte Beek. Een gelijkaardige test van de data aan de Grote Steunbeer en de klepstuw zou niet betrouwbaar zijn, door een te laag aantal observaties van hetzij successen (Grote Steunbeer), hetzij pogingen en successen (klepstuw). Volgend model werd getest voor de monding van de Zwarte Beek:

$$\text{logit}(\pi_i) = \text{debiet}_i$$

of, inclusief de parameters van het model,

$$\text{logit}(\pi_i) = \alpha + \beta_{1i} * \text{debiet}_i + \varepsilon_i$$

of, de logit voluit genoteerd:

$$\pi_i = \frac{e^{\alpha + \beta_{1i} * \text{debiet}_i + \varepsilon_i}}{1 + e^{\alpha + \beta_{1i} * \text{debiet}_i + \varepsilon_i}}$$

waarin π_i de kans is dat poging i om de Zwarte Beek op te zwemmen succesvol is.

2.2.3 Omgevingsvariabelen

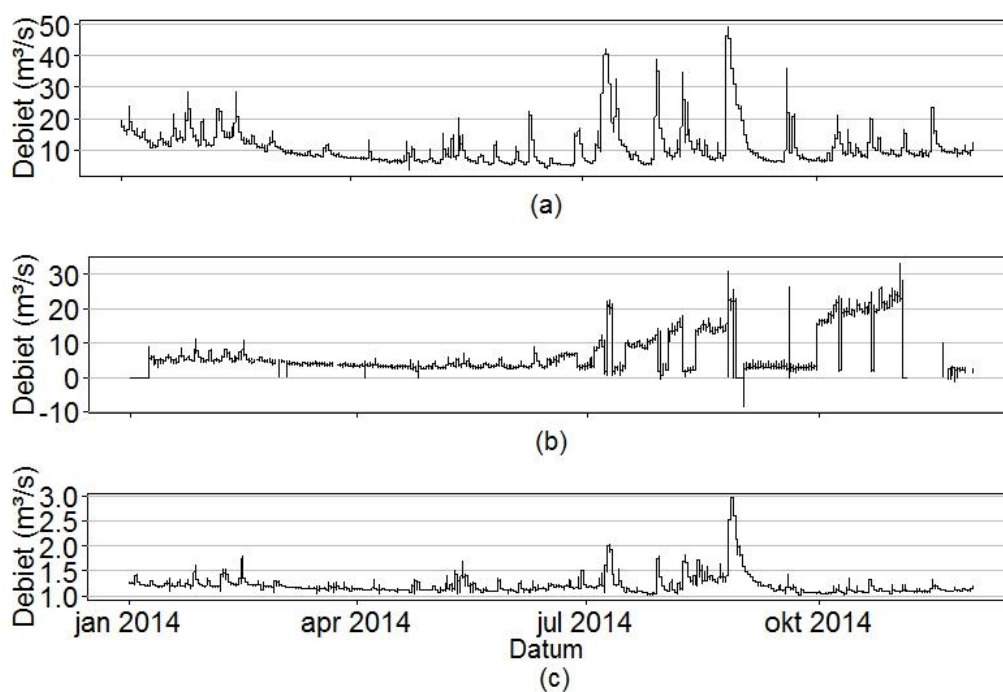
Op drie locaties in het studiegebied (Figuur 2) werd tijdens de studieperiode ieder kwartier het **debiet** gemeten (data van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM); Figuur 24): in de Zwarte Beek net stroomopwaarts van de monding van het verbindingskanaal met de Demer, aan de klepstuw en aan de brug van Diest. Op basis van deze metingen berekenden we voor ieder kwartier het debiet aan de monding van de Zwarte Beek en het debiet over de Grote Steunbeer (Figuur 25).

Op bepaalde momenten in de zomer van 2014 werd een foutieve debietsmeting gedaan aan de klepstuw (mondlinge mededeling VMM). Bijgevolg zijn ook de berekende debieten voor deze momenten incorrect. De momenten waarop een foutieve meting gebeurde, werden niet meegenomen in de analyses, noch in de berekening van het totaal aantal observaties, inclusief pogingen en successen. In alle figuren die het debiet en de pogingen en

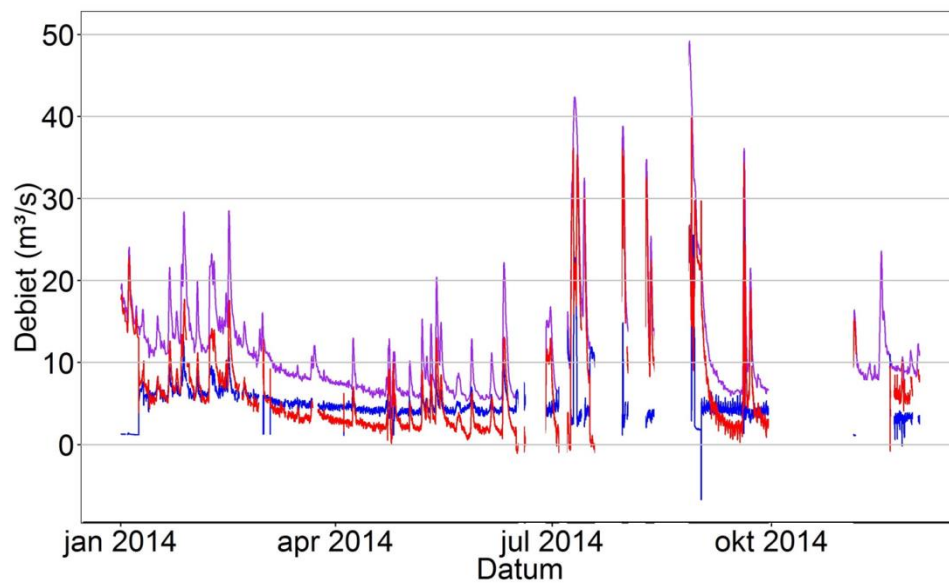
successen van de dieren weergeven, is aangegeven voor welke momenten de debietsgegevens fout zijn en dus niet geïnterpreteerd mogen worden.

Voor de statistische analyse koppelden we via de datum en het uur de debietsgegevens aan de pogingen van een vis om een knelpunt te passeren. We berekenden hiervoor het gemiddelde van alle debietswaarden aan het betreffende knelpunt, binnen de tijd dat een vis aan de receiver net stroomafwaarts van het knelpunt toekwam en de tijd dat deze het detectiegebied van de betreffende receiver opnieuw verliet. Met andere woorden, als een vis onafgebroken gedetecteerd werd gedurende één uur aan één van de twee receivers aan de Grote Steunbeer, dan werd deze poging gekoppeld aan het gemiddelde van de vier debietswaarden die voor dat uur berekend werden aan de Grote Steunbeer.

Van 24 tot 26 april 2014 werden er werken uitgevoerd aan de Grote Steunbeer. Daarvoor werd het water van de Demer tijdelijk volledig omgeleid langs de Zwarte Beek. Op de momenten dat het debiet aan de Grote Steunbeer lager werd dan $1 \text{ m}^3/\text{s}$, steeg het debiet in de Zwarte Beek van ongeveer $3,5$ tot $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Deze debietswaarde is nog steeds relatief laag vergeleken met het gemiddelde debiet in de Zwarte Beek over de hele studieperiode (Figuur 25).



Figuur 24 Gemeten debiet (m^3/s) van de Demer stroomafwaarts van Diest (a; Figuur 2; ruwe meting), berekend debiet aan de klepstuw (b; Figuur 2; o.b.v. de klepstuwstand) en gemeten debiet in de Zwarte Beek net stroomopwaarts van het verbindingkanaal met de Demer (c; Figuur 2; ruwe meting). (bron: Vlaamse Milieumaatschappij)



Figuur 25 Berekend debiet voor de monding van de Zwarte Beek (blauwe lijn) en de Grote Steunbeer (rode lijn) op basis van de gemeten waarden aan de brug van Diest (paarse lijn) en in de Zwarte Beek stroomopwaarts van het verbindingskanaal met de Demer (grafiek weergegeven in Figuur 24). Niet voor alle datums waren juiste debietswaarden beschikbaar. Deze werden uit de grafiek weggelaten (bron: VMM).

3 Resultaten

3.1 Migratiegedrag in het studiegebied (migratieroutes)

Drie van de 16 studiedieren, een zeeprik, een blankvoorn en een Europese meerval, verdwenen enkele dagen na vrijlating uit het studiegebied (Tabel 2). De reden hiervoor is onbekend. Het is mogelijk dat de dieren enkele dagen na vrijlating stierven en uitspoelden.

Het gedrag van de overige studiedieren varieerde. Enkele vissen passeerden geen enkel knelpunt, terwijl drie relatief zware meervallen verschillende malen enkele of alle knelpunten passeerden en dit zowel in stroomop als afwaartse richting. Eén meerval zwom nooit voorbij de brug van Diest. Twee vissen, een meerval en een zeeprik, passeerden noch de Grote Steunbeer, noch de monding van de Zwarte Beek, hoewel ze wel voorbij de brug van Diest zwommen (Tabel 2). Een kopvoorn en een meerval passeerden de Grote Steunbeer in stroomopwaartse richting en bleven in het stroomopwaartse gebied van de Demer. Drie andere studiedieren, een meerval, een blankvoorn en een kopvoorn, passeerden de brug van Diest en de monding van de Zwarte Beek en bleven gedurende de studieperiode in het stroomopwaartse deel van de Zwarte Beek (Tabel 2). Eén meerval van ongeveer 8 kg zwaar zwom herhaaldelijk de Zwarte Beek op en de Demer tot voorbij de Grote Steunbeer. Deze vis keerde telkens terug naar de monding van de Zwarte Beek om van het ene naar het andere gebied te bewegen en passeerde dus nooit de klepstuw. De klepstuw werd wel gepasseerd door een kopvoorn die via de Zwarte Beek naar het stroomopwaartse gebied van de Demer migreerde. Een andere meerval (± 8 kg) migreerde vanuit de Demer naar het stroomopwaartse gebied van de Zwarte Beek en passeerde achtereenvolgens de Grote Steunbeer en de klepstuw. De op één na grootste studiedieren volgden alle mogelijke routes en zwommen dus zowel de Zwarte Beek als de Demer op en af, waarbij ze de Grote Steunbeer en de klepstuw in beide richtingen passeerden (Tabel 2).

Niet alle dieren konden een hele studieperiode gevolgd worden, omdat ze stroomop- of stroomafwaarts uit het studiegebied verdwenen. Op 14 en 15 mei 2014 werden zo de laatste observaties gemaakt van kopvoorn A69-1601-28295 en zeeprik A69-1601-16148. De kopvoorn zwom stroomopwaarts uit het studiegebied, terwijl de zeeprik stroomafwaarts ging. Begin juli verdwenen ook blankvoorn A69-1601-16130 en meerval A69-1601-26535 stroomafwaarts uit het studiegebied. Begin september werd kopvoorn A69-1601-26538 het laatst gedetecteerd aan de meest stroomafwaartse receiver in Aarschot. Eind september verdwenen meervallen A69-1601-26529 en A69-1601-26530 stroomafwaarts uit het studiegebied. De overige studiedieren, een kopvoorn en vier meervallen, konden de hele studieperiode gedetecteerd worden.

Tabel 2 Overzicht van het algemene migratiegedrag van 16 gezenderde vissen in de Demer in Diest. Zie paragraaf 2.2.2.2 voor uitleg over de routes.

Route	Soort (gewicht in g)	Figuur in bijlage 1
Geen waarnemingen	zeeprik (678) blankvoorn (92) Europese meerval (611)	Figuur 34
geen knelpunten gepasseerd (route P01 en P01 – P02)	Europese meerval (1402) Europese meerval (645) zeeprik (706)	Figuur 35
route Zwarte Beek (P01 – P04)	Europese meerval (613) blankvoorn (233) kopvoorn (1128)	Figuur 36
route Demer (P01 – P02 – P03)	kopvoorn (1318) Europese meerval (905)	Figuur 37
route Zwarte Beek en Demer (P01 – P04 – P02 – P03 – P02 – P04 - ...)	Europese meerval (8750)	Figuur 38
route Zwarte Beek – Demer (P01 – P04)	kopvoorn (1564)	Figuur 39

- P05 – P03)

route Demer – Zwarte Beek (P01 – P02 – P03 – P05 – P04)

route Demer – Zwarte Beek – Demer (P01 – P02 – P03 – P05 – P04 – P02) /	Europese meerval (15000)	Figuur 40
route Zwarte Beek – Demer – Zwarte Beek (P01 – P04 – P05 – P03 – P02)	Europese meerval (8000)	Figuur 41

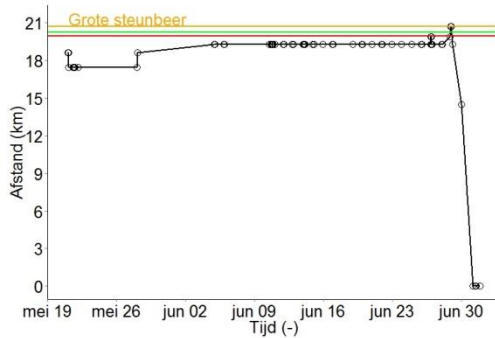
3.2 Evaluatie van de knelpunten

In deze sectie bespreken we eerst het gedrag van de verschillende individuen aan de verschillende knelpunten gedurende de studieperiode. Vervolgens bespreken we de mate waarin ieder knelpunt de stroomopwaartse migratie belemmert (Grote Steunbeer en Klepstuw) of mogelijk maakt (Zwarte Beek). Dat doen we door een overzicht te geven van het totaal aantal observaties, het aantal keer dat een vis gedetecteerd werd ter hoogte van een knelpunt en het aantal keer dat hij effectief het knelpunt passeerde. Tot slot evalueren we bij welke debieten de vissen de potentiële migratieknelpunten poogden te passeren of succesvol passeerden en of er hierbij een verschil op te merken is tussen de knelpunten en tussen de soorten en/of individuen.

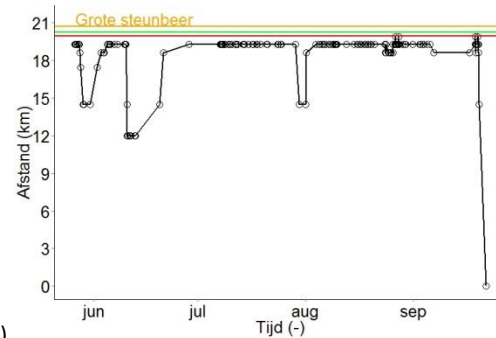
3.2.1 Migratiegedrag

3.2.1.1 Geen knelpunten gepasseerd

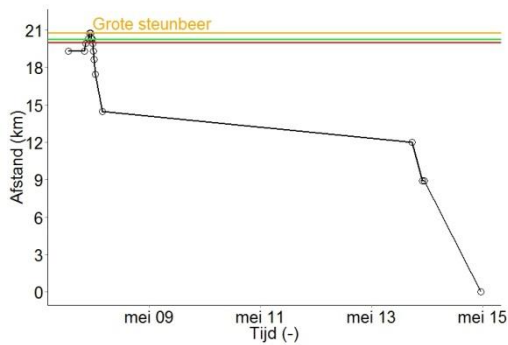
Van de vissen die geen enkel knelpunt passeerden, zwom meerval A69-1601-26535 eenmaal tot aan de Grote Steunbeer. Hij deed dit eind juni, waarna hij stroomafwaarts trok en uit het studiegebied zwom. Tussen de zending en eind juni, verbleef de meerval stroomafwaarts van de brug van Diest binnen een gebied van minimaal 3 km (Figuur 26). Zeeprick A69-1601-16148 zwom tot aan de Grote Steunbeer op 7 mei bij een debiet van ongeveer 10,5 m³/s aan de brug in Diest en 5,5 m³/s aan de Grote Steunbeer. Bijna onmiddellijk na detectie aan de Grote Steunbeer, zwom het dier terug stroomafwaarts om uiteindelijk een week later stroomafwaarts uit het studiegebied te verdwijnen (Figuur 26). Meerval A69-1601-26530 zwom nooit voorbij de brug van Diest en zwom tot net stroomafwaarts hiervan op 26 en 27 augustus en 18 en 19 september 2014. De rest van de tijd leefde het dier stroomafwaarts van Diest in een gebied van ongeveer 8 km. Eind september zwom de vis stroomafwaarts uit het studiegebied (Figuur 26).



(a)



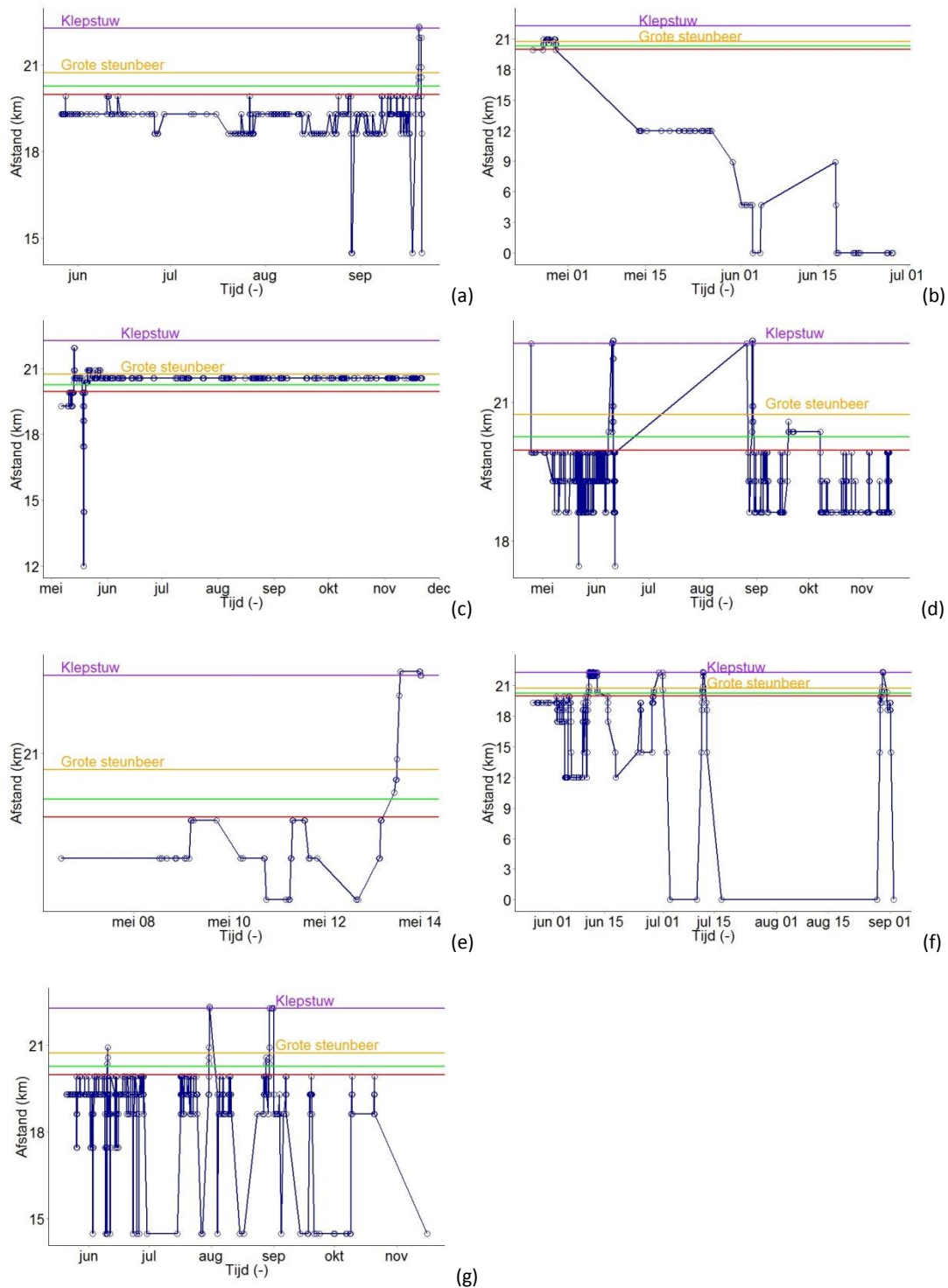
(b)



Figuur 26 Afstand ten opzichte van de meest stroomafwaartse receiver (Aarschot) doorheen de tijd van de Europese meervallen A69-1601-26535 (1402 g, 580 mm, a) en A69-1601-26530 (1595 g, 645 mm, b) en van zeepriek A69-1601-16148 (706 g, 675 mm, c). Alle datums zijn van het jaar 2014 (open cirkels = receiver detectie, rode lijn = locatie brug Diest, groene lijn = locatie monding Zwarte Beek, oranje lijn = locatie Grote Steunbeer).

3.2.1.2 Zwarte Beek opgezwoomen

Van de 16 studiedieren zwommen er drie vanuit de Demer de Zwarte Beek op om daar gedurende de studieperiode te blijven. Vier vissen deden dit een aantal keer tijdens de studie. De momenten waarop de vissen de Zwarte Beek opzwoomen verschilt doorheen het jaar. Algemeen valt op dat de cypriniden (kopvoorns A69-1601-28294 en A69-1601-26538 en blankvoorn A69-1601-16130) de Zwarte Beek opzwoomen in april en mei, terwijl de meervallen dit later deden, vanaf eind mei tot en met september (Figuur 27). Eén van beide kopvoorns zwom half mei de Zwarte Beek op tot aan de klepstuw, die hij passeerde. De andere verbleef heel de zomer, tot en met het einde van de studieperiode, in de Zwarte Beek ter hoogte van de tweede receiver stroomopwaarts de monding (Figuur 2) (Figuur 27). Deze laatste vis had een beperkt leefgebied in de Zwarte Beek. Gezien deze vis soms uit het detectiebereik van de betreffende receiver zwom is het uitgesloten dat het dier overleden was of de zender had uitgestoten. De debieten waarbij deze cypriniden de Zwarte Beek optrokken, varieerde tussen 3,7 en 8 m³/s (Tabel 3). Eén meerval (A69-1601-26529) zwom slechts één keer de Zwarte Beek op, op het einde van september. De rest van de studieperiode bewoog het dier zich binnen een gebied van ongeveer 2 km stroomafwaarts van Diest (Figuur 27). De andere meervallen die de Zwarte Beek opzwoomen, vertoonden algemeen een complex gedrag en passeerden bijna alle knelpunten (Figuren 35, 36 en 37 in de bijlage). Meerval A69-1601-28297 zwom vanuit de Demer herhaaldelijk de Zwarte Beek op en weer af, en zwom in de Demer de Grote Steunbeer in beide richtingen over, om vervolgens weer de Zwarte Beek op te zwemmen. Deze vis deed dit in juni en opnieuw in september en oktober (Figuur 27). Op twee keer na zwom het dier hierbij telkens stroomopwaarts in de Zwarte Beek tot aan de klepstuw, die hij nooit passeerde. Meerval A69-1601-26536 zwom in juni één keer de Zwarte Beek op tot ongeveer halverwege de monding en de klepstuw, en keerde bijna onmiddellijk naar de Demer terug. Later, één keer in augustus en één keer in september, zwom hetzelfde dier de Zwarte Beek op tot in het verbindingskanaal en zwom de klepstuw over om terug stroomafwaarts te trekken langs de Grote Steunbeer (Figuur 27). Meerval A69-1601-26536 tot slot, zwom in juni en juli drie keer vanuit de Demer de Zwarte Beek op. De eerste en de derde keer keerde de vis ook via de Zwarte Beek terug stroomafwaarts. In juli passeerde het dier eenmalig de klepstuw om langs de Grote Steunbeer terug stroomafwaarts te zwemmen. Begin september zwom deze meerval nogmaals de Zwarte Beek op om via de klepstuw en de Grote Steunbeer weer stroomafwaarts te keren (Figuur 27).



Figuur 27 Afstand ten opzichte van de meest stroomafwaartse receiver (Aarschot) doorheen de tijd van Europese meerval 26529 (613 g, 450 mm, a), blankvoorn A69-1601-16130 (233 g, 231 mm, b), kopvoorn A69-1601-28294 (1128 g, 410 mm, c), Europese meerval A69-1601-28297 (8750 g, 1040 mm, d), kopvoorn A69-1601-26538 (1564 g, 493 mm, e), A69-1601-26534 (15000 g, 1250 mm, f) en Europese meerval A69-1601-26536 (8000 g, 1050 mm, g). Alle datums zijn van het jaar 2014 (open cirkels = receiver detectie; rode lijn = locatie brug Diest, groene lijn = locatie monding Zwarte Beek, oranje lijn = locatie Grote Steunbeer, paarse lijn = locatie klepstuw).

Tabel 3 Overzicht van het debiet in de monding van de Zwarte Beek tijdens stroomopwaartse migratie van enkele gezenderde vissen.

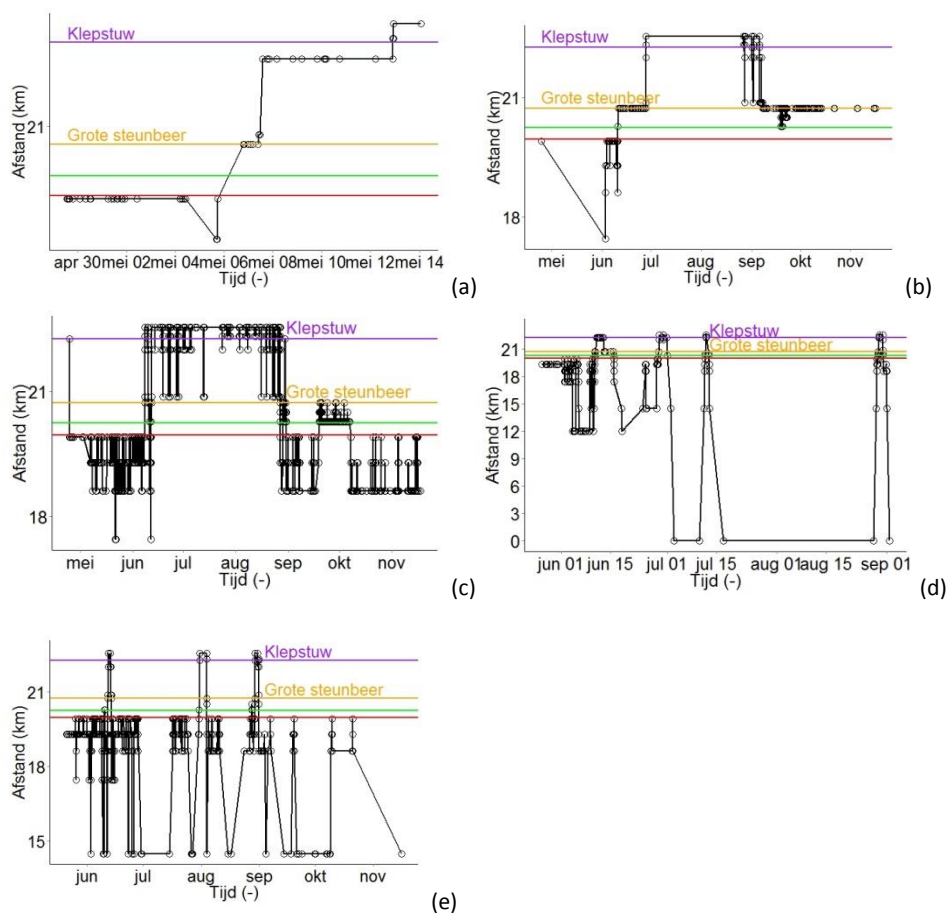
Soort	Vis ID	Datum van intrek in de Zwarte beek*	Gemiddeld debiet (m ³ /s) in de monding van de Zwarte Beek
blankvoorn	A69-1601-16130	26 april 2014	3,7
		28 april 2014	3,9
kopvoorn	A69-1601-28294	13 mei 2014	6,8
		17 mei 2014	4,4
		20 mei 2014	4,1
kopvoorn	A69-1601-26538	13 mei 2014	8
Europese meerval	A69-1601-26529	13 mei 2014	3,9
Europese meerval	A69-1601-28297	19 september 2014	3,6
		7 juni 2014	4,2
		10 juni 2014	7,8
		29 augustus 2014	14,3
		19 september 2014	22,5
		21 september 2014	2,5
		22 september 2014	2,4
Europese meerval	A69-1601-26536	10 juni 2014	8,6
		30 juli 2014	5,3
		28 augustus 2014	26,8
		29 augustus 2014	12,6
Europese meerval	A69-1601-26534	10 juni 2014	13,7
		13 juni 2014	4,4
		28 juni 2014	3,8
		11 juli 2014	2,8
		29 augustus 2014	11,7
		31 augustus 2014	2,0

*: Het uur waarop de meervallen stroomopwaarts zwommen, kan verschillen. Daardoor kan op eenzelfde datum het bijhorende debiet ook verschillen.

3.2.1.3 Grote Steunbeer overgezwommen

Eén cyprinide, kopvoorn A69-1601-28295 en vier meervallen (A69-1601-28298, A69-1601-28297, A69-1601-26534 en A69-1601-26526) migreerden stroomopwaarts langs de Grote Steunbeer. Zoals bij de stroomopwaartse migratie langs de Zwarte Beek deed de cyprinide dit in mei, terwijl de meervallen dit later in het jaar deden. De kopvoorn passeerde de Grote Steunbeer één keer stroomopwaarts en verdween meteen daarna stroomopwaarts uit het studiegebied. Het dier werd in de Demer stroomopwaarts van de Grote Steunbeer gevangen en na de operatie getransloceerd naar het stroomafwaartse gebied. Zeven dagen na vrijlating bereikte de vis de Grote Steunbeer en zwom er onmiddellijk over, zonder eerst enkele 'mislukte' pogingen te ondernemen (Figuur 28). Na passage van de Grote Steunbeer bleef hij nog zes dagen in het stroomopwaartse gebied van het receivernetwerk om nadien verder stroomopwaarts te trekken. Ook meerval A69-1601-28298 passeerde slechts één keer de Grote Steunbeer stroomopwaarts en dit eind juni. In tegenstelling tot de kopvoorn werd deze vis gedurende 16 dagen voor zijn passage verschillende malen gedetecteerd aan de receivers net stroomafwaarts van de Grote Steunbeer. Nadat de meerval de Grote Steunbeer passeerde, verbleef hij tot september in het stroomopwaartse gebied alvorens via de Grote Steunbeer weer naar de plaats net stroomafwaarts van de Grote Steunbeer te migreren. Daar bleef het dier tot het einde van de studie (Figuur 28). De overige meervallen zwommen verschillende keren de Grote Steunbeer over. Meerval A69-1601-28297 deed dit drie keer, waarvan de tweede en derde keer op dezelfde dag, kort na elkaar en bij hetzelfde debiet. Dit was op 6 juni en 11 juni 2014. Op 11 juni deed hij dit op een moment dat het debiet zakte van 12,5 naar 7,4 m³/s (Figuur 28, Tabel 4). Deze vis deed geen onsuccesvolle pogingen aan de Grote

Steunbeer, maar zwom wel regelmatig tot aan de brug van Diest zonder deze te passeren. Na zijn stroomopwaartse migratie langs de Grote Steunbeer bleef het dier tot het einde van de zomer stroomopwaarts, om dan via de Grote Steunbeer terug stroomafwaarts te migreren. Meerval A69-1601-26534 passeerde slechts eenmaal de Grote Steunbeer in stroomopwaartse richting. De andere keren zwom deze meerval langs de Grote Steunbeer stroomafwaarts naar de monding van de Zwarte Beek. Dit dier bereikte het stroomopwaartse gebied van de Demer dan via de Zwarte Beek en de klepstuw (Figuur 28, Figuur 40). Tot slot passeerde ook meerval A69-1601-26536 de Grote Steunbeer, en dit tweemaal op dezelfde dag (12 juni 2014) en bij eenzelfde debiet. Ook deze vis bereikte het stroomopwaartse gebied van de Demer op de andere momenten via de Zwarte Beek en de klepstuw (Figuur 28, Figuur 41). De debieten waarbij deze vissen de Grote Steunbeer passeerden, varieerden tussen 1,8 en 7,4 m³/s (Tabel 4).



Figuur 28 Afstand ten opzichte van de meest stroomafwaartse receiver (Aarschot) doorheen de tijd van kopvoorn A69-1601-28295 (1318 g, 486 mm, a), Europese meerval A69-1601-28298 (905 g, 515 mm, b), Europese meerval A69-1601-28297 (8750 g, 1040 mm, c), Europese meerval A69-1601-26534 (15000 g, 1250 mm, d) en Europese meerval A69-1601-26536 (8000 g, 1050 mm, e). Alle datums zijn van het jaar 2014 (open cirkels = receiver detectie, rode lijn = locatie brug Diest, groene lijn = locatie monding Zwarte Beek, oranje lijn = locatie Grote Steunbeer, paarse lijn = locatie klepstuw)

Tabel 4 Overzicht van het debiet tijdens opwaartse migratie van enkele gezenderde vissen over de Grote Steunbeer.

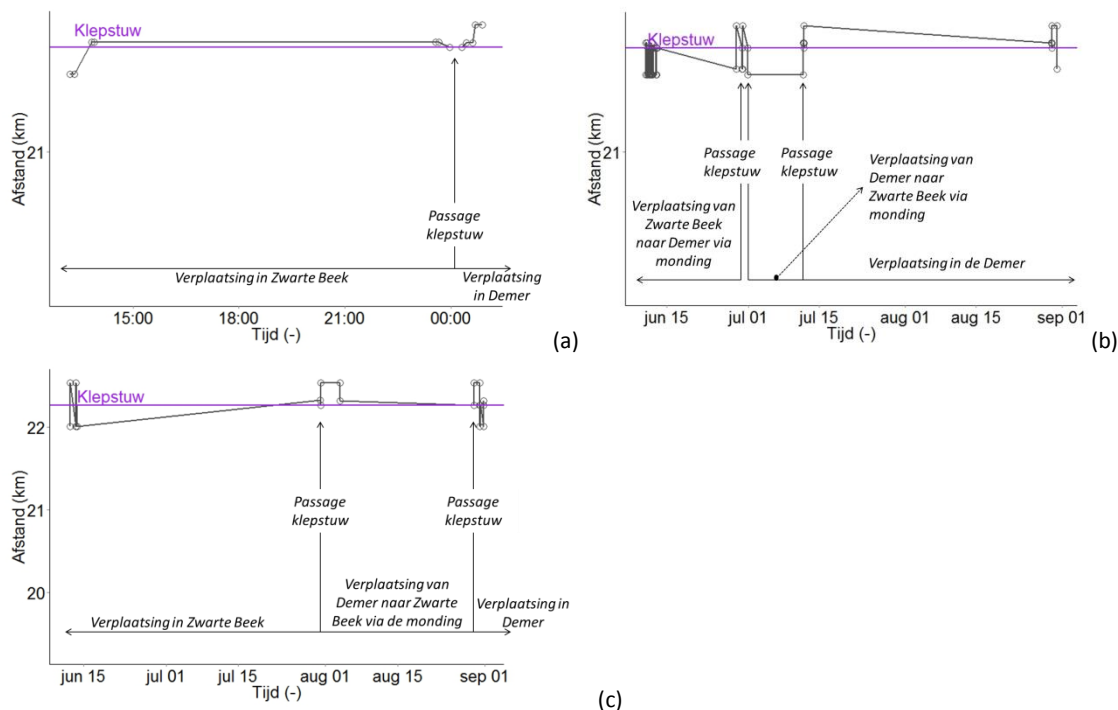
Soort	Vis ID	Datum van stroomopwaartse passage van de Grote Steunbeer*	Gemiddeld debiet (m ³ /s) over de Grote Steunbeer
-------	--------	-----------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------

kopvoorn	A69-1601-28295	7 mei 2014	5,9
Europese meerval	A69-1601-28298	28 juni 2014	1,8
Europese meerval	A69-1601-28297	7 juni 2014 11 juni 2014	1,9 7,4
Europese meerval	A69-1601-26534	29 juni 2014	3,4
Europese meerval	A69-1601-26536	12 juni 2014	7,2

*: Het uur waarop de vissen stroomopwaarts zwommen, kan verschillen. Daardoor kan op eenzelfde datum het bijhorende debiet ook verschillen.

3.2.1.4 Klepstuw overgezwommen

Eén kopvoorn (A69-1601-26538) en twee Europese meervallen (A69-1601-26534 en A69-1601-26536) passeerden de klepstuw. De kopvoorn deed dit één keer, op 13 mei 2014, en verplaatste zich toen van de Zwarte Beek naar de Demer. De meervallen deden dit later in het jaar. Eén meerval passeerde de klepstuw drie keer in juli, de andere twee keer, begin en eind augustus. De meerval die de klepstuw drie keer overzwom deed dit twee keer van de Zwarte Beek naar de Demer en één keer in omgekeerde richting. De andere meerval passeerde de klepstuw tweemaal van de Zwarte Beek naar de Demer. Bij alle passages van de klepstuw stond de klep gedeeltelijk naar beneden, zodat er tussen ongeveer 0,4 en > 1,0 m water boven de klepstuw stond waar vis vrij kon passeren (Tabel 5). Op de momenten dat een vis aan de klepstuw gedetecteerd werd maar deze niet passeerde (zie Figuur 29), stond de klepstuw ook soms lager dan het waterpeil.



Figuur 29 Afstand ten opzichte van de meest stroomafwaartse receiver (Aarschot) doorheen de tijd van kopvoorn A69-1601-26538 (1564 g, 493 mm, a; datum x-as: 13 en 14 mei 2014), Europese meerval A69-1601-26534 (15000 g, 1250 mm, b) en Europese meerval A69-1601-26536 (8000 g, 1050 mm, c). Alle datums zijn van het jaar 2014 (open cirkels = receiverdetectie, paarse lijn = locatie klepstuw).

Tabel 5 Overzicht van het debiet tijdens de passage van enkele gezenderde vissen over klepstuw K31.

Soort	Vis ID	Datum van stroomopwaartse passage van klepstuw K31*	Gemiddeld debiet (m ³ /s) over klepstuw K31	TAW klep, water opwaarts, water afwaarts
kopvoorn	A69-1601-26538	13 mei 2014	3,9	18,7 – 19,1 – 19,0
Europese meerval	A69-1601-26534	29 juni 2014	3,4	17,1 – 19,1 – 19,1
		30 juni 2014	3,5	17,1 – 19,0 – 19,0
		11 juli 2014	1,8	17,1 – 19,7 – 19,7
Europese meerval	A69-1601-26536	31 juli 2014	0,9	17,1 – 19,8 – 19,8
		29 augustus 2014	0,0	Geen meting

*: Het uur waarop de vissen stroomopwaarts zwommen, kan verschillen. Daardoor kan op eenzelfde datum het bijhorende debiet ook verschillen.

3.2.2 Passage knelpunten

3.2.2.1 Algemeen

In totaal verzamelden we gedurende de gehele studie, voor de periode dat de debietsmetingen aan de klepstuw correct waren, 1549 detecties van een gezenderde vis aan de 23 receivers. Van deze detecties bevond 11,8% zich net stroomafwaarts van een van hetzij de Grote Steunbeer, hetzij de klepstuw, hetzij de ingang van de Zwarte Beek. 1,8 % van al de detecties wezen op hetzij een passage van de Grote Steunbeer of de klepstuw, hetzij het optrekken van de Zwarte Beek.

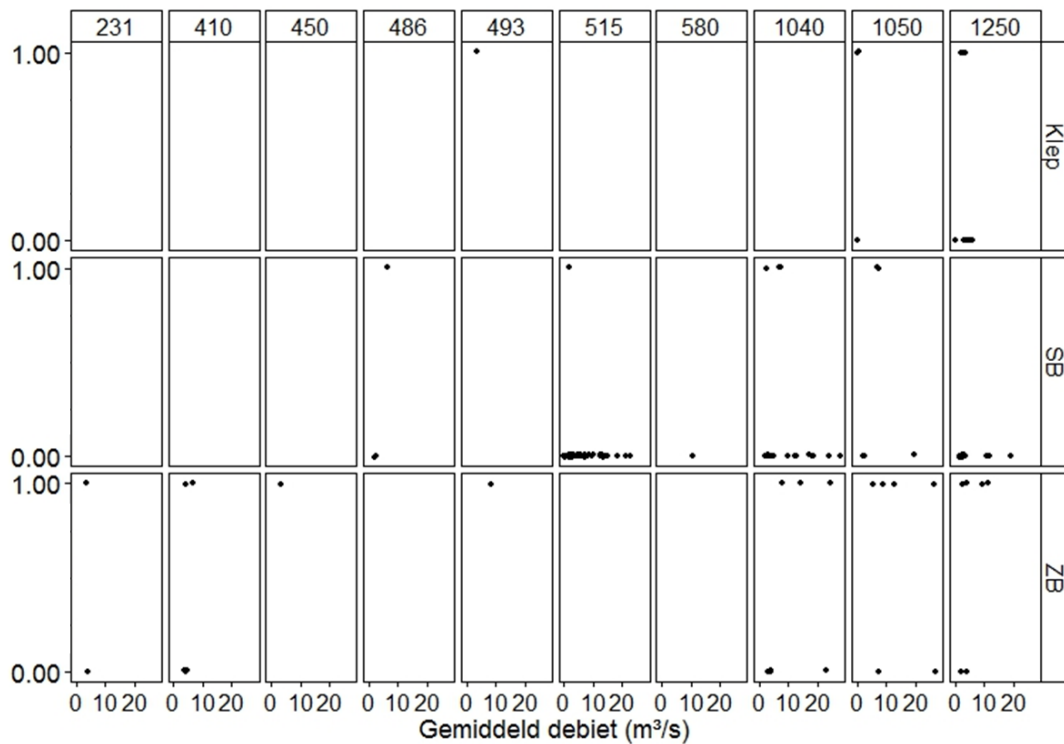
Van alle knelpunten werd de Grote Steunbeer het meest door de gezenderde vissen benaderd, namelijk 134 keer. Slechts 7 maal werd het knelpunt ook effectief gepasseerd (Tabel 6). Dit staat in groot contrast met het aantal keer dat de Zwarte Beek als stroomopwaartse route gebruikt werd. Zestien keer zwom een vis de Zwarte Beek op en vijf keer van deze zestien kon de vis hierbij stroomopwaarts de klepstuw passeren naar het stroomopwaartse gebied van de Demer. Eén keer zwom een vis de klepstuw in de andere richting over. Twaalf keer zwom een vis tot bij de klepstuw zonder deze te passeren (Tabel 6). In de meeste gevallen bevond de klepstuw zich toen geheel onder water.

Tabel 6 Overzicht van het aantal pogingen en successen van passages door de monding van de Zwarte Beek, de Grote Steunbeer en klepstuw K31. Het aantal gezenderde vissen dat de pogingen ondernam of effectief de knelpunten passeerde, is weergegeven tussen haakjes. De pogingen zijn uitsluitend mislukte pogingen.

	mondning Zwarte Beek	Grote Steunbeer	Klepstuw
Pogingen	15 (5)	127 (6)	12 (2)
Successen	16 (7)	7 (4)	6 (3)

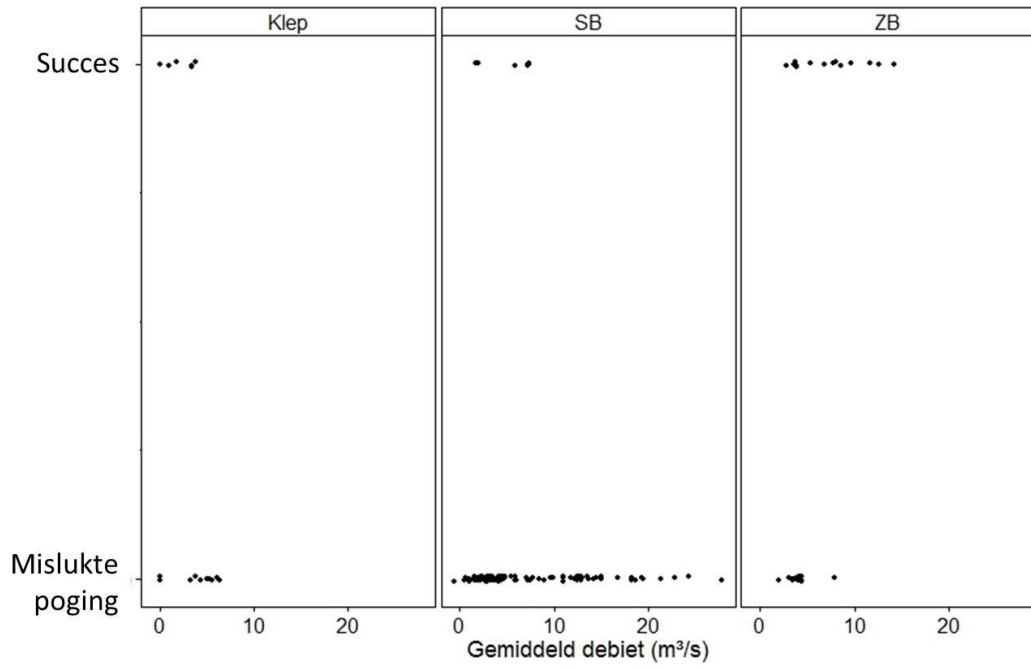
3.2.2.2 Relatie met debiet

Van alle studiedieren die pogingen deden en/of slaagden om de knelpunten te passeren, zijn het voornamelijk de grotere dieren die dit deden aan alle drie de 'knelpunten' (Figuur 30). Op een dier na werden de pogingen en successen aan de Grote Steunbeer enkel geleverd door dieren groter dan een halve meter. Gezenderde vissen kleiner dan 450 mm ondernamen enkel pogingen en successen aan de monding van de Zwarte Beek (Figuur 30).

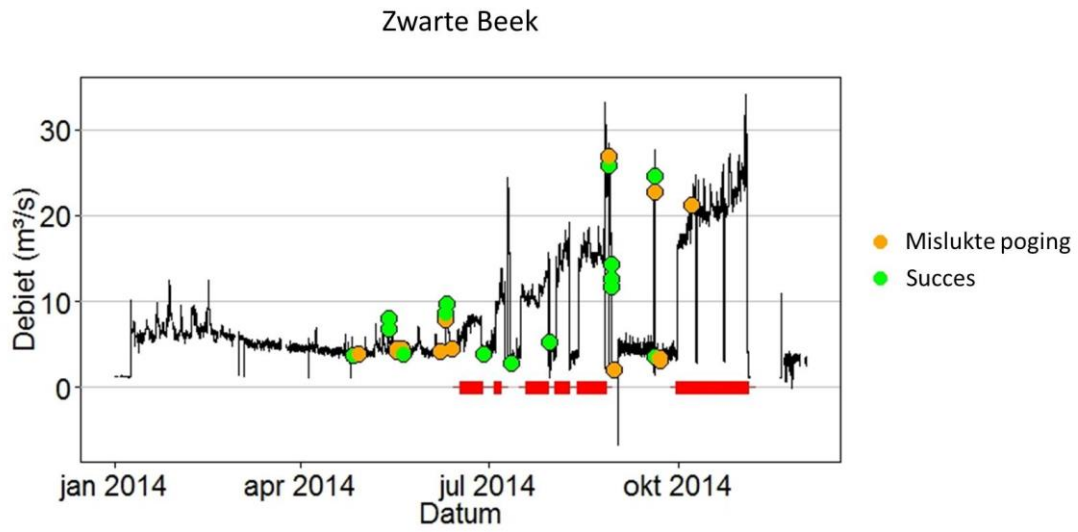


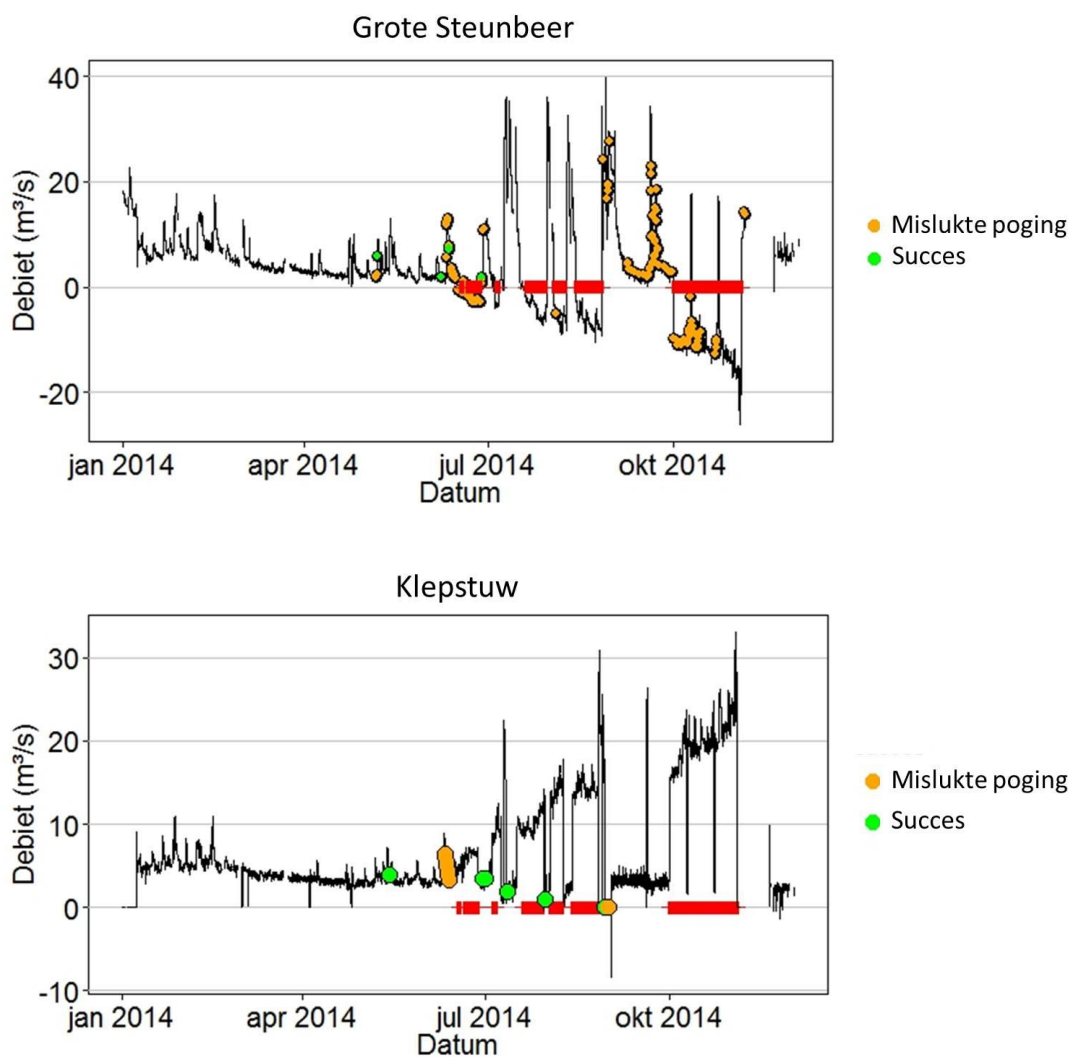
Figuur 30 Een overzicht van de pogingen en successen (y-as: 1 = succes, 0 = mislukte poging; zwarte bolletjes) per studiedier per “knelpunt” (ZB = monding van de Zwarte Beek, SB = Grote Steunbeer en Klep = klepstuw K31). In plaats van de vis ID van de studiedieren wordt de lichaamslengte weergegeven in mm. Enkel de studiedieren die minstens ergens één poging of één succes leverde worden gevisualiseerd.

De pogingen die de vissen ondernamen om de Grote Steunbeer te passeren, gebeurden bij verschillende debieten. De meeste pogingen vonden wel plaats bij een debiet beneden 10 m³/s (Figuur 31). Debieten boven 10 m³/s kwamen tijdens deze studie ook minder frequent voor (Figuur 32). De successen aan dit knelpunt traden op bij een debiet kleiner dan 10 m³/s (Figuren 27 en 28). In de monding van de Zwarte Beek kwamen bij hogere debieten relatief meer successen voor dan mislukte pogingen. Toch werden ook successen geboekt bij debieten tussen 0 en 5 m³/s. Aan de klepstuw werden enkel pogingen ondernomen en successen geboekt bij debieten kleiner dan ongeveer 8 m³/s (Figuren 27 en 28).



Figuur 31 Overzicht van de mislukte pogingen en successen per “knelpunt” (Klep = klepstuw K3”, SB = Grote Steunbeer en ZB = monding van de Zwarte Beek).

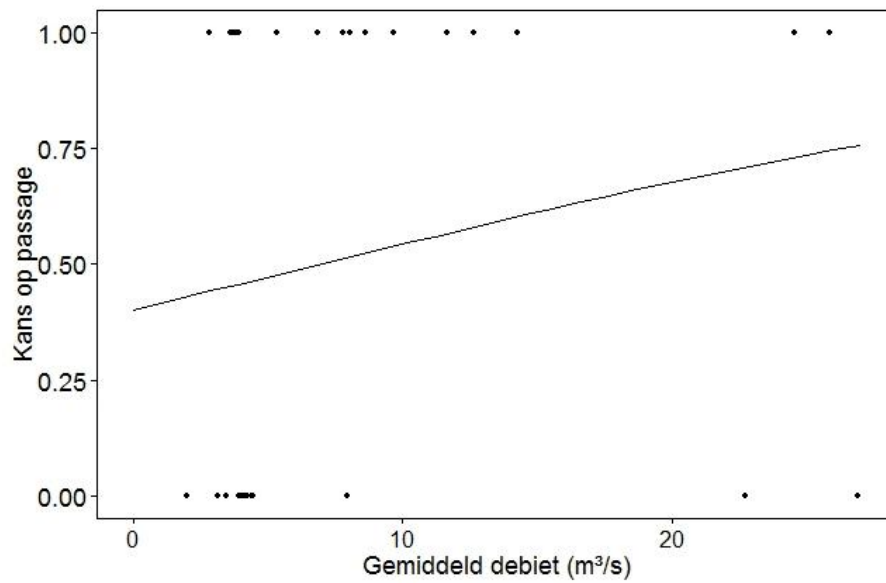




Figuur 32 Overzicht van de mislukte pogingen en successen en het overeenstemmende gemiddelde debiet (zwarte lijn) aan de monding van de Zwarte Beek, de Grote Steunbeer en klepstuw K31. De periodes waarin een foute debietsmeting optrad aan de klepstuw, en die bijgevolg niet geïnterpreteerd mogen worden, zijn aangegeven met een rode dikke lijn op $y = 0$.

Het debiet aan de monding van de Zwarte Beek heeft geen significant effect op het al dan niet opzwellen van de Zwarte Bbeek (vrijheidsgraden = 2, z-waarde = 1,023 en p-waarde = 0,306).

Hoewel niet significant, is de relatie wel een indicatie dat de kans dat een vis de Zwarte Beek vanuit de Demer zal opzwellen, hoger is bij een hoger debiet in de Zwarte Beek (Figuur 33).



Figuur 33 De relatie (niet significant; zwarte lijn) tussen het debiet aan de monding van de Zwarte Beek en de kans dat een vis de monding van de Zwarte beek opzwemt. Zwarte bolletjes zijn de verzamelde gegevens (y = 0: een mislukte poging, y = 1: een succes).

4 Bespreking

4.1 Hypothese 1: Vissen in de Demer kunnen stroomopwaarts migreren onder de schuif van de Grote Steunbeer door.

De resultaten van deze studie zijn een sterke indicatie dat de Grote Steunbeer een knelpunt vormt voor stroomopwaartse vismigratie. Slechts vier studiedieren konden de Grote Steunbeer in stroomopwaartse richting passeren, waarvan slechts twee dit meer dan een keer konden tijdens de studieperiode. Eén kopvoorn en drie meervallen passeerden het knelpunt. Kopvoorn is een stroomminnende soort en een sterke zwemmer die een sprintsnelheid tot 3,4 m/s kan bereiken (Kroes & Monden 2005). De zwemcapaciteiten van Europese meerval zijn minder bekend, maar algemeen wordt wel aangenomen dat dit zeer krachtige dieren zijn. De resultaten wijzen er dus op dat enkel goede, krachtige zwemmers de Grote Steunbeer kunnen passeren.

De passage van de Grote Steunbeer door deze vissen werd meestal voorafgegaan door één tot enkele dagen van onafgebroken detecties aan de receivers net stroomafwaarts van het knelpunt. Deze detecties zouden er op kunnen wijzen dat de studiedieren die het knelpunt passeerden, eerst enkele mislukte pogingen ondernamen vooraleer ze het knelpunt konden passeren, of wachtten op de geschikte condities om dit te doen. De debietsrange die overeenstemt met de pogingen is ook ruimer dan deze die overeenstemt met de successen. Dat doet vermoeden dat de Grote Steunbeer niet bij alle debieten passeerbaar was, zelfs niet voor de sterkere zwemmers. Door een te laag aantal successen, kon deze relatie echter niet statistisch getest worden.

4.2 Hypothese 2: Vissen in de Demer kunnen stroomopwaarts migreren door gebruik te maken van de Zwarte Beek als bypass en door het stroomopwaarts passeren van klepstuw K31 i(richting Demer).

Eenendertig keer werd een studiedier gedetecteerd aan en in de monding van de Zwarte Beek. Dat is minder dan het aantal detecties net stroomafwaarts van de Grote Steunbeer (134 detecties). Een mogelijke reden daarvoor is dat het debiet van de Demer meestal groter is dan dat van de Zwarte Beek. Vissen zwemmen daardoor eerder stroomopwaarts voorbij de monding van de Zwarte Beek tot aan het eerstvolgende knelpunt, de Grote Steunbeer. Het is ook mogelijk dat de Demer net stroomafwaarts van de Grote Steunbeer een gunstig habitat vormt voor de vissen, waardoor ze er sowieso veel tijd doorbrengen en er geregeld gedetecteerd worden, zonder dat ze de intentie hebben dit knelpunt te passeren.

In tegenstelling tot de Grote Steunbeer leidde een detectie aan de monding van de Zwarte Beek in meer dan 50% van de gevallen tot een succesvolle passage. Specifiek volgden zeven studiedieren de route van de Zwarte Beek om naar het stroomopwaartse gebied te migreren. In tegenstelling tot de situatie aan de Grote Steunbeer, betrof het hier kleinere studiedieren en minder goede zwemmers, zoals één blankvoorn.

Stroomopwaartse migratie in de Demer via de Zwarte Beek wordt verhinderd wanneer de klep van klepstuw K31 boven het wateroppervlak reikt. Van de 16 keer dat een studiedier het stroomopwaartse gebied van de Zwarte Beek bereikte, kon het 5 keer langs de klepstuw doorzwemmen naar de Demer. Tijdens de 5 succesvolle passages stond de klepstuw $\geq 0,4$ m onder het wateroppervlak, wat vrije vismigratie naar de Demer toeliet. Niet alle studiedieren die de Zwarte Beek opzwommen, werden nadien aan de klepstuw gedetecteerd. Soms zwommen ze terug naar de monding of bleven ze in de Zwarte Beek. Op basis van deze studie kunnen we niet uitmaken of deze dieren het stroomopwaartse gebied van de Demer probeerden te bereiken in functie van de voortplanting en daar niet in slaagden, of eerder toevallig de Zwarte Beek opzwommen.

Twaalf keer werd een vis gedetecteerd aan de klepstuw zonder deze te passeren. Een aantal keer daarvan stond de klepstuw onder het wateroppervlak. Dat wijst er op dat de vissen niet noodzakelijk probeerden dit knelpunt te passeren. Deze twaalf pogingen zijn verdeeld over de beide kanten van de klepstuw, het betreft dus niet enkel migraties van de Zwarte Beek naar de Demer.

Eén keer zwom een studiedier van de Demer naar de Zwarte Beek via de klepstuw. De klepstuw stond toen volledig onder water. De resultaten van de studie wijzen er eerder op dat de meeste vissen dit knelpunt van de Zwarte Beek naar de Demer willen passeren en niet andersom. In functie van de stroomopwaartse paaimigratie is dit ook te verwachten tijdens de lente en de vroege zomer.

4.3 Hypothese 3 De passeerbaarheid van de knelpunten is afhankelijk van het debiet.

Enkel voor het opzwemmen van de monding van de Zwarte Beek kon dit statistisch onderzocht worden, omdat er zowel van de mislukte pogingen als de successen voldoende waarnemingen waren. De test wees op een niet significant effect van het debiet op de kans dat een vis de monding van de Zwarte Beek opzwemt wanneer het deze vanuit de Demer benadert. De relatie tussen het debiet van de Zwarte Beek en de kans op een succesvolle optrek van de monding suggereert dat er meer kans op succes zou zijn bij een hoger debiet in de Zwarte Beek, maar deze relatie is niet significant op basis van de huidige waarnemingen.

Het hoger aantal detecties net stroomafwaarts van de Grote Steunbeer ten opzichte van het aantal detecties aan de monding van de Zwarte Beek, zou er op kunnen wijzen dat vissen meer aangetrokken worden tot de Grote Steunbeer dan tot de monding van de Zwarte Beek. Nochtans bleek het debiet aan de monding van de Zwarte Beek tijdens deze studieperiode soms hoger te zijn dan het debiet dat van de Grote Steunbeer kwam, wat vis in principe meer tot de Zwarte Beek zou moeten aantrekken.

Tussen 24 en 26 april 2014 was het debiet aan de monding van de Zwarte Beek tot $> 2 \text{ m}^3/\text{s}$ hoger dan over de Grote Steunbeer. Op dat moment werd het water van de Demer bijna integraal omgeleid langs de Zwarte Beek in functie van werken aan de Grote Steunbeer. Tijdens deze situatie trok een blankvoorn de Zwarte Beek op.

Door te weinig observaties van vissen die de Grote Steunbeer konden passeren en te weinig detecties aan de klepstuw, konden we de relatie tussen het debiet en de kans op passage voor deze knelpunten niet statistisch onderzoeken. Op basis van een visuele verkenning van de data kan wel vastgesteld worden dat alle passages van de Grote Steunbeer gebeurden bij een debiet over de Grote Steunbeer lager dan $7,4 \text{ m}^3/\text{s}$, terwijl er wel detecties zonder passage gebeurden aan de receivers net stroomafwaarts de Grote Steunbeer bij hogere debieten tot ongeveer $20 \text{ m}^3/\text{s}$. Het is te verwachten dat bij hoge debieten ook de goede zwemmers er niet in slagen om de Grote Steunbeer in stroomopwaartse richting te passeren.

De waarnemingen ter hoogte van de klepstuw gebeurden allemaal bij een debiet over de klepstuw tussen 0 en $6 \text{ m}^3/\text{s}$. Het maximale geobserveerde debiet bij passage bedroeg $3,9 \text{ m}^3/\text{s}$, maar het betrof hier slechts 3 waarnemingen.

Tijdens de zomermaanden werden gedurende bepaalde periodes foutieve debietmetingen geregistreerd aan de klepstuw. Daardoor zijn ook de berekende debieten in de monding van de Zwarte Beek en over de Grote Steunbeer niet correct. Deze observaties werden daarom niet verder meegenomen in de studie.

4.4 De brug van Diest

De bodemplaat onder de brug van Diest vormde geen knelpunt voor 10 van 13 studiedieren die nuttige data opleverden. Twee studiedieren zijn dit potentiële knelpunt nooit gepasseerd en één studiedier is het slechts eenmaal gepasseerd. We hebben tijdens deze studie niet nader onderzocht of het niet passeren van deze bodemplaat betekent dat het op die momenten een knelpunt vormde. Enkele meervallen die geruime tijd bewogen in het gebied stroomafwaarts van dit potentiële knelpunt, zwommen geregeld tot aan de receiver net stroomafwaarts van de brug van Diest, zonder hierbij de bodemplaat over te zwemmen. Dit kan er enerzijds op wijzen dat dit een interessant leefgebied is voor de meervallen, maar kan er eventueel ook op wijzen dat ze de bodemplaat op die momenten niet konden passeren. Dit werd niet verder onderzocht. Vermoedelijk vormt dit punt enkel een probleem bij basisdebieten rond $6 \text{ m}^3/\text{s}$ en lager, omdat dan een klein verval ontstaat aan de stroomafwaartse rand van de plaat en de waterhoogte boven de plaat sterk daalt. Opeenvolgende, regelmatige observaties aan de receiver net stroomafwaarts van dit knelpunt traden ook op in periodes van hoog debiet.

4.5 Soorten

De soorten die tijdens deze studie onderzocht werden zijn voornamelijk potamodrome soorten (kopvoorn, meerval en blankvoorn), waarvan gekend is dat ze in de lente en vroege zomer stroomopwaarts migreren op zoek naar geschikt paaihabitat (van Emmerik & de Nie 2006). Tijdens de studie hebben we niet onderzocht wanneer en waar de studiedieren paaiden. De kopvoorns en de blankvoorn werden gevangen op een moment dat ze mogelijk al aan hun paaitrek bezig waren of die al deels achter de rug hadden. De waarnemingen van de successen van deze dieren aan sommige of alle knelpunten vielen allemaal in april en mei, de verwachte migratieperiode van deze soorten

(Buysse & Coeck 2014). De kopvoorns werden allemaal stroomopwaarts in het studiegebied gevangen, wat er op zou kunnen wijzen dat ze hun paaitrek al achter de rug hadden. Na translocatie naar het stroomafwaartse gedeelte van het studiegebied, zwommen ze desalniettemin opnieuw stroomopwaarts naar het gebied waar ze gevangen werden. Hierbij volgden één kopvoorn de route langs de Grote Steunbeer, terwijl de twee andere de Zwarte Beek opzwommen. Een van die twee kopvoorns slaagde erin om via de klepstuw opnieuw zijn potentiële paaigebied te bereiken. De meervallen werden gevangen voor hun verwachte paaitrek. De waarnemingen van hun successen aan alle knelpunten vielen gedeeltelijk in de periode van verwachte trek (mei, juni tot begin juli; van Emmerik & de Nie 2006) en gedeeltelijk later tijdens de studie.

Een opvallende waarneming tijdens deze studie was de vangst van twee zeeprikken stroomopwaarts van de Grote Steunbeer. Dit is een eerder unieke vangst in Vlaanderen. Zeeprík is namelijk een van de acht grote migratoren die volgens de Rode Lijst in Vlaanderen uitgestorven is (Verreycken et al. 2012). Sinds de soort verdween in Vlaanderen, werd ze slechts tweemaal waargenomen. Eén keer in 2010 in de Schelde in Dendermonde en één keer in 2012 in een nevengeul van een stuw in de Schelde. De zeeprík is een anadrome soort. Zijn aanwezigheid in het bovenstroomse gedeelte van het studiegebied betekent dat hij de drie grote migratieknelpunten (de stuw van Mechelen, de 's Hertogenmolens en de Grote Steunbeer) op zijn weg van de zee tot in dit studiegebied heeft kunnen passeren. Het is niet geweten welke route de zeeprikken volgden om de Grote Steunbeer te passeren. Na translocatie naar het benedenstroomse deel van het studiegebied gingen ze geleidelijk meer stroomafwaarts tot ze in Aarschot uit het studiegebied verdwenen.

5 Referenties

Benelux Economische Unie (1996). Beschikking van het Comité van Ministers van de Benelux Economische Unie inzake de vrije migratie van vissoorten in de hydrografische stroomgebieden van de Beneluxlanden. M (96) 5.

Breine, J. J., Van Thuyne, G., Belpaire, C., De Charleroy, D. & Beyens, J. (1999). Het visbestand in de Demer anno 1999. Groenendaal, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer.: 40.

Buyse, D. & Coeck, J. (2014). Advies betreffende het concept van temporele vismigratie om vismigratieknelpunten te saneren. Brussel, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. INBO.A.2014.93.

Coeck, J. (2002). Het verschijnsel vismigratie in Vlaamse waterlopen. Referaat Studiedag Vismigratie, 14 juni 2000, Institute of Nature and Forest Research-INBO: 1-11.

Coeck, J., Colazzo, S., Meire, P. & Verheyen, R. F. (2000). Herintroductie en herstel van kopvoornpopulaties (*Leuciscus cephalus* L.) in het Vlaamse Gewest. Wetenschappelijke opvolging van lopende projecten en onderzoek naar de habitatbinding in laaglandrivieren. Brussel, Instituut voor Natuurbehoud. 2000.15: 176.

Dillen, A., Martens, S., Baeyens, R., Van Gils, W. & Coeck, J. (2005). Habitatevaluatie en biotoopherstel ten behoeve van de visfauna in zones van de habitatrichtlijn. Brussel, Instituut voor Natuurbehoud. 2005(3): 115.

EU (2000). EC Water Framework Directive. Official Journal of the European Communities. Brussels, Belgium, European Commission.

EU (2003). Ontwikkeling van een communautair actieplan voor het beheer van Europese aal. Gemeenschap, C. v. d. E. COM. 2003. 573.

Kroes, M. J. & Monden, S. (2005). Vismigratie. Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland., AMINAL en OVB, Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij.

Lucas, M. C. & Baras, E. (2000). "Methods for studying spatial behaviour of freshwater fishes in the natural environment." *Fish and Fisheries* 1(4): 283-316.

Lucas, M. C., Baras, E., Thom, T., Duncan, A. & Slavik, O. (2001). *Migration of freshwater fishes*. Oxford, UK, Blackwell Science Ltd.

Monden, S., De Charleroy, D., Coeck, J., Van Liefferinge, C., Verbiest, H., Janssens, L., Van Craen, L. & Vandenabeele, P. (2001). Voorstel tot implementatie van de Benelux beschikking inzake vismigratie in het Vlaamse beleid (versie 2, 2 maart 2001). Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer, I. Brussel, Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer, IBW. IN.R.2000.8.

Northcote, T. G. (1978). "Migratory strategies and production in freshwater fish." in: Gerking, S.D, ed. *Ecology of freshwater fish production* Oxford: Blackwell: 326-259.

Raeymaekers, J. A. M., Raeymaekers, D., Koizumi, I., Geldof, S. & Volckaert, F. A. (2009). "Guidelines for restoring connectivity around water mills: a population genetic approach to the management of riverine fish." *Journal of Applied Ecology* 46(3): 562-571.

Stevens, M. & Coeck, J. (2010). Wetenschappelijke onderbouwing van een strategische prioriteitenkaart vismigratie voor Vlaanderen (Benelux Beschikking M(2009)01). Brussel, Instituut voor Natuur-en bosonderzoek. INBO.R.2010.33.

Stevens, M., Coeck, J., Maximova, T. & Verwaest, T. (2012). Passeerbaarheid van de 's Hertogenmolens voor vissen in de Demer. Brussel, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. INBO.R.2012.69: 32.

Van Daele, T., Batelaan, O. & De Smedt, F. (2000). Ontwerp van ecosysteemvisie voor de vallei van de Zwarte beek. Deelrapport hydrologische systeemmodellering Studie in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer. Afdeling Natuur. Onderzoekopdracht MINA/105/9803

van Emmerik, W. A. M. & de Nie, H. W. (2006). De zoetwatervissen van Nederland. Ecologisch bekeken. Bilthoven, Vereniging Sportvisserij Nederland.

Vandelannoote, A., Yseboodt, R., Bruylants, B., Verheyen, R., Coeck, J., Maes, J., Belpaire, C., Van Thuyne, G., Denayer, B., Beyens, J., De Charleroy, D. & Vandenabeele, P., Eds. (1998). Atlas van de Vlaamse beek- en riviervissen, v.z.w. WEL.

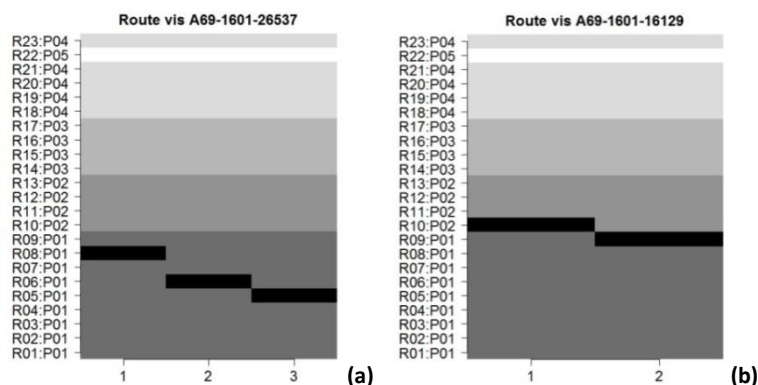
Verreycken, H., Van Thuyne, G., Belpaire, C., Breine, J., Buysse, D., Coeck, J., Mouton, A., Stevens, M., Van den Neucker, T., De Bruyn, L. & Maes, D. (2012). De IUCN rode lijst van zoetwatervissen in Vlaanderen. Brussel, Instituut voor Natuur en Bosonderzoek. 23.

Vrielynck, S., Belpaire, C., Stabel, A., Breine, J. & Quataert, P. (2002). De visbestanden in Vlaanderen anno 1840-1950: een historische schets van de referentietoestand van onze waterlopen aan de hand van de visstand, ingevoerd in een databank en vergeleken met de actuele toestand. Groenendaal, Belgium., Intstituut voor Bosbouw en Wildbeheer - sectie visserij. Instituut voor Natuurbehoud. 2002 (89): 271.

6 Bijlage 1: Migratieroutes

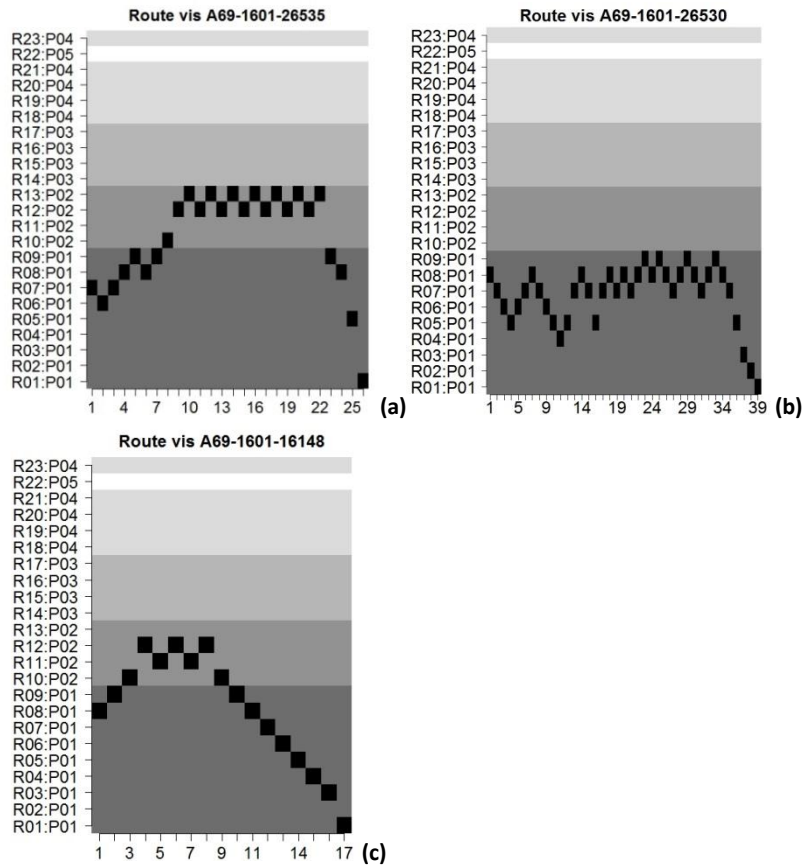
In deze bijlage geven we schematisch de migratieroutes weer die de gezenderde dieren aflegden tijdens de studieperiode in de Demer. Deze figuren bevatten geen tijds-, noch plaatsdimensies. De route wordt weergegeven door met een zwart blok(je) de receiver aan te wijzen waar een vis geobserveerd werd. Pas wanneer de vis aan een andere receiver gedetecteerd wordt, wordt dit gevisualiseerd met een nieuw zwart blokje. Op de achtergrond van iedere figuur wordt met een grijstint het deel van het studiegebied aangeduid overeenkomstig Figuur 7.

6.1 Verloren vissen



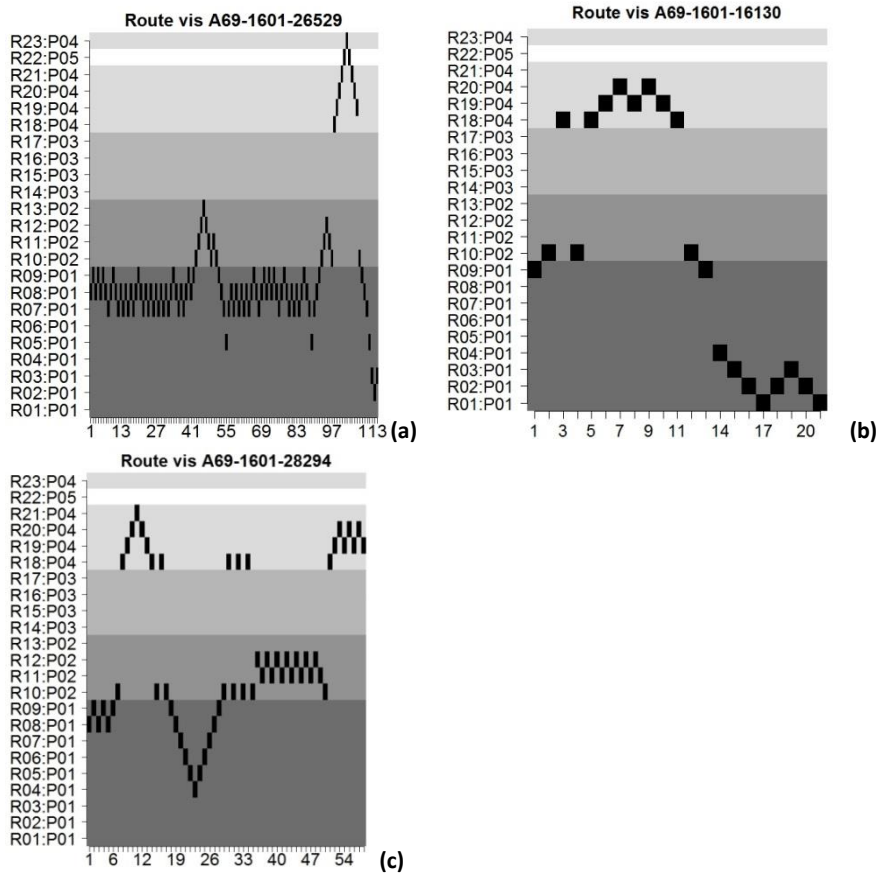
Figuur 34 Schematische weergave van de migratieroutes van zeeprk A69-1601-26537 (678 g; 676 mm; a) en blankvoorn A69-1601-16129 (92 g; 176 mm; b). Europese meerval A69-1601-28296, die kort na zending uit het studiegebied verdween, werd slechts aan één receiver gedetecteerd (611 g; 476 mm; niet gevisualiseerd).

6.2 Geen knelpunten gepasseerd



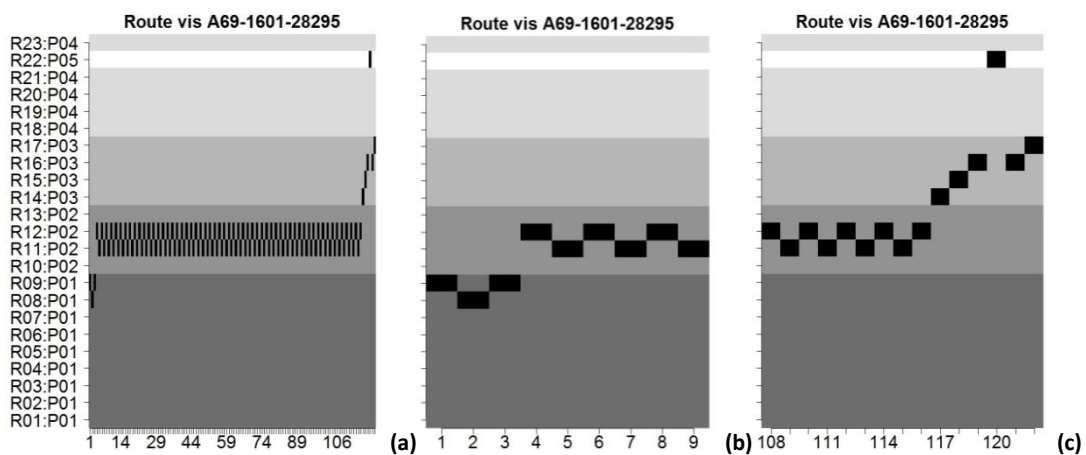
Figuur 35 Schematische weergave van de migratieroutes van meervallen A69-1601-26535 (1402 g, 580 mm, a) en A69-1601-26530 (1595 g, 645 mm, b) en van zeeprik A69-1601-16148 (706 g, 675 mm, c).

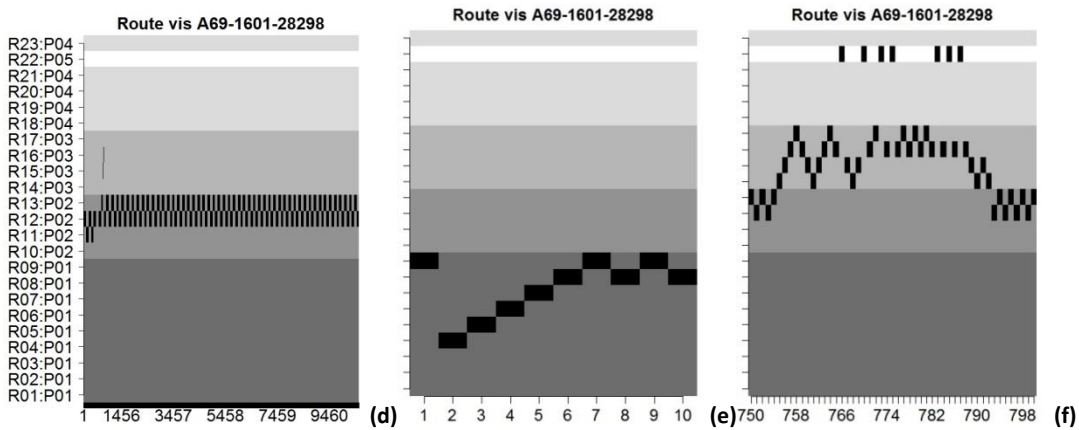
6.3 Route Zwarte Beek (P01 – P04)



Figuur 36 Schematische weergave van de migratieroutes van meerval A69-1601-26529 (613 g, 450 mm, a), blankvoorn A69-1601-16130 (233 g, 231 mm, b) en kopvoorn A69-1601-28294 (1128 g, 410 mm, c).

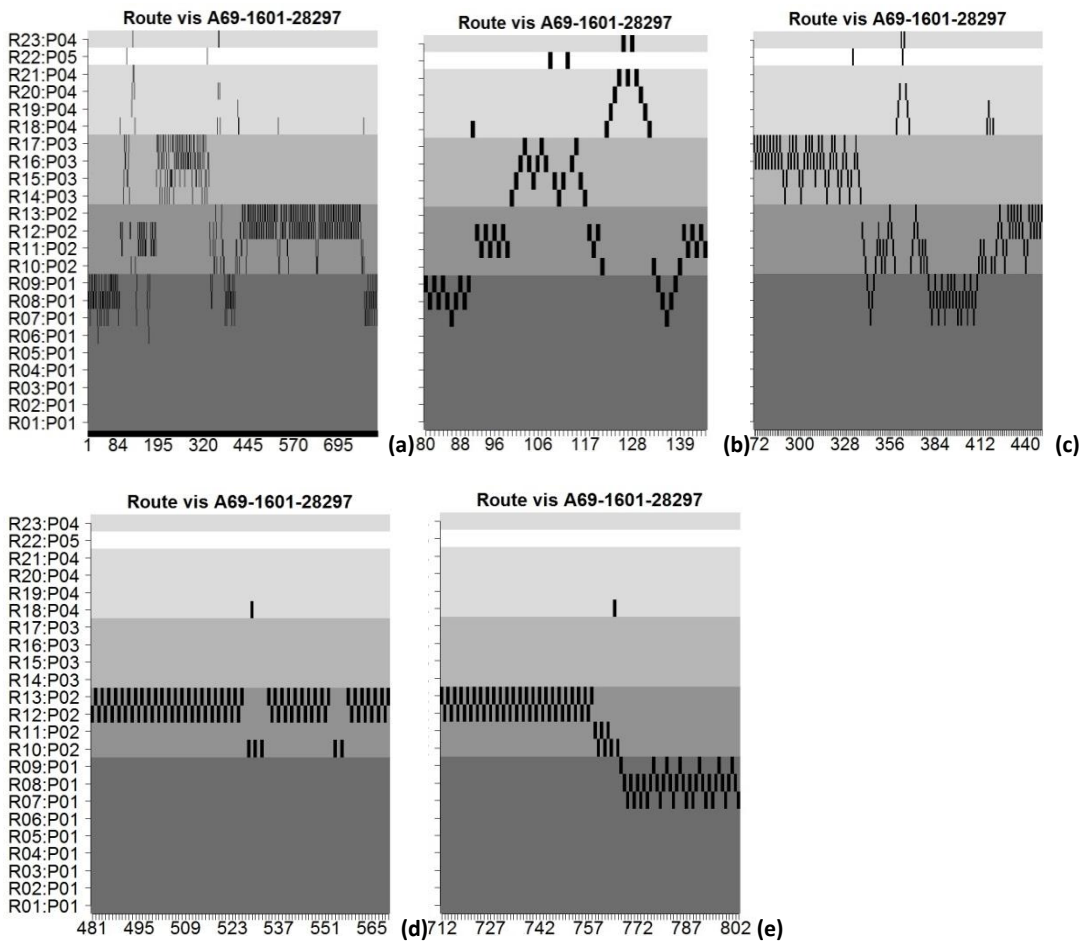
6.4 Route Demer (P01 – P02 – P03)





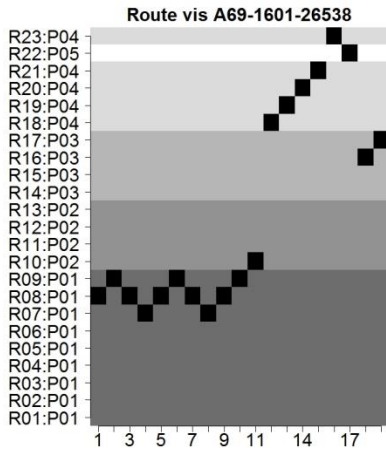
Figuur 37 Schematische weergave van de migratieroutes van kopvoorn A69-1601-28295 (1318 g, 486 mm; a = volledige route, b = detail van het eerste deel van de route, c = detail van het laatste deel van de route), en meerval A69-1601-28298 (905 g, 515 mm; d = volledige route, e = detail van het eerste deel van de route, f = detail van het tweede deel van de route).

6.5 Route Demer + route zwarte Beek (P01 – P04 – P02 – P03 – P02 – P04 - ...)



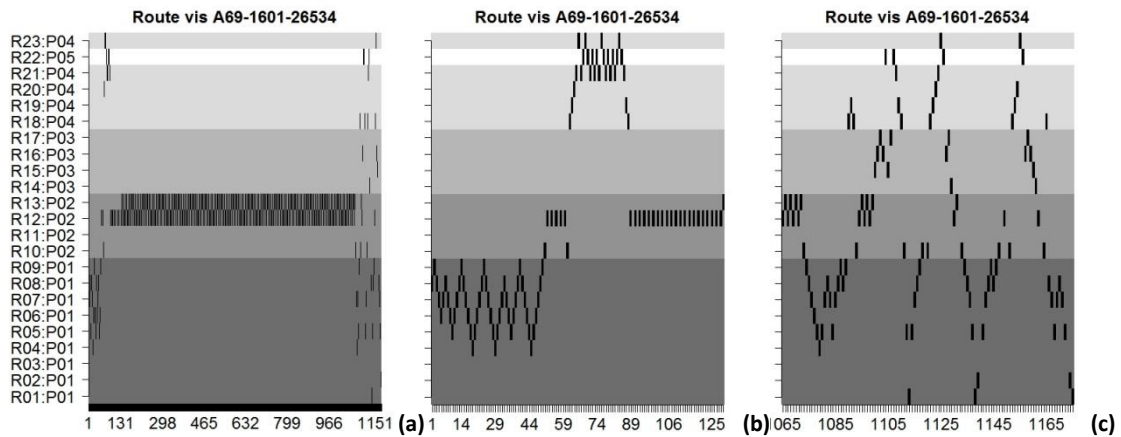
Figuur 38 Schematische weergave van de migratieroutes van meerval A69-1601-28297 (8750 g, 1040 mm; a = volledige route, b tot e = detail van de route).

6.6 Route Zwarte Beek – Demer (P01 – P04 – P05 – P03)

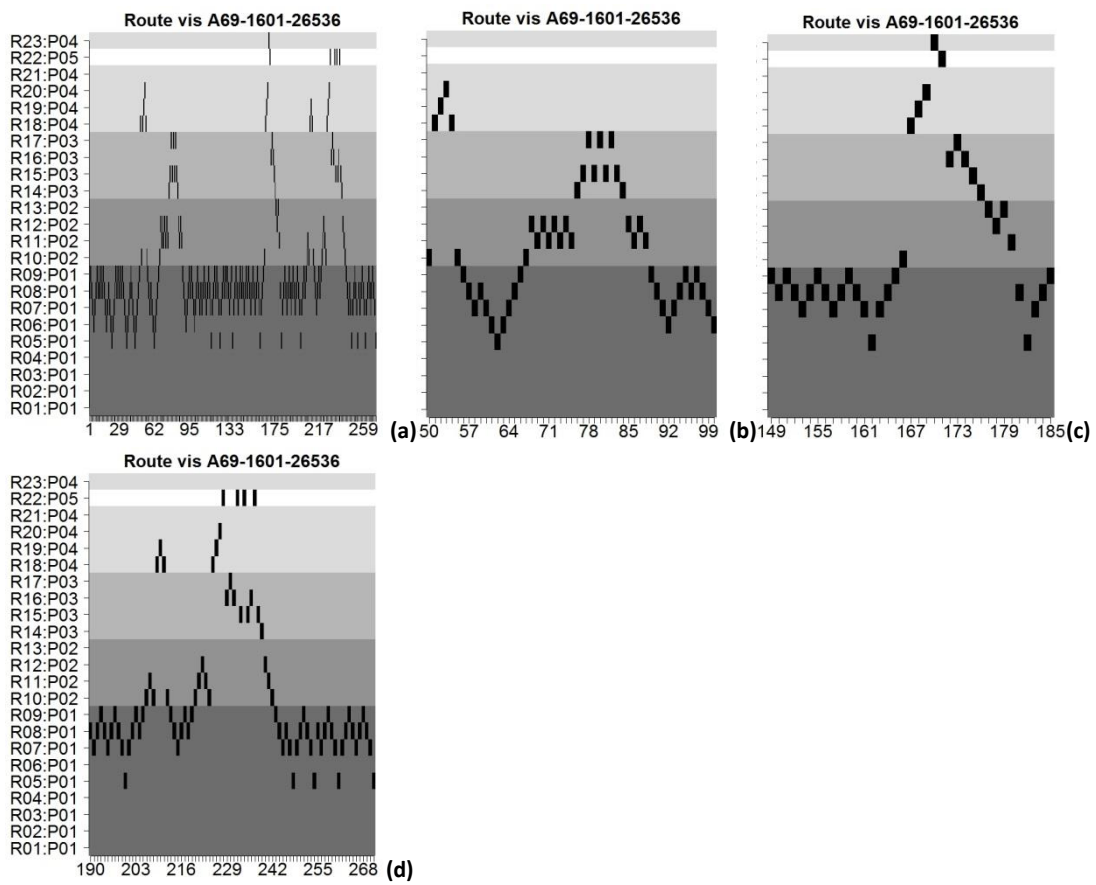


Figuur 39 Schematische weergave van de migratieroute van kopvoorn A69-1601-26538 (1564 g, 493 mm)

6.7 Route Demer – Zwarte Beek – Demer (P01 – P02 – P03 – P05 – P04 – P02) / Route Zwarte Beek – Demer – Zwarte Beek (P01 – P04 – P05 – P03 – P02)

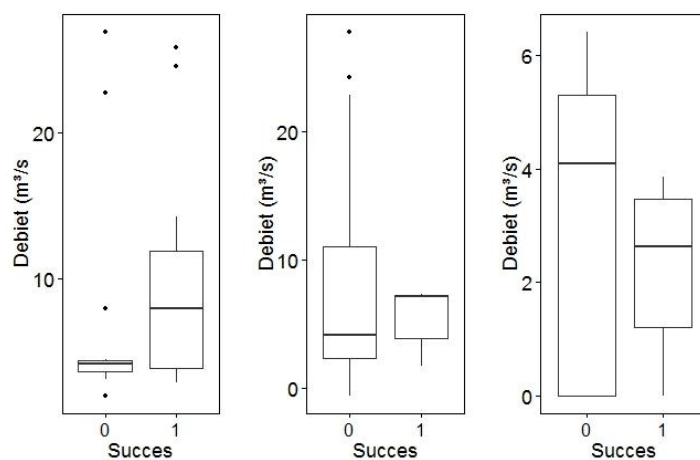


Figuur 40 Schematische weergave van de migratieroutes van meerval A69-1601-26534 (15000 g, 1250 mm; a = volledige route, b tot c = zoom van de route).

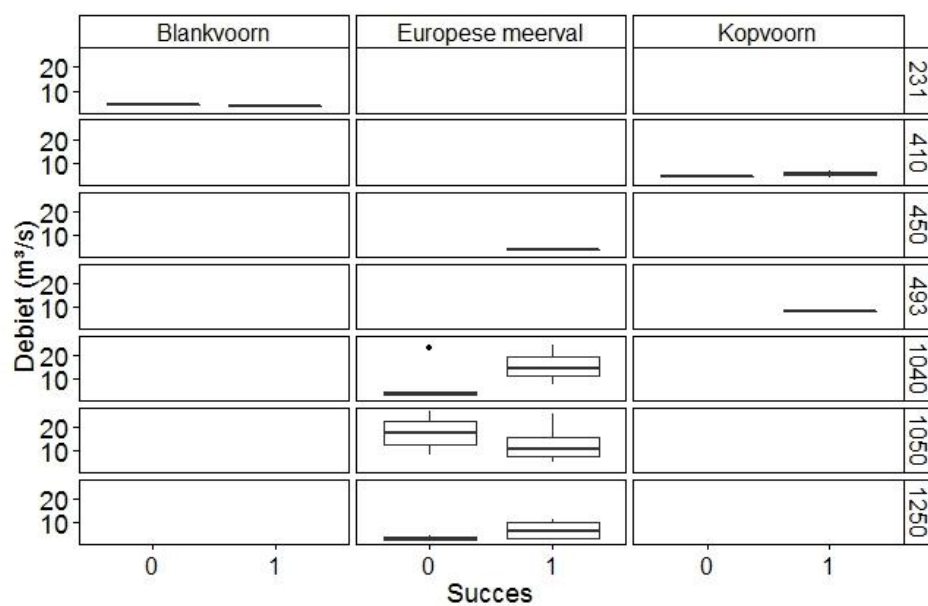


Figuur 41 Schematische weergave van de migratieroutes van meerval A69-1601-26536 (8000 g, 1050 mm: a = volledige route, b tot d = zoom van de route, b-d)

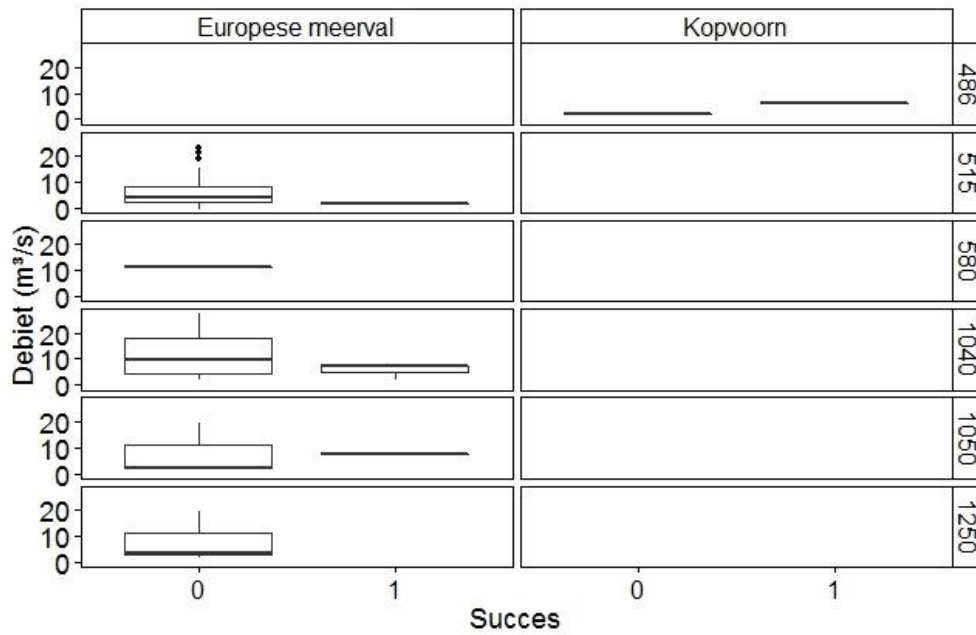
7 Bijlage 2: Migratiegedrag versus debiet



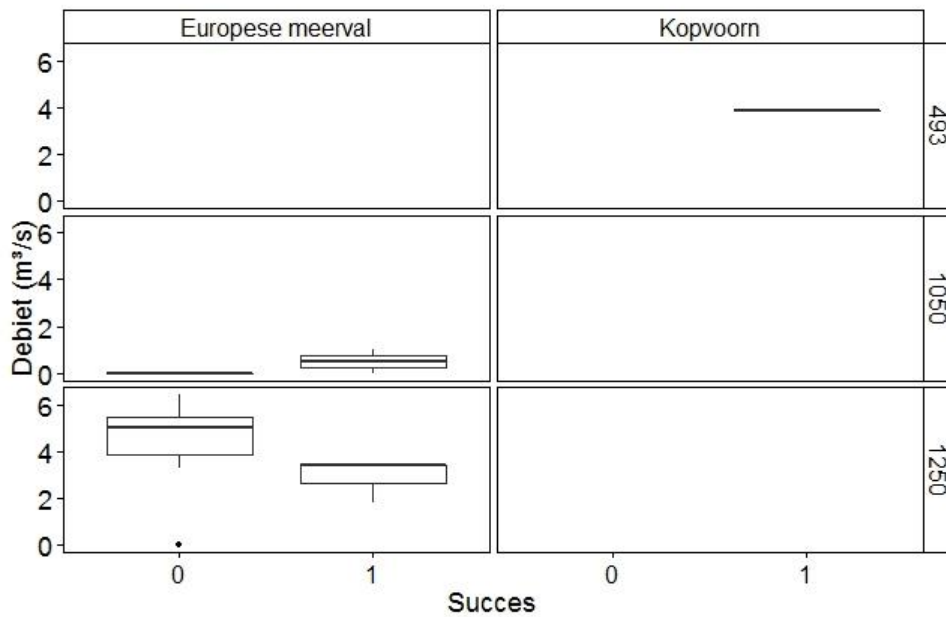
Figuur 42 Boxplots van het debiet bij de pogingen en successen per vismigratie"knelpunt" (links:monding van de Zwarte Beek, midden: Grote Steunbeer, rechts: klepstuw K31)



Figuur 43 Boxplots van het debiet in de monding van de Zwarte Beek bij de pogingen en successen per soort en per vislengte.



Figuur 44 Boxplots van het debiet over de Grote Steunbeer bij de pogingen en successen per soort en per vislengte.



Figuur 45 Boxplots van het debiet over klepstuw K31 bij de pogingen en successen per soort en per vislengte.