



Vlaanderen
is wetenschap

Onderzoek naar vispasseerbaarheid van de sluisstuwcomplexen op het Afleidingskanaal van de Leie in Balgerhoeke en Schipdonk

Stijn Bruneel, David Buysse, Lore Vandamme, Pieterjan Verhelst, Ine Pauwels, Sarah Broos, Nico De Maerteleire, Simon Plaetinck, Diederik Rosseel, Bart De Pauw, Jan Vanden Houten en Johan Coeck

INSTITUUT
NATUUR- EN BOSONDERZOEK

Auteurs:

Stijn Bruneel , David Buysse , Lore Vandamme , Pieterjan Verhelst , Ine Pauwels , Sarah Broos , Nico De Maerteleire , Simon Plaetinck , Diederik Rosseel , Bart De Pauw , Jan Vanden Houten , Johan Coeck 

Reviewers:

Kaat Thienpont 

Het INBO is het onafhankelijk onderzoeksinstituut van de Vlaamse overheid dat via toegepast wetenschappelijk onderzoek, data- en kennisontsluiting het biodiversiteitsbeleid en -beheer onderbouwt en evalueert.

Vestiging:

INBO Brussel

Herman Teirlinckgebouw, Havenlaan 88, 1000 Brussel

vlaanderen.be/inbo

e-mail:

stijn.bruneel@inbo.be

Wijze van citeren:

Bruneel, S., et. al. (2025). Onderzoek naar vispasseerbaarheid van de sluisstuwcomplexen op het Afleidingskanaal van de Leie in Balgerhoeke en Schipdonk. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2025 (54). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: 10.21436/inbor.132763058

D/2025/3241/315

Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2025 (54)

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Hilde Eggermont

Foto cover:

Het sluisstuwcomplex van Balgerhoeke op het Afleidingskanaal van de Leie. Foto: David Buysse (INBO)

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van:

De Vlaamse Waterweg nv



Dit werk valt onder een [Creative Commons Naamsvermelding 4.0 Internationaal-licentie](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

ONDERZOEK NAAR VISPASSEERBAARHEID VAN DE
SLUISSTUWCOMPLEXEN OP HET AFLEIDINGSKANAAL
VAN DE LEIE IN BALGERHOEKE EN SCHIPDONK

Stijn Bruneel, David Buysse, Lore Vandamme, Pieterjan Verhelst, Ine Pauwels,
Sarah Broos, Nico De Maerteleire, Simon Plaetinck, Diederik Rosseel, Bart De
Pauw, Jan Vanden Houten, Johan Coeck

Dankwoord/voorwoord

We willen De Vlaamse Waterweg nv danken voor de vlotte samenwerking en in het bijzonder de mobiele ploeg om er op toe te zien dat we de gegevens op een veilige manier konden verzamelen. Ook een woordje van dank aan de vriendelijke lokale hengelaars die steeds aandachtig toeschouwer waren tijdens het meten en wegen van de visvangst.

Samenvatting

De Vlaamse prioriteitenkaart geeft een overzicht van de belangrijkste waterlopen waar het verwijderen van knelpunten het visbestand ten goede komt. De prioriteit van de waterloop bepaalt de uiterste datum tegen wanneer deze knelpuntenvrij moet zijn. De nieuwe prioriteitenkaart houdt zowel rekening met de verspreiding van Habitatrichtlijnsoorten als met de aanbevelingen van het palingbeheerplan. Daarnaast laat de nieuwe Benelux-beschikking ook ruimte voor vissen van meer regionaal belang. Het **Afleidingskanaal van de Leie (AKL)** is aangeduid als waterloop met prioriteit 2 wat betekent dat de **sluisstuwcomplexen in Balgerhoeke en Schipdonk** tegen 2021 of ten laatste tegen 2027 vispasseerbaar moeten zijn (Benelux-beschikking (M (2009) 1).

Het **doel** van deze studie was nagaan in welke mate er landinwaartse vismigratie in het AKL is, en of de sluisstuwcomplexen in Balgerhoeke en Schipdonk vispasseerbaar zijn in stroomopwaartse richting.

We gebruikten **verschillende vangstmethoden** om de vispopulaties te bemonsteren: In Balgerhoeke, stroomafwaarts van het sluisstuwcomplex werden fuiken, substraten en een palinggoot gebruikt om vissen te vangen, te identificeren en te merken. Zo kon worden bepaald of individuen zich ophoopten voor de barrière of tot in Schipdonk raakten. In Schipdonk, stroomafwaarts van het sluisstuwcomplex en de sifon, werden fuiken en substraten gebruikt om vissen te vangen en te identificeren.

Eerder onderzoek van het INBO had al aangetoond dat de toepassing van aangepast spuibeheer in Zeebrugge een zeer effectieve en kostenefficiënte beheermaatregel is om glasalen binnen te laten in het pand Zeebrugge Balgerhoeke van het Afleidingskanaal van de Leie (Buysse *et al.*, 2015). De vangst van talrijke jonge palingen (elvers) in Balgerhoeke toont nu ook aan dat de glasalen in dit kanaal ook geschikt opgroeihabitat vinden, en dat ze landinwaarts en dus stroomopwaarts door het pand Zeebrugge-Balgerhoeke migreren tot aan de eerste potentiële barrière: het sluisstuwcomplex in Balgerhoeke. Dit toont nu echter ook aan dat het **sluisstuwcomplex in Balgerhoeke een absolute barrière vormt voor de verdere stroomopwaartse migratie van jonge palingen maar ook voor alle andere vissoorten**. In het stroomopwaartse pand werden er immers op geen enkele vangstlocatie jonge palingen (elvers) gevangen en werden er ook geen vissen hervangen in Schipdonk die eerder in het stroomafwaartse pand in Balgerhoeke waren gemerkt. De resultaten tonen dat er aanpassingen nodig zijn om het sluisstuwcomplex in Balgerhoeke vispasseerbaar te maken. Omdat paling niet tot in Schipdonk geraakt, kon de passeerbaarheid ervan voor paling niet onderzocht worden. De concentratie van paaiende vissoorten zoals baars en blankvoorn stroomafwaarts van de complexen van zowel Balgerhoeke als Schipdonk suggereren echter dat het **complex te Schipdonk ook een belangrijke barrière** is voor alle vissoorten. Om connectiviteit met het Groot Pand te bewerkstelligen moeten beide barrières dus aangepakt worden.

De **paling** staat als ernstig bedreigde vissoort op de Rode Lijst van de IUCN. Om de kwetsbare palingpopulatie te herstellen is de voltooiing van hun katadrome levenscyclus cruciaal (EU Palingverordening; EC No. 1100/2007). Hiervoor moet jonge paling zoveel mogelijk kwaliteitsvolle opgroei- en foerageergebieden kunnen bereiken in het stroomgebied van de Schelde, en dat op een zo efficiënt mogelijke wijze. Paling moet via het AKL het Groot Pand kunnen bereiken om toegang te krijgen tot die habitats in de Schelde en de Leie, wat de populatie ten goede zou komen. De resultaten tonen nu ook effectief aan dat het AKL een intekroute is voor stroomopwaarts migrerende palingen richting het Scheldestroomgebied. Dit is ook de reden waarom het AKL met prioriteit 2 werd opgenomen in de prioriteitenkaart vismigratie, en een verbeterde connectiviteit nodig is (Stevens & Coeck, 2009).

Voor **andere vissoorten** zou een verhoogde connectiviteit een grotere beschikbaarheid aan verschillende habitats betekenen en een ontsnappingsroute kunnen bieden voor eventuele tijdelijke lokale ongunstige of suboptimale condities. Dit is bijvoorbeeld bij langdurige droogte en hoge atmosferische temperatuur, wanneer er temperatuurstress en/of zuurstofdaling kan optreden. Wanneer alle factoren in overweging

Saneringsoplossingen

Het wordt sterk aangeraden om samen met het Waterbouwkundig Labo (WL) de technische mogelijkheden te bekijken om connectiviteit te bewerkstelligen. Deze rapportage had als doel om de vispasbaarheid te bepalen van de sluistuwcomplexen in Balgerhoeke en Schipdonk, en geeft een aanzet voor saneringsoplossingen. Een diepgaande analyse van de vereisten (zoals het beschikbare debiet) en de verwachte efficiëntie van een vispassage ter hoogte van Balgerhoeke en Schipdonk ontbreekt. Verwijdering van de barrière te Balgerhoeke geniet de voorkeur vanuit een ecologisch perspectief omdat het de meest natuurlijke situatie nabootst die er te behalen is.

Als noch het verwijderen van de barrières, noch de aanleg van een technische vispassage mogelijk blijkt, is de palinggoot een derde optie. Een palinggoot heeft lagere hydraulische vereisten en is daardoor wellicht de meest eenvoudige oplossing. Deze werkt wel enkel voor stroomopwaarts migrerende jonge paling. Gegeven het potentieel van het AKL voor stroomopwaartse palingmigratie, dankzij het aangepast spuibeheer te Zeebrugge, zouden palinggoten in Balgerhoeke en Schipdonk de minimale vereiste zijn om de barrières “palingpasseerbaar” te maken.

vlaanderen.be/inbo 10.21436/inbor.132763058 Pagina 3 van 54

Aanbevelingen voor beheer en/of beleid

De sluisstuwcomplexen op het Afleidingskanaal van de Leie (AKL) in Balgerhoeke en Schipdonk zijn belangrijke barrières voor stroomopwaartse vismigratie. Volgens de prioriteitenkaart vismigratie heeft dit kanaal 'Prioriteit 2', wat betekent dat de sluisstuwcomplexen in Balgerhoeke en Schipdonk ten laatste tegen 2027 vispasseerbaar moeten gemaakt worden volgens Benelux-beschikking (M (2009) 1) en de afstemming ervan op de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). Daarom dringen saneringsmaatregelen zich op om vismigratie hier mogelijk te maken.

Er gaan veel middelen naar het ontwikkelen, bouwen en verfijnen van vispassages om vissoorten in staat te stellen de migratiebarrières op waterlopen te laten passeren. De wetenschap rond het ontwerp van vispassages omvat tegenwoordig een breed scala aan disciplines, zoals biologie, ecologie, fysiologie, ecohydrologie en 'engineering'. Zo worden de ontwerpen van de vispassages voor De Vlaamse Waterweg nv op de Bovenschelde, Leie en Dender gerealiseerd op basis van een multidisciplinaire aanpak en met inspraak van experts van o.a. De Vlaamse Waterweg nv, het Waterbouwkundig Laboratorium (WL), het Agentschap voor Natuur en Bos (ANB) en het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO). Meer specifiek staat het WL hierbij in voor technische (voor)ontwerpen, hydraulische modellering, schaalmodel- en CFD studies. Het WL doet dat in nauwe samenwerking met het INBO dat zijn kennis deelt over de biologie en ecologie van vissoorten: gedrag, migratiestimuli, voortplanting, habitatvereisten, zwemcapaciteiten, monitorings- en onderzoekstechnieken. Het INBO adviseert ook over de biologische en ecologische (rand)voorwaarden waaraan de ontwerpen moeten voldoen. Het INBO beveelt dan ook aan om de expertise van het WL in te roepen om tot type-oplossingen te komen in Balgerhoeke en Schipdonk.

Saneringsoplossingen

Om de longitudinale connectiviteit in het kanaal zelf en met het 'Groot Pand' in het bijzonder (i.e. connectiviteit met Schelde- en Leiebekken) te vergroten is het louter vanuit ecologisch perspectief wenselijk om het sluisstuwcomplex in Balgerhoeke te verwijderen. Als wegname van het knelpunt niet haalbaar en/of wenselijk is om de longitudinale connectiviteit in het kanaal en met het Groot Pand te vergroten dan is de aanleg van een migratiebevorderende, technische constructie nodig, namelijk een bepaald type vispassage. Stroomopwaartse passage van elvers is prioritair en kan wellicht ook gebeuren door een bekkenvistrap, vertical slot vispassage, De-Wit vispassage of palinggoot. Dit blijft natuurlijk wel een suboptimale oplossing in vergelijking met de complete verwijdering van het sluisstuwcomplex.

Als het mogelijk is om een continue waterstroom te laten ontsnappen langs de kunstwerken van minstens 0.05 m³/s dan kan deze gebruikt worden voor een debietzuinige technische vispassage zoals een De Wit-vispassage om de stroomopwaartse beweging van meerdere soorten te bewerkstelligen (Coenen *et al.*, 2013). De in onbruik geraakte sluis van het complex in Balgerhoeke biedt mogelijk de ruimte voor een eenvoudige technische De Wit-vispassage. Tijdens de studieperiode bleek het gemiddelde debiet voldoende, maar de variabiliteit van de debieten te groot voor een goed functioneren van een technische vispassage. Onder het huidige beheer wordt de stuw immers slechts een aantal momenten per maand geopend in functie van peilhandhaving in het stroomopwaarts pand. Daarbij wordt de hoeveelheid af te voeren water over een relatief korte tijdspanne geloosd in het stroomafwaartse pand van Balgerhoeke. Dit 'overtollige' debiet zou door of over een debietzuinige vispassage veel langzamer en gespreid in de tijd kunnen geloosd worden in het stroomafwaartse pand. Hierdoor wordt er ter hoogte van de vispassage een langdurigere lokstroom gecreëerd. Dat komt de attractiviteit en de passeerbaarheid van het kunstwerk voor de stroomopwaarts migrerende visgemeenschap ten goede. Bovendien zal het meer continue debietverloop de migratie van vissen in de panden zelf ten goede komen. Voor de site van Balgerhoeke is dit een potentieel door het WL te toetsen scenario.

English abstract

The Flemish priority map provides an overview of the most important watercourses with bottlenecks where the removal of these obstacles would benefit fish populations. The priority of the watercourse determines the deadline by which these bottlenecks must be resolved. The new prioritization map considers both the distribution of Habitat Directive species and the recommendations of the eel management plan. Additionally, the new 'Benelux-beschikking' also allows for the inclusion of fish species of more regional importance. The **Afleidingskanaal van de Leie (AKL)** has been designated as a priority 2 watercourse, meaning that the **sluice-weir complexes in Balgerhoeke and Schipdonk** must be made passable for fish by 2021 or at the latest by 2027 (Benelux-beschikking(M (2009) 1)).

The **objective** of this study was to assess the extent of inland fish migration in the AKL and to determine whether the sluice-weir complexes in Balgerhoeke and Schipdonk are passable for fish in an upstream direction.

Various fishing methods were used to sample fish populations: In Balgerhoeke, downstream of the sluice-weir complex, fyke nets, substrates, and an eel ladder were used to catch, identify, and mark fish (to determine whether individuals accumulated in front of the barrier or managed to reach Schipdonk). In Schipdonk, downstream of the sluice-weir complex and the siphon, fyke nets and substrates were used to catch and identify fish.

Previous research by INBO demonstrated that the implementation of adapted flushing management in Zeebrugge is a highly effective and cost-efficient management measure to allow glass eels to enter the Zeebrugge-Balgerhoeke reach of the Afleidingskanaal van de Leie (Buyse *et al.*, 2015). The capture of numerous young eels (elvers) in Balgerhoeke now also shows that glass eels find suitable nursery habitat in this canal and migrate inland and thus upstream through the Zeebrugge-Balgerhoeke reach up to the first potential barrier: the sluice-weir complex in Balgerhoeke. However, the present study also shows that the **sluice-weir complex in Balgerhoeke forms an absolute barrier to the further upstream migration of young eels as well as all other fish species**. No young eels (elvers) were caught at any upstream sampling location, nor were any fish recaptured in Schipdonk that had been previously marked in Balgerhoeke. The results indicate that modifications are necessary to make the sluice-weir complex in Balgerhoeke passable for fish. Since eels could not reach Schipdonk, its passability for eels could not be investigated. The concentration of spawning fish species such as perch and roach downstream of both the Balgerhoeke and Schipdonk complexes suggests that the **Schipdonk complex is also a significant barrier for all fish species**. To ensure connectivity with the 'Groot Pand', both barriers need to be addressed.

The **European eel** is classified as a critically endangered fish species on the IUCN Red List. To restore the vulnerable eel population, completing their catadromous life cycle is crucial (EU Eel Regulation; EC No. 1100/2007). Young eels must be able to reach high-quality nursery and feeding areas in the Scheldt river basin as efficiently as possible. Eels must be able to use the AKL to reach the 'Groot Pand' to gain access to habitats in the Scheldt and Leie, which would benefit the population. The results clearly indicate that the AKL serves as an entry route for upstream-migrating eels towards the Scheldt basin. This is also the reason why the AKL was assigned priority 2 on the fish migration priority map, highlighting the need for improved connectivity (Stevens & Coeck, 2009).

For **other fish species**, increased connectivity would mean greater availability of different habitats and could provide an escape route in case of temporary local unfavorable or suboptimal conditions (e.g., during prolonged droughts and high atmospheric temperatures, temperature stress and/or oxygen depletion may occur). Considering all factors, the removal of bottlenecks in this canal appears to be slightly less crucial for these species than for eels, as most of them can complete their life cycle within a single canal reach. For example, ripe ruffe and perch were not recaptured at the barrier after being marked, suggesting that

1 DOELSTELLING

Door De Vlaamse Waterweg, Afdeling Bovenschelde, werd opdracht gegeven om een onderzoek uit te voeren naar de vispasseerbaarheid van de kunstwerken op het Afleidingskanaal van de Leie (AKL) in Balgerhoeke en Schipdonk. Een monitoring van de migrerende visfauna ter hoogte van deze locaties moet inzicht geven in de migratieroute(s) van landinwaarts migrerende vissen t.h.v. de respectievelijke kunstwerken en toelaten een beoordeling te maken of ze al dan niet een migratieknelpunt vormen voor vismigratie. Het onderzoek moet een antwoord geven op volgende onderzoeksvragen:

- Is er landinwaartse migratie van vissen waarneembaar in het Afleidingskanaal van de Leie (AKL) tussen Zeebrugge en Gent? Met name in de twee meest stroomafwaartse panden van het AKL:
 - Het pand tussen Zeebrugge en Balgerhoeke t.h.v. het stuwsluizencomplex in Balgerhoeke en
 - Het pand tussen Balgerhoeke en Schipdonk t.h.v. het stuwsluizencomplex en de sifon onder het Kanaal Gent-Oostende in Schipdonk ?
- Indien landinwaartse migrerende vissen het bekken van de Gentse kanalen, en bij uitbreiding het Bovenschelde- en Leiebekken, trachten te bereiken via deze kanaalpanden in hoeverre vormen de kunstwerken van Balgerhoeke en Schipdonk dan een obstakel voor stroomopwaarts vismigratie?

Inhoudsopgave

Dankwoord/voorwoord	1
Samenvatting	2
Aanbevelingen voor beheer en/of beleid	4
English abstract	6
1 Doelstelling	8
Inhoudsopgave	9
Lijst van figuren	10
Lijst van tabellen	11
2 Inleiding	13
2.1 Vismigratie	13
2.2 Vismigratiebeheer en beleid in Vlaanderen	18
3 Materiaal en methoden	20
3.1 Vangstmethoden	21
3.2 Studiegebied	22
3.3 Studieperiode en meetfrequentie	22
3.4 Werkwijze	22
4 Resultaten	25
4.1 Abiotiek	25
4.2 Vissen	27
5 Discussie	46
5.1 Waarom vormen de barrières in het AKL een probleem?	46
5.2 Kunnen de barrières verwijderd worden?	47
5.3 Kunnen vispassages voorzien worden?	48
5.4 Zullen correct gebouwde vispassages van het AKL een belangrijke vismigratie- route maken?	48
6 Conclusie	51
Referenties	52

Lijst van figuren

Figuur 2.1	Schematische voorstelling van de onderverdeling van vissoorten volgens hun migratiegedrag	14
Figuur 2.2	Functionele eenheden in de levenscyclus van vissen, met aanduiding van de bezochte leefgebieden en dagelijkse en seizoensgebonden verplaatsingen er tussen (uit: Coeck et al. 2000; aangepast naar Northcote 1978)	14
Figuur 2.3	De levenscyclus en de belangrijkste ontwikkelingsstadia van paling (Belpaire 2008).	15
Figuur 2.4	Ligging van Balgerhoeke en Schipdonk op de prioriteitenkaart voor de Vlaamse waterlopen	19
Figuur 3.1	Beperkt overzicht van de migratieperiode van de meest voorkomende soorten in de streek	21
Figuur 3.2	Studiegebied (links Balgerhoeke; rechts Schipdonk) met aanduiding van de locaties van de substraten (rode ruitjes), fuiken (gele sterren) en palinggoot (oranje streepje).	23
Figuur 4.1	Overzicht van metingen van waterpeil (m), afvoer (m^3/s) en temperatuur ($^{\circ}C$) voor relevante meetstations doorheen de tijd. De stations staan geordend van stroomafwaarts naar stroomopwaarts. De meetstations van Damme en Maldegem liggen in het pand Zeebrugge-Balgerhoeke. De meetstations van Adegem-Balgerhoeke, Zomergem en Merendree Afwaarts liggen in het pand Balgerhoeke-Schipdonk. Het meetstation Merendree Opwaarts ligt stroomopwaarts van Schipdonk. Rode lijnen begrenzen de studieperiode (22 maart 2023 - 25 mei 2023). De groene lijn geeft de gesmoothe trend aan (span=1).	25
Figuur 4.2	Overzicht van metingen van waterpeil (m), afvoer (m^3/s) en temperatuur ($^{\circ}C$) voor relevante meetstations doorheen de tijd voor de studieperiode (22 maart 2023 - 25 mei 2023) De stations staan geordend van stroomafwaarts naar stroomopwaarts. De meetstations van Damme en Maldegem liggen in het pand Zeebrugge-Balgerhoeke. De meetstations van Adegem-Balgerhoeke, Zomergem en Merendree Afwaarts liggen in het pand Balgerhoeke-Schipdonk. Het meetstation Merendree Opwaarts ligt stroomopwaarts van Schipdonk. De groene lijn geeft de gesmoothe trend aan (span=1).	26
Figuur 4.3	Verdeling van de gemiddelde vangsten per fuikdag en per vissoort in Balgerhoeke, Schipdonk sifon en Schipdonk sluis per maand (rest = overige vissoorten die elk minder dan 5% van de vangsten uitmaken).	30
Figuur 4.4	Verdeling van de totale fuikvangsten per vissoort in Balgerhoeke, Schipdonk sifon en Schipdonk sluis per maand (rest = overige vissoorten die elk minder dan 5% van de vangsten uitmaken).	34
Figuur 4.5	Principale coördinaten analyse (PCOA, CPUE, vierde-machtswortel transformatie, Bray-Curtis afstanden) met weergave van de verschillende sites (als omkaderingen) en de belangrijkste soorten (weergave als pijlen met lengte pijlen representatief voor bijdrage; $p>0.05$ en $R^2>0.4$) om verschillen in gemeenschapsstructuur te verklaren.	35
Figuur 4.6	Lengteverdeling voor de verschillende gevangen soorten voor de hele periode voor Schipdonk en Balgerhoeke. De inverse van de CPUE werd gebruikt als gewicht voor de metingen.	36

Figuur 4.7	Boxplots die de gemiddelde lengte van de fuikvangsten voorstellen in functie van de bemonsteringslocatie. Gepaarde wilcoxon ranks sum testen met Bonferroni correctie werden gebruikt. p-waarden werden geclassificeerd als niet-significant of ns (>0.05), * (0.05-0.01), ** (0.01-0.001), *** (0.001-0.0001), **** (0.0001-0).	37
Figuur 4.8	Aandeel hervangst op totale fuikvangst per soort. Elk punt geeft de vangst van één dag weer. De grootte van de punten weerspiegelt de totale vangst per soort. Loess smoothing (span=1) werd gebruikt om een eventuele trend te visualiseren (blauwe lijn). Voor deze smoothing krijgen dagen met een grotere vangst een groter gewicht (lineaire verhouding toekenning gewicht). 95% betrouwbaarheidsintervallen van de loess smoothing zijn weergegeven als een grijze band.	38
Figuur 4.9	Aandeel niet-gemerkte vissen met paaikenmerken op totale fuikvangst per soort. Elk punt geeft de vangst van één dag weer. De grootte van de punten weerspiegelt de totale vangst per soort. Loess smoothing (span=1) werd gebruikt om een eventuele trend te visualiseren (blauwe lijn). Voor deze smoothing krijgen dagen met een grotere vangst een groter gewicht (lineaire verhouding toekenning gewicht). 95% betrouwbaarheidsintervallen van de loess smoothing zijn weergegeven als een grijze band. . .	40
Figuur 4.10	Aandeel gemerkte vissen met paaikenmerken op totale fuikvangst per soort. Elk punt geeft de vangst van één dag weer. De grootte van de punten weerspiegelt de totale vangst per soort. Loess smoothing (span=1) werd gebruikt om een eventuele trend te visualiseren (blauwe lijn). Voor deze smoothing krijgen dagen met een grotere vangst een groter gewicht (lineaire verhouding toekenning gewicht). 95% betrouwbaarheidsintervallen van de loess smoothing zijn weergegeven als een grijze band.	41
Figuur 4.11	Lengteverdeling van elvers gevangen met de palinggoot in Balgerhoeke voor de hele studieperiode (22 maart 2023 - 25 mei 2023).	42
Figuur 4.12	Lengteverdeling van elvers gevangen met de palinggoot in Balgerhoeke voor de drie verschillende maanden van de studieperiode (22 maart 2023 - 25 mei 2023).	42
Figuur 4.13	Lengte van elvers gevangen met de palinggoot in Balgerhoeke in functie van de tijd. . .	43
Figuur 4.14	Aantal elvers gevangen met de palinggoot in Balgerhoeke in functie van de tijd. . . .	43
Figuur 4.15	Lengteverdeling van elvers gevangen met substraten in Balgerhoeke voor de hele studieperiode (22 maart 2023 - 25 mei 2023).	44
Figuur 4.16	Lengteverdeling van elvers gevangen met substraten in Balgerhoeke voor de drie verschillende maanden van de studieperiode (22 maart 2023 - 25 mei 2023).	44
Figuur 4.17	Lengte van elvers gevangen met substraten in Balgerhoeke in functie van de tijd. . . .	45
Figuur 4.18	Aantal elvers gevangen met de substraten in Balgerhoeke in functie van de tijd. . . .	45

Lijst van tabellen

Tabel 4.1	Gemiddeld debiet, mediaan debiet en aandeel studieperiode (22 maart 2023 - 25 mei 2023) dat debiet onder een opgegeven waarde lag voor stations te Damme (pand Zeebrugge-Balgerhoeke) en Zomergem (pand Balgerhoeke-Schipdonk).	27
-----------	---	----

Tabel 4.2	Overzicht vangsten per meetplaats en datum. balfuik: hokfuik en schietfuiken linker- oever en rechteroever Balgerhoeke, balgoo: Palinggoot Balgerhoeke, balsgo: Substraat t.h.v. palinggoot Balgerhoeke, balli: Substraat linkeroever Balgerhoeke, balre: Substraat rechteroever Balgerhoeke, balslu: Substraat oude sluis Balgerhoeke, mersif: Schiet- fuik sifon Merendree, merlo: Schietfuik linkeroever sluis Merendree, merro: Schietfuik rechteroever sluis Merendree. De substraten te Schipdonk staan hier niet weergege- ven omdat er nooit paling in werd gevonden.	28
Tabel 4.3	Overzicht vangsten per meetplaats en datum. balfuik: hokfuik en schietfuiken linker- oever en rechteroever Balgerhoeke, balgoo: Palinggoot Balgerhoeke, balsgo: Substraat t.h.v. palinggoot Balgerhoeke, balli: Substraat linkeroever Balgerhoeke, balre: Substraat rechteroever Balgerhoeke, balslu: Substraat oude sluis Balgerhoeke, mersif: Schiet- fuik sifon Merendree, merlo: Schietfuik linkeroever sluis Merendree, merro: Schietfuik rechteroever sluis Merendree. De substraten te Schipdonk staan hier niet weergege- ven omdat er nooit paling in werd gevonden.	29
Tabel 4.4	Soortensamenstelling en overzicht van de gemiddelde aantallen per fuikdag, per vis- soort en per maand in Balgerhoeke (sampling effort in rekening gebracht)	30
Tabel 4.5	Soortensamenstelling en overzicht van de totale fuikvangsten per vissoort en per maand in Balgerhoeke (sampling effort niet in rekening gebracht)	31
Tabel 4.6	Soortensamenstelling en overzicht van de gemiddelde aantallen per fuikdag, per vis- soort en per maand in Schipdonk sifon (sampling effort in rekening gebracht)	31
Tabel 4.7	Soortensamenstelling en overzicht van de totale fuikvangsten per vissoort en per maand in Schipdonk sifon (sampling effort niet in rekening gebracht)	32
Tabel 4.8	Soortensamenstelling en overzicht van de gemiddelde aantallen per fuikdag, per vis- soort en per maand aan de Schipdonk sluizen (sampling effort in rekening gebracht)	32
Tabel 4.9	Soortensamenstelling en overzicht van de totale fuikvangsten per vissoort en per maand in Schipdonk sluis (sampling effort niet in rekening gebracht)	33
Tabel 4.10	Soortensamenstelling en overzicht van de gemiddelde vangsten per fuikdag, per vis- soort voor de hele periode voor Schipdonk en Balgerhoeke (sampling effort in rekening gebracht)	33
Tabel 4.11	Soortensamenstelling en overzicht van de totale fuikvangsten per vissoort voor de hele periode voor Schipdonk en Balgerhoeke (sampling effort niet in rekening gebracht)	34

2 INLEIDING

Longitudinale connectiviteit van waterwegen is cruciaal voor het voortbestaan van vispopulaties (Fullerton *et al.*, 2010). Het laat vissen toe om zich te verplaatsen binnen rivier- en kanaalnetwerken, waardoor ze toegang krijgen tot essentiële habitats voor voedsel-, paai- en kraamkamers (Greenberg & Calles, 2010). Deze beweging is essentieel voor het behoud van gezonde vispopulaties en het bevorderen van de genetische diversiteit (Radinger *et al.*, 2018). Vooral voor diadrome soorten zoals paling, bot en driedoornige stekelbaars (trachurus-populatie) is longitudinale connectiviteit cruciaal aangezien zowel mariene als brak- en/of zoetwaterhabitats nodig zijn voor foerageren en/of paaien (Radinger *et al.*, 2018), maar ook potamodrome soorten (migreren tussen zoetwaterhabitats), zoals brasem, blankvoorn en winde, hebben een verscheidenheid aan habitats nodig.

In Vlaanderen zijn vismigratieknelpunten die de longitudinale connectiviteit van waterwegen verhinderen, alomtegenwoordig. De prioriteitenkaart vismigratie voor Vlaanderen kent verschillende prioriteitsklassen toe aan waterwegen die aangeven hoe belangrijk het herstel van de longitudinale connectiviteit is door het mitigeren van vismigratieknelpunten (Stevens & Coeck, 2009). Deze prioriteitsklassen weerspiegelen het belang van een waterweg m.b.t. de doelstellingen van het palingbeheerplan en de verspreiding van habitatrichtlijnsoorten (Stevens & Coeck, 2009).

Het Afleidingskanaal van de Leie (AKL) wordt beschouwd als een prioriteit 2 waterweg wat betekent dat de knelpunten voor migratie er moeten weggewerkt zijn tegen 2027. Het aangepast spuibeheer ter hoogte van Zeebrugge laat een beperkte stroomopwaartse toegang toe tot het pand Zeebrugge-Balgerhoeke, maar de migratieproblematiek t.h.v. de panden Balgerhoeke-Schipdonk en Schipdonk-Deinze, begrensd door de stuwsuiscomplexen te Balgerhoeke en Schipdonk, werd nog niet gekwantificeerd. Dit rapport heeft als doel te achterhalen in welke mate de stuwsuiscomplexen te Balgerhoeke en Schipdonk vismigratieknelpunten zijn voor het AKL en hoe mitigerende acties vispopulaties ten goede zouden kunnen komen.

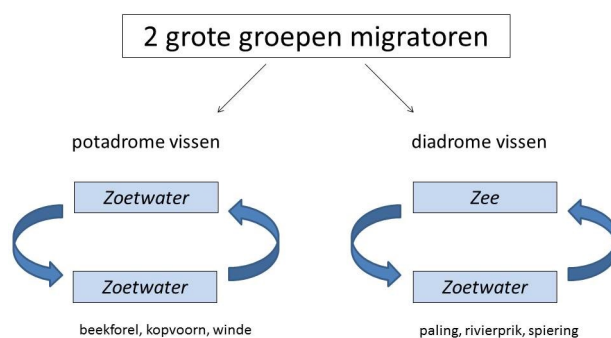
2.1 VISMIGRATIE

2.1.1 Begrippen

Vismigratie of vistrek zijn verplaatsingen van vissen die een groot deel van de populatie of van een leeftijdsklasse betreffen. De verplaatsingen vinden plaats met een voorspelbare periodiciteit gedurende de levenscyclus van een soort. Hierbij worden twee of meer ruimtelijk gescheiden habitats gebruikt. De verplaatsingen van de vis zijn functioneel voor de overleving van deze soort. Hierdoor worden kleinschalige verplaatsingen van de vis buiten het begrip vismigratie geplaatst (Raat, 1994). Deze laatste verplaatsingen gebeuren vaak binnen het territorium of de home range van de vis (Peter, 1998).

Migratie stroomopwaarts of stroomafwaarts rivieren houdt dus een cyclische alternatie tussen twee of meer habitats in. Jonge vissen komen tevoorschijn uit het paaihabitat gebruikt door hun ouders en verplaatsen zich hetzij passief hetzij actief naar hun eerste voedselhabitat. Gewoonlijk moeten juvenielen zich dan verplaatsen van hun eerste voedselhabitat naar een overlevingshabitat of schuilhabitat wanneer er zich ongunstige toestanden voordoen (Northcote, 1998). Deze ongunstige omstandigheden kunnen bepaalde negatieve abiotische condities, de aanwezigheid van predatoren of pathogenen zijn (Wootton, 1992).

Volgens hun migratiegedrag kunnen vissen in rivieren onderverdeeld worden in twee grote groepen (Fig. 2.1): potamodrome soorten en diadrome soorten. De eerste groep voert (jaarlijks) kleine of grote migraties uit binnen een riviersysteem, terwijl soorten uit de tweede groep migreren tussen het mariene milieu en het zoetwater.

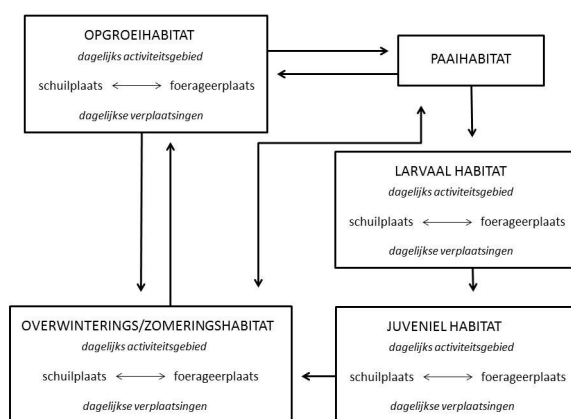


Figuur 2.1: Schematische voorstelling van de onderverdeling van vissoorten volgens hun migratiegedrag

2.1.2 Migratie van zoetwatervissen: potamodrome migratie

Zoals bij de meeste dieren is migratiegedrag van vissen in rivieren - en eigenlijk in elk watertype - het resultaat van een scheiding in tijd en ruimte van optimale biotopen (habitats) die gebruikt worden om te groeien, om te overleven (bescherming te vinden) en om zich voort te planten, en dit tijdens verschillende stadia in de levenscyclus van de soort (Northcote, 1998). Stroomop- en stroomafwaartse migraties in waterlopen worden daarom over het algemeen gekenmerkt door cyclische verplaatsingen tussen minstens twee, maar vaak drie of meer verschillende habitats (Coeck, 2001).

Potamodrome soorten die tussen 2010 en 2018 bij visstandbemonsteringen door het INBO werden aangetroffen in het Afleidingskanaal van de Leie zijn o.a. blankvoorn, gibel, winde, baars, brasem, kolblei, riviergrondel, tiendoornige stekelbaars, rietvoorn, karper, snoekbaars, bittervoorn (INBO, s.d.).



Figuur 2.2: Functionele eenheden in de levenscyclus van vissen, met aanduiding van de bezochte leefgebieden en dagelijkse en seizoensgebonden verplaatsingen er tussen (uit: Coeck et al. 2000; aangepast naar Northcote 1978)

2.1.3 Vismigratie tussen zee en zoetwater: diadrome migratie

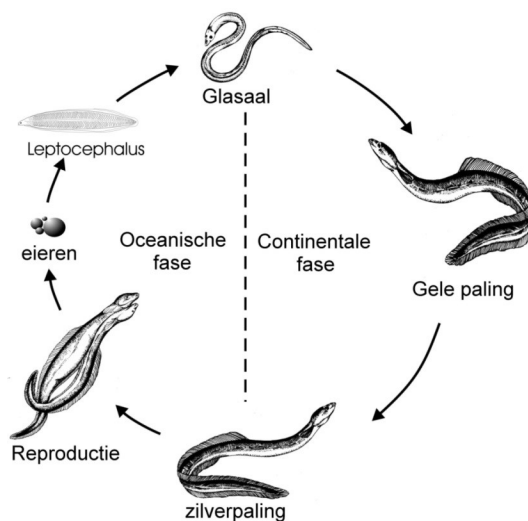
Bij diadrome migratie worden twee types onderscheiden. Vissen die opgroeien in zoetwater en paaien in zee worden katadrome vissen genoemd, vissen die opgroeien in zee maar paaien in zoetwater worden tot de anadrome vissen gerekend. Voorbeelden van anadrome vissen zijn de zalm en, minder goed gekend, ook de driedoornige stekelbaars (trachurus-vorm) terwijl de paling een typisch katadrome vis is.

Diadrome vissen zijn goede indicatoren voor landinwaartse migratie en kunnen tevens belangrijke informatie verstrekken omtrent de passeerbaarheid van migratieknelpunten (Buysse, 2003).

Diadrome soorten die tussen 2010 en 2018 bij visstandbemonsteringen door het INBO werden aangetroffen in het Afleidingskanaal van de Leie zijn o.a. paling, rivierprik, spiering, bot, dunlipharder en driedoornige stekelbaars (trachurus-vorm) (INBO, s.d.).

2.1.3.1 De ernstig bedreigde paling

De Europese paling is een katadrome vissoort: hij groeit op in zoet water en trekt als volwassen vis naar de zee om zich voort te planten. Hij maakt een complexe levenscyclus door. De voortplantingsplaats situeert zich in de Sargasso Zee, een gebied in de Atlantische Oceaan nabij Bermuda. In de Sargasso Zee ontluiken de eieren en de larven (leptocephalus larven) migreren naar het Europese continent, waarbij ze gebruik maken van de Golfstroom. Voor de Europese kusten ontwikkelen ze zich tot glasaal, een langwerpige doorschijnende vorm van ongeveer 7 cm. De glasaal pigmenteren, worden elvers, en de meeste zwemmen onze rivieren en kanalen op, op zoek naar een vaste stek waar ze een groeiperiode doormaken. Dit stadium van paling wordt gele paling genoemd. Een deel van de populatie blijft voor de kusten of groeit op in het estuarium. Er zijn duidelijke geslachtsverschillen wat grootte betreft: mannelijke palingen hebben een tragere groei en blijven duidelijk kleiner (lengte bij metamorfose: 32-46 cm) dan hun vrouwelijke soortgenoten (lengte bij metamorfose: 45- 86 cm). Na gemiddeld zes (voor de mannelijke palingen) tot negen jaar (vrouwelijke) vertoont deze gele paling opnieuw een gedaanteverwisseling, ze worden zilverpaling genoemd (Vollestad, 1992). In onze regio is dat respectievelijk 7 en 10 jaar. Metamorfoserende palingen krijgen een zilverachtige kleur, hun ogen worden groter, de vinnen veranderen van vorm en de geslachtsorganen beginnen te ontwikkelen. Op dit ogenblik, meestal in het najaar, trekken deze zilverpalingen onze rivieren en kanalen af en beginnen ze hun paaimigratie met de Sargasso Zee als eindbestemming.



Figuur 2.3: De levenscyclus en de belangrijkste ontwikkelingsstadia van paling (Belpaire 2008).

Reeds tientallen jaren wordt een sterke daling van de palingpopulaties waargenomen in Europa (Bonhommeau *et al.*, 2008) en de Europese paling (*Anguilla anguilla* L.) wordt nu zelfs beschouwd als zijnde ernstig bedreigd. Oorzaken voor deze trend zijn de chemische waterkwaliteit, fysische habitatcondities, migratiebarrières, verhoogde predatie, visserij en klimaatsverandering (Bonhommeau *et al.*, 2008). Om de Europese paling voor uitsterven te behoeden, heeft de Europese Unie in 2007 de Palingverordening (EC No. 1100/2007) uitgevaardigd, die het behoud en het herstel van de soort beoogt. Verder vraagt de verordening een beheersaanpak die de uittrek van 40% van de zilverpalingbiomassa ten opzichte van een door de mens onverstoordte toestand garandeert.

Dankzij de talrijke laaglandrivieren, kanalen, vijvers en kreken wordt Vlaanderen beschouwd als een belangrijke regio voor opgroei van paling en de rekrutering van zilverpaling. De laatste jaren verbeterde

2.1.3.3 Rivierprik, spiering, bot en dunlipharder

2.1.4 Diadroom versus potamodroom

2.1.5 Migratieperiode

2.1.5.1 Voortplantingsmigratie van karperachtigen

2.1.5.2 Migratie van glasalen, elvers en gele paling

Glasalen die de estuaria binnendringen worden aangetrokken door zoetwaterstroming en ermee geassocieerde lokstoffen zoals geosmine (ligt aan de basis van een typische aardgeur) en uitscheidingen van adulte paling (Harrison *et al.*, 2014). Glasalen die het eerst in de estuaria arriveren hebben doorgaans een betere conditie, die ze aanwenden om stroomopwaarts te migreren. Glasalen die later toekomen zijn kleiner, hebben een lager gewicht en zullen vermoedelijk eerder resideren in de estuaria zelf (Harrison *et al.*, 2014). In eerste instantie maken de stroomopwaarts migrerende glasaaltjes gebruik van de getijstroom

om zich doorheen de estuaria naar het zoetwater te verplaatsen. Tijdens vloed laten ze zich voornamelijk net achter het getijfront passief stroomopwaarts meevoeren met het getij. Tijdens eb daarentegen houden ze zich nabij of in de bodem schuil om te verhinderen dat ze opnieuw stroomafwaarts zouden worden afgevoerd. Tijdens de tij-kering en meer stroomopwaarts in de estuaria waar de getij-invloed vermindert, zullen glasaaltjes actiever stroomopwaarts verplaatsen en dit voornamelijk in scholen langs de kant.

2.2 VISMIGRATIEBEHEER EN BELEID IN VLAANDEREN

2.2.1 Herstel van vrije vismigratie

Herstel van vrije vismigratie moet op een gestructureerde en wetenschappelijk onderbouwde manier aanpak worden. Op 16 juni 2009 werd een nieuwe Benelux-beschikking goedgekeurd. Hiermee verbonden de lidstaten zich er toe om binnen 12 maanden na de inwerkingtreding van de beschikking, een prioriteitenkaart op te maken. Naar aanleiding hiervan, werd door het INBO op basis van ecologische criteria een prioriteitenkaart uitgewerkt (Stevens & Coeck, 2009). Hierop zijn de belangrijkste waterlopen voor het visbestand aangeduid die dus als eerste knelpuntvrij moeten worden gemaakt.

Bij het opstellen van de prioriteitenkaart werd rekening gehouden met de aanbevelingen van het Palingbeheerplan, de verspreiding van de Habitatrichtlijnsoorten (de beek- en rivierprik, de kleine en grote modderkruiper, de rivierdonderpad, de fint, de Atlantische zalm en de bittervoorn) en de stroomminnende soorten (de serpeling, de kopvoorn en de kwabaal) waarvoor in Vlaanderen een soortherstelprogramma is uitgewerkt. Het is belangrijk om waterlopen waarin deze doelsoorten voorkomen snel vrij te maken van migratieknelpunten. Zo kunnen deze zeldzame soorten hun leefgebied uitbreiden of hun voortplantingsgebieden terug bereiken.

Waterlopen van prioriteit 1 en 2, en aandachtswaterlopen

Op de prioriteitenkaart staan waterlopen van prioriteit 1 en prioriteit 2 en aandachtswaterlopen aangeduid. De kaart omvat de waterlopen die ecologisch belangrijk zijn en/of een verbindingsfunctie hebben voor ten minste de Europees beschermde soorten. Voor het wegwerken van de knelpunten op deze waterlopen wordt de timing afgestemd op de EU-KRLW (Kaderrichtlijn Water):

- 90 % van de knelpunten van eerste prioriteit moeten weggewerkt zijn voor 31 december 2015 en de rest van deze knelpunten voor 31 december 2021.
- 50 % van de knelpunten van tweede prioriteit moeten weggewerkt zijn voor 31 december 2015 en de rest van deze knelpunten wordt opgesplitst in twee delen van telkens 25%. Het eerste deel wordt weggewerkt voor 31 december 2021 en het tweede deel voor 31 december 2027.

De aandachtswaterlopen vergroten het potentiële leefgebied van de doelsoorten. Zo zijn veel polderwaterlopen als aandachtswaterloop aangeduid omdat ze dienst doen als opgroeihabitat voor jonge palingen. Het spreekt voor zich dat er op aandachtswaterlopen geen vismigratieknelpunten mogen bijkomen. Een timing voor het wegwerken van vismigratieknelpunten op deze waterlopen is er nog niet.

Het Afleidingskanaal van de Leie is op de prioriteitenkaart aangeduid als waterloop met prioriteit 2. Dit betekent dat de sluitwcomplexe in Balgerhoeke en Schipdonk tegen 2021 of ten laatste tegen 2027 vispasseerbaar moeten gemaakt worden mocht blijken dat dit nu niet het geval is.

3 MATERIAAL EN METHODEN

Vissen ondernemen tijdens de voortplantingsperiode meestal massaal gerichte stroomopwaartse migraties gedurende een korte periode. Als gevolg hiervan kunnen er zich aanzienlijke concentraties van vissen voordoen stroomafwaarts van barrières, wat doorgaans grotere vangsten in de opgestelde fuiken tot gevolg heeft. Om de migraties van alle vissoorten nauwkeurig te bestuderen zou men praktisch wekelijks moeten vissen. In het kader van dit onderzoek is dergelijke arbeidsintensieve aanpak niet aangewezen en werd ervoor gekozen om te focussen op de voortplantingsmigratie van de meest voorkomende karperachtigen in april en mei in het AKL, o.a. blankvoorn, kolblei en brasem en op de stroomopwaartse migratie van jonge paling (glasaal, elvers en gele paling) 3.1.

Op basis van de onderzoeken naar de vispasseerbaarheid van de sluisstuwcomplexen op de Ringvaart in Evergem en Merelbeke (Buyse et al. 2002 & 2003) werd voor het nagaan van de migratieroutes en vispasseerbaarheid van de sluisstuwcomplexen van Balgerhoeke en Schipdonk gekozen voor een onderzoek met verschillende vangstmethoden. Uit bovenvermelde studies blijkt dat vissen zich concentreren onder kunstwerken die niet vispasseerbaar zijn. De methodiek berust op het principe van het gericht seizoenal en temporeel monitoren van vissen net stroomafwaarts van kunstwerken zoals sluizen, stuwen en sifons (Buyse et al., 2003; Buyse, 2003). Om de pakkans te verhogen werd ervoor gekozen om verschillende vangsttechnieken aan te wenden. Doortrekkende karperachtigen, gele paling en andere vissoorten werden gevangen met behulp van dubbele schietfuiken en hokfuiken. Doortrekkende glasalen en elvers werden gemonitord met behulp van palinggoten en artificiële substraten ('flottangs').

Concreet werden er substraten en fuiken geplaatst stroomafwaarts van de sluisstuwcomplexen van Balgerhoeke en Schipdonk. De passeerbaarheid van het complex te Balgerhoeke voor stroomopwaartse migratie kon direct ingeschat worden door te bepalen hoeveel van de vissen die stroomafwaarts van Balgerhoeke werden gevangen en gemerkt, verder stroomopwaarts ter hoogte van Schipdonk werden hervangen. Om een inschatting te maken van de passeerbaarheid van het complex te Schipdonk kon deze directe inschatting echter niet gebeuren. Het was immers technisch niet haalbaar om stroomopwaarts van het complex de eventueel succesvol-passerende vissen te vangen. Daarom werd er voor Schipdonk enkel gekeken naar de mate waarin vissen zich concentreerden voor het complex.

Vissoort (levensstadium)	Migratieperiode (stroomopwaarts)												Referenties
	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	
alver													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
alver (juveniel en subadult)													Prchalová et al. 2006
baars													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
beekprik													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
bempje													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
bittervoorn													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
blankvoorn													Buyse et al. 2002; Baeyens et al. 2006;
blankvoorn (juveniel en subadult)													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
bot (juveniel)													Prchalová et al. 2006; Buyse et al. 2002
driedoornige stekelbaars													Buyse et al. 2002
karper													Buyse et al. 2002 & 2003
kleine modderkruiper													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
kolblei													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
kolblei (juveniel)													Buyse et al. 2002
kopvoorn													Buyse et al. 2006b & 2006c; Coeck et al. 2000;
paling (glasaal)													Mouton et al. 2011 & 2014;
paling (elver)													Buyse et al. 2012 + niet gepubliceerde data
paling (gele aal)													Depuydt 2011
kwabaal													Buyse et al. 2009
pos													Dillen et al. 2005
rietvoorn													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
rivierdonderpad													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
riviergrondel													Vandelannoote et al. 1998; Knaepkens et al. 2004
riverprik													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
serpeling													Stevens et al. 2009; Buyse et al. 2004;
serpeling (juveniel en subadult)													Maes & Ollevier 2005; Coenen et al. 2013
snoek													Dillen et al. 2006
snoekbaars													Prchalová et al. 2006
spiering													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
tiendoornige stekelbaars													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
vetje													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
winde													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
zeelt													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
zeeprik													Pauwels et al. (in progress);
													Stevens et al. 2009 en referenties daarin

Figuur 3.1: Beperkt overzicht van de migratieperiode van de meest voorkomende soorten in de streek

3.1 VANGSTMETHODEN

3.1.1 Dubbele schietfuiken

In functie van de migratie van karperachtigen en gele paling werd er gebruik gemaakt van concentratiefuiken (dubbele schietfuiken). De verankering van de dubbele schietfuiken gebeurt door middel van vaste verankeringspunten en zware gewichten. Vaste punten kunnen o.a. zijn: verankeringspunten aan keermuren, bakens voor scheepvaart of zelf geplaatste palen. Fuiken bestaan uit cilindrische of kegelvormige zakken die op ringen of hoepels bevestigd zijn en die volledig omgeven zijn door een netstructuur. Ze worden op de bodem geplaatst en in ondiep water gebruikt. Schietfuiken bevissen meestal slechts de onderste (halve) meter van de waterkolom terwijl bij gewone fuiken het schutnet meestal tot aan de oppervlakte reikt. Gezien de grote variatie in fuiken zullen de efficiënties ook sterk verschillen.

3.1.2 Palinggoten

Palinggoten worden reeds veelvuldig aangewend om de stroomopwaartse trek van glasalen en jonge paling (elvers) rond knelpunten te faciliteren. Ook aan onze kust bleek het gebruik van palinggoten succesvol te zijn in het vangen van glasaal en jonge palingen o.a. ter hoogte van het Veurne-Ambachtgemaal (Van-damme, 2020). De U-vormige goten (ongeveer 4 m x 0,3 m) die zijn bekleed met aan de ene zijde fijne en aan de andere zijde grove borstels waartussen de glasalen naar boven kunnen klauteren, worden met een helling van 30-40° tegen een betonnen zijwand aan de stroomafwaarts zijde van het knelpunt geplaatst. Om de aantrek van glasaal te maximaliseren worden deze goten idealiter bevoeid met water van een andere samenstelling, bijvoorbeeld door water van een locatie stroomopwaarts het knelpunt over te pompen. Alle palingen die via de borstels de goot beklimmen worden bovenaan opgevangen in een opvangreservoir.

3.1.3 Kunstmatige substraten

Kunstmatige substraten vervaardigd uit kunststof of natuurlijke materialen (houttwijgen) die ofwel worden bevestigd aan vlotters ('flottangs') ofwel nabij de bodem worden geplaatst, kunnen fungeren als schuiloord voor glasaal en elvers. Deze substraten worden gedurende een gestandaardiseerde periode geïnundeerd waarna de zich verschuilende glasaaltjes kunnen worden uitgeschud in een opvangbak. Ondanks het feit dat de vangsten per substraat voornamelijk ter hoogte van migratieknelpunten soms hoog kunnen zijn, worden ze vooral voor monitoringsdoeleinden gebruikt. Ook in het Veurne-Ambachtkanaal bleken artificiële substraten (ijzeren frame van 50x50x20 cm gevuld met Enkamat nylon stabilisatiematten, Foto 10) in staat om significante hoeveelheden glasaal te bemonsteren (Vandamme, 2020).

3.2 STUDIEGEBIED

Het studiegebied betreft het pand Balgerhoeke-Schipdonk van het Afleidingskanaal van de Leie (AKL) dat begrensd is door de sluisstuwcomplexen van Balgerhoeke en Schipdonk. Wanneer hoge debieten van de Leie tijdig afgevoerd moeten worden, kunnen ter hoogte van Schipdonk de sifons onder het Kanaal Gent-Oostende en de schuifstuwen links en rechts van de Schipdonksluis geopend worden. Het water stroomt verder richting de stuwsluis in Balgerhoeke die bestaat uit twee parallelle stuwen met een opening voorzien van schotbalken.

Het AKL werd gegraven in de periode 1847-1860 met als voornaamste doel om overstromingen in de streek rond Gent te vermijden. Het AKL sluit in Deinze aan op de Leie en wordt hoofdzakelijk gevoed door het oppervlaktewater van de Leie en de Poekebeek. Naast deze waterlopen sluiten op het kanaal nog de afwateringsgebieden van de Ede en het Zuidervaartje aan. Het kanaal loopt noordwaarts doorheen Nevele en kruist op de grens Nevele-Zomergem het kanaal van Gent naar Oostende (KGO), daar loopt het kanaal verder op de grens Eeklo-Maldegem en vervolgens op de grens Maldegem-Sint Laureins waar het afbuigt in westelijke richting. Vandaar loopt het kanaal doorheen Damme en verder op de grens Brugge en Knokke-Heist tot aan de zee. Het kanaal is 56 km lang en bestaat uit 3 panden (Deinze-Schipdonk, Schipdonk-Balgerhoeke en Balgerhoeke-Zeebrugge). Het pand Deinze-Schipdonk is gelegen in het Bekken van de Gentse Kanalen en maakt een rechtstreekse verbinding tussen de Leie (in Deinze) en het Kanaal Gent-Brugge (in Schipdonk). Beide hebben dan ook hetzelfde waterniveau van 5.69m TAW. Op het kanaal zijn tussen Deinze en het kanaal Gent-Brugge vaartuigen toegestaan van CEMT-klasse Va (2000-4000 ton). De waterdoorvoer van het Afleidingskanaal van de Leie ter hoogte van de kruising met het Kanaal Gent-Oostende kan geregeld worden door een dubbele constructie bestaande uit sifons onder het KGO en twee stuwen met schotbalken links en rechts van de sluis van Schipdonk. De stuwsluis in Balgerhoeke ligt binnen het Bekken van de Brugse Polders. Het pand Schipdonk- Balgerhoeke ligt gedeeltelijk binnen het Bekken van de Gentse Kanalen. Het waterpeil in het pand Schipdonk-Balgerhoeke ligt normaal slechts zo'n 0.60m lager (5.00m TAW) dan het bovenstrooms pand. Het afwaartse pand Balgerhoeke-Heist (voorhaven van Zeebrugge) heeft als normaal waterpeil 3.30m TAW. Hier is het kanaal enkel bevaarbaar voor vaartuigen uit de CEMT-klasse I (250-400 ton). Het ligt tussen dijken zodat het pand als buffer kan optreden tijdens de periodes van hoogwater in zee. De afwatering naar zee toe gebeurt via het sluizencomplex van Zeebrugge, dat geregelde schuiven bevat.

3.3 STUDIEPERIODE EN MEETFREQUENTIE

Het veldwerk liep van maandag 22/03/2023 tot en met donderdag 25/05/2023. Substraten, glasaalgoten en fuiken werden om de één tot drie dagen gelegeerd en opnieuw geplaatst.

3.4 WERKWIJZE

Om jonge paling te bemonsteren werd gebruik gemaakt van glasaalgoten en substraten. Een palinggoot werd geïnstalleerd stroomafwaarts van de sluizen te Balgerhoeke. Deze is op onderstaande figuur (Figuur 3.2) aangeduid met een oranje streep. Substraten werden geplaatst stroomafwaarts van de stuwen en sluis te Balgerhoeke en stroomafwaarts van de stuwen en sifon te Schipdonk. Deze zijn op onderstaande figuren (Figuur 3.2) aangeduid met rode ruitjes.



Figuur 3.2: Studiegebied (links Balgerhoeke; rechts Schipdonk) met aanduiding van de locaties van de substraten (rode ruitjes), fuiken (gele sterren) en palinggoot (oranje streepje).

De substraten werden onderaan voorzien van een fijnmazig net zodat de kans op ontsnappen bij het opheffen van de substraten minimaal was. Zowel de opvangbak van de palinggoot als de substraten werden geleegd op de oevers. Bij het legen van de substraten werd vijf keer hard geschud boven het opvangnet. De gevangen individuen werden verdoofd met kruidnagelolie en gemeten (lengte en gewicht). In tegenstelling tot de fuikvangsten werden de vangsten van de glasaalgoten en de substraten niet voorzien van een vinkip als merkteken (zie verder). De vangsten van zowel de goten als de substraten werden uitgezet stroomopwaarts van Schipdonk (in het Kanaal Gent-Oostende).

Per locatie werden voor elk staal de lengte van maximum vijftig jonge palingen gemeten en genoteerd. Bij het vangen van een groter aantal, werd een representatief staal van 50 individuen genomen. Hiervoor werden de gevangen glasalen en elvers verdoofd door ze in 1L water te plaatsen waaraan 1.5 ml kruidnagelolie (opgelost in ethanol 96% in verhouding 1/10) was toegevoegd. Bij deze concentratie worden alle individuen binnen de 5 minuten verdoofd waarna ze zonder zichtbare schade binnen de 2 uur na analyse weer bijkomen in een met zuurstof beluchte emmer met water. De lengte werd met een meetlat bepaald tot op 1 mm nauwkeurig.

Bij het bepalen van de lengtefrequenties werden enkel vissen beschouwd waarvan lengtemetingen voorhanden waren (indien er meer dan 50 vissen waren van een bepaalde soort werd een representatief staal gemeten en de surplus enkel geteld). Aantallen en gemiddelde lengte werden uitgezet in functie van de tijd.

3.4.2 Fuikvangsten

Waar mogelijk werden schietfuike gebruikt. Ter hoogte van Balgerhoeke was het water soms te ondiep, daarom werd ook een hokfuike gebruikt voor deze specifieke locatie (deze hokfuike bleek echter relatief lage vangsten te hebben en werd daarom niet vervangen na diefstal). De locaties van de fuien worden weergegeven in Figuur 3.2 als gele sterren. De gevangen individuen werden verdoofd met kruidnagelolie (zie eerder), gemeten (lengte) en gemerkt a.d.h.v. een knip aan buikvin. Merken gebeurde enkel t.h.v. Balgerhoeke met als doel om na te gaan of (1) vissen t.h.v. de barrière van Balgerhoeke bleven en (2) of ze de barrière kunnen passeren (i.e., thv Schipdonk gevangen worden). Na het meten en merken, werden de

vissen stroomafwaarts van het knelpunt uitgezet. De vangst van de verschillende fuiken op een bepaalde dag op een bepaalde site (i.e., Balgerhoeke, Schipdonk sifon of Schipdonk sluizen) werden samen als één staal beschouwd. Om verschillen in het aantal fuiken en aantal dagen tussen ophalen van de vangsten in rekening te brengen werd gewerkt met de aantallen per fuikdag (catch-per-unit-effort = CPUE) tenzij anders aangegeven.

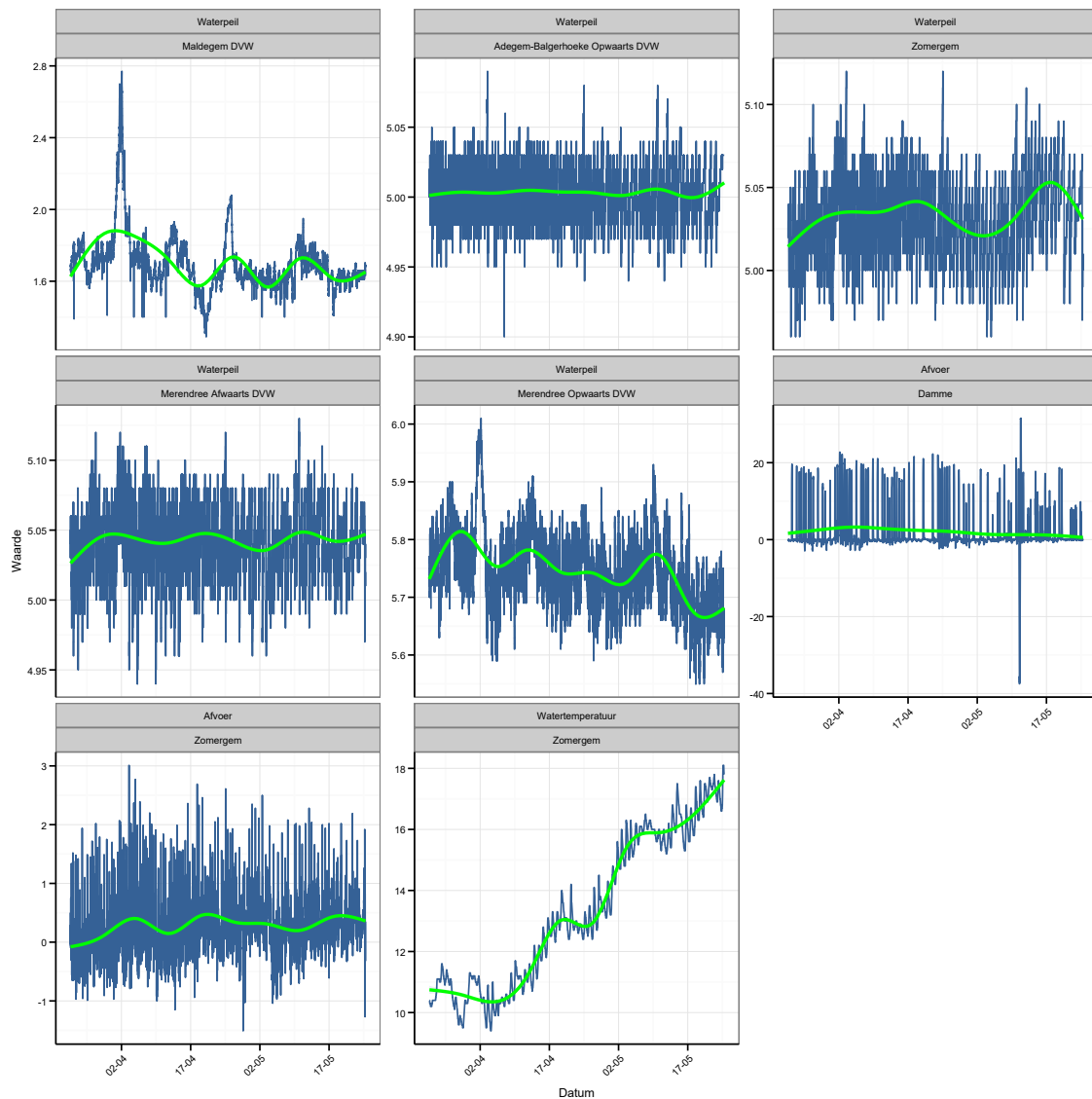
De gemeenschapsstructuur werd onderzocht in functie van ruimte en tijd m.b.v.

- Tabellen die aantallen (per fuikdag) per soort weergegeven per site en datum
- PCOA (Bray-Curtis dissimilariteit van de door de vierdemachtswortel getransformeerde aantallen per fuikdag en per soort) met weergave van de belangrijkste soorten.
- PERMANOVA met als factoren de datum, site (Balgerhoeke versus Schipdonk) en locatie binnen de site (Bray-Curtis dissimilariteit van de door de vierdemachtswortel getransformeerde aantallen per fuikdag en per soort).

Bij het bepalen van de lengtefrequenties werden enkel vissen beschouwd waarvan lengtemetingen voorhanden waren (indien er meer dan 50 vissen waren van een bepaalde soort werd de surplus enkel geteld en niet gemeten). Het aandeel hervangst en vissen met paaikenmerken werd uitgezet in functie van de tijd.

4.1 ABIOTIEK

vlaanderen.be/inbo 10.21436/inbor.132763058 Pagina 25 van 54



Figuur 4.2: Overzicht van metingen van waterpeil (m), afvoer (m³/s) en temperatuur (°C) voor relevante meetstations doorheen de tijd voor de studieperiode (22 maart 2023 - 25 mei 2023). De stations staan geordend van stroomafwaarts naar stroomopwaarts. De meetstations van Damme en Maldegem liggen in het pand Zeebrugge-Balgerhoeke. De meetstations van Adegem-Balgerhoeke, Zomergem en Merendree Afwaarts liggen in het pand Balgerhoeke-Schipdonk. Het meetstation Merendree Opwaarts ligt stroomopwaarts van Schipdonk. De groene lijn geeft de gesmoothe trend aan (span=1).

De afvoer stroomafwaarts van Balgerhoeke (meetpunt Damme) wordt gekenmerkt door plotse pieken van ongeveer 20 m³ en een gemiddelde afvoer van 2.03 m³/s (Tabel 4.1). Wanneer de piekdebieten niet in rekening worden gebracht bedraagt de gemiddelde afvoer -0.006 m³/s. De stroomopwaartse debieten (i.e. de negatieve waarden) bedragen 49 % van de data en zijn in absolute waarde niet meer dan 2.96 m³/s. De afvoer tussen Balgerhoeke en Schipdonk (meetpunt Zomergem) bedraagt zelden meer dan 2.5 m³/s, is gemiddeld 0.28 m³ en varieert tussen -1.51 m³/s en 3.01 m³/s. De stroomopwaartse debieten bedragen 26 % van de data en zijn in absolute waarde niet meer dan 1.51 m³/s. Ondanks het feit dat dit relatief lage debieten zijn, zijn deze wellicht wel voldoende voor verschillende technische vispassages. Een standaard bekkervispassage en vertical slot vispassage vereisen bijvoorbeeld 0.15 m³/s. Een De Wit-vispassage, een variant op de vertical slot vispassage, is uitermate geschikt voor regio's waar weinig water voorhanden is en waar te weinig afvoer is voor een nevenbeek (Coenen, 2013).

Debiet	Damme	Zomergem
med. debiet (m ³ /s)	0.00	0.27
gem. debiet (m ³ /s)	2.03	0.28
Aandeel studieperiode < 0.1 m ³ /s	0.66	0.33
Aandeel studieperiode < 0.25 m ³ /s	0.74	0.47
Aandeel studieperiode < 0.5 m ³ /s	0.79	0.71
Aandeel studieperiode < 1 m ³ /s	0.81	0.94
Aandeel studieperiode < 2 m ³ /s	0.84	0.99
Aandeel studieperiode < 3 m ³ /s	0.85	1.00
Aandeel studieperiode < 4 m ³ /s	0.86	1.00
Aandeel studieperiode < 5 m ³ /s	0.86	1.00
Aandeel studieperiode < 10 m ³ /s	0.88	1.00
Aandeel studieperiode < 20 m ³ /s	0.98	1.00
Aandeel studieperiode < 30 m ³ /s	1.00	1.00

4.2.1 Data-overzicht

vlaanderen.be/inbo 10.21436/inbor.132763058 Pagina 27 van 54

In totaal werden t.h.v. de sifon meer vissen gevangen dan t.h.v. de sluis van Schipdonk ondanks dat t.h.v. de sluis twee fuiken werden gebruikt en t.h.v. de sifon slechts één.

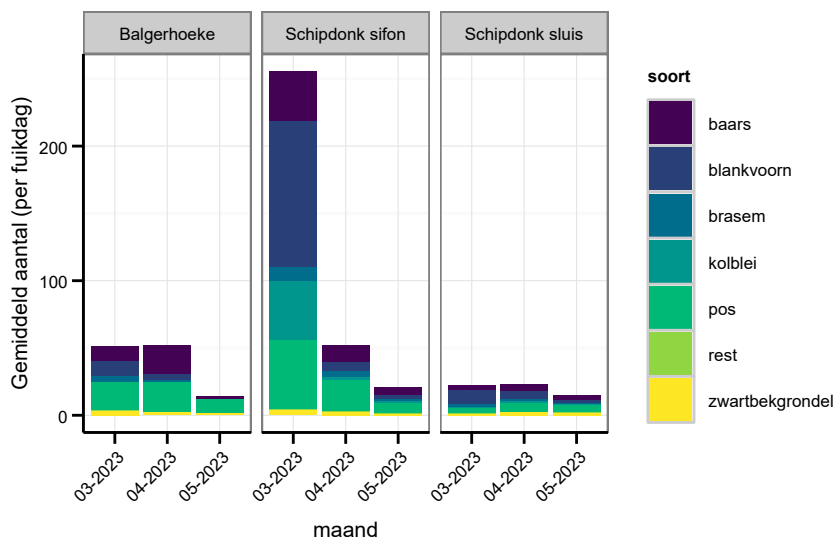
Tabel 4.2: Overzicht vangsten per meetplaats en datum. balfuik: hokfuik en schietfuiken linkeroever en rechteroever Balgerhoeke, balgoo: Palinggoot Balgerhoeke, balsgo: Substraat t.h.v. palinggoot Balgerhoeke, balli: Substraat linkeroever Balgerhoeke, balre: Substraat rechteroever Balgerhoeke, balslu: Substraat oude sluis Balgerhoeke, mersif: Schietfuik sifon Merendree, merlo: Schietfuik linkeroever sluis Merendree, merro: Schietfuik rechteroever sluis Merendree. De substraten te Schipdonk staan hier niet weergegeven omdat er nooit paling in werd gevonden.

Meetplaatscode	hokfuik	schietfuik	palinggoot	substraat
balfuik	105	4470	0	0
balgoo	0	0	59	0
balli	0	0	0	506
balre	0	0	0	600
balsgo	0	0	0	65
balslu	0	0	0	99
merlo	0	2305	0	0
merro	0	1865	0	0
mersif	0	4354	0	0

voornamelijk het gevolg van verschillen in voorkomen van pos (vnl. Balgerhoeke), baars (vnl. Balgerhoeke), brasem (vnl. Schipdonk sifon), blankvoorn (vnl. Schipdonk sifon) en kolblei (vnl. Schipdonk sifon).

Tabel 4.4: Soortensamenstelling en overzicht van de gemiddelde aantallen per fuikdag, per vissoort en per maand in Balgerhoeke (sampling effort in rekening gebracht)

soort	03-2023	04-2023	05-2023
baars	11.40	21.89	2.21
bittervoorn	0.50	0.76	0.33
blankvoorn	11.24	4.19	0.25
brasem	3.75	1.45	0
driedoornige stekelbaars	0.25	0	0
hybride	0.25	0	0
kolblei	0.50	0.46	0.21
paling	0.81	0.68	0.76
pos	20.87	21.92	9.83
rietvoorn	0.25	0	0
riviergrondel	1.17	0.51	0
snoek	0.24	0.25	0.18
snoekbaars	0.25	0.46	0.17
zwartbekgrondel	3.05	1.98	1.36
blauwband	0	0.25	0
giebel	0	0.21	0.25
karper	0	0.25	0
zeelt	0	0	0.25
zonnebaars	0	0	0.25



Figuur 4.3: Verdeling van de gemiddelde vangsten per fuikdag en per vissoort in Balgerhoeke, Schipdonk sifon en Schipdonk sluis per maand (rest = overige vissoorten die elk minder dan 5% van de vangsten uitmaken).

Tabel 4.5: Soortensamenstelling en overzicht van de totale fuikvangsten per vissoort en per maand in Balgerhoeke (sampling effort niet in rekening gebracht)

soort	03-2023	04-2023	05-2023
baars	245	1163	92
bittervoorn	4	42	4
blankvoorn	237	221	3
brasem	62	52	0
driedoornige stekelbaars	1	0	0
hybride	1	0	0
kolblei	2	9	2
paling	13	31	25
pos	460	1206	399
rietvoorn	1	0	0
riviergrondel	20	20	0
snoek	3	7	4
snoekbaars	1	9	2
zwartbekgrondel	68	107	50
blauwband	0	1	0
giebel	0	2	1
karper	0	1	0
zeelt	0	0	3
zonnebaars	0	0	1

Tabel 4.6: Soortensamenstelling en overzicht van de gemiddelde aantallen per fuikdag, per vissoort en per maand in Schipdonk sifon (sampling effort in rekening gebracht)

soort	03-2023	04-2023	05-2023
baars	37.32	12.36	6.01
bittervoorn	0.41	0	0
blankvoorn	108.74	6.45	2.92
brasem	9.78	4.97	1.69
hybride	0.45	0.50	0
kolblei	43.67	2.10	1.28
paling	1.19	1.19	0.97
pos	51.84	22.86	7.58
riviergrondel	0.83	0.75	0.62
snoek	0.33	0.33	0.33
snoekbaars	1.35	0.67	0.38
zeelt	0.47	0.42	0.33
zwartbekgrondel	3.61	2.50	0.83
blauwband	0	0.33	0.50
giebel	0	0.42	0
rietvoorn	0	0.50	0
zonnebaars	0	0.67	0.50

Tabel 4.7: Soortensamenstelling en overzicht van de totale fuikvangsten per vissoort en per maand in Schipdonk sifon (sampling effort niet in rekening gebracht)

soort	03-2023	04-2023	05-2023
baars	392	336	117
bittervoorn	1	0	0
blankvoorn	1049	160	60
brasem	65	127	25
hybride	2	1	0
kolblei	448	37	21
paling	9	25	12
pos	524	639	143
riviergrondel	4	8	4
snoek	1	2	1
snoekbaars	12	14	2
zeelt	3	2	1
zwartbekgrondel	25	56	10
blauwband	0	1	1
giebel	0	2	0
rietvoorn	0	1	0
zonnebaars	0	8	3

Tabel 4.8: Soortensamenstelling en overzicht van de gemiddelde aantallen per fuikdag, per vissoort en per maand aan de Schipdonk sluizen (sampling effort in rekening gebracht)

soort	03-2023	04-2023	05-2023
baars	4.03	4.85	3.25
bittervoorn	0.17	0	0
blankvoorn	10.48	5.95	2.58
brasem	1.83	1.33	0.42
kolblei	0.99	2.01	0.83
paling	0.71	0.35	0.34
pos	3.93	6.18	5.56
riviergrondel	0.63	0.36	0.21
snoekbaars	0.84	0.47	0.37
zwartbekgrondel	0.74	2.26	1.66
giebel	0	0.17	0
hybride	0	0.25	0
karper	0	0.21	0
rietvoorn	0	0.17	0
snoek	0	0.17	0
zonnebaars	0	0.31	0.33
blauwband	0	0	0.12
zeelt	0	0	0.12

Tabel 4.9: Soortensamenstelling en overzicht van de totale fuikvangsten per vissoort en per maand in Schipdonk sluis (sampling effort niet in rekening gebracht)

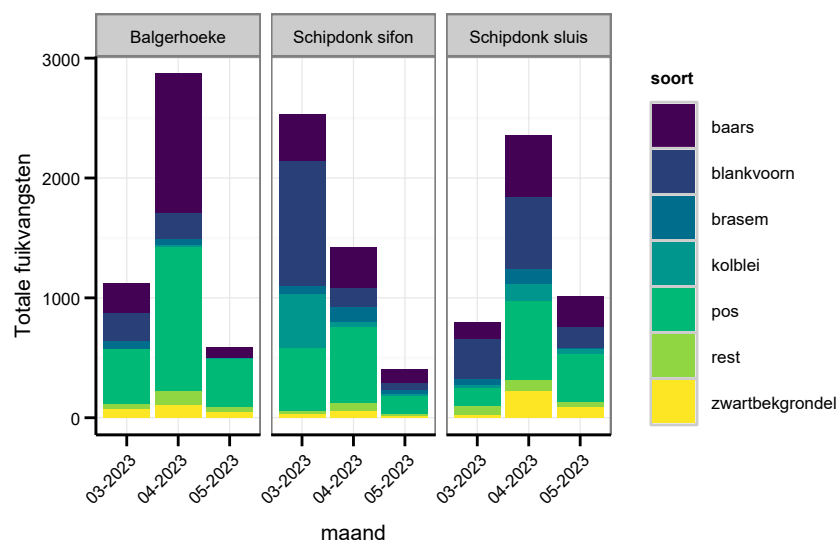
soort	03-2023	04-2023	05-2023
baars	149	514	256
bittervoorn	1	0	0
blankvoorn	333	605	178
brasem	46	127	4
kolblei	28	134	46
paling	28	17	12
pos	150	667	397
riviergrondel	16	19	2
snoekbaars	27	33	18
zwartbekgrondel	24	220	87
giebel	0	1	0
hybride	0	1	0
karper	0	2	0
rietvoorn	0	2	0
snoek	0	2	0
zonnebaars	0	13	9
blauwband	0	0	1
zeelt	0	0	1

Tabel 4.10: Soortensamenstelling en overzicht van de gemiddelde vangsten per fuikdag, per vissoort voor de hele periode voor Schipdonk en Balgerhoeke (sampling effort in rekening gebracht)

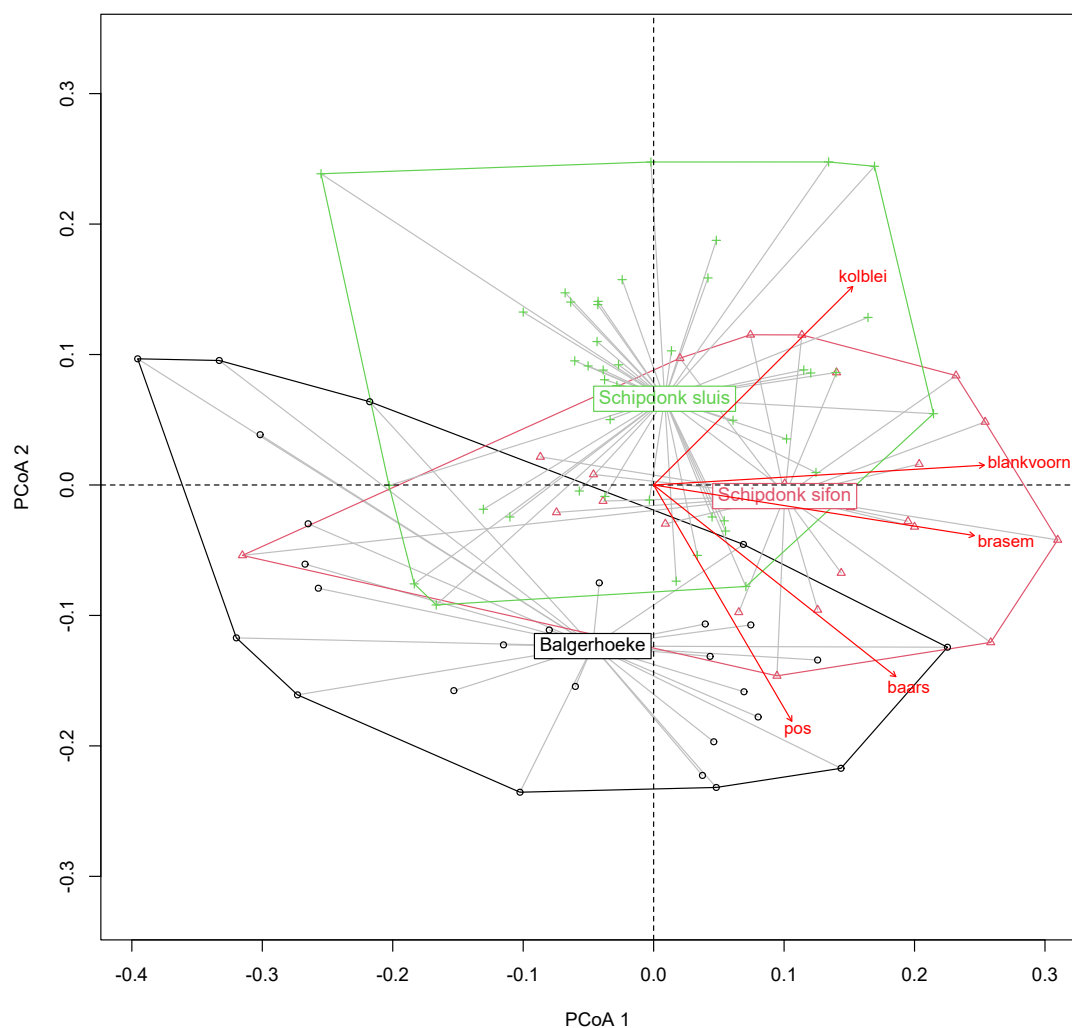
soort	Balgerhoeke	Schipdonk sifon	Schipdonk sluis
baars	13.97	15.17	4.23
bittervoorn	0.67	0.41	0.17
blankvoorn	5.63	23.93	5.67
blauwband	0.25	0.42	0.12
brasem	2.22	5.04	1.37
driedoornige stekelbaars	0.25	0	0
giebel	0.22	0.42	0.17
hybride	0.25	0.47	0.25
karper	0.25	0	0.21
kolblei	0.39	11.64	1.41
paling	0.72	1.12	0.46
pos	18.18	23.25	5.59
rietvoorn	0.25	0.50	0.17
riviergrondel	0.73	0.74	0.43
snoek	0.22	0.33	0.17
snoekbaars	0.35	0.81	0.52
zeelt	0.25	0.43	0.12
zonnebaars	0.25	0.62	0.32
zwartbekgrondel	2.05	2.22	1.84

Tabel 4.11: Soortensamenstelling en overzicht van de totale fuikvangsten per vissoort voor de hele periode voor Schipdonk en Balgerhoeke (sampling effort niet in rekening gebracht)

soort	Balgerhoeke	Schipdonk sifon	Schipdonk sluis
baars	1500	845	919
bittervoorn	50	1	1
blankvoorn	461	1269	1116
blauwband	1	2	1
brasem	114	217	177
driedoornige stekelbaars	1	0	0
giebel	3	2	1
hybride	1	3	1
karper	1	0	2
kolblei	13	506	208
paling	69	46	57
pos	2065	1306	1214
rietvoorn	1	1	2
riviergrondel	40	16	37
snoek	14	4	2
snoekbaars	12	28	78
zeelt	3	6	1
zonnebaars	1	11	22
zwartbekgrondel	225	91	331



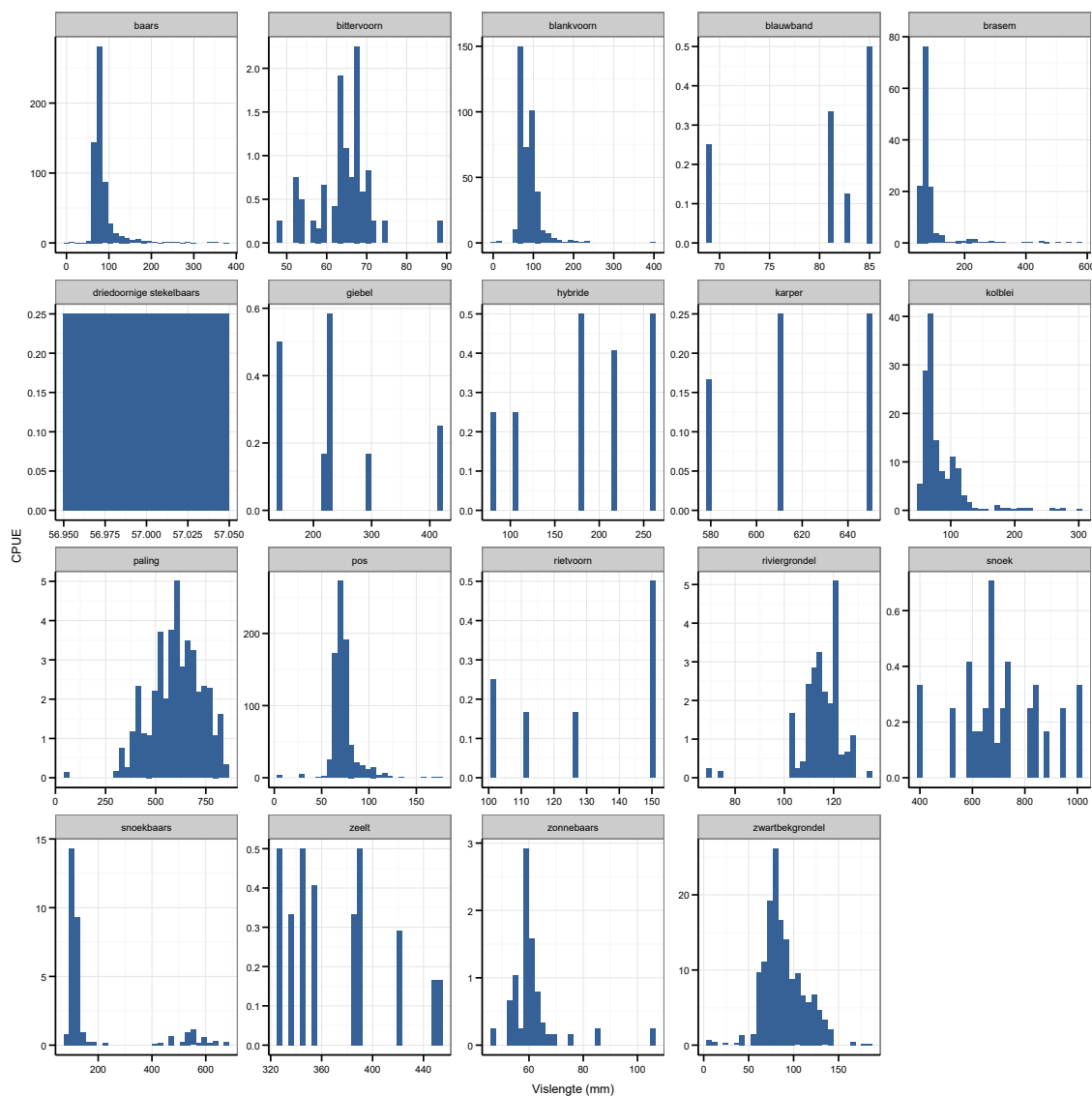
Figuur 4.4: Verdeling van de totale fuikvangsten per vissoort in Balgerhoeke, Schipdonk sifon en Schipdonk sluis per maand (rest = overige vissoorten die elk minder dan 5% van de vangsten uitmaken).



Figuur 4.5: Principale coördinaten analyse (PCOA, CPUE, vierde-machtswortel transformatie, Bray-Curtis afstanden) met weergave van de verschillende sites (als omkaderingen) en de belangrijkste soorten (weergave als pijlen met lengte pijlen representatief voor bijdrage; $p > 0.05$ en $R^2 > 0.4$) om verschillen in gemeenschapsstructuur te verklaren.

4.2.2.2 Lengteverdeling

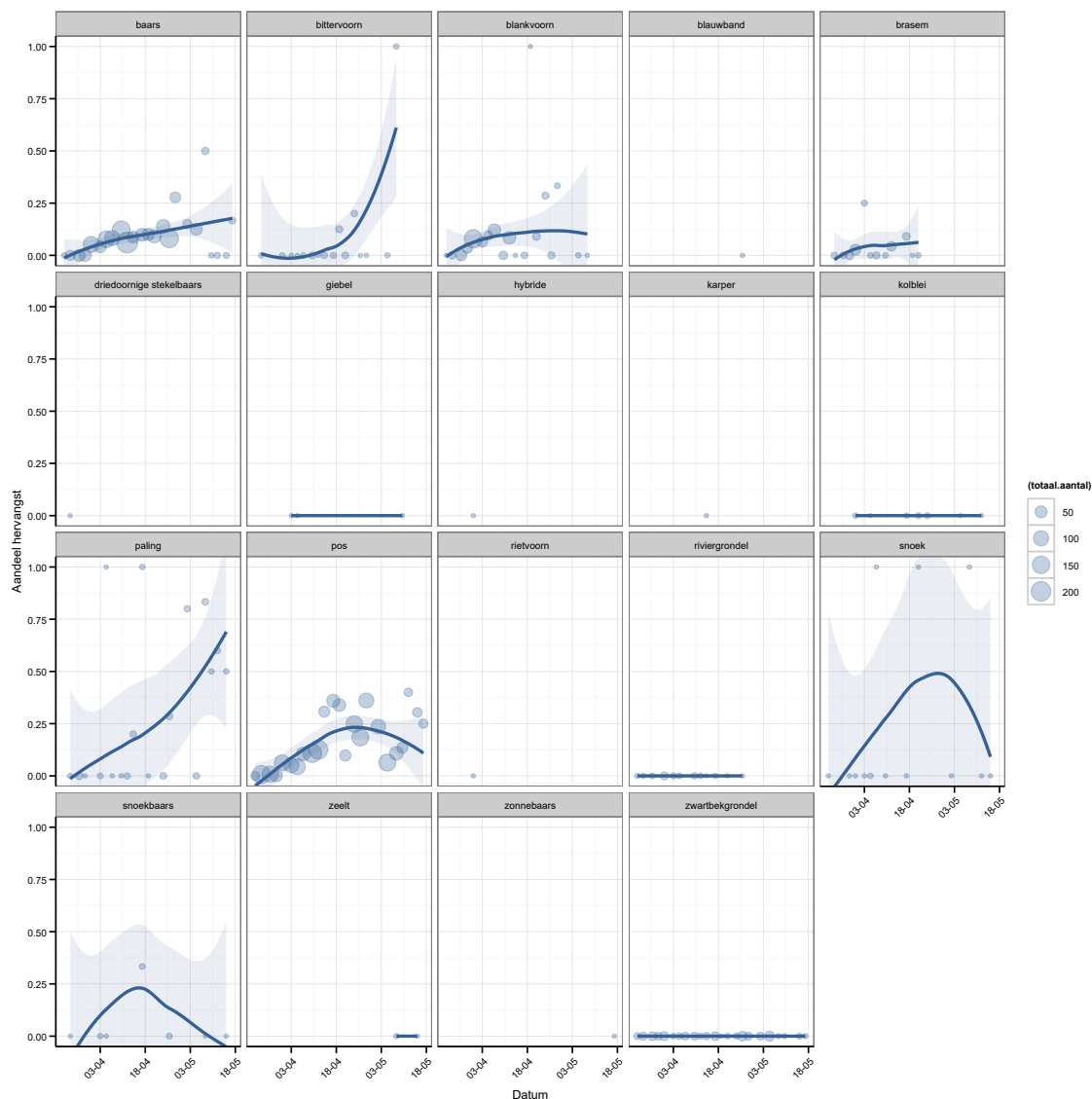
De lengteverdeling per soort (Figuur 4.6) verschilde in een aantal gevallen tussen de drie locaties (Balgerhoeke, sluisen van Schipdonk en de sifon van Schipdonk). Voor blauwband, driedoornige stekelbaars, giebel, karper, rietvoorn, snoek, en zeelt en zonnebaars waren de aantallen te klein om onderbouwde conclusies te trekken over mogelijke verschillen tussen de locaties. Baars was groter t.h.v. de Schipdonk sluis (Figuur 4.7). Blankvoorn was het grootst t.h.v. Balgerhoeke gevolgd door Schipdonk sluis en sifon. Brasem was groter t.h.v. Schipdonk sluis. Kolblei was groter t.h.v. de Schipdonk sluis dan Schipdonk sifon. Pos was het kleinst t.h.v. Schipdonk sluis. Snoekbaars was veel groter in Balgerhoeke. Zwartbekgrondel was het grootst t.h.v. Balgerhoeke gevolgd door Schipdonk sifon en sluis.



Figuur 4.6: Lengteverdeling voor de verschillende gevangen soorten voor de hele periode voor Schipdonk en Balgerhoeke. De inverse van de CPUE werd gebruikt als gewicht voor de metingen.

4.2.2.3 Hervangst

Enkel in Balgerhoeke werden vissen gemerkt om na te gaan hoeveel vissen zich ophopen ter hoogte van de barrière. Het aandeel hervangst steeg doorheen de tijd licht voor baars, bittervoorn, blankvoorn en brasem en leek sterk te stijgen voor paling (Figuur 4.8). Pos, snoek en snoekbaars kenden aanvankelijk een stijging in hervangst maar deze daalde weer na een zekere periode. Giebel, kolblei en riviergrondel werden nooit opnieuw gevangen. Zwartbekgrondels werden verwijderd bij vangst omdat dit een invasieve exoot is.



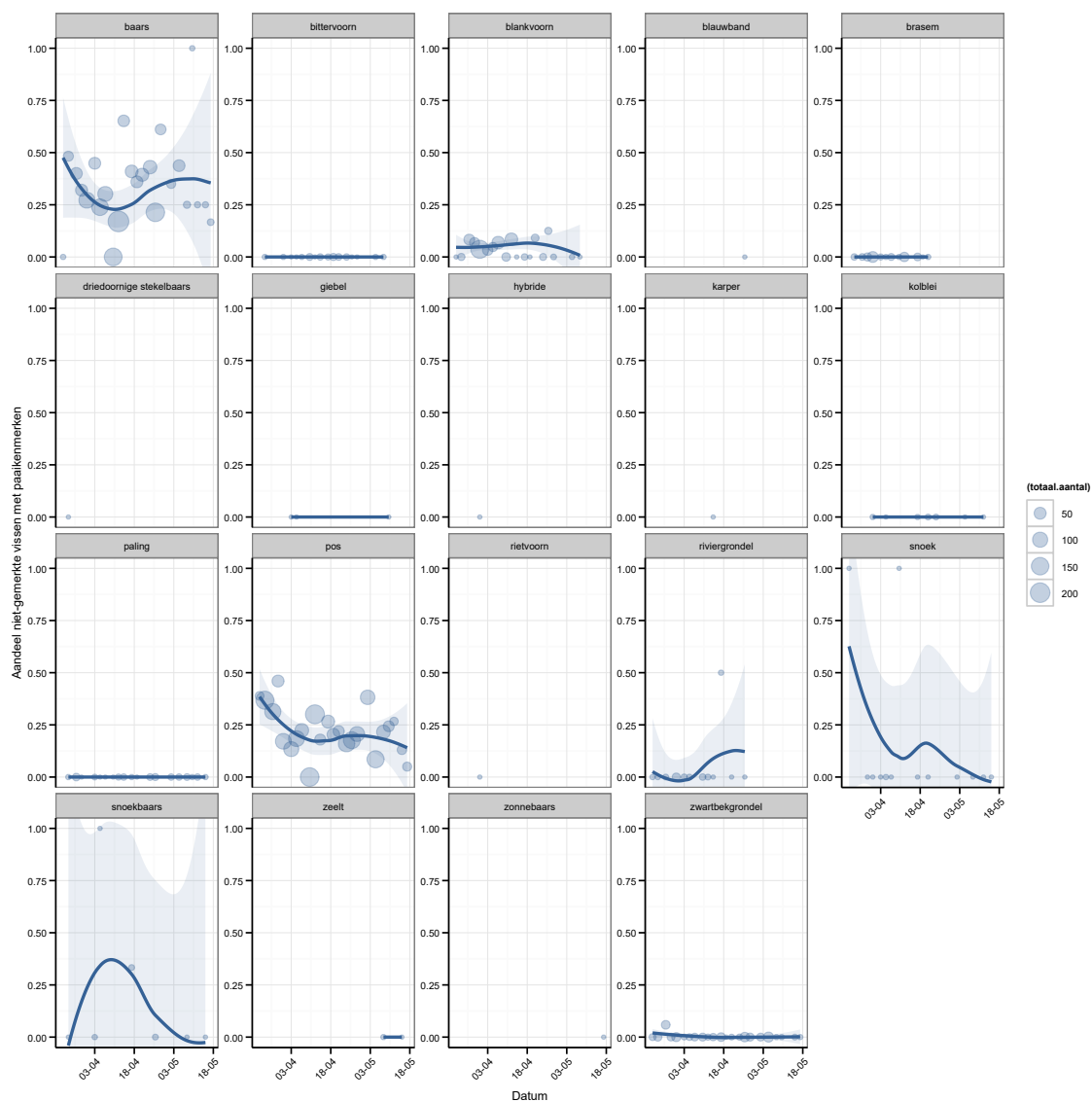
Figuur 4.8: Aandeel hervangst op totale fuikvangst per soort. Elk punt geeft de vangst van één dag weer. De grootte van de punten weerspiegelt de totale vangst per soort. Loess smoothing (span=1) werd gebruikt om een eventuele trend te visualiseren (blauwe lijn). Voor deze smoothing krijgen dagen met een grotere vangst een groter gewicht (lineaire verhouding toekenning gewicht). 95% betrouwbaarheidsintervallen van de loess smoothing zijn weergegeven als een grijze band.

4.2.2.4 Reproductie

Om zicht te krijgen op het aandeel individuen met paaienmerken, werden hervangsten buiten beschouwing gelaten (Figuur 4.9). Op die manier werd verhinderd dat vissen die zich ophopen ter hoogte van de barrière meerdere keren werden geteld. Van de soorten waarvan er voldoende individuen waren om betrouwbare trends te bekomen, vertoonden vooral baars (25-50%) en pos (15-45%) paaienmerken. De trend doorheen de tijd was voor beide soorten grillig maar leek voor baars eerst te dalen en dan te stijgen

////////////////////////////////////

Men zou verwachten dat individuen die op het punt staan om te paaien een grotere drang hebben om te migreren. Dit zou betekenen dat er een grotere kans is om paaienmerken te observeren bij gemerkte individuen (i.e., individuen die meermaals verbleven t.h.v. de barrière). Wanneer we echter het aandeel vissen met paaienmerken die slechts één keer werden gevangen (i.e. niet-gemerkte vissen: Figuur 4.9) vergelijken met het aandeel hervangsten met paaienmerken (i.e. gemerkte vissen: Figuur 4.10) dan zien we bij baars en pos een verlaagde kans op paaienmerken gegeven dat een individu hervangst is (i.e., gemerkt is). Dit wordt ook bevestigd door een logistische gam analyse voor baars, blankvoorn, en pos waarbij voor elke soort een model is ontwikkeld met als respons of een individu al dan niet paaienmerken vertoont en als verklarende factoren de vislengte, of een individu al dan niet hervangst is (i.e., gemerkt is) en de datum (die werd beschouwd als een smooth factor, waarbij we niet zozeer geïnteresseerd zijn in het effect van deze factor maar het effect ervan erkennen en in rekening brengen). Voor baars en pos had datum als smooth factor een significant effect wat te verwachten is gezien het sterk temporeel karakter van paaienmerken. Voor baars en pos had de aanwezigheid van een merkteken (i.e. hervangst) een significant negatief effect op de aanwezigheid van paaienmerken. Dit suggereert dat vissen met paaienmerken zich niet bij de barrière ophoopten. Voor baars was ook de vislengte belangrijk waarbij langere individuen een significant grotere kans hadden om paaienmerken te vertonen. Voor blankvoorn had geen enkele factor (datum, merkteken of vislengte) een significant effect op de kans op paaienmerken.

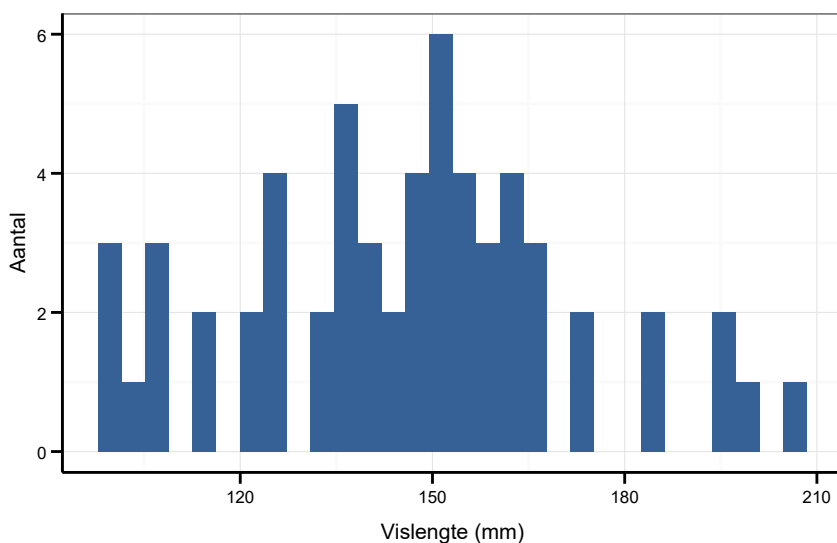


Figuur 4.9: Aandeel niet-gemerkte vissen met paaienmerken op totale fuikvangst per soort. Elk punt geeft de vangst van één dag weer. De grootte van de punten weerspiegelt de totale vangst per soort. Loess smoothing (span=1) werd gebruikt om een eventuele trend te visualiseren (blauwe lijn). Voor deze smoothing krijgen dagen met een grotere vangst een groter gewicht (lineaire verhouding toekenning gewicht). 95% betrouwbaarheidsintervallen van de loess smoothing zijn weergegeven als een grijze band.

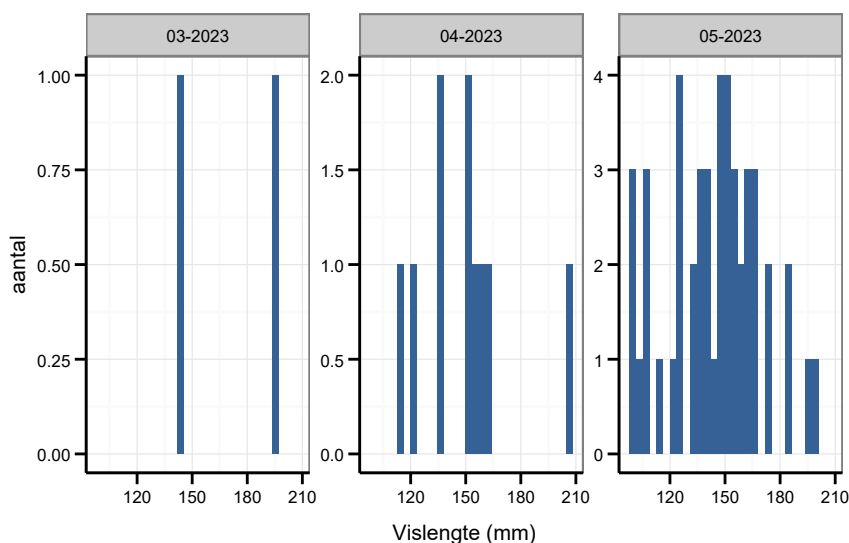
4.2.3 Jonge paling

Op basis van de lengteverdeling (Figuur 4.11 en Figuur 4.15) kunnen we stellen dat de gevangen jonge paling vooral elvers betrof. Er werden enkel elvers gevonden t.h.v. Balgerhoeke. Het feit dat geen elvers gevangen werden in de substraten t.h.v. Schipdonk geeft aan dat elvers niet in staat zijn om de barrière van Balgerhoeke te passeren. In de palinggoot te Balgerhoeke werden tijdens de studieperiode 59 elvers gevangen met een gemiddelde lengte van 146 mm (standaarddeviatie van 25 mm). In de substraten te Balgerhoeke werden in totaal 1268 elvers gevangen met een gemiddelde lengte van 151 mm (standaarddeviatie van 29 mm). De lengtes lijken geen trend te vertonen doorheen de tijd (Figuur 4.13 en Figuur 4.17). Zowel voor de palinggoot als de substraten was er een piek in aantallen rond midden mei. Daarvoor bleven de aantallen nagenoeg constant. Aangepast spuibeheer ter hoogte van Zeebrugge werd toegepast op 18/3, 31/3, 22/4, 27/4, 2/5 en 3/5 voor 270, 255, 450, 285, 450 en 575 minuten respectievelijk.

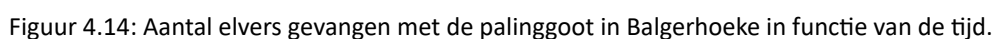
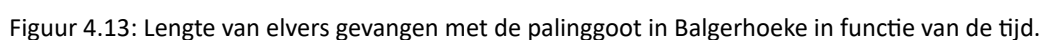
4.2.3.1 Palinggoot

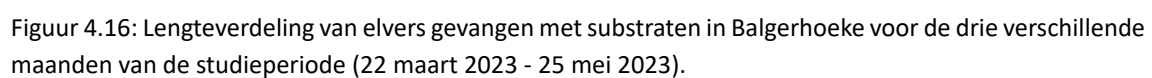
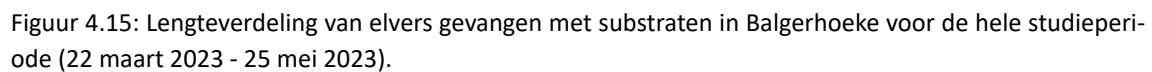


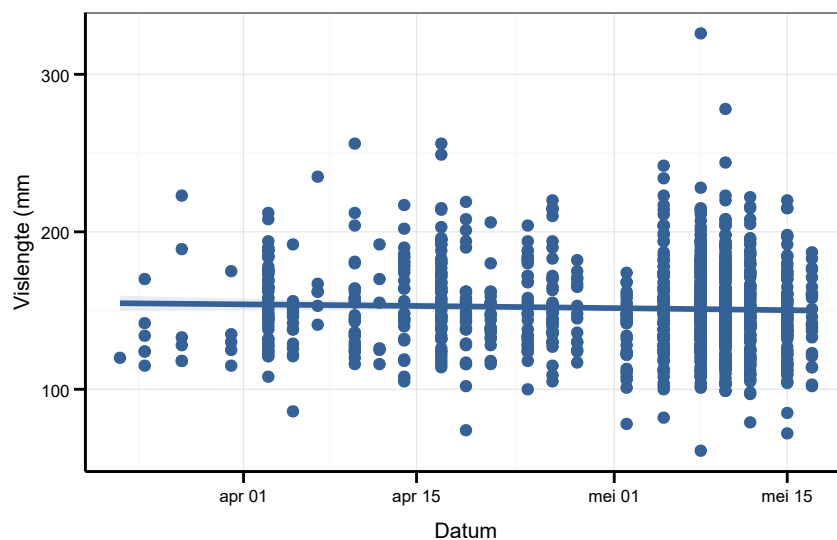
Figuur 4.11: Lengteverdeling van elvers gevangen met de palinggoot in Balgerhoeke voor de hele studieperiode (22 maart 2023 - 25 mei 2023).



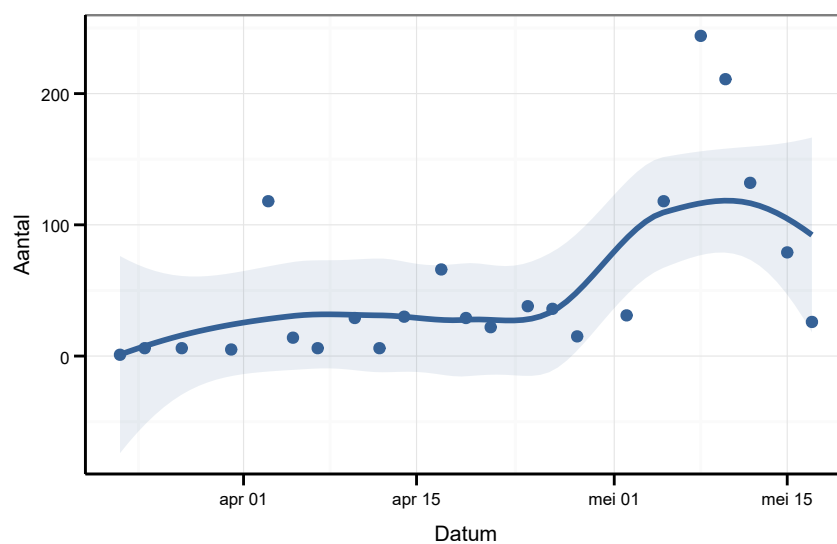
Figuur 4.12: Lengteverdeling van elvers gevangen met de palinggoot in Balgerhoeke voor de drie verschillende maanden van de studieperiode (22 maart 2023 - 25 mei 2023).







Figuur 4.17: Lengte van elvers gevangen met substraten in Balgerhoeke in functie van de tijd.



Figuur 4.18: Aantal elvers gevangen met de substraten in Balgerhoeke in functie van de tijd.

5 DISCUSSIE

Connectiviteit van de Vlaamse waterlopen is een belangrijk streefpunt voor de bescherming en herstelling van vispopulaties (Belletti *et al.*, 2020). Identificatie van prioritaire barrières en voorstellen ter verbetering zijn daarbij cruciaal. Het sluisstuwcomplex in Balgerhoeke in het Afleidingskanaal van de Leie (AKL) bleek in deze studie een volledige barrière voor stroomopwaartse vismigratie. Er werden namelijk geen glasalen of gemerkte vissen geobserveerd stroomopwaarts van het sluisstuwcomplex. Daarnaast suggereert de hoge concentratie van verschillende paaiende vissoorten zoals baars en blankvoorn stroomafwaarts van de complexen van zowel Balgerhoeke als Schipdonk, dat ook het complex van Schipdonk een belangrijke barrière vormt voor stroomopwaarts migrerende soorten. Om stroomopwaartse beweging van vissen naar het Groot Pand te realiseren moeten daarom de barrières verwijderd worden of moeten er voorzieningen voor vispassage bijgebouwd worden.

5.1 WAAROM VORMEN DE BARRIÈRES IN HET AKL EEN PROBLEEM?

Doordat stroomafwaarts van Balgerhoeke de verbinding met de zee temporeel wordt gerealiseerd door aangepast spuibeheer (Buysse *et al.*, 2015) zou het herstel van de connectiviteit voor het AKL een aanzienlijk effect kunnen hebben op populaties van diadrome soorten zoals paling en rivierprik (Vereecken *et al.*, 2008). Het AKL zou een cruciale migratieroute kunnen vormen naar het stroomgebied van de Leie en Bovenschelde, zeker wanneer het voldoende grote en continue afvoerdebieten ontvangt. De grote aantallen elvers die gevangen werden stroomafwaarts van de barrière te Balgerhoeke en de afwezigheid van elvers stroomopwaarts ervan bevestigen de meerwaarde die een herstelde connectiviteit met zich zou meebrengen voor diadrome soorten die afhankelijk zijn van toegang tot zowel mariene als zoetwaterhabitats.

Voor de momenteel aanwezige brakwater- en zoetwatervissen lijkt de connectiviteit voor de studieperiode (22 maart 2023 - 25 mei 2023) minder urgent op basis van de huidige data. Paarrijpe vissen verbleven immers niet lang voor de barrière. Inderdaad, individuen van de soorten die dikwijls paaienmerken vertoonden, i.e., baars en pos, werden namelijk zelden hervangen ter hoogte van de barrière van Balgerhoeke. Meer zelfs, de kans dat een baars of pos paaienmerken vertoonde was significant kleiner wanneer het hervangst betrof, wat erop zou kunnen wijzen dat paarrijpe individuen omkeren en stroomafwaarts van de barrière paaien. Na visuele inspectie leken bovendien de habitats net stroomafwaarts van de barrière te Balgerhoeke van goede kwaliteit met voldoende macrofyten en ondiep water waarin paaiende brasem werd geobserveerd (hoe het paaisucces en de rekrutering van de geobserveerde soorten beïnvloed wordt door de absolute barrière van Balgerhoeke kan echter niet met zekerheid bepaald worden met de huidige data). Daarenboven komen, ondanks de verschillende gemeenschapsstructuur, dezelfde soorten voor stroomopwaarts en stroomafwaarts van de barrière te Balgerhoeke, wat aangeeft dat de soortenrijkdom niet tot weinig zou veranderen door een verhoogde connectiviteit.

Wat zou de meerwaarde van een verhoogde connectiviteit voor niet-diadrome soorten dan wel kunnen zijn? Het verschil in gemeenschapsstructuur tussen Schipdonk en Balgerhoeke is voornamelijk het gevolg van een verschil in relatieve aantallen die zich manifesteert in een beduidend hogere biodiversiteit (i.e., shannon diversiteit) juist stroomafwaarts van Schipdonk. Dit zou kunnen wijzen op een meer evenredige verdeling van de verschillende types beschikbaar habitat voor het pand Balgerhoeke-Schipdonk, maar het is belangrijk om hierbij te vermelden dat slechts aan de randen van de panden werd bemonsterd waardoor

stroomsnelheden op te 'sprinten'. Paling heeft bovendien ook niet de sterkste zwemcapaciteiten in vergelijking met bijvoorbeeld sterke zwemmers zoals zalmachtigen (i.e. bovendien zijn zalmachtigen hier uiteraard niet van toepassing). Door extra stroming in het AKL te genereren zal er bovendien meer stroomopwaartse migratie plaatsvinden richting de knelpunten waardoor de noodzaak tot sanering ook groter wordt.

5.3 KUNNEN VISPASSAGES VOORZIEN WORDEN?

Als (gedeeltelijke) verwijdering van de kunstwerken niet haalbaar of wenselijk is, moet worden overgegaan tot de aanleg van migratiebevorderende, technische constructies (vispassages). Welk type vispassage dient er dan gebouwd te worden? We adviseren een samenwerking met het Waterbouwkundig Labo (WL) maar vatten hier alvast kort de mogelijkheden samen en voorzien een korte bespreking in functie van de verzamelde resultaten.

Zoals aangegeven is de passage van diadrome soorten, voornamelijk paling, prioritair. Mogelijkheden daarvoor zijn een palinggoot of technische vispassage zoals een bekkenvistrap, vertical slot, of De Wit-vispassage. Een palinggoot is een relatief kleinschalig kunstwerk dat de stroomopwaartse migratie van glasaal en elvers mogelijk maakt, geen migratie toelaat van andere soorten en maar heel weinig water vereist om goed te functioneren (Mouton *et al.*, 2009). Naast een palinggoot, is er ook een ruim aanbod aan technische vispassages, waaronder de De Wit-vispassage die voor meerdere soorten stroomopwaartse migratie toelaat, relatief lage eisen stelt voor afvoer en daarom veel wordt geïnstalleerd in regio's waar weinig water voorhanden is (Coenen *et al.*, 2013). Het sluisstuwcomplex in Balgerhoeke is recent vernieuwd maar de oude sluis is nog steeds aanwezig. Deze ruimte leent zich tot het bouwen van een technische vispassage. Ter hoogte van Schipdonk is het verval gemiddeld bijna vijf keer kleiner dan t.h.v. Balgerhoeke wat een aanzienlijk kleinere opstelling zou vergen om het verschil in waterpeil te overbruggen. Voor al de voorgestelde technieken is het succes van de passage echter sterk afhankelijk van de locatie, plaatsing en omgevingscondities aangezien een voldoende waarneembare en continue lokstroom t.h.v. de vispassage cruciaal is.

5.4 ZULLEN CORRECT GEBOUWDE VISPASSAGES VAN HET AKL EEN BELANGRIJKE VISMIGRATIEROUTE MAKEN?

Een belangrijke overweging, voor zowel de werking van de vispassage als het gedrag van vissen, is het debietverloop. Vispassages vereisen een zeker debiet om vissen aan te trekken (i.e., lokstroom) en de eigenlijke passage (i.e., het hydraulisch functioneren) te realiseren (Elings *et al.*, 2023). Daarenboven hebben zowel volwassen (Verhelst *et al.*, 2018) als jonge Europese paling (Van Wichelen *et al.*, 2021) als verscheidene andere diadrome en potamodrome soorten een voldoende sterke en eenduidige waterstroom nodig om zich te oriënteren en te migreren in de panden zelf. Het AKL wordt momenteel gebruikt als een opvangsysteem voor piekdebieten wat bepalend is voor het debietverloop van haar panden. De stuwen van het complex in Balgerhoeke regelen het waterpeil van het stroomopwaartse pand Schipdonk-Balgerhoeke. Bij peilopzet (t.o.v. het streefpeil) openen de stuwen en voeren ze het overtollige water af naar het stroomafwaartse pand Balgerhoeke-Zeebrugge. Wanneer in het opwaartse pand het peil opnieuw gezakt is tot onder het streefpeil sluiten de stuwen opnieuw. Onder het huidige stuwbeheer heeft het AKL een beperkte en discontinue stroming. De mogelijkheden voor vismigratie, vispassage-efficiëntie en eventueel aangepast beheer moeten in functie van die werking geëvalueerd worden.

5.4.1 Hoe zal het debietverloop de efficiëntie van de vispassage beïnvloeden?

Het debietverloop zal de efficiëntie van vispassages deels bepalen doordat het sturend is voor de magnitude van de lokstroom en hydraulisch functioneren van de passage (Williams *et al.*, 2012). Gegeven de eerder vermelde potentiële uitdagingen m.b.t. het voorzien van een continue afvoer voor het AKL is de gevoeligheid van de vispassage voor lage debieten een cruciale parameter om mee te nemen in de selectie

Aangezien de meeste migratie van elvers en volwassenen paling respectievelijk in het voorjaar en najaar gebeurt en er dan typisch minder uitgesproken watertekorten zijn, zal de waterhoeveelheid voor paling wellicht geen limiterende factor zijn. Een meer continue verdeling van het debiet over de tijd is echter wel belangrijk en zou een aangepast beheer vereisen. In plaats van de stuw een paar korte momenten per maand open te zetten zou het water continu over de vistrap passeren (met de optie om gecombineerd de stuw in werking te brengen mocht dit nodig zijn). Doordat de vistrap dan eigenlijk de functie overneemt van de stuw, zal het voor vissen ook eenvoudiger zijn om de vistrap te lokaliseren aangezien de stroom over de stuw beperkt of zelfs afwezig is. Een continue stroom langs de vispassage zou niet enkel de attractie-efficiëntie (aandeel vissen dat wordt aangetrokken door de vispassage) en ingangsefficiëntie (aandeel vissen dat de vispassage vindt) van stroomopwaarts-bewegende vissen verhogen, het zou ook stroomafwaarts-bewegende vissen een meer continue richtingaanwijzer kunnen aanbieden dan de sporadische stuwwerking. Voor de site van Balgerhoeke is dit een potentieel door het WL te toetsen scenario. Een specifieke voorstudie waarbij doelstellingen, locatie, plaatsing, omgevingscondities en waterbeheer worden afgewogen, wordt aangeraden voor het onderbouwd selecteren en plaatsen van een geschikte vispassage.

In het pand Balgerhoeke-Schipdonk reikt de afvoer zelden hoger dan $1 \text{ m}^3/\text{s}$. De periodieke hoge afvoerpieken van het pand Zeebrugge-Balgerhoeke, die als gevolg van het spuien te Zeebrugge jonge paling kan aanzetten om stroomopwaarts te migreren door het deels nabootsen van de getijdenwerking, ontbreken hier. Netto is er wel een hogere en meer continue stroomafwaartse stroming in het pand Balgerhoeke-Schipdonk dan in het pand Zeebrugge-Balgerhoeke wanneer de afvoerpieken worden genegeerd. **Palingmigratie kon in het pand Balgerhoeke-Schipdonk natuurlijk niet onderzocht worden omdat palingen Balgerhoeke niet konden passeren, maar de hogere continue afvoer is wellicht voordelig voor de migratie van paling.** Het is niet gekend of elvers de periodieke pieken in afvoer effectief gebruiken als richtingaanwijzer en, indien dit wel het geval is, hoe belangrijk het verdere debietverloop los van de pieken is. In de Maas bijvoorbeeld blijkt temperatuur een meer belangrijke factor dan debiet wanneer het stroomopwaartse beweging van gele paling betreft (Matondo & Ovidio, 2016). Desalniettemin blijft voor de stroomopwaartse beweging

van elvers het huidige, bijzonder artificiële debietverloop van beide panden minderwaardig t.o.v. een meer natuurlijk verloop. Onderzoek naar stroomopwaartse migratie van paling in kanalen is beperkt, daardoor blijft het onduidelijk welk artificieel debietverloop dan de voorkeur geniet. Het voorstel van een aangepast beheer waarbij een minder gestuwde (en daardoor meer natuurlijke) afvoer wordt bewerkstelligd om een eventuele vispassage optimaal te doen werken, zal echter waarschijnlijk ook de vismigratie zelf ten goede komen ([Welsh et al., 2016](#)). Los van het debietverloop en het effect op het migratiegedrag zouden, mits installatie van een vispassage te Balgerhoeke, elvers de beschikbare habitats van het pand Balgerhoeke-Schipdonk wel kunnen gebruiken om te foerageren ([Van Wichelen et al., 2022](#)). Een vispassage t.h.v. Schipdonk zou pas een meerwaarde hebben voor stroomopwaartse palingmigratie na sanering van het knelpunt in Balgerhoeke.

6 CONCLUSIE

Het Afleidingskanaal van de Leie (AKL) heeft een hoge prioriteit om stroomopwaartse vismigratie te bevorderen (Benelux-beschikking (M (2009) 1), maar momenteel verhinderen de sluisstuwcomplexen alle opwaartse vismigratie. Vooral voor paling, en in tweede instantie eventueel voor potamodrome vissoorten, is er nood aan technische aanpassingen zoals het verwijderen van de barrières of installatie van vispassages (EU Palingverordening; EC No. 1100/2007). We adviseren een bijkomende studie in samenwerking met het Waterbouwkundig Labo (WL) om na te gaan wat de mogelijkheden zijn binnen het huidige beheer en binnen een aantal scenario's van aangepast beheer waarbij het debietverloop centraal staat.

Referenties

- Audenaert V., Huyse T., Goemans G., Belpaire C. & Volckaert F.a.M. (2003). Spatio-temporal dynamics of the parasitic nematode *Anguillicola crassus* in Flanders, Belgium. *Diseases of Aquatic Organisms* 56 (3): 223–233. <https://doi.org/10.3354/dao056223>.
- Belletti B., Garcia de Leaniz C., Jones J., Bizzi S., Börger L., Segura G., Castelletti A., Bund W. van de, Aarestrup K., Barry J., Belka K., Berkhuisen A., Birnie-Gauvin K., Bussetini M., Carolli M., Consuegra S., Dopico E., Feierfeil T., Fernández S., Fernandez Garrido P., Garcia-Vazquez E., Garrido S., Giannico G., Gough P., Jepsen N., Jones P.E., Kemp P., Kerr J., King J., Łapińska M., Lázaro G., Lucas M.C., Marcello L., Martin P., McGinnity P., O’Hanley J., Olivo del Amo R., Parasiewicz P., Pusch M., Rincon G., Rodriguez C., Royte J., Schneider C.T., Tummers J.S., Valles S., Vowles A., Verspoor E., Wanningen H., Wantzen K.M., Wildman L. & Zalewski M. (2020). More than one million barriers fragment Europe’s rivers. *Nature* 588 (7838): 436–441. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-3005-2>.
- Belpaire C. (2008). Pollution in eel : a cause of their decline. <https://www.vlaanderen.be/publicaties/pollution-in-eel-a-cause-of-their-decline>.
- Blanck A., Tedesco P.A. & Lamouroux N. (2007). Relationships between life-history strategies of European freshwater fish species and their habitat preferences. *Freshwater Biology* 52 (5): 843–859. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2007.01736.x>.
- Bonhommeau S., Chassot E., Planque B., Rivot E., Knap A. & Le Pape O. (2008). Impact of climate on eel populations of the Northern Hemisphere. *Marine Ecology Progress Series* 373: 71–80. <https://doi.org/10.3354/meps07696>.
- Bult T.P. & Dekker W. (2007). Experimental field study on the migratory behaviour of glass eels (*Anguilla anguilla*) at the interface of fresh and salt water. *ICES Journal of Marine Science* 64 (7): 1396–1401. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsm105>.
- Buyse D. (2003). Onderzoek naar de migratie van vissen tussen Boven-Zeeschelde en.... <https://www.vlaanderen.be/publicaties/onderzoek-naar-de-migratie-van-vissen-tussen-boven-zeeschelde-en-bovenschelde>.
- Buyse D. & Coeck J. (2014). Advies betreffende het concept van temporele vismigratie om vismigratieknelpunten te saneren. <https://pureportal.inbo.be/nl/publications/advies-betreffende-het-concept-van-temporele-vismigratie-om-vismi>.
- Buyse D., Mouton A., Gelaude E., Baeyens R., Maerteleire N.D., Jacobs Y. & Stevens M. (2012). Glasaalmigratie ter hoogte van het sluizencomplex Sas Slijkens (Kanaal Gent-Oostende) in Oostende.
- Buyse D., Verreycken H., Maerteleire N.D., Gelaude E., Baeyens R., Pieters S., Mouton A., Galle L., De N. & Coeck J. (2015). Glasaalmigratie ter hoogte van het uitwateringscomplex in de haven van Zeebrugge.
- Buyse D., Vlietinck K., Martens S., Baeyens R. & Coeck J. (2003). Onderzoek naar vismigratie in de ringvaart aan de sluis van Evergem. Rapporten van het instituut voor natuurbewoud. Instituut voor Natuurbewoud.
- Buyse D., Wichelen J.V., Braeckel A.V., Vermeersch S., Breine J., Ryckegem G.V., Bergh E.V. den & Coeck J. (2021). Advies over de ecologische kwetsbaarheid van bevaarbare waterlopen bij droogte. <https://pureportal.inbo.be/nl/publications/advies-over-de-ecologische-kwetsbaarheid-van-bevaarbare-waterloope>.
- Coeck J. (2001). Herintroductie en herstel van kopvoornpopulaties (*Leuciscus Cephalus*.... <https://www.vlaanderen.be/publicaties/herintroductie-en-herstel-van-kopvoornpopulaties-leuciscus-cephalus-in-het-vlaamse-gewest-wetenschappelijke-opvolging-van-lopemde-projecten-en-onderzoek-naar-de-habitat-binding-in-laaglandrivieren>.
- Coenen J. (2013). Handreiking vispassages in Noord-Brabant.
- Coenen J., Antheunisse M., Beekman J. & Beers M. (2013). Handreiking vispassages in Noord-Brabant | Hydrotheek. <https://library.wur.nl/WebQuery/hydrotheek/2017323>.
- Du Colombier S., Bolliet V., Lambert P. & Bardonnnet A. (2007). Energy and migratory behavior in glass eels (*Anguilla anguilla*). *Physiology & Behavior* 92 (4): 684–690. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.05.013>.

- Van Wichelen J., Verhelst P., Perneel M., Van Driessche C., Buysse D., Belpaire C., Coeck J. & De Troch M. (2022). Glass eel (*Anguilla anguilla* L. 1758) feeding behaviour during upstream migration in an artificial waterway. *Journal of Fish Biology* 101 (4): 1047–1057. <https://doi.org/10.1111/jfb.15171>.
- Vandamme (2020). Wetenschappelijke onderbouwing en ondersteuning van het visserijbeleid en het visstandbeheer. <https://doi.org/10.21436/inbor.28808440>.
- Vandamme L., Buysse D., De Maerteleire N., Plaetinck S., Rosseel D., Pieters S., Coeck J. & Verhelst P. (2025). Ontwerpcriteria voor de bouw van een palinggoot in functie van de stroomopwaartse migratie van jonge paling langs vismigratieknelpunten.
- Vandamme L., Verhelst P., Labrière A., Buysse D., Bruneel S., Broos S., Pauwels I., Auwerx J., Plaetinck S., Rosseel D., De Maerteleire N., Pieters S. & Coeck J. (2024). Wetenschappelijke onderbouwing en ondersteuning van het visserijbeleid en het visstandbeheer: Onderzoeksprogramma visserij 2023. <https://doi.org/10.21436/inbor.17042525>.
- Verbeiren M. (2008). Het visbestand in de rivieren en de kanalen in Vlaanderen /.
- Vereecken H., Peeters P., Ronsyn J., Balduck J. & Mostaert F. (2008). Waterbeheer in Oost- en West-Vlaanderen.
- Verhelst P., Baeyens R., Reubens J., Benitez J.-P., Coeck J., Goethals P., Ovidio M., Vergeynst J., Moens T. & Mouton A. (2018). European silver eel (*Anguilla anguilla* L.) migration behaviour in a highly regulated shipping canal. *Fisheries Research* 206: 176–184. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.05.013>.
- Verreycken H. (2012). De IUCN Rode Lijst van de zoetwatervissen in Vlaanderen. <https://www.vlaanderen.be/publicaties/de-iucn-rode-lijst-van-de-zoetwatervissen-in-vlaanderen>.
- Vlietinck K. (1998). Studie van de visgemeenschap in de Boven-Zeeschelde aan de hand van fuiken.
- Voltestad L.A. (1992). Geographic Variation in Age and Length at Metamorphosis of Maturing European Eel: Environmental Effects and Phenotypic Plasticity - NASA/ADS. *Journal of Animal Ecology*. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1992JAnEc..61...41V/abstract>.
- Vrielynck S. (2003). De visbestanden in Vlaanderen anno 1840-1950. <https://www.vlaanderen.be/publicaties/de-visbestanden-in-vlaanderen-anno-1840-1950>.
- Welsh S.A., Aldinger J.L., Braham M.A. & Zimmerman J.L. (2016). Synergistic and singular effects of river discharge and lunar illumination on dam passage of upstream migrant yellow-phase American eels. *ICES Journal of Marine Science* 73 (1): 33–42. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv052>.
- Williams J.G., Armstrong G., Katopodis C., Larinier M. & Travade F. (2012). THINKING LIKE A FISH: A KEY INGREDIENT FOR DEVELOPMENT OF EFFECTIVE FISH PASSAGE FACILITIES AT RIVER OBSTRUCTIONS. *River Research and Applications* 28 (4): 407–417. <https://doi.org/10.1002/rra.1551>.
- Wilson J.M., Leitão A., Gonçalves A.F., Ferreira C., Reis-Santos P., Fonseca A.-V., Silva J.M. da, Antunes J.C., Pereira-Wilson C. & Coimbra J. (2007). Modulation of branchial ion transport protein expression by salinity in glass eels (*Anguilla anguilla* L.). *Marine Biology* 151 (5): 1633–1645. <https://doi.org/10.1007/s00227-006-0579-7>.
- Winter H.V. & Fredrich F. (2003). Migratory behaviour of ide: a comparison between the lowland rivers Elbe, Germany, and Vecht, The Netherlands. *Journal of Fish Biology* 63 (4): 871–880. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8649.2003.00193.x>.
- Wootton (1992). *Fish ecology*. Chapman; Hall.
- Wootton R.J. (1976). *A Functional Biology of Sticklebacks*. Academic Press. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4615-8513-8>.