












#### Auteurs:

Stijn Bruneel , David Buysse , Lore Vandamme , Pieterjan Verhelst , Sarah Broos , Niko De Maerteleire , Simon Plaetinck , Diederik Rosseele , Bart De Pauw , Jan Vanden Houten , Johan Coeck 

#### Reviewers:

Stijn Bruneel 

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](https://vlaanderen.be/inbo)

#### e-mail:

[stijn.bruneel@inbo.be](mailto:stijn.bruneel@inbo.be)

#### Wijze van citeren:

Bruneel, S., et. al. (2024). Onderzoek naar vispasseerbaarheid van de sluisstuwcomplexen op het Afleidingskanaal van de Leie in Balgerhoeke en Schipdonk. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2024 (!!!! ONTBREKEND: reportnr !!!!!). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: !!! missing DOI !!!

!!!! ONTBREKEND: depotnr !!!!!

Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2024 (!!!! ONTBREKEND: reportnr !!!!!)

ISSN: 1782-9054

#### Verantwoordelijke uitgever:

Hilde Eggermont

#### Foto cover:

!!!! ONTBREKEND: coverdescription !!!!!

#### Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van:

De Vlaamse Waterweg



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

ONTWERP

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

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

## Dankwoord/voorwoord

Dit werk werd uitgevoerd in samenwerking met ...

[vlaanderen.be/inbo](http://vlaanderen.be/inbo)

!!! missing DOI !!!

Pagina 1 van 48

## Samenvatting

De Vlaamse prioriteitenkaart geeft een overzicht van de belangrijkste waterlopen voor het visbestand waarbij de prioriteit van de waterloop de uiterste datum bepaalt tegen wanneer deze knelpuntenvrij moet zijn. Het **Afleidingskanaal van de Leie (AKL)** is aangeduid als waterloop met prioriteit 2 wat betekent dat de **sluistuwcomplexen in Balgerhoeke en Schipdonk** tegen 2021 of ten laatste tegen 2027 vispasseerbaar moeten zijn.

Het **doel** van deze studie was om na te gaan in welke mate er landinwaartse migratie in het AKL is en of de sluistuwcomplexen in Balgerhoeke en Schipdonk vispasseerbaar zijn.

Er werd gebruik gemaakt van **verschillende vangstmethoden** om de vispopulaties te bemonsteren: In Balgerhoeke, stroomafwaarts van het sluisstuwcomplex werden fuiken, substraten en een palinggoot gebruikt om vissen te vangen, identificeren en te merken (zodat kon worden bepaald of individuen zich ophoopten voor de barrière of tot in Schipdonk geraakten). In Schipdonk, stroomafwaarts van het sluisstuwcomplex en de sifon, werden fuiken en substraten gebruikt om vissen te vangen en identificeren.

Het huidige onderzoek bevestigt dat het **sluisstuwcomplex te Balgerhoeke een volledige visbarrière** is en er daarom aanpassingen nodig zijn om deze vispasseerbaar te maken. Er werden geen vissen die gemerkt waren in Balgerhoeke gevangen in Schipdonk. Daarenboven kwamen **elvers (jonge paling)** enkel stroomafwaarts van de barrière te Balgerhoeke voor. Dit geeft aan dat stroomopwaarts migrerende jonge paling het stuwcomplex te Zeebrugge binnenkomt, waarschijnlijk voornamelijk dankzij het aangepast spuibeheer, en zich door het pand Zeebrugge-Balgerhoeke beweegt tot aan de barrière maar daar niet verder kan. Om de kwetsbare palingpopulatie te herstellen is het cruciaal dat jonge paling zoveel mogelijk geschikte binnenlandse habitats kan bereiken op een zo efficiënt mogelijk wijze. Paling die via het AKL het Groot Pand zou bereiken zou toegang hebben tot de habitats van de Schelde en de Leie wat de populatie ten goede zou komen. Voor **andere vissoorten** zou een verhoogde connectiviteit een grotere keuze aan verschillende habitats betekenen en een ontsnapping aanbieden voor tijdelijke lokale suboptimale condities (bijvoorbeeld droogte en zuurstoftekort). De meerwaarde lijkt echter beperkter dan voor paling. Paairijpe pos en baars werden immers niet hervangen ter hoogte van de barrière wat suggereert dat ze omkeren en meer stroomafwaarts paaien (waar, na visuele beoordeling, geschikt paaihabitat lijkt aanwezig te zijn). Daarenboven komen, ondanks de verschillende relatieve aantallen, praktische 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.

**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, maar het betekent wel een verhoogd risico op dijkschade en een einde aan pleziervaart. Vispassages zijn een optie wanneer verwijdering van de barrière niet mogelijk is maar deze brengen wel verschillende logistische uitdagingen met zich mee en blijven een uitdaging voor veel vissen om te passeren. Een **bekkenvistrap** laat de passage toe van veel soorten in beide richtingen maar vereist wel een zeker minimumdebiet om goed te functioneren en om een voldoende sterke lokstroom te voorzien. Zoals de naam van het AKL al suggereert speelt het kanaal vooral een rol bij het afleiden of wegvoeren van overtollig water eens aan de vereisten voor het minimumdebiet van het Kanaal Gent-Terneuzen en de Zeeschelde is voldaan. Huidige debieten zijn laag en sporadisch, vooral tijdens de zomer, wat suboptimaal is voor de werking van een vispassage. Een **palinggoot** heeft lagere hydraulische vereisten dan een bekkenvistrap en heeft daarom meer kans op slagen onder de huidige omstandigheden, maar werkt enkel voor stroomopwaarts migrerende paling. Gegeven het potentieel van het AKL voor stroomopwaartse palingmigratie, dankzij het aangepast spuibeheer te Zeebrugge, zouden palinggoten te Balgerhoeke en Schipdonk de minimale vereiste zijn om de barrières “**palingpasseerbaar**” te maken.

## Aanbevelingen voor beheer en/of beleid

Het **sluisstuwcomplex te Balgerhoeke** is een volledige visbarrière en mitigatie van dit vismigratieknel-punt wordt aangeraden. De barrière te Balgerhoeke zou best volledig **verwijderd** worden, maar dit brengt natuurlijk logistische uitdagingen met zich mee zoals een verhoogd risico op dijkschade en een einde aan de pleziervaart. Stroomopwaartse passage van elvers is prioritair en kan ook gebeuren mbv een palinggoot, hevelvistrap of bekkenvistrap in het gedeelte van de oude sluis (maar dit blijft natuurlijk wel een suboptimale oplossing in vergelijking met de complete verwijdering van de de barrière). Indien hydraulische omstandigheden niet limiterend zouden zijn dan zou een **bekkenvistrap** de voorkeur genieten. Dit omwille van de mogelijkheid voor zowel stroomopwaartse als stroomafwaartse migratie. Een bekkenvistrap vergt echter een continue afvoer van minstens 1 m<sup>3</sup>/s om goed te functioneren wat in de studieperiode (gedurende dewelke er nog geen sprake is van watertekorten in het Grote Pand) zelden gehaald werd. De huidige hydraulische omstandigheden zijn ondermaats voor de werking van een bekkenvistrap maar dit kan verbeterd worden via aangepast waterbeheer of een pompinstallatie. In het geval afvoer te laag en discontinue blijft (wat waarschijnlijk is gegeven de huidige droogteproblematiek en de prioritaire minimumdebieten voor het Kanaal Gent-Terneuzen en de Zeeschelde) en een pompinstallatie niet wenselijk, dan heeft een **palinggoot** (die een lager debiet vereist) de meeste kans van slagen. Ondanks de verschillende voordelen die een verhoogde connectiviteit met zich meebrengt lijkt de passeerbaarheid voor aanwezige potadrome vissen, zoals baars, blankvoorn en pos, minder urgent. Ondanks het feit dat het relatief mager aangepast spui-beheer en de suboptimale stroming in het pand Zeebrugge-Balgerhoeke het jonge paling toch toelaat om stroomopwaarts tot aan Balgerhoeke te migreren, zou een meer frequente opening van de schuiven van Zeebrugge en een meer continue afvoer het migratiesucces ten goede komen. De meerwaarde van een meer frequent aangepast spui-beheer is natuurlijk sterk afhankelijk van de situatie stroomopwaarts. Zowel voor het functioneren van een vispassage als voor het migratiegedrag van vissen in de panden zelf, is het huidige debietverloop in het AKL ondermaats.

Een vispassage thv **Schipdonk** zou stroomopwaartse bewegende vissen toegang geven tot de Bovenschelde en de Leie wat ten eerste aan te raden is aangezien het vele kilometers aan foerageer- en opgroeihabitats aanbiedt. In welke mate jonge paling gebruik zal kunnen maken van een vispassage te Schipdonk (verwijdering van het sluisstuwcomplex is hier zeer moeilijk omwille van de beschermende rol bij grote afvoerpieken) is afhankelijk van het passagesucces thv Balgerhoeke en het effect van de omgevingscondities in het pand Balgerhoeke-Schipdonk op de opwaartse migratie van jonge paling. Net als voor Balgerhoeke zal de vispassage moeten kunnen omgaan met algemeen lage debieten afgewisseld met plotse piekdebieten (indien er geen wijziging plaatsvindt in het debietverloop) en onder die omstandigheden bieden een palinggoot en/of vispassage met pompinstallatie de meeste perspectieven. Voor stroomopwaarts migrerende paling is een aanpassing aan Schipdonk echter betekenisloos als het niet wordt vooraf gegaan door aanpassingen ter hoogte van Balgerhoeke.

## English abstract

The Flemish Priorities Map provides an overview of the most important watercourses for fish populations, with the priority of each watercourse determining the deadline by which it must be free of barriers. The Leie Diversion Canal (Afleidingskanaal van de Leie: AKL) is designated as a watercourse with priority 2, meaning that the lock and weir complexes in Balgerhoeke and Schipdonk must be fish-passable by 2021 or at the latest by 2027.

The goal of this study was to assess the extent of inland migration in the AKL and determine whether the lock and weir complexes in Balgerhoeke and Schipdonk allow fish passage.

Various capture methods were used to sample fish populations: In Balgerhoeke, downstream from the lock and weir complex, traps, substrates, and an eel ladder were used to catch, identify, and mark fish (to determine whether individuals accumulated before the barrier or reached Schipdonk). In Schipdonk, downstream from the lock and weir complex and the siphon, traps and substrates were used to catch and identify fish.

The current study confirms that the lock and weir complex at Balgerhoeke acts as a complete fish barrier, necessitating adjustments to make it fish-passable. No fish marked in Balgerhoeke were captured downstream in Schipdonk. Additionally, elvers (young eels) were only found downstream of the Balgerhoeke barrier. This indicates that young eels migrating upstream enter the Zeebrugge sluice complex, likely due to the adjusted tidal barrier management, and move through the Zeebrugge-Balgerhoeke section up to the barrier but cannot proceed further. To restore the vulnerable eel population, it is crucial for young eels to access suitable inland habitats as efficiently as possible. Eels reaching the Groot Pand via the AKL would gain access to the Scheldt and Leie river habitats, benefiting the population. While increased connectivity would offer other fish species a wider choice of habitats and an escape from temporary local suboptimal conditions (such as drought and oxygen deficiency), the added value appears less significant than for eels. Notably, stone perch and perch ready for spawning were not recaptured near the barrier, suggesting they turn around and spawn further downstream (where suitable spawning habitat seems to be present based on visual assessment). Furthermore, despite varying relative abundances, practically the same species occur both upstream and downstream of the Balgerhoeke barrier, indicating minimal change in species richness due to increased connectivity.

Removal of the barrier at Balgerhoeke is preferable from an ecological perspective because it imitates the most natural situation that can be achieved, but it does mean an increased risk of dike damage and an end to pleasure boating. Fish passages are an option when barrier removal is not possible, but they pose several logistical challenges and remain a challenge for many fish to pass. A basin fish ladder allows the passage of many species in both directions, but requires a certain minimum flow to function properly and to provide a sufficiently strong attracting current. As the name of the AKL suggests, the canal mainly plays a role in diverting or transporting excess water once the requirements for the minimum flow of the Ghent-Terneuzen Canal and the Sea Scheldt have been met. Current flows are low and sporadic, especially during summer, which is suboptimal for fishway operation. An eel flume has lower hydraulic requirements than a basin fish ladder and is therefore more likely to succeed under current conditions, but only works for upstream migrating eels. Given the potential of the AKL for upstream eel migration, thanks to the adapted drainage management at Zeebrugge, eel channels at Balgerhoeke and Schipdonk would be the minimum requirement to make the barriers “eel-passable”.

Le but de cette étude était de déterminer dans quelle mesure il y a une migration intérieure dans l'AKL et si les complexes de barrages-écluses de Balgerhoeke et Schipdonk sont praticables pour les poissons.

Les recherches actuelles confirment que le complexe de déversoirs/d'écluses de Balgerhoeke constitue une barrière à poissons complète et que des adaptations sont donc nécessaires pour le rendre accessible aux poissons. Aucun poisson marqué à Balgerhoeke n'a été capturé à Schipdonk. De plus, les civelles (jeunes anguilles) n'étaient présentes qu'en aval de la barrière de Balgerhoeke. Cela indique que les jeunes anguilles migratrices en amont pénètrent dans le complexe du barrage de Zeebrugge, probablement principalement en raison d'une gestion adaptée du drainage, et se déplacent à travers la propriété Zeebrugge-Balgerhoeke jusqu'à la barrière mais ne peuvent pas aller plus loin. Pour restaurer la population vulnérable d'anguilles, il est crucial que les jeunes anguilles puissent atteindre autant d'habitats intérieurs appropriés que possible, de la manière la plus efficace possible. Les anguilles qui rejoindraient le Groot Pand via l'AKL auraient accès aux habitats de l'Escaut et de la Lys, ce qui profiterait à la population. Pour d'autres espèces de poissons, une connectivité accrue signifierait un plus grand choix d'habitats différents et permettrait d'échapper aux conditions locales sous-optimales temporaires (par exemple, sécheresse et manque d'oxygène). Toutefois, la valeur ajoutée apparaît plus limitée que pour l'anguille. En effet, la grémille et la perche reproductrices n'ont pas été recapturées au niveau de la barrière, ce qui suggère qu'elles font demi-tour et frayent plus en aval (là où, après évaluation visuelle, un habitat de frai convenable semble être présent). De plus, malgré les nombres relatifs différents, pratiquement les mêmes espèces sont présentes en amont et en aval de la barrière de Balgerhoeke, ce qui indique que la diversité des espèces ne changerait pas ou peu en raison d'une connectivité accrue.

# 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?



Dankwoord/voorwoord . . . . .	1
Samenvatting . . . . .	2
Aanbevelingen voor beheer en/of beleid . . . . .	3
English abstract . . . . .	4
Résumé français . . . . .	5
1 Doelstelling . . . . .	6
Inhoudsopgave . . . . .	7
Lijst van figuren . . . . .	8
Lijst van tabellen . . . . .	9
2 Inleiding . . . . .	11
2.1 Vismigratie . . . . .	11
2.2 Vismigratiebeheer en beleid in Vlaanderen . . . . .	16
3 Materiaal en methoden . . . . .	18
3.1 Vangstmethoden . . . . .	19
3.2 Studiegebied . . . . .	19
3.3 Studieperiode en meetfrequentie . . . . .	20
3.4 Werkwijze . . . . .	20
4 Resultaten . . . . .	22
4.1 Abiotiek . . . . .	22
4.2 Vissen . . . . .	24
5 Discussie . . . . .	42
5.1 Waarom vormen de barrières in het AKL een probleem? . . . . .	42
5.2 Kunnen de barrières verwijderd worden? . . . . .	43
5.3 Kunnen vispassages voorzien worden? . . . . .	43
5.4 Zullen correct gebouwde vispassages van het AKL een belangrijke vismigratie- route maken? . . . . .	43
Referenties . . . . .	46

## Lijst van figuren

Figuur 2.1	Schematische voorstelling van de onderverdeling van vissoorten volgens hun migratiegedrag . . . . .	12
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) . . . . .	12
Figuur 2.3	De levenscyclus en de belangrijkste ontwikkelingsstadia van paling (Belpaire 2008). . .	13
Figuur 2.4	Ligging van Balgerhoeke en Schipdonk op de Prioriteringskaart voor de Vlaamse waterlopen . . . . .	17
Figuur 3.1	Beperkt overzicht van de migratieperiode van de meest voorkomende soorten in de streek . . . . .	18
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). . .	20
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. De groene lijn geeft de gesmoothe trend aan (span=1). . . . .	22
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. 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). . . . .	23
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). . . . .	31
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). . . . .	31
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 . . .	32
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. . . . .	33

Figuur 4.7	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. . . . .	34
Figuur 4.8	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. . .	36
Figuur 4.9	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. . . . .	37
Figuur 4.10	Lengteverdeling van elvers gevangen met de palinggoot in Balgerhoeke voor de hele studieperiode. . . . .	38
Figuur 4.11	Lengteverdeling van elvers gevangen met de palinggoot in Balgerhoeke voor de drie verschillende maanden van de studieperiode. . . . .	38
Figuur 4.12	Lengte van elvers gevangen met de palinggoot in Balgerhoeke in functie van de tijd. . .	39
Figuur 4.13	Aantal elvers gevangen met de palinggoot in Balgerhoeke in functie van de tijd. . . .	39
Figuur 4.14	Lengteverdeling van elvers gevangen met substraten in Balgerhoeke voor de hele studieperiode. . . . .	40
Figuur 4.15	Lengteverdeling van elvers gevangen met substraten in Balgerhoeke voor de drie verschillende maanden van de studieperiode. . . . .	40
Figuur 4.16	Lengte van elvers gevangen met substraten in Balgerhoeke in functie van de tijd. . . .	41
Figuur 4.17	Aantal elvers gevangen met de substraten in Balgerhoeke in functie van de tijd. . . .	41

## Lijst van tabellen

Tabel 4.1	Gemiddeld debiet, mediaan debiet en aandeel studieperiode dat debiet onder een opgegeven waarde lag voor stations te Damme (pand Zeebrugge-Balgerhoeke) en Zomergem (pand Balgerhoeke-Schipdonk). . . . .	24
Tabel 4.2	Overzicht vangsten per meetplaats en datum. balfuik: hokfuik en schietfuiken linkeroever en recheroever Balgerhoeke, balgoo: Palinggoot Balgerhoeke, balsgo: Substraat t.h.v. palinggoot Balgerhoeke, balli: Substraat linkeroever Balgerhoeke, balre: Substraat recheroever Balgerhoeke, balslu: Substraat oude sluis Balgerhoeke, mersif: Schietfuik sifon Merendree, merlo: Schietfuik linkeroever sluis Merendree, merro: Schietfuik recheroever sluis Merendree. De substraten te Schipdonk staan hier niet weergegeven omdat er nooit paling in werd gevonden. . . . .	25

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. . . . .	26
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) . . . . .	27
Tabel 4.5	Soortensamenstelling en overzicht van de totale fuikvangsten per vissoort en per maand in Balgerhoeke (sampling effort niet in rekening gebracht) . . . . .	27
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) . . . . .	28
Tabel 4.7	Soortensamenstelling en overzicht van de totale fuikvangsten per vissoort en per maand in Schipdonk sifon (sampling effort niet in rekening gebracht) . . . . .	28
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) . . . . .	29
Tabel 4.9	Soortensamenstelling en overzicht van de totale fuikvangsten per vissoort en per maand in Schipdonk sluis (sampling effort niet in rekening gebracht) . . . . .	29
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) . . . . .	30
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) . . . . .	30

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 potadrome soorten, zoals brasem, blankvoorn en winde, hebben een verscheidenheid aan habitats nodig.

In Vlaanderen zijn vismigratiekelpunten die de longitudinale connectiviteit van waterwegen ondermijnen, 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 vismigratiekelpunten (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 hindernissen 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 thv 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.

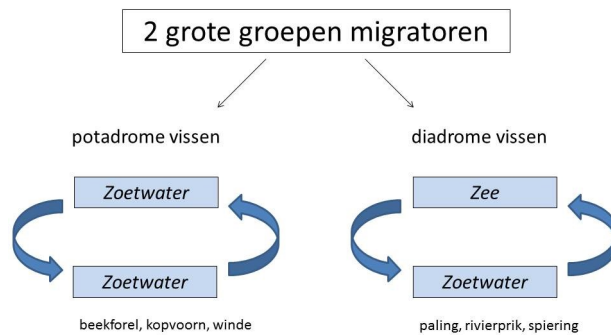
## 2.1 VISMIGRATIE

### 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 de 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 in tussen twee of meer habitats. 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.

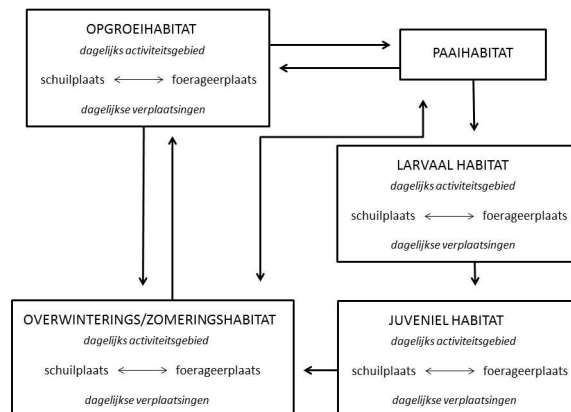


Figuur 2.1: Schematische voorstelling van de onderverdeling van vissoorten volgens hun migratiegedrag

### 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. Een veralgemeend overzicht van de levenscyclus in relatie tot de verplaatsingen die optreden tussen verschillende habitats in onze waterlopen is weergegeven in (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

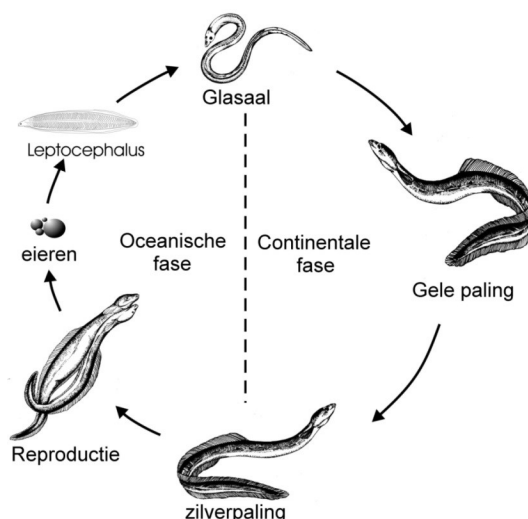
Bij diadrome migratie worden 2 types onderscheiden. Vissen die opgroeien in zoetwater en paaien in zee worden katadrome vissen genoemd, vissen die opgroeien in zee maar paaien in zoetwater worden tot de anadrome vissen gerekend. Voorbeelden van anadrome vissen zijn de zalm en, minder goed gekend, ook 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 kritisch 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 ontluiten 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 glasalen 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 bestemming.



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 kritisch 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 zilverbalingbiomassa ten opzichte van een door de mens onverstoorde 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 zilverbaling. De laatste jaren verbeterde de chemische waterkwaliteit van de Vlaamse rivieren significant door intensieve afvalwaterzuivering en de implementatie van bemestingsnormen. Bovendien is de paling een relatief tolerante soort, waardoor de meeste van de Vlaamse waterlichamen een geschikt habitat vormen en de [paling wijdverspreid in Vlaanderen](#). De rivierbeheerders focussen daarom op de mitigatie van migratiebarrières om de palingpopulaties te doen heropleven.

Verschillende auteurs bevestigen dat de stroomopwaartse migratie van juveniele paling (glasalen en elvers), hierna glasaal genoemd, één van de cruciale knelpunten is in het behoud van palingpopulaties ([Bult & Dekker, 2007](#)). Deze bereiken vaak hun Europese zoetwaterhabitats niet door migratiebarrières als dammen, stuwen en sluizen. Deze gereduceerde glasaalmigratie kan leiden tot een daling van zilverbalinguittrek en dus resulteren in een vicieuze cirkel die de palingpopulatie verder doet afnemen.

De meeste Europese estuaria hadden vroeger een hoge connectiviteit met een graduele overgang tussen zout en zoet water. Dit liet de glasaal toe om stroomopwaarts te migreren naar zoetwaterhabitats geschikt voor hun groei en ontwikkeling. De meeste rivier- en kanaalmondingen worden nu echter afgesloten ter bescherming tegen overstromingen, vooral in de lager gelegen regio's van Europa zoals Vlaanderen en Nederland. Deze aanpak leidde tot scherpe zoet/zout overgangen en het verdwijnen van een brakke getijdenzone. Hoewel dergelijke abrupte overgangen geen osmoregulatorische problemen stellen voor glasaal ([Wilson et al., 2007](#)) en dat sommige glasalen er mogelijks toch in slagen om stroomopwaarts te migreren, kan hun migratie beperkt, en op zijn minst vertraagd, worden. De energieverliezen die hiermee gepaard gaan kunnen gedragsveranderingen inleiden die de verdere stroomopwaartse migratie beperken of zelfs stopzetten ([Du Colombier et al., 2007](#)). De Vlaamse waterbeheerders proberen momenteel palingpopulaties te stimuleren door bepoting met glasaal, maar onderzoek toonde aan dat deze aanpak de verspreiding van schadelijke parasieten kan verhogen ([Audenaert et al., 2003](#)). Bijgevolg zijn geïntegreerde beheersopties vereist die de stroomopwaartse migratie van lokale glasalen bevorderen.

Indien sanering van de sluisstuwcomplexen in Balgerhoeke en Schipdonk nodig blijkt dan zou een heel groot opgroeigebied beschikbaar gesteld worden en vrije vismigratie gerealiseerd worden tussen het AKL en het Westervak van de Ringvaart, het Kanaal Gent-Oostende, de Coupure, de Leie en de Bovenschelde. De draagkracht van al deze rivieren en kanalen voor paling is vermoedelijk nog sterk onderbenut. Tijdens onderzoek op het nabijgelegen Leopoldkanaal in de periode 2014-2017 werden palingabundanties geschat variërend tussen 5,6 tot 54,1 kg ha<sup>-1</sup> ([Van Wichelen, 2018](#)) en op een aantal meer stroomopwaarts gelegen locaties in het Leopoldkanaal werden in 2012 met dezelfde methodiek gelijkaardige waarden (6,7-41,3 kg ha<sup>-1</sup>) bekomen ([Vandamme, 2020](#)). Historische densiteiten van gele paling in polderwaterlopen (periode 1925-1936) daarentegen zijn beduidend hoger (bv. Ijzer 168 kg/ha, Kanaal Nieuwpoort-Duinkerke 272 kg/ha, Veurne-Ambacht 470 kg/ha, Venepevaart 90 kg/ha) ([Vrielynck, 2003](#)).

### 2.1.3.2 De driedoornige stekelbaars

Op basis van het aantal en de schikking van de laterale beenplaten kunnen drie types driedoornige stekelbaars onderscheiden worden. Deze drie types worden trachurus, semi-armatus en leiurus genoemd ([Wootton, 1992](#)). Soms wordt nog een vierde type onderscheiden: het hologymnurus type dat geen beenplaten bezit. De anadrome trekform van de driedoornige stekelbaars trekt in het vroege voorjaar (eind januari – mei) van de zee naar brak en zoetwater en heeft dan een saliniteitsvoorkeur voor zoetwater. Aan het einde van het voortplantingsseizoen (vanaf omstreeks juli) trekken de dieren naar zee en vertonen dan een zoutwatervoorkeur die de gehele winter blijft bestaan tot de aanvang van de voorjaarstrek ([Verreycken, 2012](#)). Het leiurustype is een residente zoetwatervorm die in Noordwest-Europa slechts een klein deel uitmaakt



van de migrerende stekelbaarspopulaties. Van het semiarmatustype zijn zowel residente als migrerende populaties gekend (Wootton, 1976). Vangsten van stekelbaarzen in de Schelde ter hoogte van Antwerpen in maart 1998 hadden de volgende samenstelling: 65 % trachurus, 31 % semi-armatus en 4 % leiurus (Vlietinck, 1998). Uit migratie-onderzoek van het INBO in opdracht van DVW aan de sluisstuwcomplexen op de Ringvaart in Evergem en Merelbeke blijkt dat driedoornige stekelbaars vanaf december en vooral in januari en februari stroomopwaarts trekken en zich kunnen concentreren onder migratiekelpunten (Buysse, 2003).

Samen met de potamodrome soorten en paling kan ook de driedoornige stekelbaars (forma *trachurus*), gebaat zijn met een migratiefaciliteit in Balgerhoeke en Schipdonk. Het is onduidelijk of deze trekvorm van de driedoornige stekelbaars voldoende mee kan profiteren van het aangepast spui-beheer in Zeebrugge om het zoetwater te bereiken.

#### 2.1.3.3 Rivierprik, spiering, bot en dunlipharder

Het is, in tegenstelling tot paling en driedoornige stekelbaars, vooralsnog onduidelijk of het AKL een functie kan hebben als alternatieve migratieroute om bepaalde zoetwaterhabitats (zoals de waterlopen uit het bekken van de Gentse kanalen en het Leie- en Bovenscheldebekken) te bereiken voor andere diadrome soorten zoals rivierprik, spiering, bot en dunlipharder.

#### 2.1.4 **Diadroom versus potamodroom**

Diadrome migraties zijn vaak heel opvallend maar daarom kan nog geen afbreuk gedaan worden aan het belang van migratieprocessen voor obligate zoetwatervissen (Northcote, 1998). In het belang van eco-systeembiodiversiteit wordt, naast de commercieel en recreatief interessante soorten, nu ook voor de volledige visgemeenschap vismigratie als een belangrijk gedragskenmerk beschouwd (Northcote, 1998). De doorgaans langere migratieafstanden maken diadrome migraties niet belangrijker in functionele termen dan de minder opvallende potamodrome migraties. Gesynchroniseerde seizoenale migraties van een paar honderd meter in rivieren kunnen even belangrijk zijn voor een levenslange goede conditie als lange-afstandsmigraties van of naar de zee. Deze korte migraties kunnen als bewegingen tussen habitats beschouwd worden, die nuttig of noodzakelijk zijn voor het vervolledigen van de levenscyclus, ongeacht welke afstand werd afgelegd (Lucas & Baras, 2001).

Dit toont aan dat vrije migratie tussen verschillende habitats en ongeacht de omvang van de bewegingen, van enkele honderden meters tot honderden kilometers, noodzakelijk is voor alle zoetwatervissoorten.

#### 2.1.5 **Migratieperiode**

Verschillende soorten die leven in verschillende delen van het stroomgebied van een rivier zullen op verschillende momenten in het jaar migreren waarbij ook verschillen optreden in duur en omvang van deze migraties (Lucas & Baras, 2001). Niet enkel paaïmigratie maar ook de migratie naar foerageergebieden en migratie naar overwinteringsgebieden van juveniele en subadulte vissen kan heel omvangrijk zijn (Buysse, 2003).

##### 2.1.5.1 Voortplantingsmigratie van karperachtigen

De voortplantingsperiode van de meeste karperachtigen is gesitueerd tussen april en mei. De voortplanting geschiedt wanneer de watertemperatuur daartoe gunstig is (bv. blankvoorn 12-15 °C) (Verreycken, 2012). Andere vissoorten zoals driedoornige stekelbaars en snoek ondernemen al veel vroeger voortplantingsmigraties (Buysse & Coeck, 2014) terwijl volgens Holcik de voortplantingsmigratie van rivierprik vanuit zee naar de rivieren zowat het ganse jaar door kan plaatsgrijpen afhankelijk van rivier tot rivier (Holcik, 1986). Nadien kunnen nog tot en met september jonge, volledig gepigmenteerde palingen (elvers) verder stroomopwaarts trekken.

## 2.2 VISMIGRATIEBEHEER EN BELEID IN VLAANDEREN

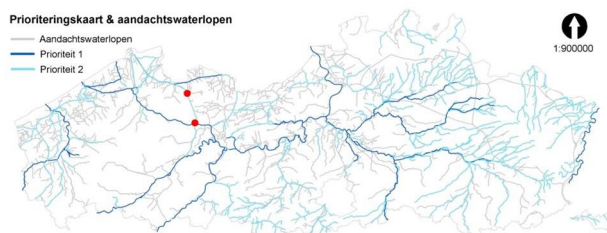
Herstel van vrije vismigratie moet op een gestructureerde en wetenschappelijk onderbouwde manier aanpak worden. Op 16 juni 2009 werd een nieuwe Benelux-beschikking goedgekeurd. Hiermee verbonden de lidstaten er zich toe om binnen 12 maanden na de inwerkingtreding van de beschikking, een prioriteitenkaart op te maken. Naar aanleiding hiervan, werd door het INBO op basis van ecologische criteria een prioriteringskaart uitgewerkt (Stevens & Coeck, 2009). Daarop staan 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.

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 verbindingfunctie hebben voor ten minste de Europees beschermde soorten. Voor het wegwerken van de hindernissen op deze waterlopen wordt de timing afgestemd op de EU-KRLW:

- 90 % van de hindernissen van eerste prioriteit moeten weggewerkt zijn voor 31 december 2015 en de rest van deze hindernissen voor 31 december 2021.
- 50 % van de hindernissen van tweede prioriteit moeten weggewerkt zijn voor 31 december 2015 en de rest van deze hindernissen 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 vanzelf dat op aandachtswaterlopen geen bijkomende vismigratieknelpunten mogen ontstaan. Een timing voor het wegwerken van vismigratieknelpunten op deze waterlopen is er nog niet.



Figuur 2.4: Ligging van Balgerhoeke en Schipdonk op de Prioriteringskaart voor de Vlaamse waterlopen

### 2.2.2 Aangepast spuibeheer in het AKL in Zeebrugge i.f.v. glasaalmigratie

De getijdenbarrières in de Belgische havens en in het stroomgebied van de Schelde vormen voor glasaal, driedoornige stekelbaars en tal van andere diadrome vissoorten een veelal onoverkomelijke hindernis voor hun opwaartse migratie naar het Vlaamse binnenland. Sinds 2014 past De Vlaamse Waterweg (DVW) jaarlijks aangepast sluis- of spuibeheer toe in het voorjaar ter hoogte van de havens van Nieuwpoort, Oostende en Zeebrugge. Hierbij worden een aantal spuiopeningen tijdens opkomend getij op een kier gezet om de glasaalintrek in Vlaanderen te verbeteren (Van Wichelen, 2018). De trachuruspopulaties van driedoornige stekelbaars en andere soorten kunnen eventueel mee profiteren van deze beheersmaatregel. Toepassing van alternatief spuibeheer aan het sluisencomplex 'Sas-Slijkens' aan de monding van het Kanaal Gent-Oostende (KGO) in Oostende (Buyssse *et al.*, 2012) en aan de monding van het Afvoerkanaal Veurne-Ambacht in Nieuwpoort (Vandamme, 2020) toonde aan dat driedoornige stekelbaars er mondjasmaat met de glasaal mee binnen zwemt.

Eén van de belangrijke intrekroutes voor glasaal in Vlaanderen betreft het uitwateringscomplex in de haven van Zeebrugge aan de monding van het Afleidingskanaal van de Leie en van het Leopoldkanaal waar sinds 2014 aangepast sluisbeheer wordt toegepast (Van Wichelen, 2018).

### 3 MATERIAAL EN METHODEN

Vissen ondernemen tijdens de voortplantingsperiode meestal massaal gerichte stroomopwaartse migraties gedurende een korte periode. Als gevolg van deze massale voortplantingsmigraties kunnen er zich belangrijke concentraties van vissen voordoen stroomafwaarts van barrières, wat normaal 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 wordt 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 seizoensaal en temporeel monitoren van vissen net stroomafwaarts van kunstwerken zoals sluizen, stuwen en sifons. Om de pakkans te verhogen werd ervoor gekozen om verschillende vangstechnieken 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').

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; Coenen et al. 2013 en referenties daarin
blankvoorn (juveniel en subadult)													Prchalová et al. 2006; Buyse et al. 2002
bot (juveniel)													Buyse et al. 2002
driedoornige stekelbaars													Buyse et al. 2002 & 2003
karper													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
kleine modderkruiper													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
kolblei													Buyse et al. 2002; Coenen et al. 2013 en referenties daarin
kolblei (juveniel)													Buyse et al. 2002
kopvoorn													Buyse et al. 2006b & 2006c; Coeck et al. 2000; Mouton et al. 2011 & 2014;
paling (glasaal)													Buyse et al. 2012 + niet gepubliceerde data
paling (elver)													Depuydt 2011
paling (gele aal)													Buyse et al. 2009
kwabaal													Dillen et al. 2005
pos													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
rietvoorn													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
rivierdonderpad													Vandelannoote et al. 1998; Knaepkens et al. 2004
riviergrondel													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
rivierprik													Stevens et al. 2009; Buyse et al. 2004; Maes & Ollivier 2005; Coenen et al. 2013
serpeling													Dillen et al. 2006
serpeling (juveniel en subadult)													Prchalová et al. 2006
snoek													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
snoekbaars													Coenen et al. 2013 en referenties daarin
spiering													Buyse et al. 2002; Stevens et al. 2009 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 schietfuisen

In functie van de migratie van karperachtigen en gele paling zal er gebruik worden gemaakt van concentratiefuisen (dubbele schietfuisen). De verankering van de dubbele schietfuisen 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. Fuisen 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. Schietfuisen bevissen meestal slechts de onderste (halve) meter van de waterkolom terwijl bij gewone fuisen het schutnet meestal tot aan de oppervlakte reikt. Gezien de grote variatie in fuisen 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 ter hoogte van het Veurne-Ambachtgemaal (Vandamme, 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 30-35° 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 met een andere samenstelling, door bijvoorbeeld 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 vlotter ('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 vooral 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.

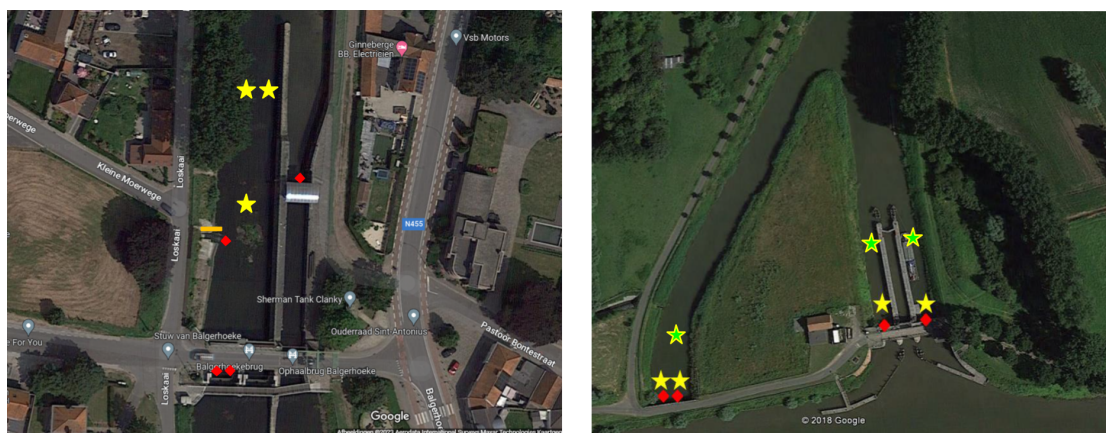
### 3.3 STUDIEPERIODE EN MEETFREQUENTIE

Het veldwerk liep van maandag 20/03/2023 tot en met donderdag 25/05/2023. Substraten, glasaalgoten en fuiken werden geleegd en opnieuw geplaatst om de 1 tot 3 dagen.

### 3.4 WERKWIJZE

#### 3.4.1 Jonge paling

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. 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 wordt 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 de surplus enkel geteld en niet gemeten). Aantallen en gemiddelde lengte werden uitgezet in functie van de tijd.

### 3.4.2 Fuikvangsten

Waar mogelijk werden schietfuiken gebruikt. Ter hoogte van Balgerhoeke was het water soms echter te ondiep en daarom werd ook een hokfuiik gebruikt voor deze specifieke locatie (deze hokfuiik bleek echter relatief lage vangsten te hebben en werd daarom niet vervangen na de 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 fuien op een bepaalde dag op een bepaalde site (i.e. Balgerhoeke, Schipdonk sifon of Schipdonk sluizen) worden samen als één staal beschouwd. Om verschillen in het aantal fuien en aantal dagen tussen ophalen van de vangsten in rekening te brengen werd gewerkt met de aantallen per fuidag (catch-per-unit-effort = CPUE) tenzij anders aangegeven.

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

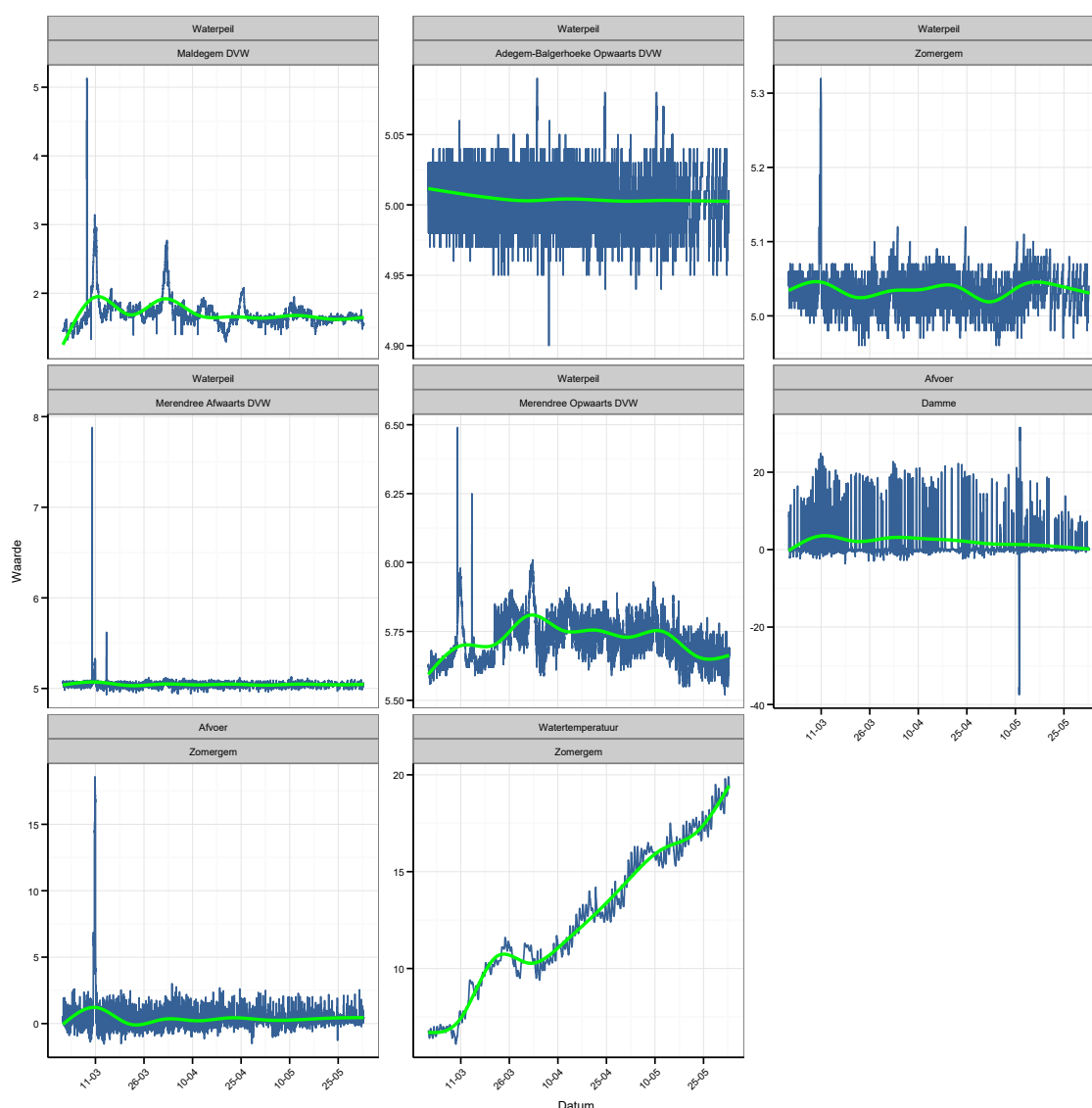
- Tabellen die aantallen (per fuikdag) per soort weergegeven per site en datum
- PCOA (Bray-Curtis dissimilariteit van de door de vierdemachtswortel getransformeerde aantallen per fuikdag en per soort) met weergave van de belangrijkste soorten.
- PERMANOVA met als factoren de datum, site (Balgerhoeke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

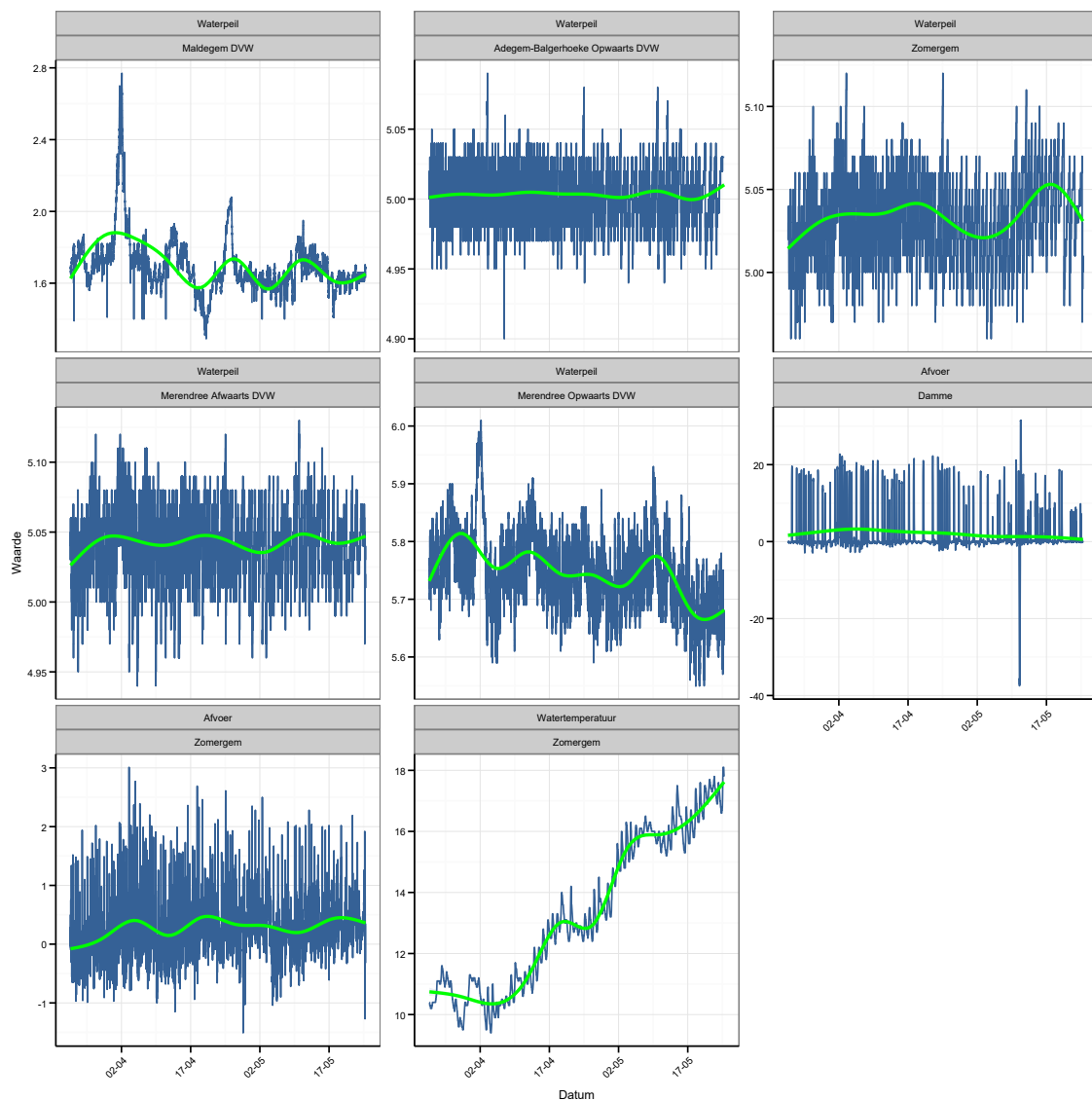
### 4.1 ABIOTIEK

Een overzicht van de tijdreeksen van relevante meetstations voor het studiegebied is gegeven in Figuur 4.1. Een overzicht van de locaties is beschikbaar via deze [link](#).



Figuur 4.1: Overzicht van metingen van waterpeil (m), afvoer (m<sup>3</sup>/s) en temperatuur (°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. De groene lijn geeft de gesmoothte trend aan (span=1).





Figuur 4.2: Overzicht van metingen van waterpeil (m), afvoer ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) en temperatuur ( $^{\circ}\text{C}$ ) voor relevante meetstations doorheen de tijd voor de studieperiode. 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).

Stroomafwaarts van Balgerhoeke t.h.v. het meetpunt te Maldegem, varieerde het waterpeil tijdens de studieperiode tussen ongeveer 1.3 meter en 2.8 meter terwijl stroomopwaarts, t.h.v. het meetpunt te Balgerhoeke, het waterpeil slechts varieerde tussen de 4.9 en 5.1 meter. Het verval t.h.v. de stuw van Balgerhoeke bedroeg gemiddeld 3.30 meter en varieerde tussen 2.22 en 3.71 meter. Stroomopwaarts van Schipdonk varieerde het waterpeil tussen ongeveer 5.55 meter en 6.0 meter (meetpunt Merendree stroomopwaarts) terwijl stroomafwaarts het waterpeil slecht varieerde tussen de 4.95 en 5.15 meter (meetpunt Merendree stroomafwaarts). Het verval t.h.v. de stuw van Schipdonk bedroeg gemiddeld 0.70 meter en varieerde tussen 0.49 en 0.96 meter. Tussen Balgerhoeke en Schipdonk varieerde het waterpeil tussen de 4.95 en 5.10 meter (meetpunt Zomergem).

De afvoer stroomafwaarts van Balgerhoeke (meetpunt Damme) bedraagt wordt gekenmerkt door plotse pieken van ongeveer 20 m<sup>3</sup> en een gemiddelde afvoer van 2.03 m<sup>3</sup>/s. Wanneer de piekdebieten niet in rekening worden gebracht bedraagt de gemiddelde afvoer -0.006 m<sup>3</sup>/s. De stroomopwaartse debieten (i.e. de negatieve waarden) bedragen 49 % van de data en zijn in absolute waarde niet meer dan 2.96 m<sup>3</sup>/s. De afvoer tussen Balgerhoeke en Schipdonk (meetpunt Zomergem) bedraagt zelden meer dan 2.5 m<sup>3</sup>/s, is gemiddeld 0.28 m<sup>3</sup> en varieert tussen -1.51 m<sup>3</sup>/s en 3.01 m<sup>3</sup>/s. De stroomopwaartse debieten bedragen 26 % van de data en zijn in absolute waarde niet meer dan 1.51 m<sup>3</sup>/s.

Een bekkenvistrap heeft een continue debiet van minsten 1 m<sup>3</sup>/s nodig om goed te functioneren (Van Poucke *et al.*, 1994). In het pand Balgerhoeke-Schipdonk is het gemiddelde debiet slechts 0.28 m<sup>3</sup>/s en wordt er slechts 6% van de tijd een debiet groter dan 1 m<sup>3</sup>/s vastgesteld. Installatie van een bekkenvistrap ter hoogte van het pand Balgerhoeke-Schipdonk onder de huidige omstandigheden zou dus resulteren in suboptimale werking. In de zomer zou het debiet wellicht nog lager liggen door de droogteproblematiek waar het kanaal Gent-Terneuzen en de Zeeschelde mee te kampen hebben.

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

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

## 4.2 VISSEN

### 4.2.1 Data-overzicht

De fuiken, hokfuik en schietfuiken, te Balgerhoeke werden om logistische redenen samengenomen en worden daarom één meetplaatscode (balfuik) toegekend. In totaal werden 4575 vissen gevangen met de fuiken te Balgerhoeke (Tabel 4.2). In de palinggoot werd ongeveer 5% gevangen (59 elvers) van wat er werd gevangen met de substraten in Balgerhoeke (1270 elvers). De substraten t.h.v. de oevers te Balgerhoeke



Tabel 4.3: 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.

Datum	balfuik	balgoo	balli	balre	balsgo	balslu	merlo	merro	mersif
2023-03-22	31	0	0	0	0	1	0	0	0
2023-03-24	226	2	1	4	0	3	172	78	436
2023-03-27	240	0	5	1	0	0	145	27	1242
2023-03-29	156	0	0	0	0	0	215	90	639
2023-03-31	465	0	2	3	0	0	33	42	218
2023-04-03	196	0	25	77	13	3	166	139	117
2023-04-05	283	0	3	9	2	0	172	156	142
2023-04-07	252	0	4	0	0	2	124	113	97
2023-04-10	374	0	11	14	2	2	138	77	237
2023-04-12	506	0	2	1	3	0	35	103	117
2023-04-14	107	0	12	16	0	2	59	85	90
2023-04-17	172	3	23	35	7	1	114	81	132
2023-04-19	121	0	10	11	4	4	98	26	70
2023-04-21	134	1	4	10	0	8	104	151	137
2023-04-24	222	0	12	20	2	4	92	81	77
2023-04-26	354	1	9	25	1	1	23	73	141
2023-04-28	150	5	3	6	1	5	95	52	62
2023-05-02	127	5	8	7	10	6	63	137	163
2023-05-05	228	5	43	59	6	10	100	102	65
2023-05-08	97	18	167	67	0	10	85	100	39
2023-05-10	44	3	76	118	0	17	60	51	8
2023-05-12	26	2	47	73	5	7	40	81	35
2023-05-15	35	10	31	32	9	7	99	0	36
2023-05-17	29	4	8	12	0	6	73	20	54

## 4.2.2 Fuiken

### 4.2.2.1 Gemeenschapsstructuur

Alle geobserveerde soorten (19 in totaal) die werden gevangen in Balgerhoeke werden ook gevangen in Schipdonk (met uitzondering van 1 driedoornige stekelbaars in Balgerhoeke). In Balgerhoeke, Schipdonk sifon en Schipdonk sluizen bedroeg de Shannon diversiteit gemiddeld 1.19, 1.43 en 1.45 respectievelijk. Er waren sterke verschillen in de aantallen van sommige soorten. In Balgerhoeke werd in totaal veel meer bittervoorn en snoek en veel minder kolblei en zonnebaars gevangen. Aantallen en soort werden gebruikt om de gemeenschapsstructuur van de drie sites (Balgerhoeke, Schipdonk sifon en Schipdonk sluis) en drie maanden te vergelijken (PERMANOVA, Bray-curtis afstand, vierde-wortel van de fuikvangsten per fuikdag en per soort). Alle drie sites bleken significant verschillend met de grootste verschillen tussen Balgerhoeke enerzijds en Schipdonk anderzijds. Er werd een significant verschil genoteerd tussen de maanden mei enerzijds en maart en april anderzijds. De variabiliteit in gemeenschapsstructuur was 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

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

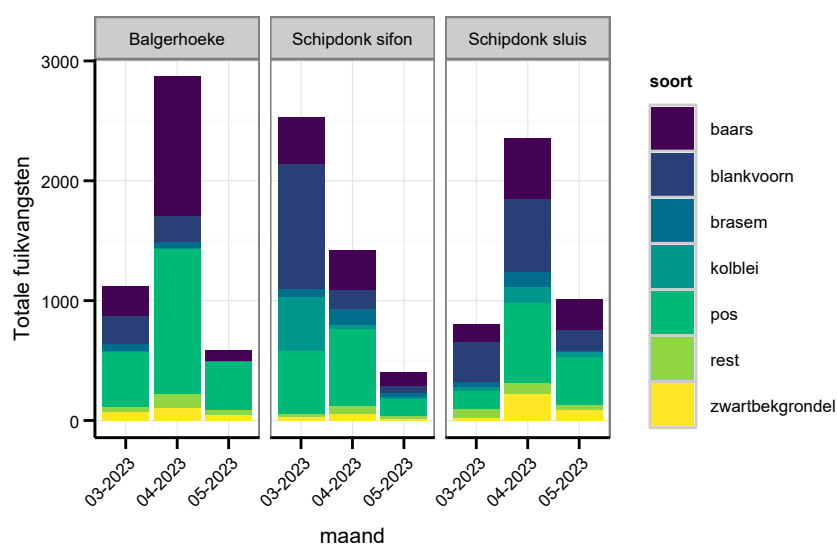
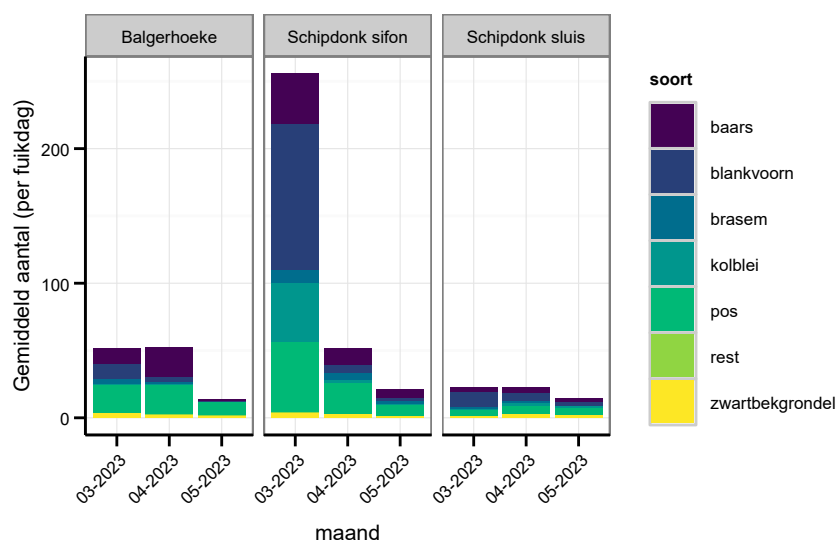
Tabel 4.10: Soortensamenstelling en overzicht van de gemiddelde vangsten per fuikdag, per vissoort voor de hele periode voor Schipdonk en Balgerhoeke (sampling effort in rekening gebracht)

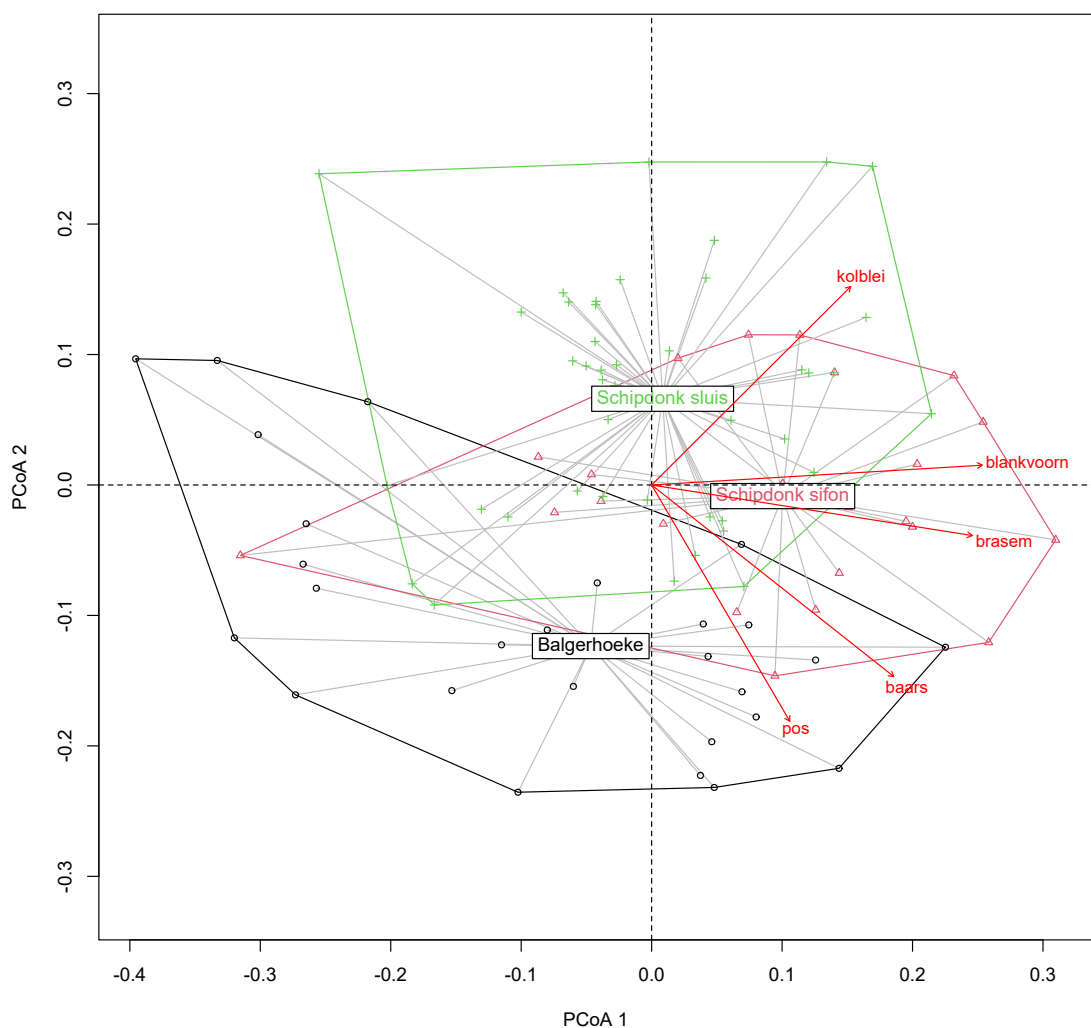
soort	Balgerhoeke	Schipdonk sifon	Schipdonk sluis
baars	13.97	15.17	4.23
bittervoorn	0.67	0.41	0.17
blankvoorn	5.63	23.93	5.67
blauwband	0.25	0.42	0.12
brasem	2.22	5.04	1.37
driedoornige stekelbaars	0.25	0	0
giebel	0.22	0.42	0.17
hybride	0.25	0.47	0.25
karper	0.25	0	0.21
kolblei	0.39	11.64	1.41
paling	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

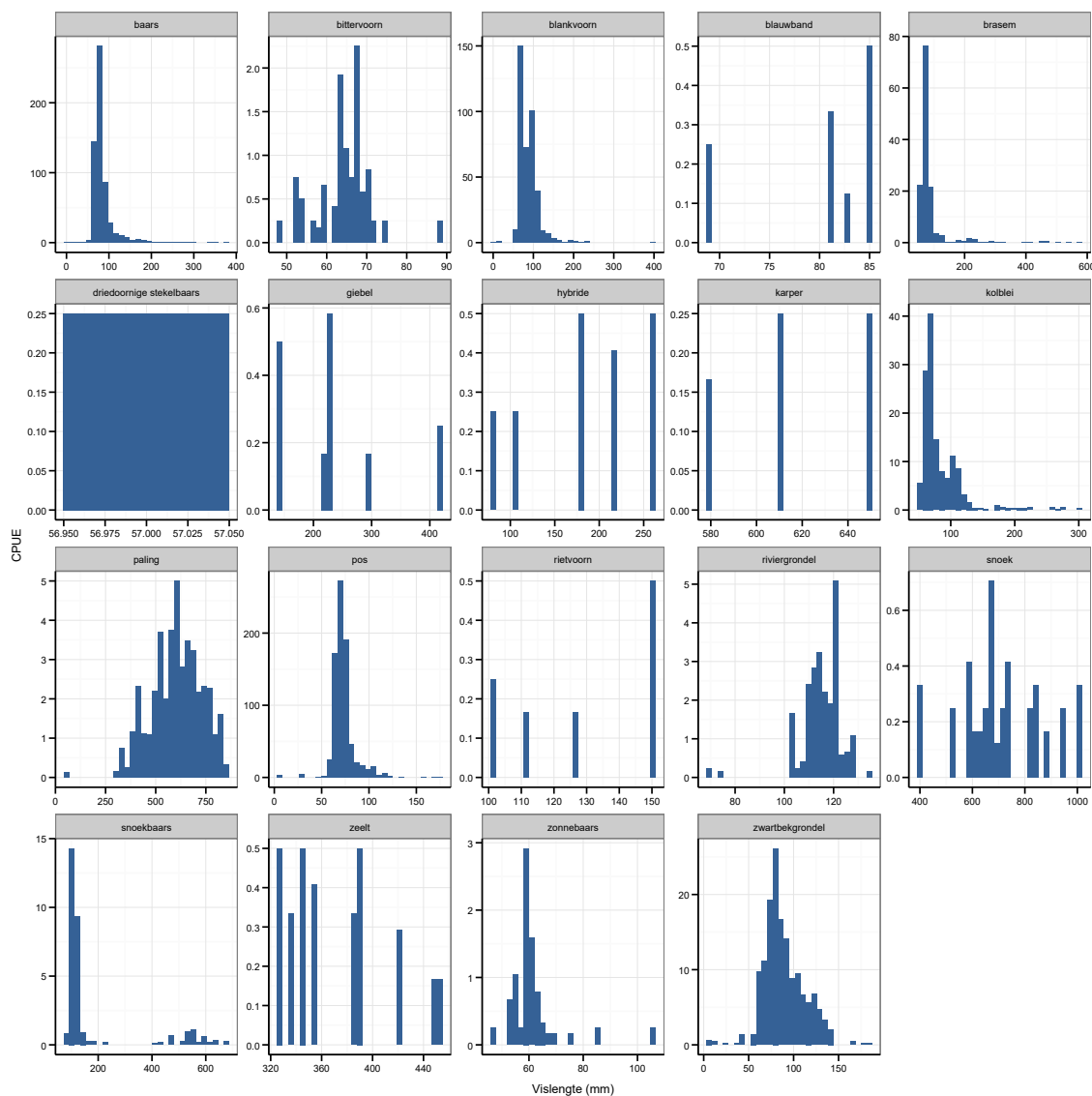






Figuur 4.5: Principale coördinaten analyse (PCOA, CPUE, vierde-machtswortel transformatie, Bray-Curtis afstanden) met weergave van de verschillende sites (als omkaderingen) en de belangrijkste soorten (weergave als pijlen met lengte pijlen representatief voor bijdrage;  $p > 0.05$  en  $R^2 > 0.4$ )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

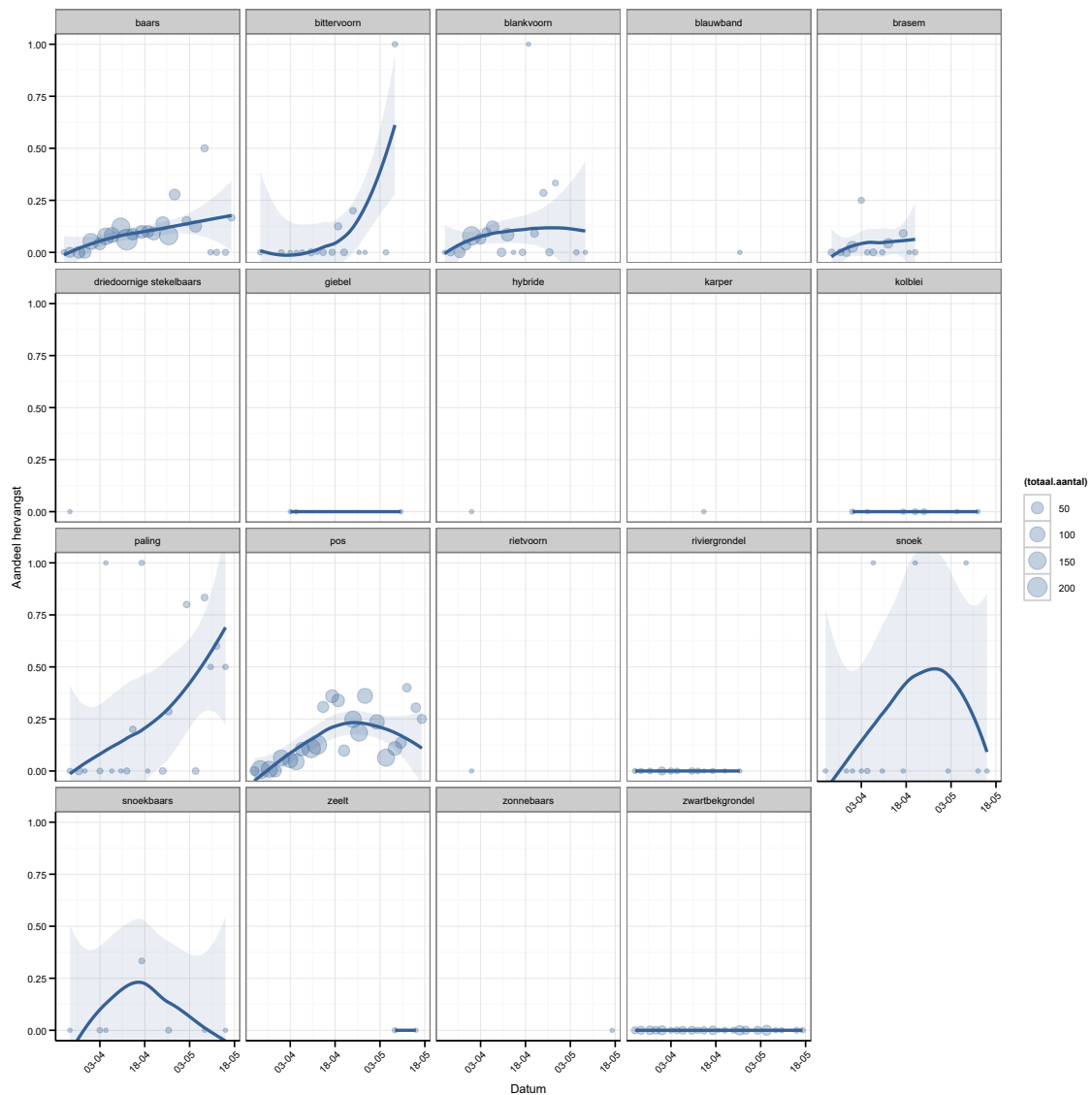
#### 4.2.2.2 Lengteverdeling



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. Pos, snoek en snoekbaars kenden aanvankelijk een stijging in hervangst maar deze daalde weer na een zekere periode. Gibel, kolblei en riviergrondel werden nooit opnieuw gevangen. Zwartbekgrondels werden verwijderd bij vangst omdat dit een invasieve exoot is.

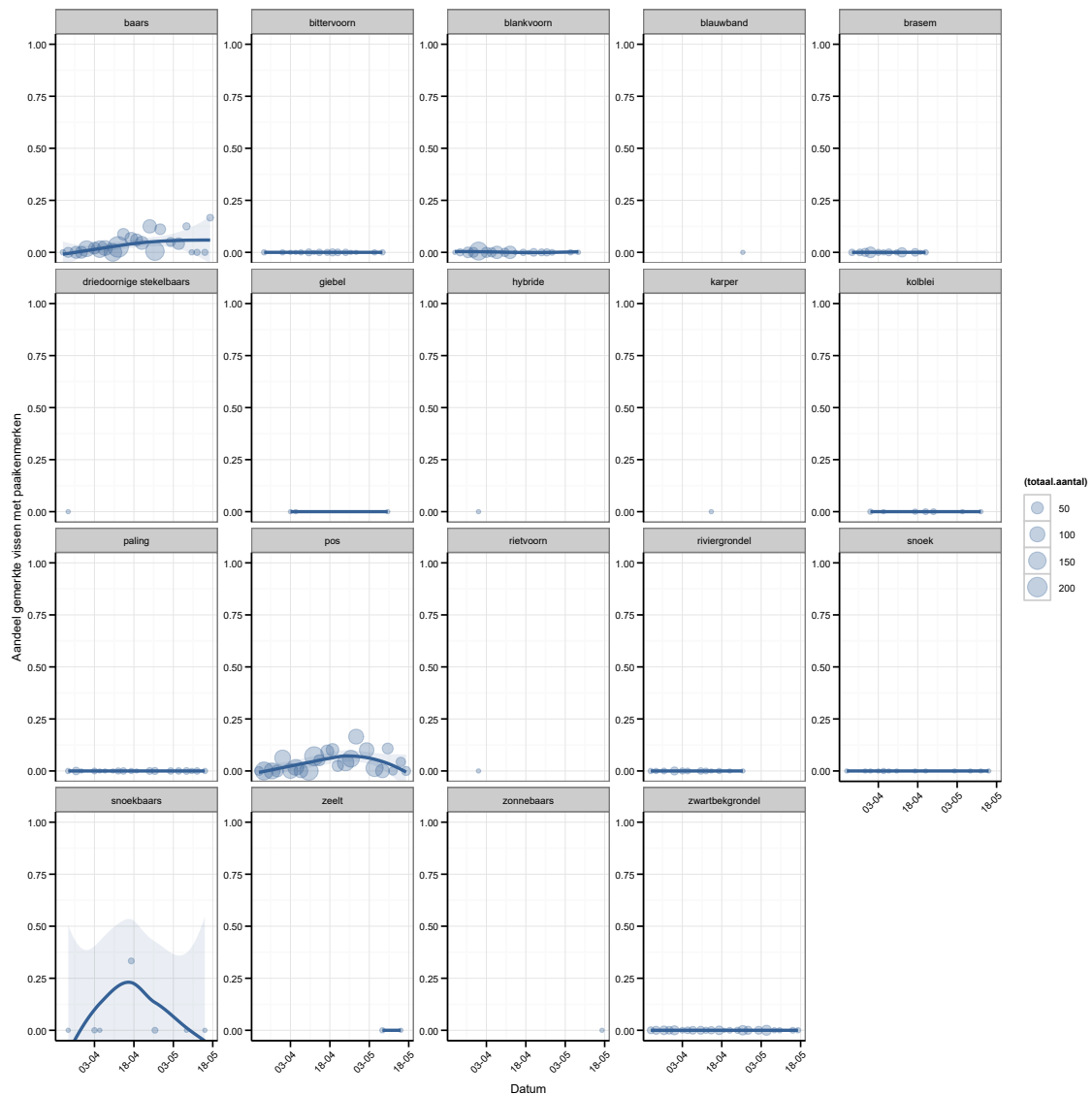


Figuur 4.7: Aandeel hervasht op totale fuikvangst per soort. Elk punt geeft de vangst van één dag weer. De grootte van de punten weerspiegelt de totale vangst per soort. Loess smoothing (span=1) werd gebruikt om een eventuele trend te visualiseren (blauwe lijn). Voor deze smoothing krijgen dagen met een grotere vangst een groter gewicht (lineaire verhouding toekenning gewicht). 95% betrouwbaarheidsintervallen van de loess smoothing zijn weergegeven als een grijze band.

## Reproductie

Men zou verwachten dat individuen die op het punt staan om te paaien een grotere drive 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) vergelijken met het aandeel hervangsten met paaienmerken (i.e. gemerkte vissen) 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 4.8: 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.

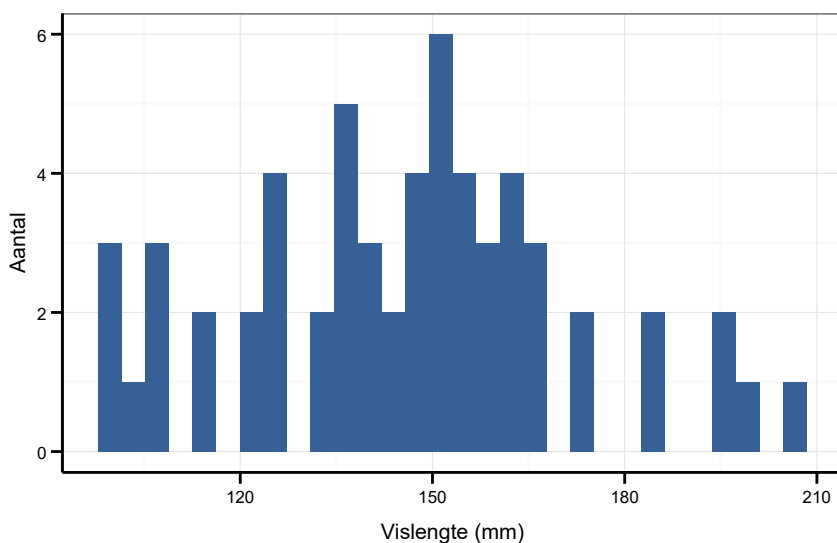


Figuur 4.9: Aandeel gemerkte vissen met paaienmerken op totale fuikvangst per soort. Elk punt geeft de vangst van één dag weer. De grootte van de punten weerspiegelt de totale vangst per soort. Loess smoothing (span=1) werd gebruikt om een eventuele trend te visualiseren (blauwe lijn). Voor deze smoothing 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.

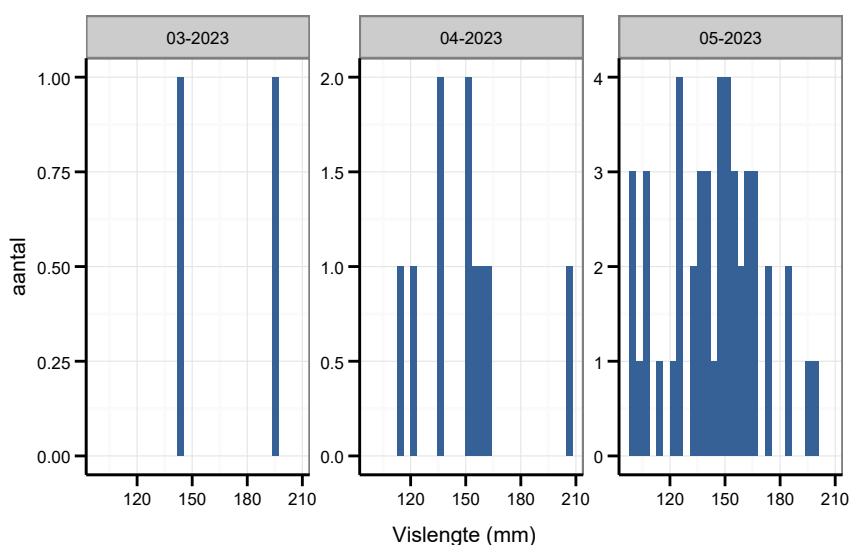
### 4.2.3 Jonge paling

Op basis van de lengteverdeling (zie verder) 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. 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.

#### 4.2.3.1 Palinggoot



Figuur 4.10: Lengteverdeling van elvers gevangen met de palinggoot in Balgerhoeke voor de hele studieperiode.



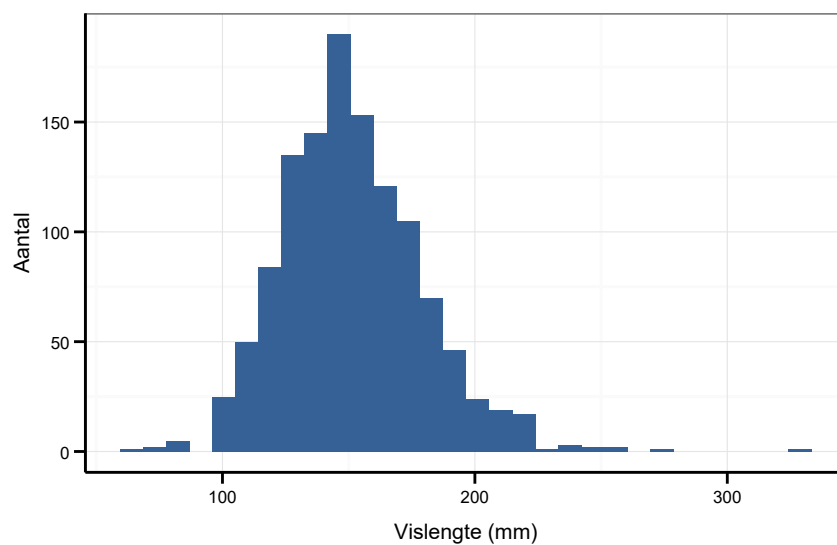
Figuur 4.11: Lengteverdeling van elvers gevangen met de palinggoot in Balgerhoeke voor de drie verschillende maanden van de studieperiode.



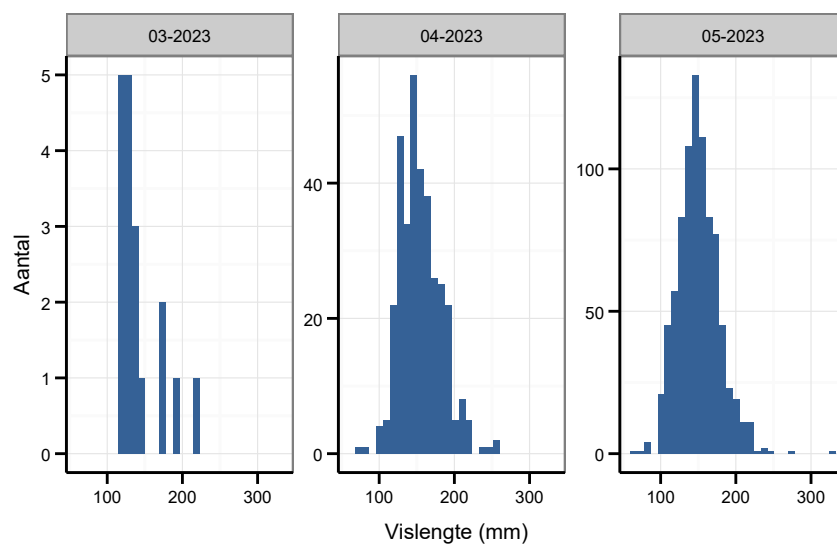
The plot displays the daily death toll over a period of approximately 30 days. The trend line starts at a low level in early April, rises to a peak of about 4 deaths in mid-April, then fluctuates between 1 and 5 deaths through May. A significant spike is observed around May 10th, reaching nearly 20 deaths. The shaded area indicates a wide range of uncertainty, particularly in the early April period where it spans from approximately -12 to 25 deaths.

Date	Observed Deaths (Dots)	Estimated Trend (Line)
Apr 01	2	2
Apr 15	3	4
Apr 20	1	2
Apr 25	1	3
May 01	5	6
May 05	5	8
May 10	18	8
May 15	10	6
May 20	4	4

#### 4.2.3.2 Substraten



Figuur 4.14: Lengteverdeling van elvers gevangen met substraten in Balgerhoeke voor de hele studieperiode.



Figuur 4.15: Lengteverdeling van elvers gevangen met substraten in Balgerhoeke voor de drie verschillende maanden van de studieperiode.



## 5 DISCUSSIE

Connectiviteit van de Vlaamse waterlopen is een belangrijk streefpunt voor de bescherming en herstelling van vispopulaties (Belletti *et al.*, 2020) en identificatie van prioritaire barrières en voorstellen ter verbetering zijn daarbij cruciaal. Het sluisstuwcomplex in Balgerhoeke bleek in deze studie een volledige barrière voor stroomopwaartse vismigratie. Er werden namelijk geen glasalen of gemerkte vissen geobserveerd stroomopwaarts van het sluisstuwcomplex. Om stroomopwaartse beweging van vissen te bewerkstelligen moet daarom de barrière 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 wordt bewerkstelligd door aangepast spui-beheer (Buyse *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, 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 bevestigen de meerwaarde die een herstelde connectiviteit met zich meebrengt voor diadrome soorten die afhankelijk zijn van toegang tot zowel mariene als zoetwaterhabitats.

Voor brakwater- en zoetwatervissen lijkt de connectiviteit voor de studieperiode minder cruciaal. Paai-rijpe vissen verbleven immers niet lang voor de barrière. Inderdaad, individuen van de soorten die dikwijls paai-kenmerken 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 paai-kenmerken vertoonde was significant kleiner wanneer het hervangst betrof, wat suggereert dat paai-rijpe 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 paai-ende brasem werd geobserveerd. Daarenboven komen, ondanks de verschillende gemeenschapsstructuur, praktische 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 beschikbare 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 deze aanname vrij speculatief is. Eerdere, meer gebiedsdekkende studies van het kanaal gaven echter ook aan hoe het pand Balgerhoeke-Schipdonk wordt gekenmerkt door een relatief hoog ecologisch potentieel met relatief hoge visbiomassa, aantallen en diversiteit in vergelijking met de panden stroomopwaarts (Schipdonk-Deinze) en stroomafwaarts (Balgerhoeke-zee) (Verbeiren, 2008). Toegang tot de potentieel grotere diversiteit aan habitats stroomopwaarts van Balgerhoeke kan individuen stroomafwaarts van Balgerhoeke zeker ten goede komen aangezien verschillende soorten verschillende habitats nodige hebben voor verschillende levensfasen. Daarenboven kan een vispassage een belangrijke ontsnapingsroute aanbieden

De barrière te Balgerhoeke scheidt de panden Zeebrugge-Balgerhoeke en Balgerhoeke-Schipdonk en verandering van de barrière zou betekenen dat het waterpeil van het pand Zeebrugge-Balgerhoeke verhoogd dient te worden of dat het waterpeil van het pand Balgerhoeke-Schipdonk verlaagd dient te worden. Een verhoging van het waterpeil te Zeebrugge-Balgerhoeke zou het waterbergend vermogen van het pand aanzienlijk verlagen en bijkomende druk op de dijken met zich meebrengen terwijl een daling van het waterpeil te Balgerhoeke-Schipdonk de huidige pleziervaart er onmogelijk zou maken.

Aangezien de barrière te Schipdonk een belangrijke rol speelt in de afvoer van piekdebieten van de Leie ter bescherming van de regio rond Gent (Vereecken *et al.*, 2008) is de volledige verwijdering van deze barrière moeilijk en daarom is een vispassage-kunstwerk een meer realistische optie. De vraag hierbij is voor welke doelsoorten deze vispassage ontwikkelt dient te worden.

Welk type vispassage dient er dan gebouwd te worden? Zoals aangegeven is de passage van diadrome soorten, voornamelijk paling, prioriteit. Mogelijkheden daarvoor zijn een palinggoot, hevelvistrap of bekkenvistrap (Vertical-slot, de Wit of V-vormige overlaat) (Mulder & Eindopdracht, 2015). Een palinggoot is een relatief kleinschalig kunstwerk dat de stroomopwaartse migratie van glasaal en elvers mogelijk maakt maar geen migratie toelaat van andere soorten. Een hevelvistrap werkt ook voor andere soorten en kan ook stroomafwaartse migratie voorzien maar heeft typisch een hogere werkingskost dan een palinggoot. Een bekkenvistrap tenslotte kan een continue migratie voorzien met lage werkingskosten voor alle soorten in beide richtingen maar vereist hogere opstartkosten en installatieduur en vergt typisch meer ruimte (Mouton *et al.*, 2009). Het sluisstuwcomplex in Balgerhoeke is recent vernieuwd maar de oude sluis is nog steeds aanwezig. Deze ruimte leent zich tot het bouwen van een vispassage en er is waarschijnlijk zelfs voldoende plaats voor een bekkenvistrap. Ter hoogte van Schipdonk is het verval gemiddelde bijna vijf keer kleiner dan thv 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 thv de vispassage cruciaal is.

Een belangrijke consideratie, 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 bewerkstelligen (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 soorten een voldoende sterke en eenduidige waterstroom nodig om zich te oriënteren en te migreren in de panden zelf.

De huidige beperkte en discontinue stroming in het AKL (zie verder) is een belangrijke limitatie voor vispassagekunstwerken en is ver verwijderd van het natuurlijke verloop dat migrerende vissen verkiezen. Afvoer in het AKL vindt vooral plaats bij hoge afvoerdebieten en is daardoor bijzonder sporadisch en zelfs afwezig in tijden van droogte. Het pand van de Gentse ringvaart dat gevoed wordt door Leie en Schelde

(i.e., Groot Pand) moet voorzien in voldoende water voor het kanaal Gent-Terneuzen (KGT), de Zeeschelde en het kanaal Gent-Oostende (en de polders) om economische en ecologische redenen. Water dat wordt afgevoerd via het AKL om daar vispassage mogelijk te maken en vissen een meer natuurlijke omgeving aan te bieden, kan niet afgevoerd worden via deze waterlopen. Simulaties van gemiddelde debieten uitgevoerd door het Waterbouwkundig Labo (WL) voor de periode 1967 tot 2013 geven aan hoe de Leie en Schelde respectievelijk 36.8 m<sup>3</sup>/s en 43.6 m<sup>3</sup>/s aanvoeren naar het Groot Pand (Peeters & Mostaert, 2013). 30.2 m<sup>3</sup>/s van de Leie wordt afgevoerd via het pand Deinze-Schipdonk van het AKL waarvan 9.7 m<sup>3</sup>/s wordt afgevoerd via het Kanaal Gent-Oostende en 3.4 m<sup>3</sup>/s wordt afgevoerd via het pand Schipdonk-Balgerhoeke van het AKL. De resterende hoeveelheid van het Leiewater en de volledige afvoer van de Bovenschelde wordt afgevoerd via het KGT (31.8 m<sup>3</sup>/s) en de Zeeschelde (50.7 m<sup>3</sup>/s). Het is echter belangrijk om te noteren dat het vooral de (recente) droge zomers zijn die moeilijkheden veroorzaken door watertekorten en geassocieerde zoutintrusie (KUL, 2021). Het KGT, de Zeeschelde en de polders (gerelateerd aan de afvoer van het kanaal Gent-Oostende) lijden nu al onder de droge zomers die onder klimaatsverandering enkel verder zullen intensifiëren en een verdere opsplitsing van de afvoer, in het voordeel van het pand Schipdonk-Balgerhoeke van het AKL, bijzonder controversieel maakt. Het KGT (minimumdebiet 13 m<sup>3</sup>/s gemiddeld over 2 maanden (Pereira & Mostaert, 2012)) is immers een belangrijke economische ader waarvoor Vlaanderen en Nederland een akkoord hebben afgesloten mbt de voorziening van voldoende afvoer. De Zeeschelde is dan weer een vitaal ecosysteem dat bovendien recent tot nationaal park is uitgeroepen. De polders tenslotte omvatten belangrijke natuur en landbouwgebieden.

#### 5.4.1 Debietverloop in functie van succes vispassage

Het debietverloop zal het eigenlijke passagesucces 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 moeilijkheden mbt 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 en installatie. Een bekkenvistrap lijkt de meest geschikte keuze wanneer voldoende water Schipdonk binnengelaten kan worden en zowel stroomopwaartse als stroomafwaartse migratie van meerdere vissoorten de doelstelling is. De hydraulische omstandigheden tijdens de studieperiode (gemiddeld debiet van 0.28 m<sup>3</sup>/s en slechts 6% van de tijd meer dan 1 m<sup>3</sup>/s) bleken echter onvoldoende om een optimale werking van een bekkenvistrap te garanderen. Aangezien de meeste migratie van elvers en volwassen paling respectievelijk in het voorjaar en najaar gebeurt en er dan typisch minder uitgesproken watertekorten zijn, kan er overwogen worden om ten minste in die periode meer water af te voeren via het AKL zodat de vispassage kan functioneren zonder dat een pompinstallatie moet geïnstalleerd worden (Coenen, 2013). In het geval een verhoogde afvoer toch niet mogelijk is in het pand, bieden vispassages met een pompinstallatie of palinggoten een oplossing voor de stroomopwaartse migratie van elvers. Een specifieke voorstudie waarbij doelstellingen, locatie, plaatsing, omgevingscondities en waterbeheer worden afgewogen, wordt aangeraden voor het onderbouwd selecteren en plaatsen van een geschikte vispassage.

#### 5.4.2 Debietverloop in functie van visgedrag thv de panden

Ongeacht een eventuele wijziging in het debietverloop ter ondersteuning van een potentiële vispassage is het zinvol om het effect van het huidige debietverloop op vismigratie in de panden zelf te beschrijven. In het pand Zeebrugge-Balgerhoeke heerst een zeer sterke discontinue afvoer met plotse pieken die reiken tot 20 m<sup>3</sup> als gevolg van het spuibeheer thv Zeebrugge (start pand Zeebrugge-Balgerhoeke) en een verder nagenoeg afwezige stroming (gemiddelde van -0.006 m<sup>3</sup>) met ongeveer evenveel stroomafwaartse als stroomopwaartse debietwaarden die het jonge paling blijkbaar toch toelaat om stroomopwaarts te migreren tot de barrière van Balgerhoeke (Griffioen *et al.*, 2024). Aangepast spuibeheer ter hoogte van Zeebrugge werd in 2023 toegepast van 18 maart tot 3 mei maar was meest frequent van eind april tot begin mei wat de piek in elveraantallen in midden mei thv Balgerhoeke zou kunnen verklaren. De migratiesnelheid van elvers in kanalen is echter niet bekend en er is geen zicht op de parameters die invloed hebben op het aantal jonge paling dat zich ophoopt voor en beweegt voorbij de schuiven die deels geopend worden bij opkomend tij. Bepalen hoeveel individuen de barrière bereiken tov wat er vertrekt uit Zeebrugge (voorna-

In het pand Balgerhoeke-Schipdonk reikt de afvoer zelden hoger dan 1 m<sup>3</sup>. 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 dan in het pand Zeebrugge-Balgerhoeke wanneer de afvoerpieken worden genegeerd. 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 blijkt temperatuur een meer belangrijke factor dan debiet wanneer het stroomopwaartse beweging van gele paling betreft (Matondo & Ovidio, 2016). Desalniettemin zal het bijzonder artificiële debietverloop van beide panden, de stroomopwaartse beweging van elvers niet ten goede komen. Welk artificieel debietverloop dan de voorkeur geniet en hoe deze te verbeteren vereist meer onderzoek. Los daarvan zouden bij 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). De meerwaarde van een vispassage thv Schipdonk die stroomopwaartse migratie toelaat van elvers is nog onduidelijk en zou eigenlijk pas met voldoende onderbouwing direct ingeschat kunnen worden eens elvers de barrière te Balgerhoeke kunnen overkomen en/of er meer inzicht wordt bekomen in hoe de omgevingscondities van kanaalpanden de opwaartse migratie beïnvloeden. Het is echter waarschijnlijk dat toegang tot de Leie en Schelde vanuit het AKL de palingpopulaties ten goede zouden komen.

## 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., Bussetti 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., Vallesi 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>.
- 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., 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-waterlope>.
- 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-lopende-projecten-en-onderzoek-naar-de-habitat-binding-in-laaglandrivieren>.
- Coenen J. (2013). Handreiking vispassages in Noord-Brabant.
- 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>.
- Elings J., Bruneel S., Pauwels I., Schneider M., Kopecki I., Coeck J., Mawer R. & Goethals P. (2023). Finding navigation cues near fishways. *Biological Reviews* 99. <https://doi.org/10.1111/brv.13023>.
- Fullerton A.H., Burnett K.M., Steel E.A., Flitcroft R.L., Pess G.R., Feist B.E., Torgersen C.E., Miller D.J. & Sanderson B.I. (2010). Hydrological connectivity for riverine fish: measurement challenges and research opportunities. *Freshwater Biology* 55 (11): 2215–2237. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2010.02448.x>.
- Greenberg L. & Calles O. (2010). Restoring Ecological Connectivity in Rivers to Improve Conditions for Anadromous Brown Trout (*Salmo trutta*). John Wiley & Sons, Ltd, p. 148–163. <https://doi.org/10.1002/9781444323337.ch6>.



- Griffioen A.B., Wilkes T., Keeken O.A. van, Hammen T. van der, Buijse A.D. & Winter H.V. (2024). Glass eel migration in an urbanized catchment: an integral bottleneck assessment using mark-recapture. *Movement Ecology* 12 (1): 15. <https://doi.org/10.1186/s40462-023-00446-6>.
- Harrison A.J., Walker A.M., Pinder A.C., Briand C. & Aprahamian M.W. (2014). A review of glass eel migratory behaviour, sampling techniques and abundance estimates in estuaries: implications for assessing recruitment, local production and exploitation. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 24 (4): 967–983. <https://doi.org/10.1007/s11160-014-9356-8>.
- Holcik J. (1986). The freshwater fishes of Europe, I. Petromyzontiformes.
- INBO (s.d.). VIS databank. <https://doi.org/https://vis.inbo.be>.
- KUL (2021). Uitwerking van een reactief afwegingskader voor prioritair watergebruik tijdens waterschaarste.
- Lucas M.C. & Baras E. (2001). Migration of freshwater fishes. Blackwell Science Ltd.
- Matondo B.N. & Ovidio M. (2016). Dynamics of upstream movements of the European eel *Anguilla anguilla* in an inland area of the River Meuse over the last 20 years. *Environmental Biology of Fishes* 99 (2): 223–235. <https://doi.org/10.1007/s10641-016-0469-x>.
- Mouton A., Gelaude E. & Buysse D. (2009). Onderzoek naar glasaalmigratiemogelijkheden in de Ganzepoot (IJzermending) in Nieuwpoort.
- Mulder M.G.J. & Eindopdracht B. (2015). MODELLEREN VAN VISPASSAGES.
- Northcote T. (1998). Migratory Behaviour of Fish and its Significance to Movement through Riverine Fish Passage Facilities. *Fish Migration and Fish Bypasses* 3–18. [https://scholarworks.umass.edu/fishpassage\\_book\\_chapters/89](https://scholarworks.umass.edu/fishpassage_book_chapters/89).
- Peeters D. & Mostaert F. (2013). Modelling van waterbeschikbaarheid en waterallocatiestrategieën in het Scheldestroomgebied.
- Pereira F. & Mostaert F. (2012). Waterbalans Seine-Schelde West: advies Waterbouwkundig Laboratorium. <https://www.vlaanderen.be/publicaties/waterbalans-seine-schelde-west-advies-waterbouwkundig-laboratorium>.
- Peter A. (1998). Interruption of the River Continuum by Barriers and the Consequences for Migratory Fish. *Fish Migration and Fish Bypasses* 99–112. [https://scholarworks.umass.edu/fishpassage\\_book\\_chapters/93](https://scholarworks.umass.edu/fishpassage_book_chapters/93).
- Raat A.J.P. (1994). Aspecten van vismigratie in zoetwater in Nederland. Organisatie ter verbetering van de binnenvisserij, Nieuwegein.
- Radinger J., Hölker F., Horký P., Slavík O. & Wolter C. (2018). Improved river continuity facilitates fishes' abilities to track future environmental changes. *Journal of Environmental Management* 208: 169–179. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.011>.
- Stevens M. & Coeck J. (2009). Wetenschappelijke onderbouwing van een strategische.... <https://www.vlaanderen.be/publicaties/wetenschappelijke-onderbouwing-van-een-strategische-prioriteitenkaart-vismigratie-voor-vlaanderen-benelux-beschikking-m200901>.
- Van Poucke L., Verdonck P., Verhoeven R. & Goderis W. (1994). De V-vormige bekkenvistrap : een hydraulische benadering. *WATER (BRUSSEL)* 13 (74): 33–38. <http://hdl.handle.net/1854/LU-246509>.
- Van Wichelen J. (2018). Opvolging van de palingstand in het Leopoldkanaal als evaluatie van het aangepast sluisbeheer in functie van een verbeterde glasaalmigratie (2014-2017). Eindrapport. <https://doi.org/10.21436/inbor.14216948>.
- Van Wichelen J., Verhelst P., Buysse D., Belpaire C., Vlietinck K. & Coeck J. (2021). Glass eel (*Anguilla anguilla* L.) behaviour after artificial intake by adjusted tidal barrage management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 249: 107127. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107127>.
- 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>.
- 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., Bayens 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.
- Vollestad 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>.
- 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>.
- 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>.