Vlaanderen
is wetenschap

Evaluatie van de vismigratie door de visdoorgangen van de Kleine Nete in Grobbendonk en Kasterlee

Studie in opdracht van ANB, bestek ANB-VF/2016/6, perceel 1

Raf Baeyens, David Buysse, Nico Demaerteire, Sebastien Pieters, Karen Robberechts, Emilie Gelaude,
Ine Pauwels, Lore Vandamme, Sophie Vermeersch, Jeroen Van Wichelen & Johan Coeck

**INSTITUUT
NATUUR- EN BOSONDERZOEK**

Auteurs:

Raf Baeyens, David Buysse, Nico Demaerteire, Sebastien Pieters, Karen Robberechts, Emilie Gelaude, Ine Pauwels, Lore Vandamme, Sophie Vermeersch, Jeroen Van Wichelen & Johan Coeck,
Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

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

Vestiging:

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

e-mail:

Raf.Baeyens@inbo.be

Wijze van citeren:

Baeyens, R., Buysse, D., Demaerteire, N., Pieters, S., Robberechts, K., Gelaude, E., Pauwels, I., Vandamme, L., Vermeersch, S., Van Wichelen, J. & Coeck, J. (2017). Evaluatie van de vismigratie door de visdoorgangen van de Kleine Nete in Grobbendonk en Kasterlee. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017 (40). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

DOI: doi.org/10.21436/inbor.13664670

D/2017/3241/327

Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017 (40)

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Maurice Hoffmann

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van:

Agentschap voor Natuur en Bos, bestek ANB-VF/2016/6, perceel 1

AGENTSCHAP
NATUUR & BOS

Evaluatie van de vismigratie door de visdoorgangen van de Kleine Nete in Grobbendonk en Kasterlee

Raf Baeyens, David Buysse, Nico Demaerteire, Sebastien Pieters, Karen Robberechts, Emilie Gelaude, Ine Pauwels, Lore Vandamme, Sophie Vermeersch, Jeroen Van Wichelen & Johan Coeck

Studie in opdracht van ANB, bestek ANB-VF/2016/6, perceel 1

Dankwoord

Om dit onderzoek te kunnen uitvoeren werd meermaals beroep gedaan op de diensten van de VMM. Zowel voor de installatie van de vangconstructies als voor de bediening van de klepstuw in Grobbendonk konden we steeds op logistieke ondersteuning rekenen van Nick Primus en Marc Florus.

Samenvatting

Om vrije vismigratie te bevorderen en tegemoet te komen aan de wettelijke verplichtingen wat dat betreft, bouwen rivierbeheerders visdoorgangen. De goede werking van deze doorgangen kan pas met zekerheid vastgesteld worden na een wetenschappelijke evaluatie. De visdoorgangen van Grobbendonk en Kasterlee in de Kleine Nete werden onderworpen aan zulke evaluatie, waarbij zowel de hydraulische als de biologische parameters onderzocht werden. Beide visdoorgangen lijken een goede attractiviteit en passeerbaarheid te bieden aan vissen die stroomopwaarts willen migreren. Voor de doorgang in Grobbendonk is de volledige opening van de afsluitklep hiervoor een noodzakelijke randvoorwaarde. Niet het afvoerdebiet, maar wel de watertemperatuur lijkt een bepalende invloed te hebben op de stroomopwaartse migratie van de aanwezige vissoorten gedurende de onderzoeksperiode van 28 april tot 18 mei. In beide visdoorgangen werden er in een beperkte periode van 21 vangstdagen (geselecteerd op basis van een protocol over watertemperatuur) 19 verschillende vissoorten gevangen in het voorjaar van 2017. Blankvoorn (*Rutilus rutilus*) en riviergrondel (*Gobio gobio*) waren op beide locaties de dominante soorten, maar ook diadrome soorten zoals zeeprik (*Petromyzon marinus*) en rivierprik (*Lampetra fluviatilis*) werden aangetroffen in de vistrapfauken. De vangst van deze grote migratoren toont aan dat deze doorgangen functioneel zijn en ze deze zeldzame soorten een toegang kunnen bieden tot het bekken van de Kleine Nete, waar ze hun levenscyclus kunnen voltooien. Deze beperkte evaluatiemethode laat toe om de basiswerking van een visdoorgang te evalueren. Als er meer inzicht nodig blijkt over het gebruik van de doorgang van bepaalde vissoorten of de impact van de doorgang op bekkenniveau, dan wordt er aanbevolen om zowel de evaluatieperiode als de evaluatiemethode aan te passen in functie van het gestelde doel.

English abstract

To facilitate the free migration of fish and to meet the legally adopted obligations in this respect, river managers are trying to deal with migration obstacles by building fishways. The proper functioning of these fish passes can only be determined with certainty after a sound scientific evaluation. The fish passes of Grobbendonk and Kasterlee in the river Klein Nete were subjected to such evaluation that investigates both the hydraulic and biological parameters. Both pool-weir fishways seem to offer good attractiveness and passability to fish that want to migrate upstream. Regarding the fishway in Grobbendonk, the complete opening of the upstream valve is an important prerequisite. Not the discharge, but the water temperature seems to have a decisive influence on the upstream migration of the species present during the research period ranging from March 28th until May 18th. In both fishways, 19 fish species were caught in a limited period of 21 sampling days (chosen based on a water temperature protocol). Roach (*Rutilus rutilus*) and gudgeon (*Gobio gobio*) were found to be dominant species in both locations, but also diadromic species such as sea lamprey (*Petromyzon marinus*) and river lamprey (*Lampetra fluviatilis*) were caught in these fishways. The capture of these long distance migrators shows that these fishways are effective in providing access to the river basin where they can complete their life cycle. This limited number of sampling days allows evaluating the basic functioning of a fishway. When looking for more knowledge on the use of these fishways by certain fish species and its consequences on river basin level, it is recommended to use other techniques combined with another timing.

Inhoudsopgave

Dankwoord.....	2
Samenvatting.....	3
English abstract.....	4
Lijst van figuren	7
Lijst van foto's	8
Lijst van tabellen.....	9
1 Inleiding.....	10
2 De Kleine Nete	11
3 Doel.....	12
4 Methode.....	13
4.1 Abiotische opmetingen	13
4.1.1 Debiet.....	13
4.1.2 Bekkendimensies.....	14
4.1.3 Vervalhoogte en verdrinkingsgraad	14
4.1.4 Stroomsnelheid en afvoercoëfficiënt	14
4.1.5 Doorzwemhoogtes op de drempels	15
4.1.6 Turbulentie.....	15
4.1.7 Watertemperatuur.....	15
4.2 Voorafgaande afvissingen	15
4.3 Voorjaarsmigratie door de visdoorgang.....	16
5 Resultaten	17
5.1 Watertemperatuur en afvoerdebiet	17
5.2 Visdoorgang Grobbendonk	19
5.2.1 Abiotische metingen	19
5.2.1.1 Debiet en lokstroom.....	19
5.2.1.2 Bekkendimensies.....	19
5.2.1.3 Vervalhoogte en verdrinkingsgraad	21
5.2.1.4 Stroomsnelheid en afvoercoëfficiënt	21
5.2.1.5 Doorzwemhoogtes op de drempels	23
5.2.1.6 Turbulentie.....	24
5.2.2 Afvissingen rondom de visdoorgang	24
5.2.3 Voorjaarsmigratie door de visdoorgang.....	25
5.2.3.1 Vissoorten, aantallen en biomassa.....	25
5.2.3.2 Vangstevolutie.....	27
5.2.3.3 Lengte-frequentie distributie van de dominante vissoorten.....	28
5.3 Visdoorgang Kasterlee	29
5.3.1 Abiotische metingen	29
5.3.1.1 Debiet en lokstroom.....	29
5.3.1.2 Bekkendimensies.....	30
5.3.1.3 Vervalhoogte en verdrinkingsgraad	31
5.3.1.4 Stroomsnelheid en afvoercoëfficiënt	32
5.3.1.5 Doorzwemhoogtes op de drempels	33
5.3.1.6 Turbulentie.....	34
5.3.2 Afvissingen rondom de visdoorgang	34
5.3.3 Voorjaarsmigratie door de visdoorgang.....	35
5.3.3.1 Vissoorten, aantallen en biomassa.....	35
5.3.3.2 Vangstevolutie.....	36
5.3.3.3 Lengte-frequentie distributie van de dominante vissoorten.....	37
5.4 Vergelijking vangstdata van de Kleine Nete	38

5.4.1	Soortsamenstelling in de vistrapfuike van Grobbendonk-Herentals-Kasterlee	38
5.4.2	Vergelijking van de vangstevolutie in de visdoorgangen van Kasterlee en Herentals in functie van de watertemperatuur en de bemonsteringsstrategie	43
5.4.3	Soortsamenstelling vergeleken met andere vangstdata van de Kleine Nete	44
6	Bespreking	46
6.1	Attractiviteit, passeerbaarheid en efficiëntie van beide visdoorgangen.....	46
6.2	Kostenefficiëntie van de evaluatie m.b.v. 'realtime' watertemperatuur logging.....	47
6.3	Vangsten in Grobbendonk en Kasterlee m.b.t. de efficiëntie van de visdoorgangen	47
6.4	Vergelijking van de vangsten in de visdoorgangen van Grobbendonk, Herentals en Kasterlee	48
6.5	Debietregeling van de visdoorgang in Grobbendonk.....	49
6.6	Inrichting visdoorgangen als paai- en leefgebied voor stroomminnende vissoorten	50
7	Conclusies.....	52
8	Aanbevelingen	53
	Referenties	54

Lijst van figuren

Figuur 1: Ligging van het bekken van de Kleine Nete, met aanduiding van de aangelegde visdoorgangen (1:Grobendonk, 2:Herentals, 3:Kasterlee, 4:Retie)	11
Figuur 2: Relaties tussen sturende variabelen en de voor vismigratie belangrijke variabelen, bepaald door meten (*), berekenen (°) of door visuele inspectie (•).....	13
Figuur 3: Schematisch profiel van een drempel met aanduiding van de meetplaatsen voor stroomsnelheid (V1-V6) en doorzwemdiepte (V1-V5).	14
Figuur 4: Vergelijking van de gemeten watertemperaturen door de RT (Kasterlee), de TB (Grobendonk) en het meetstation van HIC gedurende de onderzoeksperiode (28/03/2017-18/05/2017). Alle metingen zijn geplot op één meting per uur. Grijs detailkader zie figuur 5.	17
Figuur 5: Detailplot van de watertemperatuurdata van de 3 thermologgers (periode 30/03/2017-01/04/2017).	18
Figuur 6: Afvoerdebiet (grijze zone) van de Kleine Nete en vangstaantallen (balkjes, tweede Y-as) gedurende de onderzoeksperiode (28/03/2017-18/05/2017). (Bron: waterinfo.be, meetpunt Grobendonk Troon, knt03a-1066)	18
Figuur 7: Spreiding van de waterdieptes per bekken, met de mediaan (-) en het gemiddelde (♦) per bekken.....	20
Figuur 8: Verloop van de vervelhoogtes tussen de bekkens met de kritische waarde voor V-vormige bekkentrappen in laaglandbeken (15 cm, rode lijn, (Kroes & Monden, 2005)) op de linkse Y-as. De verdrinkingsgraad per drempel is weergegeven door de zwarte bollen (rechtse Y-as).	21
Figuur 9: Spreiding van de gemeten stroomsnelheden per bekken (n = 15 per bekken), met aanduiding van de mediaan (-) en het gemiddelde (♦).	22
Figuur 10: Aandeel van de verschillende zones in de 12 opgemeten bekkens.	22
Figuur 11: Variatie in stroomsnelheden op 5 posities van de drempels van de 12 opgemeten drempels (RO=rechteroever, CR=centraal-rechts, C=centraal, CL=centraal-links en LO=linkeroever), met aanduiding van de mediaan (-), het gemiddelde (♦) en outliers (o).....	23
Figuur 12: Variatie in doorzwemhoogtes op de verschillende posities van de 12 drempels, met aanduiding van de mediaan (-) en het gemiddelde (♦).	23
Figuur 13: Energiedemping per bekken.	24
Figuur 14: Aantalsverdeling van de gevangen vissoorten in de visdoorgang van Grobendonk (rest: Europese meerval, rietvoorn, paling, bierpje, bot, zeeperk, gibel, karper, rivierdonderpad, serpel, winde, zeelt).	26
Figuur 15: Biomassaverdeling van de gevangen vissoorten in de visdoorgang van Grobendonk (rest: alver, zonnebaars, rietvoorn, gibel, bot, serpel, bierpje, rivierdonderpad).	26
Figuur 16: Aantalsverloop van de vangsten in Grobendonk (zwarte balken) in functie van de watertemperatuur (rode lijn). Gedurende de grijze zone werd er niet bemonsterd, gedurende de oranje zone stond de visdoorgang slechts minimaal open.	27
Figuur 17: Aantalsverloop van de gevangen Chinese wolhandkrabben in functie van de watertemperatuur en het al dan niet open staan van de visdoorgang (oranje zone: minimaal debiet door spleet van afsluitklep visdoorgang).....	28
Figuur 18: Lengte-frequentie distributie van door de visdoorgang gepasseerde blankvoorns in Grobendonk.	28
Figuur 19: Lengte-frequentie distributie van door de visdoorgang gepasseerde riviergrondels in Grobendonk.	29
Figuur 20: Spreiding van de waterdieptes per bekken, met de mediaan (-) en het gemiddelde (♦) per bekken.....	31
Figuur 21: Verloop van de vervelhoogtes tussen de bekkens met de kritische waarde voor V-vormige bekkentrappen in laaglandbeken (15 cm, rode lijn, (Kroes & Monden, 2005)) op de linkse Y-as. De verdrinkingsgraad per drempel is weergegeven door de zwarte bollen (rechtse Y-as).	31

Figuur 22: Spreiding van de gemeten stroomsnelheden per bekken (n = 15 per bekken), met aanduiding van de mediaan (-) en het gemiddelde (♦).	32
Figuur 23: Aandeel van de verschillende zones in de 18 opgemeten bekkens.	32
Figuur 24: Variatie in stroomsnelheden op 5 posities van de 18 opgemeten drempels (RO=rechtoever, CR=centraal-rechts, C=centraal, CL=centraal-links en LO=linkeroever), met aanduiding van de mediaan (-), het gemiddelde (♦) en outliers (o).	33
Figuur 25: Variatie in doorzwemhoogtes op de verschillende posities van de 18 drempels, met aanduiding van de mediaan (-) en het gemiddelde (♦).	33
Figuur 26: Energiedemping per bekken.	34
Figuur 27: Aantalsverdeling van de gevangen vissoorten in de visdoorgang van Kasterlee (rest: bermpje, bruine Amerikaanse dwergmeerval, gibel, karper, paling, pos, rivierprik, serpeling, snoek, winde, zeelt).	36
Figuur 28: Biomassaverdeling van de gevangen vissoorten in de visdoorgang van Kasterlee (rest: alver, baars, bermpje, bruine Amerikaanse dwergmeerval, kopvoorn, pos, rivierprik, serpeling, snoek, winde, zeelt).	36
Figuur 29: Aantalsverloop van de vangsten in Kasterlee (zwarte balken) in functie van de watertemperatuur (rode lijn). Gedurende de grijze zone werd er niet bemonsterd.	37
Figuur 30: Aantalsverloop van de gevangen Chinese wolhandkrabben (zwarte balken) in functie van de gemiddelde watertemperatuur (rode lijn).	37
Figuur 31: Lengte-frequentie distributie van door de visdoorgang gepasseerde riviergrondels in Kasterlee.	38
Figuur 32: Lengte-frequentie distributie van door de visdoorgang gepasseerde blankvoorns in Kasterlee.	38
Figuur 33: Vergelijking van de lengte-frequentiedistributies van de vangsten van riviergrondel in de drie visdoorgangen (Herentals in 2005).	41
Figuur 34: Vergelijking van de lengte-frequentiedistributies van de vangsten van blankvoorn in de drie visdoorgangen (Herentals in 2005).	42
Figuur 35: Vergelijking van de bemonstering van de visdoorgangen van Herentals in 2005 (boven) en Kasterlee in 2017 (onder), met aanduiding van de effectieve bemonsteringsdagen (grijze zone), de watertemperatuur (zwarte lijn, rode lijn geeft de 13°C grens aan), en de vangsten (zwarte balkjes, tweede Y-as) voor de periode van 6 maart tot 15 juli. Kleuraanduidingen: zie tekst.	43

Lijst van foto's

Foto 1: Installatie van de 'real time' logger in Kasterlee (links) en een aantal TidbiT temperatuurloggertjes (rechts).	15
Foto 2: Zones die afgevisd werden stroomop- en stroomafwaarts van de visdoorgangen. Gele zone: vissen onder de stuw, witte zone; vissen onder de visdoorgang, groene zone; vissen boven de visdoorgang. E = elektrisch afgevisd, F = fuikvangsten.	16
Foto 3: Doordringing van de lokstroom uit de visdoorgang (geel) tot aan de uitstroom van de stuw (rood).	19
Foto 4: Aanduiding van de opgemeten bekkens.	20
Foto 5: Een aantal gevangen soorten in de visdoorgang van Grobbendonk: 1. winde, 2. rivierdonderpad, 3. Chinese wolhandkrab, 4. Europese meerval, 5. Zeeprik.	26
Foto 6: Doordringing van de lokstroom van de visdoorgang bij een lage afvoer.	29
Foto 7: Aanduiding van de opgemeten bekkens.	30
Foto 8: Rivierprik, gevangen in de vistrapfuij in Kasterlee.	36
Foto 9: Geknepen klep van de visdoorgang in Grobbendonk met turbulente stroming (links), en laminaire stroming bij geopende klep (rechts).	50

Lijst van tabellen

Tabel 1: Overzicht van de bekkendimensies.	20
Tabel 2: Vangsten op de verschillende locaties rondom de visdoorgang van Grobbendonk.....	24
Tabel 3: Overzicht van de vangsten in de visdoorgang van Grobbendonk.	25
Tabel 4: Vangstvergelijking tussen de visdoorgangen van Kasterlee en Grobbendonk, met op de laatste locatie een opsplitsing van de periode waarbij de klep van de visdoorgang open of op een kier stond.....	27
Tabel 5: Overzicht van de bekkendimensies.	30
Tabel 6: Vangsten op de verschillende locaties rondom de visdoorgang van Kasterlee.....	34
Tabel 7: Overzicht van de vangsten in de visdoorgang van Kasterlee.....	35
Tabel 8: Vergelijking van de aantallen gevangen vis- en rondbeksoorten tussen de visdoorgangen van Kasterlee, Herentals en Grobbendonk.	39
Tabel 9: Vergelijking van de soortsaamenstelling van de vangsten door elektrovisserij (site 1, 3 en 4) en fuikvangsten in de verschillende visdoorgangen (2, 5 en 6), welke aangevuld werden met gevangen soorten bij de visserij rondom de visdoorgangen (aangegeven met een +). Schuin vet gedrukte soorten zijn beschermd door de habitatrichtlijn (*) of de wet op de riviervisserij (*).	45
Tabel 10: Vergelijking van de bepalende abiotische variabelen voor de werking van een V-vormige bekkenvistrap. Betekenis kleurcodes; groen=goed, oranje=matig, rood=onvoldoende.	47

1 Inleiding

Allerhande ingrepen aan riviersystemen, met als doel valleigronden te ontsluiten voor gebruiksfuncties zoals intensieve landbouw, bewoning en energiewinning, hebben in de 20^{ste} eeuw geresulteerd in sterk versnipperde riviertrajecten. Hierbij werd zowel het zijdelingse contact met de vallei via zijwaterlopen, als de migratiemogelijkheden in de lengterichting van de rivier zwaar verstoord door drainage en verstuwning. Maatregelen zoals rechttrekkingen, verbredingen, verdiepingen, slib- en kruidruiming droegen verder bij tot de ecologische achteruitgang van deze rivieren. Als overmaat van ramp daalde ook de waterkwaliteit op vele plaatsen door afvalwaterlozingen van woonkernen en industrie. De laatste decennia lijkt het tij te keren onder impuls van verschillende beleidsinitiatieven. De waterkwaliteit is verbeterd en ecologische herstelprojecten krijgen meer en meer vorm.

Als beheerder van de onbevaarbare waterlopen (categorie 1) in Vlaanderen draagt ook de Vlaamse Milieu Maatschappij (VMM) bij tot het ecologisch herstel van rivieren, onder meer door de aanleg van tientallen visdoorgangen. Deze visdoorgangen moeten er voor zorgen dat vismigratieknelpunten opgelost worden en dat vissen de gehele rivier kunnen benutten om hun levenscyclus te voltooien. Het oplossen van vismigratieknelpunten is bovendien wettelijk verplicht op verschillende beleidsniveaus zoals de Benelux beschikking rond vrije vismigratie (M 2009/01), de Kaderrichtlijn Water en het decreet Integraal Waterbeheer. Ondanks een stijgende trend in het oplossen van deze migratieknelpunten, worden de vooropgestelde doelstellingen op prioritaire waterlopen niet gehaald (<https://www.inbo.be/nl/natuurindicator/gesaneerde-vismigratieknelpunten-prioriteitsklasse-1>).

Het is van belang om reeds uitgevoerde projecten te evalueren om de goede werking ervan na te gaan. Naast inzichten in het gebruik van deze doorgangen door vissen, kunnen er ook bijsturingen noodzakelijk zijn om de goede werking van deze visdoorgangen te garanderen.

2 De Kleine Nete

De Kleine Nete is een meanderende laaglandrivier in het Netebekken die voornamelijk gevoed wordt door regenwater en oppervlakkige kwel. Ze ontstaat uit een aantal kleinere bovenlopen in Mol die samen een gebied van ruim 800 ha ontwateren. Na samenvloeiing met de Aa in Grobbendonk mondt de Kleine Nete uit in de Grote Nete in Lier en vormen ze samen de Beneden Nete die uiteindelijk uitmondt in de Rupel. Zowel de waterkwaliteit als de structuurkwaliteit van de Kleine Nete zijn vrij goed naar Vlaamse maatstaven (www.vmm.be). Dit vertaalt zich dan ook op het vlak van de aanwezige visfauna, welke niet bekend staat om zijn hoge biomassa maar wel om zijn soortenrijkdom. Er werden al ruim 30 verschillende vissoorten waargenomen in de Kleine Nete waaronder zeldzame soorten zoals serpeling, rivierdonderpad, beekprik en kleine modderkruiper. Met het oplossen van alle vismigratieknelpunten wordt er beoogd dat deze vissoorten ongehinderd kunnen migreren doorheen de rivier om optimale habitats te kunnen bereiken om er op te groeien of zich voort te planten. Bovendien wordt het bekken van de Kleine Nete zo beschikbaar als paai- of opgroeihabitat voor diadrome soorten zoals rivierprik, zeeprik, bot en paling. Figuur 1 toont de Kleine Nete in haar ontwateringsgebied met de voormalige vismigratieknelpunten.

Figuur 1: Ligging van het bekken van de Kleine Nete, met aanduiding van de aangelegde visdoorgangen (1:Grobbendonk, 2:Herentals, 3:Kasterlee, 4:Retie)

3 Doel

Deze studie heeft als doel de werking van de visdoorgangen van Kasterlee en Grobbendonk te evalueren. Daarvoor worden volgende hoofdonderzoeksvragen gesteld:

- Welke vissoorten maken in het voorjaar gebruik van deze visdoorgangen, en komen deze overeen met de aanwezige soorten in de Kleine Nete?
- Beantwoorden de visdoorgangen aan de hydraulische vereisten voor een goede werking?
- Is er een verband tussen migratiepieken door de visdoorgangen en abiotische variabelen in het voorjaar om toekomstig onderzoek kostenefficiënt te organiseren?

4 Methode

Voor de evaluatie van visdoorgangen kan er best uitgegaan worden van de biologisch relevante variabelen die bepalen of de doorgang al dan niet passeerbaar is voor vissen. Deze abiotische variabelen worden bepaald door de sturende factoren van het ontwerp van de visdoorgang. De kritische waarden voor deze variabelen zijn afhankelijk van de doelsoorten, hun ecologische vereisten en hun zwemcapaciteiten (figuur 2).

Figuur 2: Relaties tussen sturende variabelen en de voor vis migratie belangrijke variabelen, bepaald door meten (*), berekenen (°) of door visuele inspectie (▪).

De meeste variabelen die van direct belang zijn voor een succesvolle passage zijn direct meetbaar. Voor het bepalen van de turbulentie per bekken wordt er gebruik gemaakt van de energiedemping per bekken. Hiervoor is het nodig het debiet, de vervalhoogte en het benedenstrooms bekkenvolume te kennen. Wat betreft de lokstroom is het zinvol om naast de debietsverdeling visdoorgang/stuw ook een visuele beoordeling te maken van de doordringing onder verschillende afvoeromstandigheden.

4.1 Abiotische opmetingen

4.1.1 Debiet

Het afvoerdebiet in Grobbendonk wordt continu gemeten en is online raadpleegbaar via www.waterinfo.be. Door een debietsmeting in de visdoorgang wordt het aandeel van de visdoorgang in de totale afvoer berekend. In Grobbendonk dient er rekening gehouden te worden dat er op het ogenblik van debietsmeting geen molenactiviteit plaats vindt. Dat debiet komt stroomafwaarts de molenkom bij de Kleine Nete maar maakt dus geen deel uit van de totale lokstroom in de molenkom. Het totale afvoerdebiet stroomafwaarts de stuw van Kasterlee wordt gevormd door het debiet van de visdoorgang en het water dat over de stuw stroomt. Beide debieten moeten gemeten worden om het aandeel van de visdoorgang te kunnen berekenen. Met het debiet dat via de molenarm in de molenkom stroomt, wordt geen rekening gehouden omdat dat niet bijdraagt tot het hoofddebiet onder de stuw.

De doordringingsgraad van de lokstroom bepaalt samen met de inplanting van de uitstroom de attractiviteit en de vindbaarheid van de visdoorgang voor stroomopwaarts migrerende vissen. Vooral de uitstroomlocatie van de visdoorgang ten opzichte van de stuw en de uitstroomrichting bepalen de doordringing van de lokstroom in het dwarsprofiel van de zoekzone.

Het debiet dat door de visdoorgang stroomt wordt gemeten in de doorgang zelf door een sectie op te delen in kleine delen en er de stroomsnelheid te meten. De sectie wordt gekozen op een plaats waar ze het minst onregelmatig is. Voor Grobbendonk is dat op de betonnen bodemplaat ter hoogte van de monitoringsconstructie in de visdoorgang en voor Kasterlee onder het bruggetje over de visdoorgang.

4.1.2 Bekkendimensies

Van elk bekken (indien niet verdrongen) wordt de lengte en de breedte gemeten. Voor het bepalen van het volume wordt het bekkenoppervlak vermenigvuldigd met de gemiddelde diepte ($n=15$). De minimale diepte voor bekkens bedraagt 50 cm (Coenen *et al.*, 2013).

4.1.3 Vervalhoogte en verdrinkingsgraad

De hoogteverschillen tussen de verschillende bekkens van de visdoorgangen worden opgemeten met behulp van een vaste kijker en peillat. De vervalhoogte (Δh in m) wordt berekend door $\Delta h = h_2 - h_1$, waarbij h_2 de waterstand benedenstrooms is en h_1 de waterstand bovenstrooms ten opzichte van de drempel. Het beïnvloedt de stroomsnelheid en de doorzwemdiepte op de drempel, alsook de turbulentie in het volgende bekken. Maximale vervalhoogtes voor drempels van visdoorgangen in laaglandbekken zitten tussen 20 en 30 cm voor stroomminnende karperachtigen (kopvoorn, serpeling) en tussen 10 en 20 cm voor de overige cypriniden (Armstrong *et al.*, 2010). Kroes and Monden (2005) zetten de maximale vervalhoogte op 0,15m omdat deze waarde bij het gebruik van stortstenen vaak overschreden wordt.

De verdrinkingsgraad wordt berekend door $S = h_2/h_1$ en moet groter zijn dan 0,5 (Kroes & Monden, 2005). Voor ruwe drempels speelt deze variabele een minder grote rol (Coenen *et al.*, 2013).

4.1.4 Stroomsnelheid en afvoercoëfficiënt

De stroomsnelheid over de drempels is erg belangrijk voor de passeerbaarheid van de visdoorgang. Omdat berekening van de maximale stroomsnelheid met behulp van de vervalhoogte ($V_{max} = v \cdot 2 \cdot g \cdot \Delta h$ (Katopodis, 1992)) enkel de maximale stroomsnelheid weergeeft, is het zinvoller om de stroomsnelheden ter hoogte van de drempels op te meten (stroomsnelheidsmeter type Hach FH950, nauwkeurigheid van 0,01 cm/s). Dit geeft naast inzicht in de variatie van stroomsnelheden over de drempels ook de mogelijkheid om de afvoercoëfficiënt (C_D) te berekenen met de formule $V_{gem} = C_D \cdot v \cdot (2 \cdot g \cdot \Delta h)$ (Kroes & Monden, 2005). Deze coëfficiënt incorporeert de lengte (in de stroomrichting) en de vorm van de overlaat, welke ook een invloed hebben op de snelheid van het overstortend water. C_D is een maat voor het stromingsverlies en dus de ruwheid van de drempel. Typische waarden voor C_D liggen tussen 0,33 en 0,5, waarbij de laatste waarde geldt voor breed en afgeronde drempels (Larinier, 2002). Op elke drempel worden 5 metingen over de breedte gedaan op 10 cm van de bodem en één meting centraal op 10 cm onder het wateroppervlak om de maximale stroomsnelheid over de drempel te kennen (figuur 3).

Figuur 3: Schematisch profiel van een drempel met aanduiding van de meetplaatsen voor stroomsnelheid (V1-V6) en doorzwemdiepte (V1-V5).

Ook de stroomsnelheden in de individuele bekkens worden opgemeten. Stroomsnelheden op de bodem kunnen om praktische redenen niet gemeten worden. De stroomsnelheden worden daarom gemeten op 10 cm van de bodem. Per bekken worden er in drie transecten telkens 5 metingen gedaan (stroomsnelheid en diepte). De variatie per bekken wordt dan berekend en is best zo groot mogelijk. Om een idee te hebben van de oppervlakte aan rustzones per bekken, wordt het aandeel meetpunten met een absolute stroomsnelheid kleiner dan 0,4 m/s berekend ten opzichte van het totaal aantal meetpunten. Kroes and Monden (2005) stellen ook dat stroomsnelheden van meer dan 0,8 m/s zo veel mogelijk moeten vermeden worden om ook juveniele vissen voldoende optrekmogelijkheden te

bieden. Deze zone worden aangeduid als kritische zwemzone. De mate waarin deze snelheden kritisch zijn, hangt dus af van de zwemcapaciteit van vissoort, de leeftijd en de conditie waarin de vis verkeert.

4.1.5 Doorzwemhoogtes op de drempels

De hoogte van de overstortende waterkolom wordt op 5 posities gemeten (zie figuur 3 bij 4.1.4). Coenen *et al.* (2013) stellen een minimum doorzwemhoogte voor van 20 cm voor een bekkenpassage met V-vormige drempels.

4.1.6 Turbulentie

Turbulentie wordt voor veel vissoorten als belemmerend ervaren en het beïnvloedt zowel het zwemgedrag als de zwemcapaciteit (Towler *et al.*, 2015). Voor het berekenen van de energiedemping per bekken delen we de potentiële energie van het afstromende water door het volume van het onderliggend bekken. De formule wordt gegeven door

$$ED = Q \cdot p \cdot g \cdot \Delta h / V$$

waarin ED = energiedemping (W/m³)
Q = het debiet (m³/s)
p = waterdichtheid (9810 kg/m³ bij 10°C)
g = valversnelling (9,81 m/s²)
Δh = vervalhoogte (m)

Het debiet (zie 4.1.1) en de vervalhoogtes (zie 4.1.3) zijn gekend door opmeting.

Maximale waarden voor ED zijn afhankelijk van de zwemcapaciteiten van de vissoort en de leeftijd. In de literatuur geldt voor karperachtigen een maximale ED van 150 W/m³ en voor roofvissen zoals snoek en snoekbaars 100 W/m³ (Towler *et al.*, 2015). Aangezien beide roofvissoorten voorkomen in de Kleine Nete en ook juveniele vissen met een kleinere zwemcapaciteit moeten kunnen passeren, wordt er een maximale ED gehanteerd van 100 W/m³.

4.1.7 Watertemperatuur

De metingen van de watertemperatuur gebeuren op twee manieren. Enerzijds via kleine temperatuurloggertjes (type HOBO TidbiT v2, <http://www.onsetcomp.com>) welke achteraf kunnen uitgelezen worden. Deze loggertjes worden geprogrammeerd zodat ze elk uur de watertemperatuur meten tot op 0,1°C. Daarnaast wordt er ook gebruik gemaakt van een 'realtime' temperatuurmeter, welke de watertemperatuur meet tot op 0,01°C en de data via een modem doorstuurt. Daarnaast kunnen ook de metingen van de watertemperatuur geraadpleegd worden op www.waterinfo.be.

Foto 1: Installatie van de 'real time' logger in Kasterlee (links) en een aantal TidbiT temperatuurloggertjes (rechts).

4.2 Voorafgaande afvissingen

Om een idee te hebben welke vissoorten en in welke densiteiten voorkomen rondom de visdoorgangen tijdens de metingen, worden deze zones eenmalig afgevist. Er wordt gebruik gemaakt van elektrovisserij vanuit een boot en van fuikvisserij. Onderstaande foto's tonen de zones die worden afgevist.

Foto 2: Zones die afgevisd werden stroomop- en stroomafwaarts van de visdoorgangen. Gele zone: vissen onder de stuw, witte zone; vissen onder de visdoorgang, groene zone; vissen boven de visdoorgang. E = elektrisch afgevisd, F = fuikvangsten.

4.3 Voorjaarsmigratie door de visdoorgang

De eigenlijke bemonstering van de visdoorgangen gebeurt met behulp van vistrapfuiken, welke in een frame geschoven worden. De frames worden op hun plaats gehouden door dragende metalen constructies. Vissen die de visdoorgang volledig passeren zwemmen zo in deze fuik(en) (1 fuik in Kasterlee en 2 fuiken in Grobbendonk). In Grobbendonk worden de resterende openingen afgesloten door metalen spijlroosters met een maximale spijlbreedte van 1,5 cm. De vistrapfuiken zelf zijn gemaakt van netstof met een maaswijdte van 1 x 1 cm en hebben twee kelen. Ze worden opgespannen met een staalkabel en een vaste lier. Gedurende de bemonsteringen worden de fuiken 's ochtends geledigd en gereinigd. Elke avond worden de fuiken opnieuw gereinigd om vissen niet af te schrikken en om het debiet van de visdoorgang niet te beïnvloeden. De vangsten worden op soortnaam gebracht, gemeten tot op 1 mm (vorklengte) en gewogen tot op 0,1 g. De vissen worden na biometrie stroomopwaarts vrijgelaten.

Het protocol om al dan niet de netten in het water te steken is als volgt; een watertemperatuur die naar 13°C neigt, gecombineerd met één of enkele dagen van 15°C of meer (luchttemperatuur).

5 Resultaten

5.1 Watertemperatuur en afvoerdebiet

Er werden in totaal drie watertemperatuurmetingen uitgevoerd, namelijk op de twee locaties door middel van een tidbit thermologgertje (TB) en in Kasterlee werd een realtime thermologger (RT) geïnstalleerd. Daarnaast zijn er watertemperatuurdata beschikbaar van het meetstation van het Hydrologisch Informatie Centrum (HIC). De TB data in Kasterlee bleken deels onbetrouwbaar omdat de logger vanaf mei periodiek boven de waterkolom uitgekomen was (manipulatie door derden). Voorafgaand van mei komen de metingen van beide meettoestellen perfect overeen. De vergelijking tussen de data van de TB (Grobbendonk), de RT (Kasterlee) en het HIC (Grobbendonk) zijn weergegeven in figuur 4. Daaruit blijkt dat de data van Kasterlee meer fluctueren dan beide data van Grobbendonk, wat verklaart kan worden door hun verschillende ligging in het stroombekken. De data van het HIC zitten er tussenin qua amplitude. De gemiddelde watertemperaturen gedurende de meetperiode (28/4/2017-18/5/2017) waren $12,51^{\circ}\text{C} \pm 2,49(\text{SD})$ (RT Kasterlee), $12,37^{\circ}\text{C} \pm 1,96(\text{SD})$ (TB Grobbendonk) en $12,56^{\circ}\text{C} \pm 2,32(\text{SD})$ (HIC Grobbendonk).

Figuur 4: Vergelijking van de gemeten watertemperaturen door de RT (Kasterlee), de TB (Grobbendonk) en het meetstation van HIC gedurende de onderzoeksperiode (28/03/2017-18/05/2017). Alle metingen zijn geplot op één meting per uur. Grijs detailkader zie figuur 5.

Om de verschillen van de verschillende thermometers beter te visualiseren is er een periode van drie dagen uitgeknipt, waarop de watertemperatuur voor het eerst in het voorjaar boven 13°C steeg en er goed weer voorspeld was (30/03/2017-01/04/2017). De maximale watertemperatuur van het HIC bedroeg $13,9^{\circ}\text{C}$ terwijl de RT thermometer in Kasterlee piekte tot $15,3^{\circ}\text{C}$. Het is niet duidelijk of de gevoelige stijging op 30 maart ($3,8^{\circ}\text{C}$ op RT, $2,1^{\circ}\text{C}$ op HIC), dan wel het bereiken van een bepaalde minimumtemperatuur vissen aanzet tot migratie. De data van de TB zijn niet in realtime raadpleegbaar en lopen bovendien maar geleidelijk op (maximumtemperatuur $12,63^{\circ}\text{C}$ met een dagstijging van slechts $0,92$). Aangezien er slechts 21 meetdagen zijn waarop vangstdata geregistreerd werden, is een statistische analyse om het verband tussen migratieverhoging en watertemperatuur te duiden weinig zinvol. Er kan wel gesteld worden dat elke migratiepiek gepaard ging met een minimale watertemperatuur van 13°C .

Figuur 5: Detailplot van de watertemperatuurdata van de 3 thermologgers (periode 30/03/2017-01/04/2017).

De evolutie van het afvoerdebiet gedurende de onderzoeksperiode wordt getoond in figuur 6. Tijdens de onderzoeksperiode daalde het debiet van ongeveer 6 naar 3 m³/s. Onder invloed van neerslag zijn er 4 kortstondige verhogingen van het debiet merkbaar. Met enkele slechts enkele waarnemingen is het uiteraard niet mogelijk om een (statistisch) verband aan te tonen tussen veranderingen in de afvoer en migratie-activiteit. De waarnemingen kunnen bijgevolg enkel beschrijvend weergegeven worden. Wanneer de vangstaantallen van Kasterlee uitgezet worden tegen het afvoerdebiet dan lijkt een verhoogde afvoer niet te resulteren in een verhoogde migratie-activiteit.

Figuur 6: Afvoerdebiet (grijze zone) van de Kleine Nete en vangstaantallen (balkjes, tweede Y-as) gedurende de onderzoeksperiode (28/03/2017-18/05/2017). (Bron: waterinfo.be, meetpunt Grobbendonk Troon, knt03a-1066)

De eerste verhoging van de afvoer tijdens de meetdagen (op 2 april) valt net na een eerste migratiepiekje. Tijdens de twee volgende afvoerpieken (17 april en 2 mei) werd er niet gemeten wegens te lage watertemperaturen. De verhoogde vangstaantallen begin mei werden echter niet voorafgegaan door een hogere afvoer. Enkel de laatste verhoging van de afvoer op 11 mei werd gevolgd door verhoogde migratieaantallen, maar ook de watertemperatuur steeg toen opmerkelijk.

5.2 Visdoorgang Grobbendonk

5.2.1 Abiotische metingen

5.2.1.1 Debiet en lokstroom

Op 12/04/2017 werd er een debietmeting uitgevoerd in de visdoorgang op een moment dat de visdoorgang volledig open stond. Het gemeten debiet bedroeg $2,31 \text{ m}^3/\text{s}$ terwijl het totale afvoerdebiet stroomafwaarts gemeten (meetpunt "Grobbendonk Troon/Kleine Nete, knt03a-1066") op dat ogenblik $4,57 \text{ m}^3/\text{s}$ bedroeg. Het aandeel van de visdoorgang bedroeg dus 50%. Door visuele inspectie van de doordringing van de lokstroom op dat moment werd er vastgesteld dat de lokstroom bijna halverwege de molenkom reikte en afboog in de uitstroom van de stuw (zie foto 2).

Foto 3: Doordringing van de lokstroom uit de visdoorgang (geel) tot aan de uitstroom van de stuw (rood).

5.2.1.2 Bekkendifferenties

De twaalf bekkens waarvan de stroomafwaartse drempel niet helemaal verdronken ligt, hebben gemiddeld een oppervlakte van 100 m^2 , een diepte van $0,9 \text{ m}$ en een volume van 95 m^3 . De resultaten per bekken worden weergegeven in tabel 1 en de situering van de bekkennummers wordt gegeven op foto 4.

Foto 4: Aanduiding van de opgemeten bekken.

Tabel 1: Overzicht van de bekkendimensies.

	Bekken- oppervlakte (m ²)	Gemiddelde diepte (m)	Bekken- volume (m ³)
1	117	1,11	129,5
2	90	0,95	85,7
3	108	1,08	116,8
4	144	1,13	162,2
5	126	0,93	117,6
6	90	0,79	71,2
7	68	0,81	54,9
8	72	0,89	63,8
9	90	0,84	75,4
10	127	0,88	111,9
11	81	0,91	73,8
12	90	0,84	75,9

Figuur 7: Spreiding van de waterdieptes per bekken, met de mediaan (-) en het gemiddelde (♦) per bekken.

Figuur 7 geeft een overzicht van de variatie in waterdiepte per bekken. De variatie is het grootst in de 4 bovenste bekken en de gemiddelde diepte daalt licht naarmate het bekken meer stroomafwaarts ligt.

5.2.1.3 Vervalhoogte en verdrinkingsgraad

De 12 drempels van de visdoorgang hebben een gemiddelde vervalhoogte van 15,25 cm. Vijf drempels overschrijden de kritische maximumwaarde van 15 cm. De waarde van de verdrinkingsgraad bedraagt gemiddeld 0,7 en geen enkele waarde is lager dan de vooropgestelde 0,5. De drempels met de grootste vervalhoogte hebben logischerwijze ook de laagste verdrinkingsgraad. Figuur 8 toont de variatie in vervalhoogte en verdrinkingsgraad van de 12 drempels in Grobbendonk.

Figuur 8: Verloop van de vervalhoogtes tussen de bekken met de kritische waarde voor V-vormige bekkentrappen in laaglandbeken (15 cm, rode lijn, (Kroes & Monden, 2005)) op de linkse Y-as. De verdrinkingsgraad per drempel is weergegeven door de zwarte bollen (rechtse Y-as).

5.2.1.4 Stroomsnelheid en afvoercoëfficiënt

Figuur 9 toont de stroomsnelheden in de verschillende bekken van de visdoorgang in Grobbendonk. De gemiddelde stroomsnelheid voor alle bekken bedraagt 27,4 cm/s en varieert tussen 0,04 en 101,9 m/s. In 5% van de visdoorgang is de stroomsnelheid kritisch ($> 0,8$ m/s) terwijl de stroomsnelheden in 72% van de visdoorgang lager zijn dan 0,4 m/s (rustzone) (figuur 10).

Figuur 9: Spreiding van de gemeten stroomsnelheden per bekken (n = 15 per bekken), met aanduiding van de mediaan (-) en het gemiddelde (♦).

Figuur 10 toont de procentuele verdeling van de gemeten stroomsnelheden, weergegeven in zones die relevant zijn voor vissoorten van laaglandbeken.

Figuur 10: Aandeel van de verschillende zones in de 12 opgemeten bekkens.

De stroomsnelheden ter hoogte van de drempels worden uitgezet per positie op de drempel voor alle 12 drempels. Ter hoogte van de buitenkanten zijn de stroomsnelheden lager en minder variabel dan de snelheden op de drie centrale meetplaatsen. De gemiddelde stroomsnelheid aan de zijkanten van de drempels bedraagt 70 cm/s aan de linkeroever en 89 cm/s aan de linkeroever. Centraal (CR, C en CL samen) is de gemiddelde stroomsnelheid 106 cm/s terwijl de gemiddelde stroomsnelheid van alle meetpunten 95,6 cm/s bedraagt.

Figuur 11: Variatie in stroomsnelheden op 5 posities van de drempels van de 12 opgemeten drempels (RO=rechteroever, CR=centraal-rechts, C=centraal, CL=centraal-links en LO=linkeroever), met aanduiding van de mediaan (-), het gemiddelde (♦) en outliers (o).

De afvoercoëfficiënten van de drempels variëren van 0,44 tot 0,66 met een gemiddelde waarde van 0,56. Gemiddeld gezien daalt de afvoercoëfficiënten naarmate de bekkens meer stroomafwaarts liggen.

5.2.1.5 Doorzwemhoogtes op de drempels

De variatie per drempel en de gemiddelde waarden worden getoond in figuur 12. De doorzwemhoogtes aan de zijkanten zijn gemiddeld 23 cm en centraal is deze diepte gemiddeld ruim 50 cm. De gemiddelde doorzwemhoogte over alle meetpunten bedraagt 36,3 cm.

Figuur 12: Variatie in doorzwemhoogtes op de verschillende posities van de 12 drempels, met aanduiding van de mediaan (-) en het gemiddelde (♦).

5.2.1.6 Turbulentie

De energiedemping per bekken varieert tussen 17 en 60 W/m³. Bekkens 6 tot 9 hebben de grootste turbulentie en bekken 4 is duidelijk het minst turbulent. De gemiddelde demping bedraagt 40 W/m³.

Figuur 13: Energiedemping per bekken.

5.2.2 Afvissingen rondom de visdoorgang

Op 29 en 30 maart werden de verschillende locaties bevist met dubbele schietfuiken en elektrovisserij. De leidnetten van de schietfuiken in de molenkom waren door de stroming helemaal rondgedraaid waardoor geen vissen gevangen werden. Via elektrovisserij werd bijna 33 kg vis gevangen, waaraan karper en brasem de grootste bijdrage leverden. In totaal ging het over 31 vissen, verspreid over 11 vissoorten.

Tabel 2: Vangsten op de verschillende locaties rondom de visdoorgang van Grobbendonk.

techniek	vissoort	aantal	gewicht (g)
Onder vistrap			
elektrovisserij	blankvoorn	1	2,6
elektrovisserij	karper	1	10000
elektrovisserij	snoek	1	2008,9
totaal	3	3	12011,5
Onder stuw			
elektrovisserij	baars	3	1746,8
elektrovisserij	blankvoorn	1	11,8
elektrovisserij	bot	1	140,4
elektrovisserij	brasem	7	8349,5
elektrovisserij	karper	2	10263,8
elektrovisserij	kleine modderkruiper	1	3,2
elektrovisserij	snoek	1	198,5
elektrovisserij	zonnebaars	2	55,2
fuikevisserij	-	0	0
totaal	8	18	20769,2

Boven vistrap			
elektrovisserij	alver	1	14
elektrovisserij	baars	3	32,6
fuikvisserij	bermpje	1	12,1
elektrovisserij	blankvoorn	2	8,4
fuikvisserij	brasem	1	4,5
elektrovisserij	kopvoorn	1	22,1
elektrovisserij	zonnebaars	1	15,3
totaal	7	10	109

5.2.3 Voorjaarsmigratie door de visdoorgang

5.2.3.1 Vissoorten, aantallen en biomassa

In de periode van 28 maart tot 18 mei werden 18 verschillende vissoorten en 1 rondbek aangetroffen in de vistrapfuisen in Grobbendonk. In totaal werden er 1628 vissen gevangen met een totale biomassa van ruim 91 kg (tabel 3). De meest aangetroffen vissoorten waren blankvoorn (n = 798) en riviergrondel (n = 620), welke samen 87 % van de vangstaantallen vertegenwoordigden (figuur 14). De gevangen Europese meervallen (n = 9) maakten 60 % uit van de totale biomassa terwijl de blankvoorns en de riviergrondels samen goed waren voor ruim 20 % (figuur 15). De kleinste vis was een riviergrondel van 32 mm en de grootste een Europese meerval van 1200 mm. Soorten die niet gevangen werden in de vistrapfuisen maar wel rondom de visdoorgang zijn kleine modderkruiper, snoek en brasem. Omgekeerd werden er 11 soorten aangetroffen in de visdoorgang die niet gevangen werden in de nabijheid van de doorgang. Naast de vissen werden er gedurende de bemonstering ook ruim 32.000 Chinese wolhandkrabben gevangen (figuur 17).

Tabel 3: Overzicht van de vangsten in de visdoorgang van Grobbendonk.

vissoort	aantal	gewicht (g)	Min. lengte (mm)	Max. lengte (mm)
alver	42	451,1	78	135
baars	84	2129,5	76	251
bermpje	2	18,0	94	99
blankvoorn	798	11203,6	73	230
bot	2	59,1	122	153
Europese meerval	9	55250,0	780	1200
giebel	1	171,4	193	193
karper	1	4750,0	580	580
kolblei	20	630,2	68	193
kopvoorn	21	1867,0	85	427
paling	3	702,1	276	620
rietvoorn	6	183,3	106	141
rivierdonderpad	1	3,6	62	62
riviergrondel	620	7683,6	32	152
serpeling	1	36,6	136	136
winde	1	1750,0	465	465
zeelt	1	1468,3	470	470
zeeprik	2	2606,0	910	960
zonnebaars	13	204,4	78	108
19	1628	91167,8

Figuur 14: Aantalsverdeling van de gevangen vissoorten in de visdoorgang van Grobbendonk (rest: Europese meerval, rietvoorn, paling, biermpje, bot, zeeprík, gíebel, karper, rivierdonderpad, serpelíng, winde, zeelt).

Figuur 15: Biomassaverdeling van de gevangen vissoorten in de visdoorgang van Grobbendonk (rest: alver, zonnebaars, rietvoorn, gíebel, bot, serpelíng, biermpje, rivierdonderpad).

Foto 5: Een aantal gevangen soorten in de visdoorgang van Grobbendonk: 1. winde, 2. rivierdonderpad, 3. Chinese wolhandkrab, 4. Europese meerval, 5. Zeeprík.

5.2.3.2 Vangstevolutie

De bemonstering in het voorjaar van 2017 werd gekenmerkt door een droge en relatief koude aprilmaand met uitzondering van 1 april. Er is een duidelijke stijging van de vangstaantallen zichtbaar bij de eerste stijging van de watertemperatuur boven 15°C op 31 maart en 1 april. Een volgende stijging boven 15°C vond plaats op 9 april maar resulteerde niet in dezelfde vangstaantallen als de piek begin april. Na 11 april werd beslist om de bemonstering tijdelijk te onderbreken omwille van de koude temperaturen. Bovendien was het afvoerdebiet in deze periode erg laag en werd er gevraagd om de vistrap zo veel mogelijk dicht te zetten om voldoende water te garanderen voor de maalactiviteit van de watermolen. Vanaf 28 april tot 5 mei stond de visdoorgang volledig dicht en nadien werd er slecht een beetje water doorgelaten om de metingen en de maalactiviteiten te kunnen combineren (figuur 16, oranje zone en tabel 4). Ondanks sterk stijgende watertemperaturen werden geen verhoogde vangsten meer genoteerd bij dit voor vismigratie verre van optimale debiet door de visdoorgang.

Figuur 16: Aantalsverloop van de vangsten in Grobbendonk (zwarte balken) in functie van de watertemperatuur (rode lijn). Gedurende de grijze zone werd er niet bemonsterd, gedurende de oranje zone stond de visdoorgang slechts minimaal open.

Tabel 4: Vangstvergelijking tussen de visdoorgangen van Kasterlee en Grobbendonk, met op de laatste locatie een opsplitsing van de periode waarbij de klep van de visdoorgang open of op een kier stond.

	Grobbendonk			
	Kasterlee	Grobbendonk	klep open	klep op kier
Totale biomassa	35 kg	91 kg	→ 68%	32%
Aantal soorten	19	19	→ 58%	89%
Aantal vissen	2070	1628	→ 78%	22%
Aantal grootste piek	508	319	→ 319	50
Lengte kleinste vis	56 mm	32 mm	→ 73 mm	32 mm
Lengte grootste vis	950 mm	1200 mm	→ 1150 mm	1200 mm
Aantal vangstdagen	21	21	→ 10	11

Door de opmerkelijk hoge vangstaantallen van Chinese wolhandkrab tijdens de laatste periode van de bemonsteringen is het zinvol om ook de vangstevolutie van deze juveniele krabben te plotten tegen de watertemperatuur en de periode van minimaal debiet door de visdoorgang. Bij een gemiddelde dagwatertemperatuur van ruim 18°C werden 12850 krabben gevangen op één vangstdag (figuur 17).

Figuur 17: Aantalsverloop van de gevangen Chinese wolhandkrabben in functie van de watertemperatuur en het al dan niet open staan van de visdoorgang (oranje zone: minimaal debiet door spleet van afsluitklep visdoorgang).

5.2.3.3 Lengte-frequentie distributie van de dominante vissoorten

De meest gevangen vissoorten in Grobbendonk zijn blankvoorn en riviergrondel. De lengte-frequentie verdeling voor blankvoorn toont aan dat de klassen rond 9 cm domineren. De aantallen grotere vissen liggen eerder laag, terwijl blankvoorn kleiner dan 5 cm niet kan weerhouden worden door toedoen van de maaswijdte (1 x 1 cm). De dominante lengteklassen van riviergrondels liggen tussen 9,5 en 10,5 cm, met een lagere vertegenwoordiging van de omliggende klassen.

Figuur 18: Lengte-frequentie distributie van door de visdoorgang gepasseerde blankvoorns in Grobbendonk.

Figuur 19: Lengte-frequentie distributie van door de visdoorgang gepasseerde riviergrondels in Grobbendonk.

5.3 Visdoorgang Kasterlee

5.3.1 Abiotische metingen

5.3.1.1 *Debiet en lokstroom*

De debietmeting in de visdoorgang van Kasterlee op 11/04/2017 resulteerde in een afvoer van 0,83 m³/s. Het debiet dat over de stuwen stroomde bedroeg 0,89 m³/s. De verdeling is dus ongeveer 50/50 bij lage afvoer. Onder zulke omstandigheden bestrijkt de lokstroom de gehele breedte van de rivier net achter de turbulente zone onder de stuw (foto 6). Bij hogere afvoerdebieten zal de doordringing van de lokstroom steeds minder ideaal worden.

Foto 6: Doordringing van de lokstroom van de visdoorgang bij een lage afvoer.

5.3.1.2 Bekkendifmensies

De 18 bekkens van de visdoorgang hebben een gemiddelde oppervlakte van 29 m², een diepte van 0,6 m en een gemiddeld volume van 16,8 m³ (tabel 4). Foto 7 toont een overzicht van de bekkennummers.

Tabel 5: Overzicht van de bekkendifmensies.

	Bekken- oppervlakte (m ²)	Gemiddelde diepte (m)	Bekken- volume (m ³)
1	28	0,44	12,2
2	30	0,47	14,3
3	25	0,49	12,2
4	36	0,57	20,5
5	30	0,51	15,3
6	30	0,51	15,4
7	25	0,58	14,6
8	30	0,64	19,1
9	45	0,63	28,6
10	25	0,80	20,0
11	28	0,59	16,1
12	28	0,55	15,2
13	28	0,62	17,1
14	28	0,67	18,5
15	27	0,59	16,0
16	28	0,58	16,0
17	30	0,61	18,3
18	23	0,58	13,1

Foto 7: Aanduiding van de opgemeten bekkens.

De variatie in waterdieptes is weergegeven in figuur 20, waaruit blijkt dat de waterdiepte in de bekken gemiddeld toeneemt in stroomafwaartse richting. Ook de variatie in diepte is groter in de onderste helft van de visdoorgang. De gemiddelde waterdiepte in de bekken bedraagt 58 cm (range van gemiddelden 44 – 80 cm).

Figuur 20: Spreiding van de waterdieptes per bekken, met de mediaan (-) en het gemiddelde (♦) per bekken.

5.3.1.3 Vervalhoogte en verdrinkingsgraad

De gemiddelde vervalhoogte bedraagt 9,8 cm maar fluctueert van minimaal 5 tot maximaal 17 cm. Dit laatste niveauverschil tussen bekken 5 en 6 is groter dan de kritische waarde van 15 cm. De kleinste verdrinkingsgraad bedraagt 0,7; gemiddeld bedraagt de verdrinkingsgraad 0,84 waarmee er ruim boven de kritische waarde van 0,5 gebleven wordt.

Figuur 21: Verloop van de vervalhoogtes tussen de bekken met de kritische waarde voor V-vormige bekkentrappen in laaglandbeken (15 cm, rode lijn, (Kroes & Monden, 2005)) op de linkse Y-as. De verdrinkingsgraad per drempel is weergegeven door de zwarte bollen (rechtse Y-as).

5.3.1.4 Stroomsnelheid en afvoercoëfficiënt

De gemiddelde stroomsnelheid in de visdoorgang bedraagt 14,6 cm/s en varieert tussen 0,03 en 124,8 cm/s. De variatie per bekken is het grootst in de middelste zone van de visdoorgang (figuur 22). Het aandeel van zones met een stroomsnelheid van minder dan 0,4 m/s (rustzone) bedraagt slechts 14 %, terwijl er ook slechts 1 % kritische zone voorkomt met stroomsnelheden boven de 0,8 m/s. Het grootste deel van deze visdoorgang wordt dus gekenmerkt door stroomsnelheden die zich in de 'zwemzone' bevinden (figuur 23). De afvoercoëfficiënten van de drempels variëren van 0,26 tot 0,74 met een gemiddelde waarde van 0,47.

Figuur 22: Spreiding van de gemeten stroomsnelheden per bekken (n = 15 per bekken), met aanduiding van de mediaan (-) en het gemiddelde (♦).

Figuur 23: Aandeel van de verschillende zones in de 18 opgemeten bekkens.

De stroomsnelheden op de drempels (10 cm van de bodem gemeten) zijn het hoogst op de tussengelegen meetplaatsen (CR en CL). Centraal (C) zijn de stroomsnelheden op de bodem het laagste (gemiddeld 46 cm/s) maar ook het meest variabel (figuur 24). De gemiddelde stroomsnelheid van de 90 metingen op de drempels bedraagt 61,9 cm/s.

Figuur 24: Variatie in stroomsnelheden op 5 posities van de 18 opgemeten drempels (RO=rechteroever, CR=centraal-rechts, C=centraal, CL=centraal-links en LO=linkeroever), met aanduiding van de mediaan (-), het gemiddelde (♦) en outliers (o).

5.3.1.5 Doorzwemhoogtes op de drempels

De doorzwemhoogtes op de drempels is het grootst centraal in de vertical slots van de V-vormige drempels (gemiddeld 64 cm). De waterdieptes aan de zijkanen (RO en LO) bedragen gemiddeld nog 15,1 cm (figuur 25). De gemiddelde doorzwemhoogte bedraagt 27,9 cm.

Figuur 25: Variatie in doorzwemhoogtes op de verschillende posities van de 18 drempels, met aanduiding van de mediaan (-) en het gemiddelde (♦).

5.3.1.6 Turbulentie

De energiedemping per bekken bedraagt gemiddeld 49,6 W/m³. De turbulentie is het grootst in bekken 5 (90,4 W/m³) en het laagst in bekken 4 (19,9 W/m³).

Figuur 26: Energiedemping per bekken.

5.3.2 Afvissingen rondom de visdoorgang

In dezelfde periode dan de afvissingen rondom de visdoorgang in Grobbendonk, werden ook de aangegeven zones (zie 4.2) in Kasterlee afgevist met elektrovisserij en dubbele schietfuisen. Er werden in totaal 8 verschillende vissoorten aangetroffen met een totaal gewicht van 3,429 kg (tabel 5).

Tabel 6: Vangsten op de verschillende locaties rondom de visdoorgang van Kasterlee.

techniek	vissoort	aantal	gewicht (g)
Onder vistrap			
elektrovisserij	riviergrondel	4	22,5
totaal	1	4	22,5
Onder stuw			
fuikvisserij	baars	1	5,2
elektrovisserij	bermpje	1	4,9
fuikvisserij	bermpje	1	8,7
fuikvisserij	blankvoorn	1	35,6
elektrovisserij	riviergrondel	2	6,6
fuikvisserij	riviergrondel	1	16,5
elektrovisserij	kopvoorn	1	7,3
elektrovisserij	paling	1	36,4
elektrovisserij	snoekbaars	1	1904
elektrovisserij	zonnebaars	1	2,3
totaal	8	11	2027,5

Boven vistrap			
elektrovisserij	baars	2	8,5
elektrovisserij	blankvoorn	1	10,9
elektrovisserij	paling	4	1293,4
elektrovisserij	snoek	1	25
elektrovisserij	zonnebaars	3	41,5
fuikvisserij	-	0	0
totaal	5	11	1379,3

5.3.3 Voorjaarsmigratie door de visdoorgang

5.3.3.1 Vissoorten, aantallen en biomassa

Tijdens de 21 vangstdagen werden er ook in Kasterlee 18 verschillende vissoorten en een rondbeksoort gevangen, weliswaar met een andere soortsamenvatting dan in Grobbendonk. Samen met de vangsten uit de elektrische en de fuikbevissingen werden er tijdens het onderzoek in Kasterlee in totaal 19 vissoorten en 1 rondbeksoort aangetroffen. Riviergrondel en blankvoorn domineren de vangsten met een aandeel van respectievelijk 53 en 34 % op een totaal van 2070 vissen (figuur 27). Van 11 soorten werden niet meer dan 5 exemplaren gevangen. De grootste biomassa werd gevormd door de vangst van twee karpers met een gezamenlijk gewicht van 9,8 kg. Dat is net iets meer dan het totaalgewicht van alle blankvoorns. Samen met het gewicht van de riviergrondels zorgen deze drie vissoorten voor een aandeel van ruim 75 % van het totaal gevangen gewicht (figuur 28). Op 6 mei werd een volwassen rivierprik gevangen. In totaal werden in Kasterlee slechts 41 Chinese wolhandkrabben gevangen (figuur 30).

Tabel 7: Overzicht van de vangsten in de visdoorgang van Kasterlee.

vissoort	aantal	gewicht (g)	Min. lengte (mm)	Max. lengte (mm)
alver	37	367,3	78	136
baars	27	434,2	75	169
bermpje	3	20,2	92	103
blankvoorn	698	9405,5	56	215
bruine Amerikaanse dwergmeerval	3	129,6	140	169
giebel	3	1687,2	132	320
karper	2	9789,9	400	750
kolblei	44	1063	57	197
kopvoorn	15	351,1	75	170
paling	3	1368	251	950
pos	5	59,7	75	107
rietvoorn	34	1317,6	75	307
riviergrondel	1101	7435,1	65	168
rivierprik	1	87,4	330	330
serpeling	2	18,6	90	94
snoek	1	106	244	244
winde	1	14,7	106	106
zeelt	1	102,3	184	184
zonnebaars	89	1477,3	60	122
19	2070	35234,7

Figuur 27: Aantalsverdeling van de gevangen vissoorten in de visdoorgang van Kasterlee (rest: biermpje, bruine Amerikaanse dwergmeerval, giebel, karper, paling, pos, rivierprik, serpelng, snoek, winde, zeelt).

Figuur 28: Biomassaverdeling van de gevangen vissoorten in de visdoorgang van Kasterlee (rest: alver, baars, biermpje, bruine Amerikaanse dwergmeerval, kopvoorn, pos, rivierprik, serpelng, snoek, winde, zeelt).

Foto 8: Rivierprik, gevangen in de vistrapfuk in Kasterlee.

5.3.3.2 Vangstevolutie

De eerste periode met een opmerkelijke stijging in watertemperatuur tot boven 13°C situeerde zich eind maart. Er was op dat moment ook een duidelijke migratiepiek van blankvoorn en riviergrondel waarneembaar. Een vergelijkbare temperatuurstijging tussen 7 en 10 april resulteerde ook in Kasterlee niet in een migratietoename. Na de koude aprilmaand klimt de watertemperatuur op 7 mei terug boven de 13°C met een hoger vangstaantal op 8 mei tot gevolg. Vanaf 15 mei stijgt de gemiddelde watertemperatuur met 3,3°C op drie dagen tijd. Op 17 mei werden er meer dan 500 vissen geteld, voor 65 % bestaande uit riviergrondels.

Het aantalsverloop van Chinese wolhandkrabben vertoont een vergelijkbaar patroon dan de gevangen vissen. De aantallen zijn echter veel lager dan de aantallen die in Grobbendonk gevangen werden (figuur 30).

Figuur 29: Aantalsverloop van de vangsten in Kasterlee (zwarte balken) in functie van de watertemperatuur (rode lijn). Gedurende de grijze zone werd er niet bemonsterd.

Figuur 30: Aantalsverloop van de gevangen Chinese wolhandkrabben (zwarte balken) in functie van de gemiddelde watertemperatuur (rode lijn).

5.3.3.3 Lengte-frequentie distributie van de dominante vissoorten

Ook in Kasterlee werd voornamelijk riviergrondel en blankvoorn gevangen. Het grootste aantal riviergrondels hebben een lengte in de klasse 8-8,5 cm. De gevangen blankvoorns tonen een gebalanceerde Gausscurve rond de meest frequente lengteklasse van 9 cm.

Figuur 31: Lengte-frequentie distributie van door de visdoorgang gepasseerde riviergrondels in Kasterlee.

Figuur 32: Lengte-frequentie distributie van door de visdoorgang gepasseerde blankvoorns in Kasterlee.

5.4 Vergelijking vangstdata van de Kleine Nete

5.4.1 Soortsamenstelling in de vistrapfuisen van Grobbendonk-Herentals-Kasterlee

In 2005 werd een vergelijkbaar onderzoek uitgevoerd aan de visdoorgang van Herentals, welke tussen de doorgangen van Kasterlee en Grobbendonk gelegen is. Er werd toen 106 (4/4/2005-18/7/2005) dagen onafgebroken gemeten met de vistrapfuis maar abiotische metingen in de visdoorgang werden niet uitgevoerd (Buyse *et al.*, 2006). De absolute vangstaantallen liggen in dezelfde grootteorde omdat op elke locatie de migratiepieken met hogere aantallen opgevangen werden (tabel 7).

We kunnen echter ook een aantal opmerkelijke verschillen zien wanneer we de bemonsteringen van de vistrap in Herentals uit 2005 vergelijken met de huidige bemonsteringen in Grobbendonk en Kasterlee. Hierbij moeten we echter rekening houden met het feit dat er in Herentals in 2005 vijf keer meer dagen bemonsterd werden en dat de

bemonsteringsperiode ook langer was dan in Grobbendonk en Kasterlee nu en met het feit dat de bemonstering in Grobbendonk voor een groot deel suboptimaal gebeurd is omdat de watertoevoer door de vistrap in de tweede helft van de bemonsteringsperiode praktisch volledig dicht stond, waardoor een efficiënte lokstroom ontbrak. De vraag kan dus gesteld worden in hoeverre de waargenomen verschillen ook reële verschillen zijn. Samengevat gaat het om:

- het aandeel van blankvoorn was in Herentals slechts 10%, terwijl dat in Grobbendonk en Kasterlee respectievelijk 49 en 34 % bedroeg
- het aandeel riviergrondel was lager in Grobbendonk (38 %) dan in Kasterlee (53 %) en Herentals (62 %)
- in Herentals werden slechts 7 kopvoorns gevangen, waarvan 5 in juni. In Kasterlee en Grobbendonk werden er respectievelijk 15 en 21 gevangen, gespreid over de vangstdagen
- blauwbandgrondel werd niet meer aangetroffen in het huidig onderzoek
- brasem werd niet gevangen dit jaar in de vistrapfuiken van beide locaties, in Herentals werden 10 exemplaren gevangen waarvan 9 in juli
- bot, zeeprík en rivierdonderpad werden enkel in Grobbendonk gevangen
- rivierprík werd alleen in Kasterlee gevangen
- Europese meerval werd niet aangetroffen in Kasterlee, in Grobbendonk 9 exemplaren waarvan 8 gevangen werden tijdens de laatste bemonsteringsdagen (13-16 mei), in Herentals 7 exemplaren in juli
- rietvoorn werd minder gevangen in Grobbendonk
- het aandeel van zonnebaars in 2005 in Herentals was 10 % terwijl dat in 2017 in Grobbendonk en Kasterlee respectievelijk 0,8 en 4 % was
- zowel in Kasterlee als in Grobbendonk werd slechts 1 zeelt gevangen, in Herentals 12 waarvan 8 in juni
- in de 3 visdoorgangen werden 26 vissoorten waargenomen; 19 in Grobbendonk, 20 in Herentals en 19 in Kasterlee

Tabel 8: Vergelijking van de aantallen gevangen vis- en rondbeksoorten tussen de visdoorgangen van Kasterlee, Herentals en Grobbendonk.

Vissoort	Kasterlee	Herentals	Grobbendonk
alver	37	14	42
baars	27	149	84
bermpje	3	10	2
blankvoorn	698	252	798
blauwbandgrondel	0	1	0
bot	0	0	2
brasem	0	10	0
bruine Amerikaanse dwergmeerval	3	5	0
Europese meerval	0	7	9
giebel	3	14	1
karper	2	11	1
kolblei	44	5	20
kopvoorn	15	7	21
paling	3	53	3
pos	5	12	0
rietvoorn	34	85	6
rivierdonderpad	0	0	1
riviergrondel	1101	1510	620
rivierprík	1	0	0
serpeling	2	18	1
snoek	1	10	0
winde	1	0	1
zeelt	1	12	1
zeeprík	0	0	2
zonnebaars	89	243	13
Aantal	2070	2428	1628

Omdat riviergrondel en blankvoorn op de drie sites het meest talrijk gevangen werden, is het interessant om de verdeling in lengteklassen per locatie te vergelijken (figuren 33 en 34). Lengte-frequentie verdelingen van riviergrondel laten nooit afgescheiden jaarklassen zien omdat riviergrondel een zogenaamde 'multispawner' is. Door zich meermaals voort te planten in hetzelfde seizoen wordt de scheiding tussen verschillende leeftijdsklassen onzichtbaar (Nunn *et al.*, 2002). De distributie met de meeste individuen (Herentals, n = 876) geeft de mooiste spreiding en geeft aan dat riviergrondels met een lengte rond 9 cm het meest gebruik maakten van de visdoorgang. Blankvoorn paait slechts één keer per jaar, waardoor er vaak wel duidelijk afgetekende jaarklassen merkbaar zijn. Voor de vangsten in de vistrapfuis van Herentals is dit zichtbaar met minstens 3 te onderscheiden jaarklassen. In Grobbendonk en Kasterlee merken we ook een piek van blankvoorns rond 9 cm maar vooral de aantallen van 3+ blankvoorn of ouder zijn laag.

Figuur 33: Vergelijking van de lengte-frequentiedistributies van de vangsten van riviergrondel in de drie visdoorgangen (Herentals in 2005).

Figuur 34: Vergelijking van de lengte-frequentiedistributies van de vangsten van blankvoorn in de drie visdoorgangen (Herentals in 2005).

5.4.2 Vergelijking van de vangstevolutie in de visdoorgangen van Kasterlee en Herentals in functie van de watertemperatuur en de bemonsteringsstrategie

Wat betreft de vangstevolutie lijkt de gehanteerde regel van de stijging van de watertemperatuur boven 13°C in alle drie de gevallen op te gaan. Om de bemonsteringsstrategie van dit jaar te vergelijken met die van 2005, worden beide jaren vergeleken qua vangstpieken, watertemperatuur en bemonsteringsperiode voor de data van Herentals en Kasterlee (figuur 35). De vangstdata voor Grobbendonk zijn na het (deels) sluiten van de afsluitklep niet representatief om te vergelijken.

Figuur 35: Vergelijking van de bemonstering van de visdoorgangen van Herentals in 2005 (boven) en Kasterlee in 2017 (onder), met aanduiding van de effectieve bemonsteringsdagen (grijze zone), de watertemperatuur (zwarte lijn, rode lijn geeft de 13°C grens aan), en de vangsten (zwarte balkjes, tweede Y-as) voor de periode van 6 maart tot 15 juli. Kleuraanduidingen: zie tekst.

De bemonstering in Herentals duurde onafgebroken 106 dagen waarbij er telkens maandag, woensdag en vrijdag geleegd werd. Dat verklaart de spreiding van de zwarte 'vangstbalkjes', maar ook de hoogte ervan. Bij een eerste temperatuursprong boven de 13 graden (groene cirkels) werden in Herentals meer dan 600 vissen gevangen, direct de grootste vangst van die locatie. Ook in Kasterlee is die eerste overschrijding het sein voor de eerste migratiepiek. Als we drie dagen sommeren (zoals in Herentals op maandag 25/4/2005), dan is er een vangstaantal van 441 in Kasterlee. In beide gevallen trad er niet veel later opnieuw een overschrijding van de 13°C-grens op maar was er geen tweede migratiepiek (gele cirkels). Daarna was er ook in beide gevallen een periode waarbij de temperatuur niet echt meer steeg boven de 13°C (oranje balken), en er in Herentals ook amper iets gevangen werd. In Kasterlee werd deze periode niet bemonsterd. Na deze koelere periode stijgen de watertemperaturen terug (blauwe cirkels) met in Kasterlee de hoogste vangstaantallen tot gevolg (656 vissen in 3 dagen). In Herentals wordt er tot half juli geen echte migratiepiek meer waargenomen. Wel worden er vanaf eind juni in Herentals verhoogde vangsten waargenomen. Soorten die in deze periode pas in grotere getalen voorkomen zijn brasem, paling, karper, Europese meerval en zeelt, maar ook blankvoorn na een periode van afwezigheid. Deze periode werd niet meer bemonsterd in Kasterlee (oranje cirkels).

5.4.3 Soortsamenstelling vergeleken met andere vangstdata van de Kleine Nete

Data van recent uitgevoerde visbestandopnames zijn terug te vinden via het Vis Informatie Systeem (VIS, <http://vis.inbo.be>). In tabel 8 worden de data van het vistrappenonderzoek vergeleken met de data van het vismonitoringsmeetnet zoals opgenomen in het VIS.

Het totaal aantal soorten van de 6 meetplaatsen (3 locaties uit het vismeetnet en de 3 vistraponderzoeken) bedraagt 31, waaronder 7 beschermde soorten (4 habitatrichtlijnsoorten), 3 exoten en 4 diadrome soorten. Een 8-tal soorten wordt slechts sporadisch aangetroffen tijdens de onderzoeken maar het gros van de soorten wordt meestal wel aangetroffen. De gebruikte vistechiek en de timing van het onderzoek spelen zeker een rol in de resultaten. Vissoorten die enkel in de vistrapfuisen gevangen werden, zijn zeeprík, rivierprík, winde, kolblei, gíebel en blauwbandgrondel. Soorten die enkel elektrisch gevangen werden zijn snoekbaars, kleine modderkruiper, beekprík en driedoornige stekelbaars. Baars, bermpje, blankvoorn, kopvoorn, paling, riviergrondel en zeelt werden op alle locaties aangetroffen.

Tabel 9: Vergelijking van de soortensamenstelling van de vangsten door elektrovisserij (site 1, 3 en 4) en fuikvangsten in de verschillende visdoorgangen (2, 5 en 6), welke aangevuld werden met gevangen soorten bij de visserij rondom de visdoorgangen (aangegeven met een +). Schuin vet gedrukte soorten zijn beschermd door de habitatrichtlijn (*) of de wet op de riviervisserij (°).

Locatie op kaart	1	2	3	4	5	6
Omschrijving locatie	Stroomaf- waarts Rooiaarde VIS 2010	Vistrap Grobben- donk 2017	Stroomop- waarts Heiken VIS 2013	Vistrap Herentals 2005	Herentals centrum 2013	Vistrap Kasterlee 2017
alver		*		*	*	*
baars	*	*	*	*	*	*
beekprik*	*					
bermpje°	*	*	*	*	*	*
blankvoorn	*	*	*	*	*	*
blauwbandgrondel				*		
brasem	*	+		*	*	
bruine Am. dwergmeerval				*		*
bot		*				
driedoornige stekelbaars	*		*		*	
Europese meerval		*	*	*	*	
giebel		*		*		*
karper		*		*	*	*
kleine modderkruiper*		+	*		*	
kolblei		*		*		*
kopvoorn	*	*	*	*	*	*
paling	*	*	*	*	*	*
pos			*	*	*	*
rietvoorn	*	*	*	*		*
rivierdonderpad*		*	*		*	
riviergrondel	*	*	*	*	*	*
rivierprik*						*
serpeling		*		*	*	*
snoek		+	*	*	*	*
snoekbaars						+
tiendoornige stekelbaars	*					
vetje°	*					
winde		*				*
zeelt	*	*	*	*	*	*
zeeprik°		*				
zonnebaars		*	*	*		*
31	13	22	15	20	17	20

6 Bespreking

6.1 Attractiviteit, passeerbaarheid en efficiëntie van beide visdoorgangen

De **attractiviteit** van visdoorgangen wordt bepaald door de mate waarin vissen de ingang vinden. In ideale omstandigheden bevindt de lokstroom zich net achter de turbulente zone van het overstortend stuwwater en reikt de lokstroom tot aan de overliggende oever. De debietsverdeling is dus ook van belang. De inplanting van de uitstroom van beide visdoorgangen is erg goed en de lokstroom reikt in de meeste gevallen tot het midden van de breedte van de Kleine Nete. Omdat er in Grobbendonk een ruime woelkom onder de stuw ligt, met bovendien een vaak krachtige uitstroom van overstortend stuwwater, geraakt de lokstroom er in het beste geval (bij lage afvoer) tot in de centrale hoofdstroom. Op het moment van de debietsmeting (afvoerdebit Kleine Nete bedroeg op dat moment 4,57 m³/s) was het aandeel van de visdoorgang 50,5%. Na een summiere analyse van het afvoerdebit van de Kleine Nete in Grobbendonk van de laatste 34 jaar, blijkt dat het gemiddeld afvoerdebit 6,4 m³/s bedraagt en dat het voor meer dan de helft van de tijd tussen 3 en 6 m³/s ligt. Het aandeel in de afvoer van de visdoorgang zal dus ook meer dan de helft van de tijd tussen 40 en 80 % liggen, wat aanvaardbaar is voor de Kleine Nete op deze locatie. De attractiviteit van de lokstroom van de visdoorgang in Kasterlee is beter omdat de rivier er smaller is. Bij opmeting was er ook hier sprake van een 50/50 verdeling tussen stuw en visdoorgang, maar de lokstroom reikte wel tot de tegenoverliggende oever. Recente inzichten met betrekking tot de uitstroom van visdoorgangen tonen aan dat naast de locatie van de uitstroom (zo dicht mogelijk bij de turbulente zone waar vissen zich concentreren) ook de hellingshoek van de uitstroom erg belangrijk is. De nieuwe richtlijn hieromtrent is een parallelle uitstroom met de oever en indien dit niet mogelijk is een beperking van de hoek tussen de uitstroom en de oever tot maximaal 30° (BAW/BfG, 2015).

De **passeerbaarheid** van een visdoorgang hangt af van een aantal variabelen zoals de bekkendiepte, de vervalhoogte en verdrinkingsgraad van de drempels, de stroomsnelheden, de doorzwemhoogte op de drempels, de ruwheid en de turbulentie. Voor deze variabelen zijn richtwaarden terug te vinden in de literatuur. Tabel 9 geeft een overzicht hoe deze variabelen scoren voor de twee visdoorgangen. Er zijn technisch gezien geen tekortkomingen die passage van vissen kunnen verhinderen. De gemiddelde stroomsnelheid op de drempels ligt wel hoog in Grobbendonk, waarbij er bijna geen enkel punt is waar de stroomsnelheid lager is dan 60 cm/s. De sprintsnelheid van de meest frequent voorkomende vissoorten ligt echter hoger dan deze waarden waardoor het niet problematisch is voor adulte vissen. Bovendien zijn de bekkens ruim en is er veel rustzone ($v < 40$ cm/s) aanwezig. De visdoorgang van Kasterlee wordt gekenmerkt door minder diepe bekkens met minder rustzones en een hogere turbulentie. De stroomsnelheden en de vervalhoogtes zijn er echter ook lager wat minder energie vergt om te passeren. Wat opvalt, is dat er een veel ruimere spreiding is in stroomsnelheden in de centrale vertical slots in vergelijking met Grobbendonk (vertical slot afwezig); de snelheden varieerden tussen 2,2 - 118,7 cm/s (67,4 – 134,4 in Grobbendonk in de V gemeten). De kleinste vis die gevangen werd in Grobbendonk (bij volledige open stand van de visdoorgang) was een blankvoorn van 77 mm, terwijl er in Kasterlee 175 juveniele visjes gevangen werden die kleiner waren dan 77 mm.

Over de **efficiëntie** van deze visdoorgangen kunnen geen uitspraken gedaan worden. De efficiëntie van een visdoorgang wordt berekend op basis van de vangsten van aanwezige vis stroomafwaarts de doorgang in vergelijking met wat er effectief doorheen migreert. Deze aanbodbemonsteringen dienen simultaan te gebeuren met de vistrapbemonstering zelf, wat arbeidsintensief is. Daarnaast zijn het ook schattingen van benedenstroomse aantallen en is niet zeker of alle vissen effectief willen migreren. Van rivierdonderpad is er bijvoorbeeld geweten dat ze geen grote migratiebewegingen maken, waardoor er zou kunnen besloten worden dat de efficiëntie erg laag is voor die soort terwijl slechts enkele individuen effectief willen migreren (Peters, 2009). Het ontbreken van vissoorten die benedenstrooms aangetroffen werden in de vistrapfauken (brasem, snoek en kleine modderkruiper voor Grobbendonk en snoekbaars voor Kasterlee) kan ook andere oorzaken hebben dan een inefficiënte werking van de visdoorgang. Snoek paait bijvoorbeeld vroeger dan de meeste cypriniden en brasem vindt in de woelkom mogelijks geschikt paaihabitat terug waarbij de nood om verder stroomopwaarts te migreren afwezig kan zijn (Van Emmerik, 2008). Kleine modderkruiper vertoont pas paai-activiteit bij watertemperaturen boven de 18°C, die pas bereikt werden na de bemonsteringen (Coenen *et al.*, 2013). Als de efficiëntie van een visdoorgang voor een visgemeenschap op bekkenniveau gekend wil zijn, dan is het raadzaam om vistrapfaukbemonsteringen te combineren met andere technieken zoals PIT-, radio- of akoestische telemetrie (Buyse *et al.*, 2009; Lucas *et al.*, 2001). Noonan *et al.* (2012) analyseerden 65 wetenschappelijke artikels over de efficiëntie van visdoorgangen,

waaruit bleek dat de gemiddelde efficiëntie van visdoorgangen voor karperachtigen (n = 9) slechts rond de 30 % ligt. Bekkenvistrappen bleken wel efficiënter dan meer technische oplossingen (vertical slot, Denil of vislift) en zelfs (semi-)natuurlijke doorgangen.

Tabel 10: Vergelijking van de bepalende abiotische variabelen voor de werking van een V-vormige bekkenvistrap. Betekenis kleurcodes; groen=goed, oranje=matig, rood=onvoldoende.

	Toetsing	Parameter en eenheid	Grobbendonk	Kasterlee
Inplanting lokstroom bij gemiddelde afvoer	achter turbulente zone	visueel (-)		
Doordringing lokstroom bij gemiddelde afvoer	midden rivier	Visueel (-)		
	overkant rivier	Visueel (-)		
Waterdiepte bekkens	d>50cm liefst d>75cm	gemiddelde d (cm)	93	58
Vervalhoogte drempels	h<15cm liefst h<10cm	gemiddelde h (cm)	15,25	9,78
Verdrinkingsgraad drempels	S>0,5 liefst S>0,75	S (-)	0,70	0,84
Stroomsnelheid in bekkens	v _{gem} <40cm/s	gemiddelde v (cm/s)	27,40	14,60
Stroomsnelheid in bekkens ecologisch	aandeel rustzone>20%	ratio (%)	72	14
	aandeel kritische zone<10%	ratio (%)	5	1
Stroomsnelheid op drempels	v<100cm/s	gemiddelde v (cm/s)	95,61	61,90
Doorzwemhoogte drempels	h>20cm	gemiddelde h (cm)	36,28	27,92
Ruwheid drempel	C _D <<1	C _D (-)	0,56	0,47
Turbulentie	ED<100W/m³	gemiddelde ED (W/m³)	39,86	49,56

6.2 Kostenefficiëntie van de evaluatie m.b.v. 'realtime' watertemperatuur logging

Als men kostenefficiënt visdoorgangen wil evalueren en daarvoor het aantal meetdagen wil beperken, dan is de beschikbaarheid van 'realtime' temperatuurdata onontbeerlijk. Dit voorjaar was hiervoor bijzonder illustratief met een eerste vroege temperatuurstijging eind maart, gevolgd door een lange koude periode in april. Op basis van het afgesproken protocol (zie punt 5.1) resulteerde dat in 3 onderbrekingen in de bemonsteringen waaronder een langere periode van 24 dagen (12/4 – 5/5). Uiteindelijk werden er 21 dagen effectief bemonsterd in een periode van 52 dagen. Dit zorgt voor een **daling van de personeelskosten** van 60% omdat de metingen onderbroken worden. Bij vergelijking met de resultaten van de visdoorgang in Herentals (2005) blijkt dat de koude tussenperiodes effectief garant staan voor het stilvallen van migratie. Voor dit onderzoek kon de raadpleging van het meetpunt fysico-chemie van het HIC stroomafwaarts Grobbendonk volstaan, maar deze meetpunten zijn niet overal beschikbaar. Dan kan 'realtime' meting van de temperatuur een uitkomst bieden. Er werd gebruik gemaakt van een 'GDT-S Prime' modem, gecombineerd met een CTD-diver in een beschermhuis (www.eijkelpomp.com).

Deze 'gecondenseerde' manier van evaluatie heeft uiteraard ook een aantal **nadelen**. Allereerst wordt er slechts gefocust op de voorjaarsperiode waarin cypriniden meestal massaal paaimigraties ondernemen. Om de goede werking van de doorgang te evalueren is dit de beste periode, maar als de doelstelling is om de meerwaarde van de visdoorgang voor de ruimere visgemeenschap (inclusief diadrome soorten) te bekijken, dan biedt het voorjaar slechts een beperkt inzicht. Soorten als rivierprik, paling (elver stadium), snoek, kwabaal en meerval zijn actief buiten deze periode. Een gerichte uitbreiding van het aantal vangstdagen die specifiek gericht is op deze soorten zou een completer beeld geven van het gebruik van de visdoorgang.

6.3 Vangsten in Grobbendonk en Kasterlee m.b.t. de efficiëntie van de visdoorgangen

Met 19 aangetroffen vissoorten in elke visdoorgang kan er gesteld worden dat deze doorgangen de vismigratie in de Kleine Nete goed mogelijk maken. Omdat de soortensamenstelling op beide locaties niet dezelfde was, werden

over de twee doorgangen maar liefst **23 vissoorten** genoteerd. Dat is 74 % van de waargenomen soorten in de Kleine Nete op slechts 21 bemonsteringsdagen. Soorten die nooit in de vistrapfuisen (incl. Herentals) aangetroffen werden zijn meestal te klein om weerhouden te worden (beekprik, dieldoornige en tiendoornige stekelbaars en vetje) of komen sporadisch voor (snoekbaars, blauwbandgrondel). Er zijn ook soorten die sinds 2010 niet elektrisch gevangen werden, maar wel in de vistrapfuisen aangetroffen werden. Dat zijn bruine Amerikaanse dwergmeerval, bot, giebel, kolblei, rivierprik, zeeiprik en winde. Het feit dat zo veel verschillende soorten gebruik maken van deze visdoorgangen zegt niets over de attractie-efficiëntie of de passage-efficiëntie, maar het toont wel aan dat praktisch alle soorten gebruik maken van de doorgangen in het voorjaar. Het aandeel van blankvoorn en riviergrondel samen is voor beide doorgangen exact 87 %. Dat maakt dat de aantallen van de andere soorten doorgaans laag zijn. Zowel in Kasterlee als in Grobbendonk werden 11 soorten gevangen waarvan er minder dan 10 individuen aangetroffen werden. Hiervoor kunnen meerdere redenen aangehaald worden;

- i. er zijn weinig individuen aanwezig van de soort in de Kleine Nete,
- ii. de migratieperiode van de soort valt niet samen met deze van blankvoorn en riviergrondel,
- iii. de soort heeft het moeilijk om de visdoorgangen te passeren,
- iv. de soort heeft niet de behoefte om te migreren om zich succesvol voort te planten in de Kleine Nete.

Er kan verondersteld worden dat de aantallen van grote migratoren zoals zeeiprik, rivierprik en bot eerder laag zijn in de Kleine Nete. Soorten als serpeling en snoek paaien vroeg terwijl karper, zeelt en Europese meerval hogere watertemperaturen nodig hebben om zich voort te planten. De migratiepiek van deze soorten kan dus buiten het bereik van de meetcampagne liggen. Vissoorten die gedurende de bemonsteringsperiode vrij constant aangetroffen worden zijn alver, baars, kolblei, kopvoorn, zonnebaars en rietvoorn (in Kasterlee).

Zoals al aangehaald werden er in Kasterlee meer kleine visjes gevangen (< 77 mm) ondanks het feit dat er minder rustzone en meer turbulentie aanwezig is. De variatie in stroomsnelheden en de ruwheid lijken deze visjes genoeg kansen te bieden om de visdoorgang te passeren. Mogelijk zijn de hogere stroomsnelheden over de (minder ruwe) drempels in Grobbendonk voor sommige juveniele visjes of minder goede zwemmers toch problematisch. De rivierdonderpad die gevangen werd in Grobbendonk passeerde de doorgang bij een sterk gereduceerd debiet (12 mei, klep op een spleet). Tudorache *et al.* (2008) vonden dat rivierdonderpaden ($L = 7,04 \pm 0,9$ cm, 15°C) een maximale stroomsnelheid van 61 cm/s aankunnen in duikers, terwijl deze waarde quasi overal overschreden wordt ter hoogte van de drempels in Grobbendonk. Daartegenover staat dat rivierdonderpaden zich voortbewegen in kleine sprintbewegingen (cf. drempel) en geen grote migratiebewegingen ondernemen en dat eventuele paaimigratie van de soort ook iets vroeger in het seizoen zou kunnen liggen, waardoor ze niet meegenomen werd tijdens de bemonsteringsperiode. Het is op basis van het uitgevoerde onderzoek dan ook niet mogelijk om uitspraken te doen over de geschiktheid van beide visdoorgangen voor rivierdonderpad. Een andere vissoort met beperkte zwemcapaciteiten is het biermpje, waarvan er ook slechts 2 en 3 gevangen werden (resp. in Grobbendonk en Kasterlee). Ook voor juveniele visjes van soorten met betere zwemcapaciteiten geldt dat er best genoeg variatie is in stroomsnelheden, waarbij er ter hoogte van elke drempel ook lagere stroomsnelheden voorkomen. De visdoorgang van Kasterlee scoort hier beter door de aanwezigheid van vertical slots en voldoende ruwheid van de drempels.

6.4 Vergelijking van de vangsten in de visdoorgangen van Grobbendonk, Herentals en Kasterlee

De evaluatie van de visdoorgang in Herentals in 2005 werd vergeleken qua soortensamenstelling (zie 5.4.1) en op het vlak van vangstevolutie (zie 5.4.2). De vergelijking is ook interessant om de huidige toegepaste (beperkte) evaluatiemethode - op basis van 'realtime' watertemperatuurlogging - te evalueren.

Een 14-tal soorten werden overal aangetroffen (alver, baars, biermpje, blankvoorn, giebel, karper, kolblei, kopvoorn, paling, rietvoorn, riviergrondel, serpeling, zeelt en zonnebaars). De invasie van blauwbandgrondel heeft zich niet doorgezet in de Kleine Nete, aangezien er na één exemplaar in Herentals achteraf geen blauwbandgrondel meer gevonden werd. De Europese meerval doet het goed in de Kleine Nete, vooral in en rond Grobbendonk (meer dan 60 % van de gevangen biomassa in visdoorgang Grobbendonk). Hij werd niet gevangen in Kasterlee, maar ook in Herentals werden ze pas aangetroffen begin juli 2005. In 2016 werden er 0+ juvenielen waargenomen ter hoogte van de Ark van Noë in Lichtaart (pers. mededeling Johan Coeck). Voor alle drie de visdoorgangen geldt dat

blankvoorn en riviergrondel de **dominant** aanwezige soorten zijn. Opvallend is het feit dat blankvoorn in Herentals slechts 10 % van de vangstaantallen uitmaakte in 2005 (riviergrondel was dominant aanwezig met 62 % van de vangstaantallen). Dit wordt niet verklaard door de langere bemonsteringsperiode in Herentals, dus de verhouding zou dezelfde geweest zijn moest er ook toen enkel bij toegenomen watertemperatuur bemonsterd worden. Het aandeel zonnebaars bedroeg ook 10 % in Herentals, terwijl dat in Grobbendonk en Kasterlee dit jaar respectievelijk slechts 0,8 en 4,3 % bedroeg. Het voorkomen van twee volwassen zeeprikken in Grobbendonk en een volwassen rivierprik in Kasterlee benadrukt het belang van de aanwezige visdoorgangen voor deze **grote migratoren**.

De vangstevolutie in de drie visdoorgangen is goed vergelijkbaar (zie ook figuur 35). Telkens bij de eerste stijging van de watertemperatuur boven 13°C deed zich een eerste migratiepiek voor waarbij er tijdens de tweede temperatuurstijging geen verhoging van migratie plaats vond. Pas bij een volgende stijging van de watertemperatuur tot meer dan 15°C werd een tweede verhoging van migrerende vissen genoteerd. Het bijna volledig wegvallen van migratie tussen deze temperatuurpieken in Herentals bewijst dat de huidige methode zinvol is. Toch werden er verhoogde vangsten geregistreerd in Herentals van mei tot juli van bepaalde vissoorten, welke met deze methode onder de radar blijven. Deze aanvullende informatie is echter niet noodzakelijk om de goede werking van een visdoorgang te evalueren. In tegenstelling tot de vergelijkbare timing van de piekvangsten op de drie locaties, is de omvang van de vangsten niet overal hetzelfde. De vangstaantallen in Grobbendonk zijn opvallend laag, wat meer dan waarschijnlijk te wijten is aan het wegvallen van een goede lokstroom door het (gedeeltelijk) sluiten van de afsluitklep (zie ook 6.5 en tabel 4).

6.5 Debietregeling van de visdoorgang in Grobbendonk

De aanwezigheid van een actieve watermolen in Grobbendonk zorgt ervoor dat er regelmatig water nodig is om het malen van graan in de molen mogelijk te maken. De **actuele debietsverdeling** zou zeker nog geoptimaliseerd kunnen worden. In feite zijn er twee situaties mogelijk, namelijk 'malen' of 'niet malen'. De bediening voor deze standen wordt uitgevoerd door de molenaar die over voldoende waterdruk dient te beschikken als er moet gemalen worden. Als de installatie in de stand 'malen' gezet wordt, dan gaat de klep van de visdoorgang dicht, waardoor al het debiet verdeeld wordt tussen de watermolen en de stuw (die zich continu aanpast om een vast bovenstrooms waterpeil te garanderen). Als er gestopt wordt met malen, zet de molenaar de knop in de stand 'niet malen', waardoor de klep van de visdoorgang opnieuw opent, en de stuw het overtollige water overstort. Het nadeel van deze instelling, is dat de visdoorgang op regelmatige tijdstippen geen water ontvangt en dus niet functioneel is, terwijl er eigenlijk voldoende water is om de visdoorgang open te houden, aangezien er in de maalstand (bij gesloten vistrap) toch nog water overgestort wordt door de stuw. Er zou kunnen bekeken worden of het technisch mogelijk is om in de maalstand in eerste instantie de stuw op te trekken en de visdoorgang te laten werken. Als er dan nog steeds onvoldoende water blijkt te zijn om te kunnen malen, dan kan de klep van de visdoorgang alsnog gesloten worden als tweede stap. De klep van de visdoorgang onvolledig openen is zinloos, aangezien de stroomsnelheid onder de klep dan te hoog is en vissen dus niet kunnen passeren (foto 9).

Foto 9: Geknepen klep van de visdoorgang in Grobbendonk met turbulente stroming (links), en laminaire stroming bij geopende klep (rechts).

6.6 Inrichting visdoorgangen als paai- en leefgebied voor stroomminnende vissoorten

Visdoorgangen in gereguleerde laaglandbeken, zoals de Kleine Nete, kunnen voor stroomminnende vissoorten een meerwaarde bieden als leef- en paaihabitat. Deze vissen hebben baat bij een 'pool-riffle' dynamiek, waarbij de riffles (ondiepe, snelstromende en vaak met stenig materiaal voorziene stukken) kunnen dienen om te paaien, en de holle oevers en pools (diepere, trager stromende en vaak in de bocht van een rivier geleden delen) worden aangewend als schuilplaats door juvenielen en adulten. Door de impact van de mens op de Vlaamse waterlopen, zijn dergelijke systemen nagenoeg verdwenen. In het dichtbevolkte Vlaanderen is het niet altijd mogelijk om de natuurlijke dynamiek in de rivieren terug te brengen. Bijgevolg dient gekeken te worden naar alternatieven zoals het aanleggen van kunstmatige paairiffles (Pauwels *et al.*, 2016) en het inbrengen van structuren als schuilplaats.

Dillen *et al.* (2005) vonden dat de ideale paaihabitats voor kopvoorn en serpeling een diepte hebben tussen de 20 en 40 cm, en een stroomsnelheid van 20 tot 50 cm/s. Ook hogere stroomsnelheden (50 tot 100 cm/s) worden gerapporteerd als optimaal voor de paai van kopvoorn (Coeck *et al.*, 2000). Het substraat dient te bestaan uit (bij voorkeur afgerond) grind of stenen met heterogene korrelgrootte (gemiddeld tussen de 5 en 80 mm diameter). De eitjes worden door de stroomminnende vissen afgezet in de interstitiële ruimtes tussen het hard substraat waar ze blijven kleven gedurende hun ontwikkeling. Door de hoge stroomsnelheid worden de eitjes voorzien van voldoende zuurstof. De afzetting van sediment en de groei van perolithon (algen en microben die op oppervlaktes groeien die zich onder water bevinden) op het substraat verhinderen deze zuurstofaanvoer. De waterkwaliteit dient bijgevolg goed te zijn opdat de groei van perolithon wordt beperkt. In Vlaanderen is succesvolle reproductie van kopvoorn tevens bekend op stenige riffles aan bruggen die bestaan uit een hoop ruwe stortsteen, of op dagzomende ijzerzandsteendrempels in de Grote Nete (Coeck *et al.*, 2000) waar amper fijner grind of steentjes aanwezig zijn. Er zijn zelfs meldingen van succesvolle reproductie van kopvoorn in sterk gereguleerde, diepere en traag stromende kanalen (Arlinghaus & Wolter, 2003). De overleving van serpeling-eitjes hangt veel meer af van goed doorstroomd fijn substraat dan wat voor kopvoorn geldt (Mills, 1981).

Voor de hogere stroomsnelheden en de aanwezigheid van stenig substraat maken van deze visdoorgangen dus plaatsen waarvan kopvoorn en serpeling kunnen profiteren. Kopvoorns lijken het artificiële stroomkuilenpatroon dat bekkervisdoorgangen imiteren, aangenaam te vinden als verblijfplaats (Buyse *et al.*, 2009). In beide visdoorgangen werden kopvoorns gevangen waarbij de 2+ klasse domineerde. Ook grotere exemplaren werden er

aangetroffen (tot 42,7 cm in Grobbendonk). De aanwezigheid van serpeling tijdens de bemonstering was veel lager, met slechts één adult exemplaar in Grobbendonk (eind maart) en twee juveniele visjes in Kasterlee (begin mei). Naast serpeling en kopvoorn, zouden ook rivier- en zeepril van goed doorstroomd, stenig paaisubstraat kunnen profiteren. De vraag blijft op welke manier er een duurzame grindbank in stand kan gehouden worden, rekening houdend met het aanzienlijk transport van fijn sediment. Afhankelijk van het stromingspatroon in de vispassage kan namelijk op relatief korte tijd depositie van fijn sediment optreden (Bašić *et al.*, 2017). In dat geval zou het inbrengen van grind als paaisubstraat voor de stroomminnende vissoorten in de visdoorgang geen meerwaarde bieden. In de twee onderzochte visdoorgangen lijkt er ons inziens geen mogelijkheid om zogenaamde paairiffles aan te leggen. De visdoorgangen zijn vermoedelijk wat kort om een dergelijk paaihabitat te creëren. Daarenboven moeten de visdoorgangen voor dergelijke maatregelen ook permanent watervoerend zijn, wat voor de visdoorgang van Grobbendonk al niet het geval is. Daarenboven kan alleen gericht onderzoek kan zulke begeleidende maatregelen correct evalueren en desnoods bijsturen.

7 Conclusies

- De attractiviteit en de passeerbaarheid van beide visdoorgangen is goed, al is het onzeker of kleinere vissen de doorgang van Grobbendonk goed kunnen passeren.
- De gebruikte evaluatiemethode met een beperking van het aantal vangstdagen in functie van de watertemperatuur lijkt voldoende voor de basisevaluatie van de werking van dergelijke visdoorgangen.
- Het gebruik van 'vertical slots' biedt een grotere variatie aan stroomsnelheden ter hoogte van de drempels, waardoor vissen met beperkte zwemcapaciteiten meer kans hebben om de visdoorgang te passeren.
- Zelfs in een beperkt tijdvenster maakt drie kwart van de aanwezige vissoorten in de Kleine Nete gebruik van de visdoorgangen, zij het vaak in geringe aantallen.
- De visdoorgangen zorgen er voor dat kwetsbare diadrome soorten zoals rivier- en zeepril het netebekken kunnen bereiken om er zich voort te planten.
- De huidige debietsregeling in Grobbendonk kan nog geoptimaliseerd worden als de watermolen actief is.
- De visdoorgangen kunnen van belang zijn als paai- en leefgebied voor stroomminnende soorten als kopvoorn en serpeling, maar begeleidende maatregelen zoals het aanbrengen van fijner stenig substraat zouden best onderzocht worden op hun haalbaarheid en efficiëntie.

8 Aanbevelingen

- De gebruikte methode met **opvolging van de watertemperatuur om de meetdagen te beperken** kan nog verfijnd worden. Een melding via mail of sms bij omstandigheden die vooraf gedefinieerd worden zou een nog preciezere en minder subjectieve evaluatie toelaten. Zo zouden er protocollen kunnen ontwikkeld worden waarbij niet alleen rekening gehouden wordt met actuele waarden van watertemperatuur, maar waarbij ook de weersvoorspelling een bepalende factor kan zijn. Er kan gedacht worden aan een bepaalde streefwaarde voor de watertemperatuur, maar ook aan een periode waarbij de watertemperatuur in stijgende lijn blijft gaan gedurende enkele dagen. Een andere erg interessante toepassing van ‘realtime monitoring’ van abiotische data is de logging van de conductiviteit bij de toepassing van aangepast spui-beheer voor glasaal. In zulke gevallen lijkt een waarschuwingssysteem op basis van een vooraf gedefinieerd protocol een ‘must’.
- Bij de aanleg van visdoorgangen wordt maar zelden rekening gehouden om **constructies** te plaatsen voor een efficiënte **evaluatie** op hun goede werking. De visdoorgang in Grobbendonk is hiervan een goed tegenvoorbeeld, waarbij er in de planningsfase al advies gevraagd werd om de doorgang achteraf te kunnen evalueren. Aangezien elke visdoorgang anders is, kunnen er moeilijk specifieke richtlijnen gegeven worden. In de meeste gevallen volstaat het om bovenaan de visdoorgang gestabiliseerde sponningen in de oever aan te brengen, en eventueel een aantal gaten in een betonnen richel over de breedte bij bredere doorgangen. Een aandachtspunt hierbij is dat deze richel (onderkant voor de vistrapfuike achteraf) voldoende diep in de waterkolom zit, zodat de vistrapfuike goed horizontaal en verdronken kan opgespannen worden.
- Om het maatschappelijk draagvlak rond vismigratie en de aanleg van visdoorgangen te vergroten kan er nagedacht worden om de **resultaten van evaluaties in ‘real time’** te delen met het ruime publiek. Daarvoor zijn er verschillende systemen beschikbaar zoals fishcounters die gebruik maken van infrarood licht (bv. ‘VAKI riverwatcher’), van sonar beams (bv. DIDSON systeem) of van elektroden over de breedte van de rivier. Elk systeem heeft zijn voor- en nadelen, die moeten afgewogen worden in functie van de toepassing op een bepaalde visdoorgang. De aankoop is vrij duur, maar als het een mobiel systeem betreft dat op veel plaatsen kan ingezet worden, dan kan de prijs verantwoord worden.

Referenties

- Arlinghaus, R., & Wolter, C. (2003). Amplitude of ecological potential: chub *Leuciscus cephalus* (L.) spawning in an artificial lowland canal. *Journal of Applied Ichthyology*, 19(1), 52-54. doi:10.1046/j.1439-0426.2003.00343.x.
- Armstrong, G. S., Aprahamian, M. W., Fewings, G. A., Gough, P. J., Reader, N. A., & Varallo, P. V. (2010). Environment Agency Fish Pass Manual: Guidance Notes On The Legislation, Selection and Approval Of Fish Passes In England And Wales. *Environment Agency, Almondsbury, Bristol*.
- Bašić, T., Britton, J. R., Rice, S. P., & G. Pledger, A. (2017). Impacts of gravel jetting on the composition of fish spawning substrates: Implications for river restoration and fisheries management. *Ecological Engineering*, 107, 71-81. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.06.057
- BAW/BfG. (2015). Guideline Upstream Fishways on German Federal Waterways (AH FAA). Version 2.0. *Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)*.
- Buyse, D., Baeyens, R., Martens, S., & Coeck, J. (2006). Evaluatie van de V-vormige bekkenvistrap in de Kleine Nete in Herentals. *Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.R.2006.21*.
- Buyse, D., Baeyens, R., Martens, S., & Coeck, J. (2009). Evaluatie van de V-vormige bekkenvistrap aan de Voorste Luysmolen in de Abeek in Bocholt. *Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.R.2009.33*.
- Coeck, J., Colazzo, S., Meire, P., & Verheyen, R. F. (2000). Herintroductie en herstel van kopvoornpopulaties (*Leuciscus cephalus*) in het Vlaams Gewest. *Rapport Instituut voor Natuurbehoud 2000.15. Brussel*.
- Coenen, J., Antheunisse, M., Beekman, J., Beers, M., & . (2013). Handreiking Vispassages in Noord-Brabant. *Waterschap De Dommel, waterschap Aa en Maas & waterschap Brabantse Delta*.
- Dillen, A., Martens, S., Baeyens, R., Van Gils, W., & Coeck, J. (2005). Habitatievaluatie en biotoofterstel ten behoeve van de visfauna in zones van de Habitatrichtlijn. *Rapport van het Instituut voor Natuurbehoud IN.R.2005.03, Brussel*.
- Katopodis, C. (1992). *Introduction to Fishway Design*. Freshwater Institute, Canada Fisheries and Oceans, Winnipeg, MB, 68 p.
- Kroes, M. J., & Monden, S. (2005). Vismigratie, een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland. *AMINAL, afdeling Water en Organisatie ter verbetering van de Binnenvisserij, Brussel*.
- Larinier, M. (2002). Pool fishways, pre-barrages and natural bypass channels. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*(364), 54-82. Retrieved from <https://doi.org/10.1051/kmae/2002108>
- Lucas, M. C., Baras, E., Thom, T. J., Duncan, A., & Slavík, O. (2001). *Migration of freshwater fishes*: Blackwell Science Oxford.
- Mills, C. A. (1981). Egg population dynamics of naturally spawning dace, *Leuciscus leuciscus* (L.). *Environmental Biology of Fishes*, 6(2), 151-158. doi:10.1007/bf00002778
- Noonan, M. J., Grant, J. W. A., & Jackson, C. D. (2012). A quantitative assessment of fish passage efficiency. *Fish and Fisheries*, 13(4), 450-464. doi:10.1111/j.1467-2979.2011.00445.x
- Nunn, A. D., Cowx, I. G., & Harvey, J. P. (2002). Recruitment patterns of six species of cyprinid fishes in the lower River Trent, England. *Ecology of Freshwater Fish*, 11(2), 74-84. doi:10.1034/j.1600-0633.2002.t01-1-00001.x
- Pauwels, I., Van Wichelen, J., Vandamme, L., Vught, I., Van Thuyne, G., Auwerx, J., et al. (2016). Wetenschappelijke onderbouwing en ondersteuning van het visserijbeleid en het visstandbeheer - onderzoeksprogramma visserij 2015: eindrapport. *Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2016. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel*.
- Peters, J. S. (2009). Kennisdocument donderpad; het geslacht *Cottus*. Kennisdocument 9 (herziene versie). *Sportvisserij Nederland, Bilthoven*.
- Towler, B., Mulligan, K., & Haro, A. (2015). Derivation and application of the energy dissipation factor in the design of fishways. *Ecological Engineering*, 83, 208-217. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.06.014>
- Tudorache, C., Viaene, P., Blust, R., Vereecken, H., & De Boeck, G. (2008). A comparison of swimming capacity and energy use in seven European freshwater fish species. *Ecology of Freshwater Fish*, 17(2), 284-291. doi:10.1111/j.1600-0633.2007.00280.x
- Van Emmerik, W. A. M. (2008). Kennisdocument brasem, *Abramis brama* (Linnaeus, 1758). Kennisdocument 23. *Sportvisserij Nederland, Bilthoven*.